기후에너지환경부 공고 제2025 - 227호

「전기사업법」 제67조 및 같은법 시행령 제43조, 「전기설비기술기준」(기후에너지환경부 고시) 제4조에 따른 「한국전기설비규정」(기후에너지환경부 공고 제2025-198호, 2025. 12. 30) 중 일부를 다음과 같이 개정 공고합니다.

2026년 01월 05일

기후에너지환경부장관

한국전기설비규정

제 정	2018. 03. 09.	산업통상자원부 공고 제2018 - 103호
제 1차 개 정	2020. 12. 31.	산업통상자원부 공고 제2020 - 738호
제 2차 개 정	2021. 07. 01.	산업통상자원부 공고 제2021 - 509호
제 3차 개 정	2022. 11. 08.	산업통상자원부 공고 제2022 - 809호
제 4차 개 정	2023. 04. 17.	산업통상자원부 공고 제2023 - 364호
제 5차 개 정	2023. 07. 11.	산업통상자원부 공고 제2023 - 563호
제 6차 개 정	2023. 10. 12.	산업통상자원부 공고 제2023 - 768호
제 7차 개 정	2023. 11. 21.	산업통상자원부 공고 제2023 - 839호
제 8차 개 정	2023. 12. 14.	산업통상자원부 공고 제2023 - 875호
제 9차 개 정	2024. 10. 24.	산업통상자원부 공고 제2024 - 749호
제10차 개 정	2025. 10. 01.	기후에너지환경부 공고 제2025 - 052호
제11차 개 정	2025. 12. 30.	기후에너지환경부 공고 제2025 - 198호
제12차 개 정	2026. 01. 05.	기후에너지환경부 공고 제2025 - 227호

1. 공통사항
2. 저압전기설비
3. 고압·특고압전기설비
4. 전기철도설비
5. 분산형전원설비
6. 발전용 화력설비
7. 발전용 수력설비
8. 보칙

1. 공통사항

(100 총칙)

101 목적 ····· 1
102 적용범위 ····· 1

(110 일반사항)

111 통칙 ····· 2
111.1 적용범위 ····· 2
112 용어 정의 ····· 2
113 안전을 위한 보호 ····· 9
113.1 일반 사항 ····· 9
113.2 감전에 대한 보호 ····· 9
113.3 열 영향에 대한 보호 ····· 9
113.4 과전류에 대한 보호 ····· 9
113.5 고장전류에 대한 보호 ····· 10
113.6 전압외란 및 전자기 장애에 대한 대책 ····· 10
113.7 전원공급 중단에 대한 보호 ····· 10
114 전기설비의 유지·보수 ····· 11

(120 전선)

121 전선의 선정 및 식별 ····· 12
121.1 전선 일반 요구사항 및 선정 ····· 12
121.2 전선의 식별 ····· 12
122 전선의 종류 ····· 12
122.1 절연전선 ····· 12
122.2 코드 ····· 13
122.3 캡타이어케이블 ····· 13
122.4 저압케이블 ····· 13
122.5 고압 및 특고압케이블 ····· 14
122.6 나전선 등 ····· 14
123 전선의 접속 ····· 14

(130 전로의 절연)

131 전로의 절연 원칙 ····· 17
132 전로의 절연저항 및 절연내력 ····· 17
133 회전기 및 정류기의 절연내력 ····· 19

134 연료전지 및 태양전지 모듈의 절연내력 ····· 20
135 변압기 전로의 절연내력 ····· 20
136 기구 등의 전로의 절연내력 ····· 22

(140 접지시스템)

141 접지시스템의 구분 및 종류 ····· 27
142 접지시스템의 시설 ····· 27
142.1 접지시스템의 구성요소 및 요구사항 ····· 27
142.2 접지극의 시설 및 접지저항 ····· 27
142.3 접지도체·보호도체 ····· 30
142.4 전기수용가 접지 ····· 35
142.5 변압기 중성점 접지 ····· 36
142.6 공통접지 및 통합접지 ····· 36
142.7 기계기구의 철대 및 외함의 접지 ····· 37
143 감전보호용 등전위본딩 ····· 38
143.1 보호등전위본딩의 적용 ····· 38
143.2 등전위본딩 시설 ····· 38
143.3 등전위본딩 도체 ····· 39

(150 피뢰시스템)

151 피뢰시스템의 적용범위 및 구성 ····· 40
151.1 적용범위 ····· 40
151.2 피뢰시스템의 구성 ····· 40
151.3 피뢰시스템 등급선정 ····· 40
152 외부피뢰시스템 ····· 40
152.1 수뢰부 시스템 ····· 40
152.2 인하도선 시스템 ····· 41
152.3 접지극 시스템 ····· 43
152.4 부품 및 접속 ····· 43
152.5 옥외에 시설된 전기설비의 피뢰시스템 ····· 44
153 내부피뢰시스템 ····· 44
153.1 전기전자설비 보호 ····· 44
153.2 피뢰등전위본딩 ····· 45

(160 발전설비 용접)

161 용접시공법 ····· 48
161.1 용접절차시방서 ····· 48
161.2 용접절차인정기록서 ····· 48

161.3 용접절차시방서와 절차인정기록서의 관계 ····· 49
161.4 용접절차시방서의 조합 ····· 49
161.5 용접절차시방서의 인정방법 ····· 50
161.6 용접절차인정 합격기준 ····· 59
161.7 용접설비 ····· 62
161.8 용접사 기량 인정시험방법 ····· 63
161.9 인정되는 자세 및 지름의 범위 ····· 69
161.10 기량 인정두께의 제한범위 및 시험편 ····· 70
161.11 인정시험재료 ····· 72
161.12 요구되는 시험의 종류 ····· 73
161.13 기량인정시험 합격기준 ····· 75
161.14 체적 비파괴검사에 의한 합격기준 ····· 76
161.15 인정의 지속 및 취소 ····· 78
161.16 작업범위 ····· 78

(170 발전설비 비파괴검사)

170.1 적용범위 ····· 79
171 방사선투과검사 ····· 80
171.1 일반요건 ····· 80
171.2 장비 및 자재 ····· 81
171.3 농도계 및 스텝웨지 비교필름 ····· 82
171.4 검사 ····· 83
171.5 평가 ····· 94
171.6 문서화 ····· 96
172 초음파탐상검사 ····· 97
172.1 일반요건 ····· 97
172.2 장비 ····· 99
172.3 교정 ····· 111
172.4 검사 ····· 115
172.5 평가 ····· 117
172.6 문서화 ····· 118
173 자분탐상검사 ····· 120
173.1 일반요건 ····· 120
173.2 장비 ····· 120
173.3 표면상태 ····· 120
173.4 기법 ····· 121
173.5 교정 ····· 124
173.6 검사 ····· 128

173.7 평가 ····· 131
173.8 문서화 ····· 131
174 침투탐상검사 ····· 132
174.1 일반요건 ····· 132
174.2 탐상제 ····· 132
174.3 기타 요건 ····· 133
174.4 기법 ····· 133
174.5 교정 ····· 134
174.6 검사 ····· 134
174.7 평가 ····· 138
174.8 문서화 ····· 138
175 육안검사 ····· 138
175.1 적용범위 ····· 138
175.2 일반사항 ····· 138
175.3 장비 ····· 139
175.4 기법 ····· 140
175.5 평가 ····· 140
175.6 문서화 ····· 140
176 누설시험 ····· 141
176.1 적용범위 ····· 141
176.2 일반사항 ····· 141
176.3 장비 ····· 142
176.4 기타 요건 ····· 142
176.5 절차 ····· 143
176.6 교정 ····· 143
176.7 누설표준 교정 ····· 143
176.8 시험 ····· 144
176.9 평가 ····· 144
176.10 문서화 ····· 144

(180 발전설비 내진)

181 내진등급 및 관리등급 ····· 145
182 내진성능수준 ····· 145
183 내진설계 및 내진성능평가 ····· 146
181.1 내진설계 ····· 146
181.2 내진성능평가 ····· 146

2. 저압 전기설비

(200 통칙)

201 적용범위 ····· **148**
202 배전방식 ····· **148**
202.1 교류 회로 ····· 148
202.2 직류 회로 ····· 148
203 계통접지의 방식 ····· **149**
203.1 계통접지 구성 ····· 149
203.2 TN 계통 ····· 150
203.3 TT 계통 ····· 153
203.4 IT 계통 ····· 154
203.5 직류계통 ····· 155

(210 안전을 위한 보호)

211 감전에 대한 보호 ····· **160**
211.1 보호대책 일반 요구사항 ····· 160
211.2 전원의 자동차단에 의한 보호대책 ····· 161
211.3 이중절연 또는 강화절연에 의한 보호 ····· 167
211.4 전기적 분리에 의한 보호 ····· 169
211.5 SELV와 PELV를 적용한 특별저압에 의한 보호 ····· 170
211.6 추가적 보호 ····· 172
211.7 기본보호 방법 ····· 172
211.8 장애물 및 접촉범위 밖에 배치 ····· 173
211.9 숙련자와 기능자의 통제 또는 감독이 있는 설비에 적용 가능한 보호대책 ····· 174
212 과전류에 대한 보호 ····· **176**
212.1 일반사항 ····· 176
212.2 회로의 특성에 따른 요구사항 ····· 176
212.3 보호장치의 종류 및 특성 ····· 177
212.4 과부하전류에 대한 보호 ····· 179
212.5 단락전류에 대한 보호 ····· 182
212.6 저압전로 중의 개폐기 및 과전류차단장치의 시설 ····· 185
212.7 과부하 및 단락 보호의 협조 ····· 187
212.8 전원 특성을 이용한 과전류 제한 ····· 187
213 과전압에 대한 보호 ····· **188**
213.1 고압계통의 지락고장으로 인한 저압설비 보호 ····· 188
213.2 낙뢰 또는 개폐에 따른 과전압 보호 ····· 188

214 열 영향에 대한 보호 ····· **190**
214.1 적용범위 ····· 190
214.2 화재 및 화상방지에 대한 보호 ····· 190
214.3 과열에 대한 보호 ····· 191

(220 전선로)

221 구내·옥측·옥상·옥내 전선로의 시설 ····· **193**
221.1 구내인입선 ····· 193
221.2 옥측전선로 ····· 194
221.3 옥상전선로 ····· 197
221.4 옥내전선로 ····· 198
221.5 지상전선로 ····· 198
222 저압 가공전선로 ····· **199**
222.1 목주의 강도 계산 ····· 199
222.2 지지선의 시설 ····· 199
222.3 가공약전류전선로의 유도장해 방지 ····· 199
222.4 가공케이블의 시설 ····· 199
222.5 저압 가공전선의 굵기 및 종류 ····· 199
222.6 저압 가공전선의 안전율 ····· 199
222.7 저압 가공전선의 높이 ····· 199
222.8 저압 가공전선로의 지지물의 강도 ····· 200
222.9 저고압 가공전선 등의 병행설치 ····· 200
222.10 저압 보안공사 ····· 200
222.11 저압 가공전선과 건조물의 접근 ····· 201
222.12 저압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차 ····· 201
222.13 저압 가공전선과 가공약전류전선 등의 접근 또는 교차 ····· 201
222.14 저압 가공전선과 안테나의 접근 또는 교차 ····· 201
222.15 저압 가공전선과 교류전차선 등의 접근 또는 교차 ····· 201
222.16 저압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차 ····· 201
222.17 고압 가공전선 등과 저압 가공전선 등의 접근 또는 교차 ····· 202
222.18 저압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차 ····· 202
222.19 저압 가공전선과 식물의 간격 ····· 203
222.20 저압 옥측전선로 등에 인접하는 가공전선의 시설 ····· 203
222.21 저압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치 ····· 203
222.22 농사용 저압 가공전선로의 시설 ····· 203
222.23 구내에 시설하는 저압 가공전선로 ····· 203
222.24 저압 직류 가공전선로 ····· 204
223 지중전선로 ····· **206**

223.1 지중전선로의 시설 ····· 206
223.2 지중함의 시설 ····· 206
223.3 케이블 가압장치의 시설 ····· 206
223.4 지중전선의 피복금속체(被覆金屬體)의 접지 ····· 206
223.5 지중약전류전선의 유도장해 방지(誘導障害防止) ····· 206
223.6 지중전선과 지중약전류전선 등 또는 관과의 접근 또는 교차 ····· 206
223.7 지중전선 상호 간의 접근 또는 교차 ····· 206
224 특수장소의 전선로 ····· 207
224.1 터널 안 전선로의 시설 ····· 207
224.2 터널 안 전선로의 전선과 약전류전선 등 또는 관 사이의 간격 ····· 207
224.3 수상전선로의 시설 ····· 207
224.4 물밑전선로의 시설 ····· 207
224.5 지상에 시설하는 전선로 ····· 207
224.6 다리에 시설하는 전선로 ····· 207
224.7 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로 ····· 207
224.8 급경사지에 시설하는 전선로의 시설 ····· 207
224.9 옥내에 시설하는 전선로 ····· 207
224.10 임시 전선로의 시설 ····· 207

(230 배선 및 조명설비 등)

231 일반사항 ····· 208
231.1 공통사항 ····· 208
231.2 운전조건 및 외부영향 ····· 208
231.3 저압 옥내배선의 사용전선 및 중성선의 굵기 ····· 211
231.4 나전선의 사용 제한 ····· 212
231.5 고주파 전류에 의한 장해의 방지 ····· 212
231.6 옥내전로의 대지 전압의 제한 ····· 214
232 배선설비 ····· 217
232.1 적용범위 ····· 217
232.2 배선설비 공사의 종류 ····· 217
232.3 배선설비 적용 시 고려사항 ····· 219
232.4 배선설비의 선정과 설치에 고려해야할 외부영향 ····· 227
232.5 허용전류 ····· 231
232.10 전선관시스템 ····· 233
232.11 합성수지관공사 ····· 233
232.12 금속관공사 ····· 235
232.13 금속제 가요전선관공사 ····· 238
232.20 케이블트렁킹시스템 ····· 239

232.21 합성수지몰드공사 ····· 239
232.22 금속몰드공사 ····· 239
232.23 금속트렁킹공사 ····· 240
232.24 케이블트렌치공사 ····· 240
232.30 케이블덕팅시스템 ····· 241
232.31 금속덕트공사 ····· 241
232.32 플로어덕트공사 ····· 243
232.33 셀룰러덕트공사 ····· 243
232.40 케이블트레이시스템 ····· 244
232.41 케이블트레이공사 ····· 244
232.51 케이블공사 ····· 248
232.56 애자공사 ····· 249
232.60 버스바트렁킹시스템 ····· 250
232.61 버스덕트공사 ····· 250
232.70 파워트랙시스템 ····· 251
232.71 라이팅덕트공사 ····· 251
232.81 옥내에 시설하는 저압 접촉전선 배선 ····· 252
232.82 작업선 등의 실내 배선 ····· 257
232.84 옥내에 시설하는 저압용 배분전반 등의 시설 ····· 257
232.85 옥내에서의 전열 장치의 시설 ····· 257
232.86 옥내에 시설하는 전력량계 등의 시설 ····· 257
233 전기기기 ····· 259
234 조명설비 ····· 259
234.1 등기구의 시설 ····· 259
234.2 코드의 사용 ····· 261
234.3 전구선 및 이동전선 ····· 261
234.4 코드 또는 캡타이어케이블의 접속 ····· 262
234.5 콘센트의 시설 ····· 264
234.6 점멸기의 시설 ····· 264
234.8 진열장 또는 이와 유사한 것의 내부 배선 ····· 266
234.9 옥외등 ····· 266
234.10 전주외등 ····· 267
234.11 1 kV 이하 방전등 ····· 269
234.12 네온방전등 ····· 273
234.14 수중조명등 ····· 274
234.15 교통신호등 ····· 276
235 옥측·옥외설비 ····· 279
235.1 옥측 또는 옥외에 배·분전반 및 배선기구 등의 시설 ····· 279

235.2 옥측 또는 옥외에 전열장치의 시설 ····· 279
235.3 옥측 또는 옥외의 먼지가 많은 장소 등의 시설 ····· 280
235.4 옥측 또는 옥외에 시설하는 접촉전선의 시설 ····· 280
235.5 옥측 또는 옥외의 방전등 공사 ····· 281
235.6 옥측배선 또는 옥외배선의 시설 ····· 281
235.7 옥측 또는 옥외에 시설하는 전력량계 등의 시설 ····· 283

(240 특수설비)

241 특수 시설 ····· 284
241.1 전기울타리 ····· 284
241.2 전기욕기 ····· 285
241.3 은(銀)이온(ion) 살균장치 ····· 286
241.4 전극식 온천온수기(溫泉昇溫器) ····· 286
241.5 전기온상 등 ····· 287
241.6 엑스선 발생장치 ····· 289
241.7 전격살충기 ····· 291
241.8 놀이용 전차 ····· 292
241.9 전기 집진장치(電氣 集塵裝置) 등 ····· 293
241.10 아크 용접기 ····· 294
241.11 파이프라인 등의 전열장치 ····· 295
241.12 도로 등의 전열장치 ····· 299
241.13 비행장 등화(燈火)배선 ····· 303
241.14 소세력 회로(小勢力回路) ····· 304
241.15 임시시설 ····· 308
241.16 전기부식방지 시설 ····· 310
241.17 전기자동차 전원설비 ····· 312
241.18 전동 지게차 전원설비기부식방지 시설 ····· 308
242 특수 장소 ····· 318
242.1 방전등 공사의 시설 제한 ····· 318
242.2 분진 위험장소 ····· 318
242.3 가연성 가스 등의 위험장소 ····· 323
242.4 위험물 등이 존재하는 장소 ····· 325
242.5 화약류 저장소 등의 위험장소 ····· 326
242.6 전시회, 쇼 및 공연장의 전기설비 ····· 327
242.7 터널, 갱도 기타 이와 유사한 장소 ····· 330
242.8 이동식 숙박차량 정박지, 야영지 및 이와 유사한 장소 ····· 332
242.9 마리나 및 이와 유사한 장소 ····· 334
242.10 의료장소 ····· 337

242.11 엘리베이터·소형물품 운반용 승강기 등의 승강로 안의 저압 옥내배선 등의 시설 ···· 340
243 저압 옥내 직류전기설비 ····· 341
243.1 저압 옥내 직류전기설비 ····· 341
244 비상용 예비전원설비 ····· 343
244.1 일반 요구사항 ····· 343
244.2 시설기준 ····· 343
245 무정전전원장치 ····· 346
245.1 적용범위 ····· 346
245.2 설비의 안전 요구사항 ····· 346
245.3 특정기술을 이용한 무정전전원장치의 시설 ····· 346

3. 고압·특고압 전기설비

(300 통칙)

301 적용범위 ····· 349
302 기본원칙 ····· 349
302.1 일반사항 ····· 349
302.2 전기적 요구사항 ····· 349
302.3 기계적 요구사항 ····· 350
302.4 기후 및 환경조건 ····· 350
302.5 특별요구사항 ····· 350

(310 안전을 위한 보호)

311 안전보호 ····· 351
311.1 절연수준의 선정 ····· 351
311.2 기본보호(직접접촉에 대한 보호) ····· 351
311.3 고장보호(간접접촉에 대한 보호) ····· 351
311.4 아크고장에 대한 보호 ····· 351
311.5 직격뢰에 대한 보호 ····· 351
311.6 화재에 대한 보호 ····· 351
311.7 절연유 누설에 대한 보호 ····· 351
311.8 SF_6의 누설에 대한 보호 ····· 352
311.9 식별 및 표시 ····· 352

(320 접지설비)

321 고압·특고압 접지계통 ····· 353
321.1 일반사항 ····· 353
321.2 접지시스템 ····· 353
322 혼촉에 의한 위험방지시설 ····· 354
322.1 고압 또는 특고압과 저압의 혼촉에 의한 위험방지 시설 ····· 354
322.2 혼촉방지판이 있는 변압기에 접속하는 저압 옥외전선의 시설 등 ····· 355
322.3 특고압과 고압의 혼촉 등에 의한 위험방지 시설 ····· 356
322.4 계기용변성기의 2차측 전로의 접지 ····· 356
322.5 전로의 중성점의 접지 ····· 356

(330 전선로)

331 전선로 일반 및 구내·옥측·옥상전선로 ····· 359
331.1 전파장해의 방지 ····· 359
331.2 가공전선 및 지지물의 시설 ····· 359
331.3 가공전선의 분기 ····· 359
331.4 가공전선로 지지물의 철탑오름 및 전주오름 방지 ····· 359
331.5 옥외 H형 지지물의 주상설비 시설 ····· 360
331.6 풍압하중의 종별과 적용 ····· 360
331.7 가공전선로 지지물의 기초의 안전율 ····· 362
331.8 철주 또는 철탑의 구성 등 ····· 363
331.9 철근 콘크리트주의 구성 등 ····· 368
331.10 목주의 강도 계산 ····· 370
331.11 지지선의 시설 ····· 373
331.12 구내인입선 ····· 374
331.13 옥측전선로 ····· 375
331.14 옥상전선로 ····· 378
332 가공전선로 ····· 379
332.1 가공약전류전선로의 유도장해 방지 ····· 379
332.2 가공케이블의 시설 ····· 379
332.3 고압 가공전선의 굵기 및 종류 ····· 380
332.4 고압 가공전선의 안전율 ····· 380
332.5 고압 가공전선의 높이 ····· 381
332.6 고압 가공전선로의 가공지선 ····· 381
332.7 고압 가공전선로의 지지물의 강도 ····· 381
332.8 고압 가공전선 등의 병행설치 ····· 382
332.9 고압 가공전선로 지지물 간 거리의 제한 ····· 383
332.10 고압 보안공사 ····· 384

332.11 고압 가공전선과 건조물의 접근 ····· 384
332.12 고압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차 ····· 387
332.13 고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 접근 또는 교차 ····· 388
332.14 고압 가공전선과 안테나의 접근 또는 교차 ····· 390
332.15 고압 가공전선과 교류전차선 등의 접근 또는 교차 ····· 390
332.16 고압 가공전선 등과 저압 가공전선 등의 접근 또는 교차 ····· 392
332.17 고압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차 ····· 394
332.18 고압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차 ····· 394
332.19 고압 가공전선과 식물의 간격 ····· 395
332.20 고압 옥측전선로 등에 인접하는 가공전선의 시설 ····· 395
332.21 고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치 ····· 395
333 특고압 가공전선로 ····· 397
333.1 시가지 등에서 특고압 가공전선로의 시설 ····· 397
333.2 유도장해의 방지 ····· 399
333.3 특고압 가공케이블의 시설 ····· 401
333.4 특고압 가공전선의 굵기 및 종류 ····· 401
333.5 특고압 가공전선과 지지물 등의 간격 ····· 402
333.6 특고압 가공전선의 안전율 ····· 403
333.7 특고압 가공전선의 높이 ····· 403
333.8 특고압 가공전선로의 가공지선 ····· 404
333.9 특고압 가공전선로의 애자장치 등 ····· 404
333.10 특고압 가공전선로의 목주 시설 ····· 405
333.11 특고압 가공전선로의 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 종류 ····· 405
333.12 특고압 가공전선로의 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 강도 ····· 405
333.13 상시 상정하중 ····· 406
333.14 이상 시 상정하중 ····· 407
333.15 특고압 가공전선로의 철탑의 착설 시 강도 등 ····· 408
333.16 특고압 가공전선로의 내장형 등의 지지물 시설 ····· 408
333.17 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 병행설치 ····· 409
333.18 특고압 가공전선과 저고압 전차선의 병행설치 ····· 411
333.19 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치 ····· 411
333.20 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압 기계기구 등의 시설 ····· 412
333.21 특고압 가공전선로의 지지물 간 거리 제한 ····· 412
333.22 특고압 보안공사 ····· 413
333.23 특고압 가공전선과 건조물의 접근 ····· 416
333.24 특고압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차 ····· 418
333.25 특고압 가공전선과 삭도의 접근 또는 교차 ····· 420
333.26 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 접근 또는 교차 ····· 421

333.27 특고압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차 ····· 426
333.28 특고압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차 ····· 427
333.29 특고압 가공전선로의 지지선의 시설 ····· 428
333.30 특고압 가공전선과 식물의 간격 ····· 429
333.31 특고압 옥측전선로 등에 인접하는 가공전선의 시설 ····· 429
333.32 25 kV 이하인 특고압 가공전선로의 시설 ····· 429
333.40 500 kV 직류 특고압 가공전선의 시설 ····· 440
334 지중전선로 ····· 442
334.1 지중전선로의 시설 ····· 442
334.2 지중함의 시설 ····· 445
334.3 케이블 가압장치의 시설 ····· 446
334.4 지중전선의 피복금속체(被覆金屬體)의 접지 ····· 447
334.5 지중약전류전선의 유도장해 방지(誘導障害防止) ····· 447
334.6 지중전선과 지중약전류전선 등 또는 관과의 접근 또는 교차 ····· 447
334.7 지중전선 상호 간의 접근 또는 교차 ····· 448
335 특수장소의 전선로 ····· 450
335.1 터널 안 전선로의 시설 ····· 450
335.2 터널 안 전선로의 전선과 약전류전선 등 또는 관 사이의 간격 ····· 450
335.3 수상전선로의 시설 ····· 451
335.4 물밑전선로의 시설 ····· 451
335.5 지상에 시설하는 전선로 ····· 454
335.6 다리에 시설하는 전선로 ····· 454
335.7 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로 ····· 456
335.8 급경사지에 시설하는 전선로의 시설 ····· 456
335.9 옥내에 시설하는 전선로 ····· 457
335.10 임시전선로의 시설 ····· 457

(340 기계·기구 시설 및 옥내배선)

341 기계 및 기구 ····· 459
341.1 특고압용 변압기의 시설 장소 ····· 459
341.2 특고압 배전용 변압기의 시설 ····· 460
341.3 특고압을 직접 저압으로 변성하는 변압기의 시설 ····· 460
341.4 특고압용 기계기구의 시설 ····· 461
341.5 고주파 이용 전기설비의 장해방지 ····· 462
341.6 전기기계기구의 열적 강도 ····· 462
341.7 아크를 발생하는 기구의 시설 ····· 462
341.8 고압용 기계기구의 시설 ····· 463
341.9 개폐기의 시설 ····· 463

341.10 고압 및 특고압 전로 중의 과전류차단기의 시설 ····· 464
341.11 과전류차단기의 시설 제한 ····· 465
341.12 지락차단장치 등의 시설 ····· 465
341.13 피뢰기의 시설 ····· 465
341.14 피뢰기의 접지 ····· 466
341.15 압축공기계통 ····· 467
341.16 절연가스 취급설비 ····· 468
342 고압·특고압 옥내 설비의 시설 ····· 469
342.1 고압 옥내배선 등의 시설 ····· 469
342.2 옥내 고압용 이동전선의 시설 ····· 470
342.3 옥내에 시설하는 고압접촉전선 공사 ····· 471
342.4 특고압 옥내 전기설비의 시설 ····· 472
343 고압·특고압 옥측 및 옥외 설비의 시설 ····· 472
343.1 옥측배선 또는 옥외배선의 시설 ····· 472

(350 발전소, 변전소, 개폐소 등의 전기설비)

351 발전소, 변전소, 개폐소 등의 전기설비 ····· 474
351.1 발전소 등의 울타리·담 등의 시설 ····· 474
351.2 특고압전로의 상 및 접속 상태의 표시 ····· 475
351.3 발전기 등의 보호장치 ····· 475
351.4 특고압용 변압기의 보호장치 ····· 476
351.5 조상설비의 보호장치 ····· 476
351.6 감시 및 계측장치 등 ····· 477
351.7 배전반의 시설 ····· 478
351.8 상주 감시를 하지 아니하는 발전소의 시설 ····· 478
351.9 상주 감시를 하지 아니하는 변전소의 시설 ····· 480
351.10 수소냉각식 발전기 등의 시설 ····· 481

(360 전력보안통신설비)

361 전력보안통신설비 일반사항 ····· 483
361.1 목적 ····· 483
361.2 적용 범위 ····· 483
362 전력보안통신설비의 시설 ····· 483
362.1 전력보안통신설비의 시설 요구사항 ····· 483
362.2 전력보안통신선의 시설 높이와 간격 ····· 485
362.3 조가선 시설기준 ····· 488
362.4 전력유도의 방지 ····· 489
362.5 특고압 가공전선로 전선 첨가 설치 통신선의 시가지 인입 제한 ····· 489

362.6 25 kV 이하인 특고압 가공전선로 전선 첨가 설치 통신선의 시설에 관한 특례 ····· 492
362.7 특고압 가공전선로 첨가설치 통신선에 직접 접속하는 옥내 통신선의 시설 ····· 493
362.8 통신기기류 시설 ····· 493
362.9 전원공급기의 시설 ····· 493
362.10 전력보안통신설비의 보안장치 ····· 493
362.11 전력선 반송 통신용 결합장치의 보안장치 ····· 494
362.12 가공통신 인입선 시설 ····· 494
363 지중통신선로 설비 ····· 495
363.1 지중통신선로설비 시설 ····· 495
363.2 맨홀 및 전력구내 통신기기의 시설 ····· 496
364 무선용 안테나 ····· 496
364.1 무선용 안테나 등을 지지하는 철탑 등의 시설 ····· 496
364.2 무선용 안테나 등의 시설 제한 ····· 497
365 통신설비의 식별 ····· 497
365.1 통신설비의 식별표시 ····· 497

4. 전기철도설비

(400 통칙)

401 전기철도의 일반사항 ····· 499
401.1 목적 ····· 499
401.2 적용범위 ····· 499
402 전기철도의 용어 정의 ····· 499

(410 전기철도의 전기방식)

411 전기방식의 일반사항 ····· 501
411.1 전력수급조건 ····· 501
411.2 전차선로의 전압 ····· 501

(420 전기철도의 변전방식)

421 변전방식의 일반사항 ····· 503
421.1 변전소 등의 구성 ····· 503
421.2 변전소 등의 계획 ····· 503
421.3 변전소의 용량 ····· 503
421.4 변전소의 설비 ····· 503

(430 전기철도의 전차선로)

431 전차선로의 일반사항 ····· 505
431.1 전차선 전선 설치방식 ····· 505
431.2 전차선로의 충전부와 건조물 간의 절연이격 ····· 505
431.3 전차선로의 충전부와 차량 간의 절연이격 ····· 505
431.4 급전선로 ····· 506
431.5 귀선로 ····· 506
431.6 전차선 및 급전선의 높이 ····· 506
431.7 전차선의 기울기 ····· 507
431.8 전차선의 편위 ····· 507
431.9 전차선로 지지물 설계 시 고려하여야 하는 하중 ····· 508
431.10 전차선로 설비의 안전율 ····· 508
431.11 전차선 등과 식물사이의 간격 ····· 508
435 전기철도의 원격감시제어설비 ····· 508
435.1 원격감시제어시스템(SCADA) ····· 508
435.2 중앙감시제어장치 및 소규모감시제어장치 ····· 508

(440 전기철도의 전기철도차량 설비)

441 전기철도차량 설비의 일반사항 ····· 510
441.1 절연구간 ····· 510
441.2 팬터그래프 형상 ····· 510
441.3 전차선과 팬터그래프간 상호작용 ····· 510
441.4 전기철도차량의 역률 ····· 510
441.5 회생제동 ····· 511
441.6 전기철도차량 전기설비의 전기위험방지를 위한 보호대책 ····· 511

(450 전기철도의 설비를 위한 보호)

451 설비보호의 일반사항 ····· 513
451.1 보호협조 ····· 513
451.2 절연협조 ····· 513
451.3 피뢰기 설치장소 ····· 515
451.4 피뢰기의 선정 ····· 515

(460 전기철도의 안전을 위한 보호)

461 전기안전의 일반사항 ····· 516
461.1 감전에 대한 보호조치 ····· 516
461.2 레일 전위의 위험에 대한 보호 ····· 517
461.3 레일 전위의 접촉전압 감소 방법 ····· 518

461.4 전기 부식 방지 ····· 519
461.5 누설전류 간섭에 대한 방지 ····· 519
461.6 전자파 장해의 방지 ····· 520
461.7 통신상의 유도 장해방지 시설 ····· 520

5. 분산형전원설비

(500 통칙)

501 일반사항 ····· 522
501.1 목적 ····· 522
501.2 적용범위 ····· 522
501.3 안전원칙 ····· 522
502 용어의 정의 ····· 522
503 분산형전원 계통 연계설비의 시설 ····· 523
503.1 계통 연계의 범위 ····· 523
503.2 시설기준 ····· 523

(510 전기저장장치)

511 공통사항 ····· 526
511.1 일반사항 ····· 526
511.2 전기저장장치의 시설 ····· 527
512 이차전지 용량 및 종류에 따른 시설 ····· 529
512.1 리튬계·나트륨계 이차전지의 시설 ····· 529
512.2 납계·니켈계·바나듐계 이차전지의 시설 ····· 531
512.3 흐름전지의 시설 ····· 532
513 이차전지를 이용한 특수용도의 시설 ····· 532
513.1 이동형 전기저장장치 ····· 532

(520 태양광발전설비)

521 일반사항 ····· 534
521.1 설치장소의 요구사항 ····· 534
521.2 설비의 안전 요구사항 ····· 534
521.3 옥내전로의 대지전압 제한 ····· 535
522 태양광설비의 시설 ····· 535
522.1 간선의 시설기준 ····· 535
522.2 태양광설비의 시설기준 ····· 535

522.3 제어 및 보호장치 등 ····· 537

(530 풍력발전설비)

531 일반사항 ····· 538
532 육상 풍력발전설비 ····· 537
532.1 하중 및 하중조합 ····· 537
532.2 로터 날개 ····· 538
532.3 기계 시스템 ····· 538
532.4 전기시스템 ····· 540
532.5 제어시스템 ····· 543
532.6 지지 구조물 ····· 543
532.7 계측장치의 시설 ····· 547
532.8 풍력발전설비의 유지보수 ····· 547
533 해상 풍력발전설비 ····· 548
533.1 고정식 해상 풍력발전설비 ····· 548
533.2 부유식 해상 풍력발전설비 ····· 550

(540 연료전지설비)

541 일반사항 ····· 555
542 연료전지설비의 시설 ····· 555
542.1 재료 및 구조 ····· 555
542.2 전기시스템 ····· 557
542.3 제어 및 보호시스템 ····· 559
542.4 환기 및 배기시스템 ····· 559

6. 발전용 화력설비

(600 통칙)

601 일반사항 ····· 562

(605 보일러 및 부속설비)

605 보일러 및 부속설비 ····· 563
605.1 보일러 및 부속설비의 재료 ····· ?
605.2 재료 ····· ?
605.3 판재 ····· 564

605.4 관, 튜브 및 압력부품 ····· 565
605.5 단조품 ····· 571
605.6 주조품 ····· 572
605.7 기타 압력부품 등 ····· 575
605.8 재료의 허용응력 ····· 575
605.9 보일러 및 부속설비의 구조 ····· 575
605.10 내압을 받는 원통체의 두께 ····· 579
605.11 접시형 경판 ····· 582
605.12 스테이로 지지되지 않는 평경판 및 덮개 ····· 584
605.13 동체, 헤더 및 접시형 경판의 구멍 ····· 591
605.14 동체 및 접시형 경판의 구멍에 요구되는 보강 ····· 592
605.15 성형 경판에 설치되는 플랜지붙이 구멍 ····· 596
605.16 스테이가 있거나 또는 없는 평 경판에 있는 구멍에 요구되는 보강 ····· 597
605.17 보강에 대한 금속의 유효범위 ····· 597
605.18 보강의 강도 ····· 598
605.19 다수 구멍에 대한 보강 ····· 598
605.20 용기 벽에 관 및 노즐을 부착하는 방법 ····· 600
605.21 관 이음쇠, 플랜지 및 밸브 ····· 602
605.22 노즐 넥 두께 ····· 604
605.23 검사 구멍 ····· 605
605.24 규칙배열 리거먼트(ligament) ····· 606
605.25 불규칙 배열 리거먼트 ····· 609
605.26 지지물 및 부착 러그 ····· 610
605.27 판재 및 기타 자재의 절단 ····· 611
605.28 튜브 구멍의 가공 ····· 611
605.29 원통형 동체의 허용 진원도 ····· 611
605.30 성형 경판의 공차 ····· 613
605.31 안전밸브 ····· 613
605.32 안전밸브의 요건 ····· 613
605.33 과열기 및 재열기 ····· 618
605.34 안전밸브의 용량 ····· 619
605.35 안전밸브의 설치 ····· 619
605.36 안전밸브의 작동 ····· 620
605.37 허용 가능한 안전밸브 및 압력방출밸브 ····· 621
605.38 급수장치 ····· 621
605.39 증기 및 급수의 차단 ····· 621
605.40 보일러 수 배출장치 ····· 624
605.41 계측장치 ····· 624

605.42 용접부의 형상 ····· 628
605.43 용접부의 설계 ····· 628
605.44 정렬공차 ····· 628
605.45 두께가 다른 모재의 맞대기 용접 ····· 629
605.46 이음부의 다듬질 ····· 629
605.47 용접부의 균열 ····· 630
605.48 용접면의 청결 ····· 630
605.49 비파괴검사 범위 ····· 630
605.50 비파괴검사 절차 ····· 632
605.51 비파괴검사 합격기준 ····· 632
605.52 용접후열처리 ····· 633
605.53 완전한 용접시공을 위한 조치 ····· 640
605.54 용접부의 결함 ····· 640
605.55 용접부의 강도 ····· 643
605.56 기계시험 ····· 643
605.57 재시험 ····· 648
605.58 수압시험 ····· 649

(610 압력용기 및 부속설비)

610 압력용기 및 부속설비 ····· 650
610.1 압력용기 및 부속설비의 재료 ····· 650
610.2 재료사용의 일반 ····· 650
610.3 판재 ····· 650
610.4 단조품 ····· 650
610.5 주조품 ····· 651
610.6 관 및 튜브 ····· 651
610.7 압력용기 재료의 최대허용응력 ····· 651
610.8 압력용기 및 부속설비의 구조 ····· 653
610.9 내압을 받는 원통체의 두께 ····· 656
610.10 외압을 받는 동체와 튜브의 두께 ····· 660
610.11 외압을 받는 원통형동체의 보강링 ····· 664
610.12 보강링의 부착 ····· 668
610.13 튜브 또는 동체로 사용되는 튜브 및 관 ····· 670
610.14 내압을 받는 성형경판 및 용기 ····· 670
610.15 볼록면이 압력을 받는 성형경판 ····· 678
610.16 스테이로 지지되지 않은 평평한 형태의 경판과 덮개 ····· 683
610.17 볼트체결 접시형 경판 ····· 690
610.18 압력용기의 구멍 ····· 692

610.19 동체 및 성형경판의 구멍에 요구되는 보강 ····· 699
610.20 동체 및 성형경판에 있는 안쪽으로 오므린 구멍 ····· 705
610.21 평평한 형태의 경판 및 덮개의 구멍 보강 ····· 706
610.22 보강의 유효범위 ····· 708
610.23 보강의 강도 ····· 711
610.24 다수 구멍의 보강 ····· 713
610.25 압력용기벽에 관과 노즐넥을 부착하는 방법 ····· 714
610.26 플랜지 및 관이음쇠 ····· 714
610.27 노즐넥의 두께 ····· 716
610.28 검사용 구멍 ····· 718
610.29 리거먼트 ····· 720
610.30 판재 및 기타 재료의 절단 ····· 720
610.31 동체부분 및 경판의 성형 ····· 720
610.32 원통형, 원뿔형 및 구형동체의 허용진원도 ····· 721
610.33 성형경판의 허용오차 ····· 724
610.34 샤르피 충격시험 ····· 724
610.35 최대 허용사용압력 ····· 725
610.36 압력방출장치 ····· 725
610.37 용접부의 형상 ····· 730
610.38 용접부의 설계 ····· 730
610.39 정렬공차 ····· 731
610.40 두께가 다른 모재의 맞대기 용접 ····· 732
610.41 이음부의 다듬질 ····· 733
610.42 용접부의 균열 ····· 734
610.43 용접면의 청결 ····· 734
610.44 비파괴검사 범위 ····· 734
610.45 비파괴검사 ····· 738
610.46 비파괴검사 합격기준 ····· 738
610.47 용접후열처리 ····· 739
610.48 완전한 용접시공을 위한 조치 ····· 748
610.49 용접부의 결함 ····· 748
610.50 용접부의 강도 ····· 748
610.51 기계시험 ····· 748
610.52 재시험 ····· 748
610.53 내압시험 ····· 748

(615 배관 및 부속설비)

615 배관 및 부속설비 ····· 750

615.1 배관 및 부속설비의 재료 ····· 750
615.2 재료사용의 일반 ····· 750
615.3 배관 및 부속설비의 구조 ····· 750
615.4 내압을 받는 직선관의 두께 ····· 750
615.5 외압을 받는 직선관의 두께 및 보강 ····· 753
615.6 곡선관 ····· 754
615.7 굽힘 및 성형 ····· 754
615.8 분기관의 연결 ····· 755
615.9 플랜지 ····· 761
615.10 증기배관 ····· 761
615.11 급수배관 ····· 762
615.12 용접부의 형상 ····· 762
615.13 용접부의 설계 ····· 763
615.14 이음부의 다듬질 ····· 763
615.15 받침링의 사용 ····· 764
615.16 정렬 ····· 764
615.17 용접부의 균열 ····· 765
615.18 용접면의 청결 ····· 765
615.19 용접후열처리 ····· 765
615.20 완전한 용접을 위한 조치 ····· 769
615.21 용접부의 결함 ····· 770
615.22 용접부의 강도 ····· 770
615.23 비파괴검사 범위 ····· 770
615.24 비파괴검사 ····· 772
615.25 비파괴검사 합격기준 ····· 772
615.26 기계시험 ····· 773
615.27 재시험 ····· 773
615.28 수압시험 ····· 773
615.29 기압시험 ····· 774
615.30 질량분석 및 할로겐 시험 ····· 774

(620 증기터빈 및 부속설비)

620 증기터빈 및 부속설비 ····· 775
620.1 증기터빈 및 부속설비의 재료 ····· 775
620.2 증기터빈 및 부속설비의 구조 ····· 775
620.3 속도조절기 ····· 776
620.4 경보 및 비상정지장치 ····· 776
620.5 과압방지장치 ····· 777

620.6 계측장치 ····· 778

(625 가스터빈 및 부속설비)

625 가스터빈 및 부속설비 ····· 779
625.1 가스터빈 및 부속설비의 재료 ····· 779
625.2 가스터빈 및 부속설비의 구조 ····· 779
625.3 속도조절기 ····· 780
625.4 비상정지장치 ····· 780
625.5 과압방지장치 ····· 781
625.6 계측 장치 ····· 781

(630 내연기관 및 부속설비)

630 내연기관 및 부속설비 ····· 782
630.1 내연기관 및 부속설비의 재료 ····· 782
630.2 내연기관 및 부속설비의 구조 ····· 782
630.3 속도조절기 ····· 782
630.4 비상정지장치 ····· 783
630.5 과압방지장치 ····· 783
630.6 계측장치 ····· 783

(635 액화가스 연료연소설비)

635 액화가스 연료연소설비 ····· 784
635.1 액화가스 연료연소설비의 재료 ····· 784
635.2 재료의 허용응력 ····· 784
635.3 재료사용의 일반 ····· 784
635.4 액화가스 연료연소설비의 구조 ····· 785
635.5 직선관 ····· 786
635.6 관 곡선관 ····· 787
635.7 압력방출장치 ····· 790
635.8 가스의 누설대책 ····· 790
635.9 경보 및 비상장치 ····· 790
635.10 용접부 형상 ····· 791
635.11 용접부 설계 ····· 791
635.12 정렬 ····· 798
635.13 개선 ····· 798
635.14 용접받침재료 ····· 800
635.15 굽힘과 성형 ····· 800
635.16 용접부의 균열 ····· 801

635.17 청결 ····· 801
635.18 비파괴검사 범위 ····· 801
635.19 비파괴검사 ····· 802
635.20 비파괴검사 합격기준 ····· 803
635.21 예열 ····· 804
635.22 용접후열처리 ····· 805
635.23 완전한 용접시공을 위한 조치 ····· 809
635.24 용접부의 결함 ····· 809
635.25 용접부의 강도 ····· 809
635.26 기계시험 ····· 809
635.27 재시험 ····· 809
635.28 내압시험 ····· 810

(640 황산화물제거·질소산화물제거설비)

640 황산화물제거, 질소산화물제거설비 ····· 812
640.1 황산화물제거, 질소산화물제거설비의 재료 ····· 812
640.2 황산화물제거, 질소산화물제거설비의 구조 ····· 812
640.3 안전장치 ····· 812
640.4 가스의 누설대책 ····· 813
640.5 비상정지 및 경보장치 ····· 813
640.6 계측장치 ····· 813

(645 가스화로설비 및 부속설비)

645 가스화로설비 및 부속설비 ····· 815
645.1 용기 부품의 제작에 허용되는 재료 ····· 815
645.2 재료사용의 일반 ····· 815
645.3 용접재료 ····· 815
645.4 판재 ····· 815
645.5 관 및 튜브 ····· 816
645.6 단조품 ····· 842
645.7 주조품 ····· 843
645.8 크롬몰리브덴 강 ····· 847
645.9 퀜칭-뜨임을 한 강재 ····· 851
645.10 비철금속 재료 요구조건 ····· 852
645.11 판재로부터 기계가공한 허브 ····· 853
645.12 샤르피 충격시험 ····· 855
645.13 가스화로설비 및 부속설비의 구조 ····· 897
645.14 설계일반 요건 ····· 897

645.15 용접이음의 설계 ····· 902
645.16 내압을 받는 동체의 설계 ····· 931
645.17 외압을 받는 동체의 설계와 허용압축응력 ····· 964
645.18 동체와 경판 내의 구멍에 대한 설계 ····· 992
645.19 평경판에 대한 설계 ····· 1022
645.20 구형 접시형 볼트 조임 덮개판 ····· 1031
645.21 급속작동 개폐장치에 대한 설계 ····· 1040
645.22 브레이싱과 스테이를 한 표면에 대한 설계 ····· 1041
645.23 리거먼트에 대한 설계 ····· 1045
645.24 재킷형 용기에 대한 설계 ····· 1050
645.25 피로해석 및 평가 ····· 1064
645.26 재료의 식별 ····· 1070
645.27 성형 ····· 1072
645.28 모재의 준비 ····· 1077
645.29 맞춤과 정렬 ····· 1079
645.30 용접할 표면의 청소 ····· 1080
645.31 맞대기 용접을 할 단면의 정렬 허용오차 ····· 1080
645.32 용접법 ····· 1082
645.33 용접 인정과 기록 ····· 1084
645.34 용접 전에 취할 사전조치 ····· 1086
645.35 용접이음에 대한 요구 ····· 1087
645.36 허용되는 이음형태 ····· 1090
645.37 용접결함의 보수 ····· 1090
645.38 티타늄 재료에 대한 시험판 용접 ····· 1090
645.39 튜브-관판 용접부 요건 ····· 1091
645.40 용접부의 예열 ····· 1091
645.41 용접후열처리 ····· 1092
645.42 인장강도가 향상된 퀜칭-뜨임 페라이트계 강재 ····· 1113
645.43 단조 제작 ····· 1120
645.44 다층 용기 제작 ····· 1124
645.45 용접이음의 검사 ····· 1124
645.46 검사방법과 합격기준 ····· 1144
645.47 용기의 최종검사 ····· 1159
645.48 누설시험 ····· 1160
645.49 음향 방출(acoustic emission) ····· 1160
645.50 수압시험 ····· 1160
645.51 기압시험 ····· 1161
645.52 대체 압력시험 ····· 1163

(650 기타설비)

651 폐기물에너지회수설비 ····· 1162

7. 발전용 수력설비

(700 통칙)

701 일반사항 ····· 1166

(705 댐)

705 댐 ····· 1167
705.1 본체에 작용하는 하중의 조합 ····· 1167
705.2 하중의 계산방법 ····· 1167
705.3 여유 높이 ····· 1169
705.4 시멘트의 규격 및 강도기준 ····· 1170
705.5 매설계기 ····· 1171
705.6 여수로·수로 등 콘크리트구조물의 설계 ····· 1171
705.7 흐르는 물을 안전하게 흘려보냄 ····· 1171
705.8 수문의 개폐 ····· 1172
705.9 여수로 수문에 사용하는 재료의 규격 ····· 1172
705.10 여수로 수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준 ····· 1173
705.11 콘크리트 중력댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력 ····· 1176
705.12 콘크리트 중력댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식 ····· 1176
705.13 양압력의 저감 ····· 1177
705.14 콘크리트 중력댐의 구조상 안전 ····· 1177
705.15 아치댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력 ····· 1177
705.16 아치댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식 ····· 1177
705.17 아치댐의 구조상 안전 ····· 1177
705.18 필댐에 대한 사면활동 안전율의 계산식 ····· 1177
705.19 차수벽에 사용하는 재료 ····· 1178
705.20 본체의 구성 ····· 1179
705.21 하중의 계산 ····· 1179
705.22 사용하는 재료 ····· 1179
705.23 구조물 형태에 따른 적용 ····· 1179

(710 수로)

710 수로 ····· **1180**
710.1 배수처리 ····· 1180
710.2 수로에 사용하는 재료의 규격 ····· 1180
710.3 수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준과 내식성 재료 ····· 1181
710.4 취수설비의 구조상 안전과 수문설치 ····· 1181
710.5 보(weir)의 수리적 안전과 구조상 안정 ····· 1181
710.6 침사지의 구조상 안전과 침전능력 ····· 1182
710.7 도수로의 구조상 안전 ····· 1182
710.8 헤드탱크의 구조상 안전 ····· 1182
710.9 서지탱크의 구조상 안전 ····· 1182
710.10 서지탱크의 수위변동을 계산하는 경우의 조도계수 ····· 1182
710.11 관본체에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준 ····· 1183
710.12 관본체의 구조 ····· 1187
710.13 관본체의 고정 ····· 1187
710.14 앵커블록의 구조상 안전 ····· 1188
710.15 받침대의 구조상 안전 ····· 1188
710.16 방수로의 구조상 안전 ····· 1188

(715 일반 수력발전 설비)

715 일반 수력발전 설비 ····· **1189**
715.1 수차의 재료 ····· 1189
715.2 수차의 구조 ····· 1190
715.3 보조설비 및 보조기기 ····· 1190

(720 양수발전 설비)

720 양수발전 설비 ····· **1194**
720.1 펌프수차의 재료 ····· 1194
720.2 펌프수차의 구조 ····· 1194
720.3 보조설비 및 보조기기 ····· 1194

(725 기타 시설)

725 기타 시설 ····· **1196**
725.1 발전소 시설의 안정성 ····· 1196

8. 보칙

801 재검토 기한 ····· 1198
802 재검토 기한 ····· 1198
803 재검토 기한 ····· 1198

1. 공통사항

(100 총칙)

101 목적

이 한국전기설비규정(Korea Electro-technical Code, KEC)은 전기설비기술기준 고시(이하 “기술기준“이라 한다)에서 정하는 전기설비(“발전・송전・변전・배전 또는 전기사용을 위하여 설치하는 기계・기구・댐・수로・저수지・전선로・보안통신선로 및 그 밖의 설비“를 말한다)의 안전성능과 기술적 요구사항을 구체적으로 정하는 것을 목적으로 한다.

102 적용범위

한국전기설비규정은 다음에서 정하는 전기설비에 적용한다.

1. 공통사항
2. 저압전기설비
3. 고압・특고압전기설비
4. 전기철도설비
5. 분산형전원설비
6. 발전용 화력설비
7. 발전용 수력설비
8. 그 밖에 기술기준에서 정하는 전기설비

(110 일반사항)

111 통칙

111.1 적용범위

1. 이 규정은 인축의 감전에 대한 보호와 전기설비 계통, 시설물, 발전용 수력설비, 발전용 화력설비, 발전설비 용접 등의 안전에 필요한 성능과 기술적인 요구사항에 대하여 적용한다.
2. 이 규정에서 적용하는 전압의 구분은 다음과 같다.
   가. 저압: 교류는 1 kV 이하, 직류는 1.5 kV 이하인 것.
   나. 고압: 교류는 1 kV를, 직류는 1.5 kV를 초과하고, 7 kV 이하인 것.
   다. 특고압: 7 kV를 초과하는 것.

112 용어 정의

이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

"가공인입선"이란 가공전선로의 지지물로부터 다른 지지물을 거치지 아니하고 수용장소의 붙임점에 이르는 가공전선을 말한다.

"가섭선(架涉線)"이란 지지물에 가설되는 모든 선류를 말한다.

"계통연계"란 둘 이상의 전력계통 사이를 전력이 상호 융통될 수 있도록 선로를 통하여 연결하는 것으로 전력계통 상호간을 송전선, 변압기 또는 직류-교류변환설비 등에 연결하는 것을 말한다.

"계통외도전부(Extraneous Conductive Part)"란 전기설비의 일부는 아니지만 지면에 전위 등을 전해줄 위험이 있는 도전성 부분을 말한다.

"계통접지(System Earthing)"란 전력계통에서 돌발적으로 발생하는 이상현상에 대비하여 대지와 계통을 연결하는 것으로, 중성점을 대지에 접속하는 것을 말한다.

"고장보호(간접접촉에 대한 보호, Protection Against Indirect Contact)"란 고장 시 기기의 노출도전부에 간접 접촉함으로써 발생할 수 있는 위험으로부터 인축을 보호하는 것을 말한다.

"관등회로"란 방전등용 안정기 또는 방전등용 변압기로부터 방전관까지의 전로를 말한다.

"원격점검장치"란 과전압 · 과전류 및 누설 전류 등 전기설비의 상태와 관련된 데이터를 측정하고 전송하는 장치를 말한다.

"글로벌접지시스템(global earthing system)" 이란 근접한 국부(local)접지시스템들의 상호접속에 의해 위험한 접촉전압이 발생하지 않도록 보장하는 등가접지시스템을 말한다.

“급수설비“란 수차(펌프수차) 및 발전기(발전전동기)등의 발전소 기기에 냉각수, 봉수 등을 급수하는 설비를 말하며, 급수펌프, 스트레이너, 모래분리장치, 급수관 등을 포함하는 것으로 한다.

“기본보호(직접접촉에 대한 보호, Protection Against Direct Contact)“란 정상운전 시 기기의 충전부에 직접 접촉함으로써 발생할 수 있는 위험으로부터 인축을 보호하는 것을 말한다.

“내부 피뢰시스템(Internal Lightning Protection System)“이란 등전위본딩 및/또는 외부 피뢰시스템의 전기적 절연으로 구성된 피뢰시스템의 일부를 말한다.

“노출도전부(Exposed Conductive Part)“란 충전부는 아니지만 고장 시에 충전될 위험이 있고, 사람이 쉽게 접촉할 수 있는 기기의 도전성 부분을 말한다.

“단독운전“이란 전력계통의 일부가 전력계통의 전원과 전기적으로 분리된 상태에서 분산형전원에 의해서만 운전되는 상태를 말한다.

“단순 병렬운전“이란 자가용 발전설비 또는 저압 소용량 일반용 발전설비를 배전계통에 연계하여 운전하되, 생산한 전력의 전부를 자체적으로 소비하기 위한 것으로서 생산한 전력이 연계계통으로 송전되지 않는 병렬 형태를 말한다.

“동기기의 무구속속도“란 전력계통으로부터 분리되고 속도조절기가 정상적으로 작동하지 않을 때, 동기기 회전수의 상승한도인 최대회전속도를 말한다.

“등전위본딩(Equipotential Bonding)“이란 등전위를 형성하기 위해 도전부 상호 간을 전기적으로 연결하는 것을 말한다.

“등전위본딩망(Equipotential Bonding Network)“이란 구조물의 모든 도전부와 충전도체를 제외한 내부설비를 접지극에 상호 접속하는 망을 말한다.

“리플프리(Ripple-free)직류“란 교류를 직류로 변환할 때 리플성분의 실효값이 10 % 이하로 포함된 직류를 말한다.

“무구속속도“란 어떤 유효낙차, 어떤 수구개도 및 어떤 흡출높이에서 수차가 무부하로 회전하는 속도(*rpm*)를 말하며, 이들 중 일어날 수 있는 최대의 것을 최대 무구속속도라 한다. 여기서, 수구란 가이드 베인, 노즐, 러너 베인 등 유량조정 장치의 총칭을 말한다.

“배관“이란 발전용기기 중 증기, 물, 가스 및 공기를 이동시키는 장치를 말한다.

“배수설비“란 수차(펌프수차)내부의 물 및 상부덮개 등으로부터 누수를 기외로 배출하는 설비, 또는 소내 배수피트에 모아지는 발전소 건물로부터의 누수나 수차 기기로부터의 배수를 소외로 배수하는 설비를 말하며, 배수펌프, 흐르는 물 분리기, 수위검출기, 배수관 등을 포함하는 것으로 한다.

기술기준 제73조 및 제162조에서 언급하는 “보일러“란 발전소에 속하는 기기 중 보일러, 독립과열기, 증기저장기 및 작동용공기가열기를 말한다.

“보호도체(PE, Protective Conductor)“란 감전에 대한 보호 등 안전을 위해 제공되는

도체를 말한다.

“보호등전위본딩(Protective Equipotential Bonding)“이란 감전에 대한 보호 등과 같이 안전을 목적으로 하는 등전위본딩을 말한다.

“보호본딩도체(Protective Bonding Conductor)“란 보호등전위본딩을 제공하는 보호도체를 말한다.

“보호접지(Protective Earthing)“란 고장 시 감전에 대한 보호를 목적으로 기기의 한 점 또는 여러 점을 접지하는 것을 말한다.

“분산형전원“이란 중앙급전 전원과 구분되는 것으로서 전력소비지역 부근에 분산하여 배치 가능한 전원을 말한다. 상용전원의 정전시에만 사용하는 비상용 예비전원은 제외하며, 신ㆍ재생에너지 발전설비, 전기저장장치 등을 포함한다.

“서지보호장치(SPD, Surge Protective Device)“란 과도 과전압을 제한하고 서지전류를 분류하기 위한 장치를 말한다.

“수로“란 취수설비, 침사지, 도수로, 헤드탱크, 서지탱크, 수압관로 및 방수로를 말한다.

(1) “취수설비“란 발전용의 물을 하천 또는 저수지로부터 끌어들이는 설비를 말한다. 그리고 취수설비 중 “보(weir)“란 하천에서 발전용 물의 수위 또는 유량을 조절하여 취수할 수 있도록 설치하는 구조물을 말한다.

(2) “침사지“란 발전소의 도수설비의 하나로, 수로식 발전의 경우에 취수구에서 도수로에 토사가 유입하는 것을 막기 위하여 도수로의 도중에서 취수구에 가급적 가까운 위치에 설치하는 연못을 말한다.

(3) “도수로“란 발전용의 물을 끌어오기 위한 구조물을 말하며, 취수구와 상수조(또는 상부 Surge Tank)사이에 위치하고 무압도수로와 압력도수로가 있다.

(4) “헤드탱크(Head Tank)“란 도수로에서의 유입수량 또는 수차유량의 변동에 대하여 수조내 수위를 거의 일정하게 유지하도록 도수로 종단에 설치한 구조물을 말한다.

(5) “서지탱크(Surge Tank)“란 수차의 유량급변의 경우에 탱크내의 수위가 자동적으로 상승하여 도수로, 수압관로 또는 방수로에서의 과대한 수압의 변화를 조절하기 위한 구조물을 말한다. Surge Tank 중에서 수압관로측에 있는 것을 상부 Surge Tank, 방수로측에 있는 것을 하부 Surge Tank라고 말한다.

(6) “수압관로“란 상수조(또는 상부 Surge Tank) 또는 취수구로부터 압력상태하에서 직접 수차에 이르기까지의 도수관 및 그것을 지지하는 구조물을 일괄하여 말한다.

(7) “방수로“란 수차를 거쳐 나온 물을 유도하기 위한 구조물을 말하며, 무압 방수로와 압력 방수로가 있다. 방수로의 시점은 흡출관의 출구로 한다. 또한 “방수구“란 수차의 방수를 하천, 호소, 저수지 또는 바다로 방출하는 출구를 말한다.

“수뢰부시스템(Air-termination System)“이란 낙뢰를 포착할 목적으로 돌침, 수평도체, 그물망도체 등과 같은 금속 물체를 이용한 외부피뢰시스템의 일부를 말한다.

“수차“란 물이 가지고 있는 에너지를 기계적 일로 변환하는 회전기계를 말하며 수차

본체와 부속장치로 구성된다. 수차 본체는 일반적으로 케이싱, 덮개, 가이드베인, 노즐, 디플렉터, 러너, 주축, 베어링 등으로 구성되며 부속장치는 일반적으로 입구밸브, 속도조절기, 제압기, 압유장치, 윤활유장치, 급수장치, 배수장치, 수위조정기, 운전제어장치 등이 포함된다.

"수차의 유효낙차"란 사용상태에서 수차의 운전에 이용되는 전 수두(m)로서, 수차의 고압측 지정점과 저압 측 지정점과의 전 수두를 말한다.

수차를 최대출력으로 운전할 때 유효낙차 중 최대의 것을 최고유효낙차, 최소의 것을 최소유효낙차라 한다.

"스트레스전압(Stress Voltage)"이란 지락고장 중에 접지부분 또는 기기나 장치의 외함과 기기나 장치의 다른 부분 사이에 나타나는 전압을 말한다.

"압력용기"란 발전용기기 중 내압 및 외압을 받는 용기를 말한다.

"액화가스 연료연소설비"란 액화가스를 연료로 하는 연소설비를 말한다.

"양수발전소"란 수력발전소 중, 상부조정지에 물을 양수하는 능력을 가진 발전소를 말한다.

"옥내배선"이란 건축물 내부의 전기사용장소에 고정시켜 시설하는 전선을 말한다.

"옥외배선"이란 건축물 외부의 전기사용장소에서 그 전기사용장소에서의 전기사용을 목적으로 고정시켜 시설하는 전선을 말한다.

"옥측배선"이란 건축물 외부의 전기사용장소에서 그 전기사용장소에서의 전기사용을 목적으로 조영물에 고정시켜 시설하는 전선을 말한다.

"외부피뢰시스템(External Lightning Protection System)"이란 수뢰부시스템, 인하도선시스템, 접지극시스템으로 구성된 피뢰시스템의 일종을 말한다.

"운전제어장치"란 수차 및 발전기의 운전제어에 필요한 장치로써 전기적 및 기계적 따라 움직임 기기, 기구, 밸브류, 표시장치 등을 조합한 것을 말한다.

"유량"이란 단위시간에 수차를 통과하는 물의 체적(m^3/s)을 말한다.

"유압장치"란 속도조절기, 입구밸브, 제압기, 운전제어장치 등의 조작에 필요한 압유를 공급하는 장치를 말하며 유압펌프, 유압탱크, 집유탱크 냉각장치, 유관 등을 포함한다.

"윤활설비"란 수차(펌프수차) 및 발전기(발전전동기)의 각 베어링 및 습동부에 윤활유를 급유하는 설비를 말하며, 윤활유 펌프, 윤활유 탱크, 유냉각장치, 그리스 윤활장치, 유관 등을 포함하는 것으로 한다.

"간격"이란 떨어져야할 물체의 표면간의 최단거리를 말한다.

"인하도선시스템(Down-conductor System)"이란 뇌전류를 수뢰부시스템에서 접지극으로 흘리기 위한 외부피뢰시스템의 일부를 말한다.

"임펄스내전압(Impulse Withstand Voltage)"이란 지정된 조건하에서 절연파괴를 일으키지 않는 규정된 파형 및 극성의 임펄스전압의 최대 파고 값 또는 충격내전압을 말

한다.

“입구밸브“란 수차(펌프수차)에 통수 또는 단수할 목적으로 수차(펌프수차)의 고압측 지정점 부근에 설치한 밸브를 말하며 주밸브, 바이패스밸브(Bypass Valve), 서보모터(Servomotor), 제어장치 등으로 구성된다.

“전기철도용 급전선“이란 전기철도용 변전소로부터 다른 전기철도용 변전소 또는 전차선에 이르는 전선을 말한다.

“전기철도용 급전선로“란 전기철도용 급전선 및 이를 지지하거나 수용하는 시설물을 말한다.

“접근상태“란 제1차 접근상태 및 제2차 접근상태를 말한다.

(1) “제1차 접근상태“란 가공 전선이 다른 시설물과 접근(병행하는 경우를 포함하며 교차하는 경우 및 동일 지지물에 시설하는 경우를 제외한다. 이하 같다)하는 경우에 가공 전선이 다른 시설물의 위쪽 또는 옆쪽에서 수평거리로 가공 전선로의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설(수평 거리로 3 m 미만인 곳에 시설되는 것을 제외한다)됨으로써 가공 전선로의 전선의 절단, 지지물의 넘어지거나 무너짐 등의 경우에 그 전선이 다른 시설물에 접촉할 우려가 있는 상태를 말한다.

(2) “제2차 접근상태“란 가공 전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 그 가공 전선이 다른 시설물의 위쪽 또는 옆쪽에서 수평 거리로 3 m 미만인 곳에 시설되는 상태를 말한다.

“접속설비“란 공용 전력계통으로부터 특정 분산형전원 전기설비에 이르기까지의 전선로와 이에 부속하는 개폐장치, 모선 및 기타 관련 설비를 말한다.

“접지도체“란 계통, 설비 또는 기기의 한 점과 접지극 사이의 도전성 경로 또는 그 경로의 일부가 되는 도체를 말한다.

“접지시스템(Earthing System)“이란 기기나 계통을 개별적 또는 공통으로 접지하기 위하여 필요한 접속 및 장치로 구성된 설비를 말한다.

“대지전위상승(EPR, Earth Potential Rise)“이란 접지계통과 기준대지 사이의 전위차를 말한다.

“접촉범위(Arm’s Reach)“란 사람이 통상적으로 서있거나 움직일 수 있는 바닥면상의 어떤 점에서라도 보조장치의 도움 없이 손을 뻗어서 접촉이 가능한 접근구역을 말한다.

“정격전압“이란 발전기가 정격운전상태에 있을 때, 동기기 단자에서의 전압을 말한다.

“제압기“란 케이싱 및 수압관로의 수압상승을 경감할 목적으로 가이드베인을 급속히 폐쇄할 때에 이와 연동하여 관로내의 물을 급속히 방출하고 가이드베인 폐쇄 후 서서히 방출을 중지하도록 케이싱 또는 그 부근의 수압관로에 설치한 자동배수장치를 말한다.

“속도조절기“란 수차의 회전속도 및 출력을 조정하기 위하여 자동적으로 수구 개도를 가감하는 장치를 말하며, 속도검출부, 배압밸브, 서보모터, 복원부, 속도제어부, 부하제어부, 수동조작 기구 등으로 구성된다.

“중성선 다중접지 방식“이란 전력계통의 중성선을 대지에 다중으로 접속하고, 변압기의 중성점을 그 중성선에 연결하는 계통접지 방식을 말한다.

“지락전류(Earth Fault Current)“란 충전부에서 대지 또는 고장점(지락점)의 접지된 부분으로 흐르는 전류를 말하며, 지락에 의하여 전로의 외부로 유출되어 화재, 사람이나 동물의 감전 또는 전로나 기기의 손상 등 사고를 일으킬 우려가 있는 전류를 말한다.

“지중 관로“란 지중 전선로·지중 약전류 전선로·지중 광섬유 케이블 선로·지중에 시설하는 수관 및 가스관과 이와 유사한 것 및 이들에 부속하는 지중함 등을 말한다.

“지진력“이란 지진이 발생될 경우 지진에 의해 구조물에 작용하는 힘을 말한다.

“충전부(Live Part)“란 통상적인 운전 상태에서 전압이 걸리도록 되어 있는 도체 또는 도전부를 말한다. 중성선을 포함하나 PEN 도체, PEM 도체 및 PEL 도체는 포함하지 않는다.

“특별저압(ELV, Extra Low Voltage)“이란 인체에 위험을 초래하지 않을 정도의 저압을 말한다. 여기서 SELV(Safety Extra Low Voltage)는 비접지회로에 해당되며, PELV(Protective Extra Low Voltage)는 접지회로에 해당된다.

“펌프수차“란, 수차 및 펌프 양쪽에 가역적으로 사용하는 회전기계를 말하며, 펌프수차 본체와 부속장치로 구성된다.

(1) “펌프수차본체“란 일반적으로 케이싱, 덮개, 가이드베인, 러너, 흡출관, 주축, 주축베어링 등으로 구성된다.

(2) “부속장치“란 일반적으로 입구밸브, 속도조절기, 유압장치, 윤활유장치, 급수장치, 배수장치, 흡출관 수면압하장치, 운전제어장치 등으로 구성된다.

“피뢰등전위본딩(Lightning Equipotential Bonding)“이란 뇌전류에 의한 전위차를 줄이기 위해 직접적인 도전접속 또는 서지보호장치를 통하여 분리된 금속부를 피뢰시스템에 본딩하는 것을 말한다.

“피뢰레벨(LPL, Lightning Protection Level)“이란 자연적으로 발생하는 뇌방전을 초과하지 않는 최대 그리고 최소 설계 값에 대한 확률과 관련된 일련의 뇌격전류 매개변수(파라미터)로 정해지는 레벨을 말한다.

“피뢰시스템(LPS, lightning protection system)“이란 구조물 뇌격으로 인한 물리적 손상을 줄이기 위해 사용되는 전체시스템을 말하며, 외부피뢰시스템과 내부피뢰시스템으로 구성된다.

“피뢰시스템의 자연적 구성부재(Natural Component of LPS)“란 피뢰의 목적으로 특별

히 설치하지는 않았으나 추가로 피뢰시스템으로 사용될 수 있거나, 피뢰시스템의 하나 이상의 기능을 제공하는 도전성 구성부재

“**하중**“이란 구조물 또는 부재에 응력 및 변형을 발생시키는 일체의 작용을 말한다.

“**활동**“이란 흙에서 전단파괴가 일어나서 어떤 연결된 면을 따라서 엇갈림이 생기는 현상을 말한다.

“PEN 도체(protective earthing conductor and neutral conductor)“란 교류회로에서 중성선 겸용 보호도체를 말한다.

“PEM 도체(protective earthing conductor and a mid-point conductor)“란 직류회로에서 중간도체 겸용 보호도체를 말한다.

“PEL 도체(protective earthing conductor and a line conductor)“란 직류회로에서 선도체 겸용 보호도체를 말한다.

113 안전을 위한 보호

113.1 일반 사항

안전을 위한 보호의 기본 요구사항은 전기설비를 사용할 때 발생할 수 있는 위험과 장애로부터 인축 및 재산을 안전하게 보호함을 목적으로 하고 있다. 가축의 안전을 제공하기 위한 요구사항은 가축을 사육하는 장소에 적용할 수 있다.

113.2 감전에 대한 보호

1. 기본보호

기본보호는 일반적으로 직접접촉을 방지하는 것으로, 전기설비의 충전부에 인축이 접촉하여 일어날 수 있는 위험으로부터 보호되어야 한다. 기본보호는 다음 중 어느 하나에 적합하여야 한다.

가. 인축의 몸을 통해 전류가 흐르는 것을 방지

나. 인축의 몸에 흐르는 전류를 위험하지 않는 값 이하로 제한

2. 고장보호

고장보호는 일반적으로 기본절연의 고장에 의한 간접접촉을 방지하는 것이다.

가. 노출도전부에 인축이 접촉하여 일어날 수 있는 위험으로부터 보호되어야 한다.

나. 고장보호는 다음 중 어느 하나에 적합하여야 한다.

(1) 인축의 몸을 통해 고장전류가 흐르는 것을 방지

(2) 인축의 몸에 흐르는 고장전류를 위험하지 않는 값 이하로 제한

(3) 인축의 몸에 흐르는 고장전류의 지속시간을 위험하지 않은 시간까지로 제한

113.3 열 영향에 대한 보호

고온 또는 전기 아크로 인해 가연물이 발화 또는 손상되지 않도록 전기설비를 설치하여야 한다. 또한 정상적으로 전기기기가 작동할 때 인축이 화상을 입지 않도록 하여야 한다.

113.4 과전류에 대한 보호

1. 도체에서 발생할 수 있는 과전류에 의한 과열 또는 전기·기계적 응력에 의한 위험으로부터 인축의 상해를 방지하고 재산을 보호하여야 한다.
2. 과전류에 대한 보호는 과전류가 흐르는 것을 방지하거나 과전류의 지속시간을 위험하지 않는 시간까지로 제한함으로써 보호할 수 있다.

113.5 고장전류에 대한 보호

1. 고장전류가 흐르는 도체 및 다른 부분은 고장전류로 인해 허용온도 상승 한계에 도달하지 않도록 하여야 한다. 도체를 포함한 전기설비는 인축의 상해 또는 재산의 손실을 방지하기 위하여 보호장치가 구비되어야 한다.
2. 도체는 113.4에 따라 고장으로 인해 발생하는 과전류에 대하여 보호되어야 한다.

113.6 전압외란 및 전자기 장애에 대한 대책

1. 회로의 충전부 사이의 결함으로 발생한 전압에 의한 고장으로 인한 인축의 상해가 없도록 보호하여야 하며, 유해한 영향으로부터 재산을 보호하여야 한다.
2. 저전압과 이후 전압 회복의 영향으로 발생하는 상해로부터 인축을 보호하여야 하며, 손상에 대해 재산을 보호하여야 한다.
3. 설비는 규정된 환경에서 그 기능을 제대로 수행하기 위해 전자기 장애로부터 견디는 성질을 가져야 한다. 설비를 설계할 때는 설비 또는 설치 기기에서 발생되는 전자기 방사량이 설비 내의 전기사용기기와 상호 연결 기기들이 함께 사용되는 데 적합한지를 고려하여야 한다.

113.7 전원공급 중단에 대한 보호

전원공급 중단으로 인해 위험과 피해가 예상되면, 설비 또는 설치기기에 보호장치를 구비하여야 한다.

114 전기설비의 유지·보수

전기설비는 그 성능과 기능이 기술기준에 적합하게 유지되도록 점검 및 정비가 이루어져야 한다.

(120 전선)

121 전선의 선정 및 식별

121.1 전선 일반 요구사항 및 선정

1. 전선은 통상 사용 상태에서의 온도에 견디는 것이어야 한다.
2. 전선은 설치장소의 환경조건을 고려하고 발생할 수 있는 전기·기계적 응력에 견디는 능력이 있는 것을 선정하여야 한다.
3. 전선은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 한국산업표준(이하 “KS“라 한다)에 적합하거나 동등 이상의 성능을 만족하는 것을 사용하여야 한다. 다만, KS가 없는 경우에는 국제적으로 통용되는 IEC, EN, NEC 등의 표준을 기준으로 동등 이상의 성능을 판단한다.

121.2 전선의 식별

1. 전선의 식별은 표 121.2-1에 따른다.

표 121.2-1 전선식별

상(문자)	색상
L1	갈색
L2	검은색
L3	회색
N	파란색
보호도체	녹색-노란색

2. 색상 식별이 종단 및 연결 지점에서만 이루어지는 나도체 등은 전선 종단부에 색상이 반영구적으로 유지될 수 있는 도색, 밴드, 색 테이프 등의 방법으로 표시해야 한다.
3. 제1 및 제2를 제외한 전선의 식별은 KS C IEC 60445(인간과 기계 간 인터페이스, 표시 식별의 기본 및 안전원칙－장비단자, 도체단자 및 도체의 식별)에 적합하여야 한다.

122 전선의 종류

122.1 절연전선

1. 절연전선은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 KS에 적합하거나 동등 이상의 성능을 만족하는 것을 사용하여야 한다.

2. 제1에 따른 절연전선은 다음 절연전선인 경우에는 예외로 한다.
   가. 241.14.3의 1의 “나“의 단서에 의한 절연전선
   나. 241.14.3의 4의 “나“에 의하여 241.14.3의 1의 “나“의 단서에 의한 절연전선
   다. 341.4의 1의 “바“에 의한 특고압인하용 절연전선

122.2 코드

1. 코드는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 의한 안전인증을 취득한 것을 사용하여야 한다.
2. 코드는 이 규정에서 허용된 경우에 한하여 사용할 수 있다.

122.3 캡타이어케이블

캡타이어케이블은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 KS C IEC 60502-1[정격 전압 1 kV~30 kV 압출 성형 절연 전력 케이블 및 그 부속품-제1부:케이블(1 kV－3 kV)]에 적합하거나 동등 이상의 성능을 만족하는 것을 사용하여야 한다.

122.4 저압케이블

1. 사용전압이 저압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)의 전선으로 사용하는 케이블은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 KS에 적합하거나 동등 이상의 성능을 만족하는 것을 사용하여야 한다. 다만, 다음의 케이블을 사용하는 경우에는 예외로 한다.
   가. 232.82에 따른 선박용 케이블
   나. 232.89에 따른 엘리베이터용 케이블
   다. 241.14에 따른 통신용 케이블
   라. 241.10의 “라“에 따른 용접용 케이블
   마. 241.12.1의 “다“에 따른 발열선 접속용 케이블
   바. 335.4의 2에 따른 물밑케이블
2. 사용전압이 저압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)의 전선으로 절연체가 폴리프로필렌 혼합물인 케이블을 사용하는 경우 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 122.5의 3의 “가“부터“라“까지에 따른다.
3. 유선텔레비전용 급전겸용 동축케이블은 KS C 3339(2012)[CATV용(급전겸용) 알루미늄파이프형 동축케이블]에 적합한 것을 사용한다.

122.5 고압 및 특고압케이블

1. 사용전압이 고압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)의 전선으로 사용하는 케이블은 KS에 적합하거나 동등 이상의 성능을 만족하는 것을 사용하여야 한다. 다만, 전로의 전선으로 절연체가 폴리프로필렌 혼합물인 케이블을 사용하는 경우, 122.5의 3을 따라야 하며, 고압 가공전선에 반도전성 외장 조가용 고압케이블을 사용하는 경우, 241.13의 1의 "가"(1)에 따라 비행장등화용 고압케이블을 사용하는 경우 또는 물밑전선로의 시설에 따라 물밑케이블을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 사용전압이 특고압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)의 전선으로 사용하는 케이블은 절연체가 에틸렌 프로필렌고무혼합물, 가교폴리에틸렌 혼합물, 폴리프로필렌 혼합물인 케이블로서 선심 위에 금속제의 전기적 차폐층을 설치한 것이거나 파이프형 압력 케이블・연피케이블・알루미늄피케이블 그 밖의 금속피복을 한 케이블 또는 동등 이상의 성능을 만족하는 것을 사용하여야 한다. 다만, 물밑전선로의 시설에서 특고압 물밑전선로의 전선에 사용하는 케이블에는 절연체가 에틸렌 프로필렌고무혼합물 또는 가교폴리에틸렌 혼합물인 케이블로서 금속제의 전기적 차폐층을 설치하지 아니한 것을 사용할 수 있다.
3. 사용전압이 고압 및 특고압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)의 전선으로 절연체가 폴리프로필렌 혼합물인 케이블을 사용하는 경우 다음에 적합하여야 한다.
   가. 도체의 상시 최고 허용온도는 90 ℃ 이상일 것.
   나. 절연체의 인장 강도는 12.5 N/㎟ 이상일 것.
   다. 절연체의 신장률은 350 % 이상일 것.
   라. 절연체의 수분 흡습은 1mg/㎤ 이하일 것. 단, 정격전압 30 kV 초과 특고압 케이블은 제외한다.

122.6 나전선 등

나전선(버스덕트의 도체, 기타 구부리기 어려운 전선, 라이팅덕트의 도체 및 절연트롤리선의 도체, 가공송전선로의 도체를 제외한다) 및 지선 · 가공지선 · 보호도체 · 보호망 · 전력보안 통신용 약전류전선 기타의 금속선(절연전선 · 캡타이어케이블 및 241.14.3의 1의 "나" 단서에 따라 사용하는 피복선을 제외한다)은 KS에 적합하거나 동등 이상의 성능을 만족하는 것을 사용하여야 한다.

123 전선의 접속

전선을 접속하는 경우에는 234.9 또는 241.14의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 전선의 전기저항을 증가시키지 아니하도록 접속 하여야 하며, 또한 다음에 따라야 한다.

1. 나전선 상호 또는 나전선과 ‘절연전선 또는 캡타이어 케이블과 접속하는 경우에는 다음에 의할 것.
   가. 전선의 세기[인장하중(引張荷重)으로 표시한다. 이하 같다.]를 20% 이상 감소시키지 아니할 것. 다만, 연결선을 접속하는 경우와 기타 전선에 가하여지는 장력이 전선의 세기에 비하여 현저히 작을 경우에는 적용하지 않는다.
   나. 접속부분은 접속관 기타의 기구를 사용할 것. 다만, 가공전선 상호, 전차선 상호 또는 광산의 갱도 안에서 전선 상호를 접속하는 경우에 기술상 곤란할 때에는 적용하지 않는다.
2. 절연전선 상호 · 절연전선과 코드, 캡타이어 케이블과 접속하는 경우에는 제1의 규정에 준하는 이외에 접속되는 절연전선의 절연물과 동등 이상의 절연성능이 있는 접속기를 사용하거나 접속부분을 그 부분의 절연전선의 절연물과 동등 이상의 절연성능이 있는 것으로 피복할 것.
3. 코드 상호, 캡타이어 케이블 상호 또는 이들 상호를 접속하는 경우에는 코드 접속기 · 접속함 기타의 기구를 사용할 것. 다만 공칭단면적이 10 ㎟ 이상인 캡타이어 케이블 상호를 접속하는 경우에는 접속부분을 제1 및 제2의 규정에 준하여 시설하고 또한, 절연피복을 완전히 유화(硫化)하거나 접속부분의 위에 견고한 금속제의 방호장치를 할 때 또는 금속 피복이 아닌 케이블 상호를 제1 및 제2의 규정에 준하여 접속하는 경우에는 적용하지 않는다.
4. 도체에 알루미늄(알루미늄 합금을 포함한다. 이하 같다)을 사용하는 전선과 동(동합금을 포함한다.)을 사용하는 전선을 접속하는 등 전기화학적 성질이 다른 도체를 접속하는 경우에는 접속부분에 전기적 부식(電氣的腐蝕)이 생기지 않도록 할 것.
5. 도체에 알루미늄을 사용하는 절연전선 또는 케이블을 옥내배선 · 옥측배선 또는 옥외배선에 사용하는 경우에 그 전선을 접속할 때에는 KS C IEC 60998-1(가정용 및 이와 유사한 용도의 저전압용 접속기구)의 “11 구조“, “13 절연저항 및 내전압“, “14 기계적 강도“, “15 온도 상승“, “16 내열성“에 적합한 기구를 사용할 것
6. 두 개 이상의 전선을 병렬로 사용하는 경우에는 다음에 의하여 시설할 것.
   가. 병렬로 사용하는 각 전선의 굵기는 구리선 50 ㎟ 이상 또는 알루미늄 70 ㎟ 이상으로 하고, 전선은 같은 도체, 같은 재료, 같은 길이 및 같은 굵기의 것을 사용할 것.
   나. 같은 극의 각 전선은 동일한 터미널러그에 완전히 접속할 것.
   다. 같은 극인 각 전선의 터미널러그는 동일한 도체에 2개 이상의 리벳 또는 2개 이상의 나사로 접속할 것.
   라. 병렬로 사용하는 전선에는 각각에 퓨즈를 설치하지 말 것.
   마. 교류회로에서 병렬로 사용하는 전선은 금속관 안에 전자적 불평형이 생기지 않도록 시설할 것.

7. 밀폐된 공간에서 전선의 접속부에 사용하는 테이프 및 튜브 등 도체의 절연에 사용되는 절연 피복은 KS C IEC 60454(전기용 점착 테이프)에 적합한 것을 사용할 것.

(130 전로의 절연)

131 전로의 절연 원칙

전로는 다음 이외에는 대지로부터 절연하여야 한다.

1. 수용장소의 인입구의 접지, 고압 또는 특고압과 저압의 혼촉에 의한 위험방지 시설, 피뢰기의 접지, 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압 기계기구 등의 시설, 옥내에 시설하는 저압 접촉전선 공사 또는 아크 용접장치의 시설에 따라 저압전로에 접지공사를 하는 경우의 접지점
2. 고압 또는 특고압과 저압의 혼촉에 의한 위험방지 시설, 전로의 중성점의 접지 또는 옥내의 네온 방전등 공사에 따라 전로의 중성점에 접지공사를 하는 경우의 접지점
3. 계기용변성기의 2차측 전로의 접지에 따라 계기용변성기의 2차측 전로에 접지공사를 하는 경우의 접지점
4. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선의 병행 설치에 따라 저압 가공 전선의 특고압 가공 전선과 동일 지지물에 시설되는 부분에 접지공사를 하는 경우의 접지점
5. 중성점이 접지된 특고압 가공선로의 중성선에 25 kV 이하인 특고압 가공전선로의 시설에 따라 다중 접지를 하는 경우의 접지점
6. 파이프라인 등의 전열장치의 시설에 따라 시설하는 소구경관(박스를 포함한다)에 접지공사를 하는 경우의 접지점
7. 저압전로와 사용전압이 300 V 이하의 저압전로[자동제어회로 · 원방조작회로 · 원방감시장치의 신호회로 기타 이와 유사한 전기회로(이하 “제어회로 등“ 이라 한다)에 전기를 공급하는 전로에 한한다]를 결합하는 변압기의 2차측 전로에 접지공사를 하는 경우의 접지점
8. 다음과 같이 절연할 수 없는 부분
   가. 시험용 변압기, 기구 등의 전로의 절연내력 단서에 규정하는 전력선 반송용 결합리액터, 전기울타리의 시설에 규정하는 전기울타리용 전원장치, 엑스선발생장치(엑스선관, 엑스선관용변압기, 음극 가열용 변압기 및 이의 부속 장치와 엑스선관 회로의 배선을 말한다. 이하 같다), 전기부식방지 시설에 규정하는 전기부식방지용 양극, 단선식 전기철도의 귀선(가공 단선식 또는 제3레일식 전기 철도의 레일 및 그 레일에 접속하는 전선을 말한다. 이하 같다) 등 전로의 일부를 대지로부터 절연하지 아니하고 전기를 사용하는 것이 부득이한 것.
   나. 전기욕기·전기로·전기보일러·전해조 등 대지로부터 절연하는 것이 기술상 곤란한 것.
9. 저압 옥내직류 전기설비의 접지에 의하여 직류계통에 접지공사를 하는 경우의 접지점

132 전로의 절연저항 및 절연내력

1. 사용전압이 저압인 전로의 절연성능은 기술기준 제52조를 충족하여야 한다. 다만,

저압 전로에서 정전이 어려운 경우 등 절연저항 측정이 곤란한 경우 저항성분의 누설전류가 1 mA 이하이면 그 전로의 절연성능은 적합한 것으로 본다.

2. 고압 및 특고압의 전로(131, 회전기, 정류기, 연료전지 및 태양전지 모듈의 전로, 변압기의 전로, 기구 등의 전로 및 직류식 전기철도용 전차선을 제외한다)는 표 132-1에서 정한 시험전압을 전로와 대지 사이(다심케이블은 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디어야 한다. 다만, 전선에 케이블을 사용하는 교류 전로로서 표 132-1에서 정한 시험전압의 2배의 직류전압을 전로와 대지 사이(다심케이블은 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것에 대하여는 그러하지 아니하다.

표 132-1 전로의 종류 및 시험전압

전 로 의 종 류	시 험 전 압
1. 최대사용전압 7 kV 이하인 전로	최대사용전압의 1.5배의 전압
2. 최대사용전압 7 kV 초과 25 kV 이하인 중성점 접지식 전로(중성선을 가지는 것으로서 그 중성선을 다중접지 하는 것에 한한다)	최대사용전압의 0.92배의 전압
3. 최대사용전압 7 kV 초과 60 kV 이하인 전로(2란의 것을 제외한다)	최대사용전압의 1.25배의 전압(10.5 kV 미만으로 되는 경우는 10.5 kV)
4. 최대사용전압 60 kV 초과 중성점 비접지식전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것을 포함한다)	최대사용전압의 1.25배의 전압
5. 최대사용전압 60 kV 초과 중성점 접지식 전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것 및 6란과 7란의 것을 제외한다)	최대사용전압의1.1배의 전압 (75 kV 미만으로 되는 경우에는 75 kV)
6. 최대사용전압이 60 kV 초과 중성점 직접접지식 전로(7란의 것을 제외한다)	최대사용전압의 0.72배의 전압
7. 최대사용전압이 170 kV 초과 중성점 직접 접지식 전로로서 그 중성점이 직접 접지되어 있는 발전소 또는 변전소 혹은 이에 준하는 장소에 시설하는 것.	최대사용전압의 0.64배의 전압
8. 최대사용전압이 60 kV를 초과하는 정류기에 접속되고 있는 전로	교류측 및 직류 고전압측에 접속되고 있는 전로는 교류측의 최대사용전압의 1.1배의 직류전압
	직류측 중성선 또는 귀선이 되는 전로(이하 이장에서 “직류 저압측 전로”라 한다)는 아래에 규정하는 계산식에 의하여 구한 값

표 132-1의 8에 따른 직류 저압측 전로의 절연내력시험 전압의 계산방법은 다음과 같이 한다.

$$E = V \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times 0.5 \times 1.2$$

E: 교류 시험 전압(V를 단위로 한다)

V: 역변환기의 전류 실패 시 중성선 또는 귀선이 되는 전로에 나타나는 교류성 이상전압의 파고 값(V를 단위로 한다). 다만, 전선에 케이블을 사용하는 경우 시험전압은 E의 2배의 직류전압으로 한다.

3. 최대사용전압이 60 kV를 초과하는 중성점 직접접지식 전로에 사용되는 전력케이블은 정격전압을 24시간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 경우, 제2의 규정에 의하지 아니할 수 있다(참고표준: IEC 62067 및 IEC 60840).
4. 최대사용전압이 170 kV를 초과하고 양단이 중성점 직접접지 되어 있는 지중전선로는, 최대사용전압의 0.64배의 전압을 전로와 대지 사이(다심케이블에 있어서는, 심선상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속 60분간 절연내력시험을 했을 때 견디는 것인 경우 제2의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
5. 특고압전로와 관련되는 절연내력은 설치하는 기기의 종류별 시험성적서 확인 또는 절연내력 확인방법에 적합한 시험 및 측정을 하고 결과가 적합한 경우에는 제2(표 132-1의 1을 제외한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
6. 고압 및 특고압의 전로에 전선으로 사용하는 케이블의 절연체가 XLPE 등 고분자재료인 경우 0.1 Hz 정현파전압을 상전압의 3배 크기로 전로와 대지사이에 연속하여 60분(정격전압 6 ~ 30 kV에 해당하는 케이블은 30분) 동안 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것에 대하여는 제2의 규정에 따르지 아니할 수 있다.

133 회전기 및 정류기의 절연내력

회전기 및 정류기는 표 133-1에서 정한 시험방법으로 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디어야 한다. 다만, 회전변류기 이외의 교류의 회전기로 표 133-1에서 정한 시험전압의 1.6배의 직류전압으로 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 것을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

표 133-1 회전기 및 정류기 시험전압

<table>
<tr><th colspan="3">종 류</th><th>시 험 전 압</th><th>시 험 방 법</th></tr>
<tr><td rowspan="3">회
전
기</td><td rowspan="2">발전기 · 전동기 · 무효전력 보상장치 · 기타 회전기(회전변류기를 제외한다)</td><td>최대사용전압 7 kV 이하</td><td>최대사용전압의 1.5배의 전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)</td><td rowspan="3">권선과 대지 사이에 연속하여 10분간 가한다.</td></tr>
<tr><td>최대사용전압 7 kV 초과</td><td>최대사용전압의 1.25배의 전압(10.5 kV 미만으로 되는 경우에는 10.5 kV)</td></tr>
<tr><td colspan="2">회전변류기</td><td>직류측의 최대사용전압의 1배의 교류전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">정
류
기</td><td colspan="2">최대사용전압이 60 kV 이하</td><td>직류측의 최대사용전압의 1배의 교류전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)</td><td>충전부분과 외함 간에 연속하여 10분간 가한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">최대사용전압 60 kV 초과</td><td>교류측의 최대사용전압의 1.1배의 교류전압 또는 직류측의 최대사용전압의 1.1배의 직류전압</td><td>교류측 및 직류고전압측 단자와 대지 사이에 연속하여 10분간 가한다.</td></tr>
</table>

134 연료전지 및 태양전지 모듈의 절연내력

연료전지 및 태양전지 모듈은 최대사용전압의 1.5배의 직류전압 또는 1배의 교류전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)을 충전부분과 대지사이에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것이어야 한다.

135 변압기 전로의 절연내력

1. 변압기[방전등용 변압기 · 엑스선관용 변압기 · 흡상 변압기 · 시험용 변압기 · 계기용 변성기와 241.9에 규정(241.9.1의 2 제외)하는 전기집진 응용장치용의 변압기 기타 특수 용도에 사용되는 것을 제외한다. 이하 같다]의 전로는 표 135-1에서 정하는 시험전압 및 시험방법으로 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디어야 한다.

표 135-1 변압기 전로의 시험전압

권 선 의 종 류	시 험 전 압	시 험 방 법
1. 최대 사용전압 7 kV 이하	최대 사용전압의 1.5배의 전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V) 다만, 중성점이 접지되고 다중접지	시험되는 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 간에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.

권 선 의 종 류	시 험 전 압	시 험 방 법
	된 중성선을 가지는 전로에 접속하는 것은 0.92배의 전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)	
2. 최대 사용전압 7 kV 초과 25 kV 이하의 권선으로서 중성점접지식전로(중선선을 가지는 것으로서 그 중성선에 다중접지를 하는 것에 한한다)에 접속하는 것.	최대 사용전압의 0.92배의 전압	
3. 최대 사용전압 7 kV 초과 60 kV 이하의 권선(2란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 1.25배의 전압(10.5 kV 미만으로 되는 경우에는 10.5 kV)	
4. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 권선으로서 중성점 비접지식 전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것을 포함한다. 8란의 것을 제외한다)에 접속하는 것.	최대 사용전압의 1.25배의 전압	
5. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 권선(성형전선연결, 또는 스콧결선의 것에 한한다)으로서 중성점 접지식 전로(전위 변성기를 사용하여 접지 하는 것, 6란 및 8란의 것을 제외한다)에 접속하고 또한 성형전선연결의 권선의 경우에는 그 중성점에, 스콧결선의 권선의 경우에는 T좌권선과 주좌권선의 접속점에 피뢰기를 시설하는 것.	최대 사용전압의 1.1배의 전압 (75 kV 미만으로 되는 경우에는 75 kV)	시험되는 권선의 중성점단자(스콧결선의 경우에는 T좌권선과 주좌권선의 접속점 단자. 이하 이 표에서 같다) 이외의 임의의 1단자, 다른 권선(다른 권선이 2개 이상 있는 경우에는 각권선)의 임의의 1단자, 철심 및 외함을 접지하고 시험되는 권선의 중성점 단자 이외의 각 단자에 3상교류의 시험전압을 연속하여 10분간 가한다. 다만, 3상교류의 시험전압 가하기 곤란할 경우에는 시험되는 권선의 중성점 단자 및 접지되는 단자 이외의 임의의 1단자와 대지 사이에 단상교류의 시험전압을 연속하여 10분간 가하고 다시 중성점 단자와 대지 사이에 최대 사용전압의 0.64배(스콧 결선의 경우에는 0.96배)의 전압을 연속하여 10분간 가할 수 있다.
6. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 권선(성형	최대 사용전압의 0.72배의 전압	시험되는 권선의 중성점단자, 다른 권선(다른 권선이 2개 이상 있

권 선 의 종 류	시 험 전 압	시 험 방 법
전선연결의 것에 한한다. 8란의 것을 제외한다)으로서 중성점 직접 접지식전로에 접속하는 것. 다만, 170 kV를 초과하는 권선에는 그 중성점에 피뢰기를 시설하는 것에 한한다.		는 경우에는 각 권선)의 임의의 1단자, 철심 및 외함을 접지하고 시험되는 권선의 중성점 단자이외의 임의의 1단자와 대지 사이에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다. 이 경우에 중성점에 피뢰기를 시설하는 것에 있어서는 다시 중성점 단자와 대지 간에 최대사용전압의 0.3배의 전압을 연속하여 10분간 가한다.
7. 최대 사용전압이 170 kV를 초과하는 권선(성형 전선연결의 것에 한한다. 8란의 것을 제외한다)으로서 중성점직접접지식 전로에 접속하고 또한 그 중성점을 직접 접지하는 것.	최대 사용전압의 0.64배의 전압	시험되는 권선의 중성점 단자, 다른 권선(다른 권선이 2개 이상 있는 경우에는 각 권선)의 임의의 1단자, 철심 및 외함을 접지하고 시험되는 권선의 중성점 단자 이외의 임의의 1단자와 대지 사이에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.
8. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 정류기에 접속하는 권선	정류기의 교류측의 최대 사용전압의 1.1배의 교류전압 또는 정류기의 직류측의 최대 사용전압의 1.1배의 직류전압	시험되는 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 간에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.
9. 기타 권선	최대 사용전압의 1.1배의 전압(75 kV 미만으로 되는 경우는 75 kV)	시험되는 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 간에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.

2. 특고압전로와 관련되는 절연내력은 설치하는 기기의 종류별 시험성적서 확인 또는 절연내력 확인방법에 적합한 시험 및 측정을 하고 결과가 적합한 경우에는 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

136 기구 등의 전로의 절연내력

1. 개폐기 · 차단기 · 전력용 커패시터 · 유도전압조정기 · 계기용변성기 기타의 기구의 전로 및 발전소 · 변전소 · 개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 기계기구의 접속선 및 모선(전로를 구성하는 것에 한한다. 이하 “기구 등의 전로”라 한다)은 표 136-1에서 정하는 시험전압을 충전 부분과 대지 사이(다심케이블은 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디어야 한다. 다만, 접지형계기용변압기 · 전력선 반송용 결합커패시터 · 뇌서지 흡수용 커패시터 · 지락검출용 커패시터 · 재기전압 억제용 커패시터 · 피뢰기 또는 전력선반송용 결합리액터로서 다음에 따른 표준에 적합한 것 혹은 전선에 케이블을

사용하는 기계기구의 교류의 접속선 또는 모선으로서 표 136-1에서 정한 시험전압의 2배의 직류전압을 충전부분과 대지 사이(다심케이블에서는 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디도록 시설할 때에는 그러하지 아니하다.

표 136-1 기구 등의 전로의 시험전압

종 류	시 험 전 압
1. 최대 사용전압이 7 kV 이하인 기구 등의 전로	최대 사용전압이 1.5배의 전압(직류의 충전 부분에 대하여는 최대 사용전압의 1.5배의 직류전압 또는 1배의 교류전압) (500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)
2. 최대 사용전압이 7 kV를 초과하고 25 kV 이하인 기구 등의 전로로서 중성점 접지식 전로(중성선을 가지는 것으로서 그 중성선에 다중접지하는 것에 한한다)에 접속하는 것.	최대 사용전압의 0.92배의 전압
3. 최대 사용전압이 7 kV를 초과하고 60 kV 이하인 기구 등의 전로(2란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 1.25배의 전압 (10.5 kV 미만으로 되는 경우에는 10.5 kV)
4. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 기구 등의 전로로서 중성점 비접지식 전로(전위변성기를 사용하여 접지하는 것을 포함한다. 8란의 것을 제외한다)에 접속하는 것.	최대 사용전압의 1.25배의 전압
5. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 기구 등의 전로로서 중성점 접지식전로(전위변성기를 사용하여 접지하는 것을 제외한다)에 접속하는 것.(7란과 8란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 1.1배의 전압 (75 kV 미만으로 되는 경우에는 75 kV)
6. 최대 사용전압이 170 kV를 초과하는 기구 등의 전로로서 중성점직접접지식 전로에 접속하는 것(7란과 8란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 0.72배의 전압
7. 최대 사용전압이 170 kV를 초과하는 기구 등의 전로로서 중성점 직접접지식 전로 중 중성점이 직접접지 되어 있는 발전소 또는 변전소 혹은 이에 준하는 장소의 전로에 접속하는 것(8란의 것을 제외한다).	최대 사용전압의 0.64배의 전압
8. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 정류기의 교류측 및 직류측 전로에 접속하는 기구 등의 전로	교류측 및 직류 고전압측에 접속하는 기구 등의 전로는 교류측의 최대 사용전압의 1.1배의 교류전압 또는 직류측의 최대 사용전압의 1.1배의 직류전압
	직류 저압측전로에 접속하는 기구 등의 전로는 3100-2에 서 규정하는 계산식으로 구한 값.

가. 단서의 규정에 의한 접지형계기용변압기의 표준은 KS C 1706(2013)[계기용변성기(표준용 및 일반 계기용)]의 “6.2.3 내전압” 또는 KS C 1707(2011)[계기용변성기(전력수급용)]의 “6.2.4 내전압”에 적합할 것.

나. 단서의 규정에 의한 전력선 반송용 결합커패시터의 표준은 고압단자와 접지된 저압단자간 및 저압단자와 외함 간의 내전압이 각각 KS C 1706(2013)[계기용변성기(표준용 및 일반 계기용)]의 “6.2.3 내전압”에 규정하는 커패시터형 계기용변압기의 주 커패시터 단자 간 및 1차 접지측 단자와 외함 간의 내전압의 표준에 준할 것.

다. 단서의 규정에 의한 뇌서지흡수용 커패시터·지락검출용 커패시터·재기전압억제용 커패시터의 표준은 다음과 같다.

(1) 사용전압이 고압 또는 특고압일 것.

(2) 고압단자 또는 특고압단자 및 접지된 외함 사이에 표 136-2에서 정하고 있는 공칭전압의 구분 및 절연계급의 구분에 따라 각각 같은 표에서 정한 교류전압 및 직류전압을 다음과 같이 일정시간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

(가) 교류전압에서는 1분간

(나) 직류전압에서는 10초간

표 136-2 뇌서지흡수용·지락검출용·재기전압억제용 커패시터의 시험전압

공칭전압의 구분(kV)	절연계급의 구분	시험전압	
		교류(kV)	직류(kV)
3.3	A	16	45
	B	10	30
6.6	A	22	60
	B	16	45
11	A	28	90
	B	28	75
22	A	50	150
	B	50	125
	C	50	180
33	A	70	200
	B	70	170
	C	70	240
66	A	140	350
	C	140	420
77	A	160	400
	C	160	480

A: B 또는 C 이외의 경우

B: 뇌서지전압의 침입이 적은 경우 또는 피뢰기 등의 보호장치에 의해서 이상전압이 낮게 억제되는 경우

C: 피뢰기 등의 보호장치의 보호범위 외에 시설되는 경우

라. 단서의 규정에 의한 직렬 갭이 있는 피뢰기의 표준은 다음과 같다.

(1) 건조 및 주수상태에서 2분 이내의 시간간격으로 10회 연속하여 상용주파 방전개시전압을 측정하였을 때 표 136-3의 상용주파 방전개시전압의 값 이상일 것.

(2) 직렬 갭 및 특성요소를 수납하기 위한 자기용기 등 평상시 또는 동작시에 전압이 인가되는 부분에 대하여 표 136-3의 "상용주파전압"을 건조상태에서 1분간, 주수상태에서 10초간 가할 때 불꽃 방전 또는 파괴되지 아니할 것.

(3) (2)와 동일한 부분에 대하여 표 136-3의 "뇌임펄스전압"(파두장 0.5 ㎲ 이상 1.5 ㎲ 이하, 파미장 32 ㎲ 이상 48 ㎲ 이하인 것. 이하 이호에서 같다)을 건조 및 주수상태에서 정·부 양극성으로 각각 3회 가할 때 불꽃 방전 또는 파괴되지 아니할 것.

(4) 건조 및 주수상태에서 표 136-3의 "뇌임펄스 방전개시전압(표준)"을 정·부 양극성으로 각각 10회 인가하였을 때 모두 방전하고 또한, 정·부양극성의 뇌임펄스전압에 의하여 방전개시전압과 방전개시시간의 특성을 구할 때 0.5 ㎲에서의 전압 값은 같은 표의 "뇌임펄스방전개시전압(0.5 ㎲)"의 값 이하일 것.

(5) 정·부양극성의 뇌임펄스전류(파두장 0.5 ㎲ 이상 1.5 ㎲ 이하, 파미장 32 ㎲ 이상 48 ㎲ 이하의 파형인 것)에 의하여 제한전압과 방전전류와의 특성을 구할 때, 공칭방전전류에서의 전압 값은 표 136-3의 "제한전압"의 값 이하일 것.

마. 단서의 규정에 의한 전력선 반송용 결합리액터의 표준은 다음과 같다.

(1) 사용전압은 고압일 것.

(2) 60 ㎐의 주파수에 대한 임피던스는 사용전압의 구분에 따라 전압을 가하였을 때에 표 136-4에서 정한 값 이상일 것.

(3) 권선과 철심 및 외함 간에 최대사용전압이 1.5배의 교류전압을 연속하여 10분간 가하였을 때에 (이에) 견딜 것

2. 특고압전로와 관련되는 절연내력은 설치하는 기기의 종류별 시험성적서 확인 또는 절연내력 확인방법에 적합한 시험 및 측정을 하고 결과가 적합한 경우에는 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

표 136-3 직렬 갭이 있는 피뢰기의 상용주파 방전개시전압

피뢰기 정격전압 (실효값) [kV]	상용주파 방전 개시전압 (실효값) [kV]	내전압[kV]			충격방전 개시전압 (파고값)[kV]		제한전압(파고값) [kV]		
		상용주파 전압 (실효값) [kV]	충격전압 (파고값)[kV]						
			1.2× 50 μs	250× 2500 μs	1.2× 50 μs	250× 2500 μs	10 kA	5 kA	2.5 kA
7.5	11.25	21(20)	60	-	27	-	27	27	27
9	13.5	27(24)	75	-	32.5	-	-	-	32.5
12	18	50(45)	110	-	43	-	43	43	-
18	27	42(36)	125	-	65	-	-	-	65
21	31.5	70(60)	120	-	76	-	76	76	-
24	26	70(60)	150	-	87	-	87	87	-
72 75	112.5	175 (145)	350	-	270	-	270	270	-
138 144	207	325 (325)	750	-	460	-	460	-	-
288	432	450 (450)	1175	950	725	695	690	-	-

[비고] ( )안의 숫자는 주수시험 시 적용

표 136-4 전력선 반송용 결합리액터의 판정 임피던스

사용전압의 구분	전 압	임피던스
3.5 kV 이하	2 kV	500 kΩ
3.5 kV 초과	4 kV	1,000 kΩ

(140 접지시스템)

141 접지시스템의 구분 및 종류

1. 접지시스템은 계통접지, 보호접지, 피뢰시스템 접지 등으로 구분한다.
2. 접지시스템의 시설 종류에는 단독접지, 공통접지, 통합접지가 있다.

142 접지시스템의 시설

142.1 접지시스템의 구성요소 및 요구사항

142.1.1 접지시스템 구성요소

1. 접지시스템은 접지극, 접지도체, 보호도체 및 기타 설비로 구성하고, 140에 의하는 것 이외에는 KS C IEC 60364-5-54(저압전기설비-제5-54부:전기기기의 선정 및 설치 －접지설비 및 보호도체)에 의한다.
2. 접지극은 접지도체를 사용하여 주접지단자에 연결하여야 한다.

142.1.2 접지시스템 요구사항

1. 접지시스템은 다음에 적합하여야 한다.
   가. 전기설비의 보호 요구사항을 충족하여야 한다.
   나. 지락전류와 보호도체 전류를 대지에 전달할 것. 다만, 열적, 열·기계적, 전기·기계적 응력 및 이러한 전류로 인한 감전 위험이 없어야 한다.
   다. 전기설비의 기능적 요구사항을 충족하여야 한다.
2. 접지저항 값은 다음에 의한다.
   가. 부식, 건조 및 동결 등 대지환경 변화에 충족하여야 한다.
   나. 인체감전보호를 위한 값과 전기설비의 기계적 요구에 의한 값을 만족하여야 한다.

142.2 접지극의 시설 및 접지저항

1. 접지극은 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 토양 또는 콘크리트에 매입되는 접지극의 재료 및 최소 굵기 등은 표 142.2-1에 따라야 한다.

표 142.2-1 토양 또는 콘크리트에 매입되는 접지극으로 부식방지 및 기계적 강도를 고려하여 일반적으로 사용되는 재질의 최소 굵기

재질 및 표면	모양	최소 크기				
		지름 ㎜	단면적 ㎟	두께 ㎜	코팅 무게 g/m2	코팅/외장 두께 μm
콘크리트매입 강철(나강, 아연도금 또는 스테인리스)	원형 강선	10				
	강테이프 또는 강대		75	3		
용융 아연도금 강철c	강대b 또는 성형 강대/ 강판-경질 강판/ 격자형 강판		90	3	500	63
	수직부설 원형 강봉	16			350	45
	수평부설 원형 강선	10			350	45
	강관	25		2	350	45
	강연선(콘크리트 매입)		70			
	수직부설 십자형 강철		(290)	3		
구리외장 강철	수직부설 원형 강봉	(15)				2000
전착된 구리도금 강철	수직부설 원형 강봉	14				250e
	수평부설 원형 강선	(8)				70
	수평부설 강대		90	3		70
	수평부설 원형 연선		95f			
스테인리스 강철a	강대b 또는 성형 강대/ 강판		90	3		
	수직부설 원형 강봉	16				
	수평부설 원형 강선	10				
	관	25		2		
구리	구리대		50	2		
	수평부설 원형 강선		(25)d 50			
	수직부설 원형 강봉	(12) 15				
	연선	1.7 연선의소선	(25)d 50			
	관	20		2		
	강판			(1.5) 2		
	격자형 강판			2		

비고 괄호 안의 값은 감전에 대한 보호를 위해서만 적용하고, 괄호가 없는 값은 피뢰 및 감전에 대한 보호를 위해 적용한다.

a 크롬≥16 %, 니켈≥5 %, 몰리브덴≥2 %, 카본≤0.08 %
b 압연강대 또는 둥근 모서리 슬릿(slit) 강대
c 도금(코팅)은 매끄럽고 연속적이며 얼룩이 없는 것이어야 한다.
d 경험적으로 부식 및 기계적 위험이 매우 낮을 것으로 판단될 때 16 ㎟인 것을 사용할 수 있다.
e 이 두께는 설치과정 중에 구리도금의 기계적 손상에 견딜 수 있다. 설치과정 중에 제조업체의 지침에 따라 구리에 대한 기계적 손상[예를 들면, 절삭기의 구멍 또는 특수 보호 팁(tips)]을 피하기 위해 특별히 주의하는 경우 적어도 100μm까지 감소될 수 있다.
f 동피복의 공칭 두께는 소선 지름의 9 % 이상, 최소 두께는 소선 지름의 5 %

나. 피뢰시스템의 접지는 152.3을 우선 적용하여야 한다.

2. 접지극은 다음의 방법 중 하나 또는 복합하여 시설하여야 한다.
가. 콘크리트에 매입 된 기초 접지극
나. 토양에 매설된 기초 접지극
다. 토양에 수직 또는 수평으로 직접 매설된 금속전극(봉, 전선, 테이프, 배관, 판 등)
라. 케이블의 금속외장 및 그 밖에 금속피복
마. 지중 금속구조물(배관 등)
바. 대지에 매설된 콘크리트 내의 용접된 금속 보강재. 다만, 강화콘크리트는 제외한다.
3. 접지극의 매설은 다음에 의한다.
가. 접지극은 매설하는 토양을 오염시키지 않아야 하며, 가능한 다습한 부분에 설치한다.
나. 접지극은 동결 깊이를 고려하여 시설하되 고압 이상의 전기설비와 142.5에 의하여 시설하는 접지극의 매설깊이는 지표면으로부터 지하 0.75 m 이상으로 한다. 다만, 발전소 · 변전소 · 개폐소 또는 이에 준하는 곳에 접지극을 322.5의1의 “가” 에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
다. 접지도체를 철주 기타의 금속체를 따라서 시설하는 경우에는 접지극을 철주의 밑면으로부터 0.3 m 이상의 깊이에 매설하는 경우 이외에는 접지극을 지중에서 그 금속체로부터 1 m 이상 떼어 매설하여야 한다.
4. 접지시스템 부식에 대한 고려는 다음에 의한다.
가. 접지극에 부식을 일으킬 수 있는 폐기물 집하장 및 번화한 장소에 접지극 설치는 피해야 한다.
나. 서로 다른 재질의 접지극을 연결할 경우 전기부식을 고려하여야 한다.
다. 콘크리트 기초접지극에 접속하는 접지도체가 용융아연도금강제인 경우 접속부를 토양에 직접 매설해서는 안 된다.
5. 접지극을 접속하는 경우에는 발열성 용접, 눌러 붙임 접속, 클램프 또는 그 밖의 기계적 접속장치로 접속하여야 한다.
6. 가연성 액체나 가스를 운반하는 금속제 배관은 접지설비의 접지극으로 사용 할 수 없다. 다만, 보호등전위본딩은 예외로 한다.
7. 수도관 등을 접지극으로 사용하는 경우는 다음에 의한다.
가. 지중에 매설되어 있고 대지와의 전기저항 값이 3 Ω 이하의 값을 유지하고 있는 금속제 수도관로가 다음에 따르는 경우 접지극으로 사용이 가능하다.
(1) 접지도체와 금속제 수도관로의 접속은 안지름 75 ㎜ 이상인 부분 또는 여기에서 분기한 안지름 75 ㎜ 미만인 분기점으로부터 5 m 이내의 부분에서 하여야 한다. 다만, 금속제 수도관로와 대지 사이의 전기저항 값이 2 Ω 이하인 경우

에는 분기점으로부터의 거리는 5 m을 넘을 수 있다.

(2) 접지도체와 금속제 수도관로의 접속부를 수도계량기로부터 수도 수용가 측에 설치하는 경우에는 수도계량기를 사이에 두고 양측 수도관로를 등전위본딩 하여야 한다.

(3) 접지도체와 금속제 수도관로의 접속부를 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 설치하는 경우에는 손상을 방지하도록 방호장치를 설치하여야 한다.

(4) 접지도체와 금속제 수도관로의 접속에 사용하는 금속제는 접속부에 전기적 부식이 생기지 않아야 한다.

나. 건축물·구조물의 철골 기타의 금속제는 이를 비접지식 고압전로에 시설하는 기계기구의 철대 또는 금속제 외함의 접지공사 또는 비접지식 고압전로와 저압전로를 결합하는 변압기의 저압전로의 접지공사의 접지극으로 사용할 수 있다. 다만, 대지와의 사이에 전기저항 값이 2 Ω 이하인 값을 유지하는 경우에 한한다.

142.3 접지도체·보호도체

142.3.1 접지도체

1. 접지도체의 선정

가. 접지도체의 단면적은 142.3.2의 1에 의하며 접지도체의 최소 단면적은 다음과 같다.

(1) 구리 도체를 사용하는 경우 저압은 6 ㎟, 고압 이상은 16 ㎟

(2) 철 도체를 사용하는 경우 50 ㎟

나. 접지도체에 피뢰시스템이 접속되는 경우, 접지도체의 단면적은 구리 16 ㎟ 또는 철 50 ㎟ 이상으로 하여야 한다.

다. 알루미늄 도체는 접지도체로 사용해서는 안 된다.

2. 접지극과 접지도체의 접속은 견고하고 전기적 연속성 보장 및 부식에 유의하여야 하며, 다음에 따라야 한다.

가. 접속은 발열성 용접, 압착접속, 클램프 또는 그 밖에 기계적 접속장치에 의해야 한다. 기계적인 접속장치는 제조자의 지침에 따라 설치하여야 한다.

나. 클램프를 사용하는 경우, 접지극 또는 접지도체를 손상시키지 않아야 한다.

다. 납땜에만 의존하는 접속은 사용해서는 안 된다.

3. 특고압·고압 전기설비 및 변압기 중성점 접지시스템의 경우 접지도체가 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 시설되는 고정설비인 경우에는 다음에 따라야 한다. 다만, 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 322.5의 1의 “가”의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러지 아니한다.

가. 접지도체는 지하 0.75 m 부터 지표 상 2 m 까지 부분은 합성수지관(두께 2 ㎜ 미만의 합성수지제 전선관 및 콤바인덕트관을 제외한다) 또는 이와 동등 이상의 절

연효과와 강도를 가지는 몰드로 덮어야 한다.

나. 접지도체는 절연전선(옥외용 비닐절연전선은 제외) 또는 케이블(통신용 케이블은 제외)을 사용하여야 한다. 다만, 접지도체를 철주 기타의 금속체를 따라서 시설하는 경우 이외의 경우에는 접지도체의 지표상 0.6 m를 초과하는 부분에 대하여는 절연전선을 사용하지 않을 수 있다.

다. 접지극 매설은 142.2의 3에 따른다.

4. 접지도체의 굵기는 제1의 "가"에서 정한 것 이외에 고장 시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것으로서 다음에 의한다.

가. 특고압·고압 전기설비용 접지도체는 단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 동등 이상의 단면적 및 강도를 가져야 한다.

나. 중성점 접지용 접지도체는 공칭단면적 16 ㎟ 이상의 연동선 또는 동등 이상의 단면적 및 세기를 가져야 한다. 다만, 다음의 경우에는 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 동등 이상의 단면적 및 강도를 가져야 한다.

(1) 7 kV 이하의 전로

(2) 사용전압이 25 kV 이하인 특고압 가공전선로. 다만, 중성선 다중접지 방식의 것으로서 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 되어 있는 것.

다. 이동하여 사용하는 전기기계기구의 금속제 외함 등의 접지시스템의 경우는 다음의 것을 사용하여야 한다.

(1) 특고압·고압 전기설비용 접지도체 및 중성점 접지용 접지도체는 클로로프렌 캡타이어케이블(3종 및 4종) 또는 클로로설포네이트폴리에틸렌캡타이어케이블(3종 및 4종)의 1개 도체 또는 다심 캡타이어케이블의 차폐 또는 기타의 금속체로 단면적이 10 ㎟ 이상인 것을 사용한다.

(2) 저압 전기설비용 접지도체는 다심 코드 또는 다심 캡타이어케이블의 1개 도체의 단면적이 0.75 ㎟ 이상인 것을 사용한다. 다만, 기타 유연성이 있는 연동연선은 1개 도체의 단면적이 1.5 ㎟ 이상인 것을 사용한다.

142.3.2 보호도체

1. 보호도체의 최소 단면적은 다음에 의한다.

가. 보호도체의 최소 단면적은 "나"에 따라 계산하거나 표 142.3-1에 따라 선정할 수 있다. 다만, "다"의 요건을 고려하여 선정하여야 하며, TT계통에서 전력공급계통의 접지극과 노출도전부의 접지극이 전기적으로 독립한 경우 보호도체의 단면적은 구리 25 ㎟, 알루미늄 35 ㎟를 초과하지 않아도 된다.

표 142.3-1 보호도체의 최소 단면적

선도체의 단면적 S (㎟, 구리)	보호도체의 최소 단면적(㎟, 구리)	
	보호도체의 재질이 선도체와 같은 경우	보호도체의 재질이 선도체와 다른 경우
S ≤ 16	S	$(k_1/k_2) \times S$
16 < S ≤ 35	16[a]	$(k_1/k_2) \times 16$
S > 35	S[a]/2	$(k_1/k_2) \times (S/2)$

여기서,

k_1: 도체 및 절연의 재질에 따라 KS C IEC 60364-5-54(저압전기설비-제5-54부:전기기기의 선정 및 설치－접지설비 및 보호도체)의 "표 A54.1(여러 가지 재료의 변수 값)" 또는 KS C IEC 60364-4-43(저압전기설비-제4-43부:안전을 위한 보호－과전류에 대한 보호)의 "표 43A(도체에 대한 k값)" 에서 선정된 선도체에 대한 k값

k_2: KS C IEC 60364-5-54(저압전기설비-제5-54부:전기기기의 선정 및 설치－접지설비 및 보호도체)의 "표 A.54.2(케이블에 병합되지 않고 다른 케이블과 묶여 있지 않은 절연 보호도체의 k값) ~ 표 A.54.6(제시된 온도에서 모든 인접 물질에 손상 위험성이 없는 경우 나도체의 k값)" 에서 선정된 보호도체에 대한 k값

a: PEN 도체의 최소단면적은 중성선과 동일하게 적용한다[KS C IEC 60364-5-52(저압전기설비-제5-52부:전기기기의 선정 및 설치－배선설비) 참조].

나. 차단시간이 5초 이하인 경우에만 다음 계산식을 적용한다.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

여기서,

S: 단면적(㎟)

I: 보호장치를 통해 흐를 수 있는 예상 고장전류 실효값(A)

t: 자동차단을 위한 보호장치의 동작시간(s)

k: 보호도체, 절연, 기타 부위의 재질 및 초기온도와 최종온도에 따라 정해지는 계수로 KS C IEC 60364-5-54(저압전기설비-제5-54부:전기기기의 선정 및 설치－접지설비 및 보호도체)의 "부속서 A(기본보호에 관한 규정)" 에 의한다.

다. 보호도체가 케이블의 일부가 아니거나 선도체와 동일 외함에 설치되지 않으면 단면적은 다음의 굵기 이상으로 하여야 한다.

(1) 기계적 손상에 대해 보호가 되는 경우는 구리 2.5 ㎟, 알루미늄 16 ㎟ 이상

(2) 기계적 손상에 대해 보호가 되지 않는 경우는 구리 4 ㎟, 알루미늄 16 ㎟ 이상

(3) 케이블의 일부가 아니라도 전선관 및 트렁킹 내부에 설치되거나, 이와 유사한 방법으로 보호되는 경우 기계적으로 보호되는 것으로 간주한다.

라. 보호도체가 두 개 이상의 회로에 공통으로 사용되면 단면적은 다음과 같이 선정하여야 한다.

(1) 회로 중 가장 부담이 큰 것으로 예상되는 고장전류 및 동작시간을 고려하여

"가" 또는 "나"에 따라 선정한다.

(2) 회로 중 가장 큰 선도체의 단면적을 기준으로 "가"에 따라 선정한다.

2. 보호도체의 종류는 다음에 의한다.

가. 보호도체는 다음 중 하나 또는 복수로 구성하여야 한다.

(1) 다심케이블의 도체

(2) 충전도체와 같은 트렁킹에 수납된 절연도체 또는 나도체

(3) 고정된 절연도체 또는 나도체

(4) "나"(1), (2) 조건을 만족하는 금속케이블 외장, 케이블 차폐, 케이블 외장, 전선묶음(편조전선), 동심도체, 금속관

나. 전기설비에 저압개폐기, 제어반 또는 버스덕트와 같은 금속제 외함을 가진 기기가 포함된 경우, 금속함이나 프레임이 다음과 같은 조건을 모두 충족하면 보호도체로 사용이 가능하다.

(1) 구조·접속이 기계적, 화학적 또는 전기화학적 열화에 대해 보호할 수 있으며 전기적 연속성을 유지 하는 경우

(2) 도전성이 제1의 "가" 또는 "나"의 조건을 충족하는 경우

(3) 연결하고자 하는 모든 분기 접속점에서 다른 보호도체의 연결을 허용하는 경우

다. 다음과 같은 금속부분은 보호도체 또는 보호본딩도체로 사용해서는 안 된다.

(1) 금속 수도관

(2) 가스·액체·가루와 같은 잠재적인 인화성 물질을 포함하는 금속관

(3) 상시 기계적 응력을 받는 지지 구조물 일부

(4) 가요성 금속배관. 다만, 보호도체의 목적으로 설계된 경우는 예외로 한다.

(5) 가요성 금속전선관

(6) 지지선, 케이블트레이 및 이와 비슷한 것

3. 보호도체의 전기적 연속성은 다음에 의한다.

가. 보호도체의 보호는 다음에 의한다.

(1) 기계적인 손상, 화학적·전기화학적 열화, 전기역학적·열역학적 힘에 대해 보호되어야 한다.

(2) 나사접속·클램프접속 등 보호도체 사이 또는 보호도체와 타 기기 사이의 접속은 전기적연속성 보장 및 기계적강도와 보호를 구비하여야 한다.

(3) 보호도체를 접속하는 나사는 다른 목적으로 겸용해서는 안 된다.

(4) 접속부는 납땜(soldering)으로 접속해서는 안 된다.

나. 보호도체의 접속부는 검사와 시험이 가능하여야 한다. 다만 다음의 경우는 예외로 한다.

(1) 화합물로 충전된 접속부

(2) 캡슐로 보호되는 접속부

(3) 금속관, 덕트 및 버스덕트에서의 접속부
(4) 기기의 한 부분으로서 규정에 부합하는 접속부
(5) 용접(welding)이나 경납땜(brazing)에 의한 접속부
(6) 눌러 붙임 공구에 의한 접속부

4. 보호도체에는 어떠한 개폐장치를 연결해서는 안 된다. 다만, 시험목적으로 공구를 이용하여 보호도체를 분리할 수 있는 접속점을 만들 수 있다.
5. 접지에 대한 전기적 감시를 위한 전용장치(동작센서, 코일, 변류기 등)를 설치하는 경우, 보호도체 경로에 직렬로 접속하면 안 된다.
6. 기기・장비의 노출도전부는 다른 기기를 위한 보호도체의 부분을 구성하는데 사용할 수 없다. 다만, 제2의 “나” 에서 허용하는 것은 제외한다.

142.3.3 보호도체의 단면적 보강

1. 보호도체는 정상 운전상태에서 전류의 전도성 경로(전기자기간섭 보호용 필터의 접속 등으로 인한)로 사용되지 않아야 한다.
2. 전기설비의 정상 운전상태에서 보호도체에 10 mA를 초과하는 전류가 흐르는 경우, 다음에 의해 보호도체를 증강하여 사용하여야 한다.
   가. 보호도체가 하나인 경우 보호도체의 단면적은 전 구간에 구리 10 ㎟ 이상 또는 알루미늄 16 ㎟ 이상으로 하여야 한다.
   나. 추가로 보호도체를 위한 별도의 단자가 구비된 경우, 최소한 고장보호에 요구되는 보호도체의 단면적은 구리 10 ㎟, 알루미늄 16 ㎟ 이상으로 한다.

142.3.4 보호도체와 계통도체 겸용

1. 보호도체와 계통도체를 겸용하는 겸용도체(중성선과 겸용, 선도체와 겸용, 중간도체와 겸용 등)는 해당하는 계통의 기능에 대한 조건을 만족하여야 한다.
2. 겸용도체는 고정된 전기설비에서만 사용할 수 있으며 다음에 의한다.
   가. 단면적은 구리 10 ㎟ 또는 알루미늄 16 ㎟ 이상이어야 한다.
   나. 중성선과 보호도체의 겸용도체는 전기설비의 부하 측으로 시설하여서는 안 된다.
   다. 폭발성 분위기 장소는 보호도체를 전용으로 하여야 한다.
3. 겸용도체의 성능은 다음에 의한다.
   가. 공칭전압과 같거나 높은 절연성능을 가져야 한다.
   나. 배선설비의 금속 외함은 겸용도체로 사용해서는 안 된다. 다만, KS C IEC 60439-2(저전압 개폐장치 및 제어장치 부속품－제2부 : 버스바 트렁킹 시스템의 개별 요구사항)에 의한 것 또는 KS C IEC 61534-1(전원 트랙－제1부: 일반요구사항)에 의한 것은 제외한다.
4. 겸용도체는 다음 사항을 준수하여야 한다.

가. 전기설비의 일부에서 중성선·중간도체·선도체 및 보호도체가 별도로 배선되는 경우, 중성선·중간도체·선도체를 전기설비의 다른 접지된 부분에 접속해서는 안 된다. 다만, 겸용도체에서 각각의 중성선·중간도체·선도체와 보호도체를 구성하는 것은 허용한다.

나. 겸용도체는 보호도체용 단자 또는 바에 접속되어야 한다.

다. 계통외도전부는 겸용도체로 사용해서는 안 된다.

142.3.5 보호접지 및 기능접지의 겸용도체

1. 보호접지와 기능접지 도체를 겸용하여 사용할 경우 142.3.2에 대한 조건과 143 및 153.2(피뢰시스템 등전위본딩)의 조건에도 적합하여야 한다.
2. 전자통신기기에 전원공급을 위한 직류귀환 도체는 겸용도체(PEL 또는 PEM)로 사용 가능하고, 기능접지도체와 보호도체를 겸용할 수 있다.

142.3.6 감전보호에 따른 보호도체

과전류보호장치를 감전에 대한 보호용으로 사용하는 경우, 보호도체는 충전도체와 같은 배선설비에 병합시키거나 근접한 경로로 설치하여야 한다.

142.3.7 주접지단자

1. 접지시스템은 주접지단자를 설치하고, 다음의 도체들을 접속하여야 한다.
   가. 등전위본딩도체
   나. 접지도체
   다. 보호도체
   라. 관련이 있는 경우, 기능성 접지도체
2. 여러 개의 접지단자가 있는 장소는 접지단자를 상호 접속하여야 한다.
3. 주접지단자에 접속하는 각 접지도체는 개별적으로 분리할 수 있어야 하며, 접지저항을 편리하게 측정할 수 있어야 한다. 다만, 접속은 견고해야 하며 공구에 의해서만 분리되는 방법으로 하여야 한다.

142.4 전기수용가 접지

142.4.1 저압수용가 인입구 접지

1. 수용장소 인입구 부근에서 다음의 것을 접지극으로 사용하여 변압기 중성점 접지를 한 저압전선로의 중성선 또는 접지측 전선에 추가로 접지공사를 할 수 있다.
   가. 지중에 매설되어 있고 대지와의 전기저항 값이 3 Ω 이하의 값을 유지하고 있는 금속제 수도관로
   나. 대지 사이의 전기저항 값이 3 Ω 이하인 값을 유지하는 건물의 철골

2. 제1에 따른 접지도체는 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것이어야 한다. 다만, 접지도체를 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 시설할 때에는 접지도체는 142.3.1의 6에 따른다.

142.4.2 주택 등 저압수용장소 접지

1. 저압수용장소에서 계통접지가 TN-C-S 방식인 경우에 보호도체는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 보호도체의 최소 단면적은 142.3.2의 1에 의한 값 이상으로 한다.
   나. 중성선 겸용 보호도체(PEN)는 고정 전기설비에만 사용할 수 있고, 그 도체의 단면적이 구리는 10 ㎟ 이상, 알루미늄은 16 ㎟ 이상이어야 하며, 그 계통의 최고전압에 대하여 절연되어야 한다.
2. 제1에 따른 접지의 경우에는 감전보호용 등전위본딩을 하여야 한다. 다만, 이 조건을 충족시키지 못하는 경우에 중성선 겸용 보호도체를 수용장소의 인입구 부근에 추가로 접지하여야 하며, 그 접지저항 값은 접촉전압을 허용접촉전압 범위내로 제한하는 값 이하로 하여야 한다.

142.5 변압기 중성점 접지

1. 변압기의 중성점접지 저항 값은 다음에 의한다.
   가. 일반적으로 변압기의 고압·특고압측 전로 1선 지락전류로 150을 나눈 값과 같은 저항 값 이하
   나. 변압기의 고압·특고압측 전로 또는 사용전압이 35 kV 이하의 특고압전로가 저압측 전로와 혼촉하고 저압전로의 대지전압이 150 V를 초과하는 경우는 저항 값은 다음에 의한다.
      (1) 1초 초과 2초 이내에 고압·특고압 전로를 자동으로 차단하는 장치를 설치할 때는 300을 나눈 값 이하
      (2) 1초 이내에 고압·특고압 전로를 자동으로 차단하는 장치를 설치할 때는 600을 나눈 값 이하
2. 전로의 1선 지락전류는 실측값에 의한다. 다만, 실측이 곤란한 경우에는 선로정수 등으로 계산한 값에 의한다.

142.6 공통접지 및 통합접지

1. 고압 및 특고압과 저압 전기설비의 접지극이 서로 근접하여 시설되어 있는 변전소 또는 이와 유사한 곳에서는 다음과 같이 공통접지시스템으로 할 수 있다.
   가. 저압 전기설비의 접지극이 고압 및 특고압 접지극의 접지저항 형성영역에 완전히

포함되어 있다면 위험전압이 발생하지 않도록 이들 접지극을 상호 접속하여야 한다.

나. 접지시스템에서 고압 및 특고압 계통의 지락사고 시 저압계통에 가해지는 상용주파 과전압은 표 142.6-1 에서 정한 값을 초과해서는 안 된다.

표 142.6-1 저압설비 허용 상용주파 과전압

고압계통에서 지락고장시간 (초)	저압설비 허용 상용주파 과전압 (V)	비 고
>5	U_0 + 250	중성선 도체가 없는 계통에서 U_0는 선간전압을 말한다.
≤5	U_0 + 1,200	
1. 순시 상용주파 과전압에 대한 저압기기의 절연 설계기준과 관련된다. 2. 중성선이 변전소 변압기의 접지계통에 접속된 계통에서, 건축물외부에 설치한 외함이 접지되지 않은 기기의 절연에는 일시적 상용주파 과전압이 나타날 수 있다.		

다. 고압 및 특고압을 수전 받는 수용가의 접지계통을 수전 전원의 다중접지된 중성선과 접속하면 “표 321.2-1”의 요건은 충족하는 것으로 간주할 수 있다.

라. 기타 공통접지와 관련한 사항은 KS C IEC 61936-1(교류 1 kV 초과 전력설비－제1부:공통규정)의 “10 접지시스템”에 의한다.

2. 전기설비의 접지설비, 건축물의 피뢰설비·전자통신설비 등의 접지극을 공용하는 통합접지시스템으로 하는 경우 다음과 같이 하여야 한다.

가. 통합접지시스템은 제1에 의한다.

나. 낙뢰에 의한 과전압 등으로부터 전기전자기기 등을 보호하기 위해 153.1의 규정에 따라 서지보호장치를 설치하여야 한다.

142.7 기계기구의 철대 및 외함의 접지

1. 전로에 시설하는 기계기구의 철대 및 금속제 외함(외함이 없는 변압기 또는 계기용 변성기는 철심)에는 140, 211 및 320 규정에 따라 접지하여야 한다.

143 감전보호용 등전위본딩

143.1 보호등전위본딩의 적용

1. 건축물・구조물에서 접지도체, 주접지단자와 다음의 도전성부분은 등전위본딩 하여야 한다. 다만, 이들 부분이 다른 보호도체로 주접지단자에 연결된 경우는 그러하지 아니하다.
   가. 수도관・가스관 등 외부에서 내부로 인입되는 금속배관
   나. 건축물・구조물의 철근, 철골 등 금속보강재
   다. 일상생활에서 접촉이 가능한 금속제 난방배관 및 공조설비 등 계통외도전부
2. 주접지단자에 보호등전위본딩 도체, 접지도체, 보호도체, 기능성 접지도체를 접속하여야 한다.

143.2 등전위본딩 시설

143.2.1 보호등전위본딩

1. 건축물・구조물의 외부에서 내부로 들어오는 각종 금속제 배관은 다음과 같이 하여야 한다.
   가. 1 개소에 집중하여 인입하고, 인입구 부근에서 서로 접속하여 등전위본딩 바에 접속하여야 한다.
   나. 대형건축물 등으로 1 개소에 집중하여 인입하기 어려운 경우에는 본딩도체를 1 개의 본딩 바에 연결한다.
2. 수도관・가스관의 경우 내부로 인입된 최초의 밸브 후단에서 등전위본딩을 하여야 한다.
3. 건축물・구조물의 철근, 철골 등 금속보강재는 등전위본딩을 하여야 한다.

143.2.2 보조 보호등전위본딩

1. 보조 보호등전위본딩의 대상은 전원자동차단에 의한 감전보호방식에서 고장 시 자동차단시간이 211.2.3의 3에서 요구하는 계통별 최대차단시간을 초과하는 경우이다.
2. 제1의 차단시간을 초과하고 2.5 m 이내에 설치된 고정기기의 노출도전부와 계통외도전부는 보조 보호등전위본딩을 하여야 한다. 다만, 보조 보호등전위본딩의 유효성에 관해 의문이 생길 경우 동시에 접근 가능한 노출도전부와 계통외도전부 사이의 저항 값(R)이 다음의 조건을 충족하는지 확인하여야 한다.

   교류 계통: $R \leq \dfrac{50\ V}{I_a}$ (Ω)

   직류 계통: $R \leq \dfrac{120\ V}{I_a}$ (Ω)

   I_a: 보호장치의 동작전류(A)

   (누전차단기의 경우 $I_{\Delta n}$(정격감도전류), 과전류보호장치의 경우 5초 이내 동작전류)

143.2.3 비접지 국부등전위본딩

1. 절연성 바닥으로 된 비접지 장소에서 다음의 경우 국부등전위본딩을 하여야 한다.
   가. 전기설비 상호 간이 2.5 m 이내인 경우
   나. 전기설비와 이를 지지하는 금속체 사이
2. 전기설비 또는 계통외도전부를 통해 대지에 접촉하지 않아야 한다.

143.3 등전위본딩 도체

143.3.1 보호등전위본딩 도체

1. 주접지단자에 접속하기 위한 등전위본딩 도체는 설비 내에 있는 가장 큰 보호접지 도체 단면적의 1/2 이상의 단면적을 가져야 하고 다음의 단면적 이상이어야 한다.
   가. 구리도체 6 ㎟
   나. 알루미늄 도체 16 ㎟
   다. 강철 도체 50 ㎟
2. 주접지단자에 접속하기 위한 보호본딩도체의 단면적은 구리도체 25 ㎟ 또는 다른 재질의 동등한 단면적을 초과할 필요는 없다.
3. 등전위본딩 도체의 상호접속은 153.2.1의 2를 따른다.

143.3.2 보조 보호등전위본딩 도체

1. 두 개의 노출도전부를 접속하는 보호본딩도체의 도전성은 노출도전부에 접속된 더 작은 보호도체의 도전성보다 커야 한다.
2. 노출도전부를 계통외도전부에 접속하는 보호본딩도체의 도전성은 같은 단면적을 갖는 보호도체의 1/2 이상이어야 한다.
3. 케이블의 일부가 아닌 경우 또는 선로도체와 함께 수납되지 않은 본딩도체는 다음 값 이상 이어야 한다.
   가. 기계적 보호가 된 것은 구리도체 2.5 ㎟, 알루미늄 도체 16 ㎟
   나. 기계적 보호가 없는 것은 구리도체 4 ㎟, 알루미늄 도체 16 ㎟

(150 피뢰시스템)

151 피뢰시스템의 적용범위 및 구성

151.1 적용범위

다음에 시설되는 피뢰시스템에 적용한다.

1. 전기전자설비가 설치된 건축물·구조물로서 낙뢰로부터 보호가 필요한 것 또는 지상으로부터 높이가 20 m 이상인 것
2. 전기설비 및 전자설비 중 낙뢰로부터 보호가 필요한 설비

151.2 피뢰시스템의 구성

1. 직격뢰로부터 대상물을 보호하기 위한 외부피뢰시스템
2. 간접뢰 및 유도뢰로부터 대상물을 보호하기 위한 내부피뢰시스템

151.3 피뢰시스템 등급선정

피뢰시스템 등급은 대상물의 특성에 따라 KS C IEC 62305-1(피뢰시스템-제1부:일반원칙)의 "8.2 피뢰레벨", KS C IEC 62305-2(피뢰시스템-제2부:리스크관리), KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 "4.1 피뢰시스템의 등급"에 의한 피뢰레벨 따라 선정한다. 다만, 위험물의 제조소 등에 설치하는 피뢰시스템은 II 등급 이상으로 하여야 한다.

152 외부피뢰시스템

152.1 수뢰부시스템

1. 수뢰부시스템의 선정은 다음에 의한다.
   가. 돌침, 수평도체, 그물망도체의 요소 중에 한 가지 또는 이를 조합한 형식으로 시설하여야 한다.
   나. 수뢰부시스템 재료는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 "표 6(수뢰도체, 피뢰침, 대지 인입봉과 인하도선의 재료, 형상과 최소단면적)"에 따른다.
   다. 자연적 구성부재가 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 "5.2.5 자연적 구성부재"에 적합하면 수뢰부시스템으로 사용할 수 있다.
2. 수뢰부시스템의 배치는 다음에 의한다.
   가. 보호각법, 회전구체법, 그물망법 중 하나 또는 조합된 방법으로 배치하여야 한다. 다만, 피뢰시스템의 보호각, 회전구체 반경, 그물망 크기의 최대값은 KS C IEC

62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “표 2(피뢰시스템의 등급별 회전구체 반지름, 메시 치수와 보호각의 최대값)” 및 “그림 1(피뢰시스템의 등급별 보호각)”에 따른다.

나. 건축물·구조물의 뾰족한 부분, 모서리 등에 우선하여 배치한다.

3. 지상으로부터 높이 60m를 초과하는 건축물·구조물에 측뢰 보호가 필요한 경우에는 수뢰부시스템을 시설하여야 하며, 다음에 따른다.

가. 전체 높이 60 m를 초과하는 건축물·구조물의 최상부로부터 20 % 부분에 한하며, 피뢰시스템 등급 Ⅳ의 요구사항에 따른다.

나. 자연적 구성부재가 제1의 “다”에 적합하면, 측뢰 보호용 수뢰부로 사용할 수 있다.

4. 건축물·구조물과 분리되지 않은 수뢰부시스템의 시설은 다음에 따른다.

가. 지붕 마감재가 불연성 재료로 된 경우 지붕표면에 시설할 수 있다.

나. 지붕 마감재가 높은 가연성 재료로 된 경우 지붕재료와 다음과 같이 이격하여 시설한다.

(1) 초가지붕 또는 이와 유사한 경우 0.15 m 이상

(2) 다른 재료의 가연성 재료인 경우 0.1 m 이상

5. 건축물·구조물을 구성하는 금속판 또는 금속배관 등 자연적 구성부재를 수뢰부로 사용하는 경우 제1의 “다” 조건에 충족하여야 한다.

152.2 인하도선시스템

1. 수뢰부시스템과 접지시스템을 전기적으로 연결하는 것으로 다음에 의한다.

가. 복수의 인하도선을 병렬로 구성해야 한다. 다만, 건축물·구조물과 분리된 피뢰시스템인 경우 예외로 할 수 있다.

나. 도선경로의 길이가 최소가 되도록 한다.

다. 인하도선시스템 재료는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “표 6(수뢰도체, 피뢰침, 대지 인입봉과 인하도선의 재료, 형상과 최소단면적)”에 따른다.

2. 배치 방법은 다음에 의한다.

가. 건축물·구조물과 분리된 피뢰시스템인 경우

(1) 뇌전류의 경로가 보호대상물에 접촉하지 않도록 하여야 한다.

(2) 별개의 지지기둥에 설치되어 있는 경우 각 지지기둥마다 1가닥 이상의 인하도선을 시설한다.

(3) 수평도체 또는 그물망도체인 경우 지지 구조물마다 1가닥 이상의 인하도선을 시설한다.

나. 건축물·구조물과 분리되지 않은 피뢰시스템인 경우

(1) 벽이 불연성 재료로 된 경우에는 벽의 표면 또는 내부에 시설할 수 있다. 다

만, 벽이 가연성 재료인 경우에는 0.1 m 이상 이격하고, 이격이 불가능 한 경우에는 도체의 단면적을 100 ㎟ 이상으로 한다.

(2) 인하도선의 수는 2가닥 이상으로 한다.

(3) 보호대상 건축물·구조물의 투영에 따른 둘레에 가능한 한 균등한 간격으로 배치한다.

(4) 병렬 인하도선의 최대 간격은 피뢰시스템 등급에 따라 Ⅰ · Ⅱ 등급은 10 m, Ⅲ 등급은 15 m, Ⅳ 등급은 20 m 로 한다.

(5) 인하도선은 구조물의 노출된 모서리에 설치해야 한다. 그러나 가장 가까운 인하도선과 노출된 모서리 사이의 거리가 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 노출된 모서리에 인하도선을 설치하지 않을 수 있다.

(가) 인접한 양쪽의 인하도선까지의 거리가 (4)의 조건에 따른 거리의 절반 또는 그 보다 적을 경우

(나) 인접한 하나의 인하도선 까지의 거리가 (4)의 조건에 따른 거리의 4분의 1 또는 그 보다 적을 경우

3. 수뢰부시스템과 접지극시스템 사이에 전기적 연속성이 형성되도록 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 경로는 가능한 한 루프 형성이 되지 않도록 하고, 최단거리로 곧게 수직으로 시설하여야 하며, 처마 또는 수직으로 설치 된 홈통 내부에 시설하지 않아야 한다.

나. 철근콘크리트 구조물의 철근을 자연적구성부재의 인하도선으로 사용하기 위해서는 해당 철근 전체 길이의 전기저항 값은 0.2 Ω 이하가 되어야하며, 전기적 연속성은 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “4.3 철근콘크리트 구조물에서 강제 철골조의 전기적 연속성” 에 따라야 한다.

다. 시험용 접속점을 접지극시스템과 가까운 인하도선과 접지극시스템의 연결부분에 시설하고, 이 접속점은 항상 닫힌 회로가 되어야 하며 측정 시에 공구 등으로만 개방할 수 있어야 한다. 다만, 자연적 구성부재를 이용하거나, 자연적 구성부재 등과 본딩을 하는 경우에는 예외로 한다.

4. 인하도선으로 사용하는 자연적 구성부재는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “4.3 철근콘크리트 구조물에서 강제 철골조의 전기적 연속성” 과 “5.3.5 자연적 구성 부재” 의 조건에 적합해야 하며 다음에 따른다.

가. 각 부분의 전기적 연속성과 내구성이 확실하고, 제1의 “다” 에서 인하도선으로 규정된 값 이상인 것

나. 전기적 연속성이 있는 구조물 등의 금속제 구조체(철골, 철근 등)

다. 구조물 등의 상호 접속된 강제 구조체

라. 건축물 외벽 등을 구성하는 금속 구조재의 크기가 인하도선에 대한 요구사항에

부합하고 또한 두께가 0.5 ㎜ 이상인 금속판 또는 금속관

마. 인하도선을 구조물 등의 상호 접속된 철근·철골 등과 본딩하거나, 철근·철골 등을 인하도선으로 사용하는 경우 수평 환상도체는 설치하지 않아도 된다.

바. 인하도선의 접속은 152.4에 따른다.

152.3 접지극시스템

1. 뇌전류를 대지로 방류시키기 위한 접지극시스템은 다음에 의한다.

가. A형 접지극(수평 또는 수직접지극) 또는 B형 접지극(환상도체 또는 기초접지극) 중 하나 또는 조합하여 시설할 수 있다.

나. 접지극시스템의 재료는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템－제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 "표 7(접지극의 재료, 형상과 최소치수)" 에 따른다.

2. 접지극시스템 배치는 다음에 의한다.

가. A형 접지극은 최소 2개 이상을 균등한 간격으로 배치해야 하고, KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 "5.4.2.1 A형 접지극 배열" 에 의한 피뢰시스템 등급별 대지저항률에 따른 최소길이 이상으로 한다.

나. B형 접지극은 접지극 면적을 환산한 평균반지름이 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 "그림 3(LPS 등급별 각 접지극의 최소길이)" 에 의한 최소길이 이상으로 하여야 하며, 평균반지름이 최소길이 미만인 경우에는 해당하는 길이의 수평 또는 수직매설 접지극을 추가로 시설하여야 한다. 다만, 추가하는 수평 또는 수직매설 접지극의 수는 최소 2개 이상으로 한다.

다. 접지극시스템의 접지저항이 10 Ω 이하인 경우 제2의 "가" 와 "나" 에도 불구하고 최소 길이 이하로 할 수 있다.

3. 접지극은 다음에 따라 시설한다.

가. 지표면에서 0.75 m 이상 깊이로 매설 하여야 한다. 다만, 필요시는 해당 지역의 동결심도를 고려한 깊이로 할 수 있다.

나. 대지가 암반지역으로 대지저항이 높거나 건축물·구조물이 전자통신시스템을 많이 사용하는 시설의 경우에는 환상도체접지극 또는 기초접지극으로 한다.

다. 접지극 재료는 대지에 환경오염 및 부식의 문제가 없어야 한다.

라. 철근콘크리트 기초 내부의 상호 접속된 철근 또는 금속제 지하구조물 등 자연적 구성부재는 접지극으로 사용할 수 있다.

152.4 부품 및 접속

1. 재료의 형상에 따른 최소단면적은 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 "표 6(수뢰도체, 피뢰침, 대지 인입봉과 인하도선의 재료,

형상과 최소단면적)” 에 따른다.

2. 피뢰시스템용의 부품은 KS C IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명위험) 표 5(피뢰시스템의 재료와 사용조건)에 의한 재료를 사용하여야 한다. 다만, 기계적, 전기적, 화학적 특성이 동등 이상인 경우 다른 재료를 사용할 수 있다.
3. 도체의 접속부 수는 최소한으로 하여야 하며, 접속은 용접, 눌러 붙임, 봉합, 나사조임, 볼트 조임 등의 방법으로 확실하게 하여야 한다. 다만, 철근콘크리트 구조물 내부의 철골조의 접속은 152.2의 3의 “나” 에 따른다.

152.5 옥외에 시설된 전기설비의 피뢰시스템

1. 고압 및 특고압 전기설비에 대한 피뢰시스템은 152.1내지 152.4에 따른다.
2. 외부에 낙뢰차폐선이 있는 경우 이것을 접지하여야 한다.
3. 자연적구성부재의 조건에 적합한 강철제 구조체 등을 자연적 구성부재 인하도선으로 사용할 수 있다.

153 내부피뢰시스템

153.1 전기전자설비 보호

153.1.1 일반사항

1. 전기전자설비의 뇌서지에 대한 보호는 다음에 따른다.
   가. 피뢰구역의 구분은 KS C IEC 62305-4(피뢰시스템-제4부:구조물 내부의 전기전자시스템)의 “4.3 피뢰구역(LPZ)” 에 의한다.
   나. 피뢰구역 경계부분에서는 접지 또는 본딩을 하여야 한다. 다만, 직접 본딩이 불가능한 경우에는 서지보호장치를 설치한다.
   다. 서로 분리된 구조물 사이가 전력선 또는 신호선으로 연결된 경우 각각의 피뢰구역은 153.1.3의 2의 “나” 에 의한 방법으로 서로 접속한다.
2. 전기전자기기의 선정 시 정격 임펄스내전압은 표 213.2-1에서 제시한 값 이상이어야 한다.

153.1.2 전기적 절연

1. 수뢰부 또는 인하도선과 건축물·구조물의 금속부분, 내부시스템 사이의 전기적인 절연은 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “6.3 외부 피뢰시스템의 전기적 절연” 에 의한 간격으로 한다.
2. 제1에도 불구하고 건축물·구조물이 금속제 또는 전기적연속성을 가진 철근콘크리트 구조물 등의 경우에는 전기적 절연을 고려하지 않아도 된다.

153.1.3 접지와 본딩

1. 전기전자설비를 보호하기 위한 접지와 피뢰등전위본딩은 다음에 따른다.

가. 뇌서지 전류를 대지로 방류시키기 위한 접지를 시설하여야 한다.
나. 전위차를 해소하고 자계를 감소시키기 위한 본딩을 구성하여야 한다.

2. 접지극은 152.3에 의하는 것 이외에는 다음에 적합하여야 한다.
가. 전자・통신설비(또는 이와 유사한 것)의 접지는 환상도체접지극 또는 기초접지극으로 한다.
나. 개별 접지시스템으로 된 복수의 건축물・구조물 등을 연결하는 콘크리트덕트・금속제 배관의 내부에 케이블(또는 같은 경로로 배치된 복수의 케이블)이 있는 경우 각각의 접지 상호 간은 병행 설치된 도체로 연결하여야 한다. 다만, 차폐케이블인 경우는 차폐선을 양끝에서 각각의 접지시스템에 등전위본딩 하는 것으로 한다.

3. 전자・통신설비(또는 이와 유사한 것)에서 위험한 전위차를 해소하고 자계를 감소시킬 필요가 있는 경우 다음에 의한 등전위본딩망을 시설하여야 한다.
가. 등전위본딩망은 건축물・구조물의 도전성 부분 또는 내부설비 일부분을 통합하여 시설한다.
나. 등전위본딩망은 그물망 폭이 5 m 이내가 되도록 하여 시설하고 구조물과 구조물 내부의 금속부분은 다중으로 접속한다. 다만, 금속 부분이나 도전성 설비가 피뢰구역의 경계를 지나가는 경우에는 직접 또는 서지보호장치를 통하여 본딩 한다.
다. 도전성 부분의 등전위본딩은 방사형, 그물망형 또는 이들의 조합형으로 한다.

153.1.4 서지보호장치 시설

1. 전기전자설비 등에 연결된 전선로를 통하여 서지가 유입되는 경우, 해당 선로에는 서지보호장치를 설치하여 한다.

2. 서지보호장치의 선정은 다음에 의한다.
가. 전기설비의 보호는 KS C IEC 61643-12(저전압 서지 보호 장치-제12부:저전압 배전 계통에 접속한 서지보호 장치-선정 및 적용 지침)와 KS C IEC 60364-5-53(건축 전기 설비-제5-53부:전기 기기의 선정 및 시공－절연, 개폐 및 제어)에 따르며, KS C IEC 61643-11(저압 서지보호장치-제11부:저압전력 계통의 저압 서지보호장치-요구사항 및 시험방법)에 의한 제품을 사용하여야 한다.
나. 전자・통신설비(또는 이와 유사한 것)의 보호는 KS C IEC 61643-22(저전압 서지보호장치-제22부:통신망과 신호망 접속용 서지보호장치－선정 및 적용지침)에 따른다.

3. 지중 저압수전의 경우, 내부에 설치하는 전기전자기기의 과전압범주별 임펄스내전압이 규정 값에 충족하는 경우는 서지보호장치를 생략할 수 있다.

153.2 피뢰등전위본딩

153.2.1 일반사항

1. 피뢰시스템의 등전위화는 다음과 같은 설비들을 서로 접속함으로써 이루어진다.
가. 금속제 설비

나. 구조물에 접속된 외부 도전성 부분
다. 내부시스템
2. 등전위본딩의 상호 접속은 다음에 의한다.
가. 자연적 구성부재에 의한 전기적 연속성이 확보되지 않은 경우에는 본딩도체로 연결한다.
나. 본딩도체로 직접 접속할 수 없는 장소의 경우에는 서지보호장치를 이용한다.
다. 본딩도체로 직접 접속이 허용되지 않는 장소의 경우에는 절연방전갭(ISG)을 이용한다.
3. 등전위본딩 부품의 재료 및 최소 단면적은 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 "5.6 재료 및 치수"에 따른다.
4. 기타 등전위본딩에 대하여는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 "6.2 피뢰등전위본딩"에 의한다.

153.2.2 금속제 설비의 등전위본딩

1. 건축물·구조물과 분리된 외부피뢰시스템의 경우, 등전위본딩은 지표면 부근에서 시행하여야 한다.
2. 건축물·구조물과 접속된 외부피뢰시스템의 경우, 피뢰등전위본딩은 다음에 따른다.
가. 기초부분 또는 지표면 부근에서 하여야하며, 등전위본딩도체는 등전위본딩 바에 접속하고, 등전위본딩 바는 접지시스템에 접속하여야 한다. 또한 쉽게 점검할 수 있도록 하여야 한다.
나. 153.1.2의 전기적 절연 요구조건에 따른 안전간격을 확보할 수 없는 경우에는 피뢰시스템과 건축물·구조물 또는 내부설비의 도전성 부분은 등전위본딩 하여야 하며, 직접 접속하거나 충전부인 경우는 서지보호장치를 경유하여 접속하여야 한다. 다만, 서지보호장치를 사용하는 경우 보호레벨은 보호구간 기기의 임펄스내전압보다 작아야 한다.
3. 건축물·구조물에는 지하 0.5 m와 높이 20 m 마다 환상도체를 설치한다. 다만 철근콘크리트, 철골구조물의 구조체에 인하도선을 등전위본딩하는 경우 환상도체는 설치하지 않아도 된다.

153.2.3 인입설비의 등전위본딩

1. 건축물·구조물의 외부에서 내부로 인입되는 설비의 도전부에 대한 등전위본딩은 다음에 의한다.
가. 인입구 부근에서 143.1에 따라 등전위본딩 한다.
나. 전원선은 서지보호장치를 사용하여 등전위본딩 한다.
다. 통신 및 제어선은 내부와의 위험한 전위차 발생을 방지하기 위해 직접 또는 서지보호장치를 통해 등전위본딩 한다.
2. 가스관 또는 수도관의 연결부가 절연체인 경우, 해당설비 공급사업자의 동의를 받

아 절연방전갭 등의 공법으로 등전위본딩 하여야 한다.

153.2.4 등전위본딩 바

1. 설치위치는 짧은 도전성경로로 접지시스템에 접속할 수 있는 위치이어야 한다.
2. 접지시스템(환상접지전극, 기초접지전극, 구조물의 접지보강재 등)에 짧은 경로로 접속하여야 한다.
3. 외부 도전성 부분, 전원선과 통신선의 인입점이 다른 경우 여러 개의 등전위본딩 바를 설치할 수 있다.

(160 발전설비 용접)

161 용접시공법

161.1 용접절차시방서

161.1.1 기술기준 제162조에서 언급하는 용접절차는 규정에 따라 제품용접을 실시하기 위해 지침을 제공하는 문서화 되어 인정된 용접절차시방서(Welding Procedure Specification, WPS)로서 여기에는 허용되는 모재, 사용되어야 할 용가재, 예열 및 용접 후열처리요건 등을 포함시켜야 한다.

161.1.2 용접절차시방서의 내용

작성된 용접절차시방서에는 사용된 각 용접법에 대한 모든 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)를 기술하여야 한다. 이런 변수들은 KECS-1101 제1장 "용접법별 용접절차시방서의 용접변수"에서 규정하고 있으며, 용접절차시방서에는 이를 뒷받침하는 절차인정기록서가 명시되어야 한다.

161.1.3 용접절차시방서 서식

KECS-1101 제3장의 1.은 용접절차시방서 작성을 위한 참조 서식이다. KECS-1101 제1장에 규정된 모든 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)가 명시될 경우, 임의의 서식으로 문서화 또는 도표화할 수 있다. 이 서식은 피복금속아크용접(SMAW), 서브머지드아크용접(SAW), 가스금속아크용접(GMAW) 및 가스텅스텐아크용접(GTAW)을 위해 필요한 자료를 포함하고 있다. 이 서식은 단지 참조용이며 다른 용접법에서 요구하는 모든 자료의 목록은 아니다.

161.1.4 용접절차시방서의 변경

각 용접법에 대한 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)의 변경절차가 문서로 작성되어 있다면, 용접절차시방서의 비필수변수가 변경될 경우 용접절차시방서는 재인정 없이 제작요건에 적합하게 변경할 수 있다. 이와 같이 변경되는 용접절차시방서는 기존의 용접절차시방서를 개정하여 작성하거나 새로운 용접절차시방서로 작성될 수 있다. 그러나 필수변수 또는 추가필수변수(요구될 경우)를 변경할 경우에는 용접절차시방서의 재인정이 필요하다.

161.2 용접절차인정기록서

161.2.1 절차인정기록서(Procedure Qualification Record, PQR)는 시험재의 용접에 사용된 용접데이터를 기록한 문서이며, 시험재를 용접하는 동안에 적용된 용접변수를 기록한 기록서이다. 또한 절차인정기록서는 시험편의 시험결과를 포함하고 있으며, 기록된 변수는 일반적으로 제품용접에 사용될 실제 용접변수의 소범위 내에 있다. 제조자는 절차인정기록서를 정확하게 확인하여 인증하여야 한다.

161.2.2 절차인정기록서의 내용

절차인정기록서에는 시험재 용접 시 사용된 각 용접법에 대하여 KECS-1101 제1장에서 규정하고 있는 모든 필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)가 기록되어야 한다. 시험재의 용접 중 사용된 비필수변수 또는 기타 변수는 제조자 또는 계약자의 선택에 따라 기록할 수 있다. 기록을 하여야 할 경우 모든 변수는 시험재의 용접 중에 사용된 실제 변수(범위를 포함하여)를 기록하여야 한다.

161.2.3 절차인정기록서 서식

KECS-1101 제3장의 2.는 "절차인정기록서"에 대한 관련지침을 제공한다. KECS-1101 제1장에 규정된 모든 필수변수 및 추가필수변수가 포함되었다면, 절차인정기록서에서 요구되는 정보는 각 제조자 또는 계약자의 요구에 알맞은 어떠한 서식으로 작성할 수 있다.

161.2.4 절차인정기록서의 변경

다음에 규정된 것을 제외하고는 절차인정기록서를 변경해서는 안된다. 절차인정기록서는 특정 용접시험 중에 발생한 사실을 기록한 문서이다. 절차인정기록서는 편집상의 수정이나 개정이 가능하다. 편집상 수정의 예로는 특정 모재 또는 용가재에 대하여 P-No. F-No. 또는 A-No.를 잘못 지정하는 것과 같은 경우이다. 개정의 예로는 규격변경으로 발생하는 변경이 있다. 예를 들면, 이 규격에서 용가재에 새로운 F-No. 등을 지정하거나 또는 기존 F-No.에 새로운 용가재를 채택하는 경우이다. 이와 같은 경우에 특정 제작 규격요건에 따라 제조자 또는 계약자는 규격개정 이전에 인정하였던 특정 F-No.에 속하는 다른 용가재를 사용할 수 있다.

161.3 용접절차시방서와 절차인정기록서의 관계

하나의 절차인정기록서에 있는 데이터를 이용하여 여러개의 용접절차시방서를 작성할 수 있다.(보기 : 판의 아래보기(1G)에 대한 절차인정기록서는 다른 모든 필수변수의 범위 내에서 판 또는 관의 아래보기(F), 수직(V), 수평(H) 및 위보기(O) 자세에 대한 용접절차시방서의 인정에 사용될 수 있다.) 만약 각각의 필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)를 인정하는 절차인정기록서가 있으면, 하나의 용접절차시방서가 여러 필수변수의 여러 범위를 포함하여도 된다.(보기 : 만약 1.5～5 ㎜ 및 5～32 ㎜의 두께범위에 대한 복수의 절차인정기록서가 있는 경우, 하나의 용접절차시방서에서 1.5～32 ㎜의 두께범위를 다룰 수 있다.)

161.4 용접절차시방서의 조합

161.4.1 서로 다른 필수변수 또는 비필수변수를 가지는 하나 이상의 용접절차시방서는 하나의 용접이음부에 사용할 수 있다. 각 용접절차시방서는 하나의 용접법 또는 여러 용접법이나 용가재 또는 다른 변수의 조합으로 이루어 질 수 있다. 다른 용접법 또는

다른 필수변수가 포함된 두 개 이상의 용접절차시방서를 하나의 이음부에 사용할 경우, 표 161.5-1부터 표 161.5-4는 각 용접법 또는 용접절차시방서에서 인정한 모재의 두께범위 및 용착금속의 최대두께범위를 결정하는데 사용할 수 있다. (삭제) 인장 및 굽힘시험편과 충격시험편(요구될 경우)은 각 용접법 또는 용접절차시방서의 용착 금속부를 포함하여야 한다. 인정된 용접절차시방서의 조합에서 하나 이상의 용접법 또는 절차를 삭제하고 사용할 수 있다. 그러한 각각의 용접법 또는 절차는 다음의 조건하에서 개별적으로 사용된다.

1. 남아있는 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수가 적용된 경우
2. 표 161.5-1부터 표 161.5-4까지에서 모재 및 용착 용접금속 두께의 제한 요건이 적용된 경우

161.4.2 161.4.1의 대안으로 가스텅스텐아크용접(GTAW), 피복금속아크용접(SMAW), 가스금속아크용접 (GMAW), 플라즈마아크용접(PAW) 및 서브머지드아크용접(SAW) 혹은 이와 같은 용접법을 조합하여 루트 용착을 인정하는 경우, 시험재의 두께가 최소 13 ㎜ 이상인 용접법에 대한 절차인정기록서는 다른 용접법 및 보다 두꺼운 모재를 기록한 하나 이상의 절차인정기록서로 조합할 수 있다. 이 경우 첫 번째 절차인정기록서에 기록된 용접법을 사용하여 루트층을 모재의 최대두께에 대하여 용착금속두께의 2배까지(GMAW/FCAW의 단락아크 이행방식의 경우 용착금속의 두께가 13 ㎜ 미만일 경우 인정시험재 두께의 1.1배 미만 초과하는 두께의 증가, 13 ㎜ 이상의 용착금속두께에 대하여는 표 161.5-1 및 표 161.5-2를 사용한다) 용접하는데 사용할 수 있다. 다만, 이 모재의 최대두께는 용접절차시방서를 인정하기 위하여 사용된 다른 절차인정기록서에 의해서 인정된 최대두께를 말한다.

161.5 용접절차시방서의 인정방법

161.5.1 “용접절차시방서(WPS)와 절차인정기록서(PQR)”는 용접할 용접물이 요구되는 성질을 가지고 있는지를 결정하는 것으로 161.5.2부터 161.5.5까지를 조합하여 시험재를 용접하고 시험편을 채취하여 기계시험 또는 비파괴시험 실시결과 판정기준에 적합하여야 한다.

161.5.2 용접법의 구분 시공에 사용될 용접법은 아래 용접법중 하나를 선택 한다.

1. 산소가스용접(OFW)
2. 피복금속아크용접(SMAW)
3. 서브머지드아크용접(SAW)
4. 가스금속아크용접(GMAW/FCAW)
5. 가스텅스텐아크용접(GTAW)
6. 플라즈마아크용접(PAW)
7. 일렉트로슬래그용접(ESW)

8. 전자빔용접(EBW)
9. 스터드용접(SW)
10. 관성 및 연속구동 마찰용접(DFW)
11. 전기저항용접(ERW)
12. 레이저빔용접(LBW)/저전력밀도 레이저빔용접(LLBW)
13. 폭발용접(EW)

161.5.3 용접법별 확인항목의 기록

용접법이 선택되면 KECS-1101 제1장을 참조하여 WPS 및 PQR에 "필수변수와 추가 필수변수" 항목을 기술한다.

161.5.4 모재의 구분

특별한 경우를 제외하고는 KECS-1101 제2장의 2.1(모재의 구분 P-No) 및 KECS-1101 제2장의 2.2(ASME 모재의 구분) "모재의 구분"에 따른다. 또한, 다른 규격 또는 인정된 코드에서 지정하는 같은 종류의 재료 사용도 허용된다. 다만 KECS-1101 제2장의 2.2에 최소 규정인장 값이 없는 재료는 그루브 용접 절차인정 목적으로 사용하여서는 안 된다.

1. 용접절차시방서에서 인정하는 모재
   가. 모재는 KECS-1101 제2장의 2.1, 2.2에 따라 모재의 P-No.가 지정된다. KECS-1101 제2장의 2.1, 2.2에 규정되어 있지 않은 모재는 미지정 모재로 간주한다. 용접절차시방서 및 절차인정기록서에는 미지정 모재의 규격, 형식 및 등급 혹은 화학적 성분 및 기계적 특성이 기록되어야 한다. 만약 재료규격에서 모재의 인장강도가 규정되어 있지 않다면, 미지정 재료를 규정한 기관에서 해당 미지정 모재의 최소인장강도를 결정하여야 한다.

인정시험재의 모재	인정되는 모재
한 P-No.의 금속과 동일한 P-No.의 임의의 금속	시험재와 동일한 P-No.의 모든 금속
P-No.15E의 한 금속과 다른 P-No.15E의 임의의 금속	모든 P-No.15E 또는 5B 금속과 P-No.15E 또는 5B 로 지정된 모든 금속
한 P-No.의 금속과 다른 P-No.의 임의의 금속	첫 번째 P-No.로 지정된 모든 금속과 두 번째 P-No.로 지정된 모든 금속
P-No.15E의 한 금속과 다른 P-No.의 임의의 금속	모든 P-No.15E 또는 5B 금속과 두 번째 P-No.로 지정된 모든 금속
P-No.3의 금속과 P-No.3의 임의의 금속	P-No.3의 모든 금속과 P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.4의 금속과 P-No.4의 임의의 금속	P-No.4의 모든 금속과 P-No.4, P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.5A의 금속과 동일한 P-No.5A의 금속	P-No.5A의 모든 금속과 P-No.5A, P-No.4, P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.5A의 금속과 P-No.4, P-No.3 또는 P-No.1의 금속	P-No.5A의 모든 금속과 P-No.4, P-No.3, 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.4의 금속과 P-No.3 또는 P-No.1의 금속	P-No.4의 모든 금속과 P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
임의의 미지정 금속과 동일한 임의의 미지정 금속	동일한 미지정 금속
임의의 미지정 금속과 임의의 P-No.의 금속	동일한 임의의 미지정 금속과 P-No.의 모든 금속
임의의 미지정 금속과 임의의 P-No.15E 금속	동일한 임의의 미지정 금속과 P-No.15E 또는 5B의 모든 금속
임의의 미지정 금속과 다른 임의의 미지정 금속	첫 번째 미지정 금속과 두 번째 미지정 금속

161.5.5 용접법별 용접절차시방서의 용접변수 구분은 아래 내용을 참조하고 상세내용의 적용은 KECS-1101 비고. 용접변수에 대한 사용법에 따른다.

1. 모재 P-No. 모재구분은 KECS-1101 제2장의 2.1, 2.2에서 임의의 한 P-No.에 속하는 모재에 다른 P-No.에 속하는 모재 또는 임의의 다른 모재로 변경. 서로 다른 P-No.의 모재로 용접된 경우, 비록 용접절차 인정시험이 각각의 두 모재에 대하여 실시되었더라도 용접절차 인정은 사용되는 P-No.의 조합에 대하여 실시되어야 한다. 다만 동표 구분에 없는 것은 모재 종류 및 성분조합을 1구분으로 하고 앞의 종류 및 성분조합이 다른 모재 조합을 1구분으로 한다.
2. 용접봉(F-No.)
   용접봉 구분은 KECS-1101 제2장의 2.3, 2.4에 표시하는 구분에 대하여는 동표에 표시하는 구분으로 하고, 동표 구분에 없는 것은 용접봉 종류 및 성분조합을 1구분으로 하고 앞의 용접봉 종류 및 성분조합이 다른 모재 조합을 1구분으로 한다.
3. 용가재 및 플럭스(Y, G-No.)

용가재 구분은 KECS-1101 제2장의 2.5, 2.6, 2.7에 표시하는 구분으로 표에 표시하는 구분 및 표에 구분이 없으면 용가재 종류 및 성분 조합을 1구분으로 한다.

4. 용접금속(A-No.)

용접금속 구분은 KECS-1101 제2장의 2.8에 표시하는 구분으로 표에 표시하는 구분 및 표에 표시하는 구분이 없으면 각각 1구분으로 한다. 다만, 앞에 언급한 사항임에도 불구하고 A-1에서 A-5에 의한 용접금속에 있어서 해당시험에 적합한 용접금속과 그 보다 작은 A- No.는 동일한 구분으로 한다.

5. 예열

예열 구분은 다음에 의한다.

가. 예열을 실시 혹은 미실시 구분으로 한다.

나. 가.에 있어서 예열을 실시하는 경우는 그 온도의 하한을 1구분으로 한다.

다. 가.에도 불구하고 시험에 적합한 하한온도보다 55℃ 범위까지 떨어지는 예열온도의 하한은 동일구분으로 한다.

6. 용접후열처리

용접후열처리 구분은 다음에 의한다.

가. 용접후열처리 실시 혹은 미실시 구분으로 한다.

나. 가.에 있어서 용접후열처리를 실시하는 경우는 유지온도의 하한 및 단위 용접부 두께의 최저 유지시간의 조합을 1구분으로 한다.

7. 보호가스의 구분은 다음에 의한다.

가. 보호가스 사용 혹은 미사용 구분으로 한다.

나. 가.에 있어서 보호가스를 사용하는 경우는 보호가스 종류의 조합을 1구분으로 한다.

8. 표면 또는 뒷면실드 구분은 다음에 의한다.

가. 표면 또는 뒷면에서 가스보호 사용 혹은 미사용 구분으로 한다.

나. 가.에도 불구하고 뒷면에서 가스보호를 실시하지 않아도 시험에 적합한 경우 뒷면에서 가스보호를 실시 할 때는 동일구분으로 한다.

9. 용접인서트 구분은 다음에 의한다.

가. 용접인서트 사용 혹은 미사용 구분으로 한다.

나. 가.에 있어서 용접인서트를 사용하는 경우는KECS-1101 제2장의 2.5, 2.6에 표시하는 구분으로 표에 표시하는 구분 및 표에 구분이 없으면 용접인서트 종류 및 성분 조합을 구분으로 한다.

10. 전극

전극의 수를 구분으로 한다.

11. 심선 구분은 KECS-1101 제2장의 2.5에 표시하는 구분으로 표에 표시하는 구분 및 표에 구분이 없으면 심선 종류 및 성분 조합을 1구분으로 한다.

12. 용접기 구분은 자동 용접기 및 반자동용접기로 구분한다.
13. 층의 구분은 다음에 의한다.
   가. 다층인지 단층인지 구분한다.
   나. 단층에서 시험에 적합한 경우에 있어서는 다층 용접을 할 때는 (클래드용접의 경우는 제외한다.) 동일구분으로 한다.
14. 모재두께의 구분은 모재두께 상한을 1구분으로 한다.
15. 노즐의 구분은 노즐이 소모성인지 비소모성인지 구분한다.
16. 전압 및 전류 구분은 다음에 의한다.
   가. 전류 및 전압의 값을 1구분으로 한다.
   나. 가.에도 불구하고 시험에 적합한 전압 및 전류 값에 대하여 ±15 % 범위 내에 있을 때는 동일구분으로 한다.
17. 파형(Oscillation) 구분은 다음에 의한다.
   가. 파형(Oscillation) 실시 및 미실시를 구분한다.
   나. 가.에 있어 파형을 실시하는 경우 파형폭, 빈도 및 정지시간 조합을 1구분으로 한다.
18. 받침쇠 구분은 다음에 의한다.
   가. 받침쇠 사용 및 미사용으로 구분한다.
   나. 가.에서 받침쇠를 사용하는 경우에는 비금속 또는 비용융성 금속으로 구분한다.
19. 리가멘트폭의 구분은 리가멘트폭의 최소값을 1구분으로 한다.
20. 충격시험 또는 파괴인성시험이 요구되는 경우에 있어서는 충격시험온도 하한을 구분으로 한다.

161.5.6 용접절차에 인정되는 자세

용접변수에 의해서 특별히 요구하지 않는다면, 임의의 자세에서의 인정은 모든 자세에서의 용접절차시방서를 인정하는 것이다. 용접법 및 전극봉은 용접절차시방서에서 허용한 자세에서 사용이 적합하여야 한다.

161.5.7 요구되는 시험의 종류 및 시험편 수량은 아래와 같다.

1. 기계적 시험

용접되는 시험재의 두께에 따라 기계시험을 위한 시험편의 종류 및 수량은 표 161.5-1에서 표 161.5-4까지와 같다.

표 161.5-1 그루브 용접부 인장시험 및 횡굽힘시험

용접되는 시험재의 두께 T, ㎜	인정되는 모재 두께의 범위 T ㎜(1)(2)		인정되는 용착 금속의 최대두께 t ㎜(1)(2)	시험의 종류 및 횟수 (인장 및 형틀 굽힘시험)(2)			
	최 소	최 대	최 대	인장	측면굽힘	표면굽힘	루트굽힘
1.5 미만	T	2T	2t	2	-	2	2
1.5 이상 10 이하	1.5	2T	2t	2	(5)	2	2
10 초과 19 미만	5	2T	2t	2	(5)	2	2
19 이상 38 미만	5	2T	t 〈 19 경우, 2t	2(4)	4	-	-
19 이상 38 미만	5	2T	t ≥ 19 경우, 2T	2(4)	4	-	-
38 이상 150 이하	5	200(3)	t 〈 19 경우, 2t	2(4)	4	-	-
38 이상 150 이하	5	200(3)	t ≥ 19 경우, 200(3)	2(4)	4	-	-
150 초과(6)	5	1.33T	t 〈 19 경우, 2t	2(4)	4	-	-
150 초과(6)	5	1.33T	t ≥ 19 경우, 1.33T	2(4)	4	-	-

주(1) 다음 변수는 고려중인 용접법에 대해 KECS-1101 제1장에 언급될 경우에, 이표에서 보여진 제한요건들에 더해 추가로 제한한다.: KECS-1101 제1장의 1.17 (3)9, (3)10, (4)32 (삭제) 가 해당되며 또한, 161.9.1은 이표의 제한 요건들을 대체하는 면제사항을 제공한다.

(2) 용접절차의 조합에 관한 사항은 161.4를 참조한다.

(3) SMAW, SAW, GMAW, PAW 및 GTAW, LLBW에만 적용하고, 그 이외에는 주(1) 또는 2T, 혹은 2*t* 중 하나를 적용한다.

(4) 시험재 두께가 25 ㎜를 초과할 경우, 분할 복수시험편에 대한 상세한 세부요건은 161.5.7의 2.가~다.까지 참조한다.

(5) 두께 T가 10 ㎜ 이상인 경우, 표면 및 루트 굽힘 시험 대신에 4개의 측면 굽힘 시험을 실시할 수 있다.

(6) 시험재 두께가 150 ㎜ 초과할 경우, 시험재의 전체 두께를 용접해야 한다.

표 161.5-2 그루브 용접부 인장시험 및 세로 굽힘시험

용접시험재의 두께 T, ㎜	인정되는 모재두께 T의 범위, ㎜(1)(2)		인정되는 용착 금속의 두께 t, ㎜(1)(2)	시험의 종류 및 횟수 (인장 및 형틀 굽힘시험)		
	최 소	최 대	최 대	인장	표면굽힘	루트굽힘
1.5 미만	T	2T	2t	2	2	2
1.5 이상 10 이하	1.5	2T	2t	2	2	2
10 초과	5	2T	2t	2	2	2

주(1) 인정되는 모재두께 범위 및 용착금속두께에 대한 추가적인 제한요건은 표 161.5-1의 주(1)과 같다.

(2) 용접 절차의 조합은 표 1의 주(2)와 같다.

표 161.5-3 필릿 용접부 시험

이음의 종 류	용접된 시험재의 두께	인정되는 범위	시험의 종류 및 횟수 별도그림36 또는 별도그림39 매크로 시험
필릿	별도그림36에 따름	모재의 모든 두께 및 지름에 대한 모든 크기의 필릿	5
필릿	별도그림39에 따름		4

표 161.5-4 그루브 용접부 시험에 의해 인정되는 필릿용접부

용접된 시험재(판 또는 관)의 두께 T	인정되는 범위	시험의 종류 및 횟수
모든 그루브 용접시험	모재의 모든 두께 및 지름에 대한 모든 크기의 필릿	그루브 용접이 표161.5-1 또는 2에 따라서 인정된 경우에 필릿 용접은 인정된다.

2. 인장시험 판 또는 관 인장시험편은 별도그림 40부터 별도그림 44 중 하나를 따라야 하며, 161.6의 요건에 만족하여야 한다.

가. 판의 감소단면 시험편 : 별도그림 40의 요건에 적합한 감소단면 시험편은 모든 두께의 판에 대한 인장시험에 사용될 수 있다.

(1) 두께가 25 ㎜이하인 판의 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 판의 전 두께시험편(full thickness specimen)을 사용하여야 한다.

(2) 두께가 25 ㎜를 초과하는 판의 경우, 아래 (3) 및 (4)요건에 적합하다면 전 두

께시험편 또는 분할시험편을 사용할 수 있다.

(3) 전 두께시험편 대신에 분할시험편을 사용할 경우, 각 분할시험편의 한 세트는 하나의 전 두께인장시험편을 대표하여야 한다. 한 위치에서 용접부의 전체두께를 대표하는데 필요한 모든 시험편들은 한 세트로 구성되어야 한다.

(4) 분할시험편이 필요한 경우에는 사용될 인장시험기로 시험할 수 있는 거의 같은 치수의 최소 스트립 개수로 전체두께를 기계절단 하여야 한다. 세트의 각 시험편들은 각각 시험되고, 161.6의 요건에 만족하여야 한다.

나. 관의 감소단면 시험편 : 별도 그림 41의 요건에 적합한 감소단면 시험편은 바깥지름이 75 ㎜를 초과하는 모든 두께의 관에 대한 인장시험에 사용할 수 있다.

(1) 관의 두께가 25 ㎜이하인 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 전 두께시험편을 사용하여야 한다.

(2) 관의 두께가 25 ㎜를 초과하는 경우, 아래 (3) 및 (4)의 요건에 적합하다면 전 두께시험편 또는 분할시험편을 사용할 수 있다.

(3) 전 두께시험편 대신에 분할시험편을 사용할 경우, 각 시험편 한 세트는 하나의 전 두께인장시험편을 대표하여야 한다. 한 위치에서 용접부의 전체두께를 대표하는데 필요한 모든 시험편들은 한 세트로 구성되어야 한다.

(4) 분할시험편이 필요한 경우에는 사용될 인장시험기로 시험할 수 있는 치수의 최소 스트립 개수로 전체두께를 기계절단 하여야 한다. 세트의 각 시험편은 각각 시험되고, 161.6의 요건에 만족하여야 한다.

(5) 바깥지름이 75 ㎜이하인 관의 경우에는 별도그림 42의 요건에 적합한 감소단면시험편을 사용할 수 있다.

다. 봉형시험편 : 별도그림43의 요건에 적합한 봉형 시험편은 인장시험에 사용할 수 있다.

(1) 두께가 25 ㎜ 이하인 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 1개의 봉형시험편을 사용할 수 있으며, 시험편은 시험재 두께에서 별도그림 43의 최대지름(D)을 갖는 시험편이어야 한다.

(2) 두께가 25 ㎜를 초과할 경우, 분할시험편은 시험편의 중심이 모재표면과 평행하고 간격이 25 ㎜를 초과하지 않도록 용접부 전체두께를 절단하여야 한다. 모재표면에 인접한 시험편의 중심은 표면으로부터 16 ㎜를 초과하지 않아야 한다.

(3) 분할시험편을 사용할 경우, 각 시험편 한 세트는 1개의 인장시험편을 대표하여야 한다. 한 위치에서 용접부의 전체두께를 대표하는데 필요한 모든 시험편들은 한 세트로 구성하여야 한다.

(4) 세트의 각 시험편들은 각각 시험되고, 161.6의 요건에 만족하여야 한다.

라. 관의 전체 단면시험편 : 별도그림 44에 규정된 치수에 적합한 인장시험편은 바깥

지름 75 ㎜이하인 관의 인장시험에 사용될 수 있다.

3. 형틀 굽힘시험 : 시험편은 직사각형 단면 형태로 시험판 또는 시험관을 절단하여 형틀 굽힘시험편을 만들고, 절단면을 시험편의 측면으로 하여야 한다. 다른 두 표면 중 용접부의 넓은 면을 표면으로 하고, 다른쪽 면을 루트면으로 하여야 한다. 시험편 두께 및 굽힘반경은 별도그림 25, 26 및 별도그림 27에 따른다. 형틀 굽힘 시험편은 5가지 종류이고, 그 분류는 용접부의 축이 시험편 길이방향에 대하여 직각 또는 평행, 그리고 어느 면(측면, 표면 또는 이면)이 굽혀진 시험편의 볼록한 쪽(바깥쪽)에 있는 가에 따라 구분된다. 5가지 종류에 대한 정의는 다음과 같다.

가. 횡방향 측면 굽힘시험편

용접부가 시험편 길이방향에 직각이고, 한 측면이 굽혀진 시험편의 블록면이 되도록 굽힌다. 횡방향 측면 굽힘 시험편은 별도그림 33에 규정된 치수를 만족하여야만 한다. 모재금속 두께가 38 ㎜(1½ in.) 또는 그이상인 시험편은 시험을 위하여 너비가 19 ㎜(3/4in.)와 38 ㎜(1½ in.) 사이의 대략 같은 너비의 스트립으로 절단하거나, 전 너비로 굽힐 수 있다. 전체 용접부와 열 영향부가 굽힌 부분 안에 있도록 굽힘 시험편을 굽히는 것이 불가능할 만큼 용접부 폭이 클 때는, 용접부 및 열 영향부 전체가 포함될 수 있도록복수시험편을 사용해야 한다. 복수시험편을 사용하는 경우, 필요한 각 시험용으로 완전한 세트를 하나씩 만들어야 한다. 만일 시험편을 분할한 경우에는 각각의 시험편은 요구되는 각 시험을 하여 161.13.1의 요건을 충족하여야 한다.

나. 횡방향 표면 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 직각이고, 표면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 표면 굽힘시험편은 별도그림 34에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

다. 횡방향 루트 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 직각이고, 루트면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 루트 굽힘시험편은 별도그림 34에 규정된 치수에 만족하여야 한다.

라. 소형 횡방향 표면 및 루트 굽힘시험편은 별도그림 34의 비고 2에 따른다.

마. 세로방향 굽힘시험편

세로방향 굽힘시험은 두 모재 혹은 용접금속 및 모재 사이의 굽힘 특성이 현저히 다른 용접금속의 경우, 모재 조합의 횡방향 측면, 표면 및 루트 굽힘시험을 대신하여 사용할 수 있다.

바. 세로방향 표면 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 평행이고, 표면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 세로방향 굽힘시험편은 별도그림 35에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

사. 세로방향 루트 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 평행이고, 루트면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 세로방향 루트 굽힘시험편은 별도그림 35에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

161.5.8 시험편 채취방법은 아래와 같다.

1. 판두께 19 ㎜ 미만 용접절차 인정시험편 채취방법은 별도그림 9에 따른다.
2. 판두께 19 ㎜ 초과 및 10 ㎜～19 ㎜이하인 대체두께 용접절차 인정시험편 채취방법은 별도그림 10에 따른다.
3. 판에 대한 용접절차 세로방향 인정 시험편의 채취방법은 별도그림11에 따른다.
4. 19 ㎜ 미만두께의 관 시험재에 대한 용접절차 인정시험편의 채취방법은 별도그림 12에 따른다.
5. 19 ㎜ 이상두께에 대한 관 시험재의 용접절차 인정시험편의 채취방법은 별도그림 13에 따른다.
6. 노치-인성 시험편의 채취는 별도그림 14에 따른다.

161.6 용접절차인정 합격기준

161.6.1 인장시험절차 인정을 위한 인장강도의 최소값은 아래에 규정된 값 이상의 인장강도를 가져야한다.

1. 규정된 모재의 최소인장강도
2. 규정된 최소인장강도가 서로 다른 두 모재를 사용한다면, 두 모재의 규정된 최소인장강도 중 작은 값
3. 실온에서 모재보다 더 낮은 강도를 가지는 용접금속의 사용을 관련 규격에서 규정할 경우, 용접금속의 규정된 최소인장강도
4. 시험편이 용접부 또는 용접부 경계 밖의 모재에서 파괴되는 경우, 그때의 강도가 모재의 규정된 최소인장강도의 95% 이상

각 재료별 인장강도 최소값은 KECS-1101 제2장의 2.2를 참조 할 것

161.6.2 굽힘시험

용접 굽힘시험편의 용접부 및 열영향부는 시험 후 시험편의 굽혀진 부분 안에 완전히 들어가 있어야 한다.

형틀 굽힘시험편은 굽힘시험 후 시험편의 볼록한 면에서 어느 방향으로 측정하여도 용접부 또는 열영향부 안에 3 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 있어서는 아니 된다. 시험 중 시험편의 모서리에 생기는 열린 불연속부는 그 열린 불연속부가 융합불량, 슬래그 개재물 또는 다른 내부결함의 결과로 인해 발생했다는 명확한 증거가 없는 한 고려되지 않아야 한다. 내식육성 용접클래딩의 경우에는 어느 방향으로 측정하여도 클래딩 내에 1.5 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다. 접합부에는 3 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다.

161.6.3 특별히 요구되는 경우, 노치인성시험(샤르피 V-노치, 낙하시험) 규정된 요건에 따라 노치 인성시험을 실시하여야 하고 관련규격의 요구조건에 만족하여야 한다.

161.6.4 스터드용접부 시험

1. 용접절차 인정 시험편

가. 각 용접절차를 인정하기 위해서는 10개의 스터드용접부 시험이 필요하다. 스터드 용접에 사용하는 장비는 용접 시작시의 수동조작을 제외하고는 완전히 자동이어야 한다. 10개의 스터드용접부 중 한 개씩 걸러(5개의 이음) 스터드 길이의 ¼이 시험재 위에서 평평하게 될 때까지 그 위를 햄머링하여 시험하거나 또는 별도그림 28에 따라 시험지그 및 어댑터(adapter)를 사용하여 스터드를 최소한 15° 각도로 굽힌 후 원래의 위치로 되돌려 놓는 굽힘시험을 실시하여야 한다. 남은 5개의 스터드용접부는 별도그림 29에 따라 비틀림 시험 장치를 사용하여 비틀림시험을 실시하여야 한다. 비틀림시험이 적절하지 않을 경우에는 인장시험을 실시할 수 있으며, 인장시험용 고정도구는 별도그림28.에 있는 것과 비슷한 것이어야 한다. 다만, 머리부분이 없는 스터드는 용접되지 않은 끝 부분을 인장시험기의 물림장치에 물려도 된다.

나. 굽힘 및 햄머시험 합격기준. 5개 시험편 각각 스터드용접부 및 열영향부를 굽힌 다음 원래 위치로 복귀 또는 햄머링 후 육안으로 보이는 분리나 파괴가 없어야 한다.

다. 비틀림시험 합격기준

5개 시험편이 각각 스터드용접부는 파괴가 일어나기 전에 아래 표 161.6-A, B에 명시된 비틀림력을 견딜 수 있어야 한다. 비틀림시험이 적합하지 않은 경우에는 인장시험으로 대체 할 수 있다. 탄소강 스터드의 파괴강도는 240 ㎫(35,000 psi)이상이고, 오스테나이트 계 스테인리스강 스터드의 파괴강도는 210 ㎫(30,000 psi)이상이어야 한다. 기타 금속의 파괴강도는 규정된 최소인장강도의 ½이상이어야 한다. 파괴강도는 수나사가 있는 스터드의 나사진부분 중 최소지름을 기준[단, 축(shank) 지름이 최소지름보다 작은 경우는 제외한다]으로 하거나 혹은 파괴가 일어난 나사가 없는 부분, 암나사 부분 또는 지름이 감소된 스터드 부분의 원래 단면적을 기준으로 한다.

표 161.6-A 나사진 탄소강 스터드의 최소 필요 비틀림력

스터드 공칭 지름, ㎜	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J	스터드 공칭 지름, ㎜	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J
6.4 6.4	28 UNF 20 UNC	6.8 5.7	14.3 14.3	18 UNF 12 UNC	81.4 73.2
7.9 7.9	24 UNF 18 UNC	12.9 11.7	15.9 15.9	18 UNF 11 UNC	114.0 100.0
9.5 9.5	24 UNF 16 UNC	23.0 20.3	19.1 19.1	16 UNF 10 UNC	200.0 180.0
11.1 11.1	20 UNF 14 UNC	36.6 32.5	22.2 22.2	14 UNF 9 UNC	320.0 285.0
12.7 12.7	20 UNF 13 UNC	57.0 50.2	25.4 25.4	12 UNF 8 UNC	470.0 430.0

표 161.6-B 나사진 오스테나이트계 스테인리스강 스터드의 최소 필요 비틀림력

스터드 공칭 지름, ㎜	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J	스터드 공칭 지름, ㎜	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J
6.4 6.4	28 UNF 20 UNC	6.1 5.4	15.9 15.9	18 UNF 11 UNC	108.5 96.3
7.9 7.9	24 UNF 18 UNC	12.2 10.8	19.1 19.1	16 UNF 10 UNC	189.8 169.5
9.5 9.5	24 UNF 16 UNC	22.4 19.7	22.2 22.2	14 UNF 9 UNC	302.3 273.9
11.1 11.1	20 UNF 14 UNC	35.3 31.2	25.4 25.4	12 UNF 8 UNC	459.6 410.8
12.7 12.7	20 UNF 13 UNC	54.2 48.1	-	-	-

라. 매크로시험 합격기준

스터드를 P-No.1 이외의 모재에 용접할 경우에는 각각 5 개의 스터드용접부 및 열영향부 절단면에 대하여 배율 10배의 금속현미경으로 시험을 실시하여야 하고, 시험의 결과 균열이 없어야 한다.

161.6.5 튜브와 튜브시트 시험

1. 용접절차 인정시험편

각각의 튜브-튜브시트 용접절차의 인정을 위해서는 10개의 실물모형 용접이 요구된다. 실물모형의 조립은 161.8.4의 3.의 필수 변수 한계 내에서 생산에 사용될 튜브-튜브시트 용접 이음부 설계와 반드시 동일하여야 한다. 실물테스트 모형은 생산 튜브시트의 두께 또는 50 mm(2 in.) 중 더 적은 쪽보다 큰 두께를 갖는 클래드 튜브시트에 대한 튜브-튜브시트 간 용접의 경우 클래딩 또는 오버레이는 클래딩 성분과 동등한 화학성분을 갖는 모재로 대체할 수 있다. 실물모형의 모든 용접부는 다음의 적용되는 합격기준에 부합 하여야 한다.

2. 육안검사

육안검사는 175 요건에 따르며, 용접부의 접근 가능한 표면은 확대경 없이 육안으로 검사되어야 한다. 용접부는 완전한 용입이 이루어져야 하며 육안으로 균열이나 기공 지시가 없어야 하고, 튜브 벽두께 전체에 걸쳐 열화의 증거가 보이지 않아야 하고 기공이나 균열이 없어야 한다.

3. 침투 탐상검사

침투탐상시험은 부록4에 따르며, 용접표면은 아래의 지시는 허용되지 않는다.

가. 선형지시

나. 5 ㎜(3/16 in.)를 초과하는 원형 지시

다. 원형지시의 간격이 1.5 ㎜(1/16 in.)이하로, 동일선상에서 독립된 4개 이상의 원형 지시

4. 매크로시험(Macro Exam.)

실물모형 용접부는 매크로시험을 위하여 튜브의 중심을 관통한 단면이어야 한다. 4개의 노출표면은 매끄러워야 하고 용접부와 열영향 부위가 뚜렷이 나타날 수 있도록 적절한 부식액으로 부식시켜야 한다. 최소 10~20배율의 확대경을 사용, 용접부의 노출된 절단면에 대해 다음 사항을 만족하여야 한다.

가. 설계에서 요구되는 최소 기밀유지 용접층의 치수가 설계요건 이상 일 것

나. 균열이 없을 것

다. 튜브시트와 튜브 벽면에 용접 된 용착부가 완전용융 될 것

<삭제>

<삭제>

161.7 용접설비

161.7.1 기술기준 제 163 조에서 언급된 “용접시공법에 적정한 것”이란 용접을 일관되게 재현할 수 있는 성능을 가진 설비를 말하며 용접작업자가 용접상태에 따라 용접

전류의 세기를 조절할 수 있는 것을 말한다.

1. 각 저항용접기는 용접부를 일관되게 재현할 수 있는 성능을 가지고 있는지의 여부를 판정하기 위하여 시험되어야 한다.
   가. 예열 주기, 전극봉 압력, 용접 전류, 용접시간 주기 또는 후열 주기는 PQR에 기록된 값들로부터 ±5%까지 변경할 수 있으며, 위의 설정들 중 한 가지만이 변화할 때는 ±10%까지 변경할 수 있다.
2. 용접기는 재조립, 전원의 변경이 수반되는 새로운 장소로의 이동, 전원의 변경 및 기기에 중대한 변경이 있을 때마다 재검정을 받아야 한다.
3. 점 용접 및 프로젝션 용접기의 인정시험을 실시하기 위해서는 100개의 연속된 용접부를 만들어야 하며 이들 용접부 중 5번째 용접부마다 전단시험을 실시하여야 한다. 처음 5개 용접부 중 하나와 마지막 5개 용접부 중 하나가 포함된 5개의 시험편으로는 금속조직시험을 실시하여야 한다.
4. P-No.21～P-No.26 알루미늄합금에 대한 인정은 모든 재료에 대하여 사용할 수 있는 용접기로 인정한다. P-No.1～P-No.15F 철계합금과 임의의 P-No.41～P-No.49 니켈합금 접함에 대한 인정은 모든 P-No.1～P-No.15F과 P-No.41～P-No.49 금속에 각각 사용할 수 있는 용접기로 인정된다. P-No.51～P-No.53 및 P-No.61, 62,에 대한 인정은 P-No.51～P-No.53 및 P-No.61, 62, 금속에 사용할 수 있는 용접기로 인정된다.

161.7.2 적정한 열처리설비는 열처리 온도 및 유지시간의 진행과정을 확인할 수 있는 기록계가 장치된 것을 말한다.

161.8 용접사 기량 인정시험방법

161.8.1 용접사 및 자동용접사의 기량인정시험 시 시험용 재료 또는 초기 제작 용접부의 체적비파괴시험을 하거나 시험용 재료에서 채취한 시험편으로 굽힘시험하여 그 자격을 인정 받을 수 있다. 기량인정시험은 인정된 용접절차시방서에 따라서 수행되어야 한다. 또한, 기량인정시험이 예열 또는 용접후열처리를 요구하는 용접절차시방서에 따라 실시될 경우에는 예열 또는 용접후열처리를 생략 할 수 있다. 다만, 다른 규격을 적용시에는 해당규격에서 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

1. 자동용접사는 사용할 각 용접기 형식에 대해서 인증시험을 받아야 한다. P-No.21에서 P-No.26 사이의 어떤 하나의 금속에 대한 자격시험을 통과한 자동용접사에게는 모든 금속에 대하여 그 자격이 인정되어야 한다. 임의의 P-No.1～P-No.15F 또는 P-No.41～P-No.49 금속에 대한 인정은 P-No.1～P-No.15F 또는 P-No.41～P-No.49 금속에 대하여 자동용접사를 인정하는 것이며, 임의의 P-No.51～P-No.53 및 P-No.61, 62에 대한 인정은 P-No.51～P-No.53 및 P-No.61, 62 금속에 대하여 자동용접사를 인정 하는 것이 된다.

161.8.2 용접절차시방서와 절차인정시험재를 준비한 용접사는 KECS-1101 제2장의 2.9에서 지정하는 제한 범위 내에서만 인정된다.

161.8.3 시험기록 KECS-1101 제3장의 3, 4 용접사 또는 자동용접사 기량인정시험(Welder or Welding Operator Performance Qualification, WPQ)기록에는 필수변수, 시험 종류 및 시험 결과와 각 용접사 및 자동용접사가 161.9에 따라 인정되는 범위가 포함되어야 한다.

161.8.4 각 용접법의 규정된 필수변수가 하나 이상 변경될 경우, 용접사는 재 인정되어야 한다.

1. 수동용접사의 용접법별 필수변수는 아래 표 161.8-5에서 표 161.8-10까지이며, 필수변수의 적용에 대하여는 별표 1의 부록 “용접변수에 대한 사용법”에 따른다.
2. 자동용접사의 필수변수는 아래와 같다.
   가. 자동용접에서 기계용접으로의 변경
   나. 용접법의 변경
   다. EBW 및 LBW의 경우, 용가재의 추가 또는 삭제
   라. LBW의 경우, 레이저 종류의 변경(예 : CO2에서 YAG로의 변경)
   마. 마찰용접의 경우, 연속구동용접에서 관성용접으로의 변경 또는 그 반대의 변경
3. 기계용접의 필수변수는 아래와 같다.
   가. 용접법의 변경
   나. 직접 육안감시에서 원격 육안감시로 변경 및 원격 육안감시에서 직접 육안감시로 변경
   다. 가스텅스텐아크용접에 대한 자동 아크 전압 제어 시스템의 삭제
   라. 자동이음부 추적장치의 삭제
   마. 이미 인정된 것 이외의 용접자세의 추가
   바. 소모용 삽입물의 삭제. 다만, 필릿 용접 및 받침이 있는 용접 자격을 갖춘 소모용 삽입물 제외
   사. 받침의 삭제. 양쪽면 그루브용접은 받침이 있는 용접으로 간주한다.
   아. 측단 단일패스에서 측당 다중패스로 변경. 단, 그 반대의 경우는 해당되지 않는다.
   자. 하이브리드 플라즈마-GMAW 용접의 경우 자동용접사 자격을 위한 필수변수는 표 161.8-10을 따라야 한다.
4. 튜브와 튜브시트 용접절차 필수 변수는 아래와 같다.
   가. 모든 용접법
      (1) 용접법 변경 시
      (2) 용가재의 추가 또는 삭제, 그루브 깊이 증가, 그루브 각도 감소 또는 그루브 형식 변 경과 같은 용접이음 형상변경(제조오차 벗어난 것)

(3) 규정 벽두께 2.5 ㎜ 이하인 튜브의 경우, 규정 벽두께의 10%이상 증감. 규정 벽두께가 2.5 ㎜를 초과하는 튜브를 사용하여 시험하는 경우, 하나의 인정시험으로 2.5 ㎜를 초과하는 모든 두께에 대해 인정.

(4) 규정직경 50 ㎜ 이하이고 규정벽두께가 2.5 ㎜ 이하의 튜브에 대하여는 튜브 직경의 10% 보다 크게 감소할 때 벽두께 2.5 ㎜ 초과의 튜브에 대하여 직경은 필수변수가 아니다.

(5) 튜브간 중심거리(리거먼트)가 10 ㎜ 또는 규정된 벽두께의 3배보다 작을 때는 리거 먼트의 규정된 폭이 10% 또는 그 이상 감소할 때.

(6) 다중용접 패스에서 1회 용접패스 또는 그 반대로 변경 시

(7) 별도그림 1.에 따라 인정된 튜브와 튜브시트 접합부의 용접자세 변경 시

(8) 수직용접 자세에서의 방향 변경 시

(9) 튜브 또는 튜브시트 P-No. 변경(튜브시트 자재가 용접 부분인 경우), 튜브시트 클래딩 자재의 P-No. 또는 A No. 변경 시(클래딩 자재가 용접부분 일 경우) 또는 그 자재가 P-No. 또는 A-No.가 없는 자재를 변경 시

(10) 만약 용가재가 추가된다면 용착부의 A-No. 변경 또는 용착부의 A-No.가 없을 경 우 용착부의 공칭 성분 변경 시

(11) 예열온도가 55℃보다 큰 온도로 감소 시 또는 인정된 WPS의 층간온도가 55℃ 보다 큰 온도로 증가 시

(12) 용접후열처리의 추가 또는 삭제 시

(13) 인정된 WPS에서 10%이상 전류 증가 시

(14) 인정 데이터로부터 극성 또는 전류 형식변경(AC 또는 DC)

(15) 수동, 반자동, 또는 자동용접 방법의 적용 변경 시

(16) 용접 전 튜브 확관 추가 시

(17) 용접 전 클리닝(Cleaning) 방법 변경 시

나. 피복메탈 아크용접

(1) 용접봉 직경 변경 시

(2) 용접봉의 F-No. 변경 시

다. 가스텅스텐, 플라스마, 가스 메탈 아크 용접

(1) 금속삽입재의 형상 또는 크기의 변경 시

(2) 하나의 차폐가스에서 다른 차폐가스 또는 혼합차폐가스로 변경 시

(3) 혼합가스 사용 시 ±25% 증감 또는 2.5 L/min 중 큰 수치로 적은 함량의 가스 유 량 변경 시

(4) 가스텅스텐 아크 용접 또는 플라스마 아크 용접은 용가재의 삭제 또는 추가 시

(5) 가스텅스텐 아크 용접 또는 플라스마 아크 용접은 용접봉 또는 용가재의 공칭

직경 변경 시

(6) PQR 인정 시 보조차폐가스를 사용한 경우 그 시스템 제거 시

(7) 용접봉 또는 용가재의 F-No. 변경 시

라. 폭발 용접

(1) 모든 벽두께와 직경에 대해 규정 벽두께 또는 직경의 10% 변경되는 경우

(2) 압력적용 방법 변경 시

(3) 폭약 형식 변경 또는 에너지 함량이 ±10% 변경 시

(4) 폭약투입 위치와 튜브시트 면과의 거리가 ±10% 변경 시

(5) 튜브와 튜브시트의 규정된 허용오차가 ±10% 변경 시

161.8.5 용접사 및 자동용접사의 식별표시. 기량이 인정된 각 용접사 및 자동용접사에게 식별번호, 문자 또는 기호를 부여하여야 하며, 이 식별표시는 용접사 또는 자동용접사가 제작한 용접물을 식별하는데 사용하여야 한다.

161.8.6 용접사 및 자동용접사 기량인정을 위한 특별 시험

그루브 용접 기량을 인정하기 위하여, 허용 범위 내에서 기계적 시험 대신 방사선투과시험 또는 초음파탐상시험을 실시할 수 있다.

표 161.8-5 산소가스용접(OFW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	7	+ 받침
모재(3)	2	인정 최대두께 T
	18	ø P-No.
용가재(4)	14	± 용가재
	15	ø F-No.
	31	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
가스(8)	7	ø 가스 종류

기호 설명 : ø변경, +추가, −제거, ↑상진, ↓하진

표 161.8-6 피복아크용접(SMAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	− 받침
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	15	ø F-No.
	30	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
	3	ø ↑↓수직용접

기호 설명 : ø변경, +추가, −제거, ↑상진, ↓하진

표 161.8-7 반자동 서브머지드아크용접(SAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	15	ø F-No.
	30	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세

기호 설명 : ø변경, +추가, −제거, ↑상진, ↓하진

표 161.8-8 반자동 가스메탈아크용접(GMAW)의 용접사 인정 필수변수
[플럭스코어드아크용접(FCAW)포함]

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	− 받침
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	15	ø F-No.
	30	ø 용착금속두께 t
	32	t제한(단락아크)
자세(5)	1	+ 자세
	3	ø ↑↓수직용접
가스(8)	8	− 백킹가스(backing gas)
전기적 특성(9)	2	ø 이행방식

기호 설명 : ø변경, +추가, −제거, ↑상진, ↓하진

표 161.8-9 수동 및 반자동 가스텅스텐아크용접(GTAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	− 받침
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	14	± 용가재
	15	ø F-No.
	22	± 소모용 삽입물
	23	ø 용가재의 제품형태
	30	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
	3	ø ↑↓수직용접
가스(8)	8	− 백킹가스(backing gas)
전기적 특성(9)	4	ø 전류 또는 극성

기호 설명. ø변경, +추가, −제거, ↑상진, ↓하진

표 161.8-10 수동 및 반자동 플라즈마아크용접(PAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	− 받침
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	14	± 용가재
	15	ø F-No.
	22	± 소모용 삽입물
	23	ø 용가재의 제품형태
	30	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
	3	ø ↑↓수직용접
가스(8)	8	− 백킹가스(backing gas)

기호 설명 : ø변경, +추가, −제거, ↑상진, ↓하진

161.9 인정되는 자세 및 지름의 범위

161.9.1 그루브 용접 KECS-1101 제2장의 2.9 좌측의 인정시험을 통과한 용접사는 KECS-1101 제2장의 2.9 우측의 범위까지도 인정된다.

1. 두께가 다른 모재의 용접

그루브 용접에 대한 인정된 용접절차시방서는 다음과 같은 규정에서 두께가 다른 모재 사이의 제작품 용접에 적용할 수 있다.

가. 얇은 재료의 두께는 표 161.5-1. 그루브 용접부 인장시험 및 굽힘시험에서 허용한 범위 내에 있어야 한다.

나. 두꺼운 재료의 두께는 다음의 규정을 따라야 한다.

(1) P-No.8, P-No.41, P-No.42, P-No.43, P-No.44, P-No.45, P-No.46, P-No.49, P-No.51, P-No.52, P-No.53, P-No.61 및 P-No.62 금속재료에 대해 두께 6 ㎜ 이상의 모재가 인정되었다면, 유사한 P-No.를 가진 재료의 이음부에서 사용될 더 두꺼운 재료에 대한 최대 두께를 제한할 필요는 없다.

(2) 기타 다른 모든 재료의 경우, 더 두꺼운 재료의 두께는 표161.5-1.에서 허용한 범위 내에 있어야 한다. 다만, 두께가 38 ㎜ 이상에서 인정된 경우에는 더 두꺼운 재료의 최대두께를 제한 할 필요는 없다. 두께가 서로 다른 재료 조합을 인정하기 위하여 한 개 이상의 용접절차인정이 필요할 수 있다.

161.9.2 필릿 용접

KECS-1101 제2장의 2.9 좌측의 인정시험을 통과한 용접사 또는 자동용접사는 KECS-1101 제2장의 2.9 우측의 범위까지도 인정된다. 다만, 표 161.10-15에 따라 적용될 필수변수의 인정 범위내에 있는 재료의 두께, 필릿용접의 크기와 바깥지름이 73 ㎜ 이상인 관 및 튜브의 필릿용접부 만을 제작하는 것이 인정된다. 바깥지름이 73 ㎜ 미만인 관 또는 튜브에 필릿용접을 실시하는 용접사 또는 자동용접사는 표 161.10-14에 따라 규정된 시험을 통과하여야 한다.

161.9.3 특수 자세

특수한 방위로 용접을 하는 제조자는 본 특수 방위에 대한 기량 인정 시험을 하여야 한다. 이러한 자격인증은 실제로 시험한 자세와 아래보기 자세에 대하여 유효하나 별도그림 1과 별도그림 2에 명시된 바와 같이 용접면의 회전 방향과 용접축에 기운 방향과 ±15° 까지는 허용된다.

161.9.4 스터드 용접 자세

4S 자세에서 자격인증은 1S 자세를 인정한다. 4S 와 2S 자세의 인정은 모든 자세에 대한 검증을 인증한다.

161.9.5 튜브와 튜브시트 용접사 및 자동용접사 인증

적용되는 규격에서 튜브 와 튜브시트 실증 인증시험이 요구될 때에는 161.6.5의 1.을 적용하여야 한다. 만약 특수한 인증시험 요건이 적용되는 규격에 규정되지 않았다면

용접사와 자동용접사는 아래의 방법 중 하나로 검증되어야 한다.
1. 161.9.1의 1.의 그루브 용접 요건
2. 161.6.5의 요건대비 실증시험

161.10 기량 인정두께의 제한범위 및 시험편

161.10.1 제품용접에서 용접사는 인정된 각 용접법에 대하여 표 161.10-11부터 표 161.10-16에서 허용한 두께를 초과하여 용접할 수 없다.
1. 그루브 굽힘시험은 표 161.10-11에 따른다.

표 161.10-11 굽힘시험

구 분	요구된 시험편과 시험의 종류 및 횟수			
용접금속 두께(㎜)	육안시험	측면굽힘 별도그림 33 (1)	표면굽힘 별도그림 34, 35 (1),(2)	루트굽힘 별도그림 34, 35 (1),(2)
10 ㎜미만 10이상 19 ㎜미만 19 ㎜ 이상	x x x	... 2(3) 2	1 (3) ...	1 (3) ...

주(1) 5G또는 6G 자세 인정을 위해 총 4개의 굽힘시험편이 요구된다. 단독 시험재에서 2G 그리고 5G의 조합 사용을 인정하기 위해 총 6개의 굽힘시험편이 요구된다.
(2) 표면과 루트굽힘에 의한 시험재는 한명의 용접사가 하나 또는 두개의 용접법으로, 또는 두명의 용접사가 각각 하나의 용접법으로 만들도록 제한되어야 한다. 각 용접사와 각 용접법에 의해 만들어지는 용접은 적절한 굽힌시험편이 되도록 볼록한 표면을 가져야 한다.
(3) 하나의 표면 및 루트 굽힘시험은 두개의 측면 굽힘으로 대체 할 수 있다.

표 161.10-12 용접 금속 인정 두께

시험재에서 용접금속의 두께 t(㎜)	인정되는 용접금속의 두께
모든 두께 13 ㎜ 그리고 최소 3층 이상	2 t 용접되는 최대 두께

주(1) 1명 이상의 용접사가 용접할 경우, 각 용접사가 각각의 용접법으로 용접한 용착금속의 두께 t 는 “두께 t” 칸의 요건에 따라 개별적으로 적용하고 사용하여

야 한다.

(2) 다른 두께의 용접금속을 가진 2개 이상의 관 시험재가, 인정되는 용접금속의 두께를 결정하기 위해 사용될 수 있으며, 그때의 두께는, 표 161.10-13에 따라 용접사가 인정되기 위한 최소직경의 제품용접에 적용될 수 있다.

(3) 사용된 용접법과 상관없이 3명 이상의 용접사 조합을 인정하기 위해서는 두께 19 ㎜ 이상의 시험재를 사용하여야 한다.

표 161.10-13 관 그루브 용접 허용한계

시험재의 바깥지름, ㎜	인정되는 바깥지름, ㎜	
	최 소	최 대
25 미만	용접된 치수	제한없음
25 이상 73 미만	25	제한없음
73 이상	73	제한없음

주(1) 시험의 종류 및 횟수는 표 161.10-11에 따라야 한다.

(2) 바깥지름 73 ㎜는 DN 65와 동등한 것으로 간주한다.

2. 소구경 필릿 용접시험범위는 표 161.10-14에 따른다.

표 161.10-14 소구경 필릿 용접시험

시험재의 바깥지름, ㎜	인정되는 최소 바깥지름, ㎜	인정된 두께
25 미만	용접되는 치수	모든 두께
25 이상 73 미만	25	모든 두께
73 이상	73	모든 두께

주(1) 시험의 종류 및 횟수는 표 161.10-15에 따른다.

(2) 바깥지름 73 ㎜는 DN 65와 동등한 것으로 간주된다.

3. T 필릿 용접시험은 표 161.10-15에 따른다.

표 161.10-15 T 필릿 용접시험

이음의 종류	용접된 시험재의 두께, ㎜	인정되는 범위, ㎜	시험의 종류 및 횟수 별도그림37 또는 별도그림38	
			매크로	파괴
T 필릿 [주(1)]	5이상	모재의 모든 두께, 필릿크기 그리고 73이상인 바깥지름 [주(2)]	1	1
	5 미만	T ~ 2T의 모재두께, 최대 필릿 크기 T 및 73 이상인 바깥지름[주(2)]	1	1

주(1) 시험재의 준비는 판재의 경우 별도그림37, 관은 별도그림38을 따른다.

(2) 바깥지름 73 ㎜는 DN 65와 동등한 것으로 간주된다. 바깥지름 73 ㎜보다 작은 소구경 관에 대한 인정의 경우에는 표 161.10-14 또는 표 161.10-16을 참조한다.

4. 그루브 용접시험에 의한 필릿 인정범위는 표 161.10-16에 따른다.

표 161.10-16 그루브 용접에 의한 필릿 인정

이음의 종류	용접시험재의 두께, ㎜	인정범위	시험의 종류 및 횟수
임의의 그루브	모든 두께	모든 모재두께, 필릿크기 및 지름	그루브 용접시험으로 용접사 또는 자동용접사를 인정한 경우에는 필릿용접도 인정된다.

161.11 인정시험재료

161.11.1 시험재는 판, 관 또는 다른 제품의 형태일 수 있다. 2G 및 5G의 두 자세(별도그림 4)로 하나의 관 조립품을 용접하여 관에 대한 모든 자세를 인정하려고 하는 경우, 관의 구경에 따라 다음과 같이 시험재를 제작하여야 한다.

1. 관이 DN 250 이상인 경우에는 별도그림 20에 따라 시험재를 제작하여야 한다.
2. 관이 DN 150 또는 DN 200인 경우에는 별도그림 21에 따라 시험재를 제작하여야 한다.

161.11.2 받침이 있는 용접 그루브

양쪽면 그루브 용접 또는 받침이 있는 한쪽면 그루브 용접에 대한 인정시험용 시험재의 용접그루브 치수는 조직이 인정한 용접절차시방서의 치수와 같거나 별도그림 31과 같아야 한다. 받침이 있는 한쪽면 그루브 용접 시험재 또는 양쪽면 그루브 용접 시험재는 받침이 있는 용접으로 간주하고, 또한 부분용입 그루브 용접 및 필릿 용접도 받침이 있는 용접으로 간주한다.

161.11.3 받침이 없는 한쪽면 그루브 용접에 대한 인정시험용 시험재의 용접그루브 치수는 제조자가 인정한 용접절차시방서의 치수와 같거나 또는 별도그림 32에 따른다.

161.11.4 용접사 기량인정에 사용되는 대체 모재는 아래에 따른다.

1. 용접사 기량인정에 사용되는 모재는 용접절차시방서에 규정된 P-No. 재료 대신에 아래에 적합한 재료를 사용할 수 있다.

표 [161.11-1]의 인정되는 제품에 표시된 모든 모재는 용접사 기량시험 중 용접절차시방서에 명시된 모재를 대신하여 용접사 자격인정 시험재로 대체할 수 있다.

표 161.11-1 용접사 인정용 모재와 대체 모재

용접사 인정용 모재	인정되는 제품의 모재
P-No.1～P-No.15F, P-No34 및 P-No.41～P-No.49	P-No.1～P-No.15F, P-No.34, P-No.41～P-No.49
P-No.21～P-No.26	P-No.21～P-No.26
P-No.51～P-No.53 및 P-No.61～P-No.62	P-No.51～P-No.53 또는 P-No.61～P-No.62
임의의 미지정 금속과 그와 동일한 미지정 금속	해당 미지정 금속
임의의 미지정 금속과 임의의 P-No를 부여한 금속	미지정 금속과 P-No로 인정받은 임의의 금속
임의의 미지정 금속과 그 외 임의의 미지정 금속	첫 번째 미지정 금속과 두 번째 미지정 금속

2. 용접사 기량인정에 사용되는 재료가 국가 또는 국제규격에 적합하고, 지정된 금속의 기계적 또는 화학적 요건을 만족한다면 동일한 P-No.를 갖는 것으로 간주한다. 이 경우 모재의 재료규격 및 상응하는 P-No.를 인정기록서에 기록하여야 한다.

161.12 요구되는 시험의 종류

161.12.1 기계적 시험

기계적 시험에 대한 시험편의 종류 및 수량은 표 161.10-11에서 표 161.10-16까지이고 아래 1 및 2에 적합하여야 한다.

1. 시험편 채취방법은 아래와 같다.
   가. 그루브 용접 시험편은 별도그림 15에서부터 별도그림 22에 규정된 방법과 유사한 방법으로 채취하여야 한다.
   나. 필릿 용접 시험편은 별도그림 36에서부터 별도그림 39 및 별도그림 22에 규정된 방법과 유사한 방법으로 채취하여야 한다.
   다. 관 시험재
   별도그림 4의 1G 또는 2G 자세로 관에서 제작된 시험재의 경우, 별도그림 18 또는 별도그림 19에 명시된 굽힘시험편(이 굽힘시험편은 위-오른쪽 및 아래-왼쪽의

사분면에 있는 시험편을 제외하고, 별도그림 18의 위-왼쪽 사분면에 있는 이면 굽힘 시험편을 표면 굽힘시험편으로 대체하여야 한다.)과 같이 2개의 시험편을 채취하여야 한다.

라. 별도그림 4의 5G 또는 6G 자세로 관에서 제작된 시험재의 경우, 시험편은 별도그림 18 또는 별도그림 19에 따라서 채취되어야 하고 4개의 모든 시험편은 시험에 합격하여야 한다. 1개의 관 시험재에서 2G 및 5G 두 자세로 제작된 시험재의 경우, 시험편은 별도그림 20 또는 별도그림 21에 따라 채취하여야 한다.

2. 형틀 굽힘시험편 종류 및 가공은 161.5.7의 3.을 준용한다.

3. 형틀 굽힘시험은 다음과 같은 방법으로 실시한다.

가. 지그 형틀 굽힘시험편은 별도그림 25에 적합한 시험지그를 사용하여 굽혀야 한다. 별도그림 25 또는 별도그림 26에 명시된 지그를 사용할 경우, 지그 사이의 간격을 향해 굽혀지는 바깥면이 용접표면이 되면 표면 굽힘시험이고, 바깥면이 루트부가 되면 이면 굽힘시험이 된다. 측면 굽힘시험편에서 만약 불연속부가 있다면 더 큰 불연속부를 측면으로 하여야 한다. 별도그림 25의 지그를 사용할 경우에는 시험편의 곡률(curvature)이 시험편과 금형 사이에 3 ㎜ 지름의 와이어가 들어갈 수 없을 정도까지, 또는 별도그림 26의 롤러형 지그를 사용할 경우에는 시험편이 바닥에 나올 때까지 지그 숫놈에 하중을 가하여 시험편을 굽혀야 한다.

나. 별도그림 27의 롤러굽힘 지그를 사용할 경우에 롤러를 향해 굽혀지는 바깥면은 표면 굽힘시험편의 경우 용접표면이 되고, 이면굽힘시험편의 경우 루트면이 되어야 한다. 측면 굽힘시험편에서 불연속부가 있다면 더 큰 불연속부를 측면으로 하여야 한다. 별도그림 33에 허용된 것과 같이 폭의 길이가 38 ㎜를 초과하는 시험편을 굽힐 때에는 시험지그 맨드렐(mandrel)은 최소한 시험편 폭보다 6 ㎜ 이상 넓어야 한다.

161.12.2 RW의 금속조직시험

1. 용접부는 횡단면을 만들어 광택이 나게 다듬고, 용접금속이 드러나게 에칭을 하여야 하며, 단면은 10배율로 검사하여야 한다. 용접 단면은 균열, 불완전용입, 날림(expulsion)과 개재물(inclusion)이 없어야 한다. 기공은 시편의 가로방향 단면에 한 개의 공극 또는 길이방향 단면에 3개의 공극을 초과해서는 아니 된다. 어느 공극의 최대치수는 그 용접비드의 두께의 10%를 초과해서는 아니 된다.

2. 점용접과 이음매용접에 대해서는, 그 중 얇은 부재의 두께 t와의 관계에서 용접 너깃의 최소폭은 다음과 같아야 한다.

재료두께, in. (mm)	용접 너깃의 폭
0.010 (0.25) 미만	6 *t*
0.010 (0.25) 이상과 0.02 (0.50) 미만	5 *t*
0.020 (0.50) 이상과 0.04 (1.00) 미만	4 *t*
0.040 (1.00) 이상과 0.069 (1.75) 미만	3 *t*
0.069 (1.75) 이상과 0.100 (2.54) 미만	2.50 *t*
0.100 (2.54) 이상과 0.118 (3.00) 미만	2.25 *t*
0.118 (3.00) 이상과 0.157 (4.00) 미만	2 *t*
0.157 (4.00) 이상	1.8 *t*

용접 깊이 (용융범위)는 최소한 (각 부재 내의) 보다 얇은 겹의 두께의 20%, 그리고 최대한으로 모든 겹의 총 두께의 80%가 되어야 한다.

3. 프로젝션 용접의 경우, 너깃의 폭은 프로젝션 폭의 80% 이상이 되어야 한다.

161.13 기량인정시험 합격기준

161.13.1 그루브 용접-굽힘시험의 합격기준은 다음과 같다.

1. 용접 굽힘시험편의 용접부 및 열영향부는 시험 후 시험편의 굽혀진 부분 안에 완전히 들어가 있어야 한다.
2. 형틀 굽힘시험편은 굽힘시험 후 시험편의 볼록한 면에서 어느 방향으로 측정하여도 용접부 또는 열영향부 안에 3 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 있어서는 아니 된다. 시험 중 시험편의 모서리에 생기는 열린 불연속부는 그 열린 불연속부가 융합불량, 슬래그 개재물 또는 다른 내부결함의 결과로 인해 발생했다는 명확한 증거가 없는 한 결함으로 인정되지 않는다.
3. 내식육성 용접클래딩의 경우에는 어느 방향으로 측정하여도 클래딩 내에 1.5 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 하며, 경계면에는 3 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다.

161.13.2 필릿용접부 시험

용접사 기량인정용 필릿용접 시험재의 치수 및 가공은 별도그림 37 또는 별도그림 38의 요건을 만족하여야 한다. 판-판의 시험재는 용접부의 직각방향으로 중심 부분에서 약 100 ㎜ 길이 및 양쪽 끝 부분의 약 25 ㎜ 길이를 절단하여야 한다. 관-판 또는 관-관의 시험재는 각각의 반대 방향 1/4 부분에서 2개의 시험편을 제작하여야 한다. 시험편 중 하나는 아래 1의 요건에 따라 파괴시험을 실시하고 다른 시험편은 아래 2 의 요건에 따라 매크로시험을 실시하여야 한다.

1. 파괴시험

별도그림 37에 명시된 기량인정시험편 중앙부 100 ㎜의 수직 부분 또는 별도그림 38에 명시된 1/4 부분의 수직부분은 용접루트가 인장력을 받는 방법과 같은 방법으

로 측면부에 하중을 받아야 한다. 하중은 시험편이 파괴되거나 시험편이 편평하게 굽혀질 때까지 연속적으로 가해져야 한다. 시험편이 파괴될 경우, 파괴면에서는 균열 또는 불완전한 루트 용융부족의 흔적이 없어야 하고, 파괴면에 육안으로 확인할 수 있는 개재물 및 기공의 길이 합계가 별도그림 37의 경우 10 ㎜ 이하 또는 별도그림 38의 경우 1/4 부분의 10% 이하이어야 한다.

2. 매크로시험

기량인정 시험편 별도그림 37의 판 시험재에서 끝 부분 약 25 ㎜를 절단한 2개의 시험편 중 1개의 한 절단면 또는 별도그림 37의 관 시험재에서 끝 부분 약 1/4를 절단한 시험편의 한 절단면은 매끄럽게 가공한 후 적절한 부식액으로 부식시켜 용접금속과 열영향부의 단면에 대한 육안시험에서 용융이 완전하여야 하고 균열이 없으며 용접부에는 1.5 ㎜를 초과하는 오목면 또는 볼록면이 없고 필릿의 다리길이 차이는 3 ㎜ 이하이어야 한다.

161.13.3 스터드 용접부 시험

기량 인정시험편 스터드

1. 시험요건

각 스터드 자동용접사를 인정하기 위해서는 5개의 스터드용접부 시험이 필요하다. SW에 사용되는 장비는 수동으로 조작하는 것을 제외하고는 모든 것이 자동이어야 한다. 기량인정시험은 161.8에 의해 인정된 용접절차시방서를 따라 용접되어야 한다.

각 스터드(5개의 이음부)는 스터드 길이의 ¼이 시험재 위에서 평평하게 될 때까지 그 위를 햄머링하여 시험을 실시하거나 또는 별도그림 28에 따라 시험지그 및 어댑터(adapter)를 사용하여 스터드를 최소한 15° 각도로 굽힌 후 원래의 위치로 되돌려 놓는 굽힘시험을 실시하여야 한다.

2. 굽힘 및 햄머시험 합격기준

각각의 5개 스터드 용접부 및 열영향부에는 굽힌 다음 원래 위치로 복귀 후 또는 햄머링 후 육안으로 보이는 분리나 파괴가 없어야 한다.

161.13.4 튜브와 튜브시트 시험

1. 용접사 기량인정 시험편

수동 또는 자동용접사의 인정을 위하여 5개의 실물모형의 용접이 요구되며, 시험은 용접절차인정(161.6.5의 1.)과 동일한 규정을 따라야 한다. 161.15.1 및 161.15.2의 요건에 의해 자격상실 또는 인정유효기간이 지난 경우에 한하여 하나의 실물모형 용접이 수동 용접사 또는 자동 용접사 자격 갱신용으로 요구된다.

161.14 체적 비파괴검사에 의한 합격기준

161.14.1 방사선투과검사

용접사 또는 자동용접사가 방사선투과검사에 의해서 인정될 경우에 시험될 시험재의 최소길이는 150 ㎜이고, 관의 경우에는 전체 원주용접부를 포함하여야 한다. 다만, 수동용접사의 경우 P-No.21～P-No.25, P-No.51～P-No.53, P-No.61～P-No.62 금속의 경우에는 제외되며, 자동용접사의 경우 P-No.21～ P-No25, P-No.51～P-No.53, P-No.61～P-No.62 금속의 경우에 제외된다. 소구경 관의 경우에는 복수 시험재를 사용할 수 있으나 연속적으로 제작된 4개의 시험재를 초과할 필요는 없다. 방사선투과검사 합격기준은 아래 1 및 2와 같다.

1. 선형지시
   가. 균열, 융합부족 또는 불안전용입은 허용되지 않는다.
   나. 다음 길이를 초과하는 가늘고 긴 슬래그 개재물은 허용되지 않는다.
      (1) t 가 10 ㎜ 이하인 경우에는 3 ㎜
      (2) t 가 10 ㎜ 초과 57 ㎜ 이하인 경우에는 1/3t
      (3) t 가 57 ㎜ 초과할 경우에는 19 ㎜
   다. 선상으로 형성되어 있는 슬래그 개재물 그룹에서 12t 길이 내에 결함의 길이 합계가 t를 초과하는 것은 허용되지 않는다. 다만, 슬래그 개재물 그룹 중 가장 긴 결함의 길이를 L이라고 할 때, 연속된 결함사이의 거리가 6L을 초과할 경우에는 제외한다.
2. 원형지시
   가. 원형지시의 최대 허용치수는 t의 20% 또는 3 ㎜ 중 큰 치수는 허용되지 않는다.
   나. 재료의 두께가 3 ㎜미만인 용접부의 경우, 인정할 수 있는 원형지시의 최대 수는 길이 150 ㎜의 용접부에서 12개를 초과해서는 아니 된다. 길이 150 ㎜ 미만의 용접부에서는 인정할 수 있는 원형지시의 수를 비례적으로 감소하여 적용한다.
   다. 두께가 3 ㎜ 이상인 재료에서의 최대지름이 0.8 ㎜ 미만인 원형지시는 용접사 및 자동용접사의 방사선투과검사 합격기준으로 고려하지 않는다.

161.14.2 초음파탐상검사

용접사 및 자동용접사의 초음파탐상검사에 의한 인정은 두께 6 ㎜ 이상의 시험 용접부에 실시할 수 있다.

1. 초음파탐상검사의 방법, 절차 및 인정에 대해서는 172에 따라야 한다.
2. 제조자는 용접사와 자동용접사의 기량 인정을 위해 초음파탐상검사원의 자격과 인증이 적절한 절차에 따라 수행되었음을 입증하여야 한다.
3. 인정시험 용접부에 대한 합격기준
   가. 균열, 융합부족 또는 불완전용입의 모든 지시는 그 길이에 관계없이 불합격으로 한다.
   나. 길이 3 ㎜를 초과하는 관련지시는 그 길이가 다음을 초과하면 불합격으로 한다.
      (1) t 가 10 ㎜ 이하인 경우에는 3 ㎜

(2) t 가 10 ㎜ 초과 57 ㎜ 이하인 경우에는 1/3t

(3) t 가 57 ㎜ 초과할 경우에는 19 ㎜

여기서, t는 허용되는 덧살을 제외한 용접부의 두께이며, 두께가 다른 두 부재의 맞대기 용접부의 경우, t는 두 부재 중 얇은 것으로 한다. 만일 완전용입 용접부가 필릿용접부를 포함하면, 그 필릿의 목두께는 t에 포함시켜야 한다.

161.15 인정의 지속 및 취소

161.15.1 지속 : 용접사 또는 자동용접사에 대한 기량인정은, 자격인정 용접법으로 인증기관 또는 참여기관의 감독 및 관리 하에, 마지막 용접을 실시한지 6개월 이내인 경우 유효하다.

1. 수동 또는 반자동 용접을 수행하는 용접사
2. 기계 또는 자동 용접을 수행하는 자동용접사
3. 용접절차시방서에 적합한 용접을 수행하는 용접사 또는 자동용접사의 능력을 의심할 만한 특정한 이유가 있을 경우, 그 용접사 또는 자동용접사가 실시하는 용접에 대한 인정은 무효로 한다. 의심스럽지 않은 모든 다른 인정은 유효한 것으로 한다.

161.15.2 인정의 갱신 : 161.15.1의 1.에 따라 만료된 기량인정은 임의의 자세에서 임의의 재질, 두께 또는 지름의 판 혹은 관 중 하나의 단일 시험재를 사용하여 161.8에 따라 용접하고 161.12에 따라 시험되어야 한다.

161.16 작업범위

161.8에 의한 기량 시험 후 161.12의 요구조건에 합격한 자가 할 수 있는 용접의 자세 및 그에 사용되는 모재의 두께는 해당 용접절차시방서에서 지정하는 범위로 한다.

(170 발전설비 비파괴검사)

170.1 일반사항

170.1.1 적용범위

이 요건은 비파괴검사에 대한 방법과 비파괴검사원 자격의 대해 규정한다. 한국전기설비규정에서 규정하는 비파괴검사 방법은 재료, 용접부, 부품과 기기의 표면 및 내부 불완전부를 검출하는데 이용한다. 한국전기설비규정에서 규정하는 비파괴검사 방법은 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사, 육안검사, 누설시험이다.

<삭제>

170.1.2 비파괴검사원의 자격요건

비파괴검사를 실시하는 비파괴검사원은 국가기술자격법에 따라 자격을 취득하였거나, 대통령령(비파괴검사기술의 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령 제11조)이 정하는 바에 따라 이에 준하는 자격을 취득한 자이어야 한다.

170.1.3 절차서

발전설비 비파괴검사를 준용하여 수행하는 모든 비파괴검사는 절차서에 따라 수행하여야 한다.

170.1.4 교정

공급자는 각 비파괴검사 요건에서 교정을 요구하는 장비에 대하여 교정을 보증하여야 한다.

170.1.5 합격기준

한국전기설비규정에서 규정한 각 비파괴검사 방법에 대한 합격기준은 적용되는 문서를 따른다.

170.1.6 기록/문서화

기록과 문서는 적용되는 기준과 해당 요건에 명시한 대로 작성하여야 한다. 사용자는 문서와 기록 유지에 대한 책임을 가진다. 검사기록은 최소한 아래의 정보를 포함하여야 한다.

1. 검사일자
2. 검사를 수행한 비파괴검사원의 이름, 소속, 자격등급
3. 용접번호, 일련번호 또는 기타 식별을 포함한 검사 대상의 용접부, 부품 또는 구성품의 식별
4. 검사방법, 기법, 절차서 식별번호와 개정번호
5. 검사결과

171 방사선투과검사

171.1 일반요건

171.1.1 적용

1. 주조품 및 용접부를 포함한 재료의 방사선투과검사는 이 절차에 따라 실시하여야 하며, 검사절차서에는 최소한 다음의 정보를 포함하여야 한다. 다만, 주조품 방사선투과검사는 KECS-1201의 1.3(금속 주조품의 방사선투과검사), 컴퓨터 방사선투과검사(CR)는 KECS-1201의 1.4(인광화상판을 사용한 방사선투과검사법), 디지털 방사선투과검사(DR)는 KECS-1201의 1.6(디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사)에 따른다.
   가. 재료 종류 및 두께 범위
   나. 사용된 동위원소 또는 최대 X-선 전압
   다. 선원-검사체 간의 거리(171.4.2항의 *D*)
   라. 검사체의 선원측 면에서 필름까지의 거리(171.4.2항의 *d*)
   마. 선원의 크기(171.4.2항의 *F*)
   바. 필름상표 및 명칭
   사. 사용 증감지

171.1.2 표면 준비

1. 주조품을 포함한 재료
   재료 표면은 요철이 방사선투과사진의 상이 임의의 불연속부의 상을 가리거나 혼동되지 않도록 적절한 방법으로 추가 표면처리를 하여 해당 재료규격의 요구조건에 만족하여야 한다.
2. 용접부
   안쪽(접근 가능한 경우) 및 바깥쪽의 용접 결(weld ripples) 또는 용접부 표면은 방사선투과사진의 상이 임의의 불연속부의 상을 가리거나 혼동되는 경우 임의의 적절한 방법으로 제거하여야 한다.

171.1.3 후방산란 방사선

후방산란 방사선이 필름에 노출되는 것을 확인하기 위해 최소치수가 높이 11 mm, 두께 1.5 mm인 납 기호 “B”를 촬영 동안 각 필름 홀더(film holder)의 뒤에 부착하여야 한다.

171.1.4 식별표시 시스템

각 방사선투과사진에서 계약, 구성품, 용접부 또는 용접심(weld seam) 혹은 부품번호를 적절히 추적할 수 있는 영구 식별 시스템을 사용하여야 한다. 추가로, 제조자의 기호 또는 제조자 명 및 방사선투과사진의 촬영일자가 분명하고 영구적으로 방사선투과사진에 나타나야 한다. 다만, 어떤 경우든 이 정보가 판독범위를 가려서는 아니 된다.

171.1.5 방사선투과사진의 농도제한 감시

필름농도를 측정하기 위해 농도계 또는 스텝웨지 비교필름을 사용하여야 한다.

171.2 장비 및 자재

171.2.1 필름

방사선투과사진은 공업용 방사선필름을 사용하여야 한다.

171.2.2 증감지는 이 절차서에 따라서 방사선투과검사를 실시하는 경우에 사용할 수 있다.

171.2.3 상질계의 설계

1. 표준 상질계는 유공형 또는 선형이어야 한다. 표준 상질계는 유공형의 경우 표 171.2.3-1의 것으로, 선형의 경우 표171.2.3-2의 것으로 구성하여야 한다.

표 171.2.3-1 유공형 상질계 번호, 두께 및 구멍지름(단위: mm)

상질계 번호	상질계 두께	1T 구멍지름	2T 구멍지름	4T 구멍지름
5	0.13	0.25	0.51	1.02
7	0.19	0.25	0.51	1.02
10	0.25	0.25	0.51	1.02
12	0.32	0.32	0.64	1.27
15	0.38	0.38	0.76	1.52
17	0.44	0.44	0.89	1.78
20	0.51	0.51	1.02	2.03
25	0.64	0.64	1.27	2.54
30	0.76	0.76	1.52	3.05
35	0.89	0.89	1.78	3.56
40	1.02	1.02	2.03	4.06
45	1.14	1.14	2.29	4.57
50	1.27	1.27	2.54	5.08
60	1.52	1.52	3.05	6.10
70	1.78	1.78	3.56	7.11
80	2.03	2.03	4.06	8.13
100	2.54	2.54	5.08	10.16
120	3.05	3.05	6.10	12.19
140	3.56	3.56	7.11	14.22
160	4.06	4.06	8.13	16.26
200	5.08	5.08	10.16	-
240	6.10	6.10	12.19	-
280	7.11	7.11	14.22	-

표 171.2.3-2 선형 상질계 지정선, 선 지름 및 선 번호

A 형		B 형		C 형		D 형	
선 지름(㎜)	선 번호	선 지름(㎜)	선 번호	선 지름(㎜)	선 번호	선 지름(㎜)	선 번호
0.08	1	0.25	6	0.81	11	2.54	16
0.10	2	0.33	7	1.02	12	3.20	17
0.13	3	0.41	8	1.27	13	4.06	18
0.16	4	0.51	9	1.60	14	5.08	19
0.20	5	0.64	10	2.03	15	6.35	20
0.25	6	0.81	11	2.54	16	8.13	21

2. 대체 상질계의 설계

다른 국가 또는 국제 표준에 따라 설계되고 제조된 상질계가 이 절차의 재료요건에 만족하다면 사용할 수 있다.

171.2.4 방사선투과사진의 관찰설비

방사선투과사진 관찰설비는 판독을 방해하는 방사선투과사진상의 반사, 그림자 또는 눈부심을 발생시키지 않을 정도의 부드러운 배경조명을 제공하여야 한다. 방사선투과사진의 판독을 위하여 사용되는 기기는 규정 농도 범위에 대하여 상질계의 필수 구멍이나 지정된 선을 보기에 충분한 가변성 광원을 제공하여야 한다. 사진을 보는 상태는 사진의 가장자리 주위로부터 또는 사진의 낮은 농도부분을 통하여 들어오는 빛이 판독을 방해하지 않아야 한다.

171.3 농도계 및 스텝웨지 비교필름

171.3.1 농도계

농도계는 사용되는 동안 최소한 매 3개월마다 한 번씩 다음과 같이 교정하여야 한다.

1. 공인기관 표준

스텝 태블릿으로 추적할 수 있고, 최소한 1.0～4.0의 중간농도를 갖는 최소한 5단계로 된 공인기관 표준 스텝 태블릿 또는 스텝웨지 교정필름이 사용되어야 한다. 스텝웨지 교정필름은 최초 사용 전에 제조자가 제공한 빛이 보이지 않고 물로부터 밀봉되어 유지되지 않았다면, 공인기관 표준 스텝 태블릿과 비교하여 개봉 후 일 년 이내에 검증된 것이어야 한다.

2. 농도계의 사용에 대해서는 농도계 제조자의 단계별 사용설명서를 따라야 한다.
3. 공인기관 표준 스텝 태블릿 또는 스텝웨지 교정필름상의 1.0, 2.0, 3.0 및 4.0에 가장 근접한 농도단계를 읽어야 한다.
4. 농도계는 읽은 농도 값이 공인기관 표준 스텝 태블릿 또는 스텝웨지 교정필름 상에 표시된 실제 농도와 비교하여 ±0.05 농도 이내이어야 한다.

171.3.2 스텝웨지 비교필름

스텝웨지 비교필름은 제조자에 의해 검증되지 않았다면 처음 사용 전에 다음과 같이

확인하여야 한다.

1. 스텝웨지 비교필름상의 각 단계의 농도는 교정된 농도계로 확인하여야 한다.
2. 스텝웨지 비교필름은 읽은 농도 값이 스텝웨지 비교필름 상에 표시된 농도로부터 ±0.1 농도 이내이어야 한다.

171.3.3 주기적인 확인

1. 농도계의 주기적인 교정확인 점검은 매 판독시작 시점, 8시간 연속사용 후 또는 렌즈구경 변경 후 등 어느 것이든지 처음 도래하는 것에 대해 171.3.1에서 설명한대로 실시하여야 한다. 농도계를 읽은 값은 171.3.1 3항에서 측정하여 읽은 교정 값의 ±0.05 이내이어야 한다.
2. 스텝웨지 비교필름 확인 점검은 매년 171.3.2에 따라 실시하여야 한다.

171.4 검사

171.4.1 방사선투과검사 기법

단일벽 촬영기법을 원칙으로 하나, 단일벽 촬영기법을 사용하기가 곤란한 경우에는, 이중벽 촬영기법을 사용할 수 있다. 파이프 또는 튜브 용접부에 대한 선원 및 필름배치와 적정촬영횟수는 KECS-1201의 1.1(파이프 또는 튜브 용접부에 대한 촬영기법)에 따른다.

1. 단일벽 촬영 기법

   단일벽 촬영기법에서 방사선은 용접부의 한쪽 벽만을 투과하며, 이는 방사선투과사진의 합부판정을 위해 촬영된다.

2. 이중벽 촬영기법

   단일벽 촬영기법을 사용하는 것이 곤란할 때는, 다음의 이중벽 촬영기법 중 하나가 사용되어야 한다.

   가. 단일벽 관찰

   검사체내의 재료 및 용접부의 경우 방사선이 두 벽을 투과하고 필름측 벽의 용접부 만이 방사선투과사진의 합부판정을 위해 관찰되는 촬영기법이 사용될 수 있다. 전 구간 촬영법위가 원주용접부에 요구되는 경우, 원주 용접부 각각에 대해 120° 간격으로 최소 3회의 촬영이 실시되어야 한다.

   나. 이중벽 관찰

   공칭 바깥지름이 89㎜ 이하인 검사체내의 재료 및 용접부의 경우, 방사선이 두 벽을 투과하고 양쪽 벽의 용접부가 동일한 방사선투과사진에서 합부판정을 위해 관찰되는 촬영기법이 사용될 경우, 상질계는 선원 측에만 사용되어야 하며, 요구되는 기하학적 불선명도를 초과하지 않도록 확인하는 것이 바람직하다. 만일 기하학적 불선명도 요건이 만족되지 않는 경우에는 단일벽 관찰이 사용되어야 한다.

(1) 용접부의 경우, 방사선 빔은 판독될 부위가 겹치지 않도록 용접부의 필름측 및 선원측 부분의 상을 분리하기 충분한 각도로 용접부 면으로부터 경사지게 할 수 있다. 전구간 촬영법위가 원주 용접부에서 요구되는 경우, 각각에 대해 90° 간격으로 최소한 2회의 촬영이 각 이음부에 대해 실시되어야 한다.

(2) 다른 방법으로서, 용접부는 두 벽의 상이 겹치도록 놓인 방사선 빔으로 방사선투과검사를 할 수 있다. 전구간 촬영이 요구되는 경우, 각 이음부에 대해서는 각각 60° 또는 120° 간격으로 최소 3회의 촬영이 실시되어야 한다.

(3) 요구된 방사선투과사진 촬영범위가 위의 나. (1) 또는 나. (2)에 나타난 최소 촬영 횟수를 이용하여 포함될 수 없는 경우에는, 추가 촬영을 실시하여야 한다.

171.4.2 기하학적 불선명도

1. 기하학적 불선명도 결정

방사선투과사진의 기하학적 불선명도는 다음과 같이 결정하여야 한다.

$$Ug = \frac{Fd}{D}$$

여기서 U_g = 기하학적 불선명도,

F = 선원의 크기 : 촬영할 용접부 또는 검사체로부터 거리 D에 수직한 평면의 방사선원(또는 유효 초점)에 대한 최대 투영치수, mm,

D = 방사선원에서 촬영할 용접부 또는 검사체까지의 거리, mm,

d = 촬영할 용접부 또는 검사체의 선원측에서 필름까지의 거리, mm.

2. 기하학적 불선명도의 제한

방사선투과사진의 기하학적 불선명도는 표171.4.2의 값을 초과해서는 아니 된다.

표 171.4.2 불선명도 값

재료두께, ㎜	Ug 최대값, ㎜
50 미만	0.51
50 이상 75 이하	0.76
75 초과 100 이하	1.02
100 초과	1.78

비고 재료두께는 상질계에 기초를 둔 두께이다.

171.4.3 위치표지

<삭제>방사선투과사진의 상으로 나타나는 위치표지는 그림171.4.3-1과 같이 노출 홀더/카세트가 아닌 부품위에 놓아야 하며, <삭제>방사선투과사진의 요구된 보관기간 동안 촬영할 부품의 표면에 영구적으로 표시하거나, 허용된다면 방사선투과사진의 판독범위에 부품의 그 위치를 정확하게 추적할 수 있도록 인정되는 방법으로 배치도면에 영

구적으로 표시하여야 한다. 추가로, 이들 위치는 관심부위 또는 판독 부위를 제한하지 않는다. 위치표지는 다음과 같이 놓아야 한다.

1. 단일벽 관찰

가. 선원측 위치표지

다음과 같이 방사선투과촬영의 경우, 위치표지는 선원측에 놓아야 한다.

(1) 편평한 검사체나 혹은 원통형 또는 원뿔형 검사체의 길이 이음부. 그림 171.4.3-1 (a).

(2) 오목한 면이 선원 측으로 향해 있고 선원-재료의 거리가 검사체의 안쪽 반지름보다 작은 곡선형 또는 구형인 검사체. 그림171.4.3-1 (b).

(3) 볼록한 면이 선원 측으로 향해 있는 곡선형 또는 구형인 검사체. 그림 171.4.3-1 (c).

나. 필름측 위치표지

(1) 오목한 면이 선원 측으로 향해 있고, 선원-재료의 거리가 검사체의 안쪽 반지름보다 큰 곡선형 또는 구형인 검사체를 방사선투과 촬영하는 경우, 위치표지는 필름측에 놓아야 한다. 그림171.4.3-1 (d).

(2) 171.4.3 1. 가. (1)의 선원측에 배치하는 것 대신, 방사선투과사진이 그림 171.4.3-1의 (e)와 같이 위치표지를 초과한 범위를 나타내는 경우, 위치표지는 필름 측에 놓을 수 있다.

다. 위치표지를 어느 쪽에 놓아도 좋은 경우

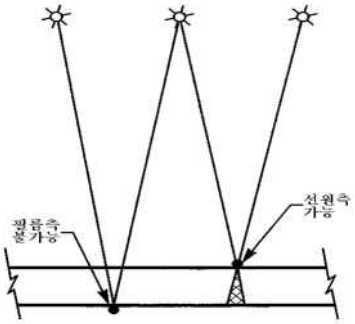
오목한 면이 선원 측으로 향해 있고, 선원-재료의 거리가 검사체의 안쪽 반지름과 같은 곡선형 또는 구형인 검사체를 방사선투과 촬영하는 경우, 위치표지는 선원측 또는 필름측에 놓을 수 있다. 그림171.4.3-1 (f).

2. 이중벽 관찰

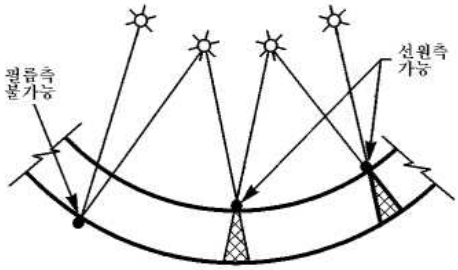
이중벽 관찰의 경우, 각 방사선투과사진에 대하여 최소한 한 개의 위치표지를 용접부(또는 판독범위내의 재료 상에)와 인접한 곳에 놓아야 한다.

3. 위치표지의 배치도

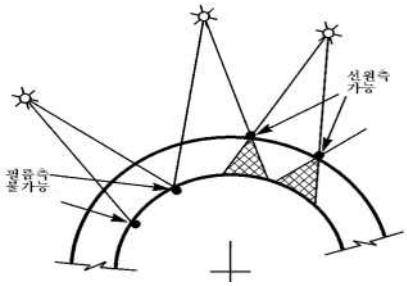
작성 접근할 수 없거나 또는 다른 제한사항이 171.4.3의 1 및 171.4.3의 2에 규정한 대로 위치표지를 배치할 수 없는 경우, 전구간 범위가 포함되었다는 것을 보여주기 위해 실제 위치표지 배치의 치수가 표시된 배치도를 방사선투과사진에 첨부하여야 한다.



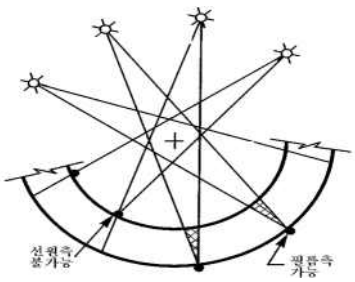
편평한 검사체 또는 길이방향 용접심[171.4.3의 1. 가. (1) 참조][대체용으로는 스케치 (e) 참조]
(a)



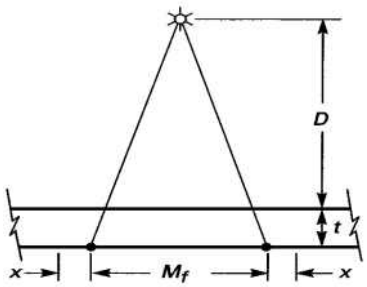
선원-필름간 거리가 검사체의 반지름보다 짧은 곡면 검사체[171.4.3의 1. 가. (2) 참조]
(b)



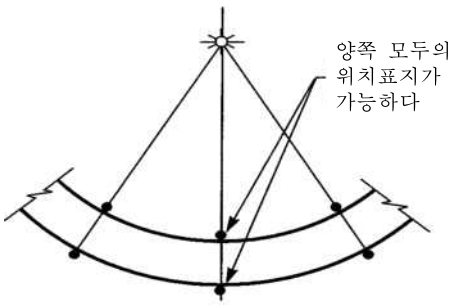
볼록한 면이 선원측을 향해 있는 곡면 검사체 [171.4.3의 1. 가. (3) 참조]
(c)



선원-필름간 거리가 검사체의 반지름보다 긴 곡면 검사체[171.4.3의 1. 나. (1) 참조]
(d)



평면기기 또는 길이방향 용접심
평판 검사체 또는 길이방향 용접심
$x = (t/D)(M_f/2)$
x= 필름측 위치표지밖의 추가 요구범위
t= 검사체의 두께, D= 선원-검사체간 거리
M_f= 필름측 위치표지의 간격
[171.4.3의 1. 나. (2) 참조]
(e)



선원이 곡면중심에 있는 곡면 검사체
[171.4.3의 1. 다. 참조]

(f)

기호설명: 선원- ¤
위치표지- •
검사체의 중심- ┼

그림 171.4.3-1 위치표지 스케치

171.4.4 상질계(IQI) 선택

1. 상질계 재료

상질계는 유공형의 경우 ASTM E-1025 또는 선형의 경우 ASTM E-747에서 규정한 동일한 합금재료 그룹 또는 등급이거나 촬영되는 재료보다 방사선 흡수가 적은 합금재료로 선택하여야 한다.

2. 크기

지정된 유공형 상질계 또는 필수 선은 표171.4.4-1에 명시된 것과 같아야 한다. 동등한 상질계 감도가 유지된다면, 표171.4.4-1에 나열된 단면 두께에 대해 얇거나 두꺼운 유공형 상질계로 대체해도 된다. (171.5.3의 2 참조). 선형 상질계의 경우, 표171.4.4-1에 있는 재료두께에 필요한 선형의 필수 선을 더 작은 지름의 선으로 대체할 수 있다.

가. 덧살이 있는 용접부

상질계 선택의 근거가 되는 두께는 공칭 단일벽 재료 두께에 용접부의 양쪽면(안지름과 바깥지름)에 존재하는 것으로 추정되는 실제 용접부 덧살 두께를 더한 것으로 한다. 용접부 덧살 두께에 사용된 추정값은 적용 기준에서 허용된 최대값을 초과하지 않아야 한다. 용접부의 실제 덧살에 대한 물리적인 추정은 요구되지 않는다. 받침링 또는 받침쇠는 상질계 선택에서 두께 부분으로 고려하지 않는다.

나. 덧살이 없는 용접부

상질계 선택의 근거가 되는 두께는 공칭 단일벽 재료두께이다. 받침링 또는 받침쇠는 상질계 선택에서 두께 부분으로 고려하지 않는다.

다. 실측값

위의 가와 나에 관해서는, 실제 재료/용접부 두께를 측정할 때, 상질계 선택은 이러한 알려진 값을 기본으로 해도 된다.

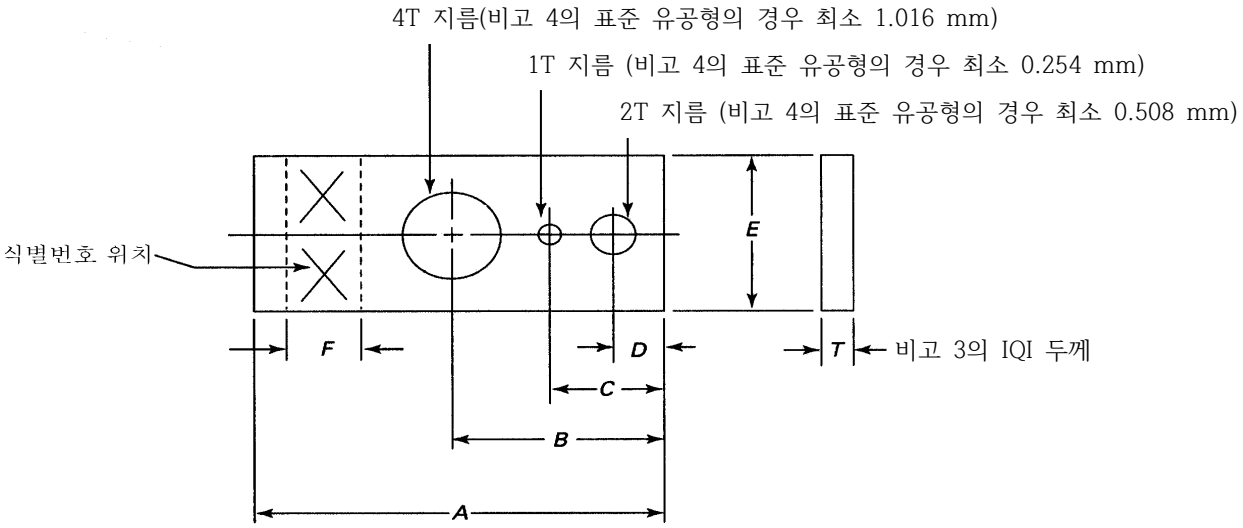
표 171.4.4-1 상질계 선택

공칭 단일벽의 재료두께 범위 (㎜)	선원측 상질계			필름측 상질계		
	유공형의 번호	필수 구멍	선형의 필수 선 번호	유공형의 번호	필수 구멍	선형의 필수 선 번호
6.4 이하	12	2T	5	10	2T	4
6.4 초과 9.5 이하	15	2T	6	12	2T	5
9.5 초과 12.7 이하	17	2T	7	15	2T	6
12.7 초과 19.0 이하	20	2T	8	17	2T	7
19.0 초과 25.4 이하	25	2T	9	20	2T	8
25.4 초과 38.1 이하	30	2T	10	25	2T	9
38.1 초과 50.8 이하	35	2T	11	30	2T	10
50.8 초과 63.5 이하	40	2T	12	35	2T	11
63.5 초과 101.6 이하	50	2T	13	40	2T	12
101.6 초과 152.4 이하	60	2T	14	50	2T	13
152.4 초과 203.2 이하	80	2T	16	60	2T	14
203.2 초과 254.0 이하	100	2T	17	80	2T	16
254.0 초과 304.8 이하	120	2T	18	100	2T	17
304.8 초과 406.4 이하	160	2T	20	120	2T	18
406.4 초과 508.0 이하	200	2T	21	160	2T	20

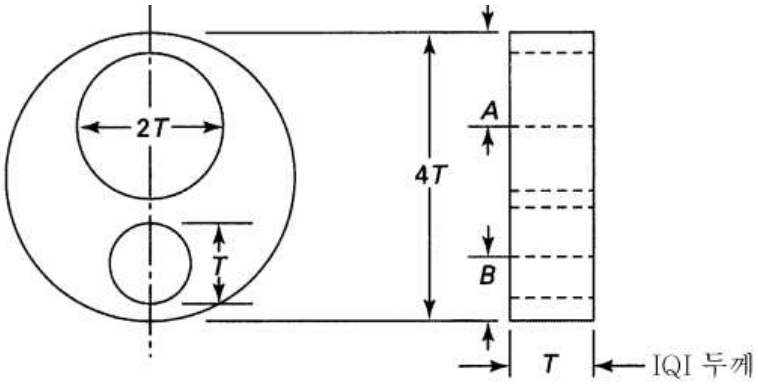
3. 유공형 상질계 요건

가. 치수 요건

유공형 상질계는 그림171.4.4-2 상질계의 치수 요건을 만족하여야 한다.



(a) 식별번호가 160 이하인 상질계의 형상



(b) 식별번호가 160 초과하는 상질계의 형상

비고 1. 상질계 두께와 구멍지름에 대한 공차
2. 진원 T-구멍지름, 상질계 두께와 구멍지름의 공차는 ±10%이어야 한다.
3. XX 식별번호는 0.0254 mm의 T와 같다.
4. 상질계 번호 1번~9번은 1T, 2T 및 4T가 아니다.
5. 구멍은 진원이고 상질계에 수직이어야 한다. 모따기 금지

식별번호, T (비고 3)	A ㎜	B ㎜	C ㎜	D ㎜	E ㎜	F ㎜	허용오차 (비고 2)
1-4	38.1 ±0.38	19.05 ±0.38	11.13 ±0.38	6.35 ±0.38	12.7 ±0.38	6.35 ±0.76	±10%
5-20	38.1 ±0.38	19.05 ±0.38	11.13 ±0.38	6.35 ±0.38	12.7 ±0.38	6.35 ±0.76	±0.127
21-50	38.1 ±0.38	19.05 ±0.38	11.13 ±0.38	6.35 ±0.38	12.7 ±0.38	6.35 ±0.76	±0.635
50 초과-160	57.15 ±0.762	34.93 ±0.762	19.05 ±0.762	9.53 ±0.762	25.4 ±0.762	9.53 ±0.762	±0.127
160 초과	1.330T ±0.127	0.830T ±0.127	...	...	...	-	±0.254

그림 171.4.4-2. 상질계의 치수 요건

나. 직사각형 및 원형의 상질계는 납 또는 이와 유사한 방사선 흡수도를 갖는 재료로 만든 번호로 식별하여야 한다. 투과사진 상에서 상질계를 식별할 수 있도록 식별표시는 직사각형 상질계의 경우 상질계 위에 직접 위치시키고, 원형 상질계의 경우 인접하여 놓아야 한다. 식별번호는 상질계 두께의 0.0254 mm 단위로 나타낸다. 즉, 상질계 번호 10은 두께가 0.254 mm인 상질계를 나타내고, 상질계 번호 100은 두께가 2.54 mm인 상질계를 나타낸다.

4. 선형 상질계 요건

가. 치수 요건

(1) 상질계는 지름이 작은 것에서 지름이 점점 큰 순서대로 1.25×인 등비수열로 배열한 선의 조합으로 구성하여야 하며, 표171.2.3-2에 규정한 지름을 가져야 한다.

(2) 선지름의 허용오차는 표171.4.4-2에 만족하여야 한다.

표 171.4.4-2 선 지름의 허용오차

선 지름(d), ㎜	허용오차, ㎜
0.000 〈 d ≤ 0.125	±0.0025
0.125 〈 d ≤ 0.25	±0.005
0.25 〈 d ≤ 0.5	±0.01
0.50 〈 d ≤ 1.6	±0.02
1.6 〈 d ≤ 4.0	±0.03
4.0 〈 d ≤ 8	±0.05

나. 상질 수준 선형 상질계의 사용에 요구되는 상질수준은 유공형 상질 수준의 2-2T 수준과 동등하여야 하며, 표171.4.4-3는 여러 가지 유공형 상질계를 나타내고 있고 상질계에서 1T, 2T 및 4T 구멍에 대응하는 등가 상질계(투과도계) 감도(EPS)의 선지름을 나타내고 있다. 이 표는 1T, 2T 및 4T 품질수준을 결정하는데 사용할 수 있다.

표 171.4.4-3 유공형 상질계의 1T, 2T 및 4T에 대응하는 등가 선 지름

상질계 두께, ㎜	상질계 번호	유공형 상질계의 구멍에 대응되는 등가 상질계(투과도계) 감도의 선 지름, ㎜		
		1T	2T	4T
0.13	5		0.09	0.15
0.16	6		0.10	0.18
0.20	8	0.08	0.13	0.20
0.23	9	0.09	0.14	0.23
0.25	10	0.10	0.15	0.25
0.30	12	0.13	0.20	0.28
0.38	15	0.16	0.25	0.41
0.43	17	0.19	0.28	0.51
0.51	20	0.25	0.38	0.63
0.64	25	0.33	0.51	0.81
0.76	30	0.41	0.63	1.02
0.89	35	0.51	0.81	1.27
1.02	40	0.63	1.02	1.57
1.27	50	0.81	1.27	2.03
1.52	60	1.02	1.57	2.54
1.78	70	1.27	2.03	3.20
2.03	80	1.57	2.54	4.06
2.54	100	2.03	3.20	5.08
3.05	120	2.54	4.06	6.35
3.56	140	3.20	5.08	8.13
4.06	160	4.06	6.35	-
5.08	200	5.08	8.13	-
6.10	240	6.35	-	-
7.11	280	8.13	-	-

171.4.5 상질계의 사용

1. 상질계의 배치

가. 선원측 상질계

아래의 나.에 기술된 조건을 제외하고, 상질계는 검사하는 부품의 선원측에 놓아야 한다. 부품이나 용접부의 형상 또는 크기 때문에 상질계를 부품 또는 용접부에 위치시키기 어려운 경우, 상질계는 별도의 블록(block)위에 놓을 수 있다. 별도의 블록은 부품과 같거나 방사선적으로 유사한 재료로 만들어야 하고, 상질계 배치를 용이하게 활용할 수 있다. 171.5.2 2항의 상질계/판독범위 농도 허용오차 요건이 만족된다면, 별도 블록의 두께에 대한 제한은 없다.

(1) 별도 블록의 선원측 상질계는 촬영할 부품의 선원측보다 필름측에 더 가깝게 놓아서는 아니 된다

(2) 별도 블록은 촬영할 부품에 가능한 한 가깝게 놓아야 한다.

(3) 유공형 상질계를 사용할 때, 별도 블록의 치수는 최소한 상질계 상의 세 변의 윤곽이 방사선투과사진에서 나타나도록 상질계 치수보다 커야 한다.

나. 필름측 상질계

선원측에 상질계를 놓을 수 없는 경우, 상질계는 검사하는 부품에 접촉시켜 필름측에 놓아야 한다. 납 기호 “F” 는 상질계의 인접부위 또는 상질계 위에 놓아야 한다. 그러나, 유공형 상질계를 이용한 경우, 납 글자는 필수구멍을 가려서는 아니 된다.

다. 용접부에 대한 상질계 배치-유공형 상질계

상질계는 용접부의 인접부위 또는 용접부 위에 놓을 수 있다. 기하학적 형상에 의해 배치가 불가능할 경우를 제외하고, 식별기호 및 납 기호(사용되는 경우) “F” 는 판독범위에 있어서는 아니 된다.

라. 용접부에 대한 상질계 배치-선형 상질계

선형상질계는 선의 길이 방향이 용접부의 길이방향에 수직이 되도록 용접부 위에 놓아야 한다. 상질계 식별기호와 납기호 “F“(사용할 경우)는 기하학적 형상으로 인해 배치가 불가피한 경우를 제외하고는 판독범위에 놓을 수 없다.

마. 용접부 이외의 재료에 대한 상질계의 배치

상질계의 식별기호 및 납 기호(사용되는 경우) “F“는 판독범위에 놓을 수 있다.

2. 상질계의 수.

한번 촬영에 1개 이상의 필름 홀더가 사용되는 경우, 아래의 나.에 설명한 것을 제외하고, 최소한 1개 이상의 상질계의 상이 각각의 방사선투과사진에 나타나야 한다.

가. 복수의 상질계

171.5.2의 요건이 2개 이상의 상질계를 사용하여 만족되는 경우, 하나는 가장 밝은 판독범위를 나타내고, 다른 하나는 가장 어두운 판독범위를 나타내야 한다. 방사선투과사진에서 중간범위의 농도는 허용농도를 만족하는 것으로 간주하여야 한다.

나. 특수한 경우는 KECS-1201의 1.2(상질계의 수)에 따른다.

(1) 원통형 검사체에서 선원을 검사체의 축 위에 놓고 한번의 노출로 촬영하기 위해, 다음의 경우 3개 이상의 상질계를 약 120° 간격으로 배치한다.

(가) 1개 이상의 필름홀더를 사용하여 전체원주를 촬영하는 경우 또는

(나) 가장 바깥쪽 부분의 끝부분 사이의 길이가 240° 이상인 큰 원주부분이 1개 이상의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우. 필름의 위치는 필요한 상질계 간격을 유지하기 위해 필름을 추가로 더 놓을 수 있다.

(2) 원통형 검사체에서 선원을 검사체의 축 위에 놓고 한번의 노출로 촬영하기 위해, 다음의 경우 3개 이상의 상질계를 사용하여 1개는 촬영부위의 중앙에 배치하고, 다른 2개의 상질계는 양끝에 각각 배치한다.

(가) 120° 초과 240° 미만의 길이인 원주부분이 1개의 필름 홀더를 사용하여 촬영되는 경우 또는

(나) 가장 바깥쪽 부분 범위의 끝 부분 사이의 길이가 240° 미만인 작은

원주부분이 1개 이상의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우.

(3) 위의 (1) 및 (2)에서, 원주방향 용접부와 연결된 길이방향 용접부의 부분이 원주방향 용접부와 동시에 촬영되는 경우, 추가 상질계는 촬영할 원주방향 용접부로부터 가장 멀리 떨어진 각 길이방향 용접부의 끝 부분에 놓아야 한다.

(4) 원통형 검사체에서 선원을 검사체의 축 위에 놓고 한번의 노출로 촬영하기 위해, 다음의 경우 3개 이상의 상질계를 약 120° 간격으로 배치한다.

(가) 1개 이상의 필름홀더를 사용하여 전체원주를 촬영하는 경우 또는

(나) 가장 바깥쪽 부분의 끝부분 사이의 길이가 240° 이상인 큰 원주부분을 1개 이상의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우. 필름의 위치는 필요한 상질계 간격을 유지하기 위해 필름을 추가로 더 놓을 수 있다.

(5) 원통형 검사체에서 선원을 검사체의 축 위에 놓고 한번의 노출로 촬영하기 위해, 다음의 경우 3개의 상질계 중 1개는 촬영부위의 중앙에 위치하고, 다른 2개의 상질계는 양끝에 각각 위치한다.

(가) 120° 초과 240° 미만의 길이인 원주부분을 1개의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우 또는

(나) 가장 바깥쪽 부분 범위의 끝 부분 사이의 길이가 240° 미만인 작은 원주부분을 1개 이상의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우.

(6) 위의 (4) 및 (5)에서, 기타 용접부가 원주방향 용접부와 동시에 촬영되는 경우, 한 개의 추가 상질계를 각 기타 용접부에 놓아야 한다.

(7) 선원이 용접길이의 중앙에 수직하게 위치한 상태에서 3개 이상의 필름 홀더를 사용하여 한 번의 노출로 검사가 이루어지는 형상이 편평하거나 곡선형(즉, 타원체, 원환체, 원뿔체 등)인 기기의 일부분을 검사할 경우에는 3개 이상의 상질계를 사용하고, 이중 하나는 촬영할 부위의 가운데에, 다른 두 개는 각 양끝에 놓아야 한다.

(8) 한 원주 내에 배열된 검사체가 촬영되는 경우, 최소한 1개의 상질계가 각 검사체의 상에 나타나야 한다.

(9) 후속 촬영과 관련된 기록의 연속성을 유지하기 위하여 , (1)~(7)에 따라 허용된 기법에 해당하는 상질계를 나타내는 모든 방사선투과사진은 보유하여야 한다.

3. 유공형 상질계 사용 시의 끼움쇠

용접부의 경우, 필요하다면, 용접금속과 방사선투과촬영상 유사한 재료의 심을 상질계 및 부품 사이에 놓아야 하고, 관심부위를 투과한 방사선투과사진의 농도는 필수구멍에 인접한 지정 상질계를 투과한 농도보다 -15%를 초과(더 밝음)하지 않도록 한다. 심의 치수는 최소한 상질계 상의 세 변의 윤곽이 방사선투과사진에서 나타나

도록 상질계 치수보다 커야 한다.

171.5 평가

171.5.1 방사선투과사진의 품질

모든 방사선투과사진은 촬영하는 검사체의 판독범위에서 어떠한 불연속부를 가리거나 혼동되지 않도록 그 범위에서 기계적, 화학적 또는 기타 손상이 없어야 한다. 이러한 손상에는 다음과 같은 것들이 있으나, 이것으로만 한정되는 것은 아니다.

1. 뿌염
2. 줄무늬, 물마크(water mark) 또는 화학적 얼룩과 같은 현상처리 결함
3. 긁힘, 지문, 주름, 오물, 정전기 마크, 얼룩 또는 찢어짐
4. 불량 스크린으로 인한 의사지시.

171.5.2 방사선투과사진의 농도

1. 농도 제한

필수구멍에 인접한 지정 유공형 상질계 본체 또는 선형 상질계의 필수선에 인접한 방사선투과사진을 투과한 필름농도와 관심영역의 필름농도는 X-선원으로 만든 방사선투과사진의 경우 한 장의 필름 관찰에 대해서는 최소 1.8이고, 또한 감마선원으로 만든 방사선투과사진의 경우는 최소 2.0이어야 한다. 복수의 필름으로 촬영한 것을 조합하여 관찰하는 경우, 조합된 세트의 각각의 필름은 최소 농도가 1.3이 되어야 한다. 한 장 또는 중첩관찰 시 최대 농도는 4.0이어야 한다. 농도계서 읽은 값의 판독오차의 허용값은 0.05 이내이다.

2. 농도변화

가. 방사선투과사진의 농도는 관심부위를 투과한 어느 곳이라도 다음과 같아서는 안 된다.

(1) 필수구멍에 인접한 지정 유공형 상질계 또는 선형 상질계의 필수선에 인접한 상질계 본체를 투과한 농도보다 -15% 또는 +30%를 초과한 농도변화

(2) 175.5.2 1항에 규정된 최소/최대 허용 농도범위를 초과. 허용 가능한 농도변화를 계산할 경우, 171.5.2 1항에 규정된 범위 내에서 0.1단위로 반올림하여 계산할 수 있다.

나. 위 가. 의 요건을 만족하지 못할 경우, 이때는 각각의 예외적인 부위에 대해 상질계를 추가로 사용해야 하며 방사선투과사진을 재촬영하여야 한다.

다. 심이 유공형 상질계와 함께 사용될 경우, 위 가. 의 +30% 농도제한을 초과할 수도 있으며, 171.5.3 1항의 요구 상질계 감도가 만족된다면 171.5.2 1항의 최소 농도요건은 상질계에 적용하지 않는다.

171.5.3 상질계 감도

1. 요구 감도

방사선투과촬영 기법은 지정된 유공형 상질계의 상(적용가능한 재료그룹식별 노치 포함)과 필수 구멍 또는 선형 상질계의 필수 선을 나타내기에 충분한 감도의 기법으로 실시하여야 한다. 방사선투과사진은 또한 상질계의 식별번호 및 글자를 나타내어야 한다. 지정된 유공형 상질계의 상(적용가능한 재료그룹식별 노치 포함)과 필수구멍 또는 선형 상질계의 필수 선이 어떤 필름에서도 단독적으로는 나타나지는 않지만, 조합된 필름 관찰시에 나타나는 경우, 판독은 조합된 필름 관찰에 의해서만 인정하여야 한다.

2. 등가 유공형 상질계 감도

동등하거나 또는 더 우수한 상질계 감도를 얻을 수 있고 방사선투과사진 촬영을 위한 기타 모든 다른 요건을 만족한다면, 표171.5.3에 제시된 것과 같이 지정 상질계를 더 얇거나 두꺼운 유공형 상질계로 대체할 수 있다. 등가 상질계 감도가 표171.5.3의 각 열에 나타나 있으며, 각 열은 요구되는 상질계와 구멍을 포함하고 있다. 만약 지정 상질계와 구멍이 표에 제시되어 있지 않을 경우, 동등 상질계 감도를 설정하기 위해서 표171.5.3에서 다음으로 더 얇은 상질계 열을 사용할 수 있다.

3. 과도한 후방 산란 방사선

171.1.3에 따라 “B”의 밝은 이미지가 방사선투과사진의 더 어두운 배경에 나타나면, 후방 산란에 대한 보호가 불충분하고 방사선투과사진은 적합하지 않는 것으로 간주하여야 한다. 더 밝은 배경에서 “B”의 어두운 이미지는 방사선투과사진의 부적합 원인이 아니다.

표 171.5.3 등가 유공형 상질계 감도

유공형 상질계 번호	등가 유공형 상질계 번호	
2T 구멍	1T 구멍	4T 구멍
10	15	5
12	17	7
15	20	10
17	25	12
20	30	15
25	35	17
30	40	20
35	50	25
40	60	30
50	70	35
60	80	40
80	120	60
100	140	70
120	160	80
160	240	120
200	280	140

171.5.4 기하학적 불선명도의 제한

방사선투과사진의 기하학적 불선명도는 표171.5.4의 값을 초과해서는 아니 된다.

표 171.5.4 불선명도 값

재료두께, ㎜	Ug 최대값, ㎜
50 미만	0.51
50 이상 75 이하	0.76
75 초과 100 이하	1.02
100 초과	1.78

비고 재료두께는 상질계에 기초를 둔 두께이다.

171.6 문서화

171.6.1 방사선투과검사 실시자는 다음의 방사선투과촬영 기법의 세부사항을 작성하고 기록하여야 한다.

1. 170.7의 요건
2. 171.1.4의 식별시스템
3. 171.4.3의 3에 따른 위치표지의 배치도
4. 촬영횟수
5. X-선 장비 전압 또는 사용한 동위원소 종류
6. 선원크기(171.4.2항의 *F*)
7. 모재 종류 및 두께, 용접부 두께, 용접부 덧살 두께(적용 시)
8. 선원-검사체 간의 거리(171.4.2항의 *D*)
9. 검사체의 선원측에서 필름 간의 거리(171.4.2항의 *d*)
10. 필름 제조자와 제조자가 지정한 종류/명칭
11. 각 필름 홀더/카세트 당 필름의 수
12. 단일 또는 이중벽 촬영
13. 단일 또는 이중벽 관찰

171.6.2 방사선투과사진 검사성적서 작성

방사선투과검사 실시자는 다음의 사항에 대한 검사성적서를 작성하여야 한다.

1. 각 방사선투과사진 위치 목록
2. 검사성적서 양식에 정보를 포함시키거나 또는 참고로 방사선투과기법의 세부 기술서를 첨부한 171.6.1에서 요구하는 정보
3. 검사한 재료 또는 용접부의 평가 및 처리
4. 방사선투과사진의 최종 합부판정을 수행하는 제조자의 대리인 식별(성명)
5. 제조자의 평가 일자

172 초음파탐상검사

172.1 일반요건

172.1.1 적용

이 절차는 강 용접부에 대한 초음파탐상검사에 적용하며, 초음파탐상 시에는 다음의 요건이 확인되어야 한다. 다만, 이 절차에서 언급하지 않은 비행-회절시간(TOFD) 기법은 KECS-1201의 2.3[비행회절시간(TOFD)]에, 인코더를 이용한 위상배열 선형주사기법은 KECS-1201의 2.4(위상배열 E-주사 및 S-주사 선형주사검사 기법)에서 기술하며 기타 특수 초음파탐상(컴퓨터 영상처리기법 등) 검사 등에 대해서는 별도 지정 절차에 따른다.

1. 검사요원의 자격인정/인증 요건
2. 절차서 요건/증명, 인정, 합격기준
3. 검사시스템 특성
4. 교정시험편의 보존 및 관리
5. 검사 범위 및/또는 주사할 체적
6. 합격기준
7. 기록의 보존
8. 보고서 요건

172.1.2 절차서 요건

초음파탐상검사는 최소한 다음의 요건을 포함하여 수행하여야 한다.

요건	필수요건	비필수요건
두께 치수와 모재의 제품형태를 포함한 검사할 용접부 형상(파이프, 튜브, 판 등)	○	
검사할 표면	○	
기법(수직빔, 사각빔, 접촉 및/또는 수침법)	○	
재료에서 음파 진행의 각도와 모드	○	
탐촉자, 주파수와 진동자 크기/형태	○	
특수 탐촉자, 웨지, 슈 또는 새들(사용 시)	○	
초음파 장비	○	
교정(교정시험편 및 기법	○	
주사 방향 및 범위	○	
주사(수동, 자동)	○	
결점 지시와 기하학적 형상을 구별하는 방법	○	
지시 크기 측정법	○	
강화된 컴퓨터 자료 획득(사용 시)	○	
주사 중첩(감소만 해당)	○	
검사원 기량요건(요구 시)	○	
검사원 자격인정 요건		○
표면 조건(시험표면, 교정시험편)		○
접촉매질: 상표명 또는 형태		○
시험 후 세척 기법		○
자동 경보 및/또는 기록 장치, (적용 시)		○
기록되어야 할 최소 교정 데이터(예, 기기 설정)를 포함한 기록		○

172.2 장비

172.2.1 장치 요건

1. 펄스-에코방식의 초음파탐상장치를 사용하여야 한다.
2. 장치는 최소한 1 ㎒~5 ㎒ 범위의 주파수에서 작동할 수 있어야 하며, 2.0 dB 이하의 단위로 단계별로 조절되는 이득(gain) 조정기가 내장되어 있어야 한다. 장치에 댐핑(damping) 조정기가 있는 경우, 검사의 감도를 떨어뜨리지 않는다면 사용하여도 된다.
3. 리젝션(rejection) 조정기는 검사의 직선성에 영향을 주지 않는다고 실증되지 않는 한, 검사 동안에는 "꺼짐" 위치에 있어야 한다.

172.2.2 탐촉자

1. 제품 재료의 입자 구조와 같은 변수로 인해 적절한 투과력이나 더 나은 분해능을 확보하기 위해 다른 주파수의 사용이 요구되지 않는 한, 공칭 주파수는 1 ㎒~5 ㎒이어야 한다.
2. 아래 '가'와 '나'에서 규정한 것과 같이, 검사 표면의 지름이 350 mm미만인 곡률을 가진 기기에서 수행하는 검사는 기기의 원주방향을 따라 움직일 경우, 초음파 음향 결합이 충분하게 이루어지는 것을 보장하고 탐촉자의 어떤 잠재적 흔들림을 억제하기 위해 형상 웨지를 사용하여 수행하여야 한다.

가. 탐촉자는 아래 공식에서 요구하는 곡률 형상이어야 한다.

$$D \leq [\frac{(A \times A)}{2.87mm}]$$

여기에서

A = 원주방향 주사 동안 탐촉자 접촉면의 길이 또는 축방향으로 주사할 때 폭, mm

D = 검사 표면(안지름/바깥지름)에서 기기 지름, mm

접촉면은 기기의 곡률방향에서 탐촉자의 물리적 치수로 정의한다.

나. 탐촉자 곡률 형상 치수는 아래 표(1)과 표(2)로부터 선정해야 하고, 검사를 수행하고자 하는 기기와 동일한 치수(안지름 또는 바깥지름)를 사용하여 결정하여야 한다.

(1) 바깥지름에서 검사를 수행하는 최대 곡률 형상

기기의 실제 바깥지름 mm	기기 바깥지름을 초과하여 허용 가능한 곡률 형상 지름의 증가값, mm
<100	<25
≥100~250	<50
>250	<100

(2) 안지름에서 검사를 수행하는 최소 곡률 형상

기기의 실제 안지름 mm	기기 안지름 미만인 허용 가능한 곡률 형상 지름의 감소값, mm
<100	<25
≥100～250	<50
>250	<100

3. 용접 금속 오버레이 클래딩용 탐촉자는 경사각 송수신(pitch-catch)법을 사용하는 분할형 수직 빔 탐촉자가 사용되어야 한다. 탐촉자 소자 사이의 내각은 탐촉자의 유효 초점거리가 관심부위의 중앙에 위치하도록 해야 한다.

172.2.3 접촉매질

1. 일반사항

첨가물이 포함된 접촉매질은 검사되는 재료에 해롭지 않아야 한다.

2. 오염 물질 관리

가. 니켈 기지 합금에 사용되는 접촉매질은 황이 250 ppm 이하이어야 된다.

나. 오스테나이트계 스테인리스강 또는 티타늄에 사용되는 접촉매질은 할로겐화물(염화물과 불화물의 혼합물)이 250 ppm 이하이어야 한다.

172.2.4 교정시험편

1. 일반사항

가. 반사체

장비의 주 대비응답을 설정하기 위해 이미 알고 있는 반사체(즉, 측 면 드릴구멍, 평저구멍, 노치 등)를 사용하여야 한다. 대체 안으로 반사체는 규정 반사체(즉 노치 대신 측면드릴 구멍, 측면 드릴구멍 대신에 평저구멍)보다 감도가 크거나 동일한 대체반사체를 사용할 수도 있다.

나. 재료

(1) 유사금속 용접부

교정시험편 제작을 위한 재료는 시험대상 재료와 동일한 제품 형태 및 동일한 재료규격 또는 동등한 모재 구분번호(P-number grouping)이어야 한다. 이 절에서는 P-No. 1, 3, 4, 5A ～ 5C 및 15A ～ 15F의 재료를 동일 재료로 간주한다.

(2) 이종금속 용접부

시험재료선정은 시험이 수행될 용접부 쪽의 재료를 기본으로 하여야 한다. 시험이 용접부 양쪽에서 수행될 경우, 교정반사체는 두 재료 양쪽에 만들어야 한다.

(3) 전이보상

시험편 재료가 동일한 제품형태가 아니거나 동일한 열처리를 받지 않았을 경우, 모든 다른 시험편 요건을 만족하고 음향 특성 차이에 대한 전이보상

을 사용하였다면 이 시험편 재료는 사용해도 된다. 전이보상은 검사에 사용한 동일한 진동자와 웨지를 사용하여 아래의 둘 중 하나로부터 얻어진 신호 응답간의 차이를 주의하여 결정해야 한다.

(가) 기본 교정시험편과 검사 대상 기기에서 해당 대비반사체(동일한 형태와 치수)

(나) 기본 교정시험편과 검사 대상 기기에서 동일한 방향으로 위치한 두 개 탐촉자

검사 감도의 차이는 조정해야 한다.

다. 품질

교정시험편의 제작 전에, 교정시험편 재료는 수직 탐촉자를 사용하여 전체적으로 시험하여야 한다. 나머지 저면 반사를 초과하는 지시를 포함하는 부위는 여러 교정반사체에 도달하는데 필요한 빔 경로에서 제외하여야 한다.

라. 클래딩(clading)

시험대상 기기 재료가 클래드 재료인 경우, 교정시험편은 생산부품과 동일한 용접방법으로 클래드 된 것이어야 한다. 클래딩이 자동 용접법으로 용착되는 경우와 교정시험편의 크기로 인해 자동 용접법이 비 실질적인 경우, 클래드의 용착은 수동 용접으로 하여도 된다.

마. 열처리

교정시험편은 종류 및 등급에 따라 최소한 재료규격에서 요구되는 최저 뜨임처리를 하여야 한다. 교정시험편이 클래딩 이외의 용접부를 포함하고, 시험 시점에서 구성품의 용접부가 열처리된다면, 교정시험편도 동일하게 열처리를 하여야 한다.

바. 표면마무리

교정시험편의 주사면 마무리는 시험할 구성품의 주사면 마무리를 대표하여야 한다.

2. 교정시험편의 곡률

가. 시험 표면의 지름이 500㎜를 초과하는 재료를 시험하는 경우, 기본적으로 동일한 곡률의 교정시험편을 사용하거나, 대안으로 평판을 기본 교정시험편으로 사용하여도 된다.

나. 시험면의 지름이 500㎜ 이하인 재료를 시험하는 경우, 곡면 시험편이 사용되어야 한다. 이 절차서에서 달리 규정한 경우를 제외하고, 하나의 곡면 기본 교정시험편이 그 기본 교정시험편 지름의 0.9～1.5배인 곡률 범위의 시험을 위해 사용될 수 있다. 지름이 24㎜～500㎜인 곡률 범위는 각 두께범위에 대한 그림172.2.4-1에서 나타난 것처럼 6개의 교정시험편 곡률이 요구된다.

다. 172.2.4의 2의 가에 대안요건으로 볼록면에서 수직빔 직접 접촉법으로 검사할

때는 KECS-1201의 2.7(대체 교정시험편의 형상)을 사용해도 된다.

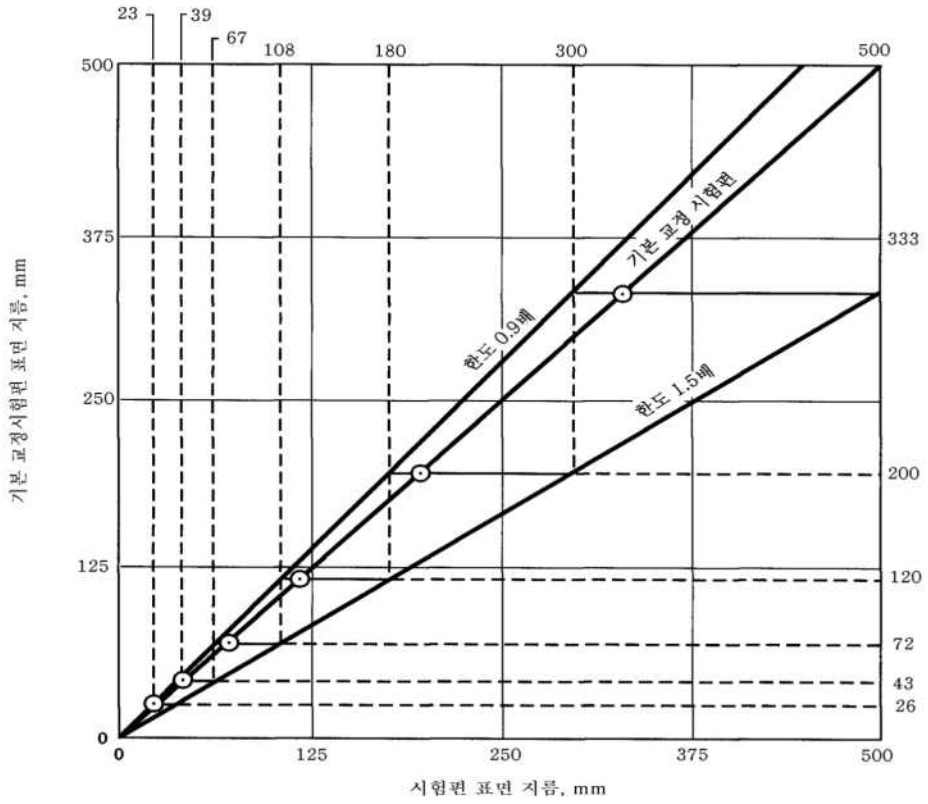


그림 172.2.4-1. 곡률 표면에 대한 제한율

3. 평판형 교정시험편

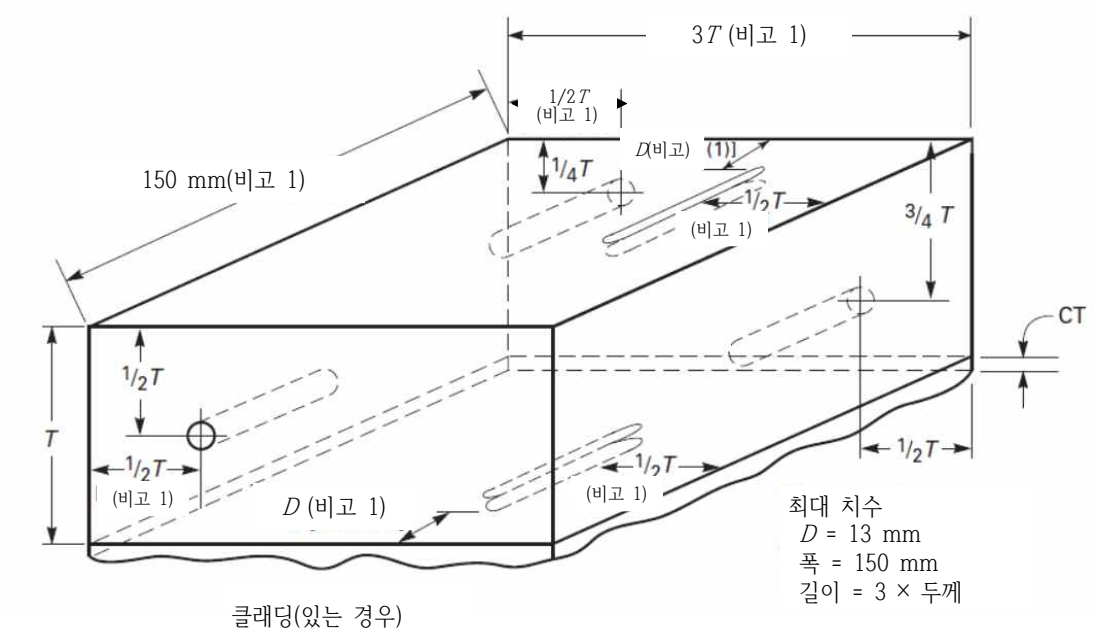
가. 기본 교정검사편의 형상과 반사체는 그림172.2.4-2에 나타난 대로 하여야 한다. 교정시험편 크기와 반사체 위치는 사용되는 빔 각도와 거리 범위에 대한 교정을 수행하기에 적당하여야 한다.

나. 교정시험편 두께

시험편 두께(T)는 그림172.2.4-2에 따라야 한다.

다. 대체 교정시험편

대안으로, 교정시험편은 그림172.2.4-3와 같이 제작해도 된다.



용접부 두께, t	기본 교정시험편 두께, T	구멍지름
25㎜ 이하	19㎜ 또는 t	2.5㎜
25㎜ 초과 50㎜ 이하	38㎜ 또는 t	3㎜
50㎜ 초과 100㎜ 이하	76㎜ 또는 t	5㎜
100 ㎜ 초과	t ± 25㎜	(비고 9)

노치 치수
노치 깊이 = 1.6% T ~ 2.2% T
노치 폭 = 최대 6㎜
노치 길이 = 최소 25㎜

그림 172.2.4-2 평판형 교정검사편

비고 1. 구멍은 기본적으로 시험표면에 평행하고, 최소 38㎜ 깊이로 구멍을 내고 다듬질하여야 한다.
2. 지름 500mm 이하인 구성품의 경우, 교정시험편 지름은 그림172.2.4-1의 요건을 만족하여야 한다. 각각 서로 90° 방향으로 놓여있는 두 세트(set)의 교정반사체(구멍, 노치)가 사용되어야 한다. 대안으로 두 개의 곡률 시험편을 사용하여도 된다.
3. 구멍지름의 허용오차는 ±0.8㎜ 이어야 한다. 교정시험편 두께(즉, 시험표면으로부터의 거리)에 걸쳐 구멍위치의 허용오차는 ±3㎜ 이어야 한다.
4. 두께가 19mm미만인 교정시험편의 경우, 1/2T 측면 드릴구멍과 표면 노치만이 필요하다.
5. 교정하는 동안 하나의 반사체가 다른 하나의 반사체 지시를 가리지 않도록 하기 위해 모든 반사체(구멍, 노치)를 찾을 수 있도록 위치시킨다면, 모든 구멍은 교정시험편과 동일한 면에 있어도 된다.
6. 클래딩이 있는 경우, 블록의 클래딩 쪽 노치 깊이는 클래딩 두께, CT(즉, 1.6% T+최소 CT에서 2.2% T+최대 CT까지) 만큼 증가되어야 한다.
7. 노치의 최대폭은 중요하지 않다. 노치는 EDM 또는 지름 6.4 mm 이하의 엔드밀로 가공해도 된다.
8. 용접두께(t)는 용접덧살이 없는 용접부의 공칭 재질두께이다. 또는 용접덧살을 가진 용접부의 경우에는 용접부 공칭 재료두께에 추정 덧살 두께를 더한 값이 이 절차서에서 허용하는 최대치를 초과해서는 안 된다. 두개 이상의 모재두께가 포함된 경우의 교정시험편두께(T)는 용접부 평균두께에 의해 결정되어야 한다. 이의 대안으로, 만약 대비반사체 크기가 평균 용접부 두께를 기초로 정해졌다면 더 두꺼운 모재두께에 기초한 교정시험편을 사용해도 된다.
9. 용접부 두께가 100㎜를 초과하여 50㎜까지의 증가 마다,구멍지름은 1.5㎜씩 증가하여야 한다.

4. 대체 교정시험편은 아래 그림 172.2.4-3에 나타난 대로 제작하여야 한다.

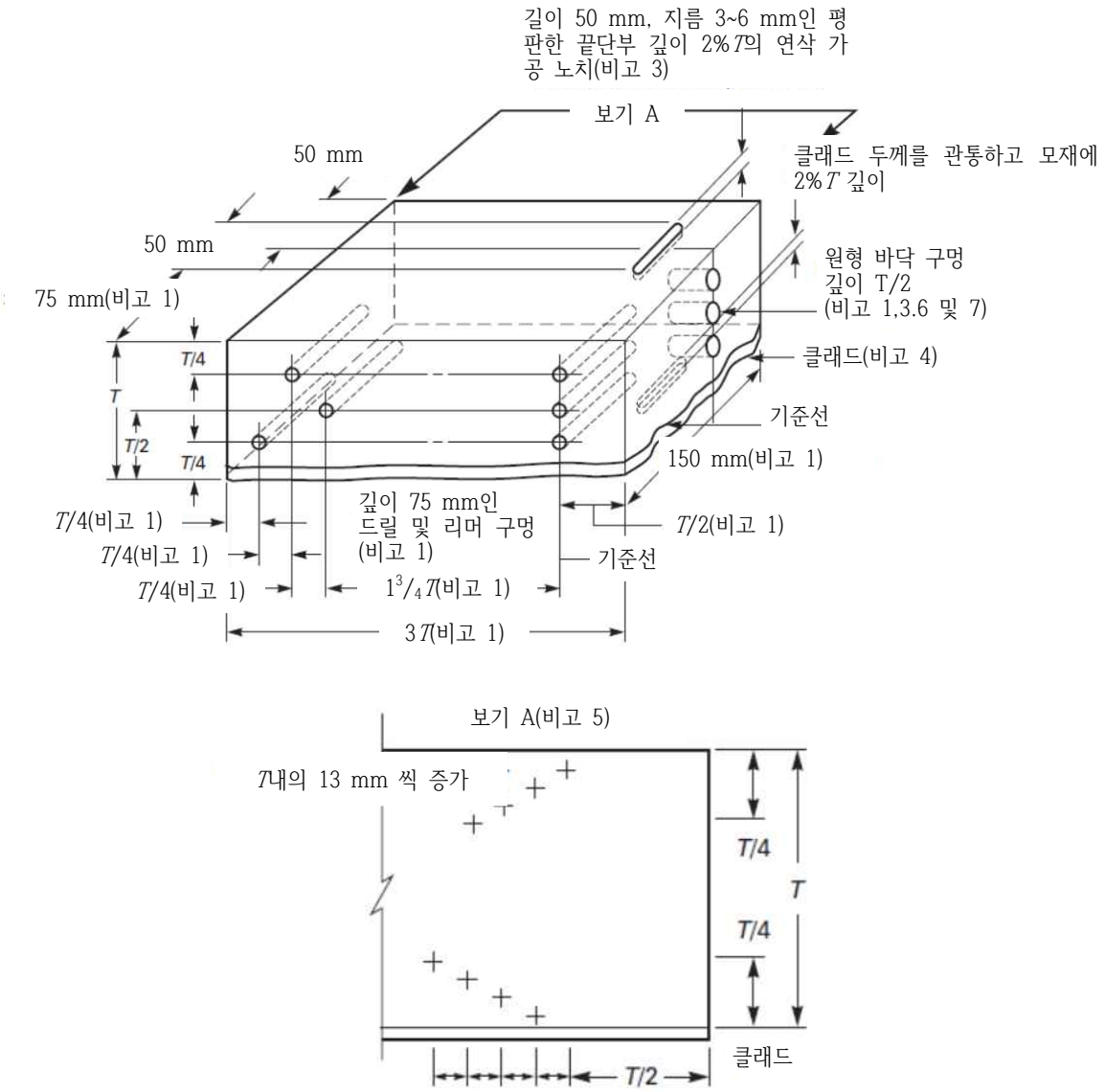


그림 172.2.4-3. 대체 교정시험편

용접부 두께(t, ㎜)	기본 교정시험편 두께(T, ㎜)	측면 드릴구멍 지름 (비고 3)	원형 바닥구멍 지름 (비고 3 및 6)
50 초과 100 이하	75 또는 t	5	10
100 초과 150 이하	125 또는 t	6	11
150 초과 200 이하	175 또는 t	8	13
200 초과 250 이하	225 또는 t	10	14
250 초과 300 이하	275 또는 t	11	16
300 초과 350 이하	325 또는 t	13	17
350 초과	t±25	(비고 2)	(비고 2)

비고 1. 최소 치수
2. 용접부 두께가 356㎜를 넘는 경우 용접부 두께가 매 50㎜ 증가마다, 구멍의 지름은 1.5 ㎜ 증가시켜야 한다.

3. 구멍지름의 허용오차는 ±0.8㎜로 하여야 한다 ; 노치 깊이의 허용오차는 +10% 및 -20%로 하여야 한다(노치의 반사표면을 따라 가장 얇은 클래드 두께에서 취해져야 한다.); 두께방향에서 구멍위치의 허용오차는 ±3 ㎜로 하여야 한다. 노치 반사표면에 수직 허용오차는 ±2° 로 하여야 한다. 노치 길이의 허용오차는 ±6㎜ 로 하여야 한다.
4. 클래드는 T에 포함해서는 안 된다.
5. 최대지름이 3㎜, 최소깊이가 38㎜인 표면직하의 교정구멍은 클래드-모재의 경계면에서 13㎜ 간격으로 클래드 표면으로부터 T/4 위치까지 드릴 가공하여야 하고, 클래드 되지 않은 표면으로부터 13㎜에서 13㎜ 간격으로 T/4위치까지 드릴 가공하여야 한다. 각각의 경우, 표면에 가장 가까운 구멍은 시험편의 가장자리으로부터 T/2 위치에 드릴 가공하여야 한다. 표면 근처의 구멍으로부터 13 ㎜ 두께 방향에 있는 구멍은 T/2 위치로부터 최소 25㎜ 간격으로 드릴 가공하여야 한다.
6. 원형(반구형) 바닥구멍은 빔 분산의 측정에 대해 해당 기준에서 요구하고, KECS-1201의 2.5(사각빔 교정을 위한 탐상기법)의 2.6(빔 분산)의 기법이 사용되는 경우에만 드릴 가공하여야 한다. 원형 바닥구멍은 기본 교정시험편의 세트 중에서 가장 큰 시험편에 위치하거나, 검사할 최대 두께를 나타내는 별도의 시험편에 위치해도 된다.
7. T/2의 구멍은 시험편의 반대쪽 끝에 위치해도 된다.

5. 배관용(piping) 교정시험편

기본 교정시험편의 형상과 반사체는 곡률 또는 벽두께가 허용된 경우 그림172.2.4-4 또는 대체시험편 그림172.2.4.-5에 나타난 대로 하여야 한다. 기본 교정시험편 곡률은 172.2.4의 2항에 따라야 한다. 두께 T는 시험 대상기기 공칭두께의 ±25%이어야 한다. 교정시험편 크기와 반사체 위치는 사용할 빔 각도와 거리범위에 대해 교정을 수행하기에 적합하여야 한다.

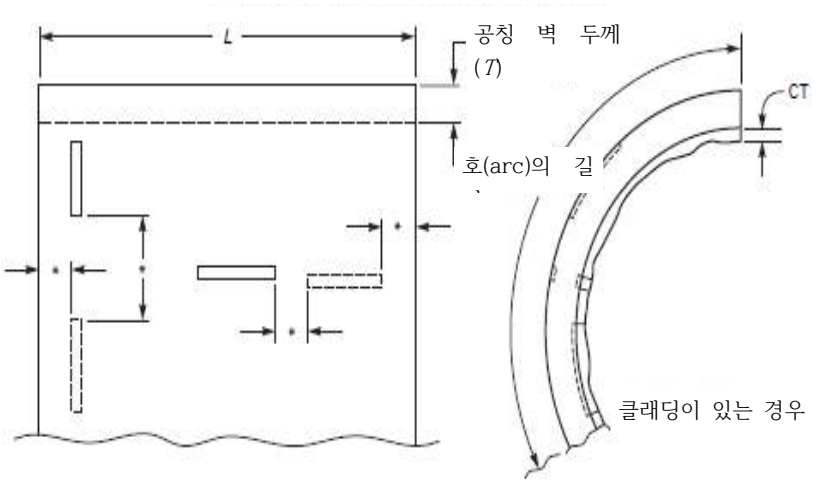


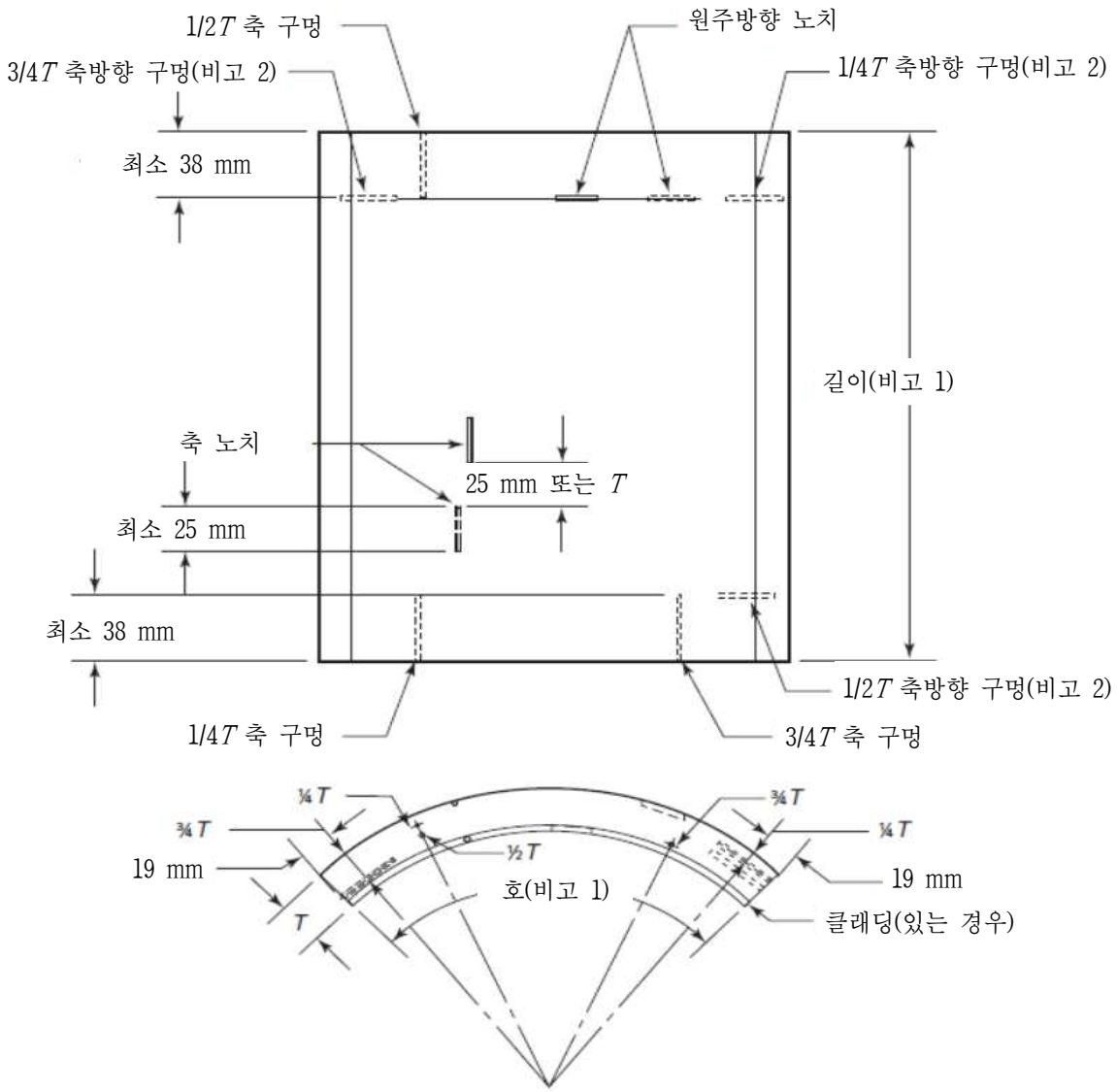
그림 172.2.4-4. 파이프용 교정시험편

비고 1. 최소 교정시험편 길이(L)는 200㎜ 또는 8 T 중 더 큰 값으로 하여야 한다.
2. 바깥지름이 100㎜ 이하인 경우, 최소 원호(arc)의 길이는 원주의 75%이어야 한다. 바깥지름이 100 ㎜를 초과하는 경우, 최소 원호의 길이는 200㎜ 또는 3T 중 큰 쪽 값으로 하여야 한다.
3. 노치 깊이는 최소 8%T 에서 최대 11%T이어야 한다. 클래딩이 있는 경우, 블록의 클래딩 쪽 노치 깊이는 클래딩 두께, CT(즉, 최소 8%T+CT에서 최대 11%T+CT까지)만큼 증가되어야 한다. 노치 폭은 최대 6 mm(1/4 in.)이어야 하며, 노치 길이는 최소 25 mm(1 in.)이어야 한다.
4. 최대 노치폭은 중요하지 않다. 노치는 EDM 또는 지름 6 mm 이하의 엔드밀로 가공해도 된다.
5. 최소 3:1의 신호 대 잡음비로 교정하기 위해 충분한 노치 길이를 제공해야 한다.
6. 서로 다른 두께의 재료를 용접하고 한 개의 시험편이 172.2.4의 5항을 만족하지 못할 때 시험편 2개를 사용하여야 한다.
7. 172.2.4의 2.가에서 허용된 것과 같은 편평한 시험편을 사용할 경우, 안지름 및 바깥지름 노치가

시험편의 반대쪽 검사표면에 위치한다면 2개의 축방향 노치는 생략되고 시험편의 폭은 100 mm로 감소될 수 있다. 클래딩이 없을 경우, 교정하는 동안 각 검사 표면에 접근이 가능하다면 한 개 노치만 요구된다.

8. 노치는 교정시험편의 모든 가장자리나 다른 노치로부터 1/2T 또는 13 ㎜ 중 큰 쪽 값 이상 떨어져 위치하여야 한다.

6. 평판형 대체 교정시험편



비고 1. 두께가 19 mm보다 작은 시험편의 경우, 1/2T의 측면드릴구멍만 요구된다.
2. 노치를 포함하는 것은 선택사항이다. 그림172.2.4-4의 노치는 이 교정시험편과 함께 활용해도 된다.
3. 노치 깊이는 최소 8%T에서 최대 11%T 이어야 한다. 노치 폭은 최대 6 mm이어야 한다. 노치길이는 최소 25 mm이어야 한다.
4. 노치는 EDM 또는 지름 6 mm 이하의 엔드밀로 가공해도 된다.
5. 노치길이는 교정 시 신호-대-잡음비(S/N ratio)가 최소한 3:1로 교정되도록 충분히 길어야 한다.
6. 노치는 시험편의 가장자리나 다른 노치들로부터 T 또는 38 mm 중에서 큰 쪽보다 가깝지 않아야

한다.

주(1) 길이 및 호는 요구된 사각빔을 교정하기에 충분해야 한다.

(2) 측면드릴구멍 지름, 길이 및 공차는 172.3.5의 1의 '나'에서 허용된 것과 같이 172.2.4의 3의 '가'를 따라야 한다. 1/4T, 1/2T, 및 3/4T에 위치한 접선 측면드릴구멍의 깊이는 각 구멍 길이의 1/2이어야 한다. 정확한 깊이는 측정된 깊이에 측면드릴구멍의 반지름을 추가해야 한다. 두께가 허용되지 않는 경우, 요구된 측면드릴구멍의 깊이 및 접선방향 위치는 시험편 표면위에 나타내야 한다.

그림 172.2.4-5 평판형 대체 교정시험편

7. 용접 금속 오버레이 클래딩 교정시험편

가. A형 교정시험편의 형상과 반사체는 그림 172.2.4-6에 나타난 것과 같아야 한다.

(1) 측면 드릴구멍 또는 평저구멍 중 하나를 사용하여도 된다.

(2) 용접 금속 오버레이의 두께는 최소한 시험되는 것과 같아야 한다.

(3) 모재의 두께는 용접 금속 오버레이 클래딩 두께의 2배 이상이어야 한다.

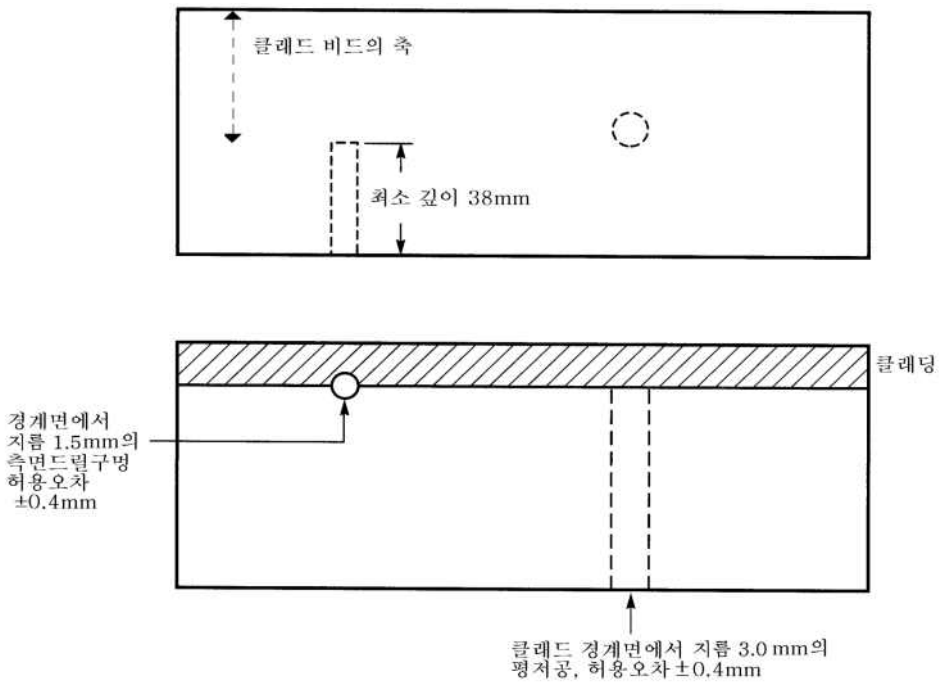


그림 172.2.4-6 A형 교정시험편

나. A형 교정시험편의 대체시험편은 그림 172.2.4-7 또는 그림 172.2.4-8에의 대체 교정시험편을 사용하여도 된다

(1) 용접 금속 오버레이의 두께는 최소한 시험되는 것과 같아야 한다.

(2) 재의 두께는 용접 금속 오버레이 클래딩 두께의 2배 이상이어야 한다.

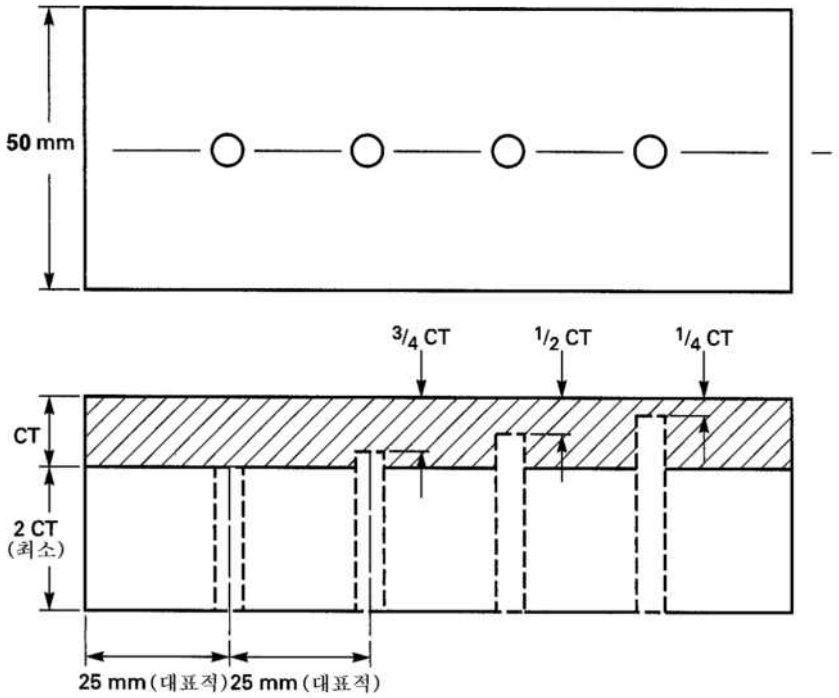


그림 172.2.4-7 A형 대체 교정시험편

비고. 모든 평저구멍의 지름은 3 mm이다. 교정시험편의 클래드 측에 대한 구멍 지름과 깊이의 허용공차는 ±0.4 mm이다.

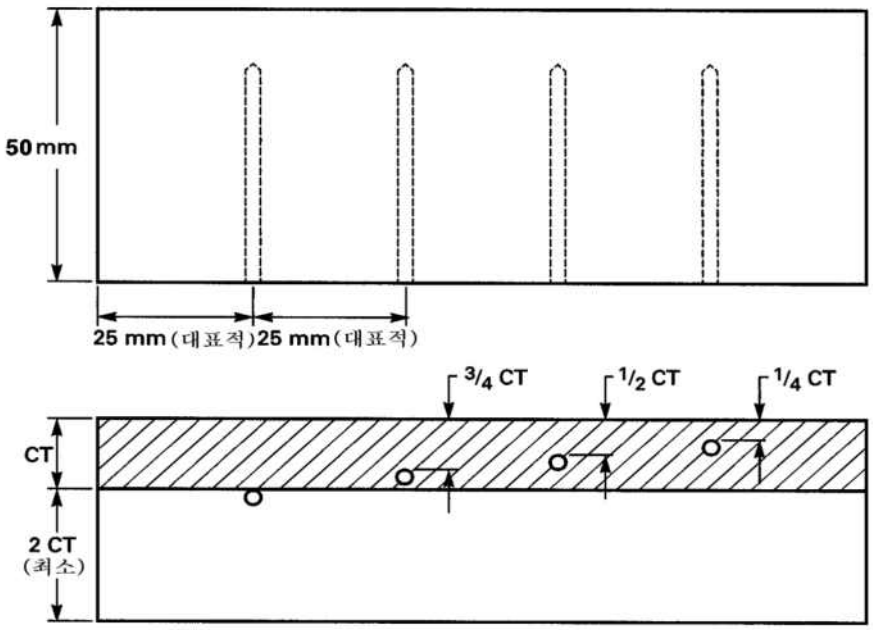


그림 172.2.4-8 A형 대체 교정시험편

비고. 모든 측면 드릴구멍의 지름은 1.5 mm이다. 구멍위치 공차는 ±0.4 mm이다. 모든 구멍은 최소 깊이

38 mm로 드릴가공 되었다.

다. B형 교정시험편의 형상과 반사체는 그림 172.2.4-9에 나타난 것과 같아야 한다.

(1) 용접/모재 금속 경계면에 드릴 가공된 평저구멍을 사용하여야 한다.

(2) 용접 금속 오버레이의 두께는 최소한 시험되는 것과 같아야 한다.

(3) 모재의 표면에서 시험이 실시되는 경우, 모재 두께는 교정시험편 두께의 25 mm 이내로 하여야 하며, 용접 금속 클래딩 표면에서 시험이 실시되는 경우, 교정시험편의 모재 두께는 용접 금속 클래딩 두께의 2배 이상이어야 한다.

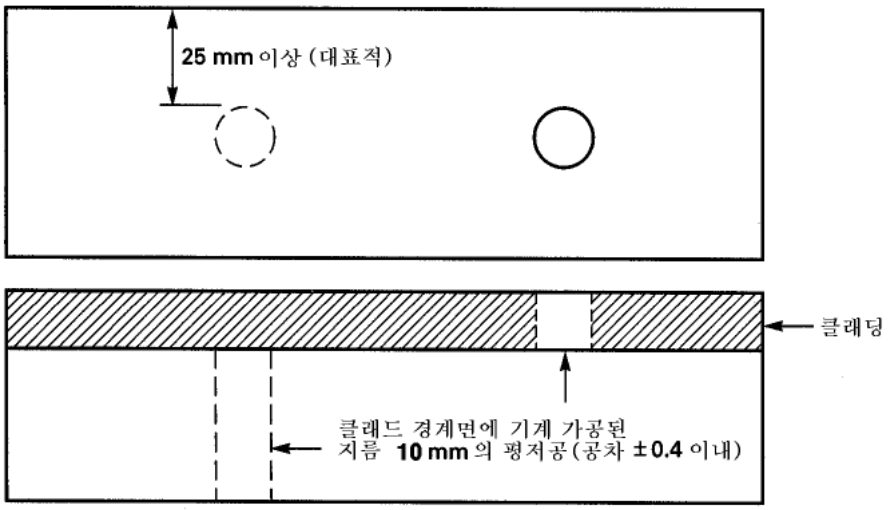


그림 172.2.4-9 B형 교정시험편

8. 노즐 측 용접 용융부 및 인접 노즐의 모재 금속 교정시험편

가. 교정시험편

(1) 형상

교정시험편의 형상은 그림 172.2.4-10과 같아야 한다. 시험편의 크기와 반사체 위치는 노즐 측 용접 용융부와 노즐 인접의 모재금속을 포함하여 교정을 하는데 적합해야 한다. 만약 검사하기 전에 노즐의 내면이 클래드일 경우, 교정시험편의 내면은 클래드되어야 한다.

(2) 시험편 두께

교정시험편은 노즐 용접부에 19mm (3/4 in.)를 더한 노즐 인접 벽의 최대 두께이어야 한다.

(3) 곡률

안지름이 500 mm 이하인 노즐 검사의 경우, 시험편의 접촉면은 동일한 곡률을 갖거나 그림 172.2.4-1에 세부적으로 설명된 직경의 0.9~1.5배 범위 이내이어야 한다.

(4) 교정 반사체

교정반사체는 그림172.2.4-2의 노즐 벽두께 요건에 따른 측면드릴구멍(SDH) 이어야 한다.

(5) 대체 시험편

시험편의 반사체에 대한 음파경로가 요구된 거리의 6 mm 이내이고, 측면드릴구멍(SDH)이 동일하거나 요구된 거리보다 작은 직경일 경우의 유사 검사 형태에 대해 현존하는 교정시험편을 사용해도 된다.

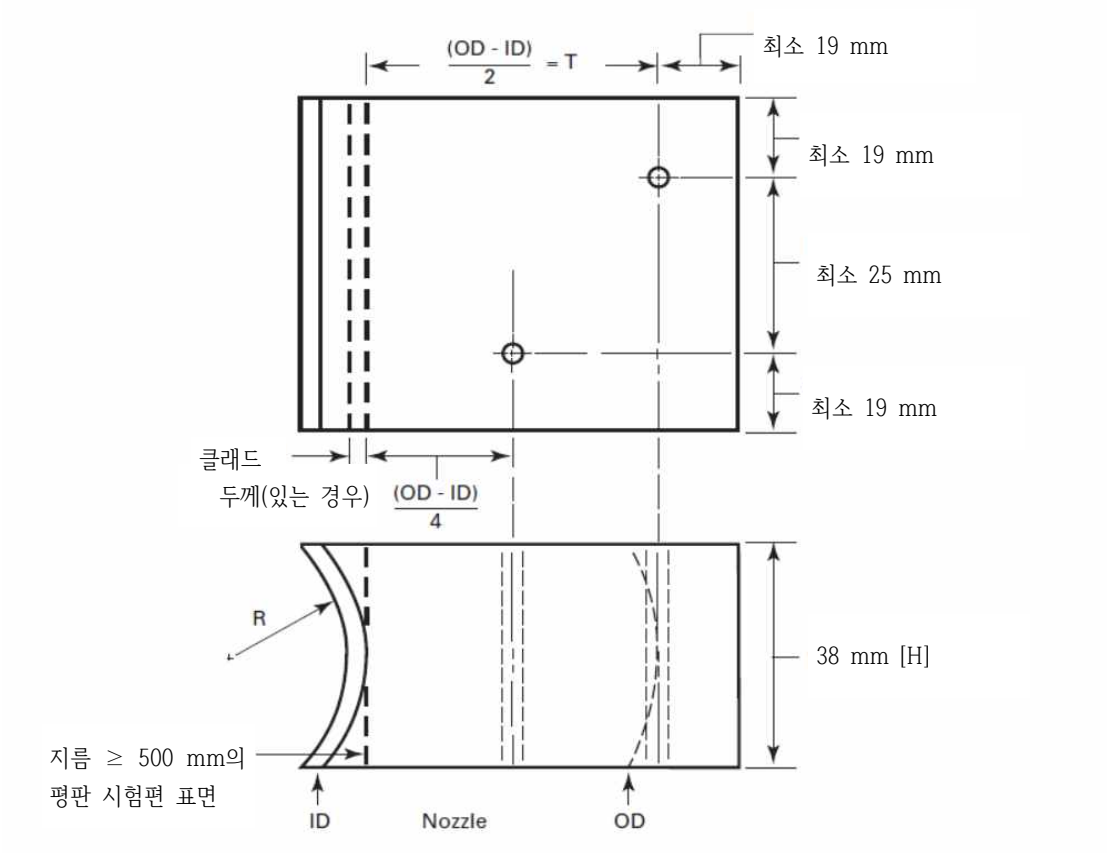


그림172.2.4-10 노즐 측 용접 용융부 및 노즐 인접의 모재금속의 수직탐상을 위한 교정시험편

비고 1. 교정시험편의 두께[T=(OD-ID)/2]를 노즐 부착 용접부 하부의 최대 노즐 벽두께로 대해 선정되어야 한다.

2. 측면드릴구멍(SDH)은 시험편의 전체 높이를 드릴가공 후 리밍해야 한다.

3. 측면드릴구멍의 직경은 위의 1.과 그림172.2.4-9에 따라 최대 노즐 벽두께에 대해 선정 되어야 한다.

4. 노즐 측 검사의 경우, 시험편의 벽두께가 50mm(2 in.)를 초과할 때 아래 표 같이 추가적인 측면드릴구멍(SDH)을 가공해야 한다.

교정시험편 벽두께 mm	구멍 위치 5/8 T	구멍 위치 3/4 T	구멍 위치 7/8 T
50 초과 75 이하	…	○	…
75 초과	○	○	○

172.3 교정

172.3.1 일반 요건

1. 초음파 시스템 교정은 전체 초음파탐상장비의 시스템을 포함하여야 하며 검사대상이 되는 두께 범위에 대해 시스템의 사용 전에 실시하여야 한다.
2. 교정표면 교정은 검사가 실시될 재료표면에 해당하는 표면(클래드되거나 클래드 안 된; 볼록 또는 오목)에서 실시하여야 한다.
3. 접촉매질
   가. 첨가물이 포함된 접촉매질은 검사되는 재료에 해롭지 않아야 한다.
   나. 니켈 합금에 사용되는 접촉매질은 황이 250 ppm을 초과하여 함유되어서는 아니 된다.
   다. 오스테나이트계 스테인리스강 또는 티타늄에 사용되는 접촉매질은 할로겐화합물(염화물과 불화물의 혼합물)이 250 ppm을 초과하여 함유되어서는 안 된다.
   라. 검사하는 동안 사용되는 것과 동일한 접촉매질을 교정 시에 사용하여야 한다.
4. 접촉웨지
   검사하는 동안 사용되는 것과 동일한 접촉웨지를 교정 시에 사용하여야 한다.
5. 장치조정
   장치 직선성에 영향을 주는 모든 조정기[예, 필터, 리젝션 또는 클리핑(clipping)]는 교정, 교정 점검, 장치 직선성 점검 및 검사시 동일한 위치에 있어야 한다.
6. 온도
   직접 접촉법의 경우, 교정검사편 표면과 검사표면 사이의 온도차는 14℃ 이내로 하여야 한다. 수침법의 경우, 교정시 접촉매질의 온도와 실제 검사시 접촉매질의 온도와의 차는 14℃ 이내로 하여야 한다.

172.3.2 스크린높이 직선성

KECS-1201의 2.1(스크린높이 직선성)에 따른다.

172.3.3 진폭조정 직선성

KECS-1201의 2.2(진폭 조정 직선성)에 따른다.

172.3.4 평판형의 교정

1. 거리 진폭기법을 이용하지 않은 시스템 교정
   교정은 신호진폭의 감도 및 정확도와 검사시스템(출력, 기록 또는 자동 처리되는지

에 따라)의 시간 출력은 검사 때마다 재현되는지를 확인하기 위해 필요한 모든 활동을 포함한다. 교정은 인공적인 반사체 또는 불연속부 반사체가 있는 기본 교정시험편을 사용하여도 된다. 교정은 KECS-1201의 2.5(사각 빔 교정을 위한 탐상기법) 및 KECS-1201의 2.6(수직 빔 교정을 위한 탐상기법)에 따른다.

2. 거리 진폭기법을 이용한 시스템 교정

가. 교정은 그림172.2.4-2에 나타난 교정검사편을 이용하여 실시하여야 한다.

나. KECS-1201의 2.5(사각 빔 교정을 위한 탐상기법) 및 KECS-1201의 2.6(수직 빔 교정을 위한 탐상기법)는 사각 빔과 수직 빔 교정에 대한 일반적인 기법을 제공하며, 다른 기법을 사용하여도 된다.

다. 사각 빔 교정

이 교정에서는 다음 중 해당되는 교정 또는 측정을 실시하여야 한다.

(1) 거리 범위 교정

(2) 거리-진폭교정

(3) 기본 교정검사편의 표면노치로부터 에코진폭 측정

전자식 거리-진폭교정 장치가 사용되는 경우, 기본 교정검사편으로부터의 주 대비응답은 검사를 실시할 거리범위에 걸쳐 동등하여야 한다. 응답 균등화선은 전 스크린 높이의 40~80% 사이의 스크린 높이로 하여야 한다.

라. 대체 사각빔 교정

용기 또는 다른 구성품의 두께가 13 mm (1/2 in.) 이하이고 지름이 500 mm (20 in.) 이하로 제작되는 경우, 거리-진폭 기법을 위한 사각빔 시스템 교정은 172.3.5의 1의 “가” (1) 및 172.3.5의 1의 “나” 요건을 사용하여 수행될 수 있다.

마. 수직 빔 교정 이 교정에서는 다음사항을 교정하여야 한다.

(1) 거리 범위 교정

(2) 거리-진폭교정

전자식 거리-진폭교정 장치가 사용되는 경우, 기본 교정검사편으로부터 주 대비응답은 검사에서 실시할 거리범위에 걸쳐 동등하여야 한다. 응답 균등화선은 전 스크린 높이의 40~80% 사이로 하여야 한다.

172.3.5 파이프용에 대한 교정

1. 거리 진폭기법을 이용한 시스템 교정

가. 교정검사편 : 교정은 그림 172.2.4-4에 나타난 교정검사편을 이용하여 실시하여야 한다.

나. 사각 빔 교정

사각 빔은 교정 반사체 쪽으로 향하게 하여 최대 응답을 나타내게 한다.

(1) 이득 조정은 반사체로부터의 응답이 전 스크린 높이의 80±5%가 되도록 설정하여야 하며, 이것을 주 대비수준으로 한다.

(2) 장치의 설정을 변경하지 않은 상태에서 거리진폭교정(DAC)곡선의 3점을 만들기 위해 필요한 거리 증가분에서의 교정반사체로부터 최대 응답신호를 얻도록 탐촉자를 움직인다.

(3) 축 방향 및 원주방향의 노치 모두에 대해 별도의 교정을 실시하여야 한다.

(4) 거리 범위교정 및 거리 진폭교정 모두에 대해 교정을 실시하여야 한다.

다. 수직 빔 교정

필요한 경우, KECS-1201의 2.6(수직 빔 교정을 위한 탐상기법) 요건에 따라 실시하여야 한다. 거리 범위교정 및 거리 진폭교정 모두에 대해 교정을 실시하여야 한다.

2. 거리 진폭기법을 이용하지 않은 시스템 교정

교정은 신호진폭의 감도 및 정확도와 검사시스템(출력, 기록 또는 자동 처리되는지에 따라)의 시간 출력은 검사 때마다 재현되는지를 확인하기 위해 필요한 모든 활동을 포함한다. 교정은 인공적인 반사체 또는 불연속부 반사체가 있는 기본 교정시험편을 사용하여도 된다. 교정방법은 KECS-1201의 2.5(사각 빔 교정을 위한 탐상기법) 및 KECS-1201의 2.6(수직 빔 교정을 위한 탐상기법)에 따른다. 다른 교정방법에서는 검사 재료 등에 근거하여 감도 조절을 포함할 수 있다.

172.3.6 용접 금속 오버레이 클래드 교정

1. A형 시험편에 의한 교정

교정은 그림172.2.4-6의 교정시험편을 이용하여 실시하여야 한다.

가. 탐촉자는 교정 반사체로부터 최대 응답을 얻는 곳에 위치시켜야 한다.

나. 이득 조정은 이러한 응답이 전 스크린 높이의 80±5%가 되도록 설정하여야 하며, 이것을 주 대비수준으로 한다.

2. B형 시험편에 의한 교정

교정은 그림172.2.4-9의 교정시험편을 이용하여 실시하여야 한다.

가. 탐촉자는 교정 반사체의 저면으로부터 최초 분해가능한 지시의 최대 응답을 얻는 곳에 위치시켜야 한다.

나. 이득 조정은 이러한 응답이 전 스크린 높이의 80±5 %가 되도록 설정하여야 하며, 이것을 주 대비수준으로 한다.

3. A형 시험편의 대체 시험편

대체 교정시험편은 그림172.2.4-7 또는 그림172.2.4-8에 나타난 것과 같은 교정시험편을 이용하여 실시하여야 한다.

가. 탐촉자는 최대 진폭을 나타내는 반사체로부터 최대 응답을 얻도록 위치하여야 한다.

나. 이득 조정은 이러한 응답이 전 스크린 높이의 80±5%가 되도록 설정하여야 하며, 이것을 주 대비수준으로 한다. 스크린 상에 지시의 피크(peak)를 표시한다

다. 장치 설정을 변경하지 않은 상태에서 각각의 다른 반사체로부터 최대 응답이 나타나도록 탐촉자를 위치시키고, 스크린 상에 지시의 피크를 표시한다.

라. 각 반사체에 대한 스크린 표시를 연결하여 거리진폭교정(DAC)곡선을 얻는다.

172.3.7 노즐 측 용접 용융부위 및 노즐 인접의 모재금속의 교정시험편

사용되는 교정 구멍의 개수는 검사요건에 따라 좌우된다. 만약 노즐 측 용융부를 검사한다면, 노즐 벽두께에서 오직 단일 측면드릴구멍(SDH)이 사용되는 것이 필요하다.

1. 단일 구멍

단일 측면구멍으로부터 응답을 전 스크린 높이(FSH)의 80%±5%로 설정해야 한다. 이것이 주 대비수준이다.

2. 다중 구멍

수직빔의 방향은 최대 응답을 나타내는 교정반사체를 향해야 한다. 이득조정은 이 응답이 전 스크린 높이(FSH)의 80%±5%가 되도록 설정되어야 한다. 이것이 주 대비 기준 응답이다. 다음으로 거리진폭보정(DAC) 곡선을 작성하기 위해서 장치의 설정치가 변화 되지 않고 다른 구멍으로부터 최대응답이 얻어지도록 탐촉자를 조작해야 한다.

172.3.8 교정 확인

1. 시스템 변경

검사 시스템의 어느 한 부분이 변경되는 경우, 거리 범위를 나타내는 점 및 감도 설정이 172.3.8의 4항의 요건을 만족하는 것을 확인하기 위해 기본 교정검사편에 대해 교정 점검을 실시하여야 한다.

2. 교정 점검

교정 점검은 기본 교정검사편에서 최소한 한 개의 기본 반사체 또는 모의장치를 이용하여 각 검사 또는 일련의 유사한 검사의 종료시와 검사원(자동검사 장비는 제외)이 교체될 때에 수행하여야 한다. 기록된 거리범위와 감도 설정값은 172.3.8의 4항의 요건을 만족하여야 한다.

3. 모의장치 점검

사용되는 모든 모의장치의 점검은 처음 교정하는 동안 기본 교정검사편에 대한 초기 교정과 관련되어야 한다. 모의장치 점검은 다른 종류의 교정반사체 또는 교정검사편(IIW와 같은) 및/또는 전자적인 모의검사를 실시하여도 된다. 그러나, 시행한 모의검사은 교정성적서에서 식별 가능하여야 하며, 모의장치 점검은 전체 검사 시스템에 대해 실시하여야 한다. 전체 시스템은 한번의 작동으로 점검되지 않아도 되나 전체 시스템 점검의 경우, 탐촉자는 초음파탐상장비에 연결하고 교정반사체에 대해 점검하여야 한다. 모의장치 점검의 정확도는 각각의 연속 사용주기의 종료 시 또는 매 3개월 중 짧은 주기에서 기본 교정검사편을 사용하여 확인하여야 한다.

4. 허용 값의 확인

가. 거리 범위를 나타내는 점

거리범위가 스윕선에서 거리 판독값의 10% 초과 또는 전체 스윕의 5% 초과 값 중 큰 값으로 이동한다면, 거리 범위를 교정하고 검사 기록에서 보정을 기록한다. 최종 유효교정 또는 교정점검 후 모든 기록된 지시는 재검사를 하여야하고 그 값은 데이터시트를 변경하거나 재기록을 하여야 한다.

나. 감도 설정

어떠한 감도 설정이 그 진폭의 20% 또는 2 dB 이상 변한다면, 감도 교정을 수정하고 검사 기록서에 수정사항을 기록한다. 감도 설정이 감소한다면, 최종 유효교정 및 교정점검 이후의 모든 자료 기록서는 무효로 표시하고 무효 자료로 다루어진 부분은 재검사하여야 한다. 감도 설정이 증가한다면, 최종 유효교정 및 교정점검 이후에 기록된 모든 지시는 재검사를 하여야 하고, 자료 기록서에서 그 교정 값을 수정하거나 다시 기록하여야 한다.

172.4 검사

172.4.1 일반검사 요건

1. 검사 적용범위

주사되는 검사체적은 각각의 필요한 탐촉자에 대해 전체 검사체적을 주사할 수 있도록 탐촉자를 주사표면위에서 이동하면서 검사하여야 한다.

가. 탐촉자의 각 주사 경로는 주사 방향과 수직으로 실제 진동자(압전소자) 치수의 최소 10% 이상 중첩하여야 한다.

나. 탐촉자의 각 주사 경로는 KECS-1201의 2.5(사각 빔 교정을 위한 탐상기법)에서 2.6항(빔 분산)에 규정한 대로 최소 빔 크기 미만의 치수를 중첩하여야 된다. 좀 더 많은 검사범위가 포함되는 것이 실증되었다면, 탐촉자의 목돌림 주사가 허용된다.

2. 펄스 반복률

펄스 반복률은 검사체적의 최대 거리에 위치한 반사체로부터의 신호가 다음 펄스가 진동자에 위치하기 전에 탐촉자에 되돌아오는 것을 확인할 수 있도록 충분히 짧아야 한다.

3. 탐촉자 이동속도

탐촉자 이동속도(주사속도)는 다음 경우를 제외하고 150㎜/s을 초과해서는 안 된다.

가. 초음파탐상장치의 펄스 반복률은 최대 주사속도에서 주사 방향과 평행하게 진동자(압전소자) 치수의 ½을 이동하는데 필요한 시간 내에 탐촉자가 최소한 6번의 펄스를 발생하기에 충분하여야 한다.

나. 동적 교정은 정적 교정의 ±2 dB 이내인 다중 반사체에서 실시하고, 펄스 반복률은 172.4.1의 2의 요건을 만족하여야 한다.

4. 주사 감도 수준

가. 거리 진폭기법

주사 감도수준은 대비수준 이득설정보다 최소 6 dB 높게 설정하거나 반자동 또는 자동 기법을 사용할 때 기준응답으로 설정해도 된다.

나. 거리 진폭기법 이외의 기법

주사를 위해 사용되는 이득 수준은 검사되는 형상에 대해 적절하여야 하며 최대 주사속도로 교정 반사체를 검출할 수 있어야 한다.

172.4.2 용접 이음부의 거리 진폭기법

거리 진폭기법이 규정되어있는 경우, 용접 이음부는 사각 빔 탐촉자를 이용하여 용접부 축에 평행한 방향의 양쪽 모두 및 횡 방향의 양쪽 모두(4회 주사)에 대해 주사하여야 한다. 사각 빔 검사를 실시하기 전에, 용접부 체적을 검사할 때 사각 빔의 진행을 방해할 수 있는 모든 반사체의 위치표정을 위해 시각 빔이 통과하는 모재의 체적에 대해 수직 빔 검사를 실시하여야 한다. <삭제>

1. 사각 빔 기법

가. 빔 각도

선정된 탐촉자와 빔 각은 검사되는 형상에 대해 45° 또는 적절한 각도이어야 하며, 정해진 사각 빔 경로상에서 교정 반사체를 검출할 수 있어야 한다.

나. 용접심(weld seam)에 평행한 반사체

사각 빔은 가능한 한 동일한 표면에서 용접부의 양쪽으로부터(즉, 두 방향으로부터) 용접부 축에 거의 수직이 되도록 향하여야 한다. 탐촉자는 초음파 에너지가 용접부와 인접한 모재의 정해진 체적을 통과하도록 조절하여야 한다.

다. 용접부 심에 횡방향의 반사체

(1) 용접덧살이 있는 경우의 주사

용접캡이 가공되지 않았거나 편평하게 연삭되지 않았을 경우, 용접 캡 양면의 모재로부터 검사가 수행되어야 한다. 용접부 축에 평행하게 주사하는 동안 사각 빔은 용접축에 대하여 0°~60°까지 향하도록 하고, 검사 체적을 통과하여야 한다.

(2) 용접덧살이 없는 경우의 주사

용접캡이 가공되거나 편평하게 연삭된 경우, 용접부에 대한 검사가 수행되어야 한다. 사각 빔은 양 축 방향 모두 용접축과 평행하게 향해야한다. 탐촉자는 사각 빔이 요구되는 검사 체적을 통과하도록 조작되어야 한다.

2. 단면 접근 가능 용접부

사각법을 이용하여 두 방향에서 검사할 수 없는 용접부(예, 모서리 및 T 이음부)는 가능하면 수직법을 이용하여 검사하여야 한다. 이러한 접근이 제한된 부분은 검사 보고서에 기록하여야 한다.

3. 접근이 불가능한 용접부

사각법을 이용하여 최소한 한 쪽(가장자리)에서도 검사할 수 없는 용접부는 검사 보고서에 기록하여야 한다. 플랜지 용접부의 경우, 용접부는 검사체적이 포함될 수 있다면 플랜지 면으로부터 수직 빔 또는 각도가 낮은 종파를 이용하여 검사하여도 된다.

172.4.3 용접 금속 오버레이 클래딩 기법

이 절차서에서 규정한 기법은 용접 금속 오버레이 클래딩의 검사가 요구되는 경우에 사용되어야 한다.

1. 결합부족과 용접 금속 오버레이 클래딩 결점지시에 대한 검사가 요구되는 경우, 검사는 분할형 탐촉자의 진동자를 분리하는 면이 용접 비드의 축과 평행하게 놓고 용접 금속 오버레이 클래드 표면에서 실시하여야 한다. 탐촉자는 용접부 방향에 수직으로 주사하여야 한다.
2. 결합부족에 대한 검사만이 요구되는 경우, 검사는 용접 금속 오버레이 클래드 또는 클래드 안된 표면중 어느 표면에서 실시하여도 되며, 탐촉자는 용접부 방향에 수직 또는 평행으로 주사하여도 된다.

172.4.4 거리 진폭기법 이외의 기법

용접부의 축에 평행 및 수직인 반사체들을 검출하기 위한 주사 방향 및 검사 각도는 합격기준에 규정된 최소 크기의 불합격 불연속부를 검출할 능력이 있다는 것을 실증하여야 한다.

172.4.5 노즐 측 용접 용융부 또는 노즐 인접의 모재금속 교정검사편

1. 탐촉자 위치

참조 규정에서 노즐 측 용접 용융부 또는 노즐 인접의 모재금속 쪽에서 초음파탐상검사를 수행하도록 규정할 경우, 수직 빔 검사를 노즐 내면부터 한다.

2. 검사

172.4.1의 검사 일반요건을 적용할 수 있다. 용접부의 노즐 측 용융부에 25mm를 더한 전 부위를 검사할 수 있도록 전 원주노즐을 주사해야 한다. 탐촉자는 검사부위를 가로질러 원주방향 주위 또는 축 방향으로 움직일 수 있다. 스크린 범위는 전 노즐벽두께의 최소 1.1배를 나타낼 수 있어야 한다. 검사가 완전하게 되지 않는 노즐(즉, 탐촉자를 위치시키기 위해 손의 접근이 제한되는 곳)은 반드시 검사보고서에 기록으로 남긴다.

172.4.6 검사 후 세척

절차서에서 검사 후 세척이 요구될 때 검사체에 영향을 주지 않는 방법을 이용하여 평가 및 문서화 후 가능한 한 빨리 세척하여야 한다.

172.5 평가

172.5.1 일반사항

어떠한 야금학적 불연속부 및 기하학적 조건은 무관련지시를 만들 수도 있기 때문에, 모든 초음파의 반사체가 결함으로 나타내는 것이 아니다. 기하학적 지시를 발생시키는 반사체의 식별, 최대진폭, 위치 및 범위는 기록하여야 한다.(예를 들어, 내부 부착물, 200% 거리진폭교정(DAC)곡선, 용접부 중심선위의 25㎜, 안쪽면, 90° ~ 95°). 지시가 기하학적인 것인지를 분류하기 위해 다음의 단계를 거쳐야 한다.

1. 해당 검사절차서에 따라 반사체가 존재하는 부위를 판독한다.
2. 반사체의 좌표를 기입하고 확인한다. 반사체의 위치 및 루트와 카운트보어(counterbore)와 같은 표면 불연속부를 보여주는 스케치를 작성한다.
3. 제작도면 또는 용접 도면을 검토한다. 반사체의 실제 위치, 크기 및 방향을 결정하는데 있어서 다른 초음파탐상기법 또는 비파괴검사 방법이 도움을 줄 수 있다.

172.5.2 평가 레벨

1. 거리 진폭기법

   대비 수준의 20%를 초과하는 모든 지시는 해당 기준의 합격기준에 따라 평가될 수 있는 정도까지 조사되어야 한다.

2. 거리 진폭기법 이외의 기법

   불합격 결점 크기의 40% 보다 긴 모든 지시는 해당 기준의 합격기준에 따라 평가될 수 있는 정도까지 조사되어야 한다.

172.5.3 라미나 반사체의 평가

검사 체적의 주사를 방해하는 모재 내의 라미나 반사체로 평가되는 반사체는 사각 빔 검사 기법을 가능한 최대 체적을 검사할 수 있도록 하는 수정을 필요로 하며, 이를 검사기록에 나타나야 한다.

172.5.4 대체 평가

참조규격의 요건을 초과하는 반사체 치수는 참조규격에 제공되는 임의의 대체기준에 따라 평가할 수 있다.

172.6 문서화

172.6.1 지시의 기록

1. 합격지시

   합격지시는 해당 기준에서 규정한 대로 기록하여야 한다.

2. 불합격지시

   불합격 지시는 기록되어야 하며, 최소한 지시의 형태(즉, 균열, 비융합, 슬래그 등), 위치(즉, 길이) 및 범위를 기록하여야 한다.

172.6.2 검사 기록

각 초음파탐상검사의 경우, 170.7의 요건과 다음 정보를 기록하여야 한다.

(1) 초음파탐상 장치 식별(제조사 일련번호 포함)
(2) 탐촉자 식별(제조사 일련번호, 주파수, 크기 포함)
(3) 사용한 빔 각도
(4) 사용한 접촉매질, 상표명 또는 종류
(5) 사용한 탐촉자 케이블, 종류 및 길이
(6) 사용한 특수 장비(탐촉자, 웨지, 슈, 자동 주사장비, 기록 장비 등)
(7) 사용한 컴퓨터 프로그램 식별과 개정번호
(8) 교정시험편 식별
(9) 사용한 모의실험 시험편과 전자 시뮬레이터 식별
(10) 기기 대비수준 이득과 사용시, 감쇠 및 리젝션 설정
(11) 교정데이터(대비반사체, 지시 진폭, 거리 판독값 포함)
(12) 사용 시, 초기 교정을 포함한 데이터 연관 모의실험 시험편과 전자 시뮬레이터
(13) 주사된 용접부 또는 체적의 식별과 지시
(14) 표면 조건을 포함하여, 검사가 수행된 표면
(15) 검출된 불합격 지시 또는 삭제된 부위의 맵 또는 기록
(16) 제한된 접근 부위 또는 접근이 어려운 용접부

173 자분탐상검사

173.1 일반요건

173.1.1 적용

1. 이 절차는 강자성체 재료의 표면에 존재하는 균열 및 기타 불연속부를 검출하기 위한 비파괴검사 방법으로서 건식 및 습식 자분탐상검사 모두에 대한 기법을 규정한다.
2. 자분탐상검사는 최소한 다음의 필수 요건을 포함시킨 인정된 절차서에 따라 실시하여야 한다.
   가. 자화기법
   나. 자화전류 형식
   다. 표면 전처리
   라. 자분 종류
   마. 자분의 적용 방법
   바. 과잉자분의 제거방법
   사. 빛의 최소강도
   아. 인정범위를 초과하는 피복두께
   자. 성능검증(요구하는 경우)
   차. 인정범위를 초과하는 검사품 표면온도
3. 절차서 인정 절차 인정이 규정되어 있을 때에는, 173.1.1의 2항 요건의 변경은 절차서의 재인정이 요구된다.

173.2 장비

검사품에 필요한 자속을 만들기 위해 173.4에 기술되고, 규정된 적절하고 적합한 방법 중 한 가지 이상의 기법을 이용하여 실시하여야 한다.

173.2.1 자분

자분은 검사품 표면의 배경에 대해 높은 콘트라스트를 만들기 위하여 색상을 첨가하도록 처리하여야 하며, 제조자가 정한 온도제한 범위 내에서 사용되어야 한다.

173.3 표면상태

173.3.1 표면준비

1. 표면 불규칙이 불연속부로부터의 지시를 가리게 되는 곳에서는 연삭, 기계가공에 의한 표면준비가 필요할 수 있다.
2. 자분탐상검사 전에, 검사할 표면과 그 표면에서 최소한 25㎜ 이내의 모든 인접부위는 건조시켜야 하고, 오물, 그리이스, 보푸라기, 스케일, 용접 플럭스, 용접 스패터,

기름, 또는 자분탐상검사를 방해하는 다른 이물질이 없어야 한다.

3. 세척은 세척제, 유기용매, 스케일 제거제, 페인트 제거제, 증기탈지, 모래 또는 그릿 블라스팅(grit blasting), 또는 초음파 세척법을 이용하여 실시할 수 있다.
4. 비자성 피복이 부품의 검사부위에 남아 있으면, 적용되는 최대 피복두께를 통하여 지시가 검출될 수 있다는 것을 실증하여야 한다.

173.3.2 표면 콘트라스트의 증대

비자성 피복이 자분의 콘트라스트를 증가하는데 충분한 양만큼 만 피복되지 않은 표면에 임시로 적용하였을 때, 증가된 피복을 통하여 지시가 검출될 수 있다는 것을 실증하여야 한다.

173.4 기법

다음의 다섯 가지 자화기법 중 한 가지 이상이 사용되어야 한다.

1. 프로드법
2. 선형자화법
3. 원형자화법
4. 요크법
5. 다축자화법

173.4.1 프로드(Prod)법

1. 자화절차

   프로드법의 경우, 자화는 휴대용 프로드를 검사하는 부위의 표면에 눌러 전기적인 접촉을 시켜 실시한다. 아크 발생을 방지하기 위하여, 손잡이에 원격조정 스위치가 장착된 프로드를 사용하며, 검사할 부위에 적절하게 위치시킨 후에 통전하여야 한다.

2. 자화전류

   직류 또는 정류 자화전류가 사용되어야 한다. 검사체의 두께가 19 ㎜ 이상인 경우 자화전류는 프로드 간격에 따라 최소 3.9 A/㎜～최대 4.9 A/㎜이어야 한다. 검사체의 두께가 19㎜ 미만인 경우 자화전류는 프로드 간격에 따라 3.5 A/㎜～4.3 A/㎜이어야 한다.

3. 프로드 간격

   프로드 간격은 200㎜를 초과해서는 아니 된다. 짧은 간격은 검사하는 부위의 기하학적 제한을 조정하거나 감도를 올리기 위하여 사용될 수 있지만, 75 ㎜ 미만의 프로드 간격은 프로드 주위에 자분집적을 방해하므로 일반적으로 사용하지 않는다. 프로드 팁은 청결하여야 하고 정돈되어 있어야 한다. 자화전류원의 개방회로 전압이 25 V를 초과하면, 검사품에 구리의 용착을 방지하기 위해, 납, 강, 또는 알루미늄 팁으로 된 프로드의 사용이 권고된다.

173.4.2 선형자화법

1. 자화절차

선형자화법의 경우, 자화는 부품 또는 검사할 부품의 일부를 둘러 감싼 여러 번 감긴 고정코일(케이블)을 통해 전류를 통과시켜 실시된다. 이것은 코일축에 평행한 선형자장을 형성한다. 미리 감긴 고정 코일이 사용되는 경우, 부품은 검사하는 동안 코일의 내면 근처에 놓아야 한다. 이것은 코일 단면적이 부품 단면적의 10배 이상일 때 특히 중요하다.

2. 자장강도

이 기법으로 부품을 자화할 경우에는 직류 또는 정류전류를 사용하여야 한다. 필요한 자장강도는 아래의 "가" 및 "나" 에 따라 부품의 길이 L 및 지름 D를 근거로 계산하거나, "라" 및 "마" 에서 정한대로 하여야 한다. 길이가 긴 부품은 460㎜를 초과하지 않도록 부분으로 나누어 검사하여야 하고, 필요한 자장강도를 계산할 때 길이 L을 460㎜로 하여야 한다. 비원통형 부품의 경우, D는 최대 단면적의 대각선 길이로 하여야 한다.

가. L/D 비(ratio)가 4 이상인 부품

자화전류는 다음과 같이 계산한 암페아 턴(turn) 값의 ±10% 이내로 하여야 한다.

$$\text{암페어 턴}(A-T)=\frac{35,000}{(L/D)+2}$$

나. L/D 비가 2 이상이고 4 미만인 부품

자화전류는 다음과 같이 계산한 암페아 턴 값의 ±10 % 이내로 하여야 한다.

$$\text{암페어 턴}(A-T)=\frac{45,000}{(L/D)}$$

다. L/D 비가 2 미만인 부품 코일 자화법을 사용할 수 없다.

라. 자화할 부위가 코일중심의 어느 쪽으로 225 mm를 초과하여 연장되어 있는 경우, 자장의 적정성은 173.5.4의 자분 지시계 또는 인공결함 심을 사용하여 실증하여야 한다.

마. 크기 또는 형상이 큰 부품의 경우, 자화전류는 1200~4500 암페아 턴(A-T)이어야 한다. 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 인공 결함 끼움쇠 또는 파이(Pie)형 자분 지시계를 사용하여 실증하여야 한다. 홀(Hall)-효과 탐촉자 가우스미터는 원형코일 자화법에 사용해서는 아니 된다.

3. 자화전류

필요한 자장강도를 얻는데 필요한 전류는 173.4.2의 2의 "가" 또는 2의 "나" 에서 얻은 암페아턴을 다음과 같이 코일의 감은 수로 나누어 결정하여야 한다.

$$\text{암페아(메타 눈금값)}=\frac{A-T}{\text{코일의 감은 수}}$$

173.4.3 원형자화법

1. 직접통전법

가. 자화절차

직접통전법의 경우, 검사할 부품에 전류를 통과 시켜 자화한다. 이 기법은 부품 내의 전류 방향에 거의 수직인 원형자장을 형성한다.

나. 자화전류

자화전류는 직류 또는 정류(반파 정류 또는 전파 정류)전류가 사용되어야 하고, 필요한 전류의 크기는 다음과 같다.

(1) 자화전류는 바깥지름 mm당 12 A/mm～31 A/mm 이어야 한다.

(2) 둥근모양 이외의 기하학적 형상을 가진 부품의 경우, 위(1)의 바깥지름 대신에 전류흐름과 직각인 평면에서 최대 단면 대각선을 사용하여야 한다.

(3) 위의(1)에 요구되는 전류 수준을 얻지 못할 경우, 얻을 수 있는 최대 전류가 사용되어야 하고, 또한 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 실증되어야 한다.

2. 중심도체법

가. 자화절차

중심도체법의 경우, 원통형 또는 원형링(ring) 형상 부품의 내면을 검사하기 위해 중심도체가 사용된다. 중심도체법은 이러한 형상을 가진 검사품의 외면을 검사하기 위해서도 사용될 수 있다. 대구경 원통부품이 검사되는 경우, 중심도체는 원통부품의 내면 가까이 놓아야 한다. 중심도체가 중앙에 위치하지 않는 경우, 원통부품의 원주면은 구역을 나누어 검사하여야 하며, 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 실증되어야 한다.

나. 자화전류

필요한 자장강도는 중심도체가 1회 감긴 경우 173.4.3의 1. 나.에서 결정된 값과 같아야 한다. 자장은 중공형 부품을 통과하는 중심도체 케이블의 감김 횟수에 비례하여 증가한다. 예를 들어, 1회의 중심도체를 사용하여 부품을 검사하는데 6000 A가 필요하다면, 2회 감김 관통케이블이 사용되는 경우 3000 A가 필요하게 되며, 또한 5회 감김 관통케이블이 사용되는 경우에 1200 A가 필요하다. 중심도체법이 사용되는 경우, 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 자장 지시계를 사용하여 입증하여야 한다.

173.4.4 요크(Yoke)법

이 기법에는 교류 또는 직류 전자석 요크 또는 영구자석 요크를 사용하여야 한다.

173.4.5 다축자화법

1. 자화절차

다축자화법의 경우, 자화는 고전류의 전원함(power pack)에서 최대 3개의 회로에 순

차적으로 빠른 속도로 한번의 자화 전류를 가하여 자화 시킨다. 이처럼 신속하게 교번되는 자화전류의 효과는 여러 방향으로 부품의 전체를 자화할 수 있게 한다. 173.4.2 및 173.4.3에 규정된 여러 기법을 사용하여 조합하므로 원형 또는 선형자장을 만들 수 있다.

2. 자장강도

3상 전파 정류전류만이 부품을 자화시키는데 사용되어야 한다. 각 회로에 대한 초기의 자화전류 요건(173.4.2 및 173.4.3 참조)은 앞에서 규정한 요건을 사용하여 정하여야 한다. 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 인공 결함 끼움쇠 또는 파이(Pie)형 자분지시계를 사용하여 실증하여야 한다. 홀(Hall)-효과 탐촉자 가우스미터는 다축자화법의 경우 자장의 적정성을 측정하는데 사용해서는 아니 된다. 적절한 자장이 최소한 거의 수직인 두 방향에서 얻어져야 하고, 또한 자장강도는 한 방향의 강한 자장이 다른 한 방향의 자장을 압도하지 않도록 자장강도의 균형을 맞추어야 한다. 적절한 자장강도를 실증할 수 없는 부위의 경우, 두 방향에 대한 자장의 적정성을 확인하기 위해 추가 자분탐상 기법이 사용되어야 한다.

173.5 교정

173.5.1 교정주기

1. 자화장비

가. 교정주기

전류계가 부착된 자화장비는 최소한 1년에 한번은 교정하여야 하며, 장비의 주요 전기부품이 수리되었거나, 주기적인 정비 또는 손상을 입었을 때마다 교정하여야 한다. 장비가 1년 이상 사용되지 않았다면, 처음 사용하기 전에 교정이 실시되어야 한다.

나. 교정절차

장치의 계기에 대한 정밀도는 국가표준에 따라 추적 가능한 장비로 매년 입증하여야 한다. 사용 가능한 범위에 포함되는 최소한 3가지의 다른 전류출력 수준을 비교하여 읽은 값을 취하여야 한다.

다. 허용오차

장치의 계기 읽은 값은 검사계기에 나타난 실제 전류 값과의 차이가 최대 눈금값의 ±10% 이상 벗어나지 않아야 한다.

2. 조도계

조도계는 최소한 1년에 한 번 또는 조도계가 수리되었을 때마다 교정해야 한다. 장비가 1년 이상 사용되지 않았다면, 사용하기 전에 교정을 실시해야 한다.

173.5.2 요크의 인상력(lifting power)

1. 전자기 요크의 자화력은 요크를 사용하기 전에 매일 확인하여야 한다. 모든 요크의

자화력은 요크가 손상되거나 수리되었을 때마다 확인하여야 한다.

2. 교류 전자기 요크는 검사동안 사용될 것과 유사한 접촉으로 최대 전극거리에서 최소한 4.5kg의 인상력을 가져야 한다.
3. 직류 또는 영구자석 요크는 검사동안 사용될 것과 유사한 접촉으로 최대 전극거리에서 최소한 18kg의 인상력을 가져야 한다.
4. 측정용 추는 공신력 있는 제조자의 저울로 무게를 측정하여야 하고, 처음 사용하기 전에 해당 공칭무게를 추에 기록해두어야 한다. 재료의 잠재적인 손실을 일으키는 정도로 손상되었다면 추의 무게는 다시 입증이 필요하다.

173.5.3 가우스미터

173.4.2에 따라 자장강도를 확인하기 위해 사용되는 홀(Hall)-효과 탐촉자 가우스미터는 최소한 1년에 한번 교정하거나, 장비가 중대한 수리, 주기적인 정비, 또는 손상을 입었을 때마다 교정을 하여야 한다. 장비가 1년 이상 사용되지 않았다면, 처음 사용하기 전에 교정이 실시되어야 한다.

173.5.4 자화자장의 적합성 및 방향

1. 자장의 적합성 적용

자장은 만족스러운 지시를 만드는데 충분한 강도를 가져야 하지만, 무관련 자분집적에 의해 관련지시를 가리울 정도로 강해서는 아니 된다. 필요한 자장강도에 영향을 주는 인자는 부품의 크기, 형상 및 재료 투자율, 자화 기법, 피복, 자분의 적용방법, 검출할 불연속부의 종류 및 위치를 포함한다. 자장강도의 적정성을 입증하는 것이 필요하다면, 다음의 3가지 방법 중 한 개 이상을 사용하여 입증하여야 한다.

가. 파이(pie)형 자분지시계

그림173.5.4에 나타난 자분 지시계를 구리 도금되지 않은 면이 검사할 표면에 있도록 위치시켜야 한다. 자력을 발생시킴과 동시에 자분을 살포했을 때 자분 지시계의 동 도금된 면을 가로질러 선명한 자분의 경계선이 나타나면 자장의 강도는 적절한 것이다. 자분의 선명한 경계선이 형성되지 않는 경우, 필요하다면 자화기법을 변경하여야 한다. 파이(pie)형 자분 지시계는 건식자분과 함께 사용되는 것이 가장 좋다.

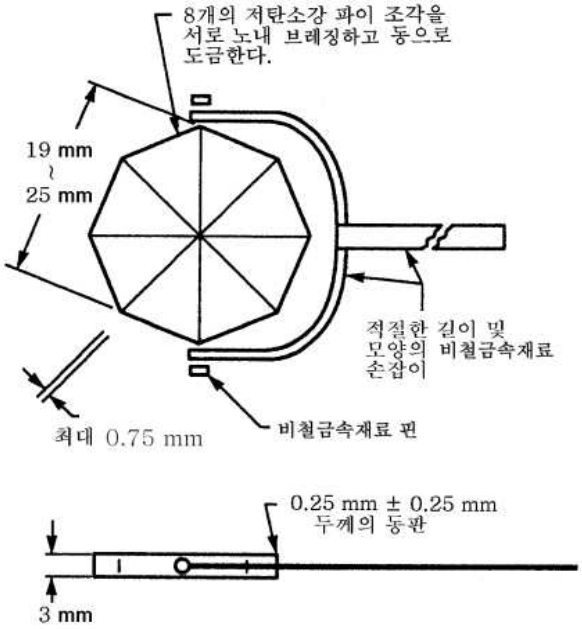


그림173.5.4. 파이(Pie)형 자분 지시계

나. 인공결함 끼움쇠

그림173.5.4-2 또는 2.1에 나타낸 심중에서 하나의 심이 사용되어야 하며, 이 심의 방향은 적용된 자장에 수직이 될 수 있어야 한다. 선형 노치가 있는 심은 최소한 하나의 노치가 적용된 자장에 수직방향이 되도록 놓여져야 한다. 원형 노치만 있는 심은 모든 방향에 사용될 수 있다. 심은 심의 인공결함 면이 검사 표면을 향하도록 심은 검사할 표면에 부착되어야 한다. 자력은 발생시킴과 동시에 자분을 살포하여 깊이 30% 결함을 나타내는 선명한 자분의 경계선이 심의 표면상에 나타나면 자장의 강도는 적정한 것이다. 선명한 자분의 경계선이 나타나지 않으면 자화기법을 필요한 만큼 변경하여야 한다. 심 형상의 자장지시계는 습식자분 사용 시에 가장 좋다.

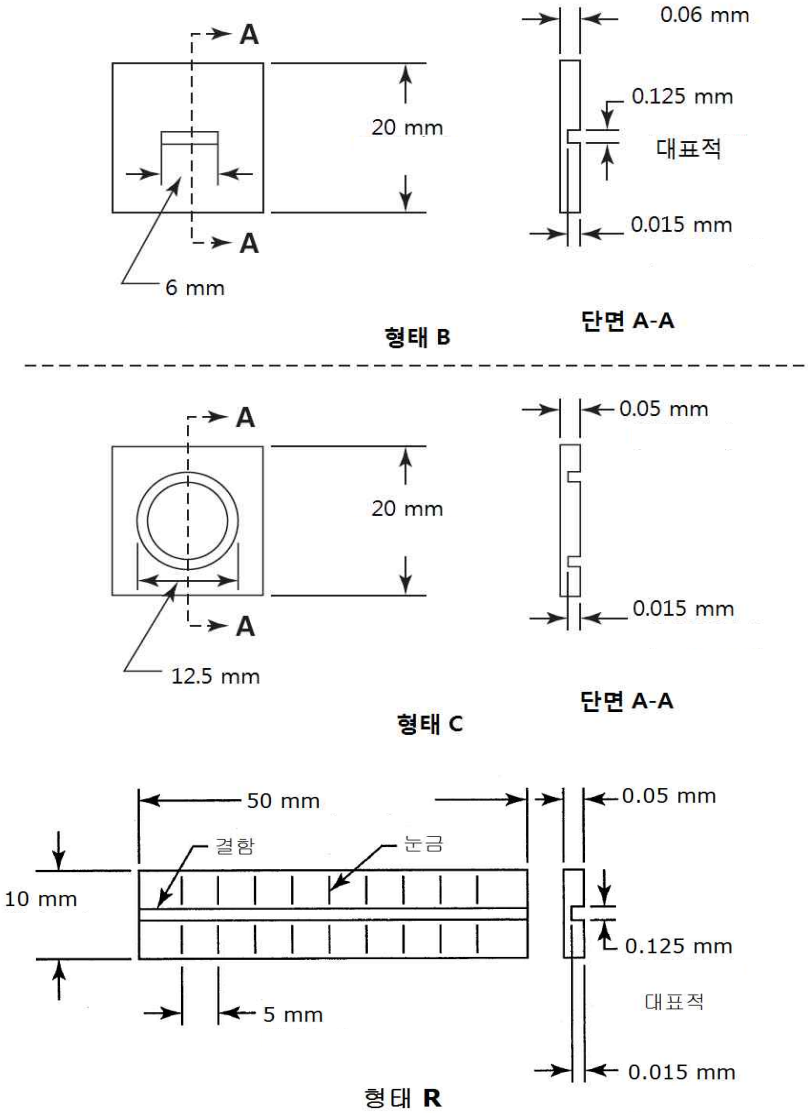


그림173.5.4-2. 인공 결함 끼움쇠

비고. 그림은 자분탐상검사 시스템의 검증에 사용되는 인공결함 심의 예를 든 것이다(눈금치수 무시). 위심들은 저탄소 강(1005 박판강)으로 만들어진다. 인공결함은 박판의 한 쪽 면에 박판두께의 깊이 30 % 까지 에칭 또는 기계가공하여 만든다.

다. 홀(Hall)-효과

접선자장 탐촉자(probe) 가우스미터 및 홀(Hall)-효과 접선자장 탐촉자는 접선자장의 최고값(peak value)을 측정하기 위해 사용하여야 한다. 탐촉자(probe)는 검사할 부품의 표면에 위치시켜 최대 자장강도가 측정되도록 한다. 자력이 적용되는 동안 측정된 자장이 2.4 kAm-1~4.8 kAm-1의 범위이내면 자장강도는 적절한 것이다.

2. 자장 방향

자화 방향은 그림173.5.4 또는 그림173.5.4-2에 나타난 파이형 지시계 또는 끼움쇠 형상 지시계를 사용하여 얻은 자분지시로 결정하여야 한다. 자분의 선명한 경계선이 형성되지 않은 경우, 필요하다면 자화기법을 변경하여야 한다.

가. 다축자화법의 경우, 자속선의 방향은 최소한 거의 수직한 두 방향으로 하여야 한다. 자분의 선명한 경계선이 최소한 거의 수직한 두 방향으로 형성되지 않은 경우, 필요하다면 자화기법을 변경하여야 한다.

3. 자장 지시계 또는 인공결함을 이용하여 자장의 적정성 및 방향의 결정은 173.4.2의 2. 라, 173.4.2의 2. 마. 173.4.3의 1. 나. (3), 173.4.3의 2. 가, 173.4.3의 2. 나 및 173.4.5의 2의 자화기법에 의해 특별히 인용되는 경우에만 인정된다.

173.6 검사

173.6.1 예비 검사

자분탐상검사가 실시되기 전에, 불연속부 폭으로 인해 자분이 모여 유지되지 않을 모든 표면 불연속부 개구부를 찾기 위해 검사표면을 확인하여야 한다.

173.6.2 자화 방향

각 부위에서 최소한 두 번의 별도검사가 실시되어야 한다. 두 번째 검사하는 자화 방향은 첫 번째 검사 시 사용된 자화 방향에 대해 거의 수직이 되어야 한다. 두 번째 검사의 경우 다른 자화기법이 사용될 수 있다.

173.6.3 검사 방법

검사 매체로 사용되는 강자성체 자분은 습식 또는 건식으로 적용할 수 있고, 형광 또는 비형광으로 적용하여도 된다. 검사는 연속법으로 실시하여야 한다.

1. 건식 자분 검사

매체가 적용되고 모든 과잉 검사 매체가 제거되는 동안 자화 전류를 유지시켜야 한다.

2. 습식 자분

자분이 적용된 후에 자화전류를 통전하여야 한다. 자분의 유동은 자화 전류의 적용과 함께 멈추어야 한다. 에어졸 분무용기 또는 펌프 분사기로부터 적용된 습식 자분은 자화 전류가 적용되기 전 및/또는 적용 동안에 적용하여도 된다. 자분을 검사부위에 직접 적용하지 않고 검사부위에 흘리거나 직접 적용하되 집적된 자분이 제거되지 않을 정도의 저속으로 적용된다면, 자화전류를 적용하면서 습식자분을 적용하여도 된다.

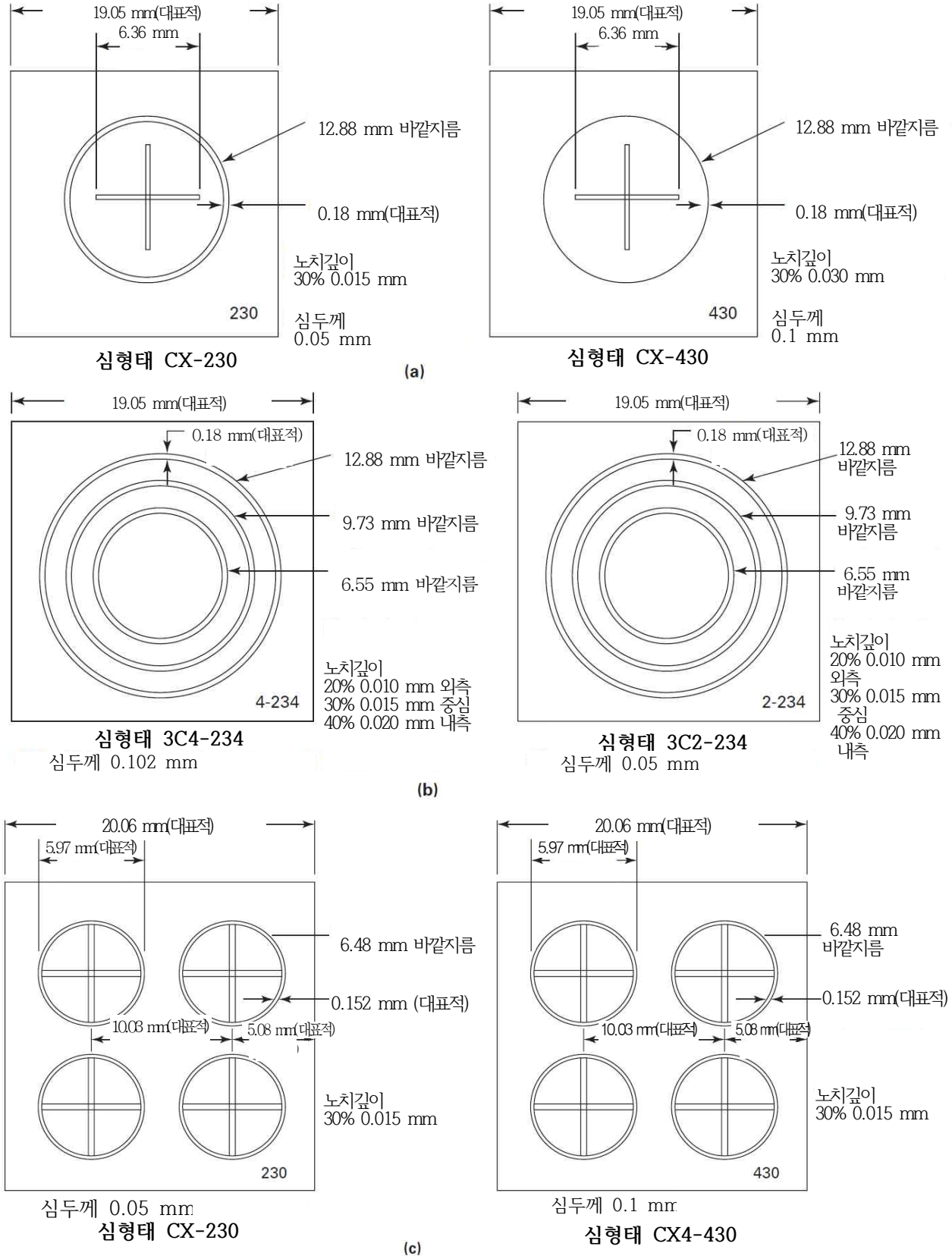


그림173.5.4-2.1 인공결함심

173.6.4 검사 범위

모든 검사는 필요한 감도에서 100% 검사범위를 포함하도록 자장을 충분히 중첩시켜 실시하여야 한다.

173.6.5 정류 전류

1. 자화전류로 직류가 요구될 때, 정류 전류가 사용될 수 있다. 자화에 사용되는 정류 전류는 3상(전파 정류된) 전류 또는 단상(반파 정류된) 전류로 하여야 한다.
2. 3상 전파 정류전류에 필요한 암페어수는 평균전류를 측정하여 실증하여야 한다.
3. 단상 반파 정류전류에 필요한 암페어수는 반 주기 동안의 평균 출력전류를 측정하여 실증하여야 한다.
4. 직류 검사계로 반파 정류전류를 측정할 때는, 읽은 값에 2배를 하여야 한다.

173.6.6 과잉자분의 제거

검사 시 과잉 건식자분의 집적은 벌브 또는 주사기 모양 기기로부터 약한 공기로 제거하거나 기타 저압의 건조한 공기원으로 제거하여야 한다. 검사 전류 또는 전원은 과잉 자분을 제거하는 동안 켜져 있어야 한다.

173.6.7 판독

판독은 지시가 의사지시, 무 관련지시 및 관련지시인지를 식별하여야 한다. 판독을 통해 지시의 특성을 식별하여야 한다.

1. 비형광 자분

   표면 불연속부는 검사표면과 대비되는 자분의 흡착으로 나타난다. 자분의 색은 검사표면의 색과 현저히 달라야 한다. 검사 및 지시를 평가하는 동안 적당한 감도를 보증하기 위해 검사하여야 할 표면에서 흰색광의 최소 강도는 1076 lx가 필요하다. 흰색광원 또는 자연광은 지시를 평가하기 전에 흰색광측정기로 측정하거나 확인된 광원을 사용하여야 한다, 광원의 검증은 1회만 요구되고 이 기록은 문서화하여 관리하여야 한다.

2. 자외선 빛쬠장치를 이용한 형광자분

   형광자분을 사용한 경우, 공정은 자외선 조사장치(UV-A)를 이용하는 것을 제외하면 173.6.7의 1.과 동일하다. 검사는 다음과 같이 실시하여야 한다.

   가. 검사면에 교정된 백색광 측정기로 측정한 주변 밝기가 21.5 lx 이하인 어두운 장소에서 실시하여야 한다.

   나. 검사원은 그들의 눈이 어두운 곳에 적응하도록 검사 전에 적어도 5분 동안 어두운 곳에 있어야 한다. 검사원이 착용하는 안경이나 렌즈는 감광성이 없어야 한다.

   다. 검사 영역은 320 nm ~ 400 nm 범위에서 작동하는 UV-A로 비추어야 한다.

   라. 자외선은 검사하는 전 과정에 걸쳐 검사하는 부분의 표면에 1,000 $\mu W/cm^2$ 이상을 나타내어야 한다.

마. 반사체, 필터, 안경 및 렌즈는 사용 전에 점검하여야 하고, 필요하면 청소를 하여야 한다. 균열이 있거나 부서진 반사체, 필터, 안경 또는 렌즈는 즉시 교체하여야 한다.

바. 자외선의 세기는 사용 전, 전원이 차단되거나 변경되었을 때 마다, 그리고 전체 검사 또는 일련의 검사가 완료되었을 때 자외선 강도계로 측정하여야 한다.

사. 수은증기 아크램프는 형광유도를 위해 주로 365 nm의 피크파장에서 UV-A 파장을 생성한다. 단일 UV-A 또는 UV-A LED를 사용한 LED UV-A는 다른 UV-A와 유사한 방출 특성을 가져야 한다. LED UV-A는 관련 표준의 요건을 만족하여야 한다. LED UV-A 광원은 관련 표준의 요건을 만족하는 것으로 인증되어야 한다.

173.6.8 탈자

부품내의 잔류자장이 후속공정 또는 후속사용을 방해할 우려가 있는 경우, 그 부품은 검사가 완료된 후에 반드시 탈자시켜야 한다.

173.7 평가

1. 모든 지시는 합격기준에 따라 평가하여야 한다.
2. 표면 또는 표면부근의 불연속부는 자분의 부착에 의해 지시가 나타난다. 그러나, 기계가공 흔적 또는 기타 표면조건으로 인한 부분적인 표면 불규칙은 의사지시를 만들 수도 있다.
3. 불연속부로부터의 지시를 가릴 수 있는 넓은 부위의 자분집적을 피하여야 하고, 그러한 부위는 세척하고 재검사하여야 한다.

173.8 문서화

173.8.1 지시의 기록

1. 합격지시

   합격지시는 규정한 대로 기록하여야 한다.

2. 불합격지시

   불합격지시는 기록되어야 하며, 최소한 지시의 종류, 위치 및 범위를 포함하여야 한다.

173.8.2 검사 기록

각 검사에 대해 다음 정보를 기록하여야 한다.

1. 절차서 번호 및 개정번호
2. 자분탐상장비 및 전류의 종류
3. 자분

4. 검사원 성명 및 레벨
5. 지시의 기록
6. 재료 및 두께
7. 조명장치
8. 검사일자

173.8.3 성능 실증

요구되는 경우, 성능 실증이 기록되어야 한다.

174 침투탐상검사

174.1 일반요건

174.1.1 적용

이 절차는 강용접부 및 재료의 균열, 라미네이션(lamination), 탕계, 용접심(weld seam), 겹침(lap), 관통누설, 융합부족과 같은 표면에 개방된 불연속부를 검출하기 위한 침투탐상검사 절차에 적용한다.

1. 침투탐상검사는 최소한 다음의 필수 요건을 포함시킨 인정된 절차서에 따라 실시하여야 한다.
   가. 탐상제의 종류
   나. 표면처리
   다. 침투제 적용방법
   라. 과잉 침투제 제거방법
   마. 유화제의 농도와 교반시간
   바. 현상제의 적용방법
   사. 각 단계의 최소 및 최대시간
   아. 침투제 유지시간의 감소
   자. 현상제 유지시간의 증가
   차. 조명의 최소강도
   카. 검사품 표면온도(10～52℃) 또는 인정범위
   타. 성능검증(요구하는 경우)
2. 절차서 인정
   절차 인정이 규정되어 있을 때에는, 174.1.1의 1항의 요건의 변경은 절차서의 재인정이 요구된다.

174.2 탐상제

침투탐상검사에 사용하는 탐상제는 침투제, 유화제, 용제제거제 또는 세척제 및 현상제 등을 말한다.

174.3 기타 요건

174.3.1 불순물의 관리

니켈기지합금, 오스테나이트계 스테인리스강 및 티타늄에 사용되는 모든 탐상제의 경우 불순물함량에 대한 검사성적서가 확보되어야 한다.

174.3.2 표면처리

1. 일반적으로, 부품의 표면이 용접, 압연, 주조 또는 단조된 상태일 때 만족한 결과가 얻어질 수 있다. 연삭, 기계가공 또는 기타 방법에 의한 표면처리는 표면 불규칙이 불합격 불연속부의 지시를 가리는 경우 요구될 수 있다.
2. 각 침투탐상검사 전에, 검사할 표면 및 최소한 25 ㎜ 이내의 모든 인접부위는 건조되어야 하고, 오물, 그리이스, 보푸라기, 스케일, 용접 플럭스, 용접 스패터, 페인트, 기름, 및 표면 개구부를 불명확하게 하거나 침투탐상검사를 방해할 수 있는 기타 이물질이 없어야 한다.
3. 사용될 수 있는 대표적인 세척제는 세제, 유기용제, 스케일 제거용제, 페인트 제거제이다. 또한 증기 탈지법 및 초음파 세척법이 사용될 수 있다.
4. 세척용제는 174.3.1의 요건을 만족하여야 한다. 사용된 세척법은 검사공정의 중요한 부분이다.

174.3.3 표면처리 후 건조

세척 후, 검사할 표면의 건조는 자연증발로 수행하거나, 온풍강제순환 또는 냉풍강제순환을 함께 수행하여야 한다. 최소 건조시간은 세척용제가 침투제의 적용 전에 세척제가 증발되었다는 것을 확인하도록 설정하여야 한다.

174.4 기법

174.4.1 염색 침투제 또는 형광 침투제는 아래 3가지 침투탐상 공정중의 하나를 사용하여야 한다.

1. 수세성
2. 후유화성
3. 용제제거성

174.4.2 표준온도에서의 기법

표준기법으로서, 침투제 및 검사할 부품표면의 온도는 검사하는 동안 5～52℃ 사이로 유지하여야 한다. 국부가열 또는 냉각은 부품온도가 검사하는 동안에 5～52℃의 범위가 유지된다면 허용된다. 이 온도제한을 만족하는 것이 불가능한 경우, 174.4.3에 따른다면, 다른 온도 및 시간이 사용될 수 있다.

174.4.3 표준온도가 아닌 온도에서의 기법

침투탐상검사를 5～52℃의 온도범위 내에서 실시하는 것이 불가능한 경우, 제안된 온

도보다 낮거나 높은 온도범위에서의 검사절차는 KECS-1201의 3.1(비표준온도에서의 인정시험 기법)에 따라 침투제 및 처리방법의 인정이 필요하다.

174.4.4 기법 제한

형광법과 염색법이 병행될 경우, 형광침투탐상검사는 염색침투탐상검사 보다 먼저 실시하여야 한다. 다른 그룹 또는 제조자가 다른 탐상제의 혼합은 허용되지 않는다. 수세성탐상제를 이용한 재검사는 불순물로 인해 미세한 지시모양이 나타나지 않을 수 있다.

174.5 교정

조도계[가시광선 및 형광(자외선)]는 최소한 1년에 한번 또는 수리할 때마다 교정하여야 한다. 조도계를 1년 이상 사용하지 않았다면, 사용 전에 교정을 실시하여야 한다.

174.6 검사

174.6.1 침투제 적용

침투제는 담금(dipping), 솔질(brushing), 또는 분무(spraying)와 같은 적절한 방법으로 적용할 수 있다. 침투제가 압축 공기장치를 사용하여 분무법으로 적용한다면, 필터는 배관에 모일 수 있는 기름, 물, 오물 또는 침전물에 의한 침투제의 오염을 방지하기 위해 공기 취입구 근처의 위쪽에 설치하여야 한다.

174.6.2 침투시간

최소 침투시간은 표174.6.2-1에서 요구된 시간 또는 특별한 적용을 위해 검증에 의해 인정된 시간을 적용시간대로 하여야 한다.

표174.6.2-1. 최소 유지시간

재료	형상	불연속부의 종류	침투시간. 분(비고)
			침투제
알루미늄, 마그네슘, 강, 황동 및 청동, 티타늄 및 고온합금	주조품 및 용접부	콜드셧(cold shot), 기공, 융합부족, 균열(모든형태)	5
	단련재-압출, 단조, 판재	겹침, 균열(모든형태)	10
카바이트-팁 공구	-	융합부족, 기공, 균열	5
플라스틱	모든형상	균열	5
유리	모든형상	균열	5
세라믹	모든형상	기공, 균열	5

비고. 상기 표의 침투시간은 제품온도범위가 10~52 ℃일 때이며, 제품온도가 5~10 ℃일 때는 최소 침투시간은 표에 기술된 시간의 2배이어야 한다.

174.6.3 과잉 침투제의 제거

규정된 침투시간이 경과된 후, 표면에 잔류한 침투제는 불연속부로부터 침투제의 제

거가 최소화되도록 주의하여 제거하여야 한다.

1. 수세성 침투제

가. 과잉 수세성 침투제는 물 분무기로 제거하여야 한다. 수압은 345 ㎪을 초과하지 않아야 하고, 수온은 43℃를 초과해서는 안 된다.

나. '가'의 대안으로, 수세성 침투액은 침투액 흔적이 거의 없어질 때까지 깨끗하고 마른 보푸라기가 없는 천 또는 흡수성 종이로 닦는 작업을 반복하여 제거해도 된다. 남아있는 흔적은 물을 살짝 적신 천 또는 흡수성 종이로 표면을 닦아 제거해야 한다. 불연속부 내부의 침투제가 제거되는 것을 최소화 하기 위해, 과도한 물 사용은 피하도록 주의해야 한다.

2. 후유화성 침투제

가. 친유성 유화제

요구되는 침투제 유지시간이 지난 후, 표면의 과잉 침투제는 유화제에 부품을 담그거나, 흘림으로써 유화처리를 하여야 한다. 유화시간은 유화제의 종류 및 표면상태에 관련이 있다. 실제 유화시간은 경험적으로 결정하여야 한다. 유화처리 후에, 혼합액은 물에 담그거나 헹궈서 제거하여야 한다. 물의 온도 및 압력은 제조자가 권고한대로 하여야 한다.

나. 친수성 유화제

요구되는 침투제 유지시간이 경과되고 유화처리 전, 부품은 수세성 침투제와 동일한 방법을 사용하여 물 분사로 예비 헹굼을 하여야 한다. 예비헹굼 시간은 2분을 초과해서는 아니 된다. 예비 헹굼 후에, 표면의 과잉 침투제는 친수성유화제에 담그거나 분무시켜 유화처리를 하여야 한다. 액의 농도는 제조자 권고대로 하여야 한다. 유화처리 후, 혼합액은 물에 담그거나, 헹궈서 제거하여야 한다. 물의 온도 및 압력은 제조자의 권고에 따라야 한다.

다. 용제제거성 침투제

과잉의 용제제거성 침투제는 침투제의 흔적이 대부분 제거될 때까지 헝겊 또는 흡수성 종이를 이용하여 닦아내는 작업을 반복하여 제거하여야 한다. 잔류하고 있는 흔적은 용제를 묻힌 헝겊 또는 흡수성 종이로 표면을 가볍게 닦아내어 제거하여야 한다. 불연속부로부터 침투제의 제거를 최소화하기 위해, 용제를 과도하게 사용하지 않도록 주의하여야 한다. 침투제 적용 후와 현상처리 전에, 용제를 표면에 흘리는 것은 금지된다.

174.6.4 과잉 침투제 제거 후의 건조

1. 수세성 기법 또는 후유화성 기법의 경우, 표면의 온도가 상승하여 52℃를 초과하지 않는 한, 표면은 깨끗한 재료로 빨아들이거나 순환공기를 이용하여 건조할 수 있다.

2. 용제제거성 기법의 경우, 표면은 자연증발, 빨아내기(blotting), 닦아내기(wiping), 또

는 강제공기로 건조 시킬 수 있다.

174.6.5 현상

현상제는 침투제 제거 후에 가능한 한 빨리 적용하여야 한다. 그 시간은 절차서에서 규정된 시간을 초과해서는 아니 된다. 현상제의 피막두께가 불충분하면 불연속부의 밖으로 침투제를 끌어내지 못할 수 있고, 현상제의 피막두께가 두꺼우면 지시모양을 가릴 수 있다. 염색침투제를 사용하는 경우에는 습식현상제만을 사용하여야 하고, 형광침투제를 사용하는 경우에는 습식 또는 건식현상제가 사용될 수 있다.

1. 건식현상제의 적용

건식현상제는 부드러운 솔, 수동식 분무기, 가루 살포기, 또는 기타 방법을 이용하여 가루가 검사할 표면 전체에 균일하게 도포될 수 있도록 건조된 표면에만 적용하여야 한다.

2. 습식현상제의 적용

검사면에 현탁형 습식현상제를 적용하기 전에, 현탁된 입자가 잘 분산되도록 현상제를 충분히 교반하여야 한다.

가. 수성현상제의 적용

수성현상제는 습한 표면 또는 건조한 표면 양쪽 모두에 적용할 수 있다. 얇은 현상제 피복이 검사할 전체 표면에 형성된다면, 현상제를 담금, 솔질, 분무, 또는 기타 방법을 이용하여 적용하여야 한다. 부품의 표면온도가 상승하여 52℃를 초과하지 않는 한, 건조시간은 따뜻한 공기를 사용하여 단축할 수 있다. 빨아들이기(blotting)는 허용되지 않는다.

나. 비수성현상제의 적용

비수성현상제는 안전 또는 접근의 제한으로 인해 분무법을 배제하는 경우를 제외하고는 분무법으로 적용해야 한다. 분무법이 배제되는 경우 현상제는 솔질에 의해 적용할 수 있다. 수세성 또는 후유화성 침투제의 경우, 현상제는 건조한 표면에 대해서 적용해야 한다. 용제 제거성 침투제의 경우, 현상제는 가능한 한 과잉침투제가 제거된 후 바로 적용해야 하고 건조는 자연증발로 하여야 한다.

다. 현상시간

최종 판독을 위한 현상 시간은 건식 현상제를 적용한 직후 또는 습식 현상제의 현상막이 건조하자마자 시작된다.

174.6.6 판독

1. 최종 판독

최종 판독은 174.4.3에 따라 인정되지 않는다면, 174.6.5의 3의 요건을 만족한 후 10~60분 이내에 실시하여야 한다. 흡출(bleed out)이 검사결과를 변화시키지 않는다면, 좀더 긴 시간도 허용된다. 검사할 표면이 규정된 또는 설정된 시간 내에 완전한 검사가 불가능할 정도로 아주 큰 제품인 경우, 검사는 단계적으로 실시하여야 한다.

2. 지시의 특징

침투제가 현상제 내에 과잉으로 퍼져 있다면 불연속부의 형태는 평가하기 어렵다. 이러한 상태가 발생한 경우, 현상제를 적용하는 동안에도 지시 형상에 대하여 자세한 관찰을 하여야 한다.

3. 염색침투제

염색침투제를 사용하는 경우, 현상제는 적당히 균일한 흰색피막을 형성한다. 표면 불연속부는 일반적으로 현상제를 착색하는 짙은 붉은 색으로 침투제의 흡출에 의해 나타난다. 옅은 분홍색의 지시는 과도한 세척을 의미할 수도 있다. 부적절한 세척은 판독을 어렵게 하는 과도한 배경색을 남길 수 있다. 검사 및 지시를 평가하는 동안 적절한 감도를 확인할 수 있도록 검사할 표면에 최소 1076 lx의 조명강도가 필요하다.

빛의 강도, 자연광 또는 보조 백색광원은 지시를 평가하기 전에 백색광측정기로 측정하거나 확인된 광원을 사용하여야 한다. 광원의 확인은 1회만 요구되고, 이 기록은 문서화하여 관리하여야 한다.

4. 형광침투제

형광침투제를 사용하는 경우, 절차는 자외선(UV-A) 조사장치를 사용하는 것 이외에 기본적으로 174.6.6의 3과 같다. 판독은 다음과 같이 실시하여야 한다.

가. 검사면에 교정된 백색광 측정기로 측정한 주변 밝기가 21.5 lx 이하인 어두운 장소에서 실시하여야 한다.

나. 검사원은 눈이 어두운 곳에서 보기에 적응할 수 있도록 검사를 하기 전에 적어도 5분 동안 어두운 곳에 있어야 한다. 검사원이 착용하는 안경이나 렌즈는 감광성이 없어야 한다.

다. 검사 영역은 320 nm ~ 400 nm 범위에서 작동하는 UV-A로 비추어야 한다.

라. 자외선은 검사하는 전 과정에 걸쳐 검사하는 부분의 표면에 1,000 $\mu W/cm^2$ 이상을 나타내어야 한다.

마. 반사체, 필터, 안경 및 렌즈는 사용 전에 점검하여야 하고, 필요하면 청소를 하여야 한다. 균열이 있거나 부서진 반사체, 필터, 안경 또는 렌즈는 즉시 교체하여야 한다.

바. 자외선의 세기는 사용 전, 전원이 차단되거나 변경되었을 때 마다, 그리고 전체 검사 또는 일련의 검사가 완료되었을 때 자외선 강도계로 측정하여야 한다.

사. 수은증기 아크램프는 형광유도를 위해 주로 365 nm의 피크파장에서 UV-A 파장을 생성한다. 단일 UV-A 또는 UV-A LED를 사용한 LED UV-A는 다른 UV-A와 유사한 방출 특성을 가져야 한다. LED UV-A는 관련 표준의 요건을 만족하여야 한다. LED UV-A 광원은 관련 표준의 요건을 만족하는 것으로 인증되어야 한다.

174.6.7 검사 후처리

검사 후처리가 요구되는 경우, 평가 및 문서화 직후 부품에 악영향을 주지 않는 방법을 이용하여 가능한 한 빨리 실시하여야 한다.

174.7 평가

1. 모든 지시는 참조규격의 합격표준을 근거로 평가하여야 한다.
2. 표면에 있는 불연속부는 침투제의 흡출에 의해 나타난다. 그러나, 기계가공 흔적 또는 다른 표면상태에 의한 부분적인 표면 불규칙은 의사 지시를 만들 수도 있다.
3. 불연속부의 지시모양을 가릴 수 있는 형광제 또는 염색제의 넓게 퍼진 부위는 검사과정이 부적절하므로, 그러한 부위는 세척하고 재검사하여야 한다.

174.8 문서화

174.8.1 지시의 기록

1. 합격지시
   합격지시는 규정한 대로 기록하여야 한다.
2. 불합격지시
   불합격지시는 기록되어야 하며, 최소한 지시의 종류, 위치 및 범위를 포함하여야 한다.

174.8.2 검사 기록 각 검사에 대해 다음 사항을 기록하여야 한다.

1. 절차서 번호 및 개정번호
2. 탐상제의 종류(염색 또는 형광)
3. 사용 침투제, 제거제, 유화제 및 현상제의 종류
4. 검사요원 성명 및 레벨
5. 지시의 기록
6. 재료 및 두께
7. 조명기구
8. 검사일자

175 육안검사

175.1 적용범위

이 절차는 기준에서 육안검사를 요구하는 경우 적용하는 육안검사 방법과 요건을 규정한다.

175.2 일반사항

175.2.1 문서화된 절차서 요건

1. 요건

육안검사는 최소한 표175.2에 수록된 요건을 포함하는 문서화된 절차서에 따라 수행되어야 한다. 문서화된 절차서에는 각 요건에 대한 단일값 또는 어떤 범위의 값이 설정되어 있어야 한다.

2. 절차서 인정

표175.2에서 필수변수로 지정된 요건의 특정값 또는 값들의 범위를 변경하는 경우에는 실증에 의한 문서화된 절차서 재인정이 요구된다. 비필수변수로 지정된 요건의 특정값 또는 값들의 범위를 변경하는 경우에는 문서화된 절차서 재인정이 요구되지 않는다. 문서화된 절차서에 규정된 필수 또는 비필수변수의 특정값 또는 값들의 범위를 변경하는 경우에는 문서화된 절차서의 개정이 요구된다.

3. 절차서 검증

절차서는 검사절차서가 적합한지 여부를 실증하기 위해 사용된 보고서를 포함하거나 인용하여야 한다. 일반적으로 검사대상 검사체 표면 또는 이와 유사한 표면에 위치한 폭이 0.8 mm(1/32 in.) 이하인 미세한 선, 인공 결함 또는 모의 조건이 절차서의 검증방법으로 고려될 수 있다. 절차서를 검증하기 위해 이와 같은 상태 또는 인공 결함은 검사대상 부위 중에서 인지하기가 가장 어려운 위치에 있어야 한다.

175.3 장비

직접육안검사, 원격육안검사 또는 투시법(transluscent)에 사용된 장비는 절차서에 규정된 성능을 가져야 한다. 성능은 적용 기준의 요건에 따라 관찰대상을 관찰, 확대, 식별, 측정 및/또는 기록하는 것 등을 포함한다.

표175.2 육안검사 절차서 요건

요건(해당 시)	필수변수	비필수변수
사용된 기법의 변경	...	...
직접육안검사에서 투시육안검사로, 또는 투시육안검사에서 직접육안검사로 변경	○	...
직접육안검사에서 간접육안검사로 변경	○	...
간접육안검사 보조도구	○	...
필요시, 검사원의 기량요건	○	...
조명 강도 (감소시만 해당됨)	○	...
검사품의 형상과 모재의 가공형태(관, 판재, 단조 등)	...	○
조명장치	...	○
표면준비에 사용된 방법이나 기구	...	○
직접육안검사 기법에 사용된 장치나 기구	...	○
검사 순서	...	○

175.4 기법

175.4.1 적용

육안검사는 일반적으로 검사품의 표면상태, 접합면의 배열상태, 형상 또는 누설의 증거와 같은 것을 판정하는데 적용한다. 추가로 복합재료(투명 엷은 재료)의 표면직하 상태 결정에도 적용한다.

175.4.2 직접육안검사

직접육안검사는 일반적으로 검사 표면과 눈과의 거리가 610 ㎜(24 in.) 이내이고 눈과 검사 표면과의 각도가 30° 보다 크도록 충분히 접근할 수 있을 때 수행한다. 시각(視角)을 개선하기 위해 거울을 사용하거나 검사에 도움을 주는 확대경과 같은 보조기구를 사용 할 수 있다. 검사할 특정부품, 구조물, 용기나 이들의 일부에 대해 조명(자연조명 또는 보조 흰색등)이 필요하며, 검사 표면/현장에서의 최소 조도는 1000 lx(100 fc)이어야 한다. 광원, 사용기법, 조도 확인은 오직 한번의 검증이 필요하며 이를 문서화하여 문서철로 보관하여야 한다.

175.4.3 간접육안검사

어떠한 경우에는 직접육안검사를 간접육안검사로 대체해서 사용해도 무방하다. 간접육안검사는 거울, 망원경, 보어 스코프, 파이버스코프, 카메라 또는 기타 적절한 기구 등과 같은 시각 보조도구를 사용해도 좋다. 이와 같은 장치는 직접 육안관찰로 얻을 수 있는 동등 이상의 분해능과 빛의 강도를 가져야 한다.

175.4.4 투시육안검사

투시육안검사는 직접육안검사의 보조검사이다. 투시육안검사법은, 지향성 조명을 발하는 인공조명 보조기구를 사용한다. 이 조명기구는 검사 중에 일정 영역이나 구역에 균일하게 빛을 비추고 분산시키는 강도의 빛을 제공한다. 주변 불빛은 검사 중에 표면에서 번쩍거리거나 반사되는 것이 없도록 조종해야 하고, 검사 중에 일정 영역이나 구역에 비춰진 조명보다 세기가 낮아야 한다. 인공조명은 반투명인 판의 두께에 관계없이 빛을 쬘 수 있는 충분한 세기를 갖추어야 한다.

175.5 평가

175.5.1 모든 검사는 적용 기준의 합격기준에 따라 평가하여야 한다.

175.5.2 육안검사를 계획하고 요구된 육안관찰이 수행되었는지를 확인하기 위해서 검사점검표를 사용하여야 한다. 이 검사점검표는 제작자가 공정중 수행할 최소 검사요건을 정하지만 제작자가 최대 검사요건을 정하지는 않는다.

175.6 문서화

175.6.1 비파괴검사 보고서

1. 비파괴검사 보고서에는 다음의 정보가 포함되어야 한다.

가. 검사일자
나. 사용한 절차서 식별번호 및 개정번호
다. 사용된 기법
라. 검사결과
마. 비파괴검사원 식별, 및 적용 기준이 요구할 경우 자격등급
바. 검사를 한 부품이나 기기의 식별

2. 비록 육안검사 과정에서 판정에 도움이 될 수 있는 치수 등은 기록되어야 하지만 모든 관찰 내용이나 치수 점검에 대한 증빙은 필요하지 않다. 적용 기준에 규정되어 있는 모든 관찰내용 및 치수점검 결과는 포함되어야 한다.

175.6.2 기록의 보관

기록은 적용 기준의 요건에 따라 보관해야 한다.

176 누설시험

176.1 적용범위

1. 이 기준은 누설시험을 수행하기 위한 요건을 규정한다.
2. 이 기준의 누설시험 방법 또는 기법을 적용할 경우, 170.1~170.7의 요건과 함께 사용하여야 한다.
3. 이 기준의 시험방법 또는 기법은 누설위치 또는 누설율 측정에 사용할 수 있다. 이 기준의 특정 시험방법 또는 기법은 이 기준에서 명시되지 않은 기준을 준용할 수 있다.

176.2 일반사항

176.2.1 문서화된 절차서 요건

176.2.2 요건

1. 문서화된 절차서에 따라 누설시험을 수행하여야 한다.
2. 문서화된 절차서에는 각 요건에 대한 단일 값 또는 값의 범위를 설정하여야 한다.

176.2.3 절차서 인정

1. 적용 기준에서 절차서 인정을 명시할 경우, 각 누설시험 방법 또는 기법에 명시된 시험 절차서의 필수요건이 변경되면 절차서를 검증하여 재인정하여야 한다.

176.2.4 적용 기준

1. 누설시험 방법이나 기법을 규정하는 경우, 다음 사항이 규정되어 있어야 한다.

가. 검사원의 자격인정/인증 요건
나. 기법/교정 표준
다. 검사의 범위
라. 허용 가능한 검사감도 또는 누설율

마. 보고서 요건

바. 기록의 보존

176.3 장비

176.3.1 게이지(gages)

1. 게이지 범위

누설시험에 다이얼 지시게이지 및 기록형 압력계를 사용하는 경우, 압력게이지의 범위는 지정된 최대압력의 약 2배를 가지는 것이 좋으며, 어떠한 경우에도 압력게이지의 범위는 지정된 최대압력의 $1^1/_2$배 미만 또는 4배를 초과하지 해서는 안 된다. 이 범위제한은 다이얼 지시게이지와 기록 진공 게이지에는 적용되지 않는다.

2. 게이지 위치

기기에 대해 압력/진공 누설시험을 수행할 때, 다이얼 지시 게이지는 기기를 가압, 진공화, 검사, 감압 및 공기배출하는 동안 압력/진공을 조절하는 검사원이 게이지를 쉽게 읽을 수 있도록 기기에 직접 연결하거나 또는 원격위치에 연결하여야 한다. 하나 이상의 게이지가 지정되거나 요구되는 대형 용기 또는 시스템의 경우, 기록형 게이지가 권장되며, 두 개 이상의 지시형 게이지 중 하나를 대신해도 된다.

3. 누설시험 방법 또는 기법에 따라 다른 형태의 게이지를 요구 시, 그 게이지는 함께 사용되거나 다이얼 지시형 또는 기록형 게이지 대신 사용해도 된다.

176.4 기타 요건

176.4.1 청결도

1. 시험할 대상의 표면은 누설을 가릴 수 있는 기름, 그리스(grease), 페인트 또는 다른 오염 물질이 없어야 한다. 누설시험 이전에 수압시험 또는 수기압 시험을 하거나 또는 액체를 이용하여 기기를 세척하였을 경우 누설시험을 수행하기 전에 기기를 건조시켜야 한다.

176.4.2 개구부

1. 모든 개구부는 검사가 완료된 후에 완벽하게 제거가 용이한 플러그(plug), 덮개, 밀봉 왁스(sealing wax), 시멘트 또는 기타 적합한 밀봉 재료를 사용하여 밀봉시켜야 한다. 밀봉재료는 추적가스가 없어야 한다.

176.4.3 온도

1. 누설시험 중에 모든 기기의 최저 금속온도는 압력기기 또는 부품의 수압, 수기압 또는 기압검사를 위해 누설시험 방법 또는 기법에 따라 규정한 온도 또는 적용기준에서 규정한 온도이어야 한다. 누설시험을 수행하는 동안 최소 또는 최대 온도는 적용하는 누설시험 방법 또는 기법에서 허용하는 온도를 초과하여서는 안 된다.

176.4.4 압력/진공(압력 한계)

1. 누설시험 방법 또는 기법, 적용 기준에서 규정하지 않을 경우, 누설시험 시 기기에 가하는 압력은 설계 압력의 1.25배를 초과해서는 안 된다.

176.5 절차

176.5.1 예비 누설시험

1. 감도가 민감한 누설시험을 수행하기 전에, 예비시험을 실시하여 대량 누설을 탐지하고 사전에 조치를 취해도 된다.

176.5.2 시험순서

1. 누설시험은 수압시험 또는 수기압시험을 하기 전에 수행하는 것을 권장한다.

176.6 교정

176.6.1 압력/진공 게이지

1. 누설시험에 사용되는 모든 다이얼 지시형 및 기록형 게이지는 표준사하중(deadweight) 시험기, 교정된 기준(master) 게이지 또는 수은주와 비교하여 교정하고, 적용 기준, 누설검사 방법 또는 기법에서 규정하지 않을 경우 사용시 1년에 최소 한번은 재교정하여야 한다. 사용하는 모든 게이지는 제조사가 명시한 정확도에 있어야 하고, 오류가 있으면 재교정하여야 한다.
2. 만약 누설시험 방법 또는 기법에서 다른 형태의 다이얼 지시형 또는 기록형 게이지를 요구하는 경우, 그 게이지는 해당 누설시험 방법 또는 기법의 요건에 따라 교정하여야 한다.

176.6.2 온도측정 장비

1. 적용 기준, 누설검사 방법 또는 기법에서 온도 측정을 요구할 경우에 온도측정 장비는 그 장비를 규정하는 기준, 누설시험 방법 또는 기법의 요건에 따라 교정하여야 한다.

176.7 누설표준 교정

176.7.1 저장조 누설표준

1. 이 누설표준은 누설에 연결된 추적가스 저장조가 있어야 한다. 누설표준은 다음과 같아야 한다.
   가. 이 누설표준은 적용 기준에서 규정하는 범위의 누설율과 추적가스 종류를 가져야 하며, 규정되어 있지 않은 경우에는 누설검사 방법 또는 기법에 따라야 한다.
   나. 이 누설표준은 진공 또는 공기환경의 101 kPa을 방출하여 시험 적용 또는 기기 유형과 일치하도록 교정하여야 한다.

176.7.2 비저장조 누설표준

1. 이 누설표준은 추적가스를 공급하도록 내재되어 있지 않다. 누설표준은 다음과 같아야 한다.
   가. 이 누설표준은 적용 기준에서 규정하는 범위의 누설율과 추적가스 종류를 가져야 하며, 또는 규정하지 않을 경우에는 누설검사 방법 또는 기법에 따라야 한다.
   나. 이 누설표준은 진공 또는 공기환경의 절대압 101 kPa을 방출하여 시험 적용 또는 기기 유형과 일치하도록 교정하여야 한다.
   다. 이 누설표준은 101 kPa(1 atm, 14.7 psi)의 누설에 대한 압력차 또는 특정시험절차에 사용되는 차압을 나타내는 차압으로 한다.

176.8 시험

1. 시험방법은 각 누설시험 방법 또는 기법에 따라 수행한다.

176.9 평가

176.9.1 합격기준

1. 적용 기준에서 별도로 규정하지 않을 경우, 각 누설시험 방법 또는 기법에 대해 주어진 합격기준을 적용해야 한다.

176.10 문서화

176.10.1 시험 보고서

1. 시험보고서는 해당 검사 또는 기법별로 최소한 다음과 같은 정보를 포함해야 한다.
   가. 시험 일자
   나. 시험자의 인증 자격등급 및 성명
   다. 시험절차서(번호) 및 개정번호
   라. 시험방법 또는 기법
   마. 시험결과
   바. 기기 식별
   사. 시험장치, 표준누설 및 재료 식별
   아. 시험조건, 시험압력, 추적가스 및 가스농도
   자. 게이지 : 제조사, 모델, 범위 및 식별번호
   차. 온도측정 기기 및 식별번호
   카. 방법 또는 기법의 설정을 나타내는 스케치

176.10.2 기록의 보관

1. 시험보고서는 적용 기준 요건에 따라 유지하여야 한다.

(180 발전설비 내진)

181 내진등급 및 관리등급

발전시설의 내진등급 및 시설물 관리등급은 시설 중요도에 따라서 ‘내진특등급’, ‘내진I등급’ 2가지로 분류하며, 발전설비 용량별로 ‘핵심시설’, ‘중요시설’, ‘일반시설’의 3종류로 구분하여 관리한다.

표 181-1 내진등급 및 내진 대상 시설물의 관리등급

내진등급	관리등급	적용 대상 발전시설
‘특’ 등급	핵심시설	- 2017.10.1. 이후 신규 인허가를 취득한 발전시설로서, 사업구역 내 총 설비용량[1)]이 3GW를 초과하는 시설
‘특’ 등급	중요시설	- 2017.10.1. 이후 신규 인허가를 취득한 발전시설로서, 사업구역 내 총 설비용량[1)]이 20MW 초과 3GW 이하인 시설 - 2017.10.1. 이전 인허가를 취득한 발전시설로서, 사업구역 내 총 설비용량[1)]이 20MW를 초과하는 시설(해당 시설이 2017. 10. 1.이후 같은 사업구역 내에서 증설되어 그 총 설비용량의 합이 3GW를 초과하는 경우 포함)
‘Ⅰ’ 등급	일반시설	- 사업구역내 총 설비용량[1)]이 20MW 이하인 발전시설(해당 시설이 2017. 10. 1.이후 같은 사업구역 내에서 증설되어 그 총 설비용량의 합이 20MW를 초과하는 경우 포함)

주 1) 사업구역 내 총 설비용량의 확인 : ‘전기사업허가’(전기사업법), ‘전원개발사업 실시계획의 승인’(전원개발촉진법), ‘산업단지실시계획의 승인’(산업입지 및 개발에 관한 법률) 등에 의하여 발전설비를 설치·운용하기 위한 사업구역 내 설비용량

182 내진성능수준

발전시설의 관리등급별 내진성능수준은 ‘기능수행’, ‘즉시복구’, ‘장기복구/인명보호’, ‘붕괴방지’로 분류하고, 각 설계지진에 대하여 최소 다음의 내진성능을 만족하도록 하며, 세부적인 사항은 관계 법령에서 정하는 시설별 내진설계기준에 따른다.

표 182-1 시설물의 최소 내진성능수준

설계지진 재현주기	설계지진 (유효수평지반가속도)	내진성능수준			
		기능수행	즉시복구	장기복구 /인명보호	붕괴방지
100년	0.063(g) 이상	일반시설			
200년	0.08(g) 이상	핵심·중요시설	일반시설		
500년	0.11(g) 이상		핵심·중요시설	일반시설	
1000년	0.154(g) 이상			핵심·중요시설	일반시설
2400년	0.22(g) 이상				중요시설
4800년	0.3(g) 이상				핵심시설
비고) 설계지진의 유효수평지반가속도는 지진구역(Ⅰ)을 기준으로 산정한 값이다.					

183 내진설계 및 내진성능평가

183.1 내진설계

발전설비에 대해 내진설계를 하는 경우,「지진・화산재해대책법」시행령 제10조의2(내진설계기준 공통적용사항)를 반영한 관계 법령에서 정하는 시설별 내진설계기준을 따른다. 다만 설비 정착부에 대한 내진설계를 하는 경우, “발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진설계지침”을 적용할 수 있다.

183.2 내진성능평가

「지진 · 화산재해대책법」제15조(기존 시설물의 내진보강계획 수립 등)에 따라, 발전설비의 내진설계기준이 강화되어 기존 시설물을 대상으로 내진성능을 평가하여야 하는 경우, “발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진성능평가 지침” 및 “발전용 수력 및 화력시설 기존 건축물 내진성능평가 지침”을 참조할 수 있다. 다만, 전력수급기본계획에 의거 폐지가 결정된 잔존수명 5년 이하의 시설물 또는 재건축 등이 예정된 시설물은 내진성능평가 대상에서 제외한다.

2. 저압 전기설비

(200 통칙)

201 적용범위

교류 1 kV 또는 직류 1.5 kV 이하인 저압의 전기를 공급하거나 사용하는 전기설비에 적용하며 다음의 경우를 포함한다.

1. 전기설비를 구성하거나, 연결하는 선로와 전기기계기구 등의 구성품
2. 저압 기기에서 유도된 1 kV 초과 회로 및 기기(예: 저압 전원에 의한 고압방전등, 전기집진기 등)

202 배전방식

202.1 교류 회로

1. 3상 4선식의 중성선 또는 PEN 도체는 충전도체는 아니지만 운전전류를 흘리는 도체이다.
2. 3상 4선식에서 파생되는 단상 2선식 배전방식의 경우 두 도체 모두가 선도체이거나 하나의 선도체와 중성선 또는 하나의 선도체와 PEN 도체이다.
3. 모든 부하가 선간에 접속된 전기설비에서는 중성선의 설치가 필요하지 않을 수 있다.

202.2 직류 회로

PEL과 PEM 도체는 충전도체는 아니지만 운전전류를 흘리는 도체이다. 2선식 배전방식이나 3선식 배전방식을 적용한다.

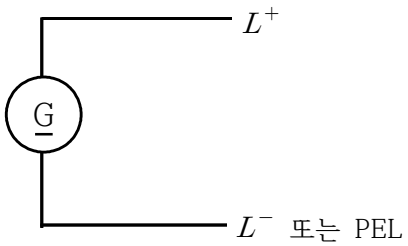


그림 202.2-1 2선식

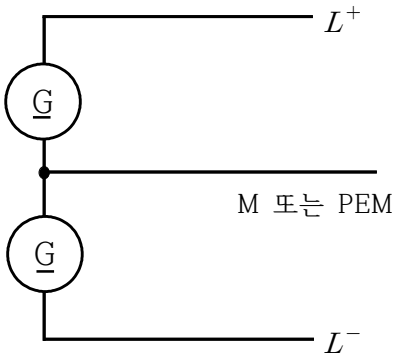


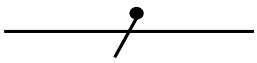
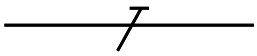
그림 202.2-2 3선식

203 계통접지의 방식

203.1 계통접지 구성

1. 저압전로의 보호도체 및 중성선의 접속 방식에 따라 접지계통은 다음과 같이 분류한다.
   가. TN 계통
   나. TT 계통
   다. IT 계통
2. 계통접지에서 사용되는 문자의 정의는 다음과 같다.
   가. 제1문자－전원계통과 대지의 관계
      T: 한 점을 대지에 직접 접속
      I: 모든 충전부를 대지와 절연시키거나 높은 임피던스를 통하여 한 점을 대지에 직접 접속
   나. 제2문자－전기설비의 노출도전부와 대지의 관계
      T: 노출도전부를 대지로 직접 접속. 전원계통의 접지와는 무관
      N: 노출도전부를 전원계통의 접지점(교류 계통에서는 통상적으로 중성점, 중성점이 없을 경우는 선도체)에 직접 접속
   다. 그 다음 문자(문자가 있을 경우)－중성선과 보호도체의 배치
      S: 중성선 또는 접지된 선도체 외에 별도의 도체에 의해 제공되는 보호 기능
      C: 중성선과 보호 기능을 한 개의 도체로 겸용(PEN 도체)
3. 각 계통에서 나타내는 그림의 기호는 다음과 같다.

표 203.1-1 기호 설명

기호 설명	
	중성선(N), 중간도체(M)
	보호도체(PE)
	중성선과 보호도체겸용(PEN)

203.2 TN 계통

전원측의 한 점을 직접접지하고 설비의 노출도전부를 보호도체로 접속시키는 방식으로 중성선 및 보호도체(PE 도체)의 배치 및 접속방식에 따라 다음과 같이 분류한다.

1. TN-S 계통은 계통 전체에 대해 별도의 중성선 또는 PE 도체를 사용한다. 배전계통에서 PE 도체를 추가로 접지할 수 있다.

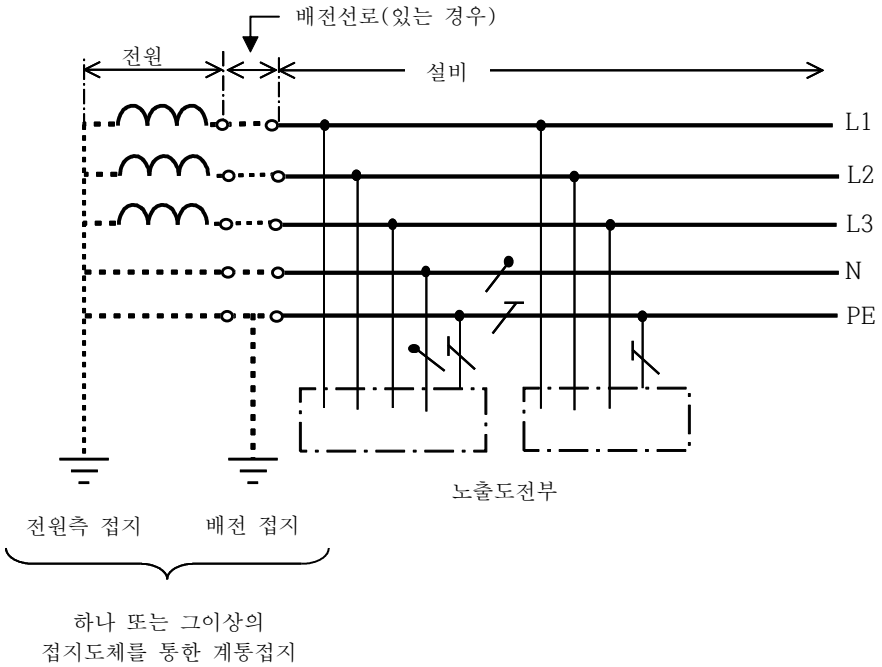


그림 203.2-1 계통 내에서 별도의 중성선과 보호도체가 있는 TN-S 계통

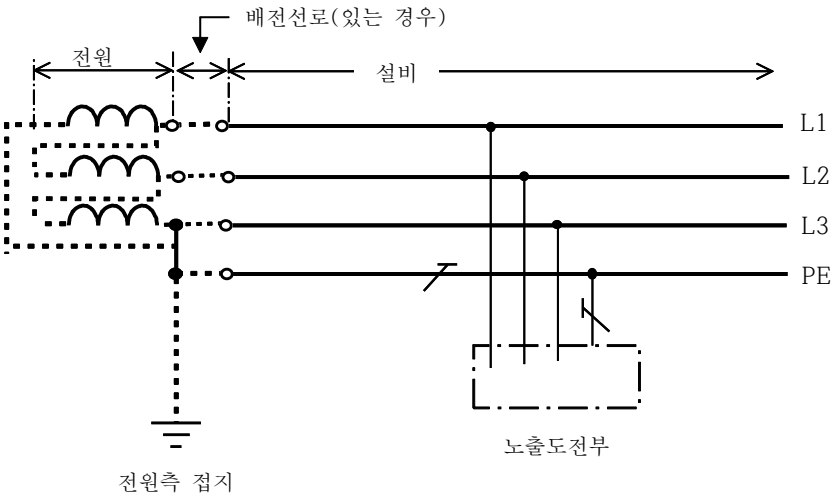


그림 203.2-2 계통 내에서 별도의 접지된 선도체와 보호도체가 있는 TN-S 계통

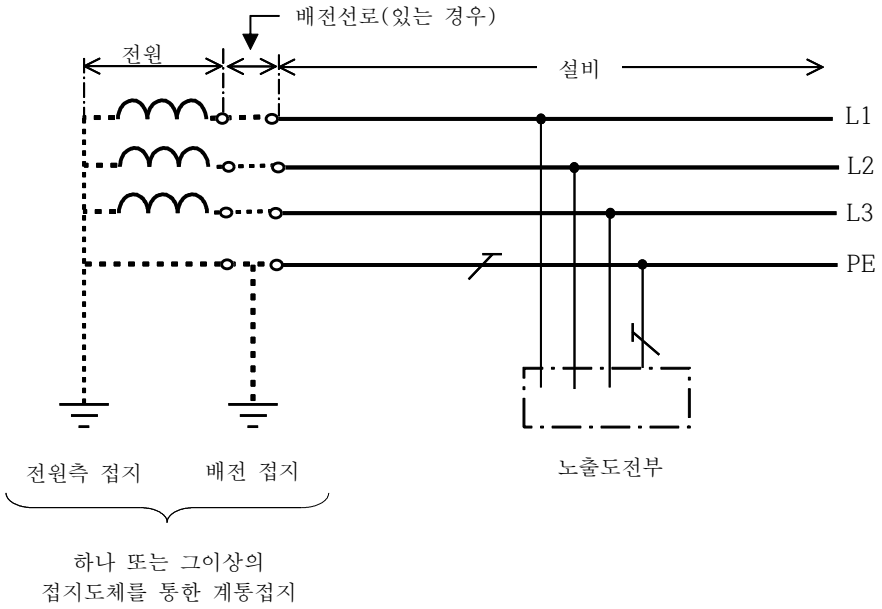


그림 203.2-3 계통 내에서 접지된 보호도체는 있으나 중성선의 배선이 없는 TN-S 계통

2. TN-C 계통은 그 계통 전체에 대해 중성선과 보호도체의 기능을 동일도체로 겸용한 PEN 도체를 사용한다. 배전계통에서 PEN 도체를 추가로 접지할 수 있다.

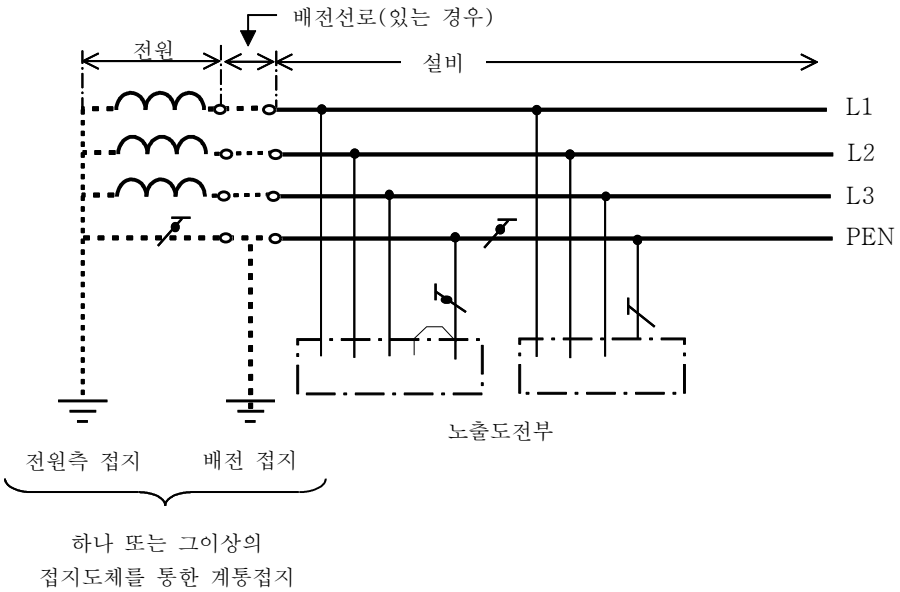


그림 203.2-4 TN-C 계통

3. TN-C-S계통은 계통의 일부분에서 PEN 도체를 사용하거나, 중성선과 별도의 PE 도체를 사용하는 방식이 있다. 배전계통에서 PEN 도체와 PE 도체를 추가로 접지할 수 있다.

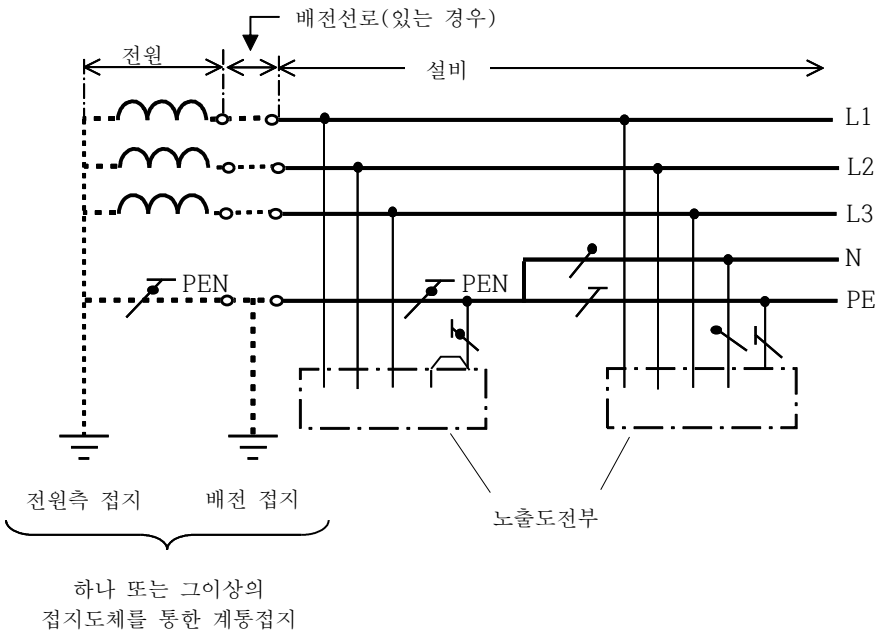


그림 203.2-5 설비의 어느 곳에서 PEN이 PE와 N으로 분리된 3상 4선식 TN-C-S 계통

203.3 TT 계통

전원의 한 점을 직접 접지하고 설비의 노출도전부는 전원의 접지전극과 전기적으로 독립적인 접지극에 접속시킨다. 배전계통에서 PE 도체를 추가로 접지할 수 있다.

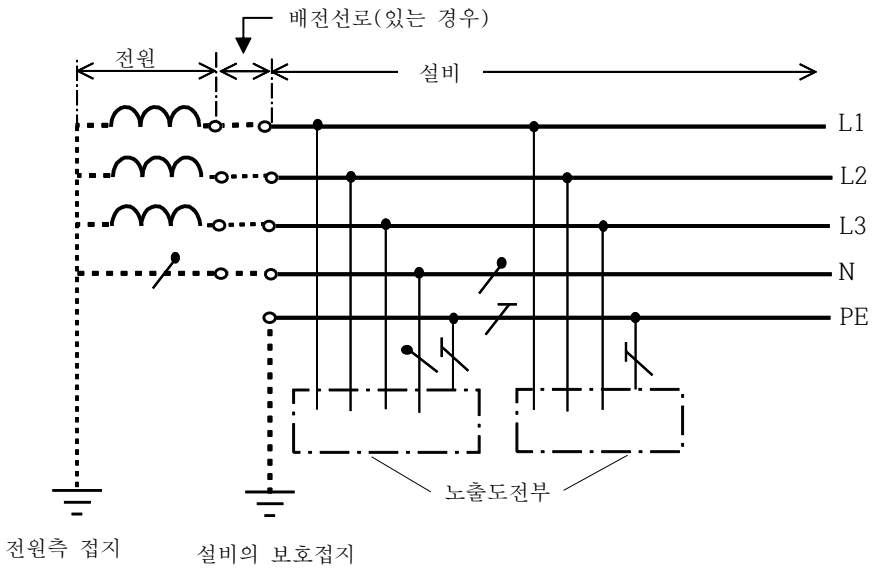


그림 203.3-1 설비 전체에서 별도의 중성선과 보호도체가 있는 TT 계통

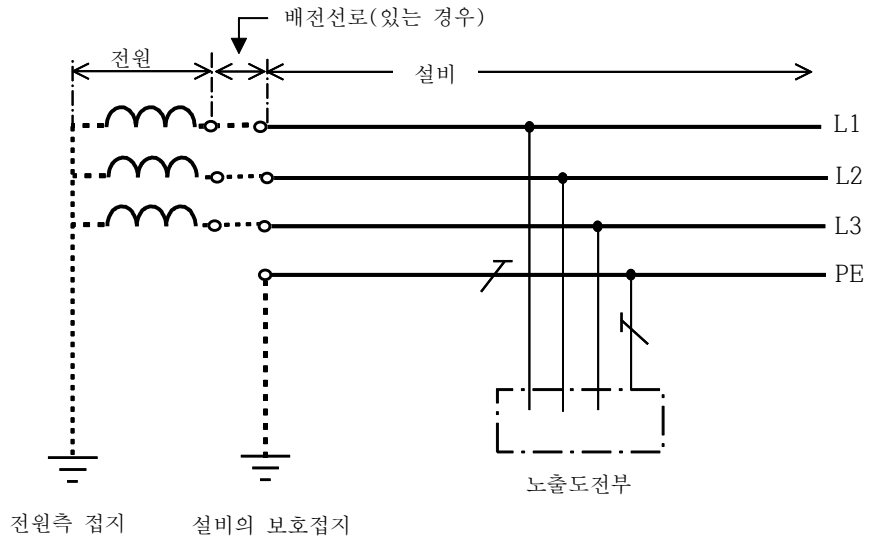


그림 203.3-2 설비 전체에서 접지된 보호도체가 있으나 배전용 중성선이 없는 TT 계통

203.4 IT 계통

1. 충전부 전체를 대지로부터 절연시키거나, 한 점을 임피던스를 통해 대지에 접속시킨다. 전기설비의 노출도전부를 단독 또는 일괄적으로 계통의 PE 도체에 접속시킨다. 배전계통에서 추가접지가 가능하다.
2. 계통은 높은 임피던스를 통하여 접지할 수 있다. 이 접속은 중성점, 인위적 중성점, 선도체 등에서 할 수 있다. 중성선은 배선할 수도 있고, 배선하지 않을 수도 있다.

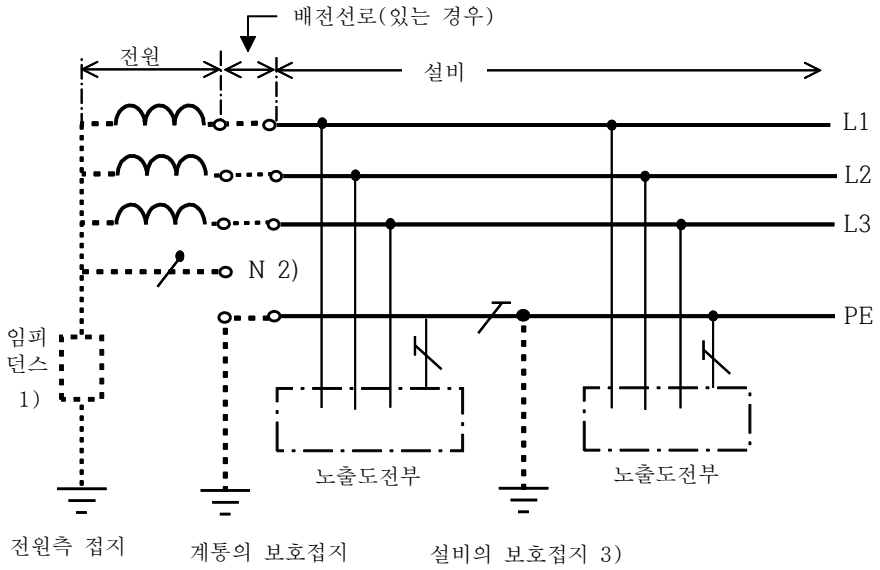


그림 203.4-1 계통 내의 모든 노출도전부가 보호도체에 의해 접속되어 일괄 접지된 IT 계통

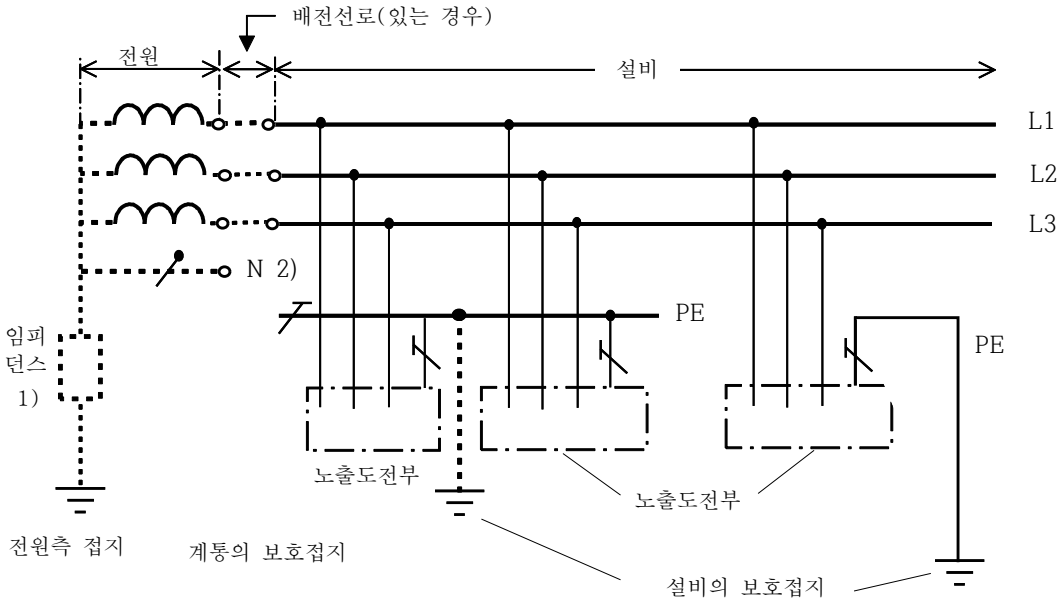


그림 203.4-2 노출도전부가 조합으로 또는 개별로 접지된 IT 계통

203.5 직류계통

직류계통의 계통접지 방식으로 그림 203.5-1～203.5-10까지는 직류계통의 특정 극을 접지하고 있지만 양극 또는 음극의 어느 쪽을 접지하는가는 운전환경, 부식방지 등을 고려하여 결정하여야 한다.

203.5.1 TN-S 계통

전원측 선도체 또는 중간도체의 한 점을 직접 접지하고, 설비의 노출도전부는 보호도체를 통해 그 점에 접속한다. 설비 내에서 별도의 보호도체가 사용된다. 설비 내에서 보호도체를 추가로 접지할 수 있다.

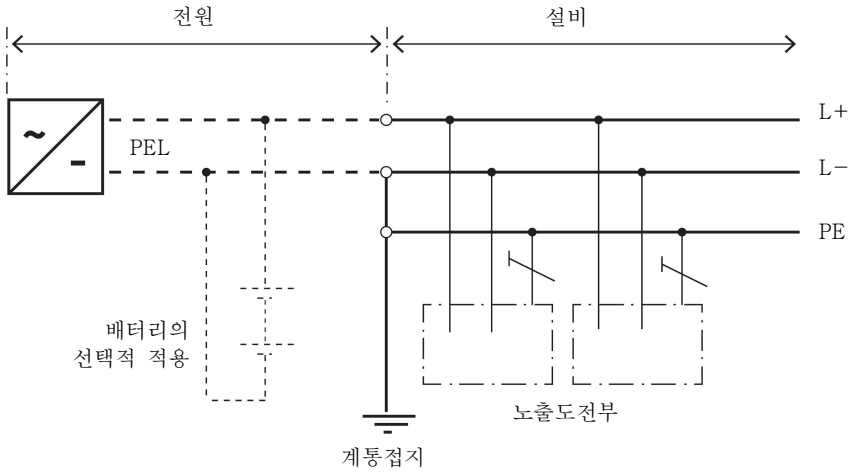


그림 203.5-1 중간도체가 없는 TN-S 직류계통

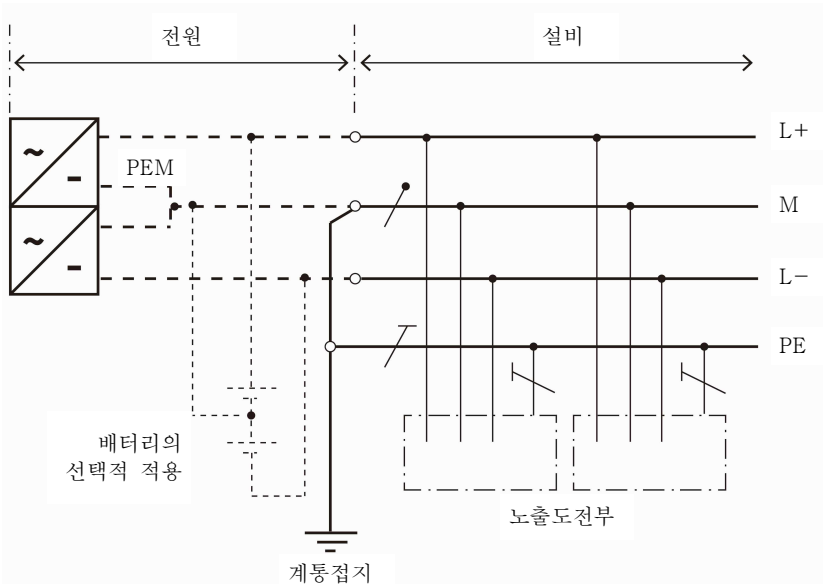


그림 203.5-2 중간도체가 있는 TN-S 직류계통

203.5.2 TN-C 계통

전원측 선도체 또는 중간도체의 한 점을 직접 접지하고, 설비의 노출도전부는 보호도체를 통해 그 점에 접속한다. 설비 내에서 접지된 선도체와 보호도체의 기능을 하나의 PEL도체로 겸용하거나, 설비 내에서 접지된 중간도체와 보호도체를 하나의 PEM으로 겸용한다. 설비 내에서 PEL 또는 PEM을 추가로 접지할 수 있다.

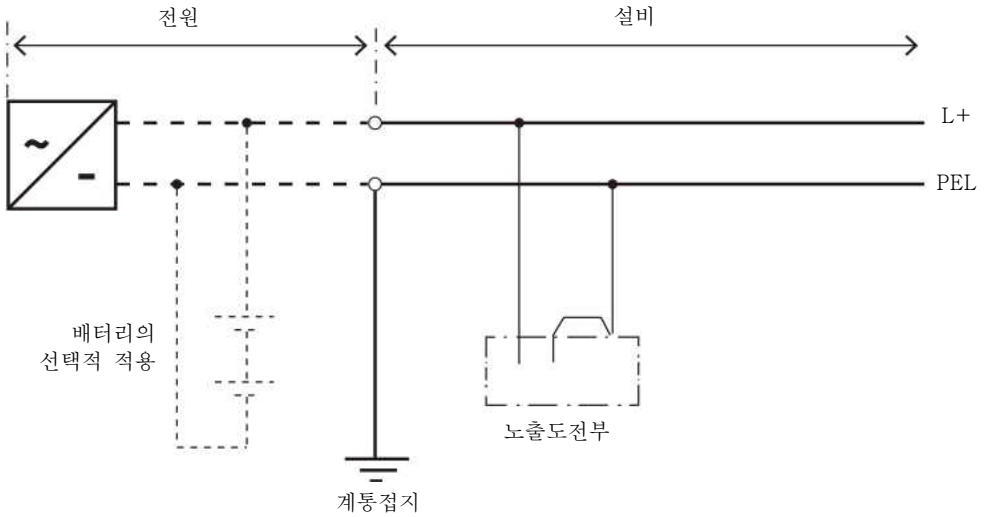


그림 203.5-3 중간도체가 없는 TN-C 직류계통

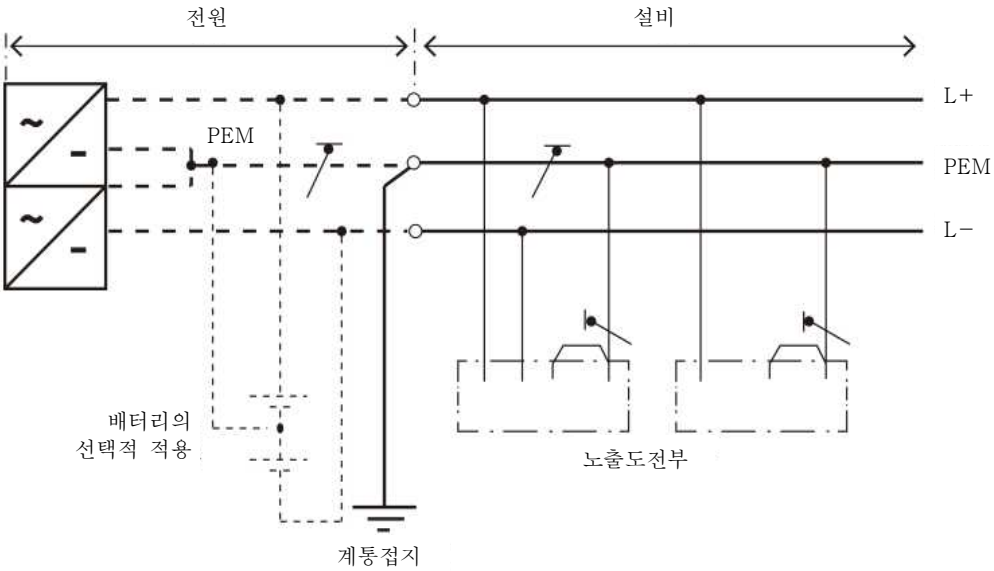


그림 203.5-4 중간도체가 있는 TN-C 직류계통

203.5.3 TN-C-S 계통

전원측 선도체 또는 중간도체의 한 점을 직접 접지하고, 설비의 노출도전부는 보호도체를 통해 그 점에 접속한다. 설비의 일부에서 접지된 선도체와 보호도체의 기능을 하나의 PEL도체로 겸용하거나, 설비의 일부에서 접지된 중간도체와 보호도체를 하나의 PEM도체로 겸용한다. 설비 내에서 보호도체를 추가로 접지할 수 있다.

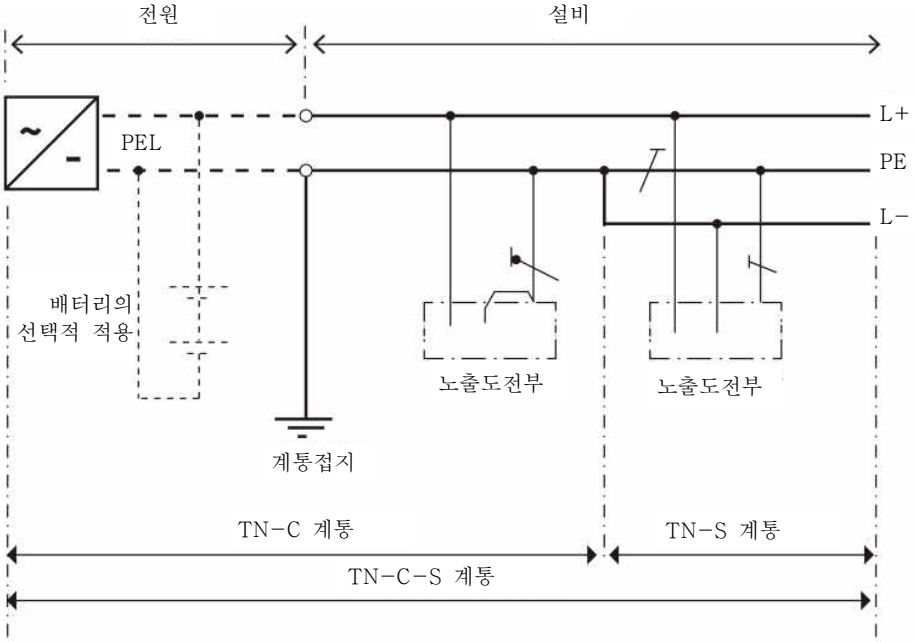


그림 203.5-5 중간도체가 없는 TN-C-S 직류계통

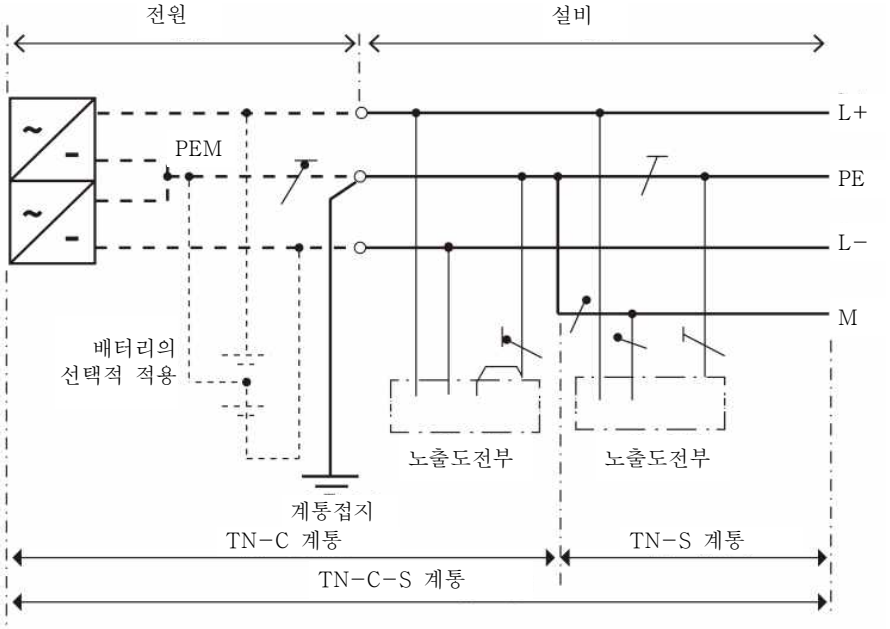


그림 203.5-6 중간도체가 있는 TN-C-S 직류계통

203.5.4 TT 계통

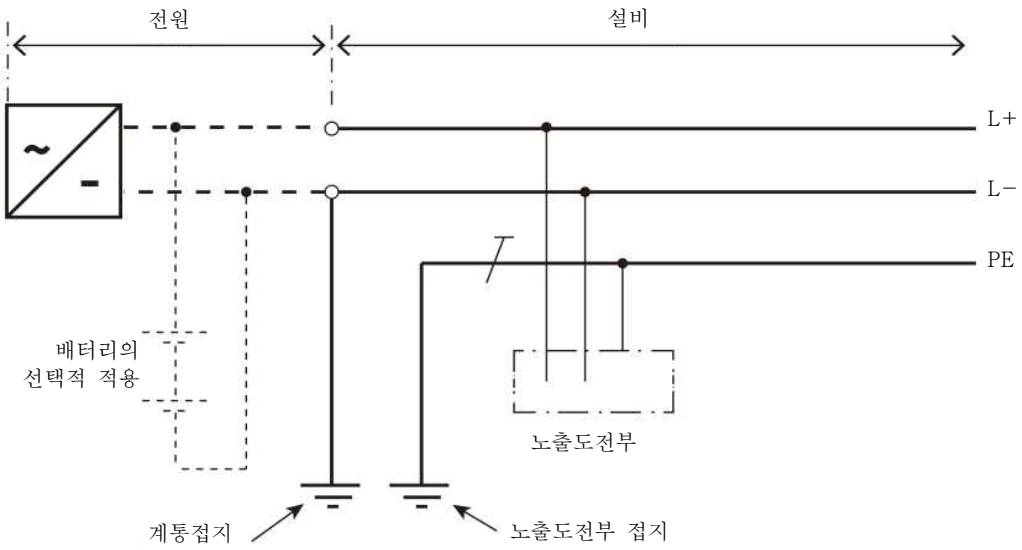


그림 203.5-7 중간도체가 없는 TT 직류계통

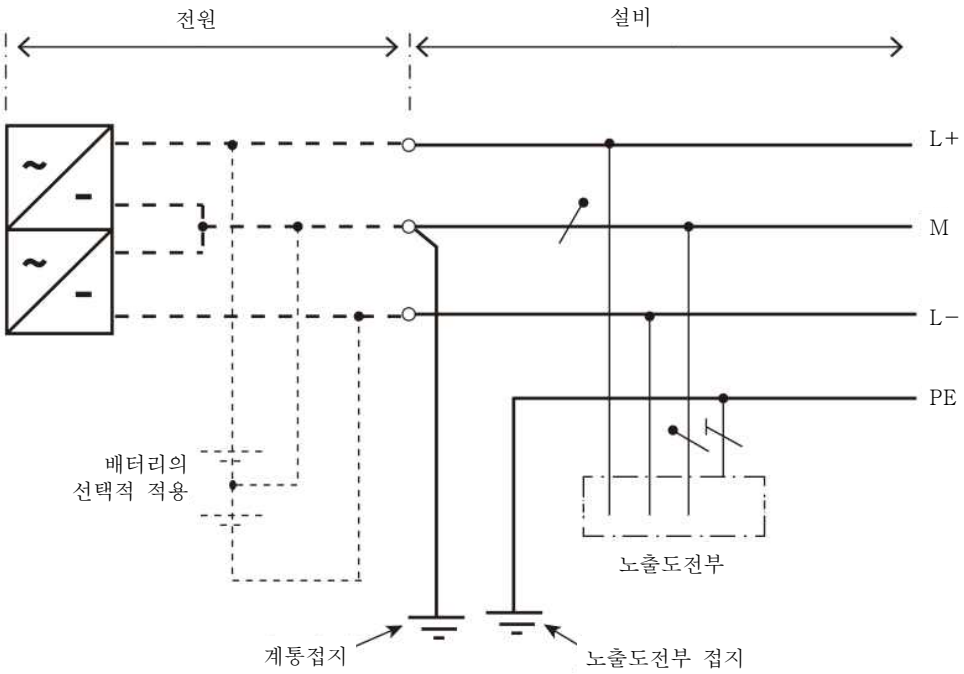


그림 203.5-8 중간도체가 있는 TT 직류계통

203.5.5 IT 계통

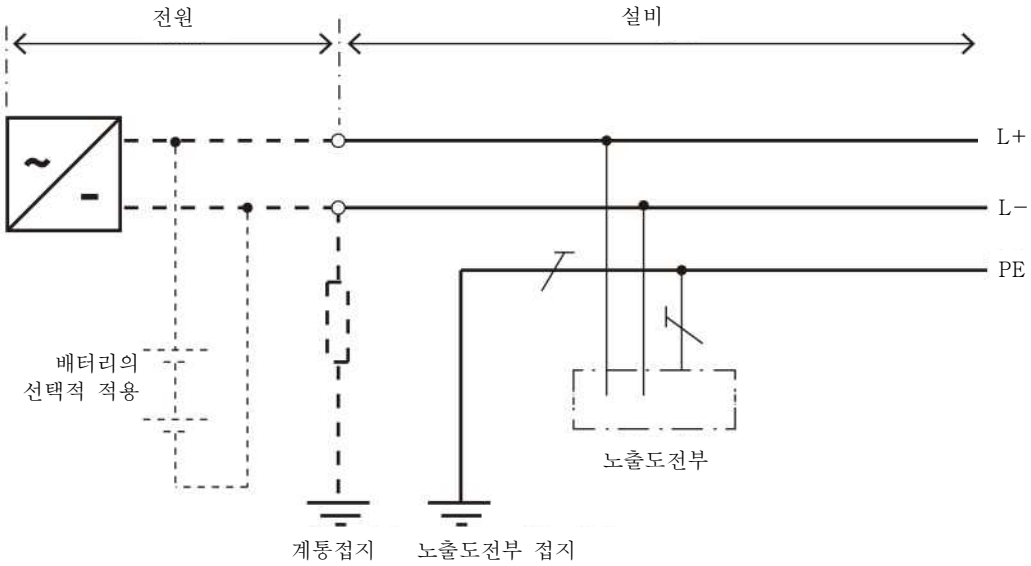


그림 203.5-9 중간도체가 없는 IT 직류계통

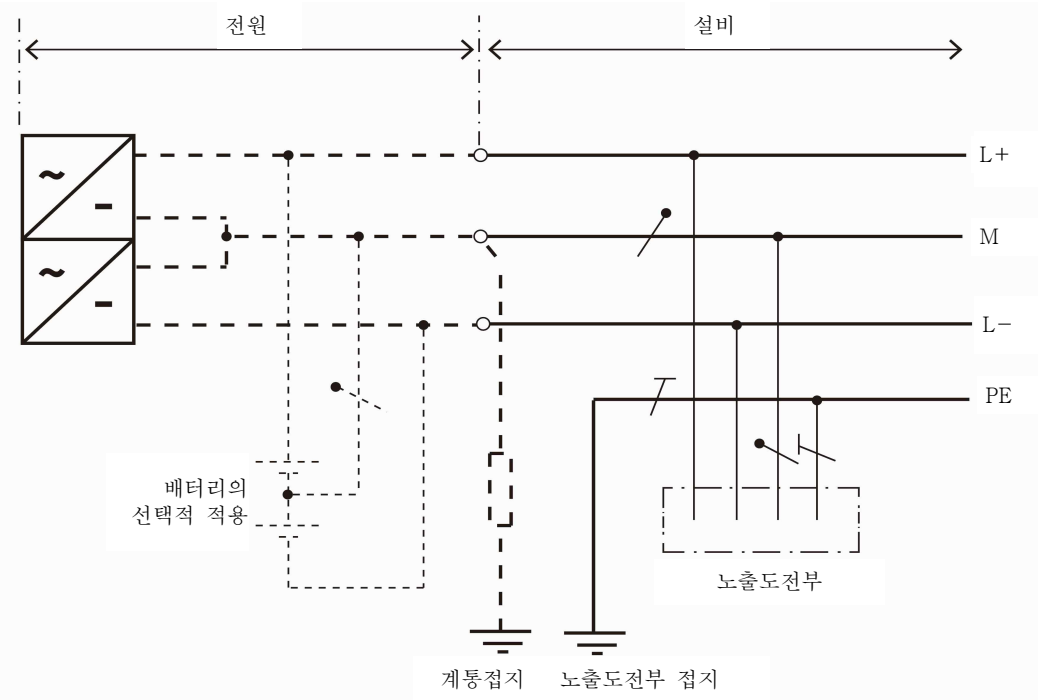


그림 203.5-10 중간도체가 있는 IT 직류계통

(210 안전을 위한 보호)

211 감전에 대한 보호

211.1 보호대책 일반 요구사항

211.1.1 적용범위

인축에 대한 기본보호와 고장보호를 위한 필수 조건을 규정하고 있다. 외부영향과 관련된 조건의 적용과 특수설비 및 특수장소의 시설에 있어서의 추가적인 보호의 적용을 위한 조건도 규정한다.

211.1.2 일반 요구사항

1. 안전을 위한 보호에서 별도의 언급이 없는 한 다음의 전압 규정에 따른다.
   가. 교류전압은 실효값으로 한다.
   나. 직류전압은 리플프리로 한다.
2. 보호대책은 다음과 같이 구성하여야 한다.
   가. 기본보호와 고장보호를 독립적으로 조합
   나. 기본보호와 고장보호를 모두 제공하는 강화된 보호 규정
   다. 추가적 보호는 외부영향의 특정 조건과 특정한 특수설비(240)에서의 보호대책의 일부로 규정
3. 설비의 각 부분에서 하나 이상의 보호대책은 외부영향의 조건을 고려하여 적용하여야 한다.
   가. 다음의 보호대책을 일반적으로 적용하여야 한다.
      (1) 전원의 자동차단(211.2)
      (2) 이중절연 또는 강화절연(211.3)
      (3) 한 개의 전기사용기기에 전기를 공급하기 위한 전기적 분리(211.4)
      (4) SELV와 PELV에 의한 특별저압(211.5)
   나. 전기기기의 선정과 시공을 할 때는 설비에 적용되는 보호대책을 고려하여야 한다.
4. 특수설비 또는 특수장소의 보호대책은 240에 해당되는 특별한 보호대책을 적용하여야 한다.
5. 장애물을 두거나 접촉범위 밖에 배치하는 보호대책(211.8)은 다음과 같은 사람이 접근할 수 있는 설비에 사용하여야 한다.
   가. 숙련자 또는 기능자
   나. 숙련자 또는 기능자의 감독 아래에 있는 사람
6. 숙련자와 기능자의 통제 또는 감독이 있는 설비에 적용 가능한 보호대책(211.9)은 다음과 같다. 다만, 무단 변경이 발생하지 않도록 설비는 숙련자 또는 기능자의 감독 아래에 있는 경우에 적용하여야 한다.

가. 비도전성 장소
나. 비접지 국부등전위본딩
다. 두 개 이상의 전기사용기기에 공급하기 위한 전기적 분리
7. 보호대책의 특정 조건을 충족시킬 수 없는 경우에는 보조대책을 적용하는 등 동등한 안전수준을 달성할 수 있도록 시설하여야 한다.
8. 동일한 설비, 설비의 일부 또는 기기 안에서 달리 적용하는 보호대책은 한 가지 보호대책의 고장이 다른 보호대책에 나쁜 영향을 줄 수 있으므로 상호 영향을 주지 않도록 하여야 한다.
9. 고장보호에 관한 규정은 다음 기기에서는 생략할 수 있다.
가. 건물에 부착되고 접촉범위 밖에 있는 가공선 애자의 금속 지지물
나. 가공선의 철근강화콘크리트주로서 그 철근에 접근할 수 없는 것
다. 볼트, 리벳트, 명판, 케이블 클립 등과 같이 크기가 작은 경우(약 50 ㎜ × 50 ㎜ 이내) 또는 배치가 손에 쥘 수 없거나 인체의 일부가 접촉할 수 없는 노출도전부로서 보호도체의 접속이 어렵거나 접속의 신뢰성이 없는 경우
라. 211.3에 따라 전기기기를 보호하는 금속관 또는 다른 금속제 외함

211.2 전원의 자동차단에 의한 보호대책

211.2.1 보호대책 일반 요구사항

1. 전원의 자동차단에 의한 보호대책
가. 기본보호는 211.2.2에 따라 충전부의 기본절연 또는 격벽이나 외함에 의한다.
나. 고장보호는 211.2.3부터 211.2.7까지에 따른 고장일 경우 보호등전위본딩 및 자동차단에 의한다.
다. 추가적인 보호로 누전차단기를 시설할 수 있다.
2. 누설전류감시장치는 보호장치는 아니지만 전기설비의 누설전류를 감시하는데 사용된다. 다만, 누설전류감시장치는 누설전류의 설정 값을 초과하는 경우 음향 또는 음향과 시각적인 신호를 발생시켜야 한다.

211.2.2 기본보호의 요구사항

모든 전기설비는 211.7의 조건에 따라야 한다. 숙련자 또는 기능자에 의해 통제 또는 감독되는 경우에는 211.8에서 규정하고 있는 조건에 따를 수 있다.

211.2.3 고장보호의 요구사항

1. 보호접지
가. 노출도전부는 계통접지별로 규정된 특정조건에서 보호도체에 접속하여야 한다.
나. 동시에 접근 가능한 노출도전부는 개별적 또는 집합적으로 같은 접지계통에 접속하여야 한다. 보호접지에 관한 도체는 140에 따라야하고, 각 회로는 해당 접지단자에 접속된 보호도체를 이용하여야 한다.

2. 보호등전위본딩

143.2.1에서 정하는 도전성부분은 보호등전위본딩으로 접속하여야 하며, 건축물 외부로부터 인입된 도전부는 건축물 안쪽의 가까운 지점에서 본딩하여야 한다. 다만, 통신케이블의 금속외피는 소유자 또는 운영자의 요구사항을 고려하여 보호등전위본딩에 접속해야 한다.

3. 고장시의 자동차단

가. “마” 및 “바” 에서 규정하는 것을 제외하고 보호장치는 회로의 선도체와 노출도전부 또는 선도체와 기기의 보호도체 사이의 임피던스가 무시할 정도로 되는 고장의 경우 “나”, “다” 또는 “라” 에 규정된 차단시간 내에서 회로의 선도체 또는 설비의 전원을 자동으로 차단하여야 한다.

나. 표 211.2-1에 최대차단시간은 32 A 이하 분기회로에 적용한다.

표 211.2-1 32 A 이하 분기회로의 최대 차단시간

[단위: 초]

계통	50 V< U_0 ≤120 V		120 V< U_0 ≤230 V		230 V< U_0 ≤400 V		U_0 >400 V	
	교류	직류	교류	직류	교류	직류	교류	직류
TN	0.8	[비고1]	0.4	5	0.2	0.4	0.1	0.1
TT	0.3	[비고1]	0.2	0.4	0.07	0.2	0.04	0.1
TT 계통에서 차단은 과전류보호장치에 의해 이루어지고 보호등전위본딩은 설비 안의 모든 계통외도전부와 접속되는 경우 TN 계통에 적용 가능한 최대차단시간이 사용될 수 있다. U_0는 대지에서 공칭교류전압 또는 직류 선간전압이다.								
[비고1] 차단은 감전보호 외에 다른 원인에 의해 요구될 수도 있다. [비고2] 누전차단기에 의한 차단은 211.2.4 참조.								

다. TN 계통에서 배전회로(간선)와 “나” 의 경우를 제외하고는 5초 이하의 차단시간을 허용한다.

라. TT 계통에서 배전회로(간선)와 “나” 의 경우를 제외하고는 1초 이하의 차단시간을 허용한다.

마. 공칭대지전압 U_0가 교류 50 V 또는 직류 120 V를 초과하는 계통에서 지락고장이 발생한 경우, 전원의 출력전압이 “나”, “다” 또는 “라” 에 따른 차단시간 이내에 교류 50 V 또는 직류 120 V 이하로 감소된다면 자동차단은 요구되지 않는다. 다만, 감전보호 외에 다른 차단요구사항에 관한 것은 고려하여야 한다.

바. “가” 에 따른 자동차단이 “나”, “다” 또는 “라” 에 의해 요구되는 시간에 이루어질 수 없을 경우 211.6.2에 따라 추가적으로 보조 보호등전위본딩을 하여야 한다.

4. 추가적인 보호

다음에 따른 교류계통에서는 211.6.1에 따른 누전차단기에 의한 추가적 보호를 하여야 한다.

가. 일반적으로 사용되며 일반인이 사용하는 정격전류 20 A 이하 콘센트

나. 옥외에서 사용되는 정격전류 32 A 이하 이동용 전기기기

211.2.4 누전차단기의 시설

1. 전원의 자동차단에 의한 저압전로의 보호대책으로 누전차단기를 시설해야할 대상은 다음과 같다. 누전차단기의 정격 동작전류, 정격 동작시간 등은 211.2.6의 3 등과 같이 적용대상의 전로, 기기 등에서 요구하는 조건에 따라야 한다.

가. 금속제 외함을 가지는 사용전압이 50 V를 초과하는 저압의 기계기구로서 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있는 곳에 시설하는 것에 전기를 공급하는 전로. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 적용하지 않는다.

(1) 기계기구를 발전소 · 변전소 · 개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 경우

(2) 기계기구를 건조한 곳에 시설하는 경우

(3) 대지전압이 150 V 이하인 기계기구를 물기가 있는 곳 이외의 곳에 시설하는 경우

(4) 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 이중절연구조의 기계기구를 시설하는 경우

(5) 그 전로의 전원측에 절연변압기(2차 전압이 300 V 이하인 경우에 한한다)를 시설하고 또한 그 절연 변압기의 부하측의 전로에 접지하지 아니하는 경우

(6) 기계기구가 고무 · 합성수지 기타 절연물로 피복된 경우

(7) 기계기구가 유도전동기의 2차측 전로에 접속되는 것일 경우

(8) 기계기구가 131의 8에 규정하는 것일 경우

(9) 기계기구내에 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 누전차단기를 설치하고 또한 기계기구의 전원 연결선이 손상을 받을 우려가 없도록 시설하는 경우

나. 주택의 인입구 등 이 규정에서 누전차단기 설치를 요구하는 전로

다. 특고압전로, 고압전로 또는 저압전로와 변압기에 의하여 결합되는 사용전압 400 V 초과의 저압전로 또는 발전기에서 공급하는 사용전압 400 V 초과의 저압전로(발전소 및 변전소와 이에 준하는 곳에 있는 부분의 전로를 제외한다).

라. 다음의 전로에는 전기용품안전기준 “K60947-2의 부속서 P”의 적용을 받는 자동복구 기능을 갖는 누전차단기를 시설할 수 있다.

(1) 독립된 무인 통신중계소 · 기지국

(2) 관련법령에 의해 일반인의 출입을 금지 또는 제한하는 곳

(3) 옥외의 장소에 무인으로 운전하는 통신중계기 또는 단위기기 전용회로. 단, 일반인이 특정한 목적을 위해 지체하는(머물러 있는) 장소로서 버스정류장, 횡단

보도 등에는 시설할 수 없다.

2. 저압용 비상용 조명장치 · 비상용승강기 · 유도등 · 철도용 신호장치, 비접지 저압전로, 322.5의 6에 의한 전로, 기타 그 정지가 공공의 안전 확보에 지장을 줄 우려가 있는 기계기구에 전기를 공급하는 전로의 경우, 그 전로에서 지락이 생겼을 때에 이를 기술원 감시소에 경보하는 장치를 설치한 때에는 제1에서 규정하는 장치를 시설하지 않을 수 있다.
3. IEC 표준을 도입한 누전차단기를 저압전로에 사용하는 경우 일반인이 접촉할 우려가 있는 장소(세대 내 분전반 및 이와 유사한 장소)에는 주택용 누전차단기를 시설하여야 하고, 주택용 누전차단기를 정방향(세로)으로 부착할 경우에는 차단기의 위쪽이 켜짐(on)으로, 차단기의 아래쪽은 꺼짐(off)으로 시설하여야 한다.

211.2.5 TN 계통

1. TN 계통에서 설비의 접지 신뢰성은 PEN 도체 또는 PE 도체와 접지극과의 효과적인 접속에 의한다.
2. 접지가 공공계통 또는 다른 전원계통으로부터 제공되는 경우 그 설비의 외부측에 필요한 조건은 전기공급자가 준수하여야 한다. 조건에 포함된 예는 다음과 같다.
   가. PEN 도체는 여러 지점에서 접지하여 PEN 도체의 단선위험을 최소화할 수 있도록 한다.
   나. $R_B/R_E \leq 50/(U_0-50)$
      R_B: 병렬 접지극 전체의 접지저항 값(Ω)
      R_E: 1선 지락이 발생할 수 있으며 보호도체와 접속되어 있지 않는 계통외도전부의 대지와의 접촉저항의 최소값(Ω)
      U_0: 공칭대지전압(실효 값)
3. 전원 공급계통의 중성점이나 중간점은 접지하여야 한다. 중성점이나 중간점을 접지할 수 없는 경우에는 선도체 중 하나를 접지하여야 한다. 설비의 노출도전부는 보호도체로 전원공급계통의 접지점에 접속하여야 한다.
4. 다른 유효한 접지점이 있다면, 보호도체(PE 및 PEN 도체)는 건물이나 구내의 인입구 또는 추가로 접지하여야 한다.
5. 고정설비에서 보호도체와 중성선을 겸하여(PEN 도체) 사용될 수 있다. 이러한 경우에는 PEN 도체에는 어떠한 개폐장치나 단로장치가 삽입되지 않아야 하며, PEN 도체는 142.3.2의 조건을 충족하여야 한다.
6. 보호장치의 특성과 회로의 임피던스는 다음 조건을 충족하여야 한다.

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Z_s: 다음과 같이 구성된 고장루프임피던스(Ω)
- 전원의 임피던스
- 고장점까지의 선도체 임피던스

- 고장점과 전원 사이의 보호도체 임피던스

I_a: 211.2.3의 3의 “다” 또는 표 211.2-1에서 제시된 시간 내에 차단장치 또는 누전차단기를 자동으로 동작하게 하는 전류(A)

U_0: 공칭대지전압(V)

7. TN 계통에서 과전류보호장치 및 누전차단기는 고장보호에 사용할 수 있다. 누전차단기를 사용하는 경우 과전류보호 겸용의 것을 사용해야 한다.
8. TN-C 계통에는 누전차단기를 사용해서는 아니 된다. TN-C-S 계통에 누전차단기를 설치하는 경우에는 누전차단기의 부하측에는 PEN 도체를 사용할 수 없다. 이러한 경우 PE도체는 누전차단기의 전원측에서 PEN 도체에 접속하여야 한다.

211.2.6 TT 계통

1. 전원계통의 중성점이나 중간점은 접지하여야 한다. 중성점이나 중간점을 이용할 수 없는 경우, 선도체 중 하나를 접지하여야 한다.
2. TT 계통은 누전차단기를 사용하여 고장보호를 하여야 하며, 누전차단기를 적용하는 경우에는 211.2.4에 따라야 한다. 다만, 과전류보호장치에 의하여 고장전류 차단이 가능할 정도로 고장루프임피던스가 낮을 때는 과전류보호장치에 의하여 고장보호를 할 수 있다.
3. 누전차단기를 사용하여 TT 계통의 고장보호를 하는 경우에는 다음에 적합하여야 한다.

가. 211.2.3의 3의 “라” 또는 표 211.2-1에서 요구하는 차단시간

나. $R_A \times I_{\Delta n} \leq 50\ V$

R_A: 노출도전부에 접속된 보호도체와 접지극 저항의 합(Ω). 다만, 노출도전부의 접지극 저항 값은 100 Ω 이하이어야 한다.

$I_{\Delta n}$: 누전차단기의 정격동작 전류(A)

4. 과전류보호장치를 사용하여 TT 계통의 고장보호를 할 때에는 다음의 조건을 충족하여야 한다.

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Z_s: 다음과 같이 구성된 고장루프임피던스(Ω)

- 전원
- 고장점까지의 선도체
- 노출도전부의 보호도체
- 접지도체
- 설비의 접지극
- 전원의 접지극

I_a: 211.2.3의 3의 “라” 또는 표 211.2-1에서 요구하는 차단시간 내에 차단장치가 자

동 작동하는 전류(A)

U_0: 공칭 대지전압(V)

211.2.7 IT 계통

1. 노출도전부 또는 대지로 단일고장이 발생한 경우에는 고장전류가 작기 때문에 제2의 조건을 충족시키는 경우에는 211.2.3의 3에 따른 자동차단이 절대적 요구사항은 아니다. 그러나 두 곳에서 고장발생시 동시에 접근이 가능한 노출도전부에 접촉되는 경우에는 인체에 위험을 피하기 위한 조치를 하여야 한다.
2. 노출도전부는 개별 또는 집합적으로 접지하여야 하며, 다음 조건을 충족하여야 한다.
   가. 교류계통: $R_A \times I_d \leq 50\ V$
   나. 직류계통: $R_A \times I_d \leq 120\ V$
      R_A: 접지극과 노출도전부에 접속된 보호도체 저항의 합(Ω). 다만, 노출도전부의 접지극 저항 값은 100 Ω 이하이어야 한다.
      I_d: 하나의 선도체와 노출도전부 사이에서 무시할 수 있는 임피던스로 1차 고장이 발생했을 때의 고장전류(A)로 전기설비의 누설전류와 총 접지임피던스를 고려한 값
3. IT 계통은 다음과 같은 감시장치와 보호장치를 사용할 수 있으며, 1차 고장이 지속되는 동안 작동되어야 한다. 절연감시장치는 음향 및 시각신호를 갖추어야 한다.
   가. 절연감시장치
   나. 누설전류감시장치
   다. 절연고장점검출장치
   라. 과전류보호장치
   마. 누전차단기
4. 1차 고장이 발생한 후 다른 충전도체에서 2차 고장이 발생하는 경우 전원자동차단 조건은 다음과 같다.
   가. 노출도전부가 같은 접지계통에 집합적으로 접지된 보호도체와 상호 접속된 경우에는 TN 계통과 유사한 조건을 적용한다.
      (1) 중성선과 중점선이 배선되지 않은 경우에는 다음의 조건을 충족해야 한다.

$$2I_aZ_s \leq U$$

      (2) 중성선과 중점선이 배선된 경우에는 다음 조건을 충족해야 한다.

$$2I_aZ_s' \leq U_0$$

      U_0: 선도체와 중성선 또는 중점선 사이의 공칭전압(V)
      U: 선간 공칭전압(V)
      Z_s: 회로의 선도체와 보호도체를 포함하는 고장루프임피던스(Ω)
      Z_s': 회로의 중성선과 보호도체를 포함하는 고장루프임피던스(Ω)

I_a: TN계통에 대한 211.2.3의 3의 “나” 또는 “다”에서 요구하는 차단시간 내에 보호장치를 동작 시키는 전류(A)

나. 노출도전부가 그룹별 또는 개별로 접지되어 있는 경우 다음의 조건을 적용하여야 한다.

$$R_A \times I_d \leq 50\ V$$

R_A: 접지극과 노출도전부 접속된 보호도체와 접지극 저항의 합(Ω). 다만, 노출도전부의 접지극 저항 값은 100 Ω 이하이어야 한다

I_d: TT계통에 대한 211.2.3의 3의 “나”또는 “라”에서 요구하는 차단시간 내에 보호장치를 동작 시키는 전류(A)

5. IT 계통에서 누전차단기를 이용하여 고장보호를 하고자 할 때는, 211.2.4를 준용하여야 한다.

211.2.8 기능적 특별저압(FELV)

기능상의 이유로 교류 50 V, 직류 120 V 이하인 공칭전압을 사용하지만, SELV 또는 PELV(211.5)에 대한 모든 요구조건이 충족되지 않고 SELV와 PELV가 필요치 않은 경우에는 기본보호 및 고장보호의 보장을 위해 다음에 따라야 한다. 이러한 조건의 조합을 FELV라 한다.

1. 기본보호는 다음 중 어느 하나에 따른다.
   가. 전원의 1차 회로의 공칭전압에 대응하는 211.7에 따른 기본절연
   나. 211.7에 따른 격벽 또는 외함
2. 고장보호는 1차 회로가 211.2.3부터 211.2.7까지에 명시된 전원의 자동차단에 의한 보호가 될 경우 FELV 회로 기기의 노출도전부는 전원의 1차 회로의 보호도체에 접속하여야 한다.
3. FELV 계통의 전원은 최소한 단순 분리형 변압기 또는 211.5.3에 의한다. 만약 FELV 계통이 단권변압기 등과 같이 최소한의 단순 분리가 되지 않은 기기에 의해 높은 전압계통으로부터 공급되는 경우 FELV 계통은 높은 전압계통의 연장으로 간주되고 높은 전압계통에 적용되는 보호방법에 의해 보호해야 한다.
4. FELV 계통용 플러그와 콘센트는 다음의 모든 요구사항에 부합하여야 한다.
   가. 플러그를 다른 전압 계통의 콘센트에 꽂을 수 없어야 한다.
   나. 콘센트는 다른 전압 계통의 플러그를 수용할 수 없어야 한다.
   다. 콘센트는 보호도체에 접속하여야 한다.

211.3 이중절연 또는 강화절연에 의한 보호

211.3.1 보호대책 일반 요구사항

1. 이중 또는 강화절연은 기본절연의 고장으로 인해 전기기기의 접근 가능한 부분에 위험전압이 발생하는 것을 방지하기 위한 보호대책으로 다음에 따른다.

가. 기본보호는 기본절연에 의하며, 고장보호는 보조절연에 의한다.

나. 기본 및 고장보호는 충전부의 접근 가능한 부분의 강화절연에 의한다.

2. 이중 또는 강화절연에 의한 보호대책은 240의 몇 가지 제한 사항 이외에는 모든 상황에 적용 할 수 있다.

3. 이 보호대책이 유일한 보호대책으로 사용될 경우, 관련 설비 또는 회로가 정상 사용시 보호대책의 효과를 손상시킬 수 있는 변경이 일어나지 않도록 실효성 있는 감시가 되는 것이 입증되어야 한다. 따라서, 콘센트를 사용하거나 사용자가 허가 없이 부품을 변경 할 수 있는 기기가 포함된 어떠한 회로에도 적용해서는 안 된다.

211.3.2 기본보호와 고장보호를 위한 요구사항

1. 전기기기

가. 이중 또는 강화절연을 사용하는 보호대책이 설비의 일부분 또는 전체 설비에 사용될 경우, 전기기기는 다음 중 어느 하나에 따라야 한다.

(1) 제1의 “나”

(2) 제1의 “다” 와 제2

(3) 제1의 “라” 와 제2

나. 전기기기는 관련 표준에 따라 형식시험을 하고 관련표준이 표시된 다음과 같은 종류의 것이어야 한다.

(1) 이중 또는 강화절연을 갖는 전기기기(2종 기기)

(2) 2종 기기와 동등하게 관련 제품표준에서 공시된 전기기기로 전체 절연이 된 전기기기의 조립품과 같은 것[KS C IEC 60439-1(저전압 개폐 장치 및 제어 장치 부속품－제1부:형식 시험 및 부분 형식 시험 부속품을 참조)]

다. 제1의 “나” 의 조건과 동등한 전기기기의 안전등급을 제공하고, 제2의 “가” 에서 “다” 까지의 조건을 충족하기 위해서는 기본 절연만을 가진 전기기기는 그 기기의 설치과정에서 보조절연을 하여야 한다.

라. 제1의 “나” 의 조건과 동등한 전기기기의 안전등급을 제공하고, 제2의 “나” 에서 “다” 까지의 조건을 충족하기 위해서는 절연되지 않은 충전부를 가진 전기기기는 그 기기의 설치과정에서 강화절연을 하여야 한다. 다만, 이러한 절연은 그 구조의 특성상 이중 절연의 적용이 어려운 경우에만 인정된다.

2. 외함

가. 모든 도전부가 기본절연만으로 충전부로부터 분리되어 작동하도록 되어 있는 전기기기는 최소한 보호등급 IPXXB 또는 IP2X 이상의 절연 외함 안에 수용해야 한다.

나. 다음과 같은 요구사항을 적용한다.

(1) 전위가 나타날 우려가 있는 도전부가 절연 외함을 통과하지 않아야 한다.

(2) 절연 외함은 설치 및 유지보수를 하는 동안 제거될 필요가 있거나 제거될 수도 있는 절연재로 된 나사 또는 다른 고정수단을 포함해서는 안 되며, 이들은

외함의 절연성을 손상시킬 수 있는 금속제의 나사 또는 다른 고정수단으로 대체될 수 있는 것이어서는 안 된다. 또한, 기계적 접속부 또는 연결부(예: 고정형 기기의 조작핸들)가 절연 외함을 관통해야 하는 경우에는 고장 시 감전에 대한 보호의 기능이 손상되지 않는 구조로 한다.

다. 절연 외함의 덮개나 문을 공구 또는 열쇠를 사용하지 않고도 열 수 있다면, 덮개나 문이 열렸을 때 접근 가능한 전체 도전부는 사람이 무심코 접촉되는 것을 방지하기 위해 절연 격벽(IPXXB 또는 IP2X이상 제공)의 뒷부분에 배치하여야 한다. 이러한 절연 격벽은 공구 또는 열쇠를 사용해서만 제거할 수 있어야 한다.

라. 절연 외함으로 둘러싸인 도전부를 보호도체에 접속해서는 안 된다. 그러나 외함 내 다른 품목의 전기기기의 전원회로가 외함을 관통하며 이 기기의 사용을 위해 필요한 경우 보호도체의 외함 관통 접속을 위한 시설이 가능하다. 다만, 외함 내에서 이들 도체 및 단자는 모두 충전부로 간주하여 절연하고 단자들은 PE 단자라고 표시하여야 한다.

마. 외함은 이와 같은 방법으로 보호되는 기기의 작동에 나쁜 영향을 주어서는 안 된다.

3. 설치

가. 제1에 따른 기기의 설치(고정, 도체의 접속 등)는 기기 설치 시방서에 따라 보호기능이 손상되지 않는 방법으로 시설하여야 한다.

나. 211.3.1의 3이 적용되는 경우를 제외하고 2종기기에 공급하는 회로는 각 배선점과 부속품까지 배선되어 단말 접속되는 회로 보호도체를 가져야 한다.

4. 배선계통

232에 따라 설치된 배선계통은 다음과 같은 경우 211.3.2의 요구사항을 충족하는 것으로 본다.

가. 배선계통의 정격전압은 계통의 공칭전압 이상이며, 최소 300/500 V이어야 한다.

나. 기본절연의 기계적 보호는 다음의 하나 이상이 되어야 한다.

(1) 비금속 외피케이블

(2) 비금속 트렁킹 및 덕트[KS C IEC 61084(전기설비용 케이블 트렁킹 및 덕트 시스템) 시리즈] 또는 비금속 전선관[KS C IEC 60614(전선관) 시리즈 또는 KS C IEC 61386(전기설비용 전선관 시스템) 시리즈]

다. 배선계통은 ▣ 기호나 ⊗ 기호에 의해 식별을 하여서는 안 된다.

211.4 전기적 분리에 의한 보호

211.4.1 보호대책 일반 요구사항

1. 전기적 분리에 의한 보호대책은 다음과 같다.

가. 기본보호는 충전부의 기본절연 또는 211.7에 따른 격벽과 외함에 의한다.

나. 고장보호는 분리된 다른 회로와 대지로부터 단순한 분리에 의한다.

2. 이 보호대책은 단순 분리된 하나의 비접지 전원으로부터 한 개의 전기사용기기에 공급되는 전원으로 제한된다.(제3에서 허용되는 것은 제외한다)
3. 두 개 이상의 전기사용기기가 단순 분리된 비접지 전원으로부터 전력을 공급받을 경우 211.9.3을 충족하여야 한다.

211.4.2 기본보호를 위한 요구사항

모든 전기기기는 211.7 중 하나 또는 211.3에 따라 보호대책을 하여야 한다.

211.4.3 고장보호를 위한 요구사항

전기적 분리에 의한 고장보호는 다음에 따른다.

가. 분리된 회로는 최소한 단순 분리된 전원을 통하여 공급되어야 하며, 분리된 회로의 전압은 500 V 이하이어야 한다.

나. 분리된 회로의 충전부는 어떤 곳에서도 다른 회로, 대지 또는 보호도체에 접속되어서는 안 되며, 전기적 분리를 보장하기 위해 회로 간에 기본절연을 하여야 한다.

다. 가요 케이블과 코드는 기계적 손상을 받기 쉬운 전체 길이에 대해 육안으로 확인이 가능하여야 한다.

라. 분리된 회로들에 대해서는 분리된 배선계통의 사용이 권장된다. 다만, 분리된 회로와 다른 회로가 동일 배선계통 내에 있으면 금속외장이 없는 다심케이블, 절연전선관 내의 절연전선, 절연덕팅 또는 절연트렁킹에 의한 배선이 되어야 하며 다음의 조건을 만족하여야 한다.

(1) 정격전압은 최대 공칭전압 이상일 것.

(2) 각 회로는 과전류에 대한 보호를 할 것.

마. 분리된 회로의 노출도전부는 다른 회로의 보호도체, 노출도전부 또는 대지에 접속되어서는 아니 된다.

211.5 SELV와 PELV를 적용한 특별저압에 의한 보호

211.5.1 보호대책 일반 요구사항

1. 특별저압에 의한 보호는 다음의 특별저압 계통에 의한 보호대책이다.

가. SELV (Safety Extra-Low Voltage)

나. PELV (Protective Extra-Low Voltage)

2. 보호대책의 요구사항

가. 특별저압 계통의 전압한계는 KS C IEC 60449(건축전기설비의 전압밴드)에 의한 전압밴드 I의 상한 값인 교류 50 V 이하, 직류 120 V 이하이어야 한다.

나. 특별저압 회로를 제외한 모든 회로로부터 특별저압 계통을 보호 분리하고, 특별저압 계통과 다른 특별저압 계통 간에는 기본절연을 하여야 한다.

다. SELV 계통과 대지간의 기본절연을 하여야 한다.

211.5.2 기본보호와 고장보호에 관한 요구사항

다음의 조건들을 충족할 경우에는 기본보호와 고장보호가 제공되는 것으로 간주한다.

가. 전압밴드 I의 상한 값을 초과하지 않는 공칭전압인 경우

나. 211.5.3 중 하나에서 공급되는 경우

다. 211.5.4의 조건에 충족하는 경우

211.5.3 SELV와 PELV용 전원

특별저압 계통에는 다음의 전원을 사용해야 한다.

가. 안전절연변압기 전원[KS C IEC 61558-2-6(전력용 변압기, 전원 공급 장치 및 유사 기기의 안전－제2부:범용 절연 변압기의 개별 요구 사항에 적합한 것)]

나. “가”의 안전절연변압기 및 이와 동등한 절연의 전원

다. 축전지 및 디젤발전기 등과 같은 독립전원

라. 내부고장이 발생한 경우에도 출력단자의 전압이 211.5.1에 규정된 값을 초과하지 않도록 관련표준에 따른 전자장치

마. 안전절연변압기, 전동발전기 등 저압으로 공급되는 이중 또는 강화절연된 이동용 전원

211.5.4 SELV와 PELV 회로에 대한 요구사항

1. SELV 및 PELV 회로는 다음을 포함하여야 한다.

가. 충전부와 다른 SELV와 PELV 회로 사이의 기본절연

나. 이중절연 또는 강화절연 또는 최고전압에 대한 기본절연 및 보호차폐에 의한 SELV 또는 PELV 이외의 회로들의 충전부로부터 보호 분리

다. SELV 회로는 충전부와 대지 사이에 기본절연

라. PELV 회로 및 PELV 회로에 의해 공급되는 기기의 노출도전부는 접지

2. 기본절연이 된 다른 회로의 충전부로부터 특별저압 회로 배선계통의 보호분리는 다음의 방법 중 하나에 의한다.

가. SELV와 PELV 회로의 도체들은 기본절연을 하고 비금속외피 또는 절연된 외함으로 시설하여야 한다.

나. SELV와 PELV 회로의 도체들은 전압밴드 I 보다 높은 전압 회로의 도체들로부터 접지된 금속시스 또는 접지된 금속 차폐물에 의해 분리하여야 한다.

다. SELV와 PELV 회로의 도체들이 사용 최고전압에 대해 절연된 경우 전압밴드 I 보다 높은 전압의 다른 회로 도체들과 함께 다심케이블 또는 다른 도체그룹에 수용할 수 있다.

라. 다른 회로의 배선계통은 211.3.2의 4에 의한다.

3. SELV와 PELV 계통의 플러그와 콘센트는 다음에 따라야 한다.

가. 플러그는 다른 전압 계통의 콘센트에 꽂을 수 없어야 한다.

나. 콘센트는 다른 전압 계통의 플러그를 수용할 수 없어야 한다.

다. SELV 계통에서 플러그 및 콘센트는 보호도체에 접속하지 않아야 한다.

4. SELV 회로의 노출도전부는 대지 또는 다른 회로의 노출도전부나 보호도체에 접속하지 않아야 한다.
5. 공칭전압이 교류 25 V 또는 직류 60 V를 초과하거나 기기가 (물에)잠겨 있는 경우 기본보호는 특별저압 회로에 대해 다음의 사항을 따라야 한다.
   가. 211.7.1에 따른 절연
   나. 211.7.2에 따른 격벽 또는 외함
6. 건조한 상태에서 다음의 경우는 기본보호를 하지 않아도 된다.
   가. SELV 회로에서 공칭전압이 교류 25 V 또는 직류 60 V를 초과하지 않는 경우
   나. PELV 회로에서 공칭전압이 교류 25 V 또는 직류 60 V를 초과하지 않고 노출도전부 및 충전부가 보호도체에 의해서 주접지단자에 접속된 경우
7. SELV 또는 PELV 계통의 공칭전압이 교류 12 V 또는 직류 30 V를 초과하지 않는 경우에는 기본보호를 하지 않아도 된다.

211.6 추가적 보호

211.6.1 누전차단기

1. 기본보호 및 고장보호를 위한 대상 설비의 고장 또는 사용자의 부주의로 인하여 설비에 고장이 발생한 경우에는 정격감도전류 30 mA 이하의 누전차단기를 사용하는 경우에는 추가적인 보호로 본다.
2. 누전차단기의 사용은 단독적인 보호대책으로 인정하지 않는다. 누전차단기는 211.2부터 211.5까지에 규정된 보호대책 중 하나를 적용할 때 추가적인 보호로 사용할 수 있다.

211.6.2 보조 보호등전위본딩

동시접근 가능한 고정기기의 노출도전부와 계통외도전부에 143.2.2의 보조 보호등전위본딩을 한 경우에는 추가적인 보호로 본다.

211.7 기본보호 방법

211.7.1 충전부의 기본절연

절연은 충전부에 접촉하는 것을 방지하기 위한 것으로 다음과 같이 하여야 한다.
   가. 충전부는 파괴하지 않으면 제거될 수 없는 절연물로 완전히 보호되어야 한다.
   나. 기기에 대한 절연은 그 기기에 관한 표준을 적용하여야 한다.

211.7.2 격벽 또는 외함

격벽 또는 외함은 인체가 충전부에 접촉하는 것을 방지하기 위한 것으로 다음과 같이 하여야 한다.
   가. 램프홀더 및 퓨즈와 같은 부품을 교체하는 동안 발생할 수 있는 큰 개구부 또는 기기의 관련 요구사항에 따른 기능에 필요한 큰 개구부를 제외하고 충전부는 최

소한 IPXXB 또는 IP2X 보호등급의 외함 내부 또는 격벽 뒤쪽에 있어야 한다.

(1) 인축이 충전부에 무의식적으로 접촉하는 것을 방지하기 위한 예방대책을 강구하여야 한다.

(2) 사람들이 개구부를 통하여 충전부에 접촉할 수 있음을 알 수 있도록 하며 의도적으로 접촉하지 않도록 하여야 한다.

(3) 개구부는 기능과 부품교환의 요구사항에 맞는 한 최소한으로 하여야 한다.

나. 쉽게 접근 가능한 격벽 또는 외함의 상부 수평면의 보호등급은 최소한 IPXXD 또는 IP4X 등급 이상으로 한다.

다. 격벽 및 외함은 완전히 고정하고 필요한 보호등급을 유지하기 위해 안정성과 내구성을 가져야 하며, 정상 사용조건에서 관련된 외부영향을 고려하여 충전부로부터 격리하여야 한다.

라. 격벽을 제거 또는 외함을 열거나, 외함의 일부를 제거할 필요가 있을 때에는 다음과 같은 경우에만 가능하도록 하여야 한다.

(1) 열쇠 또는 공구를 사용하여야 한다.

(2) 보호를 제공하는 외함이나 격벽에 대한 충전부의 전원 차단 후 격벽이나 외함을 교체 또는 다시 닫은 후에만 전원복구가 가능하도록 한다.

(3) 최소한 IPXXB 또는 IP2X 보호등급을 가진 중간격벽에 의해 충전부와 접촉을 방지하는 경우에는 열쇠 또는 공구의 사용에 의해서만 중간 격벽의 제거가 가능하도록 한다.

마. 격벽의 뒤쪽 또는 외함의 안에서 개폐기가 열린회로가 된 후에도 위험한 충전상태가 유지되는 기기(커패시터 등)가 설치된다면 경고 표지를 해야 한다. 다만, 아크소거, 계전기의 지연 동작 등을 위해 사용하는 소용량의 커패시터는 위험한 것으로 보지 않는다.

211.8 장애물 및 접촉범위 밖에 배치

211.8.1 목적

장애물을 두거나 접촉범위 밖에 배치하는 보호대책은 기본보호만 해당한다. 이 방법은 숙련자 또는 기능자에 의해 통제 또는 감독되는 설비에 적용한다.

211.8.2 장애물

1. 장애물은 충전부에 무의식적인 접촉을 방지하기 위해 시설하여야 한다. 다만, 고의적 접촉까지 방지하는 것은 아니다.
2. 장애물은 다음에 대한 보호를 하여야 한다.

가. 충전부에 인체가 무의식적으로 접근하는 것

나. 정상적인 사용상태에서 충전된 기기를 조작하는 동안 충전부에 무의식적으로 접촉하는 것

3. 장애물은 열쇠 또는 공구를 사용하지 않고 제거될 수 있지만, 비 고의적인 제거를 방지하기 위해 견고하게 고정하여야 한다.

211.8.3 접촉범위 밖에 배치

1. 접촉범위 밖에 배치하는 방법에 의한 보호는 충전부에 무의식적으로 접촉하는 것을 방지하기 위함이다.
2. 서로 다른 전위로 동시에 접근 가능한 부분이 접촉범위 안에 있으면 안 된다. 두 부분의 거리가 2.5 m 이하인 경우에는 동시 접근이 가능한 것으로 간주한다.

211.9 숙련자와 기능자의 통제 또는 감독이 있는 설비에 적용 가능한 보호대책

211.9.1 비도전성 장소

충전부의 기본절연 고장으로 인하여 서로 다른 전위가 될 수 있는 부분들에 대한 동시접촉을 방지하기 위한 것으로 다음과 같이 하여야 한다.

가. 모든 전기기기는 211.7의 어느 하나에 적합하여야 한다.

나. 다음의 노출도전부는 일반적인 조건에서 사람이 동시에 접촉되지 않도록 배치해야 한다. 다만, 이 부분들이 충전부의 기본절연의 고장에 따라 서로 다른 전위로 되기 쉬운 경우에 한한다.

(1) 두 개의 노출도전부

(2) 노출도전부와 계통외도전부

다. 비도전성 장소에는 보호도체가 없어야 한다.

라. 절연성 바닥과 벽이 있는 장소에서 다음의 배치들 중 하나 또는 그 이상이 적용되면 211.9.1의 “나”를 충족시킨다.

(1) 노출도전부 상호간, 노출도전부와 계통외도전부 사이의 상대적 간격은 두 부분 사이의 거리가 2.5 m 이상으로 한다.

(2) 노출도전부와 계통외도전부 사이에 유효한 장애물을 설치한다. 이 장애물의 높이가 (1)에 규정된 값까지 연장되면 충분하다.

(3) 계통외도전부의 절연 또는 절연 배치. 절연은 기계적 강도와 2 kV 이상의 시험전압에 견딜 수 있어야 하며, 누설전류는 통상적인 사용 상태에서 1 mA를 초과하지 말아야 한다.

마. KS C IEC 60364-6(검증)에 규정된 조건으로 매 측정 점에서의 절연성 바닥과 벽의 저항 값은 다음 값 이상으로 하여야 한다. 어떤 점에서의 저항이 규정된 값 이하이면 바닥과 벽은 감전보호 목적의 계통외도전부로 간주된다.

(1) 설비의 공칭전압이 500 V 이하인 경우 50 kΩ

(2) 설비의 공칭전압이 500 V를 초과하는 경우 100 kΩ

바. 배치는 영구적이어야 하며, 그 배치가 유효성을 잃을 가능성이 없어야 한다. 이동용 또는 휴대용기기의 사용이 예상되는 곳에서의 보호도 보장하여야 한다.

사. 계통외도전부에 의해 관련 장소의 외부로 전위가 발생하지 않도록 계통외도전부를 손이 닿지 않는 2.5 m 이상의 거리에 설치하거나, 장애물 설치 또는 절연피복 등의 조치를 하여야 한다.

211.9.2 비접지 국부 등전위본딩에 의한 보호

비접지 국부 등전위본딩은 위험한 접촉전압이 나타나는 것을 방지하기 위한 것으로 다음과 같이 한다.

가. 모든 전기기기는 211.7의 어느 하나에 적합하여야 한다.

나. 등전위본딩용 도체는 동시에 접근이 가능한 모든 노출도전부 및 계통외도전부와 상호 접속하여야 한다.

다. 국부 등전위본딩계통은 노출도전부 또는 계통외도전부를 통해 대지와 직접 전기적으로 접촉되지 않아야 한다.

라. 대지로부터 절연된 도전성 바닥이 비접지 등전위본딩계통에 접속된 곳에서는 등전위장소에 들어가는 사람이 위험한 전위차에 노출되지 않도록 주의하여야 한다.

211.9.3 두 개 이상의 전기사용기기에 전원 공급을 위한 전기적 분리

개별회로의 전기적 분리는 회로의 기본절연의 고장으로 인해 충전될 수 있는 노출도전부에 접촉을 통한 감전을 방지하기 위한 것으로 다음과 같이 한다.

가. 모든 전기기기는 211.7의 어느 하나에 적합하여야 한다.

나. 두 개 이상의 장비에 전원을 공급하기 위한 전기적 분리에 따른 보호는 211.4 (211.4.1의 2는 제외한다)와 다음의 조건을 준수하여야 한다.

(1) 분리된 회로가 손상 및 절연고장으로부터 보호될 수 있는 조치를 해야 한다.

(2) 분리된 회로의 노출도전부들은 절연된 비접지 등전위본딩도체에 의해 함께 접속하여야 한다. 이러한 도체는 보호도체, 다른 회로의 노출도전부 또는 어떠한 계통외도전부에도 접속되어서는 안 된다.

(3) 모든 콘센트는 보호용 접속점이 있어야 하며 이 보호용 접속점은 (2)에 따라 시설된 등전위본딩 계통에 연결하여야 한다.

(4) 이중 또는 강화절연된 기기에 공급하는 경우를 제외하고, 모든 가요케이블은 (2)의 등전위본딩용 도체로 사용하기 위한 보호도체를 갖추어야 한다.

(5) 2개의 노출도전부에 영향을 미치는 2개의 고장이 발생하고, 이들이 극성이 다른 도체에 의해 전원이 공급되는 경우 보호장치에 의해 표 211.2-1에 제시된 제한 시간 내에 전원이 차단되도록 하여야 한다.

212 과전류에 대한 보호

212.1 일반사항

212.1.1 적용범위

과전류의 영향으로부터 회로도체를 보호하기 위한 요구사항으로서 과부하 및 단락고장이 발생할 때 전원을 자동으로 차단하는 하나 이상의 장치에 의해서 회로도체를 보호하기 위한 방법을 규정한다. 다만, 플러그 및 소켓으로 고정 설비에 기기를 연결하는 가요성 케이블(또는 가요성 전선)은 이 기준의 적용 범위가 아니므로 과전류에 대한 보호가 반드시 이루어지지는 않는다.

212.1.2 일반 요구사항

과전류로 인하여 회로의 도체, 절연체, 접속부, 단자부 또는 도체를 감싸는 물체 등에 유해한 열적 및 기계적인 위험이 발생되지 않도록, 그 회로의 과전류를 차단하는 보호장치를 설치해야 한다.

212.2 회로의 특성에 따른 요구사항

212.2.1 선도체의 보호

1. 과전류 검출기의 설치
   가. 과전류의 검출은 제2를 적용하는 경우를 제외하고 모든 선도체에 대하여 과전류 검출기를 설치하여 과전류가 발생할 때 전원을 안전하게 차단해야 한다. 다만, 과전류가 검출된 도체 이외의 다른 선도체는 차단하지 않아도 된다.
   나. 3상 전동기 등과 같이 단상 차단이 위험을 일으킬 수 있는 경우 보호 조치를 해야 한다.
2. 과전류 검출기 설치 예외

   TT 계통 또는 TN 계통에서, 선도체만을 이용하여 전원을 공급하는 회로의 경우, 다음 조건들을 충족하면 선도체 중 어느 하나에는 과전류 검출기를 설치하지 않아도 된다.
   가. 동일 회로 또는 전원 측에서 부하 불평형을 감지하고 모든 선도체를 차단하기 위한 보호장치를 갖춘 경우
   나. “가”에서 규정한 보호장치의 부하 측에 위치한 회로의 인위적 중성점으로부터 중성선을 배선하지 않는 경우

212.2.2 중성선의 보호

1. TT 계통 또는 TN 계통
   가. 중성선의 단면적이 선도체의 단면적과 동등 이상의 크기이고, 그 중성선의 전류가 선도체의 전류보다 크지 않을 것으로 예상될 경우, 중성선에는 과전류 검출기 또는 차단장치를 설치하지 않아도 된다. 중성선의 단면적이 선도체의 단면적보다 작은 경우 과전류 검출기를 설치할 필요가 있다. 검출된 과전류가 설계전류를 초과

하면 선도체를 차단해야 하지만, 중성선을 차단할 필요까지는 없다.

나. “가”의 2가지 경우 모두 단락전류로부터 중성선을 보호해야 한다.

다. 중성선에 관한 요구사항은 차단에 관한 것을 제외하고 중성선과 보호도체 겸용(PEN) 도체에도 적용한다.

2. IT 계통

중성선을 배선하는 경우 중성선에 과전류검출기를 설치해야하며, 과전류가 검출되면 중성선을 포함한 해당 회로의 모든 충전도체를 차단해야 한다. 다음의 경우에는 과전류검출기를 설치하지 않아도 된다.

가. 설비의 전력 공급점과 같은 전원 측에 설치된 보호장치에 의해 그 중성선이 과전류에 대해 효과적으로 보호되는 경우

나. 정격감도전류가 해당 중성선 허용전류의 0.2배 이하인 누전차단기로 그 회로를 보호하는 경우

212.2.3 중성선의 차단 및 재연결

중성선을 차단 및 재연결하는 회로의 경우에 설치하는 개폐기 및 차단기는 차단 시에는 중성선이 선도체보다 늦게 차단되어야 하며, 재연결 시에는 선도체와 동시 또는 그 이전에 재연결 되는 것을 설치하여야 한다.

212.3 보호장치의 종류 및 특성

212.3.1 과부하전류 및 단락전류 겸용 보호장치

과부하전류 및 단락전류 모두를 보호하는 장치는 그 보호장치 설치 점에서 예상되는 단락전류를 포함한 모든 과전류를 차단 및 투입할 수 있는 능력이 있어야 한다.

212.3.2 과부하전류 전용 보호장치

과부하전류 전용 보호장치는 212.4의 요구사항을 충족 하여야 하며, 차단용량은 그 설치 점에서의 예상 단락전류 값 미만으로 할 수 있다.

212.3.3 단락전류 전용 보호장치

단락전류 전용 보호장치는 과부하 보호를 별도의 보호장치에 의하거나, 212.4에서 과부하 보호장치의 생략이 허용되는 경우에 설치할 수 있다.

이 보호장치는 예상 단락전류를 차단할 수 있어야 하며, 차단기인 경우에는 이 단락전류를 투입할 수 있는 능력이 있어야 한다.

212.3.4 보호장치의 특성

1. 과전류 보호장치는 KS C 또는 KS C IEC 관련 표준(배선차단기, 누전차단기, 퓨즈 등의 표준)의 동작특성에 적합하여야 한다.
2. 과전류차단기로 저압전로에 사용하는 범용의 퓨즈(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에서 규정하는 것을 제외한다)는 표 212.3-1에 적합한 것이어야 한다.

표 212.3-1 퓨즈(gG)의 용단특성

정격전류의 구분	시 간	정격전류의 배수	
		불용단전류	용단전류
4 A 이하	60분	1.5배	2.1배
4 A 초과 16 A 미만	60분	1.5배	1.9배
16 A 이상 63 A 이하	60분	1.25배	1.6배
63 A 초과 160 A 이하	120분	1.25배	1.6배
160 A 초과 400 A 이하	180분	1.25배	1.6배
400 A 초과	240분	1.25배	1.6배

3. 과전류차단기로 저압전로에 사용하는 산업용 배선차단기(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에서 규정하는 것을 제외한다)는 표 212.3-2에 주택용 배선차단기는 표 212.3-3 및 표 212.3-4에 적합한 것이어야 한다. 다만, 일반인이 접촉할 우려가 있는 장소(세대내 분전반 및 이와 유사한 장소)에는 주택용 배선차단기를 시설하여야 하고, 주택용 배선차단기를 정방향(세로)으로 부착할 경우에는 차단기의 위쪽이 켜짐(on)으로, 차단기의 아래쪽은 꺼짐(off)으로 시설하여야 한다.

표 2123-2 과전류트립 동작시간 및 특성(산업용 배선차단기)

정격전류의 구분	시 간	정격전류의 배수 (모든 극에 통전)	
		부동작 전류	동작 전류
63 A 이하	60분	1.05배	1.3배
63 A 초과	120분	1.05배	1.3배

표 212.3-3 순시트립에 따른 구분(주택용 배선차단기)

형	순시트립범위
B	$3I_n$ 초과 ~ $5I_n$ 이하
C	$5I_n$ 초과 ~ $10I_n$ 이하
D	$10I_n$ 초과 ~ $20I_n$ 이하
비고 1. B, C, D: 순시트립전류에 따른 차단기 분류 2. I_n: 차단기 정격전류	

표 212.3-4 과전류트립 동작시간 및 특성(주택용 배선차단기)

정격전류의 구분	시 간	정격전류의 배수(모든 극에 통전)	
		부동작 전류	동작 전류
63 A 이하	60분	1.13배	1.45배
63 A 초과	120분	1.13배	1.45배

212.4 과부하전류에 대한 보호

212.4.1 도체와 과부하 보호장치 사이의 협조

과부하에 대해 케이블(전선)을 보호하는 장치의 동작특성은 다음의 조건을 충족해야 한다.

$$I_B \le I_n \le I_Z \text{ ..... (식 212.4-1)}$$

$$I_2 \le 1.45 \times I_Z \text{ ..... (식 212.4-2)}$$

I_B: 회로의 설계전류

I_Z: 케이블의 허용전류

I_n: 보호장치의 정격전류

I_2: 보호장치가 규약시간 이내에 유효하게 동작하는 것을 보장하는 전류

1. 조정할 수 있게 설계 및 제작된 보호장치의 경우, 정격전류 I_n은 사용현장에 적합하게 조정된 전류의 설정 값이다.
2. 보호장치의 유효한 동작을 보장하는 전류 I_2는 제조자로부터 제공되거나 제품 표준에 제시되어야 한다.
3. 식 212.4-2에 따른 보호는 조건에 따라서는 보호가 불확실한 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우에는 식 212.4-2에 따라 선정된 케이블 보다 단면적이 큰 케이블을 선정하여야 한다.
4. I_B는 선도체를 흐르는 설계전류이거나, 함유율이 높은 영상분 고조파(특히 제3고조파)가 지속적으로 흐르는 경우 중성선에 흐르는 전류이다.

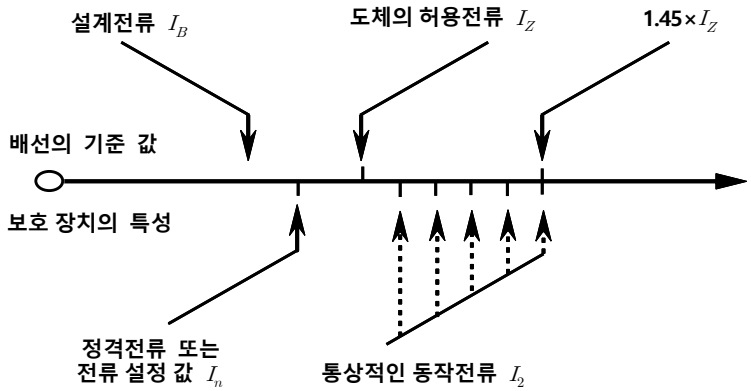


그림 212.4-1 과부하 보호 설계 조건도

212.4.2 과부하 보호장치의 설치 위치

1. 설치위치

과부하 보호장치는 전로 중 도체의 단면적, 특성, 설치방법, 구성의 변경으로 도체의 허용전류 값이 줄어드는 곳(이하 분기점이라 함)에 설치해야 한다.

2. 설치위치의 예외

과부하 보호장치는 분기점(O)에 설치해야 하나, 분기점(O)점과 분기회로의 과부하 보호장치의 설치점 사이의 배선 부분에 다른 분기회로나 콘센트 회로가 접속되어 있지 않고, 다음 중 하나를 충족하는 경우에는 변경이 있는 배선에 설치할 수 있다.

가. 그림 212.4-2와 같이 분기회로(S_2)의 과부하 보호장치(P_2)의 전원 측에 다른 분기회로 또는 콘센트의 접속이 없고 212.5의 요구사항에 따라 분기회로에 대한 단락보호가 이루어지고 있는 경우, P_2는 분기회로의 분기점(O)으로부터 부하 측으로 거리에 구애 받지 않고 이동하여 설치할 수 있다.

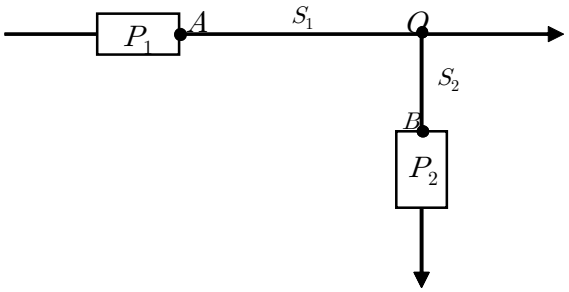


그림 212.4-2 분기회로(S_2)의 분기점(O)에 설치되지 않은 분기회로 과부하보호장치(P_2)

나. 그림 212.4-3과 같이 분기회로 (S_2)의 보호장치 (P_2)는 (P_2)의 전원 측에서 분기점(O) 사이에 다른 분기회로 또는 콘센트의 접속이 없고, 단락의 위험과 화재 및 인체에 대한 위험성이 최소화 되도록 시설된 경우, 분기회로의 보호장치 (P_2)는 분

기회로의 분기점(O)으로부터 3 m 까지 이동하여 설치할 수 있다.

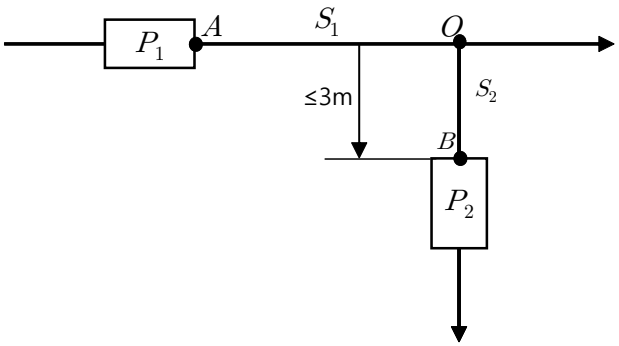


그림 212.4-3 분기회로(S_2)의 분기점(O)에서 3 m 이내에 설치된 과부하 보호장치(P_2)

212.4.3 과부하보호장치의 생략

다음과 같은 경우에는 과부하보호장치를 생략할 수 있다. 다만, 화재 또는 폭발 위험성이 있는 장소에 설치되는 설비 또는 특수설비 및 특수 장소의 요구사항들을 별도로 규정하는 경우에는 과부하보호장치를 생략할 수 없다.

가. 일반사항

다음의 어느 하나에 해당되는 경우에는 과부하 보호장치 생략이 가능하다.

(1) 분기회로의 전원 측에 설치된 보호장치에 의하여 분기회로에서 발생하는 과부하에 대해 유효하게 보호되고 있는 분기회로

(2) 212.5의 요구사항에 따라 단락보호가 되고 있으며, 분기점 이후의 분기회로에 다른 분기회로 및 콘센트가 접속되지 않는 분기회로 중, 부하에 설치된 과부하 보호장치가 유효하게 동작하여 과부하전류가 분기회로에 전달되지 않도록 조치를 하는 경우

(3) 통신회로용, 제어회로용, 신호회로용 및 이와 유사한 설비

나. IT 계통에서 과부하 보호장치 설치위치 변경 또는 생략

(1) 과부하에 대해 보호가 되지 않은 각 회로가 다음과 같은 방법 중 어느 하나에 의해 보호될 경우, 설치위치 변경 또는 생략이 가능하다.

(가) 211.3에 의한 보호수단 적용

(나) 2차 고장이 발생할 때 즉시 작동하는 누전차단기로 각 회로를 보호

(다) 지속적으로 감시되는 시스템의 경우 다음 중 어느 하나의 기능을 구비한 절연 감시 장치의 사용

① 최초 고장이 발생한 경우 회로를 차단하는 기능

② 고장을 나타내는 신호를 제공하는 기능. 이 고장은 운전 요구사항 또는 2차 고장에 의한 위험을 인식하고 조치가 취해져야 한다.

(2) 중성선이 없는 IT 계통에서 각 회로에 누전차단기가 설치된 경우에는 선도체

중의 어느 1개에는 과부하 보호장치를 생략할 수 있다.

다. 안전을 위해 과부하 보호장치를 생략할 수 있는 경우

사용 중 예상치 못한 회로의 개방이 위험 또는 큰 손상을 초래할 수 있는 다음과 같은 부하에 전원을 공급하는 회로에 대해서는 과부하 보호장치를 생략할 수 있다.

(1) 회전기의 여자회로

(2) 전자석 크레인의 전원회로

(3) 전류변성기의 2차회로

(4) 소방설비의 전원회로

(5) 안전설비(주거침입경보, 가스누출경보 등)의 전원회로

212.4.4 병렬 도체의 과부하 보호

하나의 보호장치가 여러 개의 병렬도체를 보호할 경우, 병렬도체는 분기회로, 분리, 개폐장치를 사용할 수 없다.

212.5 단락전류에 대한 보호

이 기준은 동일회로에 속하는 도체 사이의 단락인 경우에만 적용하여야 한다.

212.5.1 예상 단락전류의 결정

설비의 모든 관련 지점에서의 예상 단락전류를 결정해야 한다. 이는 계산 또는 측정에 의하여 수행할 수 있다.

212.5.2 단락보호장치의 설치위치

1. 단락전류 보호장치는 분기점(O)에 설치해야 한다. 다만, 그림 212.5-1과 같이 분기회로의 단락보호장치 설치점(B)과 분기점(O) 사이에 다른 분기회로 또는 콘센트의 접속이 없고 단락, 화재 및 인체에 대한 위험이 최소화될 경우, 분기회로의 단락 보호장치 P_2는 분기점(O)으로부터 3 m까지 이동하여 설치할 수 있다.

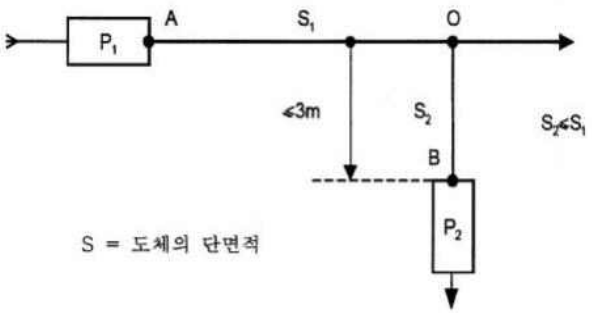


그림 212.5-1 분기회로 단락보호장치(P_2)의 제한된 위치 변경

2. 도체의 단면적이 줄어들거나 다른 변경이 이루어진 분기회로의 시작점(O)과 이 분기회로의 단락보호장치(P_2) 사이에 있는 도체가 전원측에 설치되는 보호장치(P_1)에

의해 단락보호가 되는 경우에, P_2의 설치위치는 분기점(O)로부터 거리제한이 없이 설치할 수 있다. 단, 전원측 단락보호장치(P_1)은 부하측 배선(S_2)에 대하여 212.5.5에 따라 단락보호를 할 수 있는 특성을 가져야 한다.

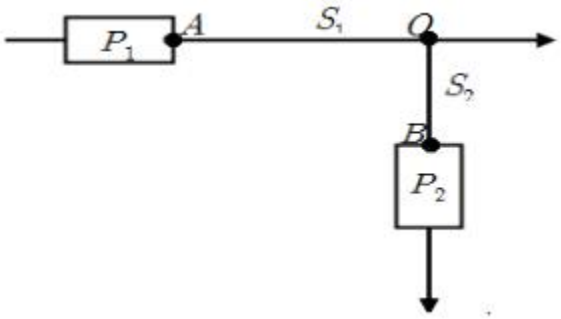


그림 212.5-2 분기회로 단락보호장치(P_2)의 설치 위치

212.5.3 단락보호장치의 생략

배선의 단락위험이 최소화할 수 있는 방법과 가연성 물질 근처에 설치하지 않는 조건이 모두 충족되면 다음과 같은 경우에는 단락보호장치를 생략할 수 있다.

가. 발전기, 변압기, 정류기, 축전지와 보호장치가 설치된 제어반을 연결하는 도체

나. 212.4.3의 "다"와 같이 전원차단이 설비의 운전에 위험을 가져올 수 있는 회로

다. 특정 측정회로

212.5.4 병렬도체의 단락보호

1. 여러 개의 병렬도체를 사용하는 회로의 전원 측에 1개의 단락보호장치가 설치되어 있는 조건에서, 어느 하나의 도체에서 발생한 단락고장이라도 효과적인 동작이 보증되는 경우, 해당 보호장치 1개를 이용하여 그 병렬도체 전체의 단락보호장치로 사용할 수 있다.
2. 1개의 보호장치에 의한 단락보호가 효과적이지 못하면, 다음 중 1가지 이상의 조치를 취해야 한다.

가. 배선은 기계적인 손상 보호와 같은 방법으로 병렬도체에서의 단락위험을 최소화 할 수 있는 방법으로 설치하고, 화재 또는 인체에 대한 위험을 최소화 할 수 있는 방법으로 설치하여야 한다.

나. 병렬도체가 2가닥인 경우 단락보호장치를 각 병렬도체의 전원측에 설치해야 한다.

다. 병렬도체가 3가닥 이상인 경우 단락보호장치는 각 병렬도체의 전원 측과 부하 측에 설치해야 한다.

212.5.5 단락보호장치의 특성

1. 차단용량

정격차단용량은 단락전류보호장치 설치 점에서 예상되는 최대 크기의 단락전류 보다

커야한다. 다만, 전원측 전로에 단락고장전류 이상의 차단능력이 있는 과전류차단기가 설치되는 경우에는 그러하지 아니하다. 이 경우에 두 장치를 통과하는 에너지가 부하측 장치와 이 보호장치로 보호를 받는 도체가 손상을 입지 않고 견뎌낼 수 있는 에너지를 초과하지 않도록 양쪽 보호장치의 특성이 협조되도록 해야 한다.

2. 케이블 등의 단락전류

회로의 임의의 지점에서 발생한 모든 단락전류는 케이블 및 절연도체의 허용 온도를 초과하지 않는 시간 내에 차단되도록 해야 한다. 단락지속시간이 5초 이하인 경우, 통상 사용조건에서의 단락전류에 의해 절연체의 허용온도에 도달하기까지의 시간 t는 식 212.5-1과 같이 계산할 수 있다.

$$t = (\frac{kS}{I})^2 \qquad \text{(식 212.5-1)}$$

t: 단락전류 지속시간 (초)

S: 도체의 단면적 (㎟)

I: 유효 단락전류 (A, rms)

k: 도체 재료의 저항률, 온도계수, 열용량, 해당 초기온도와 최종온도를 고려한 계수로서, 일반적인 도체의 절연물에서, 선 도체에 대한 k 값은 표 212.5-1과 같다.

표 212.5-1 도체에 대한 k 값

구 분	도체절연 형식							
	PVC (열가소성)		PVC (열가소성) 90℃		에틸렌프로필렌 고무/ 가교폴리에틸렌(열경화성)	고무 (열경화성) 60℃	무기재료	
							PVC 외장	노출 비외장
단면적 (㎟)	≦300 ㎟	>300 ㎟	≦300 ㎟	>300 ㎟				
초기온도 (℃)	70		90		90	60	70	105
최종온도 (℃)	160	140	160	140	250	200	160	250
도체재료: 구리	115	103	100	86	143	141	115	135/115 *
알루미늄	76	68	66	57	94	93	-	-
구리의 납땜접속	115	-			-	-	-	-
* 이 값은 사람이 접촉할 우려가 있는 노출 케이블에 적용되어야 한다.								
1) 다음 사항에 대한 다른 k 값은 검토 중이다. - 가는 도체 (특히, 단면적이 10㎟ 미만) - 기타 다른 형식의 전선 접속 - 노출 도체 2) 단락보호장치의 정격전류는 케이블의 허용전류보다 클 수 있다. 3) 위의 계수는 KS C IEC 60724(정격전압 1 kV 및 3 kV 전기케이블의 단락 온도 한계)에 근거한다. 4) 계수 k의 계산방법에 대해서는 IEC 60364-5-54(전기기기의 선정 및 설치－접지설비 및 보호도체)의 “부속서 A” 참조								

212.6 저압전로 중의 개폐기 및 과전류차단장치의 시설

212.6.1 저압전로 중의 개폐기의 시설

1. 저압전로 중에 개폐기를 시설하는 경우(이 규정에서 개폐기를 시설하도록 정하는 경우에 한한다)에는 그 곳의 각 극에 설치하여야 한다.
2. 사용전압이 다른 개폐기는 상호 식별이 용이하도록 시설하여야 한다.

212.6.2 저압 옥내전로 인입구에서의 개폐기의 시설

1. 저압 옥내전로(242.5.1의 1에 규정하는 화약류 저장소에 시설하는 것을 제외한다. 이하 같다)에는 인입구에 가까운 곳으로서 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 개폐기(개폐기의 용량이 큰 경우에는 회로를 분할하여 각 회로별로 개폐기를 시설할 수 있다. 이 경우에 각 회로별 개폐기는 집합하여 시설하여야 한다)를 각 극에 시설하여야 한다.
2. 사용전압이 400 V 이하인 옥내 전로로서 다른 옥내전로(정격전류가 16 A 이하인 과

전류 차단기 또는 정격전류가 16 A를 초과하고 20 A 이하인 배선차단기로 보호되고 있는 것에 한한다)에 접속하는 길이 15 m 이하의 전로에서 전기의 공급을 받는 것은 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

3. 저압 옥내전로에 접속하는 전원측의 전로(그 전로에 가공 부분 또는 옥상 부분이 있는 경우에는 그 가공 부분 또는 옥상 부분보다 부하측에 있는 부분에 한한다)의 그 저압 옥내 전로의 인입구에 가까운 곳에 전용의 개폐기를 쉽게 개폐할 수 있는 곳의 각 극에 시설하는 경우에는 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

212.6.3 저압전로 중의 전동기 보호용 과전류보호장치의 시설

1. 과전류차단기로 저압전로에 시설하는 과부하보호장치(전동기가 손상될 우려가 있는 과전류가 발생했을 경우에 자동적으로 이것을 차단하는 것에 한한다)와 단락보호전용차단기 또는 과부하보호장치와 단락보호전용퓨즈를 조합한 장치는 전동기에만 연결하는 저압전로에 사용하고 다음 각각에 적합한 것이어야 한다.

가. 과부하 보호장치, 단락보호전용 차단기 및 단락보호전용 퓨즈는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 적용을 받는 것 이외에는 한국산업표준(이하 “KS”라 한다)에 적합하여야 하며, 다음에 따라 시설할 것.

(1) 과부하 보호장치로 전자접촉기를 사용할 경우에는 반드시 과부하계전기가 부착되어 있을 것.

(2) 단락보호전용 차단기의 단락동작설정 전류 값은 전동기의 기동방식에 따른 기동돌입전류를 고려할 것.

(3) 단락보호전용 퓨즈는 표 212.6-5의 용단 특성에 적합한 것일 것.

표 212.6-5 단락보호전용 퓨즈(aM)의 용단특성

정격전류의 배수	불용단시간	용단시간
4 배	60초 이내	-
6.3 배	-	60초 이내
8 배	0.5초 이내	-
10 배	0.2초 이내	-
12.5 배	-	0.5초 이내
19 배	-	0.1초 이내

나. 과부하 보호장치와 단락보호 전용 차단기 또는 단락보호 전용 퓨즈를 하나의 전용함 속에 넣어 시설한 것일 것.

다. 과부하 보호장치가 단락전류에 의하여 손상되기 전에 그 단락전류를 차단하는 능력을 가진 단락보호 전용 차단기 또는 단락보호 전용 퓨즈를 시설한 것일 것.

라. 과부하 보호장치와 단락보호 전용 퓨즈를 조합한 장치는 단락보호 전용 퓨즈의

정격전류가 과부하 보호장치의 설정 전류(setting current) 값 이하가 되도록 시설한 것(그 값이 단락보호 전용 퓨즈의 표준 정격에 해당하지 아니하는 경우는 단락보호 전용 퓨즈의 정격전류가 그 값의 바로 상위의 정격이 되도록 시설한 것을 포함한다)일 것.

2. 저압 옥내 시설하는 보호장치의 정격전류 또는 전류 설정 값은 전동기 등이 접속되는 경우에는 그 전동기의 기동방식에 따른 기동전류와 다른 전기사용기계기구의 정격전류를 고려하여 선정하여야 한다.
3. 옥내에 시설하는 전동기(정격 출력이 0.2 ㎾ 이하인 것을 제외한다. 이하 여기에서 같다)에는 전동기가 손상될 우려가 있는 과전류가 생겼을 때에 자동적으로 이를 저지하거나 이를 경보하는 장치를 하여야 한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 전동기를 운전 중 상시 취급자가 감시할 수 있는 위치에 시설하는 경우
   나. 전동기의 구조나 부하의 성질로 보아 전동기가 손상될 수 있는 과전류가 생길 우려가 없는 경우
   다. 단상전동기[KS C 4204(2013)의 표준정격의 것을 말한다]로써 그 전원측 전로에 시설하는 과전류 차단기의 정격전류가 16 A(배선차단기는 20 A) 이하인 경우

212.6.4 분기회로의 시설

분기회로는 212.4.2, 212.4.3, 212.5.2, 212.5.3에 준하여 시설하여야 한다.

212.7 과부하 및 단락 보호의 협조

212.7.1 한 개의 보호장치를 이용한 보호

과부하 및 단락전류 보호장치는 212.4 및 212.5의 관련 요구사항을 만족하여야 한다.

212.7.2 개별 장치를 이용한 보호

212.4 및 212.5의 요구사항을 과부하 보호장치와 단락 보호장치에 각각 적용한다. 단락보호장치의 통과에너지가 과부하 보호장치에 손상을 주지 않고 견딜 수 있는 값을 초과하지 않도록 보호장치의 특성을 협조시켜야 한다.

212.8 전원 특성을 이용한 과전류 제한

도체의 허용전류를 초과하는 전류를 공급할 수 없는 전원으로부터 전류를 공급받은 도체의 경우 과부하 및 단락보호가 적용된 것으로 간주한다.

213 과전압에 대한 보호

213.1 고압계통의 지락고장으로 인한 저압설비 보호

213.1.1 고압계통의 지락고장 시 저압계통에서의 과전압

변전소에서 고압측 지락고장의 경우, 다음 과전압의 유형들이 저압설비에 영향을 미칠 수 있다.

가. 상용주파 고장전압(U_f)

나. 상용주파 스트레스전압(U_1 및 U_2)

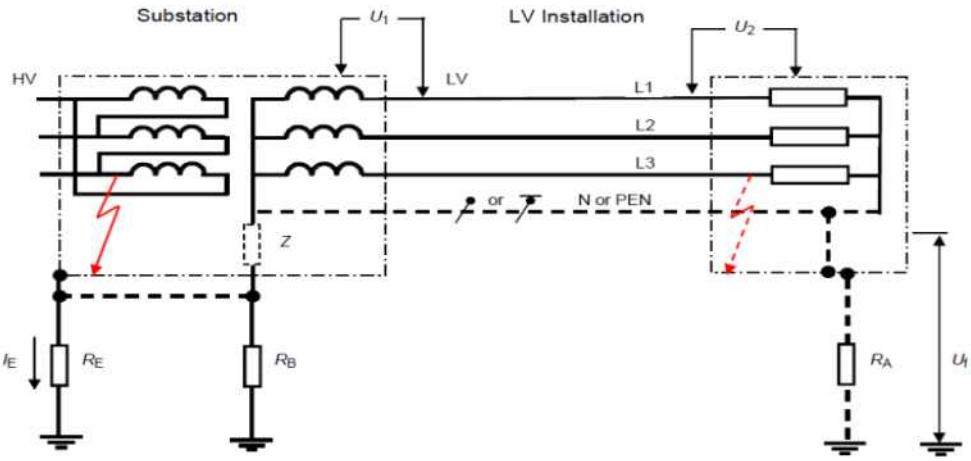


그림 213.1-1 고압계통의 지락고장 시 저압계통에서의 과전압 발생도

213.1.2 상용주파 고장전압의 크기와 지속시간

고압계통에서의 지락으로 인한 저압설비 내의 저압기기의 상용주파 고장전압(U_f)의 크기와 지속시간은 KS C IEC 60364-4-44 및 KS C IEC 61936-1에 의한다.

213.1.3 상용주파 스트레스전압의 크기와 지속시간

고압계통에서의 지락으로 인한 저압설비 내의 저압기기의 상용주파 스트레스전압(U_1과 U_2)의 크기와 지속시간은 표 142.6-1에 주어진 요구사항들을 초과하지 않아야 한다.

213.2 낙뢰 또는 개폐에 따른 과전압 보호

213.2.1 일반사항

이 절은 배전 계통으로부터 전달되는 기상현상에 기인한 과도 과전압 및 설비 내 기기에 의해 발생하는 개폐 과전압에 대한 전기설비의 보호를 다룬다.

213.2.2 기기에 요구되는 임펄스 내전압

기기의 정격 임펄스 내전압이 최소한 표 213.2-1에 제시된 필수 임펄스 내전압보다 작

지 않도록 기기를 선정하여야 한다.

표 213.2-1 기기에 요구되는 정격 임펄스 내전압

설비의 공칭전압 (V)	교류 또는 직류 공칭전압에서 산출한 상전압 (V)	요구되는 정격 임펄스 내전압[a] (kV)			
		과전압 범주 Ⅳ (매우 높은 정격 임펄스 전압 장비)	과전압 범주 Ⅲ (높은 정격 임펄스 전압 장비)	과전압 범주 Ⅱ (통상 정격 임펄스 전압 장비)	과전압 범주 Ⅰ (감축 정격 임펄스 전압 장비)
		예) 계기, 원격 제어시스템	예) 배전반, 개폐기, 콘센트	예) 가전용 배전 전기기기 및 도구	예) 민감한 전자 장비
120/208	150	4	2.5	1.5	0.8
(220/380)[b] 230/400 277/480	300	6	4	2.5	1.5
400/690	600	8	6	4	2.5
1000	1000	12	8	6	4
1500 D.C.	1500 D.C.			8	6

a 임펄스 내전압은 충전도체와 보호도체 사이에 적용된다.
b 현재 국내 사용 전압이다.

(214 열 영향에 대한 보호)

214.1 적용범위

다음과 같은 영향으로부터 인축과 재산의 보호방법을 전기설비에 적용하여야 한다.

가. 전기기기에 의한 열적인 영향, 재료의 연소 또는 기능저하 및 화상의 위험

나. 화재 재해의 경우, 전기설비로부터 격벽으로 분리된 인근의 다른 화재 구획으로 전파되는 화염

다. 전기기기 안전 기능의 손상

214.2 화재 및 화상방지에 대한 보호

214.2.1 전기기기에 의한 화재방지

1. 전기기기에 의해 발생하는 열은 근처에 고정된 재료나 기기에 화재 위험을 주지 않아야 한다.
2. 고정기기의 온도가 인접한 재료에 화재의 위험을 줄 온도까지 도달할 우려가 있는 경우에 이 기기에는 다음과 같은 조치를 취하여야 한다.

   가. 이 온도에 견디고 열전도율이 낮은 재료 위나 내부에 기기를 설치

   나. 이 온도에 견디고 열전도율이 낮은 재료를 사용하여 건축구조물로부터 기기를 차폐

   다. 이 온도에서 열이 안전하게 발산되도록 유해한 열적 영향을 받을 수 있는 재료로부터 안전거리를 유지하고 열전도율이 낮은 지지대에 의한 설치
3. 정상 운전 중에 아크 또는 스파크가 발생할 수 있는 전기기기에는 다음 중 하나의 보호조치를 취하여야 한다.

   가. 내 아크 재료로 기기 전체를 둘러싼다.

   나. 분출이 유해한 영향을 줄 수 있는 재료로부터 내 아크 재료로 차폐

   다. 분출이 유해한 영향을 줄 수 있는 재료로부터 분출을 안전하게 소멸시키도록 기기를 설치
4. 열의 집중을 야기하는 고정기기는 어떠한 고정물체나 건축부재가 정상조건에서 위험한 온도에 노출되지 않도록 안전거리를 유지하도록 하여야 한다.
5. 단일 장소에 있는 전기기기가 상당한 양의 인화성 액체를 포함하는 경우에는 액체, 불꽃 및 연소 생성물의 전파를 방지하는 예방책을 취하여야 한다.

   가. 누설된 액체를 모을 수 있는 저유조를 설치하고 화재 시 소화를 확실히 한다.

   나. 기기를 내화성이 있고 연소 액체가 건물의 다른 부분으로 확산되지 않도록 방지턱 또는 다른 수단이 마련된 방에 설치한다. 이러한 방은 외부공기로만 환기되는 것이어야 한다.
6. 설치 중 전기기기의 주위에 설치하는 외함의 재료는 그 전기기기에서 발생할 수 있는 최고 온도에 견디어야 한다. 이외 함의 구성 재료는 열전도율이 낮고 불연성 또

는 난연성 재료로 덮는 등 발화에 대한 예방조치를 하지 않는 한 가연성 재료는 부적합하다.

7. 「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」에 따른 물류창고 및 「전통시장 및 상점가 육성을 위한 특별법」에 따른 전통시장에 시설되는 20 A 이하의 분기회로에는 전기 아크로 인한 화재의 우려가 없도록 KS C IEC 62606에 적합한 장치를 각각 시설하여야 한다. 다만, 해당 장소의 계약용량이 100 kW 이하인 경우에는 예외로 한다.

214.2.2 전기기기에 의한 화상 방지

접촉범위 내에 있고, 접촉 가능성이 있는 전기기기의 부품류는 인체에 화상을 일으킬 우려가 있는 온도에 도달해서는 안 되며, 표 214.2-1에 제시된 제한 값을 준수하여야 한다. 이 경우 우발적 접촉도 발생하지 않도록 보호를 하여야 한다.

표 214.2-1 접촉 범위 내에 있는 기기에 접촉 가능성이 있는 부분에 대한 온도 제한

접촉할 가능성이 있는 부분	접촉할 가능성이 있는 표면의 재료	최고 표면 온도(℃)
손으로 잡고 조작시키는 것	금속 비금속	55 65
손으로 잡지 않지만 접촉하는 부분	금속 비금속	70 80
통상 조작 시 접촉할 필요가 없는 부분	금속 비금속	80 90

214.3 과열에 대한 보호

214.3.1 강제 공기 난방시스템

1. 강제 공기 난방시스템에서 중앙 축열기의 발열체가 아닌 발열체는 정해진 풍량에 도달할 때까지는 동작할 수 없고, 풍량이 정해진 값 미만이면 정지되어야 한다. 또한 공기덕트 내에서 허용온도가 초과하지 않도록 하는 2개의 서로 독립된 온도 제한 장치가 있어야 한다.
2. 열소자의 지지부, 프레임과 외함은 불연성 재료이어야 한다.

214.3.2 온수기 또는 증기발생기

1. 온수 또는 증기를 발생시키는 장치는 어떠한 운전 상태에서도 과열 보호가 되도록 설계 또는 공사를 하여야 한다. 보호장치는 기능적으로 독립된 자동 온도조절장치로부터 독립적 기능을 하는 수동 복귀형 장치이어야 한다. 다만, 관련된 표준 모두에 적합한 장치는 제외한다.
2. 장치에 개방 입구가 없는 경우에는 수압을 제한하는 장치를 설치하여야 한다.

214.3.3 공기난방설비

1. 공기난방설비의 프레임 및 외함은 불연성 재료이어야 한다.
2. 열 복사에 의해 접촉되지 않는 복사 난방기의 측벽은 가연성 부분으로부터 간격을 유지하여야 한다. 불연성 격벽으로 간격을 감축하는 경우, 이 격벽은 복사 난방기의 외함 및 가연성 부분에서 0.01 m 이상의 간격을 유지하여야 한다.
3. 제작자의 별도 표시가 없으며, 복사 난방기는 복사 방향으로 가연성 부분으로부터 2 m 이상의 안전거리를 확보할 수 있도록 부착하여야 한다.

(220 전선로)

221 구내・옥측・옥상・옥내 전선로의 시설

221.1 구내인입선

221.1.1 저압 인입선의 시설

1. 저압 가공인입선은 222.16, 222.18, 222.19 및 332.11부터 332.15까지의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 전선은 절연전선 또는 케이블일 것.
   나. 전선이 케이블인 경우 이외에는 인장강도 2.30 kN 이상의 것 또는 지름 2.6 ㎜ 이상의 인입용 비닐절연전선일 것. 다만, 지지물 간 거리가 15 m 이하인 경우는 인장강도 1.25 kN 이상의 것 또는 지름 2 ㎜ 이상의 인입용 비닐절연전선일 것.
   다. 전선이 옥외용 비닐절연전선인 경우에는 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하고, 옥외용 비닐절연전선 이외의 절연전선인 경우에는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
   라. 전선이 케이블인 경우에는 332.2(1의 “라”는 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 케이블의 길이가 1 m 이하인 경우에는 조가 하지 않아도 된다.
   마. 전선의 높이는 다음에 의할 것.
      (1) 도로(차도와 보도의 구별이 있는 도로인 경우에는 차도)를 횡단하는 경우에는 노면상 5 m(기술상 부득이한 경우에 교통에 지장이 없을 때에는 3 m) 이상
      (2) 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5 m 이상
      (3) 횡단보도교의 위에 시설하는 경우에는 노면상 3 m 이상
      (4) (1)에서 (3)까지 이외의 경우에는 지표상 4 m(기술상 부득이한 경우에 교통에 지장이 없을 때에는 2.5 m) 이상
2. 저압 가공인입선을 직접 인입한 조영물에 대하여는 위험의 우려가 없을 경우에 한하여 제1에서 준용하는 222.18의 1 및 332.11의 1의 “나”의 규정은 적용하지 아니한다.
3. 기술상 부득이한 경우는 저압 가공인입선을 직접 인입한 조영물 이외의 시설물(도로・횡단보도교・철도・궤도・삭도, 교류 및 저압/고압의 전차선, 저압/고압 및 특고압 가공전선은 제외한다)에 대하여는 위험의 우려가 없는 경우에 한하여 제1에서 준용하는 332.11(3은 제외한다)부터 332.15까지・222.16・222.18(4는 제외한다)의 규정은 적용하지 아니한다. 이 경우에 저압 가공인입선과 다른 시설물 사이의 간격은 표 221.1-1에서 정한 값 이상이어야 한다.

표 221.1-1 저압 가공인입선 조영물의 구분에 따른 간격

시설물의 구분		간 격
조영물의 상부 조영재	위 쪽	2 m (전선이 옥외용 비닐절연전선 이외의 저압 절연전선인 경우는 1.0 m, 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.5 m)
	옆 쪽 또는 아래 쪽	0.3 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.15 m)
조영물의 상부 조영재 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		0.3 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.15 m)

4. 저압 인입선의 옥측부분 또는 옥상부분은 221.2의 2부터 4까지의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
5. 222.23에서 규정하는 저압 가공전선에 직접 접속하는 가공인입선은 제1의 규정에 불구하고 222.23의 규정에 준하여 시설할 수 있다.

221.1.2 이웃 연결 인입선의 시설

저압 이웃 연결 인입선은 221.1.1의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 인입선에서 분기하는 점으로부터 100 m를 초과하는 지역에 미치지 아니할 것.
나. 폭 5 m를 초과하는 도로를 횡단하지 아니할 것.
다. 옥내를 통과하지 아니할 것.

221.2 옥측전선로

1. 저압 옥측전선로는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에 한하여 시설할 수 있다.
   가. 1구내 또는 동일 기초구조물 및 여기에 구축된 복수의 건물과 구조적으로 일체화된 하나의 건물(이하 “1구내 등”이라 한다)에 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   나. 1구내 등 전용의 전선로 중 그 구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
2. 저압 옥측전선로는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 저압 옥측전선로는 다음의 공사방법에 의할 것.
      (1) 애자공사(전개된 장소에 한한다.)
      (2) 합성수지관공사
      (3) 금속관공사(목조 이외의 조영물에 시설하는 경우에 한한다)

(4) 버스덕트공사[목조 이외의 조영물(점검할 수 없는 은폐된 장소는 제외한다)에 시설하는 경우에 한한다]

(5) 케이블공사(연피 케이블, 알루미늄피 케이블 또는 무기물절연(MI) 케이블을 사용하는 경우에는 목조 이외의 조영물에 시설하는 경우에 한한다)

나. 애자공사에 의한 저압 옥측전선로는 다음에 의하고 또한 사람이 쉽게 접촉될 우려가 없도록 시설할 것.

(1) 전선은 공칭단면적 4 ㎟ 이상의 연동 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 절연전선은 제외한다)일 것.

(2) 전선 상호 간의 간격 및 전선과 그 저압 옥측전선로를 시설하는 조영재 사이의 간격은 표 221.2-1에서 정한 값 이상일 것.

표 221.2-1 시설장소별 조영재 사이의 간격

시설 장소	전선 상호 간의 간격		전선과 조영재 사이의 간격	
	사용전압이 400 V 이하인 경우	사용전압이 400 V 초과인 경우	사용전압이 400 V 이하인 경우	사용전압이 400 V 초과인 경우
비나 이슬에 젖지 않는 장소	0.06 m	0.06 m	0.025 m	0.025 m
비나 이슬에 젖는 장소	0.06 m	0.12 m	0.025 m	0.045 m

(3) 전선의 지지점 간의 거리는 2 m 이하일 것.

(4) 전선에 인장강도 1.38 kN 이상의 것 또는 지름 2 ㎜ 이상의 경동선을 사용하고 또한 전선 상호 간의 간격을 0.2 m 이상, 전선과 저압 옥측전선로를 시설한 조영재 사이의 간격을 0.3 m 이상으로 하여 시설하는 경우에 한하여 옥외용 비닐절연전선을 사용하거나 지지점 간의 거리를 2 m를 초과하고 15 m 이하로 할 수 있다.

(5) 사용전압이 400 V 이하인 경우에 다음에 의하고 또한 전선을 손상할 우려가 없도록 시설할 때에는 (1) 및 (2) (전선 상호 간의 간격에 관한 것에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.

(가) 전선은 공칭단면적 4 ㎟ 이상의 연동 절연전선 또는 지름 2 ㎜ 이상의 인입용 비닐절연전선일 것.

(나) 전선을 바인드선에 의하여 애자에 고정시키는 경우에는 각각의 선심을 애자의 다른 홈에 넣고 또한 다른 바인드선으로 선심 상호 간 및 바인드선 상호 간이 접촉하지 않도록 견고하게 시설할 것.

(다) 전선을 접속하는 경우에는 각각의 선심의 접속점은 0.05 m 이상 띄울 것.

(라) 전선과 그 저압 옥측전선로를 시설하는 조영재 사이의 간격은 0.03 m 이상일 것

(6) (5)에 의하는 경우로 전선과 그 저압 옥측전선로를 시설하는 조영재 사이의 간격을 0.3 m 이상으로 시설하는 경우에는 지지점 간의 거리를 2 m를 초과하고 15 m 이하로 할 수 있다.

(7) 애자는 절연성 · 난연성 및 내수성이 있는 것일 것.

다. 합성수지관공사에 의한 저압 옥측전선로는 232.11규정에 준하여 시설할 것.

라. 금속관공사에 의한 저압 옥측전선로는 232.12의 규정에 준하여 시설할 것.

마. 버스덕트공사에 의한 저압 옥측전선로는 232.61의 규정에 준하여 시설하는 이외의 덕트는 물이 스며들어 고이지 않는 것일 것.

바. 케이블공사에 의한 저압 옥측전선로는 다음의 어느 하나에 의하여 시설할 것.

(1) 케이블을 조영재에 따라서 시설할 경우에는 232.51의 규정에 준하여 시설할 것.

(2) 케이블을 조가선에 조가하여 시설할 경우에는 332.2(1의 "라" 및 3을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하고 또한 저압 옥측전선로에 시설하는 전선은 조영재에 접촉하지 않도록 시설할 것.

3. 저압 옥측전선로의 전선이 그 저압 옥측전선로를 시설하는 조영물에 시설하는 다른 저압 옥측전선(저압 옥측전선로의 전선 · 저압의 인입선 및 이웃 연결 인입선의 옥측부분과 저압 옥측배선을 말한다. 이하 같다) · 관등회로의 배선 · 약전류전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이들과 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 232.3.7의 2의 "라" 에서 "바" 의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

4. 제3의 경우 이외에는 애자공사에 의한 저압 옥측전선로의 전선이 다른 시설물[그 저압 옥측전선로를 시설하는 조영재 · 가공전선 · 고압 옥측전선(고압 옥측전선로의 전선 · 고압 인입선의 옥측부분 및 고압 옥측배선을 말한다. 이하 같다.) · 특고압 옥측전선(특고압 옥측전선로의 전선 · 특고압 인입선의 옥측부분 및 특고압 옥측배선을 말한다. 이하 같다) 및 옥상전선은 제외한다. 이하 같다]과 접근하는 경우 또는 애자공사에 의한 저압 옥측전선로의 전선이 다른 시설물의 위나 아래에 시설되는 경우에 저압 옥측전선로의 전선과 다른 시설물 사이의 간격은 표 221.2-2에서 정한 값 이상이어야 한다.

표 221.2-2 저압 옥측전선로 조영물의 구분에 따른 간격

다른 시설물의 구분	접근 형태	간 격
조영물의 상부 조영재	위 쪽	2 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 1 m)
	옆 쪽 또는 아래 쪽	0.6 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.3 m)
조영물의 상부 조영재 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		0.6 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.3 m)

5. 애자공사에 의한 저압 옥측전선로의 전선과 식물 사이의 간격은 0.2 m 이상이어야 한다. 다만, 저압 옥측전선로의 전선이 고압 절연전선 또는 특고압 절연전선인 경우에 그 전선을 식물에 접촉하지 않도록 시설하는 경우에는 적용하지 아니한다.

221.3 옥상전선로

1. 저압 옥상전선로(저압의 인입선 및 이웃 연결 인입선의 옥상부분은 제외한다. 이하 같다)는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에 한하여 시설할 수 있다.
   가. 1구내 또는 동일 기초 구조물 및 여기에 구축된 복수의 건물과 구조적으로 일체화 된 하나의 건물(이하 “1구내 등”이라 한다)에 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   나. 1구내 등 전용의 전선로 중 그 구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
2. 저압 옥상전선로는 전개된 장소에 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
   가. 전선은 인장강도 2.30 kN 이상의 것 또는 지름 2.6 ㎜ 이상의 경동선을 사용할 것.
   나. 전선은 절연전선(OW전선을 포함한다) 또는 이와 동등 이상의 절연성능이 있는 것을 사용할 것.
   다. 전선은 조영재에 견고하게 붙인 지지기둥 또는 지지대에 절연성·난연성 및 내수성이 있는 애자를 사용하여 지지하고 또한 그 지지점 간의 거리는 15 m 이하일 것.
   라. 전선과 그 저압 옥상 전선로를 시설하는 조영재와의 간격은 2 m(전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 1 m) 이상일 것.
3. 전선이 케이블인 저압 옥상전선로는 다음의 어느 하나에 해당할 경우에 한하여 시설할 수 있다.

가. 전선을 전개된 장소에 332.2(1의 “라”는 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 외에 조영재에 견고하게 붙인 지지기둥 또는 지지대에 의하여 지지하고 또한 조영재 사이의 간격을 1 m 이상으로 하여 시설하는 경우

나. 전선을 조영재에 견고하게 붙인 견고한 관 또는 트로프에 넣고 또한 트로프에는 취급자 이외의 자가 쉽게 열 수 없는 구조의 철제 또는 철근 콘크리트제 기타 견고한 뚜껑을 시설하는 외에 232.51.1의 4의 규정에 준하여 시설하는 경우

4. 저압 옥상전선로의 전선이 저압 옥측전선, 고압 옥측전선, 특고압 옥측전선, 다른 저압 옥상전선로의 전선, 약전류전선 등, 안테나 · 수관 · 가스관 또는 이들과 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 저압 옥상전선로의 전선과 이들 사이의 간격은 1 m(저압 옥상전선로의 전선 또는 저압 옥측전선이나 다른 저압 옥상전선로의 전선이 저압 방호구에 넣은 절연전선 등 · 고압 절연전선 · 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.3 m) 이상이어야 한다.
5. 제4의 경우 이외에는 저압 옥상전선로의 전선이 다른 시설물(그 저압 옥상전선로를 시설하는 조영재 · 가공전선 및 고압의 옥상전선로의 전선은 제외한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 그 저압 옥상전선로의 전선과 이들 사이의 간격은 0.6 m(전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.3 m) 이상이어야 한다.
6. 저압 옥상전선로의 전선은 상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

221.4 옥내전선로

옥내에 시설하는 전선로는 335.9에 따라 시설하여야 한다.

221.5 지상전선로

지상에 시설하는 전선로는 335.5에 따라 시설하여야 한다.

222 저압 가공전선로

222.1 목주의 강도 계산

가공전선로의 지지물로 사용하는 목주의 가공전선로와 직각 방향의 풍압하중에 대한 강도 계산 방법은 331.10에 준하여야 한다.

222.2 지지선의 시설

지지선은 331.11에 준하여 시설하여야 한다.

222.3 가공약전류전선로의 유도장해 방지

가공약전류전선로의 유도장해 방지는 332.1에 준하여야 한다.

222.4 가공케이블의 시설

가공케이블은 332.2에 준하여 시설하여야 한다.

222.5 저압 가공전선의 굵기 및 종류

1. 저압 가공전선은 나전선(중성선 또는 다중접지된 접지측 전선으로 사용하는 전선에 한한다), 절연전선, 다심형 전선 또는 케이블을 사용하여야 한다.
2. 사용전압이 400 V 이하인 저압 가공전선은 케이블인 경우를 제외하고는 인장강도 3.43 kN 이상의 것 또는 지름 3.2 ㎜(절연전선인 경우는 인장강도 2.3 kN 이상의 것 또는 지름 2.6 ㎜ 이상의 경동선) 이상의 것이어야 한다.
3. 사용전압이 400 V 초과인 저압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 시가지에 시설하는 것은 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선, 시가지 외에 시설하는 것은 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선이어야 한다.
4. 사용전압이 400 V 초과인 저압 가공전선에는 인입용 비닐절연전선을 사용하여서는 안 된다.

222.6 저압 가공전선의 안전율

저압 가공전선이 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 332.4의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

가. 다심형 전선인 경우

나. 사용전압이 400 V 초과인 경우

222.7 저압 가공전선의 높이

1. 저압 가공전선의 높이는 다음에 따라야 한다.

가. 도로[농로 기타 교통이 번잡하지 않은 도로 및 횡단보도교(도로 · 철도 · 궤도 등의 위를 횡단하여 시설하는 다리모양의 시설물로서 보행용으로만 사용되는 것을 말한다. 이하 같다)를 제외한다. 이하 같다]를 횡단하는 경우에는 지표상 6 m 이상

나. 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5 m 이상

다. 횡단보도교의 위에 시설하는 경우에는 저압 가공전선은 그 노면상 3.5 m[전선이 저압 절연전선(인입용 비닐절연전선 · 450/750 V 비닐절연전선 · 450/750 V 고무 절연전선 · 옥외용 비닐절연전선을 말한다. 이하 같다) · 다심형 전선 또는 케이블인 경우에는 3 m] 이상

라. "가" 부터 "다" 까지 이외의 경우에는 지표상 5 m 이상. 다만, 저압 가공전선을 도로 이외의 곳에 시설하는 경우 또는 절연전선이나 케이블을 사용한 저압 가공전선으로서 옥외 조명용에 공급하는 것으로 교통에 지장이 없도록 시설하는 경우에는 지표상 4 m 까지로 감할 수 있다.

2. 다리의 하부 기타 이와 유사한 장소에 시설하는 저압의 전기철도용 급전선은 제1의 "라" 의 규정에도 불구하고 지표상 3.5 m 까지로 감할 수 있다.

3. 저압 가공전선을 수면 상에 시설하는 경우에는 전선의 수면 상의 높이를 선박의 항해 등에 위험을 주지 않도록 유지하여야 한다.

222.8 저압 가공전선로의 지지물의 강도

저압 가공전선로의 지지물은 목주인 경우에는 풍압하중의 1.2배의 하중, 기타의 경우에는 풍압하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.

222.9 저고압 가공전선 등의 병행설치

저압 가공전선(다중접지된 중성선은 제외한다)과 고압 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 332.8에 따라야 한다.

222.10 저압 보안공사

저압 보안공사는 다음에 따라야 한다.

가. 전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜(사용전압이 400 V 이하인 경우에는 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선) 이상의 경동선이어야 하며, 또한 이를 222.6의 규정에 준하여 시설할 것.

나. 목주는 다음에 의할 것.

(1) 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.

(2) 목주의 굵기는 위쪽 끝의 지름 0.12 m 이상일 것.

다. 지지물 간 거리는 표 222.10-1에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선에 인장강도 8.71 kN 이상의 것 또는 단면적 22 ㎟ 이상의 경동연선을 사용하는 경우에는

332.20의 1 또는 3의 규정에 준할 수 있다.

표 222.10-1 지지물 종류에 따른 지지물 간 거리

지지물의 종류	지지물 간 거리
목주 · A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철탑	400 m

222.11 저압 가공전선과 건조물의 접근

저압 가공전선이 건조물과 접근상태로 시설되는 경우에는 332.11에 준하여 시설하여야 한다.

222.12 저압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차

저압 가공전선이 도로 등과 접근 또는 교차상태로 시설되는 경우에는 332.12에 준하여 시설하여야 한다.

222.13 저압 가공전선과 가공약전류전선 등의 접근 또는 교차

저압 가공전선이 가공약전류전선 등과 접근 또는 교차상태로 시설되는 경우에는 332.13에 준하여 시설하여야 한다.

222.14 저압 가공전선과 안테나의 접근 또는 교차

저압 가공전선이 안테나와 접근 또는 교차상태로 시설되는 경우에는 332.14에 준하여 시설하여야 한다.

222.15 저압 가공전선과 교류전차선 등의 접근 또는 교차

저압 가공전선이 교류전차선 등과 접근 또는 교차상태로 시설되는 경우에는 332.15에 준하여 시설하여야 한다.

222.16 저압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차

저압 가공전선이 다른 저압 가공전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 저압 가공전선 상호 간의 간격은 0.6 m(어느 한 쪽의 전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.3 m) 이상, 하나의 저압 가공전선과 다른 저압 가공전선로의 지지물 사이의 간격은 0.3 m 이상이어야 한다.

222.17 고압 가공전선 등과 저압 가공전선 등의 접근 또는 교차

고압 가공전선이 저압 가공전선 또는 고압 전차선과 접근상태로 시설되거나 교차하는 경우 또는 고압 가공전선 등의 위에 시설되는 때에는 332.16에 준하여 시설하여야 한다.

222.18 저압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차

1. 저압 가공전선이 건조물 · 도로 · 횡단보도교 · 철도 · 궤도 · 삭도, 가공약전류전선로 등, 안테나, 교류 전차선, 저압/고압 전차선, 다른 저압 가공전선, 고압 가공전선 및 특고압 가공전선 이외의 시설물(이하 "다른 시설물"이라 한다)과 접근상태로 시설되는 경우에는 저압 가공전선과 다른 시설물 사이의 간격은 표 222.18-1에서 정한 값 이상이어야 한다.

표 222.18-1 저압 가공전선과 조영물의 구분에 따른 간격

다른 시설물의 구분		간 격
조영물의 상부 조영재	위 쪽	2 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 1.0 m)
	옆 쪽 또는 아래 쪽	0.6 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.3 m)
조영물의 상부 조영재 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		0.6 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.3 m)

2. 저압 가공전선이 다른 시설물의 위에서 교차하는 경우에는 제1의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
3. 저압 가공전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 저압 가공전선이 다른 시설물의 아래쪽에 시설되는 때에는 상호 간의 간격을 0.6 m(전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에 0.3 m) 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
4. 저압 가공전선을 다음의 어느 하나에 따라 시설하는 경우에는 제1부터 제3까지(간격에 관한 부분에 한한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
   가. 저압 방호구에 넣은 저압 가공나전선을 건축 현장의 비계틀 또는 이와 유사한 시설물에 접촉하지 않도록 시설하는 경우
   나. 저압 방호구에 넣은 저압 가공절연전선 등을 조영물에 시설된 간이한 돌출간판 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영재 또는 조영물 이외의 시설물에 접촉하지 않도록 시설하는 경우

다. 저압 절연전선 또는 저압 방호구에 넣은 저압 가공나전선을 조영물에 시설된 간이한 돌출간판 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영재에 0.3 m 이상 이격하여 시설하는 경우

222.19 저압 가공전선과 식물의 간격

저압 가공전선은 상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 않도록 시설하여야 한다. 다만, 저압 가공절연전선을 방호구에 넣어 시설하거나 절연내력 및 내마모성이 있는 케이블을 시설하는 경우는 그러하지 아니하다.

222.20 저압 옥측전선로 등에 인접하는 가공전선의 시설

저압 옥측 전선로 또는 335.9의 2의 규정에 의하여 시설하는 저압 전선로에 인접하는 첫 번째 지지물 간의 가공전선은 221.1.1의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

222.21 저압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치

저압 가공전선과 가공약전류전선 등(전력보안 통신용의 가공약전류전선은 제외한다)을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 332.21에 준하여 시설하여야 한다.

222.22 농사용 저압 가공전선로의 시설

농사용 전등 · 전동기 등에 공급하는 저압 가공전선로는 그 저압 가공전선이 건조물의 위에 시설되는 경우, 도로 · 철도 · 궤도 · 삭도, 가공약전류전선 등, 안테나, 다른 가공전선 또는 전차선과 교차하여 시설되는 경우 및 수평거리로 이와 그 저압 가공전선로의 지지물의 지표상 높이에 상당하는 거리 안에 접근하여 시설되는 경우 이외의 경우에 한하여 다음에 따라 시설하는 때에는 222.7 및 332.2의 1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

가. 사용전압은 저압일 것.

나. 저압 가공전선은 인장강도 1.38 kN 이상의 것 또는 지름 2 ㎜ 이상의 경동선일 것.

다. 저압 가공전선의 지표상의 높이는 3.5 m 이상일 것. 다만, 저압 가공전선을 사람이 쉽게 출입하지 못하는 곳에 시설하는 경우에는 3 m 까지로 감할 수 있다.

라. 목주의 굵기는 위쪽 끝 지름이 0.09 m 이상일 것.

마. 전선로의 지지점 간 거리는 30 m 이하일 것.

바. 다른 전선로에 접속하는 곳 가까이에 그 저압 가공전선로 전용의 개폐기 및 과전류차단기를 각 극(과전류차단기는 중성극을 제외한다)에 시설할 것.

222.23 구내에 시설하는 저압 가공전선로

1. 1구내에만 시설하는 사용전압이 400 V 이하인 저압 가공전선로의 전선이 건조물의 위에 시설되는 경우, 도로(폭이 5 m를 초과하는 것에 한한다) · 횡단보도교 · 철도 ·

궤도 · 삭도, 가공약전류전선 등, 안테나, 다른 가공전선 또는 전차선과 교차하여 시설되는 경우 및 이들과 수평거리로 그 저압 가공전선로의 지지물의 지표상 높이에 상당하는 거리 이내에 접근하여 시설되는 경우 이외에 한하여 다음에 따라 시설하는 때에는 222.5 및 222.18의 1부터 3까지의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

가. 전선은 지름 2 mm 이상의 경동선의 절연전선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선일 것. 다만, 지지물 간 거리가 10 m 이하인 경우에 한하여 공칭단면적 4 ㎟ 이상의 연동 절연전선을 사용할 수 있다.

나. 전선로의 지지물 간 거리는 30 m 이하일 것

다. 전선과 다른 시설물과의 간격은 표 222.23-1에서 정한 값 이상일 것

표 222.23-1 구내에 시설하는 저압 가공전선로 조영물의 구분에 따른 간격

다른 시설물의 구분		간 격
조영물의 상부 조영재	위 쪽	1 m
	옆 쪽 또는 아래 쪽	0.6 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.3 m)
조영물의 상부 조영재 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		0.6 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.3 m)

2. 1구내에만 시설하는 사용전압이 400 V 이하인 저압 가공전선로의 전선은 그 저압 가공전선이 도로(폭이 5 m를 초과하는 것에 한정한다) · 횡단보도교 · 철도 또는 궤도를 횡단하여 시설하는 경우 이외의 경우에 한하여 다음에 따라 시설하는 때에는 222.7의 1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

가. 도로를 횡단하는 경우에는 4 m 이상이고 교통에 지장이 없는 높이일 것

나. 도로를 횡단하지 않는 경우에는 3 m 이상의 높이일 것

222.24 저압 직류 가공전선로

사용전압 1.5 kV 이하인 직류 가공전선로는 다음과 같이 시설하여야 하며 이 조에서 정하지 않은 사항은 관련 KEC를 준용하여 시설하여야 한다.

1. 전로의 전선 상호간 및 전로와 대지 사이의 절연저항은 기술기준 제52조의 표에서 정한 값 이상이어야 한다.
2. 가공전선로의 접지시스템은 KS C IEC 60364-5-54에 따라 시설하여야 한다.
3. 전로에 지락이 생겼을 때에는 자동으로 전선로를 차단하는 장치를 시설하여야 하며 IT 계통인 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

가. 전로의 절연상태를 지속적으로 감시할 수 있는 장치를 설치하고 지락 발생 시 전로를 차단하거나 고장이 제거되기 전까지 관리자가 확인할 수 있는 음향 또는 시각적인 신호를 지속적으로 보낼 수 있도록 시설하여야 한다.

나. 한 극의 지락고장이 제거되지 않은 상태에서 다른 상의 전로에 지락이 발생했을 때에는 전로를 자동적으로 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

4. 전로에는 과전류차단기를 설치하여야 하고 이를 시설하는 곳을 통과하는 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 한다.
5. 낙뢰 등의 서지로부터 전로 및 기기를 보호하기 위해 서지보호장치를 설치하여야 한다.
6. 기기 외함은 충전부에 일반인이 쉽게 접촉하지 못하도록 공구 또는 열쇠에 의해서만 개방할 수 있도록 설치하고, 옥외에 시설하는 기기 외함은 IPX4 이상의 방수 보호등급을 갖는 것이어야 한다.
7. 교류 전로와 동일한 지지물에 시설되는 경우 직류 전로를 구분하기 위한 표시를 하고, 모든 전로의 종단 및 접속점에서 극성을 식별하기 위한 표시(양극 - 빨간색, 음극 – 흰색, 중점선/중성선 – 파란색)를 하여야 한다.

223 지중전선로

223.1 지중전선로의 시설

지중전선로는 334.1에 준하여 시설하여야 한다.

223.2 지중함의 시설

지중함은 334.2에 준하여 시설하여야 한다.

223.3 케이블 가압장치의 시설

케이블 가압장치는 334.3에 준하여 시설하여야 한다.

223.4 지중전선의 피복금속체(被覆金屬體)의 접지

지중전선의 피복금속체의 접지는 334.4에 준하여 시설하여야 한다.

223.5 지중약전류전선의 유도장해 방지(誘導障害防止)

지중약전류전선의 유도장해 방지는 334.5에 준하여 시설하여야 한다.

223.6 지중전선과 지중약전류전선 등 또는 관과의 접근 또는 교차

지중전선과 지중약전류전선 등 또는 관과의 접근 또는 교차 시에는 334.6에 준하여 시설하여야 한다.

223.7 지중전선 상호 간의 접근 또는 교차

지중전선 상호 간의 접근 또는 교차 시에는 334.7에 준하여 시설하여야 한다.

224 특수장소의 전선로

224.1 터널 안 전선로의 시설

터널 안 전선로는 335.1에 준하여 시설하여야 한다.

224.2 터널 안 전선로의 전선과 약전류전선 등 또는 관 사이의 간격

터널 안 전선로의 전선과 약전류전선 등 또는 관 사이의 간격은 335.2에 준하여 시설하여야 한다.

224.3 수상전선로의 시설

수상전선로는 335.3에 준하여 시설하여야 한다.

224.4 물밑전선로의 시설

물밑전선로는 335.4에 준하여 시설하여야 한다.

224.5 지상에 시설하는 전선로

지상에 시설하는 전선로는 335.5에 준하여 시설하여야 한다.

224.6 다리에 시설하는 전선로

다리에 시설하는 전선로는 335.6에 준하여 시설하여야 한다.

224.7 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로

전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로는 335.7에 준하여 시설하여야 한다.

224.8 급경사지에 시설하는 전선로의 시설

급경사지에 시설하는 전선로는 335.8에 준하여 시설하여야 한다.

224.9 옥내에 시설하는 전선로

옥내에 시설하는 전선로는 335.9에 준하여 시설하여야 한다.

224.10 임시 전선로의 시설

임시 전선로는 335.10에 준하여 시설하여야 한다.

(230 배선 및 조명설비 등)

231 일반사항

231.1 공통사항

231은 다음사항에 대한 공통 요구사항을 규정한다.

1. 전기설비의 안전을 위한 보호 방식
2. 전기설비의 적합한 기능을 위한 요구사항
3. 예상되는 외부 영향에 대한 요구사항

231.2 운전조건 및 외부영향

231.2.1 운전조건

1. 전압
   가. 전기설비는 해당 사용기기의 표준전압에 적합한 것이어야 한다.
   나. IT 계통 설비에서 중성선이 배선된 경우에는 상과 중성선 사이에 접속된 기기는 상간 전압에 대해 절연되어야 한다.
2. 전류
   가. 전기설비는 정상 사용상태에서 설계 전류에 적합하도록 선정하여야 한다.
   나. 전기설비는 보호장치의 특성에 따라 비정상 조건에서 발생할 수 있는 고장전류를 흘려보낼 수 있어야 한다.
3. 주파수
   주파수가 전기설비의 특성에 영향을 미치는 경우, 전기설비의 정격 주파수는 관련 회로의 정격 주파수와 일치하여야 한다.
4. 전력
   전기설비는 부하율을 고려한 정상 운전조건에서 부하 특성이 적합하도록 선정하여야 한다.
5. 적합성
   전기설비의 시공 단계에서 예방 조치를 취하지 않은 경우, 개폐 조작을 포함한 정상 사용상태 동안 기타 다른 기기에 유해한 영향을 미치거나 전원을 손상시키지 않도록 하여야 한다.
6. 임펄스내전압
   전기설비는 설치 지점의 과전압 범주에 따라 213.2에서 규정한 최소 임펄스내전압을 견디는 것으로 선정하여야 한다.

231.2.2 외부 영향

1. 전기설비의 외부 영향과 특성의 요구사항은 KS C IEC 60364-5-51(전기기기의 선정

및 시공－공통 규칙)의 “표 51A” 에 따라 시설하여야 한다.

2. 전기설비가 구조상의 이유로 설치 장소의 외부 영향 관련 조건을 만족하지 못한다면 이를 보완하기 위한 보호조치가 추가로 적용되어야 한다. 이러한 보호조치가 보호대상기기의 운전에 영향을 미쳐서는 안 된다.
3. 서로 다른 외부 영향이 동시에 발생할 경우 이 영향은 개별적으로 또는 상호적으로 영향을 미칠 수 있기 때문에 그에 맞는 안전 보호 등급을 제공하여야 한다.
4. 이 규정에서 명시하고 있는 외부 영향에 따른 전기설비를 선정하는 것은 설비가 기능을 수행하고 안전 보호 대책에 대한 신뢰성을 확보하는데 필요하다. 설비의 구성으로부터 만족하는 보호방식은 해당 설비가 외부 영향에 대한 성능시험을 만족하는 경우에만 주어진 조건의 외부 영향에 대해서 유효하다.

231.2.3 접근용이성

배선을 포함한 모든 전기설비는 운전, 검사 및 유지보수가 쉽고, 접속부에 접근이 용이하도록 설치하여야 한다. 이러한 설비는 외함 또는 구획 내에 기기를 설치함으로써 심각하게 손상되지 않도록 한다.

231.2.4 식별

1. 일반
   가. 혼동 가능성이 있는 곳은 개폐장치 및 제어장치에 표찰이나 기타 식별 수단을 적용하여 그 용도를 표시하여야 한다.
   나. 운전자가 개폐장치 및 제어장치의 동작을 감시할 수 없고, 이로 인하여 위험을 야기할 수 있는 경우에는 KS C IEC 60073(인간-컴퓨터 간 인터페이스, 표시와 확인을 위한 기본과 안전 지침 - 표시기와 작용기를 위한 코딩) 및 KS C IEC 60447 [인간과 기계간 인터페이스(MMI), 표시, 식별의 기본 및 안전 원칙 － 작동원칙]에 적합한 표시기를 운전자가 볼 수 있는 위치에 부착하여야 한다.
2. 배선 계통
   배선은 설비의 검사, 시험, 수리 또는 교체 시 식별할 수 있도록 121.2에 적합하게 표시하여야 한다.
3. 중성선 및 보호도체의 식별
   가. 중성선 및 보호도체의 식별은 121.2에 따른다.
   나. 절연된 PEN 도체는 다음 중 하나의 방법으로 표시하여야 한다.
      (1) 길이 전체에 녹색/노란색, 단자에는 파란색으로 표시
      (2) 길이 전체에 파란색, 단자에는 녹색/노란색으로 표시
4. 보호장치의 식별1
   보호 장치는 보호되는 회로를 쉽게 알아볼 수 있도록 배치하고 식별할 수 있도록 배치하여야 한다.
5. 도식 및 문서

가. 다음에 해당하는 사항은 판독 가능한 도형, 차트, 표 또는 동등한 정보 형식 등을 사용하여 표시하여야 한다.

(1) 각 회로의 종류 및 구성(공급점, 도체의 수와 굵기, 배선의 종류)

(2) 211.1.2의 2의 규정 적용

(3) 보호, 분리 및 개폐 기능을 수행하는 각 장치의 식별과 그 위치에 대해 필요한 정보

(4) KS C IEC 60364-6(검증)에서 요구하는 검증에 취약한 모든 회로나 장비

나. 사용되는 기호는 IEC 60617 시리즈에 따라야 한다.

231.2.5 유해한 상호 영향의 방지

1. 전기설비는 다른 설비에 유해한 영향을 미치지 않도록 시설하여야 하며, 해당 설비 뒤쪽에 안전판(backplate)이 설치되어 있지 않은 경우는 다음 요구사항이 충족되지 않는 한 건물의 표면에 설치해서는 안 된다.

가. 건물 표면을 통하여 전압의 전이가 발생하지 않도록 조치를 취한 경우

나. 전기설비와 건물의 가연성 표면 사이에 방화 구획이 설치된 경우

2. 건물 표면이 비금속이고 불연성인 경우에는 추가 조치가 필요하지 않다. 그렇지 않을 경우, 다음 중 하나로 이들 요구사항을 충족시켜야 한다.

가. 건물 표면이 금속인 경우 금속부는 143.2.2 및 140에 따라 설비의 보호도체(PE) 또는 등전위본딩 도체에 접속하여야 한다.

나. 건물의 표면이 가연성인 경우 KS M ISO 9772(발포 플라스틱－소형 화염에 의한 수평 연소성의 측정)에 따른 재료성능 등급 HF-1의 재료를 이용하여 중간층을 두어 기기를 건물 표면에서 분리한다.

3. 전류의 종류 또는 사용 전압이 상이한 설비를 시설하는 경우 상호 영향을 방지하기 위해 조치를 취하여야 한다.

4. 전자기적합성(EMC)

가. 견디는 성질 및 방출 수준의 선정

(1) 전기설비의 견디는 성질 수준은 정상운전조건에서 시설 할 경우에 KS C IEC 60364-5-51(전기기기의 선정 및 시공－공통규칙)의 “표 51A” 의 전자기의 영향을 고려하여야 한다.

(2) 전기설비는 건물의 내부 또는 외부의 다른 전기설비에 무선 전도 및 전파로 전자적 간섭을 일으키지 않도록 낮은 방출 수준을 갖도록 선정해야 한다. 필요한 경우에는 213 또는 KS C IEC 60364-4-44의 444.4.2를 참조하여 방출을 최소화하기 위한 완화 수단을 설치하여야 한다.

231.2.6 보호도체 전류와 관련 조치사항

1. 정상운전과 전기설비 설계의 조건하에 전기설비에서 발생하는 보호도체의 전류는 안전보호 및 정상운전에 적합하여야 한다.

2. 제작자 정보를 활용할 수 없는 경우 전기설비의 보호도체 허용전류는 KS C IEC 61140(감전보호－설비 및 기기의 공통사항)의 “7.5.2 보호도체전류” 및 “부속서 B” 의 규정을 준용해야 한다.
3. 절연변압기로 제한된 지역에만 전원을 공급함으로써 전기설비에서 보호도체 전류를 제한할 수 있다.
4. 보호도체와 함께 어떠한 선도체도 신호용 귀로로 사용할 수 없다.

231.3 저압 옥내배선의 사용전선 및 중성선의 굵기

231.3.1 저압 옥내배선의 사용전선

1. 저압 옥내배선의 전선은 단면적 2.5 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 강도 및 굵기의 것.
2. 옥내배선의 사용 전압이 400 V 이하인 경우로 다음중 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1을 적용하지 않는다.
   가. 전광표시장치 기타 이와 유사한 장치 또는 제어 회로 등에 사용하는 배선에 단면적 1.5 ㎟ 이상의 연동선을 사용하고 이를 합성수지관공사·금속관공사·금속몰드공사·금속덕트공사·플로어덕트공사 또는 셀룰러덕트공사에 의하여 시설하는 경우
   나. 전광표시장치 기타 이와 유사한 장치 또는 제어회로 등의 배선에 단면적 0.75 ㎟ 이상인 다심케이블 또는 다심 캡타이어케이블을 사용하고 또한 과전류가 생겼을 때에 자동적으로 전로에서 차단하는 장치를 시설하는 경우
   다. 234.8 및 234.11.5의 규정에 의하여 단면적 0.75 ㎟ 이상인 코드 또는 캡타이어케이블을 사용하는 경우
   라. 242.11의 규정에 의하여 리프트 케이블을 사용하는 경우
   마. 특별저압 조명용 특수 용도에 대해서는 KS C IEC 60364-7-715(특수설비 또는 특수장소에 관한 요구사항-특별 저전압 조명설비) 참조한다.

231.3.2 중성선의 단면적

1. 다음의 경우는 중성선의 단면적은 최소한 선도체의 단면적 이상이어야 한다.
   가. 2선식 단상회로
   나. 선도체의 단면적이 구리선 16 ㎟, 알루미늄선 25 ㎟ 이하인 다상 회로
   다. 제3고조파 및 제3고조파의 홀수배수의 고조파 전류가 흐를 가능성이 높고 전류 종합고조파왜형률이 15~33%인 3상회로
2. 제3고조파 및 제3고조파 홀수배수의 전류 종합고조파왜형률이 33%를 초과하는 경우, KS C IEC 60364-5-52(저압전기설비-제5-52부 : 전기기기의 선정 및 설치-배선설비)의 “부속서 E(고조파 전류가 평형3상 계통에 미치는 영향)” 를 고려하여 아래와 같이 중성선의 단면적을 증가시켜야 한다.
   가. 다심케이블의 경우 선도체의 단면적은 중성선의 단면적과 같아야 하며, 이 단면적

은 선도체의 1.45×I_B(회로 설계전류)를 흘릴 수 있는 중성선을 선정한다.

나. 단심케이블은 선도체의 단면적이 중성선 단면적보다 작을 수도 있다. 계산은 다음과 같다.

(1) 선: I_B(회로 설계전류)

(2) 중성선: 선도체의 1.45I_B와 동등 이상의 전류

3. 다상 회로의 각 선도체 단면적이 구리선 16 ㎟ 또는 알루미늄선 25 ㎟를 초과하는 경우 다음 조건을 모두 충족한다면 그 중성선의 단면적을 선도체 단면적보다 작게 해도 된다.

가. 통상적인 사용 시에 상(phase)과 제3고조파 전류 간에 회로 부하가 균형을 이루고 있고, 제3고조파 홀수배수 전류가 선도체 전류의 15%를 넘지 않는다.

나. 중성선은 212.2.2에 따라 과전류 보호된다.

다. 중성선의 단면적은 구리선 16 ㎟, 알루미늄선 25 ㎟ 이상이다.

231.4 나전선의 사용 제한

1. 옥내에 시설하는 저압전선에는 나전선을 사용하여서는 아니 된다. 다만, 다음중 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 232.56의 규정에 준하는 애자공사에 의하여 전개된 곳에 다음의 전선을 시설하는 경우

(1) 전기로용 전선

(2) 전선의 피복 절연물이 부식하는 장소에 시설하는 전선

(3) 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 장소에 시설하는 전선

나. 232.61의 규정에 준하는 버스덕트공사에 의하여 시설하는 경우

다. 232.71의 규정에 준하는 라이팅덕트공사에 의하여 시설하는 경우

라. 232.81의 규정에 준하는 접촉 전선을 시설하는 경우

마. 241.8.3의 “가” 규정에 준하는 접촉 전선을 시설하는 경우

231.5 고주파 전류에 의한 장해의 방지

1. 전기기계기구가 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장해를 주는 고주파 전류를 발생시킬 우려가 있는 경우에는 이를 방지하기 위하여 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

가. 형광 방전등에는 고주파 저감효과가 있는 위치에 정전용량이 0.006 μF 이상 0.5 μF 이하[예열시동식(豫熱始動式)의 것으로 글로우램프에 병렬로 접속할 경우에는 0.006 μF 이상 0.01 μF 이하]인 커패시터를 시설할 것.

나. 사용전압이 저압으로서 정격출력이 1 kW 이하인 교류직권전동기(전기드릴용의 것을 제외한다. 이하 이 조에서 “소형교류직권전동기”라 한다)는 다음 중 어느 하

나에 의할 것.

(1) 단자 상호 간 및 각 단자의 소형교류직권전동기를 사용하는 전기기계기구(이하 이 조에서 “기계기구”라 한다)의 금속제 외함이나 소형교류직권전동기의 외함 또는 대지 사이에 각각 정전용량이 0.1 μF 및 0.003 μF 인 커패시터를 시설할 것.

(2) 금속제 외함·철대 등 사람이 접촉할 우려가 있는 금속제 부분으로부터 소형교류직권전동기의 외함이 절연되어 있는 기계기구는 단자 상호 간 및 각 단자와 외함 또는 대지 사이에 각각 정전용량이 0.1 μF 인 커패시터 및 정전용량이 0.003 μF을 초과하는 커패시터를 시설할 것.

(3) 각 단자와 대지와의 사이에 정전용량이 0.1 μF인 커패시터를 시설할 것.

(4) 기계기구에 근접할 곳에 기계기구에 접속하는 전선 상호 간 및 각 전선과 기계기구의 금속제 외함 또는 대지 사이에 각각 정전 용량이 0.1 μF 및 0.003 μF 인 커패시터를 시설할 것.

다. 사용전압이 저압이고 정격 출력이 1 kW 이하인 전기드릴용의 소형교류직권전동기에는 단자 상호 간에 정전용량이 0.1 μF 무유도형 커패시터를, 각 단자와 대지와의 사이에 정전용량이 0.003 μF인 측로효과가 있는 관통형 커패시터를 시설할 것.

라. 네온점멸기에는 전원단자 상호 간 및 각 접점에 근접하는 곳에서 이 들에 접속하는 전로에 고주파전류의 발생을 방지하는 장치를 할 것.

2. 제1의 “가”부터 “다”까지의 규정에 의하여 시설하여도 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장해를 주는 고주파전류를 발생시킬 우려가 있는 경우에는 그 전기기계기구에 근접한 곳에, 이에 접속하는 전로에는 고주파전류의 발생을 방지하는 장치를 하여야 한다. 이 경우에 고주파전류의 발생을 방지하는 장치의 접지측 단자는 접지공사를 하지 아니한 전기기계기구의 금속제 외함 · 철대 등 사람이 접촉할 우려가 있는 금속제 부분과 접속하여서는 아니 된다.

3. 제1의 “나” 및 “다”의 커패시터(전로와 대지 사이에 시설하는 것에 한한다)와 제1의 “라” 및 제2의 고주파 발생을 방지하는 장치의 접지측 단자에는 140 및 211의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

4. 제1의 “가”부터 “다”까지의 커패시터는 표 231.5-1에서 정하는 교류전압을 커패시터의 양단자 상호 간 및 각 단자와 외함 간에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것이어야 한다.

표 231.5-1 커패시터의 시험전압

정격 전압(V)	시험 전압(V)	
	단자 상호 간	인출 단자 및 일괄과 접지 단자 및 케이스 사이
110	253	1,000
220	506	1,000

5. 제1의 “라” 및 제2의 고주파전류의 발생을 방지하는 장치의 표준은 다음에 적합한 것일 것.
   가. 네온점멸기의 각 접점에 근접하는 곳에서 이들에 접속하는 전로에 시설하는 경우에는 SPS-KTC-C6104-6553(C형 표준방송 수신장해방지기)의 “4.구조” 및 “5.성능”의 DCR 2-10 또는 DCR 3-10에 관한 것에 적합한 것일 것.
   나. 네온점멸기의 전원단자 상호 간에 시설하는 경우에는 SPS-KTC-C6104-6553(C형 표준방송 수신 장해방지기)의 “4.구조” 및 “5.성능”의 DCB 3-66에 관한 것 또는 SPS-KTC-C6105-6552(F형 표준방송 수신장해방지기)의 “4.구조” 및 “5.성능”에 적합한 것일 것.
   다. 예열기동열음극형광방전등(豫熱起動熱陰極螢光放電燈) 또는 교류직권전동기에 근접하는 곳에서 이들에 접속하는 전로에 시설하는 경우에는 SPS-KTC-C6104-6553(C형 표준방송 수신장해방지기)에 “5.7 연속내용성(連續耐用性)”에 적합한 것일 것.

231.6 옥내전로의 대지 전압의 제한

1. 백열전등(전기스탠드 및 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 장식용의 전등기구를 제외한다. 이하 231.6에서 같다) 또는 방전등(방전관·방전등용 안정기 및 방전관의 점등에 필요한 부속품과 관등회로의 배선을 말하며 전기스탠드 기타 이와 유사한 방전등 기구를 제외한다. 이하 같다)에 전기를 공급하는 옥내(전기사용장소의 옥내의 장소를 말한다. 이하 이 규정(2. 저압전기설비)에서 같다) 전로(주택의 옥내 전로를 제외한다)의 대지전압은 300 V 이하여야 하며 다음에 따라 시설하여야 한다. 다만, 대지전압 150 V 이하의 전로인 경우에는 다음에 따르지 않을 수 있다.
   가. 백열전등 또는 방전등 및 이에 부속하는 전선은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다.
   나. 백열전등(기계 장치에 부속하는 것을 제외한다) 또는 방전등용 안정기는 저압의 옥내배선과 직접 접속하여 시설하여야 한다.
   다. 백열전등의 전구소켓은 스위치나 그 밖의 점멸기구가 없는 것이어야 한다.

2. 주택의 옥내전로(전기기계기구내의 전로를 제외한다)의 대지전압은 300 V 이하이어야 하며 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다. 다만, 대지전압 150 V 이하의 전로인 경우에는 다음에 따르지 않을 수 있다.
   가. 사용전압은 400 V 이하여야 한다.
   나. 주택의 전로 인입구에는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 적용을 받는 감전보호용 누전차단기를 시설하여야 한다. 다만, 전로의 전원측에 정격용량이 3 kVA 이하인 절연변압기(1차 전압이 저압이고 2차 전압이 300 V 이하인 것에 한한다)를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하고 또한 그 절연변압기의 부하측 전로를 접지하지 않는 경우에는 예외로 한다.
   다. “나”의 누전차단기를 자연재해대책법에 의한 자연재해위험개선지구의 지정 등에서 지정되어진 지구 안의 지하주택에 시설하는 경우에는 침수시 위험의 우려가 없도록 지상에 시설하여야 한다.
   라. 전기기계기구 및 옥내의 전선은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다. 다만, 전기기계기구로서 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있는 부분이 절연성이 있는 재료로 견고하게 제작되어 있는 것 또는 건조한 곳에서 취급하도록 시설된 것은 예외로 한다.
   마. 백열전등의 전구소켓은 스위치나 그 밖의 점멸기구가 없는 것이어야 한다.
   바. 정격 소비 전력 3 kW 이상의 전기기계기구에 전기를 공급하기 위한 전로에는 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 시설하고 그 전로의 옥내배선과 직접 접속하거나 전용콘센트를 시설하여야 한다.
   사. 주택의 옥내를 통과하여 그 주택 이외의 장소에 전기를 공급하기 위한 옥내배선은 사람이 접촉할 우려가 없는 은폐된 장소에 232.11에 준하는 합성수지관 공사 232.12에 준하는 금속관 공사 또는 232.51에 준하는 케이블 공사에 의하여 시설하여야 한다.
   아. 주택의 옥내를 통과하여 335.9에 의하여 시설하는 전선로는 사람이 접촉할 우려가 없는 은폐된 장소에 232.11에 준하는 합성수지관 공사 232.12에 준하는 금속관 공사나 232.51(232.51.3을 제외한다)에 준하는 케이블 공사에 의하여 시설하여야 한다.
3. 주택 이외의 곳의 옥내(여관, 호텔, 다방, 사무소, 공장 등 또는 이와 유사한 곳의 옥내를 말한다. 이하 같다)에 시설하는 가정용 전기기계기구(소형 전동기·전열기·라디오수신기·전기스탠드·「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 장식용 전등기구 기타의 전기기계기구로서 주로 주택 그 밖에 이와 유사한 곳에서 사용하는 것을 말하며 백열전등과 방전등을 제외한다. 이하 같다)에 전기를 공급하는 옥내전로의 대지전압은 300 V 이하이어야 하며, 가정용 전기기계기구와 이에 전기를 공급하기 위한 옥내배선과 배선기구(개폐기·차단기·접속기 그 밖에 이와 유사한 기구를 말한다. 이하 같다)를 231.6의 2의 “가”, “다”부터 “마”까지의 규정에 준하여 시

설하거나 또는 취급자 이외의 자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다.

232 배선설비

232.1 적용범위

이 규정은 배선설비의 선정 및 설치에 대하여 적용한다.

232.2 배선설비 공사의 종류

1. 사용하는 전선 또는 케이블의 종류에 따른 배선설비의 설치방법(버스바트렁킹 시스템 및 파워트랙시스템은 제외)은 표 232.2-1에 따르며, 232.4의 외부적인 영향을 고려하여야 한다.

표 232.2-1 전선 및 케이블의 구분에 따른 배선설비의 공사방법

전선 및 케이블		공사방법							
		케이블공사			전선관 시스템	케이블 트렁킹 시스템 (몰드형, 바닥 매입형 포함)	케이블 덕팅 시스템	케이블 트레이 시스템 (래더, 브래킷 등 포함)	애자 공사
		비고정	직접 고정	지지선					
나전선		-	-	-	-	-	-	-	+
절연전선[b]		-	-	-	+	+[a]	+	-	+
케이블 (외장 및 무기질 절연물을 포함)	다심	+	+	+	+	+	+	+	0
	단심	0	+	+	+	+	+	+	0

+ : 사용할 수 있다.
- : 사용할 수 없다.
0 : 적용할 수 없거나 실용상 일반적으로 사용할 수 없다.

a 케이블트렁킹시스템이 IP4X 또는 IPXXD급의 이상의 보호조건을 제공하고, 도구 등을 사용하여 강제적으로 덮개를 제거할 수 있는 경우에 한하여 절연전선을 사용할 수 있다.

b 보호 도체 또는 보호 본딩도체로 사용되는 절연전선은 어떠한 절연 방법이든 사용할 수 있고 전선관시스템, 트렁킹시스템 또는 덕팅시스템에 배치하지 않아도 된다.

2. 시설상태에 따른 배선설비의 설치방법은 표 232.2-2를 따르며 이 표에 포함되어 있지 않는 케이블이나 전선의 다른 설치방법은 이 규정에서 제시된 요구사항을 충족할 경우에만 허용하며 또한 표 232.2-2의 33, 40 등 번호는 KS C IEC 60364-5-52(전기기기의 선정 및 시공－배선설비) “부속서 A(설치방법)” 에 따른 설치방법을 말한다.

표 232.2-2 시설 상태를 고려한 배선설비의 공사방법

시설 상태		공사방법							
		케이블공사			전선관 시스템	케이블 트렁킹 시스템 (몰드형, 바닥 매입형 포함)	케이블 덕팅 시스템	케이블 트레이 시스템 (래더, 브래킷 등 포함)	애자 공사
		비고정	직접 고정	지지선					
건물의 빈공간	접근 가능	40	33	0	41*, 42*	6, 7, 8, 9, 12	43, 44	30, 31, 32, 33, 34	-
	접근 불가	40	0	0	41*, 42*	0	43	0	0
케이블채널		56	56	-	54, 55	0		30, 31, 32, 34	-
지중 매설		72, 73	0	-	70, 71	-	70, 71	0	-
구조체 매입		57, 58	3	-	1, 2, 59, 60	50, 51, 52, 53	46, 45	0	-
노출표면에 부착		-	20, 21, 22, 23, 33	-	4, 5	6, 7, 8, 9, 12	6, 7, 8, 9	30, 31, 32, 34	36
가공/기중		-	33	35	0	10, 11	10, 11	30, 31, 32, 34	36
창틀 내부		16	0	-	16	0	0	0	-
문틀 내부		15	0	-	15	0	0	0	-
수중(물속)		+	+	-	+	-	+	0	-

- : 사용할 수 없다.
0 : 적용할 수 없거나 실용상 일반적으로 사용할 수 없다.
+ : 제조자 지침에 따름.
* : 이중천장(반자 속 포함) 내에는 합성수지관 공사를 시설할 수 없다.

3. 표 232.2-1 및 표232.2-2의 설치방법에는 아래와 같은 배선방법이 있다.

표 232.2-3 공사방법의 분류

종류	공사방법
전선관시스템	합성수지관공사, 금속관공사, 가요전선관공사
케이블트렁킹시스템	합성수지몰드공사, 금속몰드공사, 금속트렁킹공사[a]
케이블덕팅시스템	플로어덕트공사, 셀룰러덕트공사, 금속덕트공사[b]
애자공사	애자공사
케이블트레이시스템 (래더, 브래킷 포함)	케이블트레이공사
케이블공사	고정하지 않는 방법, 직접 고정하는 방법, 지지선 방법
a 금속본체와 덮개가 별도로 구성되어 덮개를 개폐할 수 있는 금속덕트공사를 말한다. b 본체와 덮개 구분 없이 하나로 구성된 금속덕트공사를 말한다.	

232.3 배선설비 적용 시 고려사항

232.3.1 회로 구성

1. 하나의 회로도체는 다른 다심케이블, 다른 전선관, 다른 케이블덕팅시스템 또는 다른 케이블트렁킹 시스템을 통해 배선해서는 안 된다. 또한 다심케이블을 병렬로 포설하는 경우 각 케이블은 각상의 1가닥의 도체와 중성선이 있다면 중성선도 포함하여야 한다.
2. 여러 개의 주회로에 공통 중성선을 사용하는 것은 허용되지 않는다. 다만, 단상 교류 최종 회로는 하나의 선 도체와 한 다상 교류회로의 중성선으로부터 형성 될 수도 있다. 이 다상회로는 모든 선도체를 단로하도록 단로장치에 의해 설치하여야 한다.
3. 여러 회로가 하나의 접속 상자에서 단자 접속되는 경우 각 회로에 대한 단자는 KS C IEC 60998(가정용 및 이와 유사한 용도의 저전압용 접속기구) 시리즈에 따른 접속기 및 KS C IEC 60947-7-1(저전압 개폐장치 및 제어장치)에 따른 단자블록에 관한 것을 제외하고 절연 격벽으로 분리해야한다.
4. 모든 도체가 최대공칭전압에 대해 절연되어 있다면 여러 회로를 동일한 전선관시스템, 케이블덕팅시스템 또는 케이블트렁킹시스템의 분리된 구획에 설치할 수 있다.

232.3.2 병렬접속

두 개 이상의 선도체(충전도체) 또는 PEN도체를 계통에 병렬로 접속하는 경우, 다음에

따른다.

1. 병렬도체 사이에 부하전류가 균등하게 배분될 수 있도록 조치를 취한다. 도체가 같은 재질, 같은 단면적을 가지고, 거의 길이가 같고, 전체 길이에 분기회로가 없으며 다음과 같을 경우 이 요구사항을 충족하는 것으로 본다.
   가. 병렬도체가 다심케이블, 트위스트(twist) 단심케이블 또는 절연전선인 경우
   나. 병렬도체가 비트위스트(non-twist) 단심케이블 또는 삼각형태(trefoil) 혹은 직사각형(flat) 형태의 절연전선이고 단면적이 구리 50 ㎟, 알루미늄 70 ㎟ 이하인 것
   다. 병렬도체가 비트위스트(non-twist) 단심케이블 또는 삼각형태(trefoil) 혹은 직사각형(flat) 형태의 절연전선이고 단면적이 구리 50 ㎟, 알루미늄 70 ㎟를 초과하는 것으로 이 형상에 필요한 특수 배치를 적용한 것. 특수한 배치법(KS C IEC 60364-5-52 부속서 H를 참고한다)은 다른 상 또는 극의 조합과 이격으로 구성한다.
2. 232.5.1에 적합하도록 부하전류 분배를 할 수 없거나 4가닥 이상의 도체를 병렬로 접속하는 경우에는 버스바트렁킹시스템의 사용을 고려한다.

232.3.3 전기적 접속

1. 도체상호간, 도체와 다른 기기와의 접속은 내구성이 있는 전기적 연속성이 있어야 하며, 기계적 강도를 고려하고 보호를 갖추어야 한다.
2. 접속 방법은 다음 사항을 고려하여 선정한다.
   가. 도체와 절연재료
   나. 도체를 구성하는 소선의 가닥수와 형상
   다. 도체의 단면적
   라. 함께 접속되는 도체의 수
3. 접속부는 다음의 경우를 제외하고 검사, 시험과 보수를 위해 접근이 가능하여야 한다.
   가. 지중매설용으로 설계된 접속부
   나. 충전재 채움 또는 캡슐 속의 접속부
   다. 실링히팅시스템(천장난방설비), 플로어히팅시스템(바닥난방설비) 및 트레이스히팅시스템(열선난방설비) 등의 발열체와 연결선과의 접속부
   라. 용접(welding), 연납땜(soldering), 경납땜(brazing) 또는 눌러 붙임 공구로 만든 접속부
   마. 관련 제품표준에 적합한 기기의 일부를 구성하는 접속부
4. 통상적인 사용 시에 온도가 상승하는 접속부는 그 접속부에 연결하는 도체의 절연물 및 그 도체 지지물의 성능을 저해하지 않도록 주의해야 한다.
5. 도체접속(단말, 중간 접속 등)은 접속함, 인출함 또는 제조자가 이 용도를 위해 공간을 제공한 곳 등의 외함 안에서 수행되어야 한다. 이 경우, 기기는 고정접속장치가 있거나 접속장치의 설치를 위한 조치가 마련되어 있어야 한다. 분기회로 도체의

단말부는 외함 안에서 접속되어야 한다.

6. 전선의 접속점 및 연결점은 기계적 응력이 미치지 않아야 한다. 장력(스트레스) 완화장치는 전선의 도체와 절연체에 기계적인 손상이 가지 않도록 설계되어야 한다.
7. 외함 안에서 접속되는 경우 외함은 기계적 보호 및 관련 외부 영향에 대한 보호가 이루어져야 한다.
8. 다중선, 세선, 극세선의 접속
   가. 다중선, 세선, 극세선의 개별 전선이 분리되거나 분산되는 것을 막기 위해서 적합한 단말부를 사용하거나 도체 끝을 적절히 처리하여야 한다.
   나. 적절한 단말부를 사용한다면 다중선, 세선, 극세선의 전체 도체의 끝부분을 연납땜(soldering)하는 것이 허용된다.
   다. 사용 중 도체의 연납땜(soldering)한 부위와 연납땜(soldering)하지 않은 부위의 상대적인 위치가 움직이게 되는 연결점에서는 세선 및 극세선 도체의 끝부분을 납땜하는 것이 허용되지 않는다.
   라. 세선과 극세선은 KS C IEC 60228(절연케이블용 도체)의 5등급과 6등급의 요구사항에 적합하여야 한다.
9. 전선관, 덕트 또는 트렁킹의 끝부분에서 시스를 벗긴 케이블과 시스 없는 케이블의 심선은 제5의 요구사항대로 외함 안에 수납하여야 한다.
10. 전선 및 케이블 등의 접속방법에 대하여는 123에 적합하도록 한다.

232.3.4 교류회로-전기자기적 영향(맴돌이 전류 방지)

1. 강자성체(강제금속관 또는 강제덕트 등) 안에 설치하는 교류회로의 도체는 보호도체를 포함하여 각 회로의 모든 도체를 동일한 외함에 수납하도록 시설하여야한다. 이러한 도체를 철제 외함에 수납하는 도체는 집합적으로 금속물질로 둘러싸이도록 시설하여야 한다.
2. 강선외장 또는 강대외장 단심케이블은 교류회로에 사용해서는 안 된다. 이러한 경우 알루미늄외장케이블을 권장한다.

232.3.5 하나의 다심케이블 속의 복수회로

모든 도체가 최대공칭전압에 대해 절연되어 있는 경우, 동일한 케이블에 복수의 회로를 구성할 수 있다.

232.3.6 화재의 확산을 최소화하기 위한 배선설비의 선정과 공사

1. 화재의 확산위험을 최소화하기 위해 다음에 따라 공사하여야 한다.
   가. 배선설비는 건축구조물의 일반 성능과 화재에 대한 안정성을 저해하지 않도록 설치하여야 한다.
   나. 최소한 KS C IEC 60332-1-2(화재 조건에서의 전기/광섬유케이블 시험)에 적합한 케이블 및 자기소화성으로 인정받은 제품은 특별한 예방조치 없이 설치할 수 있

다.

다. KS C IEC 60332-1-2(화재 조건에서의 전기/광섬유케이블 시험)의 화염 확산을 저지하는 요구사항에 적합하지 않은 케이블을 사용하는 경우는 기기와 영구적 배선설비의 접속을 위한 짧은 길이에만 사용할 수 있으며, 어떠한 경우에도 하나의 방화구획에서 다른 구획으로 관통시켜서는 안 된다.

라. KS C IEC 60439-2(저전압 개폐장치 및 제어장치 부속품), KS C IEC 61537-A(케이블 관리 - 케이블 트레이 시스템 및 케이블 래더 시스템), KS C IEC 61084(전기설비용 케이블 트렁킹 및 덕트시스템) 시리즈 및 KS C IEC 61386(전기설비용 전선관 시스템) 시리즈 표준에서 자기소화성으로 분류되는 제품은 특별한 예방조치없이 시설할 수 있다. 화염 전파를 저지하는 유사 요구사항이 있는 표준에 적합한 그 밖의 제품은 특별한 예방조치 없이 시설할 수 있다.

마. KS C IEC 60439-2(저전압 개폐장치 및 제어장치 부속품), KS C IEC 60570(등기구 전원 공급용 트랙 시스템), KS C IEC 61537-A(케이블 관리 - 케이블 트레이 시스템 및 케이블 래더 시스템), KS C IEC 61084(전기설비용 케이블 트렁킹 및 덕트시스템) 시리즈 및 KS C IEC 61386(전기설비용 전선관 시스템) 시리즈 및 KS C IEC 61534(파워트랙시스템) 시리즈 표준에서 자기소화성으로 분류되지 않은 케이블 이외의 배선설비의 부분은 그들의 개별 제품표준의 요구사항에 모든 다른 관련 사항을 준수하여 사용하는 경우 불연성 건축 부재로 감싸야한다.

2. 배선설비 관통부의 밀봉

가. 배선설비가 바닥, 벽, 지붕, 천장, 칸막이, 중공벽 등 건축구조물을 관통하는 경우, 배선설비가 통과한 후에 남는 개구부는 관통 전의 건축구조 각 부재에 규정된 내화등급에 따라「건축자재등 품질인정 및 관리기준」에 따라 인정받은 내화채움구조로 시설하여야 한다.

나. 내화성능이 규정된 건축구조부재를 관통하는 배선설비는 “가”에서 요구한 외부의 밀폐와 마찬가지로 관통 전에 각 부의 내화등급이 되도록 내부도 밀폐하여야 한다.

다. 관련 제품 표준에서 자기소화성으로 분류되고 최대 내부단면적이 710 ㎟ 이하인 전선관, 케이블트렁킹 및 케이블덕팅시스템은 다음과 같은 경우라면 내부적으로 밀폐하지 않아도 된다.

(1) 보호등급 IP33에 관한 KS C IEC 60529의 시험에 합격한 경우

(2) 관통하는 건축 구조체에 의해 분리된 구획의 하나 안에 있는 배선설비의 단말이 보호등급 IP33에 관한 KS C IEC 60529(외함의 밀폐 보호등급 구분(IP코드))의 시험에 합격한 경우

라. 배선설비는 그 용도가 하중을 견디는데 사용되는 건축구조부재를 관통해서는 안된다. 다만, 관통 후에도 그 부재가 하중에 견딘다는 것을 보증할 수 있는 경우는 제외한다.

마. “가” 또는 “나”를 충족시키기 위한 밀폐 조치는 그 밀폐가 사용되는 배선설비와 같은 등급의 외부영향에 대해 견디고, 다음 요구사항을 모두 충족하여야 한다.

(1) 연소 생성물에 대해서 관통하는 건축구조부재와 같은 수준에 견딜 것.

(2) 물의 침투에 대해 설치되는 건축구조부재에 요구되는 것과 동등한 보호등급을 갖출 것.

(3) 밀폐 및 배선설비는 밀폐에 사용된 재료가 최종적으로 결합 조립되었을 때 습성을 완벽하게 막을 수 있는 경우가 아닌 한 배선설비를 따라 이동하거나 밀폐 주위에 모일 수 있는 물방울로부터의 보호 조치를 갖출 것.

(4) 다음의 어느 한 경우라면 (3)의 요구사항이 충족될 수 있다.

(가) 케이블 클리트, 케이블 타이 또는 케이블 지지재는 밀폐재로부터 750 ㎜ 이내에 설치하고 그것들이 밀폐재에 인장력을 전달하지 않을 정도까지 밀폐부의 화재측의 지지재가 손상되었을 때 예상되는 기계적 하중에 견딜 수 있다.

(나) 밀폐 방식 그 자체가 지지 기능을 갖도록 설계한다.

232.3.7 배선설비와 다른 공급설비와의 접근

1. 다른 전기 공급설비의 접근

KS C IEC 60449(건축전기설비의 전압 밴드)에 의한 전압밴드Ⅰ과 전압밴드Ⅱ 회로는 다음의 경우를 제외하고는 동일한 배선설비 중에 수납하지 않아야 한다.

가. 모든 케이블 또는 도체가 존재하는 최대 전압에 대해 절연되어 있는 경우

나. 다심케이블의 각 도체가 케이블에 존재하는 최대 전압에 절연되어 있는 경우

다. 케이블이 그 계통의 전압에 대해 절연되어 있으며, 케이블이 케이블덕팅시스템 또는 케이블 트렁킹 시스템의 별도 구획에 설치되어 있는 경우

라. 케이블이 격벽을 써서 물리적으로 분리되는 케이블트레이 시스템에 설치되어 있는 경우

마. 별도의 전선관, 케이블트렁킹 시스템 또는 케이블덕팅시스템을 이용하는 경우

바. 저압 옥내배선이 다른 저압 옥내배선 또는 관등회로의 배선과 접근하거나 교차하는 경우에 애자공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선과 다른 저압 옥내배선 또는 관등회로의 배선 사이의 간격은 0.1 m(애자공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선이 나전선인 경우에는 0.3 m) 이상이어야 한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 애자공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선과 다른 애자공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선 사이에 절연성의 격벽을 견고하게 시설하거나 어느 한쪽의 저압 옥내배선을 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣어 시설하는 경우

(2) 애자공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선과 애자공사에 의하여 시설하는 다른 저압 옥내배선 또는 관등회로의 배선이 병행하는 경우에 상호 간의 간격을 60 ㎜ 이상으로 하여 시설할 때

(3) 애자공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선과 다른 저압 옥내배선(애자공사에 의하여 시설하는 것을 제외한다) 또는 관등회로의 배선 사이에 절연성의 격벽을 견고하게 시설하거나 애자공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선이나 관등회로의 배선을 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣어 시설하는 경우

2. 통신 케이블과의 접근

지중 통신케이블과 지중 전력케이블이 교차하거나 접근하는 경우 100 ㎜ 이상의 간격을 유지하거나 "가" 또는 "나"의 요구사항을 충족하여야 한다.

가. 케이블 사이에 예를 들어 벽돌, 케이블 보호 캡(점토, 콘크리트), 성형블록(콘크리트) 등과 같은 내화격벽을 갖추거나, 케이블 전선관 또는 내화물질로 만든 트로프에 의해 추가보호 조치를 하여야 한다.

나. 교차하는 부분에 대해서는, 케이블 사이에 케이블 전선관, 콘크리트제 케이블 보호 캡, 성형블록 등과 같은 기계적인 보호 조치를 하여야 한다.

다. 지중 전선이 지중 약전류전선 등과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 간격이 저압 지중 전선은 0.3 m 이하인 때에는 지중 전선과 지중 약전류전선 등 사이에 견고한 내화성(콘크리트 등의 불연재료로 만들어진 것으로 케이블의 허용온도 이상으로 가열시킨 상태에서도 변형 또는 파괴되지 않는 재료를 말한다)의 격벽(隔壁)을 설치하는 경우 이외에는 지중 전선을 견고한 불연성(不燃性) 또는 난연성(難燃性)의 관에 넣어 그 관이 지중 약전류전선 등과 직접 접촉하지 아니하도록 하여야 한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 지중 약전류전선 등이 전력보안 통신선인 경우에 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 재료로 피복한 광섬유케이블인 경우 또는 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 관에 넣은 광섬유케이블인 경우

(2) 지중 약전류전선 등이 전력보안 통신선인 경우

(3) 지중 약전류전선 등이 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 재료로 피복한 광섬유케이블인 경우 또는 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 관에 넣은 광섬유케이블로서 그 관리자와 협의한 경우

라. 저압 옥내배선이 약전류전선 등 또는 수관ㆍ가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에 저압 옥내배선을 애자공사에 의하여 시설하는 때에는 저압 옥내배선과 약전류전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과의 간격은 0.1 m(전선이 나전선인 경우에 0.3 m) 이상이어야 한다. 다만, 저압 옥내배선의 사용전압이 400 V 이하인 경우에 저압 옥내배선과 약전류전선 등 또는 수관ㆍ가스관이나 이와 유사한 것과의 사이에 절연성의 격벽을 견고하게 시설하거나 저압

옥내배선을 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣어 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

마. 저압 옥내배선이 약전류전선 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에 저압 옥내배선을 합성수지몰드 공사 · 합성수지관공사 · 금속관 공사 · 금속몰드 공사 · 가요전선관 공사 · 금속덕트 공사 · 버스덕트 공사 · 플로어덕트 공사 · 셀룰러덕트 공사 · 케이블 공사 · 케이블 트레이 공사 또는 라이팅덕트 공사에 의하여 시설할 때에는 "바"의 항목의 경우 이외에는 저압 옥내배선이 약전류전선 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

바. 저압 옥내배선을 합성수지몰드 공사 · 합성수지관 공사 · 금속관 공사 · 금속몰드 공사 · 가요전선관 공사 · 금속덕트 공사 · 버스덕트 공사 · 플로어 덕트 공사 · 케이블트레이 공사 또는 셀룰러덕트 공사에 의하여 시설하는 경우에는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우 이외에는 전선과 약전류전선을 동일한 관 · 몰드 · 덕트 · 케이블 트레이나 이들의 박스 기타의 부속품 또는 풀 박스 안에 시설하여서는 아니된다.

(1) 저압 옥내배선을 합성수지관 공사 · 금속관 공사 · 금속몰드 공사 또는 가요전선관 공사에 의하여 시설하는 전선과 약전류전선을 각각 별개의 관 또는 몰드에 넣어 시설하는 경우에 전선과 약전류전선 사이에 견고한 격벽을 시설하고 또한 금속제 부분에 접지공사를 한 박스 또는 풀박스 안에 전선과 약전류전선을 넣어 시설할 때

(2) 저압 옥내배선을 금속덕트 공사 · 플로어덕트 공사 또는 셀룰러덕트 공사에 의하여 시설하는 경우에 전선과 약전류전선 사이에 견고한 격벽을 시설하고 또한 접지공사를 한 덕트 또는 박스 안에 전선과 약전류전선을 넣어 시설할 때

(3) 저압 옥내배선을 버스덕트공사 및 케이블트레이공사 이외의 공사에 의하여 시설하는 경우에 약전류전선이 제어회로 등의 약전류전선이고 또한 약전류전선에 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것(저압 옥내배선과 식별이 쉽게 될 수 있는 것에 한한다)을 사용할 때

(4) 저압 옥내배선을 버스덕트 공사 및 케이블 트레이 공사 이외의 공사에 의하여 시설하는 경우에 약전류전선에 접지공사를 한 금속제의 전기적 차폐층이 있는 통신용 케이블을 사용할 때

(5) 저압 옥내배선을 케이블 트레이 공사에 의하여 시설하는 경우에 약전류전선이 제어회로 등의 약전류전선이고 또한 약전류전선을 금속관 또는 합성수지관에 넣어 케이블 트레이에 시설할 때

3. 비전기 공급설비와의 접근

가. 배선설비는 배선을 손상시킬 우려가 있는 열, 연기, 증기 등을 발생시키는 설비에

접근해서 설치하지 않아야 한다. 다만, 배선에서 발생한 열의 발산을 저해하지 않도록 배치한 차폐물을 사용하여 유해한 외적 영향으로부터 보호하는 경우는 제외한다. 각종 설비의 빈 공간(cavity)이나 비어있는 지지대(service shaft) 등과 같이 특별히 케이블 설치를 위해 설계된 구역이 아닌 곳에서는 통상적으로 운전하고 있는 인접 설비(가스관, 수도관, 스팀관 등)의 해로운 영향을 받지 않도록 케이블을 포설하여야 한다.

나. 응결을 일으킬 우려가 있는 공급설비(예를 들면 가스, 물 또는 증기공급설비) 아래에 배선설비를 포설하는 경우는 배선설비가 유해한 영향을 받지 않도록 예방조치를 마련하여야 한다.

다. 전기공급설비를 다른 공급설비와 접근하여 설치하는 경우는 다른 공급설비에서 예상할 수 있는 어떠한 운전을 하더라도 전기공급설비에 손상을 주거나 그 반대의 경우가 되지 않도록 각 공급설비사이의 안전거리를 유지하거나 기계적 또는 열적 차폐물을 사용하는 등의 방법으로 전기공급설비를 배치한다.

라. 전기공급설비가 다른 공급설비와 매우 접근하여 배치가 된 경우는 다음 두 조건을 충족하여야 한다.

(1) 다른 공급설비의 통상 사용 시 발생할 우려가 있는 위험에 대해 배선설비를 적절히 보호한다.

(2) 금속제의 다른 공급설비는 계통외도전부로 간주하고, 211.4에 의한 보호에 따른 고장보호를 한다.

마. 배선설비는 승강기(또는 호이스트)설비의 일부를 구성하지 않는 한 승강기(또는 호이스트) 통로를 지나서는 안 된다.

바. 가스계량기 및 가스관의 이음부(용접이음매를 제외한다)와 전기설비의 간격은 다음에 따라야 한다.

(1) 가스계량기 및 가스관의 이음부와 전력량계 및 개폐기의 간격은 0.6 m 이상

(2) 가스계량기와 점멸기 및 접속기의 간격은 0.3 m 이상

(3) 가스관의 이음부와 점멸기 및 접속기의 간격은 0.15 m 이상

232.3.8 금속외장 단심케이블

동일 회로의 단심케이블의 금속 시스 또는 비자성체 강대외장은 그 배선의 양단에서 모두 접속하여야 한다. 또한 통전용량을 향상시키기 위해 단면적 50 ㎟ 이상의 도체를 가진 케이블의 경우는 시스 또는 비전도성 강대외장은 접속하지 않는 한쪽 단에서 절연을 하고, 전체 배선의 한쪽 단에서 함께 접속해도 된다. 이 경우 다음과 같이 시스 또는 강대외장의 대지전압을 제한하기 위해 접속지점으로부터의 케이블 길이를 제한하여야 한다.

1. 최대 전압을 25 V로 제한하는 등으로 케이블에 최대부하의 전류가 흘렀을 때 부식을 일으키지 않을 것.

2. 케이블에 단락전류가 발생했을 때 재산피해(설비손상)나 위험을 초래하지 않을 것.

232.3.9 수용가 설비에서의 전압강하

1. 다른 조건을 고려하지 않는다면 수용가 설비의 인입구로부터 기기까지의 전압강하는 표 232.3-1의 값 이하이어야 한다.

표 232.3-1 수용가설비의 전압강하

설비의 유형	조명 (%)	기타 (%)
A - 저압으로 수전하는 경우	3	5
B - 고압 이상으로 수전하는 경우[a]	6	8
[a]가능한 한 최종회로 내의 전압강하가 A 유형의 값을 넘지 않도록 하는 것이 바람직하다. 사용자의 배선설비가 100 m를 넘는 부분의 전압강하는 미터 당 0.005% 증가할 수 있으나 이러한 증가분은 0.5%를 넘지 않아야 한다.		

2. 다음의 경우에는 표 232.3-1보다 더 큰 전압강하를 허용할 수 있다.
   가. 기동 시간 중의 전동기
   나. 돌입전류가 큰 기타 기기
3. 다음과 같은 일시적인 조건은 고려하지 않는다.
   가. 과도과전압
   나. 비정상적인 사용으로 인한 전압 변동

232.4 배선설비의 선정과 설치에 고려해야할 외부영향

배선설비는 예상되는 모든 외부영향은 KS C IEC 60364-5-51의 512.2를 참조하여 보호가 이루어져야 한다.

232.4.1 주위온도

1. 배선설비는 그 사용 장소의 최고와 최저온도 범위에서 통상 운전의 최고허용온도(표 232.5-1 참조)를 초과하지 않도록 선정하여 시공하여야 한다.
2. 케이블과 배선기구류 등의 배선설비의 구성품은 해당 제품표준 또는 제조자가 제시하는 한도 내의 온도에서만 시설하거나 취급하여야 한다.

232.4.2 외부 열원

외부 열원으로부터의 악영향을 피하기 위해 다음 대책 중의 하나 또는 이와 동등한 유효한 방법을 사용하여 배선설비를 보호하여야 한다.

1. 차폐
2. 열원으로부터의 이격
3. 발생할 우려가 있는 온도상승을 고려한 구성품의 선정
4. 단열 절연슬리브접속(sleeving) 등과 같은 절연재료의 부분적 강화

232.4.3 물의 존재(AD) 또는 높은 습도(AB)

1. 배선설비는 결로 또는 물의 침입에 의한 손상이 없도록 선정하고 설치하여야 한다. 설치가 완성된 배선설비는 개별 장소에 알맞은 IP 보호등급에 적합하여야 한다.
2. 배선설비 안에 물의 고임 또는 응결될 우려가 있는 경우는 그것을 배출하기 위한 조치를 마련하여야 한다.
3. 배선설비가 파도에 움직일 우려가 있는 경우(AD6)는 기계적 손상에 대해 보호하기 위해 충격(AG), 진동(AH), 및 기계적 응력(AJ)의 조치 중 한 가지 이상의 대책을 세워야 한다.

232.4.4 침입고형물의 존재(AE)

1. 배선설비는 고형물의 침입으로 인해 일어날 수 있는 위험을 최소화할 수 있도록 선정하고 설치하여야 한다. 완성한 배선설비는 개별 장소에 맞는 IP 보호등급에 적합하여야 한다.
2. 영향을 미칠 수 있는 정도의 먼지가 존재하는 장소(AE4)는 추가 예방 조치를 마련하여 배선설비의 열 발산을 저해할 수 있는 먼지나 기타의 물질이 쌓이는 것을 방지하여야 한다.
3. 배선설비는 먼지를 쉽게 제거할 수 있어야 한다.

232.4.5 부식 또는 오염 물질의 존재(AF)

1. 물을 포함한 부식 또는 오염 물질로 인해 부식이나 열화의 우려가 있는 경우 배선설비의 해당 부분은 이들 물질에 견딜 수 있는 재료로 보호하거나 제조하여야 한다.
2. 상호 접촉에 의한 영향을 피할 수 있는 특별 조치가 마련되지 않았다면 전해작용이 일어날 우려가 있는 서로 다른 금속은 상호 접촉하지 않도록 배치하여야 한다.
3. 상호 작용으로 인해 또는 개별적으로 열화 또는 위험한 상태가 될 우려가 있는 재료는 상호 접속시키지 않도록 배치하여야 한다.

232.4.6 충격(AG)

1. 배선설비는 설치, 사용 또는 보수 중에 충격, 관통, 압축 등의 기계적 응력 등에 의해 발생하는 손상을 최소화하도록 선정하고 설치하여야 한다.
2. 고정 설비에 있어 중간 가혹도(AG2) 또는 높은 가혹도(AG3)의 충격이 발생할 수 있는 경우는 다음을 고려하여야 한다.
   가. 배선설비의 기계적 특성
   나. 장소의 선정
   다. 부분적 또는 전체적으로 실시하는 추가 기계적 보호 조치
   라. 위 고려사항들의 조합
3. 바닥 또는 천장 속에 설치하는 케이블은 바닥, 천장, 또는 그 밖의 지지물과의 접촉에 의해 손상을 받지 않는 곳에 설치하여야 한다.

4. 케이블과 전선의 설치 후에도 전기설비의 보호등급이 유지되어야 한다.

232.4.7 진동(AH)

1. 중간 가혹도(AH2) 또는 높은 가혹도(AH3)의 진동을 받은 기기의 구조체에 지지 또는 고정하는 배선설비는 이들 조건에 대비해야 한다.
2. 고정형 설비로 조명기기 등 현수형 전기기기는 유연성 심선을 갖는 케이블로 접속해야 한다. 다만, 진동 또는 이동의 위험이 없는 경우는 예외로 한다.

232.4.8 그 밖의 기계적 응력(AJ)

1. 배선설비는 공사 중, 사용 중 또는 보수시에 케이블과 절연전선의 외장이나 절연물과 단말에 손상을 주지 않도록 선정하고 설치하여야 한다.
2. 전선관 시스템, 덕팅시스템, 트렁킹시스템, 트레이 및 래더시스템에 케이블 및 전선을 설치하기 위해 실리콘유를 함유한 윤활유를 사용해서는 안 된다.
3. 구조체에 매입하는 전선관 시스템, 케이블덕팅시스템, 그 밖에 설비를 위해 특별히 설계된 전선관 조립품은 절연전선 또는 케이블을 설치하기 전에 그 연결구간이 완전하게 시공되어야 한다.
4. 배선설비의 모든 굽은 부분은 전선과 케이블이 손상을 받지 않으며 단말부가 응력을 받지 않는 반지름을 가져야 한다.
5. 전선과 케이블이 연속적으로 지지되지 않은 공사방법인 경우는 전선과 케이블이 그 자체의 무게나 단락전류로 인한 전자력(단면적이 50 ㎟ 이상의 단심케이블인 경우)에 의해 손상을 받지 않도록 지지하여야 한다.
6. 배선설비가 영구적인 인장 응력을 받는 경우(수직 포설에서의 자기 중량 등)는 전선과 케이블이 자체 중량에 의해 손상되지 않도록 필요한 단면적을 갖는 케이블이나 전선 등의 설치방법을 선정하여야 한다.
7. 전선 또는 케이블을 인입 또는 인출이 가능하도록 의도된 배선설비는 그 작업을 위해 설비에 접근할 수 있어야 한다.
8. 바닥에 매입한 배선설비는 바닥 용도에 따른 사용에 의해 발생하는 손상을 방지하기 위해 보호하여야 한다.
9. 벽속에 견고하게 고정하여 매입하는 배선설비는 수평 또는 수직으로 벽의 가장자리와 평행하게 포설하여야 한다. 다만, 천장속이나 바닥속의 배선설비는 실용적인 최단 경로를 취할 수 있다.
10. 배선설비는 도체 및 접속부에 기계적응력이 걸리는 것을 방지하도록 시설하여야 한다.
11. 지중에 매설되는 케이블, 전선관 또는 덕팅시스템 등은 기계적인 손상에 대한 보호를 하거나 그러한 손상의 위험을 최소화할 수 있는 깊이로 매설하여야 한다. 매설 케이블은 덮개 또는 표시 테이프로 표시하여야 한다. 매설 전선관과 덕트는 적절하게 식별할 수 있는 조치를 취하여야 한다.

12. 케이블 지지대 및 외함은 케이블 또는 절연전선의 피복 손상이 용이한 날카로운 가장자리가 없어야 한다.
13. 케이블 및 전선은 고정방법에 의해 손상을 입지 않아야 한다.
14. 신축 이음부를 통과하는 케이블, 버스바 및 그 밖의 전기적 도체는 가요성 배선방식을 사용하는 등 예상되는 움직임으로 인해 전기설비가 손상되지 않도록 선정 및 시공하여야 한다.
15. 배선이 고정 칸막이(파티션 등)를 통과하는 장소에는 금속시스케이블, 금속외장케이블 또는 전선관이나 그로밋(고리)를 사용하여 기계적인 손상에 대해 배선을 보호하여야 한다.
16. 배선설비는 건축물의 내하중을 받는 구조체 요소를 관통하지 않도록 한다. 다만, 관통배선 후 내하중 요소를 보증하는 경우에는 예외로 한다.

232.4.9 식물과 곰팡이의 존재(AK)

경험 또는 예측에 의해 위험조건(AK2)이 되는 경우, 다음을 고려하여야 한다.

가. 폐쇄형 설비(전선관, 케이블덕트 또는 케이블 트렁킹)
나. 식물에 대한 간격 유지
다. 배선설비의 정기적인 청소

232.4.10 동물의 존재(AL)

경험 또는 예측을 통해 위험 조건(AL2)이 되는 경우, 다음을 고려하여야 한다.

가. 배선설비의 기계적 특성 고려
나. 부분적 또는 전체적인 기계적 보호조치의 추가
다. 위 고려사항들의 조합

232.4.11 태양 방사(AN) 및 자외선 방사

경험 또는 예측에 의해 영향을 줄 만한 양의 태양방사(AN2) 또는 자외선이 있는 경우 조건에 맞는 배선설비를 선정하여 시공하거나 차폐를 하여야 한다. 다만, 이온 방사선을 받는 기기는 특별한 주의가 필요하다.

232.4.12 지진의 영향(AP)

1. 해당 시설이 위치하는 장소의 지진 위험을 고려하여 배선설비를 선정하고 설치하여야 한다.
2. 지진 위험도가 낮은 위험도(AP2) 이상인 경우, 특히 다음 사항에 주의를 기울여야 한다.
   가. 배선설비를 건축물 구조에 고정 시 가요성을 고려하여야 한다. 예를 들어, 비상설비 등 모든 중요한 기기와 고정 배선 사이의 접속은 가요성을 고려하여 선정하여야 한다.

232.4.13 바람(AR)

진동(AH)과 그 밖의 기계적 응력(AJ)에 준하여 보호조치를 취하여야 한다.

232.4.14 가공 또는 보관된 자재의 특성(BE)

232.3.6 화재의 확산을 최소화하기 위한 조치를 참조한다.

232.4.15 건축물의 설계(CB)

1. 구조체 등의 변위에 의한 위험(CB3)이 존재하는 경우는 그 상호변위를 허용하는 케이블의 지지와 보호 방식을 채택하여 전선과 케이블에 과도한 기계적 응력이 실리지 않도록 하여야 한다.
2. 가요성 구조체 또는 비고정 구조체(CB4)에 대해서는 가요성 배선방식으로 한다.

232.5 허용전류

232.5.1 절연물의 허용온도

1. 정상적인 사용 상태에서 내용기간 중에 전선에 흘러야 할 전류는 통상적으로 표 232.5-1에 따른 절연물의 허용온도 이하이어야 한다. 그 전류 값은 232.5.2의 1에 따라 선정하거나 232.5.2의 3에 따라 결정하여야 한다.

표 232.5-1 절연물의 종류에 대한 최고허용온도

절연물의 종류	최고허용온도(℃)[a,d]
열가소성 물질(PVC)	70(도체)
열경화성 물질[가교폴리에틸렌(XLPE) 또는 에틸렌프로필렌고무 (EPR) 혼합물]	90(도체)[b]
무기물(열가소성 물질 피복 또는 나도체로 사람이 접촉할 우려가 있는 것)	70(시스)
무기물(사람의 접촉에 노출되지 않고, 가연성 물질과 접촉할 우려가 없는 나도체)	105(시스)[b,c]

[a] 이 표에서 도체의 최고허용온도(최대연속운전온도)는 KS C IEC 60364-5-52(저압전기설비-제5-52부: 전기기기의 선정 및 설치－배선설비)의 "부속서 B(허용전류)" 에 나타낸 허용전류 값의 기초가 되는 것으로서 KS C IEC 60502(정격전압 1 kV ~ 30 kV 압출 성형 절연 전력케이블 및 그 부속품) 및 IEC 60702(정격전압 750 V 이하 무기물 절연 케이블 및 단말부) 시리즈에서 인용하였다.
[b] 도체가 70 ℃를 초과하는 온도에서 사용될 경우, 도체에 접속되어 있는 기기가 접속 후에 나타나는 온도에 적합한지 확인하여야 한다.
[c] 무기절연(MI)케이블은 케이블의 온도 정격, 단말 처리, 환경조건 및 그 밖의 외부영향에 따라 더 높은 허용 온도로 할 수 있다.
[d] (공인)인증 된 경우, 도체 또는 케이블 제조자의 규격에 따라 최대허용온도 한계(범위)를 가질 수 있다.

2. 표 232.5-1은 KS C IEC 60439-2(저전압 개폐장치 및 제어장치 부속품－제2부:부스바 트렁킹 시스템의 개별 요구사항), KS C IEC 61534-1(전원 트랙－제1부 : 일반 요구사항) 등에 따라 제조자가 허용전류 범위를 제공해야 하는 버스바트렁킹시스템, 전원 트랙시스템 및 라이팅 트랙시스템에는 적용하지 않는다.
3. 다른 종류의 절연물에 대한 허용온도는 케이블 표준 또는 제조자 시방에 따른다.

232.5.2 허용전류의 결정

1. 절연도체와 비외장케이블에 대한 전류가 KS C IEC 60364-5-52(저압전기설비-제5-52부:전기기기의 선정 및 설치-배선설비)의 “부속서 B(허용전류)” 에 주어진 필요한 보정 계수를 적용하고, KS C IEC 60364-5-52(저압전기설비-제5-52부 : 전기기기의 선정 및 설치-배선설비)의 “부속서 A(공사방법)” 를 참조하여 KS C IEC 60364-5-52(저압전기설비-제5-52부 : 전기기기의 선정 및 설치-배선설비)의 “부속서 B(허용전류)” 의 표(공사방법, 도체의 종류 등을 고려 허용전류)에서 선정된 값을 초과하지 않는 경우 232.5.1의 요구사항을 충족하는 것으로 간주한다.
2. 허용전류의 값은 KS C IEC 60287(전기 케이블-전류 정격 계산) 시리즈에서 규정한 방법, 시험 또는 방법이 정해진 경우 승인된 방법을 이용한 계산을 통해 결정할 수도 있다. 이것을 사용하려면 부하 특성 및 토양 열저항의 영향을 고려하여야 한다.
3. 주위온도는 해당 케이블 또는 절연전선이 무부하일 때 주위 매체의 온도이다.

232.5.3 복수회로로 포설된 그룹

1. KS C IEC 60364-5-52(저압전기설비-제5-52부 : 전기기기의 선정 및 설치-배선설비)의 “부속서 B(허용전류)” 의 그룹감소계수는 최고허용온도가 동일한 절연전선 또는 케이블의 그룹에 적용한다.
2. 최고허용온도가 다른 케이블 또는 절연전선이 포설된 그룹의 경우 해당 그룹의 모든 케이블 또는 절연전선의 허용전류용량은 그룹의 케이블 또는 절연전선 중에서 최고허용온도가 가장 낮은 것을 기준으로 집합감소계수를 적용하여야 한다.
3. 사용조건을 알고 있는 경우, 1가닥의 케이블 또는 절연전선이 그룹 허용전류의 30% 이하를 유지하는 경우는 해당 케이블 또는 절연전선을 무시하고 그 그룹의 나머지에 대하여 감소계수를 적용할 수 있다.

232.5.4 통전도체의 수

1. 한 회로에서 고려해야 하는 전선의 수는 부하 전류가 흐르는 도체의 수이다. 다상회로 도체의 전류가 평형상태로 간주되는 경우는 중성선을 고려할 필요는 없다. 이 조건에서 4심 케이블의 허용전류는 각 상이 동일 도체단면적인 3심 케이블의 허용전류와 같다. 4심, 5심 케이블에서 3도체만이 통전도체일 때 허용전류를 더 크게 할 수 있다. 이것은 15% 이상의 THDi(전류종합고조파왜형률)가 있는 제3고조파 또는 3의 홀수(기수) 배수 고조파가 존재하는 경우에는 별도로 고려해야 한다.
2. 선전류의 불평형으로 인해 다심케이블의 중성선에 전류가 흐르는 경우, 중성선 전류에 의한 온도 상승은 1가닥 이상의 선도체에 발생한 열이 감소함으로써 상쇄된다. 이 경우, 중성선의 굵기는 가장 큰 선전류에 따라 선택하여야 한다. 중성선은 어떠한 경우에도 제1에 적합한 단면적을 가져야 한다.
3. 중성선 전류 값이 도체의 부하전류보다 커지는 경우는 회로의 허용전류를 결정하는데 있어서 중성선도 고려하여야 한다. 중성선의 전류는 3상회로의 3배수고조파(영상분고조파) 전류를 무시할 수 없는 데서 기인한다. 고조파 함유율이 기본파 선전류의

15%를 초과하는 경우 중성선의 굵기는 선도체 이상이어야 한다. 고조파 전류에 의한 열의 영향 및 고차 고조파 전류에 대응하는 감소계수를 KS C IEC 60364-5-52의 "부속서 E"에 나타내었다.

4. 보호도체로만 사용되는 도체(PE도체)은 고려하지 않는다. PEN도체는 중성선과 같은 방법으로 취급한다.

232.5.5 배선경로 중 설치조건의 변화

배선경로 중의 일부에서 다른 부분과 방열조건이 다른 경우 배선경로 중 가장 나쁜 조건의 부분을 기준으로 허용전류를 결정하여야 한다(단, 배선이 0.35 m 이하인 벽을 관통하는 장소에서만 방열조건이 다른 경우에는 이 요구사항을 무시할 수 있다).

232.10 전선관시스템

232.11 합성수지관공사

232.11.1 시설조건

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.
2. 전선은 연선일 것. 다만, 다음의 것은 적용하지 않는다.
   가. 짧고 가는 합성수지관에 넣은 것.
   나. 단면적 10 ㎟(알루미늄선은 단면적 16 ㎟) 이하의 것.
3. 전선은 합성수지관 안에서 접속점이 없도록 할 것.
4. 중량물의 압력 또는 현저한 기계적 충격을 받을 우려가 없도록 시설할 것.
5. 이중천장(반자 속 포함) 내에는 시설할 수 없다.

232.11.2 합성수지관 및 부속품의 선정

1. 합성수지관공사에 사용하는 경질비닐 전선관 및 합성수지제 전선관, 기타 부속품 등(관 상호 간을 접속하는 것 및 관의 끝에 접속하는 것에 한하며 리듀서를 제외한다)은 다음에 적합한 것이어야 한다.
   가. 합성수지제의 전선관 및 박스 기타의 부속품은 다음 (1)에 적합한 것일 것. 다만, 부속품 중 금속제의 박스 및 다음 (2)에 적합한 분진방폭형 가요성 부속은 그러하지 아니하다.
      (1) 합성수지제의 전선관 및 박스 기타의 부속품
         (가) 합성수지제의 전선관은 KS C 8431(경질 폴리염화비닐 전선관)의 "7 성능" 및 "8 구조" 또는 KS C 8454[합성 수지제 휨(가요) 전선관]의 "4 일반 요구사항", "7 성능", "8 구조" 및 "9 치수" 또는 KS C 8455(파상형 경질 폴리에틸렌 전선관)의 "7 재료 및 제조방법", "8 치수", "10 성능" 및 "11 구조"를 따른다.
         (나) 박스는 KS C 8436(합성수지제 박스 및 커버)의 "5 성능", "6 겉모양 및

모양”, “7 치수” 및 “8 재료”를 따른다.

(다) 부속품은 KS C IEC 61386-21-A(전기설비용 전선관 시스템-제21부 : 경질 전선관 시스템의 개별 요구사항)의 “4 일반요구사항”, “6 분류”, “9 구조” 및 “10 기계적 특성”, “11 전기적 특성”, “12 내열 특성”을 따른다.

(2) 분진방폭형 가요성 부속

(가) 구조

이음매 없는 단동(丹銅), 인청동(隣靑銅)이나 스테인리스의 가요관에 단동・황동이나 스테인리스의 편조피복을 입힌 것 또는 232.13.2의 1에 적합한 2종 금속제의 가요전선관에 두께 0.8 ㎜ 이상의 비닐 피복을 입힌 것의 양쪽 끝에 접속기 또는 유니온 커플링을 견고히 접속하고 안쪽 면은 전선을 넣거나 바꿀 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

(나) 완성품

실온에서 그 바깥지름의 10배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 10회 반복하였을 때에 금이 가거나 갈라지는 등의 이상이 생기지 아니하는 것일 것.

나. 관의 끝부분 및 안쪽 면은 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

다. 관[합성수지제 휨(가요) 전선관을 제외한다]의 두께는 2 ㎜ 이상일 것. 다만, 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐된 장소로서 건조한 장소에 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우(옥내배선의 사용전압이 400 V 이하인 경우에 한한다)에는 그러하지 아니하다.

232.11.3 합성수지관 및 부속품의 시설

1. 관 상호 간 및 박스와는 관을 삽입하는 깊이를 관의 바깥지름의 1.2배(접착제를 사용하는 경우에는 0.8배) 이상으로 하고 또한 꽂음 접속에 의하여 견고하게 접속할 것.
2. 관의 지지점 간의 거리는 1.5 m 이하로 하고, 또한 그 지지점은 관의 끝・관과 박스의 접속점 및 관 상호 간의 접속점 등에 가까운 곳에 시설할 것.
3. 습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 경우에는 방습 장치를 할 것.
4. 합성수지관을 금속제의 박스에 접속하여 사용하는 경우 또는 232.11.2의 1의 단서에 규정하는 분진방폭형 가요성 부속을 사용 하는 경우에는 박스 또는 분진 방폭형 가요성 부속에 211과 140에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 사용전압이 400 V 이하로서 다음 중 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 건조한 장소에 시설하는 경우

나. 옥내배선의 사용전압이 직류 300 V 또는 교류 대지 전압이 150 V 이하로서 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우

5. 합성수지관을 풀박스에 접속하여 사용하는 경우에는 제1의 규정에 준하여 시설할

것. 다만, 기술상 부득이한 경우에 관 및 풀박스를 건조한 장소에서 불연성의 조영재에 견고하게 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

6. 콤바인 덕트관은 직접 콘크리트에 매입(埋入)하여 시설하거나 옥내 전개된 장소에 시설하는 경우 이외에는 KS F ISO 1182(건축재료의 불연성 시험 방법)에 따른 불연성능이 있는 것의 내부, 전용의 불연성 관 또는 덕트에 넣어 시설할 것.
7. 합성수지제 휨(가요) 전선관 상호 간은 직접 접속하지 말 것.

232.12 금속관공사

232.12.1 시설조건

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.
2. 전선은 연선일 것. 다만, 다음의 것은 적용하지 않는다.
   가. 짧고 가는 금속관에 넣은 것.
   나. 단면적 10 ㎟(알루미늄선은 단면적 16 ㎟) 이하의 것.
3. 전선은 금속관 안에서 접속점이 없도록 할 것.

232.12.2 금속관 및 부속품의 선정

1. 금속관공사에 사용하는 금속관과 박스 기타의 부속품(관 상호 간을 접속하는 것 및 관의 끝에 접속하는 것에 한하며 리듀서를 제외한다)은 다음에 적합한 것이어야 한다.
   가. (1)에 정하는 표준에 적합한 금속제의 전선관(가요전선관을 제외한다) 및 금속제 박스 기타의 부속품 또는 황동이나 동으로 견고하게 제작한 것일 것. 다만, 분진방폭형 가요성 부속 기타의 폭발방지형의 부속품으로서 (2)와 (3)에 적합한 것과 절연부싱은 그러하지 아니하다.
      (1) 금속제의 전선관 및 금속제박스 기타의 부속품은 다음에 적합한 것일 것.
         (가) 강제 전선관
            KS C 8401(강제전선관)의 “4 굽힘성”, “5 내식성”, “7 치수, 무게 및 유효나사부의 길이와 바깥지름 및 무게의 허용차”의 “표 1”, “표 2” 및 “표 3”의 호칭방법, 바깥지름, 바깥지름의 허용차, 두께, 유효나사부의 길이(최소치), “8 겉모양”, “9.1 재료”와 “9.2 제조방법”의 9.2.2, 9.2.3 및 9.2.4
         (나) 알루미늄 전선관
            KS C IEC 60614-2-1-A(전선관-제2-1부 : 금속제 전선관의 개별규정)의 “7 치수”, “8 구조”, “9 기계적 특성”, “10 내열성”, “11 내화성”
         (다) 금속제 박스
            KS C 8458(금속제 박스 및 커버)의 “4 성능”, “5 구조”, “6 모양 및 치수” 및 “7 재료”
         (라) 부속품
            KS C 8460(금속제 전선관용 부속품)의 “7 성능”, “8 구조”, “9 모양 및 치

수”, 및 “10 재료”

(2) 금속관의 폭발방지형 부속품 중 가요성 부속의 표준은 다음에 적합한 것일 것.

(가) 분진방폭형의 가요성 부속의 구조는 이음매 없는 단동·인청동이나 스테인리스의 가요관에 단동·황동이나 스테인리스의 편조 피복을 입힌 것 또는 표 232.12-1에 적합한 2종 금속제의 가요전선관에 두께 0.8 ㎜ 이상의 비닐 피복을 입힌 것의 양쪽 끝에 접속기 또는 유니온 커플링을 견고히 접속하고 안쪽 면은 전선을 넣거나 바꿀 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

(나) 분진방폭형의 가요성 부속의 완성품은 실온에서 그 바깥지름의 10배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 10회 반복하였을 때에 금이 가거나 갈라지는 등의 이상이 생기지 아니하는 것일 것.

(다) 내압(耐壓)방폭형의 가요성 부속의 구조는 이음매 없는 단동·인청동이나 스테인리스의 가요관에 단동·황동이나 스테인리스의 편 조피복을 입힌 것의 양쪽 끝에 접속기 또는 유니온 커플링을 견고히 접속하고 안쪽 면은 전선을 넣거나 바꿀 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

(라) 내압(耐壓)방폭형의 가요성 부속의 완성품은 실온에서 그 바깥지름의 10배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 10회 반복한 후 196 N/㎠의 수압을 내부에 가하였을 때에 금이 가거나 갈라지는 등의 이상이 생기지 아니하는 것일 것.

(마) 안전증 방폭형의 가요성 부속의 구조는 표 232.12-1에 적합한 1종 금속제의 가요전선관에 단동·황동이나 스테인리스의 편조 피복을 입힌 것 또는 표 232.12-1에 적합한 2종 금속제의 가요전선관에 두께 0.8 ㎜ 이상의 비닐을 피복한 것의 양쪽 끝에 접속기 또는 유니온 커플링을 견고히 접속하고 안쪽 면은 전선을 넣거나 바꿀 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

(바) 안전증 방폭형의 가요성 부속의 완성품은 실온에서 그 바깥지름의 10배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 10회 반복하였을 때 금이 가거나 갈라지는 등의 이상이 생기지 아니하는 것일 것.

표 232.12-1 금속제 가요 전선관 및 박스 기타의 부속품

1종 금속제 가요전선관	KS C 8422(금속제 가요전선관)의 “7. 성능” 표 1의 “내식성, 인장, 굽힘”, “8.1 가요관의 내면”, “9. 치수” 표 2의 “1종 가요관의 호칭, 재료의 최소두께, 최소 안지름, 바깥지름, 바깥지름의 허용차” 및 “10. 재료 a”의 규정에 적합한 것이어야 하며 조편의 이음매는 심하게 두께가 늘어나지 아니하고 1종 금속제 가요전선관의 세기를 감소시키지 아니하는 것일 것.
2종 금속제 가요전선관	KS C 8422(금속제 가요전선관)의 “7. 성능” 표 1의 “내식성, 인장, 압축, 전기저항, 굽힘, 내수”, “8.1 가요관의 내면”, “9. 치수” 표 3 “2종 가요관의 호칭, 최소 안지름, 바깥지름, 바깥지름의 허용차” 및 “10. 재료 b”의 규정에 적합한 것일 것.
금속제 가요전선관용 부속품	KS C 8459(금속제 가요전선관용 부속품)의 “7. 성능”, “8. 구조”, “9. 모양 및 치수”, “그림 4 ~ 15” 및 “10. 재료”에 적합한 것일 것.

(3) 금속관의 폭발방지형 부속품 중 (2)에 규정하는 것 이외의 것은 다음의 표준에 적합할 것.

(가) 재료는 건식아연도금법에 의하여 아연도금을 한 위에 투명한 도료를 칠하거나 기타 방법으로 녹이 스는 것을 방지하도록 한 강(鋼) 또는 가단주철(可鍛鑄鐵)일 것.

(나) 안쪽 면 및 끝부분은 전선을 넣거나 바꿀 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

(다) 전선관과의 접속부분의 나사는 5산 이상 완전히 나사결합이 될 수 있는 길이일 것.

(라) 접합면(나사의 결합부분을 제외한다)은 KS C IEC 60079-1(폭발성 분위기-제1부 : 내압 방폭구조 “d”) “5. 방폭접합”의 “5.1 일반 요구사항”에 적합한 것일 것. 다만, 금속 · 합성고무 등의 난연성 및 내구성이 있는 패킹을 사용하고 이를 견고히 접합면에 붙일 경우에 그 틈새가 있을 경우 이 틈새는 KS C IEC 60079-1(폭발성 분위기－제1부 : 내압 방폭구조 “d”) “5.2.2 틈새”의 “표 1” 및 “표 2”의 최대값을 넘지 않아야 한다.

(마) 접합면 중 나사의 접합은 KS C IEC 60079-1(폭발성 분위기－제1부 : 내압 방폭구조 “d”)의 “5.3 나사 접합”의 “표 3” 및 “표 4”에 적합한 것일 것.

(바) 완성품은 KS C IEC 60079-1(폭발성 분위기－제1부 : 내압 방폭구조 “d”)의 “15.1.2 폭발압력(기준압력)측정” 및 “15.1.3 압력시험”에 적합한 것일 것.

나. 관의 두께는 다음에 의할 것.

(1) 콘크리트에 매입하는 것은 1.2 ㎜ 이상

(2) (1) 이외의 것은 1 ㎜ 이상. 다만, 이음매가 없는 길이 4 m 이하인 것을 건조하고 전개된 곳에 시설하는 경우에는 0.5 ㎜까지로 감할 수 있다.

다. 관의 끝부분 및 안쪽 면은 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

232.12.3 금속관 및 부속품의 시설

1. 관 상호 간 및 관과 박스 기타의 부속품과는 나사접속 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
2. 관의 끝 부분에는 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 부싱을 사용할 것. 다만, 금속관공사로부터 애자사용공사로 옮기는 경우에는 그 부분의 관의 끝부분에는 절연부싱 또는 이와 유사한 것을 사용하여야 한다.
3. 습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 경우에는 방습 장치를 할 것.
4. 관에는 211과 140에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 사용전압이 400 V 이하로서 다음 중 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 관의 길이(2개 이상의 관을 접속하여 사용하는 경우에는 그 전체의 길이를 말한다. 이하 같다)가 4 m 이하인 것을 건조한 장소에 시설하는 경우
   나. 옥내배선의 사용전압이 직류 300 V 또는 교류 대지 전압 150 V 이하로서 그 전선을 넣는 관의 길이가 8 m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우 또는 건조한 장소에 시설하는 경우
5. 금속관을 금속제의 풀박스에 접속하여 사용하는 경우에는 제1의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 기술상 부득이한 경우에는 관 및 풀박스를 건조한 곳에서 불연성의 조영재에 견고하게 시설하고 또한 관과 풀박스 상호 간을 전기적으로 접속하는 때에는 그러하지 아니하다.

232.13 금속제 가요전선관공사

232.13.1 시설조건

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.
2. 전선은 연선일 것. 다만, 단면적 10 ㎟(알루미늄선은 단면적 16 ㎟) 이하인 것은 그러하지 아니하다.
3. 가요전선관 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것.
4. 가요전선관은 2종 금속제 가요전선관일 것. 다만, 전개된 장소이거나 점검할 수 있는 은폐된 장소(옥내배선의 사용전압이 400 V 초과인 경우에는 전동기에 접속하는 부분으로서 가요성을 필요로 하는 부분에 사용하는 것에 한한다) 또는 점검 불가능한 은폐장소에 기계적 충격을 받을 우려가 없는 조건일 경우에는 1종 가요전선관(습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에는 비닐 피복 1종 가요전선관에 한한다)을 사용할 수 있다.

232.13.2 금속제 가요전선관 및 부속품의 선정

1. 표 232.12-1에 적합한 금속제 가요전선관 및 박스 기타의 부속품일 것.
2. 안쪽 면은 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

232.13.3 금속제 가요전선관 및 부속품의 시설

1. 관 상호 간 및 관과 박스 기타의 부속품과는 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
2. 가요전선관의 끝부분은 피복을 손상하지 아니하는 구조로 되어 있을 것.
3. 습기 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 때에는 비닐 피복 가요전선관일 것.
4. 1종 금속제 가요전선관에는 단면적 2.5 ㎟ 이상의 나연동선을 전체 길이에 걸쳐 삽입 또는 첨가하여 그 나연동선과 1종 금속제가요전선관을 양쪽 끝에서 전기적으로 완전하게 접속할 것. 다만, 관의 길이가 4 m 이하인 것을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
5. 가요전선관공사는 211과 140에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 사용전압이 400 V 이하로서 관의 길이가 4 m 이하인 것을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

232.20 케이블트렁킹시스템

232.21 합성수지몰드공사

232.21.1 시설조건

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.
2. 합성수지몰드 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것. 다만, 합성수지몰드 안의 전선을 KS C 8436(합성수지제 박스 및 커버)의 “5 성능”, “6 겉모양 및 모양”, “7 치수” 및 “8 재료”에 적합한 합성 수지제의 조인트 박스를 사용하여 접속할 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 합성수지몰드 상호 간 및 합성수지 몰드와 박스 기타의 부속품과는 전선이 노출되지 아니하도록 접속할 것.

232.21.2 합성수지몰드 및 박스 기타의 부속품의 선정

1. 합성수지몰드공사에 사용하는 합성수지몰드 및 박스 기타의 부속품(몰드 상호 간을 접속하는 것 및 몰드 끝에 접속하는 것에 한한다)은 KS C 8436(합성수지제 박스 및 커버)에 적합한 것일 것. 다만, 부속품 중 콘크리트 안에 시설하는 금속제의 박스에 대하여는 그러하지 아니하다.
2. 합성수지몰드는 홈의 폭 및 깊이가 35 ㎜ 이하, 두께는 2 mm 이상의 것일 것. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 폭이 50 ㎜ 이하, 두께 1 mm 이상의 것을 사용할 수 있다.

232.22 금속몰드공사

232.22.1 시설조건

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연 전선을 제외한다)일 것.
2. 금속몰드 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것. 다만, 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 의한 금속제 조인트 박스를 사용할 경우에는 접속할 수 있다.
3. 금속몰드의 사용전압이 400 V 이하로 옥내의 건조한 장소로 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐장소에 한하여 시설할 수 있다

232.22.2 금속몰드 및 박스 기타 부속품의 선정

금속몰드공사에 사용하는 금속몰드 및 박스 기타의 부속품(몰드 상호 간을 접속하는 것 및 몰드의 끝에 접속하는 것에 한한다)은 다음에 적합한 것이어야 한다.

1. 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에서 정하는 표준에 적합한 금속제의 몰드 및 박스 기타 부속품 또는 황동이나 동으로 견고하게 제작한 것으로서 안쪽면이 매끈한 것일 것.
2. 황동제 또는 동제의 몰드는 폭이 50 ㎜ 이하, 두께 0.5 ㎜ 이상인 것일 것.

232.22.3 금속몰드 및 박스 기타 부속품의 시설

1. 몰드 상호 간 및 몰드 박스 기타의 부속품과는 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
2. 몰드에는 211 및 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 다음 중 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 몰드의 길이(2개 이상의 몰드를 접속하여 사용하는 경우에는 그 전체의 길이를 말한다. 이하 같다)가 4 m 이하인 것을 시설하는 경우
   나. 옥내배선의 사용전압이 직류 300 V 또는 교류 대지 전압이 150 V 이하로서 그 전선을 넣는 관의 길이가 8 m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우 또는 건조한 장소에 시설하는 경우

232.23 금속트렁킹공사

본체부와 덮개가 별도로 구성되어 덮개를 열고 전선을 교체하는 금속트렁킹공사방법은 232.31의 규정을 준용한다.

232.24 케이블트렌치공사

1. 케이블트렌치(옥내배선공사를 위하여 바닥을 파서 만든 도랑 및 부속설비를 말하며 수용가의 옥내 수전설비 및 발전설비 설치장소에만 적용한다)에 의한 옥내배선은 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 케이블트렌치 내의 사용 전선 및 시설방법은 232.41을 준용한다. 단, 전선의 접속부는 방습 효과를 갖도록 절연 처리하고 점검이 용이하도록 할 것
   나. 케이블은 배선 회로별로 구분하고 2 m 이내의 간격으로 받침대등을 시설할 것

다. 케이블트렌치에서 케이블트레이, 덕트, 전선관 등 다른 공사방법으로 변경되는 곳에는 전선에 물리적 손상을 주지 않도록 시설할 것
라. 케이블트렌치 내부에는 전기배선설비 이외의 수관·가스관 등 다른 시설물을 설치하지 말 것

2. 케이블트렌치는 다음에 적합한 구조이어야 한다.
가. 케이블트렌치의 바닥 또는 측면에는 전선의 하중에 견디고 전선에 손상을 주지 않는 받침대를 설치할 것
나. 케이블트렌치의 뚜껑, 받침대 등 금속재는 내식성의 재료이거나 방식처리를 할 것
다. 케이블트렌치 굽은 부분 안쪽의 반경은 통과하는 전선의 허용 굽은 부분 반지름 이상이어야 하고 배선의 절연피복을 손상시킬 수 있는 돌기가 없는 구조일 것
라. 케이블트렌치의 뚜껑은 바닥 마감면과 평평하게 설치하고 장비의 하중 또는 통행하중 등 충격에 의하여 변형되거나 파손되지 않도록 할 것
마. 케이블트렌치의 바닥 및 측면에는 방수처리하고 물이 고이지 않도록 할 것
바. 케이블트렌치는 외부에서 고형물이 들어가지 않도록 IP2X 이상으로 시설할 것

3. 케이블트렌치가 건축물의 방화구획을 관통하는 경우 관통부는 232.3.6에 준하여 시설하여야 한다.

4. 케이블트렌치의 부속설비에 사용되는 금속재는 211과 140에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

232.30 케이블덕팅시스템

232.31 금속덕트공사

232.31.1 시설조건

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.

2. 금속덕트에 넣은 전선의 단면적(절연피복의 단면적을 포함한다)의 합계는 덕트의 내부 단면적의 20%(전광표시장치 기타 이와 유사한 장치 또는 제어회로 등의 배선만을 넣는 경우에는 50%) 이하일 것.

3. 금속덕트 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것. 다만, 전선을 분기하는 경우에는 그 접속점을 쉽게 점검할 수 있는 때에는 그러하지 아니하다.

4. 금속덕트 안의 전선을 외부로 인출하는 부분은 금속 덕트의 관통부분에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

5. 금속덕트 안에는 전선의 피복을 손상할 우려가 있는 것을 넣지 아니할 것.

6. 금속덕트에 의하여 저압 옥내배선이 건축물의 방화 구획을 관통하거나 인접 조영물로 연장되는 경우에는 그 방화벽 또는 조영물 벽면의 덕트 내부는 232.3.6에 준하여 시설하여야 한다.

232.31.2 금속덕트의 선정

1. 폭이 40 ㎜ 이상, 두께가 1.2 ㎜ 이상인 철판 또는 동등 이상의 기계적 강도를 가지는 금속제의 것으로 견고하게 제작한 것일 것.
2. 안쪽 면은 전선의 피복을 손상시키는 돌기(突起)가 없는 것일 것.
3. 안쪽 면 및 바깥 면에는 산화 방지를 위하여 KS D 8304, KS D 8308에 따른 아연도금 또는 이와 동등 이상의 효과를 가지는 도장을 한 것일 것.

232.31.3 금속덕트의 시설

1. 덕트 상호 간은 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
2. 덕트를 조영재에 붙이는 경우에는 덕트의 지지점 간의 거리를 3 m(취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 곳에서 수직으로 붙이는 경우에는 6 m) 이하로 하고 또한 견고하게 붙일 것.
3. 덕트의 본체와 구분하여 뚜껑을 설치하는 경우에는 쉽게 열리지 아니하도록 시설할 것.
4. 덕트의 끝부분은 막을 것.
5. 덕트 안에 먼지가 침입하지 아니하도록 할 것.
6. 덕트는 물이 고이는 낮은 부분을 만들지 않도록 시설할 것.
7. 덕트는 211과 140에 준하여 접지공사를 할 것.
8. 옥내에 이웃 연결하여 설치되는 등기구(서로 다른 끝을 연결하도록 설계된 등기구로서 내부에 전원공급용 관통배선을 가지는 것. “이웃 연결 설치 등기구”라 한다)는 다음에 따라 시설할 것.
   가. 등기구는 레이스웨이(raceway, KS C 8465)로 사용할 수 없다. 다만, 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 의한 안전인증을 받은 등기구로서 다음에 의하여 시설하는 경우는 예외로 한다.
      (1) 이웃 연결 설치 등기구는 KS C IEC 60598-1(등기구－제1부 : 일반 요구사항 및 시험)의 “12 내구성 시험과 열 시험”에 적합한 것일 것.
      (2) 현수형 이웃 연결 설치 등기구는 개별 등기구에 대해 KS C 8465(레이스웨이)에 규정된 “6.3 정하중”에 적합한 것일 것.
      (3) 이웃 연결 설치 등기구에는 “이웃 연결 설치 적합” 표시와 “최대 이웃 연결 설치 가능한 등기구의 수”를 표기할 것.
      (4) 232.31.1 및 232.31.3에 따라 시설할 것.
      (5) 이웃 연결 설치 등기구는 KS C IEC 61084-1(전기설비용 케이블 트렁킹 및 덕트 시스템－제1부 : 일반 요구사항)의 “12 전기적 특성”에 적합하거나, 보호도체로 연결할 것.
   나. 그 밖에 설치장소의 환경조건을 고려하여 감전화재 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

232.32 플로어덕트공사

232.32.1 시설조건

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.
2. 전선은 연선일 것. 다만, 단면적 10 ㎟(알루미늄선은 단면적 16 ㎟) 이하인 것은 그러하지 아니하다.
3. 플로어덕트 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것. 다만, 전선을 분기하는 경우에 접속점을 쉽게 점검할 수 있을 때(플로어덕트에 설치하는 지름 100 mm 이상의 구멍은 접속점을 쉽게 점검할 수 있는 것으로 본다)에는 그러하지 아니하다.

232.32.2 플로어덕트 및 부속품의 선정

플로어덕트 및 박스 기타의 부속품(플로어덕트 상호 간을 접속하는 것 및 플로어덕트의 끝에 접속하는 것에 한한다)은 KS C 8457(플로어 덕트용의 부속품)에 적합한 것이어야 한다.

232.32.3 플로어덕트 및 부속품의 시설

1. 덕트 상호 간 및 덕트와 박스 및 인출구와는 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
2. 덕트 및 박스 기타의 부속품은 물이 고이는 부분이 없도록 시설하여야 한다.
3. 박스 및 인출구는 마루 위로 돌출하지 아니하도록 시설하고 또한 물이 스며들지 아니하도록 밀봉할 것.
4. 덕트의 끝부분은 막을 것.
5. 덕트는 211과 140에 준하여 접지공사를 할 것.

232.33 셀룰러덕트공사

232.33.1 시설조건

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.
2. 전선은 연선일 것. 다만, 단면적 10 ㎟(알루미늄선은 단면적 16 ㎟) 이하의 것은 그러하지 아니하다.
3. 셀룰러덕트 안에는 전선에 접속점을 만들지 아니할 것. 다만, 전선을 분기하는 경우 그 접속점을 쉽게 점검할 수 있을 때(셀룰러덕트에 설치하는 지름 100 mm 이상의 구멍은 접속점을 쉽게 점검할 수 있는 것으로 본다)에는 그러하지 아니하다.
4. 셀룰러덕트 안의 전선을 외부로 인출하는 경우에는 그 셀룰러덕트의 관통 부분에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

232.33.2 셀룰러덕트 및 부속품의 선정

1. 강판으로 제작한 것일 것.
2. 덕트 끝과 안쪽 면은 전선의 피복이 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

3. 덕트의 안쪽 면 및 외면은 녹방지를 위하여 도금 또는 도장을 한 것일 것. 다만, KS D 3602(강제갑판) 중 SDP 3에 적합한 것은 그러하지 아니하다.
4. 셀룰러덕트의 판 두께는 표 232.33-1에서 정한 값 이상일 것.

표 232.33-1 셀룰러덕트의 선정

덕트의 최대 폭	덕트의 판 두께
150 ㎜ 이하	1.2 ㎜
150 ㎜ 초과 200 ㎜ 이하	1.4 ㎜[KS D 3602(강제 갑판) 중 SDP2, SDP3 또는 SDP2G에 적합한 것은 1.2 ㎜]
200 ㎜ 초과하는 것	1.6 ㎜

5. 부속품의 판 두께는 1.6 ㎜ 이상일 것.
6. 저판을 덕트에 붙인 부분은 다음 계산식에 의하여 계산한 값의 하중을 저판에 가할 때 덕트의 각부에 이상이 생기지 않을 것.

$$P = 5.88D$$

P: 하중(N/m)

D: 덕트의 단면적(㎠)

232.33.3 셀룰러덕트 및 부속품의 시설

1. 덕트 상호 간, 덕트와 조영물의 금속 구조체, 부속품 및 덕트에 접속하는 금속체와는 견고하게 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
2. 덕트 및 부속품은 물이 고이는 부분이 없도록 시설할 것.
3. 인출구는 바닥 위로 돌출하지 아니하도록 시설하고 또한 물이 스며들지 아니하도록 할 것.
4. 덕트의 끝부분은 막을 것.
5. 덕트는 211과 140에 준하여 접지공사를 할 것.

232.40 케이블트레이시스템

232.41 케이블트레이공사

케이블트레이공사는 케이블을 지지하기 위하여 사용하는 금속재 또는 불연성 재료로 제작된 유닛 또는 유닛의 집합체 및 그에 부속하는 부속재 등으로 구성된 견고한 구조물을 말하며 사다리형, 펀칭형, 그물망형, 바닥밀폐형 기타 이와 유사한 구조물을 포함하여 적용한다.

232.41.1 시설 조건

1. 전선은 연피케이블, 알루미늄피 케이블 등 난연성 케이블(334.7의 1의 “가” (1)(가)의

시험방법에 의한 시험에 합격한 케이블) 또는 기타 케이블(적당한 간격으로 연소(延燒)방지 조치를 하여야 한다) 또는 금속관 혹은 합성수지관 등에 넣은 절연전선을 사용하여야 한다.

2. 제1의 각 전선은 관련되는 각 규정에서 사용이 허용되는 것에 한하여 시설할 수 있다.
3. 케이블트레이 안에서 전선을 접속하는 경우에는 전선 접속부분에 사람이 접근할 수 있고 또한 그 부분이 측면 레일 위로 나오지 않도록 하고 그 부분을 절연처리 하여야 한다.
4. 수평으로 포설하는 케이블 이외의 케이블은 케이블 트레이의 가로대에 케이블 타이 등으로 견고하게 고정시켜야 한다.
5. 저압 케이블과 고압 또는 특고압 케이블은 동일 케이블 트레이 안에 포설하여서는 아니 된다. 다만, 견고한 불연성의 격벽을 시설하는 경우 또는 금속외장 케이블인 경우에는 그러하지 아니하다.
6. 수평 트레이에 다심케이블을 포설 시 다음에 적합하여야 한다.
   가. 사다리형, 바닥밀폐형, 펀칭형, 그물망형 케이블트레이 내에 다심케이블을 포설하는 경우 이들 케이블의 지름(케이블의 완성품의 바깥지름을 말한다. 이하 같다)의 합계는 트레이의 내측폭 이하로 하고 단층으로 포설하여야 한다.
   나. 벽면과의 간격은 20 ㎜ 이상, 트레이간 수직간격은 300 mm 이상 이격하여 설치하여야 한다. 단, 이보다 간격이 좁을 경우 저감계수를 적용하여야 한다.
   다. 트레이 설치 및 케이블 허용전류의 저감계수는 KS C IEC 60364-5-52(전기기기의 선정 및 설치-배선설비) 표 B.52.17 또는 B.52.20을 적용한다.

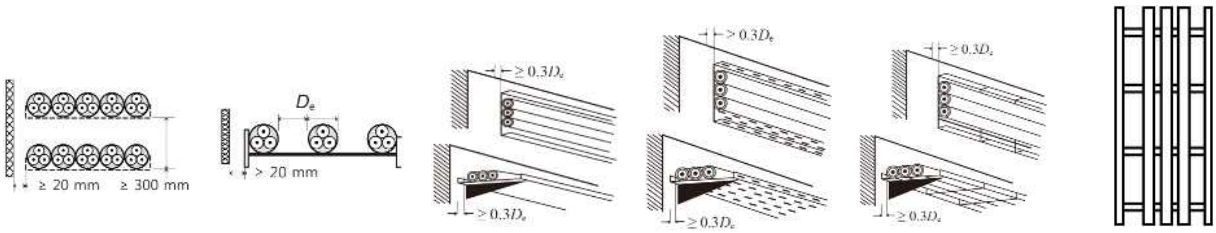
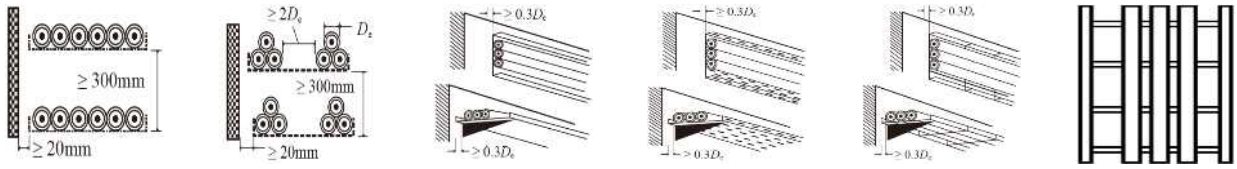


그림 232.41-1 수평트레이의 다심케이블 공사방법 예시

7. 수평 트레이에 단심케이블을 포설 시 다음에 적합하여야 한다.
   가. 사다리형, 바닥밀폐형, 펀칭형, 그물망형 케이블 트레이 내에 단심케이블을 포설하는 경우 이들 케이블의 지름의 합계는 트레이의 내측폭 이하로 하고 단층으로 포설하여야 한다. 단, 삼각포설 시에는 묶음단위 사이의 간격은 단심케이블 지름의 2배 이상(이보다 간격이 좁을 경우 저감계수를 적용하여야 한다.) 이격하여 포설하여야 한다(그림 232.41-2 참조).

나. 벽면과의 간격은 20 ㎜ 이상, 트레이간 수직간격은 300 mm 이상 이격하여 설치하여야 한다. 단, 이보다 간격이 좁을 경우 저감계수를 적용하여야 한다.

다. 트레이 설치 및 케이블 허용전류의 저감계수는 KS C IEC 60364-5-52(전기기기의 선정 및 설치-배선설비) 표 B.52.17 또는 B.52.21을 적용한다.



단층설치 삼각포설 설치 바닥밀폐형 펀칭형 그물망형 사다리형

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

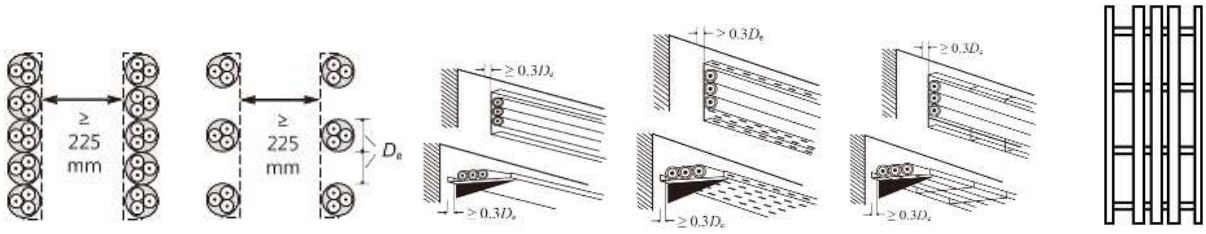
그림 232.41-2 수평트레이의 단심케이블 공사방법 예시

8. 수직 트레이에 다심케이블을 포설 시 다음에 적합하여야 한다.

가. 사다리형, 바닥밀폐형, 펀칭형, 그물망형 케이블트레이 내에 다심케이블을 포설하는 경우 이들 케이블의 지름의 합계는 트레이의 내측폭 이하로 하고 단층으로 포설하여야 한다.

나. 벽면과의 간격은 가장 굵은 케이블의 바깥지름의 0.3배 이상 이격하여 설치하여야 한다. 단, 이보다 간격이 좁을 경우 저감계수를 적용하여야 한다.

다. 트레이 설치 및 케이블 허용전류의 저감계수는 KS C IEC 60364-5-52(전기기기의 선정 및 설치－배선설비) 표 B.52.17 또는 B.52.20을 적용한다.



바닥밀폐형 펀칭형 그물망형 사다리형

(1) (2) (3) (4) (5) (6)

그림 232.41-3 수직트레이의 다심케이블 공사방법 예시

9. 수직 트레이에 단심케이블을 포설 시 다음에 적합하여야 한다.

가. 사다리형, 바닥밀폐형, 펀칭형, 그물망형 케이블 트레이 내에 단심케이블을 포설하는 경우 이들 케이블 지름의 합계는 트레이의 내측폭 이하로 하고 단층으로 포설하여야 한다. 단, 삼각포설 시에는 묶음단위 사이의 간격은 단심케이블 지름의 2배 이상(이보다 간격이 좁을 경우 저감계수를 적용하여야 한다.) 이격하여 설치

하여야 한다.

나. 벽면과의 간격은 가장 굵은 단심케이블 바깥지름의 0.3배 이상 이격하여 설치하여야 한다. 단, 이보다 간격이 좁을 경우 저감계수를 적용하여야 한다.

다. 트레이 설치 및 케이블 허용전류의 저감계수는 KS C IEC 60364-5-52(전기기기의 선정 및 설치-배선설비) 표 B.52.17 또는 B.52.21을 적용한다.

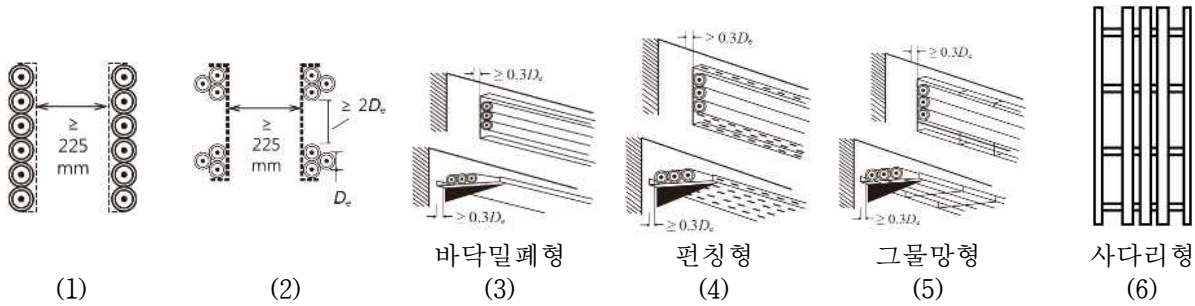


그림 232.41-4 수직트레이의 단심케이블 공사방법 예시

232.41.2 케이블트레이의 선정

1. 수용된 모든 전선을 지지할 수 있는 적합한 강도의 것이어야 한다. 이 경우 케이블트레이의 안전율은 1.5 이상으로 하여야 한다.
2. 지지대는 트레이 자체 하중과 포설된 케이블 하중을 견딜 수 있는 강도를 가져야 한다.
3. 전선의 피복 등을 손상시킬 돌기 등이 없이 매끈하여야 한다.
4. 금속재의 것은 방식처리를 한 것이거나 내식성 재료의 것이어야 한다.
5. 측면 레일 또는 이와 유사한 구조재를 부착하여야 한다.
6. 배선의 방향 및 높이를 변경하는데 필요한 부속재 또는 기구를 갖춘 것이어야 한다.
7. 비금속제 케이블 트레이는 난연성 재료의 것이어야 한다.
8. 금속제 케이블트레이시스템은 기계적 및 전기적으로 완전하게 접속하여야 하며 금속제 트레이는 211과 140에 준하여 접지공사를 하여야 한다.
9. 케이블이 케이블트레이시스템에서 금속관, 합성수지관 등 또는 함으로 옮겨가는 개소에는 케이블에 압력이 가하여지지 않도록 지지하여야 한다.
10. 별도로 방호를 필요로 하는 배선부분에는 필요한 방호력이 있는 불연성의 덮개 등을 사용하여야 한다.
11. 케이블트레이가 방화구획의 벽, 마루, 천장 등을 관통하는 경우에 관통부는 232.3.6에 준하여 시설하여야 한다.
12. 케이블트레이 및 그 부속재의 표준은 KS C 8464(케이블 트레이), KS C IEC 61537-A(케이블 관리 - 케이블 트레이 시스템 및 케이블 래더 시스템) 또는 「전

력산업기술기준(KEPIC)」 ECD 3100을 준용하여야 한다.

232.51 케이블공사

232.51.1 시설조건

케이블공사에 의한 저압 옥내배선(232.51.2 및 232.51.3에서 규정하는 것을 제외한다)은 다음에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 케이블 및 캡타이어케이블일 것.
2. 중량물의 압력 또는 현저한 기계적 충격을 받을 우려가 있는 곳에 포설하는 케이블에는 방호 장치를 할 것.
3. 전선을 조영재의 아랫면 또는 옆면에 따라 붙이는 경우에는 전선의 지지점 간의 거리를 케이블은 2 m(사람이 접촉할 우려가 없는 곳에서 수직으로 붙이는 경우에는 6 m) 이하 캡타이어케이블은 1 m 이하로 하고 또한 그 피복을 손상하지 아니하도록 붙일 것.
4. 관 기타의 전선을 넣는 방호 장치의 금속제 부분 · 금속제의 전선 접속함 및 전선의 피복에 사용하는 금속체에는 211과 140에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 사용전압이 400 V 이하로서 다음 중 하나에 해당할 경우에는 관 기타의 전선을 넣는 방호 장치의 금속제 부분에 대하여는 그러하지 아니하다.
   가. 방호 장치의 금속제 부분의 길이가 4 m 이하인 것을 건조한 곳에 시설하는 경우
   나. 옥내배선의 사용전압이 직류 300 V 또는 교류 대지 전압이 150 V 이하로서 방호 장치의 금속제 부분의 길이가 8 m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우 또는 건조한 곳에 시설하는 경우

232.51.2 콘크리트 직접매설용 포설

저압 옥내배선은 232.51.1의 4의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 콘크리트 직접매설용 케이블 또는 334.1의 4의 “마”에서 “사”까지 정하는 구조의 개장을 한 케이블일 것.
2. 공사에 사용하는 박스는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 금속제이거나 합성 수지제의 것 또는 황동이나 동으로 견고하게 제작한 것일 것.
3. 전선을 박스 또는 풀박스 안에 인입하는 경우는 물이 박스 또는 풀박스 안으로 침입하지 아니하도록 부싱 또는 이와 유사한 것을 사용할 것.
4. 콘크리트 안에는 전선에 접속점을 만들지 아니할 것.

232.51.3 수직 케이블의 포설

1. 전선을 건조물의 전기 배선용의 파이프 샤프트 안에 수직으로 매어 달아 시설하는 저압 옥내배선은 232.51.1의 2 및 4의 규정에 준하여 시설하는 이외의 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전선은 다음 중 하나에 적합한 케이블일 것.

(1) KS C IEC 60502(정격전압 1 kV ~ 30 kV 압출 성형 절연 전력케이블 및 그 부속품) 시리즈에 적합한 비닐외장케이블 또는 클로로프렌외장케이블(도체에 연 알루미늄선, 반경 알루미늄선 또는 알루미늄 성형단선을 사용하는 것 및 (2)에 규정하는 강심알루미늄 도체 케이블을 제외한다)로서 도체에 동을 사용하는 경우는 공칭단면적 25 ㎟ 이상, 도체에 알루미늄을 사용한 경우는 공칭단면적 35 ㎟ 이상의 것.

(2) 강심알루미늄 도체 케이블은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 적합할 것.

(3) 수직조가선 부(付) 케이블로서 다음에 적합할 것.

(가) 케이블은 인장강도 5.93 kN 이상의 금속선 또는 단면적이 22 ㎟ 아연도 강연선으로서 단면적 5.3 ㎟ 이상의 조가선을 비닐외장케이블 또는 클로로프렌외장케이블의 외장에 견고하게 붙인 것일 것.

(나) 조가선은 케이블의 중량(조가선의 중량을 제외한다)의 4배의 인장강도에 견디도록 붙인 것일 것.

(4) KS C IEC 60502(정격전압 1 kV ~ 30 kV 압출 성형 절연 전력케이블 및 그 부속품)시리즈에 적합한 비닐외장케이블 또는 클로로프렌외장케이블의 외장 위에 그 외장을 손상하지 아니하도록 좌상(座床)을 시설하고 또 그 위에 아연도금을 한 철선으로서 인장강도 294 N 이상의 것 또는 지름 1 ㎜ 이상의 금속선을 조밀하게 연합한 철선 개장 케이블

나. 전선 및 그 지지부분의 안전율은 4 이상일 것.

다. 전선 및 그 지지부분은 충전부분이 노출되지 아니하도록 시설할 것.

라. 전선과의 분기부분에 시설하는 분기선은 케이블일 것.

마. 분기선은 장력이 가하여지지 아니하도록 시설하고 또한 전선과의 분기부분에는 진동 방지장치를 시설할 것.

바. “마”의 규정에 의하여 시설하여도 전선에 손상을 입힐 우려가 있을 경우에는 진동 방지장치를 더 시설할 것.

2. 제1에서 규정하는 케이블은 242.2부터 242.5에서 규정하는 장소에 시설하여서는 아니 된다.

232.56 애자공사

232.56.1 시설조건

1. 전선은 다음의 경우 이외에는 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.

가. 전기로용 전선

나. 전선의 피복 절연물이 부식하는 장소에 시설하는 전선
다. 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 장소에 시설하는 전선

2. 전선 상호 간의 간격은 0.06 m 이상일 것.
3. 전선과 조영재 사이의 간격은 사용전압이 400 V 이하인 경우에는 25 ㎜ 이상, 400 V 초과인 경우에는 45 ㎜(건조한 장소에 시설하는 경우에는 25 ㎜)이상일 것.
4. 전선의 지지점 간의 거리는 전선을 조영재의 윗면 또는 옆면에 따라 붙일 경우에는 2 m 이하일 것.
5. 사용전압이 400 V 초과인 것은 제4의 경우 이외에는 전선의 지지점 간의 거리는 6 m 이하일 것.
6. 저압 옥내배선은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 사용전압이 400 V 이하인 경우에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.
7. 전선이 조영재를 관통하는 경우에는 그 관통하는 부분의 전선을 전선마다 각각 별개의 난연성 및 내수성이 있는 절연관에 넣을 것. 다만, 사용전압이 150 V 이하인 전선을 건조한 장소에 시설하는 경우로서 관통하는 부분의 전선에 내구성이 있는 절연 테이프를 감을 때에는 그러하지 아니하다.

232.56.2 애자의 선정

사용하는 애자는 절연성 · 난연성 및 내수성의 것이어야 한다.

232.60 버스바트렁킹시스템

232.61 버스덕트공사

232.61.1 시설조건

1. 덕트 상호 간 및 전선 상호 간은 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
2. 덕트를 조영재에 붙이는 경우에는 덕트의 지지점 간의 거리를 3 m(취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 곳에서 수직으로 붙이는 경우에는 6 m) 이하로 하고 또한 견고하게 붙일 것.
3. 덕트(환기형의 것을 제외한다)의 끝부분은 막을 것.
4. 덕트(환기형의 것을 제외한다)의 내부에 먼지가 침입하지 아니하도록 할 것.
5. 덕트는 211과 140에 준하여 접지공사를 할 것.
6. 습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 경우에는 옥외용 버스덕트를 사용하고 버스덕트 내부에 물이 침입하여 고이지 아니하도록 할 것.

232.61.2 버스덕트의 선정

1. 도체는 단면적 20 ㎟ 이상의 띠 모양, 지름 5 ㎜ 이상의 관모양이나 둥글고 긴 막대 모양의 동 또는 단면적 30 ㎟ 이상의 띠 모양의 알루미늄을 사용한 것일 것.

2. 도체 지지물은 절연성 · 난연성 및 내수성이 있는 견고한 것일 것.
3. 덕트는 표 232.61-1의 두께 이상의 강판 또는 알루미늄판으로 견고히 제작한 것일 것.

표 232.61-1 버스덕트의 선정

덕트의 최대 폭(㎜)	덕트의 판 두께(㎜)		
	강 판	알루미늄판	합성수지판
150 이하	1.0	1.6	2.5
150 초과 300 이하	1.4	2.0	5.0
300 초과 500 이하	1.6	2.3	-
500 초과 700 이하	2.0	2.9	-
700 초과하는 것	2.3	3.2	-

4. 구조는 KS C IEC 60439-2(버스바 트렁킹 시스템의 개별 요구사항)의 구조에 적합할 것.
5. 완성품은 KS C IEC 60439-2(버스바 트렁킹 시스템의 개별 요구사항)의 시험방법에 의하여 시험하였을 때에 “8 시험 표준서”에 적합한 것일 것.

232.70 파워트랙시스템

232.71 라이팅덕트공사

232.71.1 시설조건

1. 덕트 상호 간 및 전선 상호 간은 견고하게 또한 전기적으로 완전히 접속할 것.
2. 덕트는 조영재에 견고하게 붙일 것.
3. 덕트의 지지점 간의 거리는 2 m 이하로 할 것.
4. 덕트의 끝부분은 막을 것.
5. 덕트의 개구부(開口部)는 아래로 향하여 시설할 것. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 장소에서 덕트의 내부에 먼지가 들어가지 아니하도록 시설하는 경우에 한하여 옆으로 향하여 시설할 수 있다.
6. 덕트는 조영재를 관통하여 시설하지 아니할 것.
7. 덕트에는 합성수지 기타의 절연물로 금속재 부분을 피복한 덕트를 사용한 경우 이외에는 211과 140에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 대지 전압이 150 V 이하이고 또한 덕트의 길이(2본 이상의 덕트를 접속하여 사용할 경우에는 그 전체 길이를 말한다)가 4 m 이하인 때는 그러하지 아니하다.
8. 덕트를 사람이 용이하게 접촉할 우려가 있는 장소에 시설하는 경우에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.

232.71.2 라이팅덕트 및 부속품의 선정

라이팅덕트공사에 사용하는 라이팅덕트 및 부속품은 KS C IEC 60570(등기구전원공급용트랙시스템)에 적합할 것.

232.81 옥내에 시설하는 저압 접촉전선 배선

1. 이동기중기 · 자동청소기 그 밖에 이동하며 사용하는 저압의 전기기계기구에 전기를 공급하기 위하여 사용하는 접촉전선(전차선 및 241.8.3의 "가"에 규정하는 접촉전선을 제외한다. 이하 이 조에서 "저압 접촉전선"이라 한다)을 옥내에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐된 장소에 애자공사 또는 버스덕트공사 또는 절연트롤리공사에 의하여야 한다.
2. 저압 접촉전선을 애자공사에 의하여 옥내의 전개된 장소에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 다음에 따라야 한다.
   가. 전선의 바닥에서의 높이는 3.5 m 이상으로 하고 또한 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 전선의 최대 사용전압이 60 V 이하이고 또한 건조한 장소에 시설하는 경우로서 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   나. 전선과 건조물 또는 주행 크레인에 설치한 보도 · 계단 · 사다리 · 점검대(전선 전용 점검대로서 취급자 이외의 자가 쉽게 들어갈 수 없도록 자물쇠 장치를 한 것은 제외한다)이거나 이와 유사한 것 사이의 간격은 위쪽 2.3 m 이상, 옆쪽 1.2 m 이상으로 할 것. 다만, 전선에 사람이 접촉할 우려가 없도록 방호장치를 시설한 경우는 그러하지 아니하다.
   다. 전선은 인장강도 11.2 kN 이상의 것 또는 지름 6 ㎜의 경동선으로 단면적이 28 ㎟ 이상인 것일 것. 다만, 사용전압이 400 V 이하인 경우에는 인장강도 3.44 kN 이상의 것 또는 지름 3.2 ㎜ 이상의 경동선으로 단면적이 8 ㎟ 이상인 것을 사용할 수 있다.
   라. 전선은 각 지지점에 견고하게 고정시켜 시설하는 것 이외에는 양쪽 끝을 장력에 견디는 애자 장치에 의하여 견고하게 잡아당길 것.
   마. 전선의 지지점 간의 거리는 6 m 이하일 것. 다만, 전선을 수평으로 배열하고 전선 상호간의 간격이 0.4 m 이상(가요성이 없는 도체를 사용하는 경우 0.28 m 이상)인 경우 지지점 간의 거리는 12 m 이하로 할 수 있다.
   바. 전선 상호 간의 간격은 전선을 수평으로 배열하는 경우에는 0.14 m 이상, 기타의 경우에는 0.2 m 이상일 것. 다만, 다음에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
      (1) 전선 상호 간 및 집전장치(集電裝置)의 충전부분과 극성이 다른 전선 사이에 절연성이 있는 견고한 격벽을 시설하는 경우
      (2) 전선을 표 232.81-1에서 정한 값 이하의 간격으로 지지하고 또한 동요하지 아니하도록 시설하는 이외에 전선 상호 간의 간격을 60 ㎜ 이상으로 하는 경우

표 232.81-1 전선 상호 간의 간격 판정을 위한 전선의 지지점 간격

단면적의 구분	지지점 간격
1 ㎠ 미만	1.5 m(굽은 부분 반지름이 1 m 이하인 곡선 부분에서는 1 m)
1 ㎠ 이상	2.5 m(굽은 부분 반지름이 1 m 이하인 곡선 부분에서는 1 m)

(3) 사용전압이 150 V 이하인 경우로서 건조한 곳에 전선을 0.5 m 이하의 간격으로 지지하고 또한 집전장치의 이동에 의하여 동요하지 아니하도록 시설하는 이외에 전선 상호 간의 간격을 30 ㎜ 이상으로 하고 또한 그 전선에 전기를 공급하는 옥내배선에 정격전류가 60 A 이하인 과전류 차단기를 시설하는 경우

사. 전선과 조영재 사이의 간격 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영재 사이의 간격은 습기가 많은 곳 또는 물기가 있는 곳에 시설하는 것은 45 ㎜ 이상, 기타의 곳에 시설하는 것은 25 ㎜ 이상일 것. 다만, 전선 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영재 사이에 절연성이 있는 견고한 격벽을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

아. 애자는 절연성, 난연성 및 내수성이 있는 것일 것.

3. 저압 접촉전선을 애자공사에 의하여 옥내의 점검할 수 있는 은폐된 장소에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 제2의 “다”, “라” 및 “아”의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전선에는 구부리기 어려운 도체를 사용하고 또한 이를 표 232.81-1에서 정한 값 이하의 지지점 간격으로 동요하지 아니하도록 견고하게 고정시켜 시설할 것.

나. 전선 상호 간의 간격은 0.12 m 이상일 것.

다. 전선과 조영재 사이의 간격 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영재 사이의 간격은 45 ㎜ 이상일 것. 다만, 전선 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영재 사이에 절연성이 있는 견고한 격벽을 시설하는 경우에 그러하지 아니하다.

4. 저압 접촉전선을 버스덕트공사에 의하여 옥내에 시설하는 경우에, 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 232.61.1의 1 및 2의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 버스덕트는 다음에 적합한 것일 것.

(1) 도체는 단면적 20 ㎟ 이상의 띠 모양 또는 지름 5 ㎜ 이상의 관모양이나 둥글고 긴 막대 모양의 동 또는 황동을 사용한 것일 것.

(2) 도체지지물은 절연성 · 난연성 및 내수성이 있는 견고한 것일 것.

(3) 덕트는 그 최대 폭에 따라 표 232.61-1의 두께 이상의 강판 · 알루미늄판 또는

합성수지판(최대 폭이 300 ㎜ 이하의 것에 한한다)으로 견고히 제작한 것일 것.

(4) 구조는 KS C 8449(2007)(트롤리버스관로)의 “6 구조”에 적합한 것일 것.

(5) 완성품은 KS C 8449(2007)(트롤리버스관로)의 “8 시험방법”에 의하여 시험하였을 때에 “5 성능”에 적합한 것일 것.

나. 덕트의 개구부는 아래를 향하여 시설할 것.

다. 덕트의 끝 부분은 충전부분이 노출하지 아니하는 구조로 되어 있을 것.

라. 금속제 덕트는 140의 규정을 준용하여 접지공사를 할 것.

5. 제4의 경우에 전선의 사용전압이 직류 30 V(사람이 전선에 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 60 V) 이하로서 덕트 내부에 먼지가 쌓이는 것을 방지하기 위한 조치를 강구하고 또한 다음에 따라 시설할 때에는 제4의 규정에 따르지 아니할 수 있다.

가. 버스덕트는 다음에 적합한 것일 것.

(1) 도체는 단면적 20 ㎟ 이상의 띠 모양 또는 지름 5 ㎜ 이상의 관모양이나 둥글고 긴 막대 모양의 동 또는 황동을 사용한 것일 것.

(2) 도체 지지물은 절연성ㆍ난연성 및 내수성이 있고 견고한 것일 것.

(3) 덕트는 그 최대폭에 따라 표 232.61-1의 두께 이상의 강판 또는 알루미늄판으로 견고하게 제작한 것일 것.

(4) 구조는 다음에 적합한 것일 것.

(가) KS C 8449(2002)(트롤리버스관로)의 “6 구조[나충전부와 비충전 금속부 및 이극 나충전부(異極裸充電部) 상호 간의 거리에 관한 부분은 제외한다]”에 적합한 것일 것.

(나) 노출충전부 상호 간 및 노출충전부와 비충전 금속부간의 연면거리 및 공간거리는 각각 4 ㎜ 및 2.5 ㎜ 이상일 것.

(다) 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있는 장소에 덕트를 시설할 경우는 도체 상호 간에 절연성이 있는 견고한 격벽을 만들고 또한 덕트와 도체간에 절연성이 있는 개재물이 있을 것.

(5) 완성품은 KS C 8449(2002)(트롤리버스관로)의 “8 시험방법(금속제 관로와 트롤리의 금속 프레임간의 접촉저항 시험에 관한 부분은 제외한다)”에 의하여 시험하였을 때에 “5 성능”에 적합한 것일 것.

나. 덕트는 건조한 장소에 시설할 것.

다. 버스덕트에 전기를 공급하기 위해서 1차측 전로의 사용전압이 400 V 이하인 절연변압기를 사용할 것.

라. “다”의 절연 변압기의 2차측 전로는 접지하지 아니할 것.

마. “다”의 절연 변압기는 1차권선과 2차권선 사이에 금속제 혼촉방지판을 설치하고 또한 이것에 140의 규정을 준용하여 접지공사를 할 것.

바. “다”의 절연 변압기는 교류 2 kV의 시험전압을 하나의 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 간에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 것일 것.

6. 저압 접촉전선을 절연 트롤리 공사에 의하여 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 절연 트롤리선은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.

나. 절연 트롤리 공사에 사용하는 절연 트롤리선 및 그 부속품(절연 트롤리선을 상호 접속하는 것. 절연 트롤리선의 끝에 붙이는 것 및 행거에 한한다)과 컬렉터는 다음에 적합한 것일 것.

(1) 절연트롤리선의 도체는 지름 6 ㎜의 경동선 또는 이와 동등 이상의 세기의 것으로서 단면적이 28 ㎟ 이상의 것일 것.

(2) 재료는 KS C 3134(2008)(절연트롤리장치)의 “7 재료”에 적합할 것.

(3) 구조는 KS C 3134(2008)(절연트롤리장치)의 “6 구조”에 적합할 것.

(4) 완성품은 KS C 3134(2008)(절연트롤리장치)의 “8 시험방법”에 의하여 시험하였을 때에 “5 성능”에 적합할 것.

다. 절연 트롤리선의 개구부는 아래 또는 옆으로 향하여 시설할 것.

라. 절연 트롤리선의 끝 부분은 충전부분이 노출되지 아니하는 구조의 것일 것.

마. 절연 트롤리선은 각 지지점에서 견고하게 시설하는 것 이외에 그 양쪽 끝을 내장 잡아 당김 장치에 의하여 견고하게 잡아 당길 것.

바. 절연 트롤리선 지지점 간의 거리는 표 232.81-2에서 정한 값 이상일 것. 다만, 절연 트롤리선을 “마”의 규정에 의하여 시설하는 경우에는 6 m를 넘지 아니하는 범위내의 값으로 할 수 있다.

표 232.81-2 절연 트롤리선의 지지점 간격

도체 단면적의 구분	지지점 간격
500 ㎟ 미만	2 m (굽은 부분 반지름이 3 m 이하의 곡선 부분에서는 1 m)
500 ㎟ 이상	3 m (굽은 부분 반지름이 3 m 이하의 곡선 부분에서는 1 m)

사. 절연 트롤리선 및 그 절연 트롤리선에 접촉하는 집전장치는 조영재와 접촉되지 아니하도록 시설할 것.

아. 절연 트롤리선을 습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 경우에는 “나”에서 정하는 표준에 적합한 옥외용 행거 또는 옥외용 내장 잡아 당김 장치를 사용할 것.

7. 옥내에서 사용하는 기계기구에 시설하는 저압 접촉전선은 다음에 따라야 하며 또한

위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

가. 전선은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 취급자 이외의 자가 쉽게 접근할 수 없는 곳에 취급자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 전선은 절연성 · 난연성 및 내수성이 있는 애자로 기계기구에 접촉할 우려가 없도록 지지할 것. 다만, 건조한 목재의 마루 또는 이와 유사한 절연성이 있는 것 위에서 취급하도록 시설된 기계기구에 시설되는 주행 레일을 저압 접촉전선으로 사용하는 경우에 다음에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 사용전압은 400 V 이하일 것.

(2) 전선에 전기를 공급하기 위하여 변압기를 사용하는 경우에는 절연 변압기를 사용할 것. 이 경우에 절연 변압기의 1차측의 사용전압은 대지전압 300 V 이하이어야 한다.

(3) 전선에는 140의 규정에 의하여 접지공사를 할 것.

8. 옥내에 시설하는 접촉전선(기계기구에 시설하는 것을 제외한다)이 다른 옥내전선(342.3에서 규정하는 고압 접촉전선을 제외한다. 이하 이 항에서 같다), 약전류전선 등 또는 수관 · 가스관이나 외와 유사한 것(여기에서 "다른 옥내전선 등"이라 한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 상호 간의 간격은 0.3 m(가스계량기 및 가스관의 이음부와는 0.6 m) 이상이어야 한다. 다만, 저압 접촉전선을 절연 트롤리 공사에 의하여 시설하는 경우에 상호 간의 간격은 0.1 m(가스계량기 및 가스관의 이음부는 제외) 이상으로 할 때, 또는 저압 접촉전선을 버스덕트공사에 의하여 시설하는 경우 버스덕트공사에 사용하는 덕트가 다른 옥내전선 등(가스계량기 및 가스관의 이음부는 제외)과 접촉하지 아니하도록 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

9. 옥내에 시설하는 저압 접촉전선에 전기를 공급하기 위한 전로에는 접촉전선 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 시설하여야 한다. 이 경우에 개폐기는 저압 접촉전선에 가까운 곳에 쉽게 개폐할 수 있도록 시설하고, 과전류 차단기는 각 극(다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다.

10. 저압 접촉전선은 242.2(242.2.3은 제외한다)부터 242.5에서 규정하는 옥내에 시설하여서는 아니 된다.

11. 저압 접촉전선은 옥내의 전개된 곳에 저압 접촉전선 및 그 주위에 먼지가 쌓이는 것을 방지하기 위한 조치를 강구하고 또한 면 · 마 · 견 그 밖의 타기 쉬운 섬유의 먼지가 있는 곳에서는 저압 접촉전선과 그 접촉전선에 접촉하는 집전장치가 사용상태에서 떨어지지 아니하도록 시설하는 경우 이외에는 242.2.3에 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

12. 옥내에 시설하는 저압 접촉전선(제7의 "나" 단서의 규정에 의하여 시설하는 것을 제외한다)과 대지 사이의 절연저항은 기술기준 제52조 표에서 정한 값 이상이어야

한다.

232.82 작업선 등의 실내 배선

수상 또는 수중에 있는 작업선 등의 저압 옥내배선 및 저압 관등회로 배선의 케이블 배선에는 다음의 표준에 적합한 선박용 케이블을 사용할 수 있다.

가. 정격전압은 600 V일 것.

나. 재료 및 구조는 KS C IEC 60092-350(2006)(선박용 전기설비-제350부 : 선박용 케이블의 구조 및 시험에 관한 일반 요구사항)의 "제2부 구조"에 적합할 것.

다. 완성품은 KS C IEC 60092-350(2006)(선박용 전기설비-제350부 : 선박용 케이블의 구조 및 시험에 관한 일반 요구사항)의 "제3부 시험요구사항"에 적합한 것일 것.

232.84 옥내에 시설하는 저압용 배분전반 등의 시설

옥내에 시설하는 저압용 배·분전반의 기구 및 전선은 쉽게 점검할 수 있도록 하고 다음에 따라 시설할 것.

가. 노출된 충전부가 있는 배전반 및 분전반은 취급자 이외의 사람이 쉽게 출입할 수 없도록 설치하여야 한다.

나. 한 개의 분전반에는 한 가지 전원(1회선의 간선)만 공급하여야 한다. 다만, 안전확보가 되도록 격벽을 설치하고 사용전압을 쉽게 식별할 수 있도록 그 회로의 과전류차단기 가까운 곳에 그 사용전압을 표시하는 경우에는 그러하지 아니하다.

다. 배·분전반은 노출된 장소(신발장, 옷장 등의 은폐된 장소에는 시설할 수 없다. 단, EPS, TPS실 등 관리자 점검이 가능한 곳은 예외로 한다.)에 시설하여야 한다.

라. 주택용 분전반의 구조는 KS C 8326 "7"에 의한 것으로 앞면판은 탈락되지 않는 구조일 것.

마. 옥내에 설치하는 배전반 및 분전반은 불연성 또는 난연성(KS C 8326의 "8.10"에 합격한 것을 말한다)이 있도록 시설할 것.

바. 옥외로 연결되는 배관·배선 등을 통하여 분전반 내부로 물이 침투하지 않도록 시설할 것.

232.85 옥내에서의 전열 장치의 시설

1. 옥내에는 다음의 경우 이외에는 발열체를 시설하여서는 아니 된다.

가. 기계기구의 구조상 그 내부에 안전하게 시설할 수 있는 경우

나. 241.12(241.12.3을 제외한다), 241.11 또는 241.5의 규정에 의하여 시설하는 경우

2. 옥내에 시설하는 저압의 전열장치에 접속하는 전선은 열로 인하여 전선의 피복이 손상되지 아니하도록 시설하여야 한다.

232.86 옥내에 시설하는 전력량계 등의 시설

1. 저압용 전력량계와 이를 수납하는 계기함을 사용할 경우 안전점검(누설전류 측정 등) 및 보수, 검침 등을 쉽게 할 수 있고 안전에 문제가 없도록 노출된 장소에 시설하여야 한다. 다만, 전기판매사업자용 전력량계는 바닥면으로부터 2.0 m 이하에 설치한다.
2. 계기함은 KS C 8326 “7.20 재료”와 동등 이상의 것으로서 KS C 8326 “6.8 내연성”에 적합한 재료를 사용하여야 한다.
3. 전기판매사업자가 제공하는 전력량계로 전기 사용자가 설치하는 계기함의 크기는 전기판매사업자가 제시하는 전력량계의 크기(소요면적) 등을 기준으로 산정하여야 한다. 또한 사용장소(세대별) 식별표시를 계기함 내 설치하여야 한다.

233 전기기기

234 조명설비

234.1 등기구의 시설

234.1.1 적용범위

저압 조명설비 등을 일반장소에 시설 시 적용한다.

234.1.2 설치 요구사항

등기구는 제조사의 지침과 관련 KS 표준(KS C IEC 60598) 및 아래 항목을 고려하여 설치하여야 한다.

가. 등기구는 다음을 고려하여 설치하여야 한다.

(1) 시동 전류

(2) 고조파 전류

(3) 보상

(4) 누설 전류

(5) 최초 점화 전류

(6) 전압강하

나. 램프에서 발생되는 모든 주파수 및 과도전류에 관련된 자료를 고려하여 보호방법 및 제어장치를 선정하여야 한다.

234.1.3 열 영향에 대한 주변의 보호

등기구의 주변에 발광과 대류 에너지의 열영향은 다음을 고려하여 선정 및 설치하여야 한다.

가. 램프의 최대 허용 소모전력

나. 인접 물질의 내열성

(1) 설치 지점

(2) 열 영향이 미치는 구역

다. 등기구 관련 표시

라. 가연성 재료로부터 안전거리를 유지하여야 하며, 제작자에 의해 다른 정보가 주어지지 않으면, 스포트라이트나 프로젝터는 모든 방향에서 가연성 재료로부터 다음의 최소 거리를 두고 설치하여야 한다.

(1) 정격용량 100 W 이하: 0.5 m

(2) 정격용량 100 W 초과 300 W 이하: 0.8 m

(3) 정격용량 300 W 초과 500 W 이하: 1.0 m

(4) 정격용량 500 W 초과: 1.0 m 초과

234.1.4 조명설비의 배선계통

1. 고정배선에 접속

가. 배선계통은 다음 중 어느 하나와 같이 단말 처리한다.

(1) KS C IEC 60670-1-A(가정용 및 이와 유사한 용도의 고정 전기 설비용 부속품의 박스와 외함－제1부 : 일반 요구사항)의 관련 표준에 따른 박스

(2) 박스에 고정된 아웃렛 등기구 접속용 장치

(3) 배선계통에 직접 접속되도록 고안된 전기기기

2. 관통 배선

가. 등기구 관통 배선의 설치는 관통 배선용으로 고안된 등기구에만 허용된다. 접속기구가 필요하지만, 관통 배선용으로 고안된 등기구에 포함되어 있지 않을 경우, 접속기구는 다음 중 어느 하나에 따른다.

(1) KS C IEC 60998-2-3(가정용 및 이와 유사한 용도의 저전압용 접속 기구－제2-3부 : 절연 관통형 전선 커넥터의 개별 요구사항)에 따른 전원 접속에 사용되는 단자

(2) 관통 배선의 접속에 사용되는 설치커플러

(3) 그 밖에 적합한 접속기구

관통 배선 케이블은 온도 정보와 등기구 또는 다음의 제조자의 설치지침이 제공된다면 그에 따라 선정하여야 한다.

(가) KS C IEC 60598(등기구)에 따른 등기구 및 발광다이오드(이하 “LED”라 한다) 등기구로서 표시온도에 대한 적합한 케이블 및 온도 표시된 것을 사용

(나) KS C IEC 60598(등기구)에 따른 등기구 및 LED 등기구로서 제조자의 지침에 명확히 요구되지 않는 한 내열케이블로 온도표시가 없는 것.

(다) 정보가 없을 때, KS C IEC 60245-3(정격 전압 450/750 V 이하 고무 절연 케이블－제3부 : 내열 실리콘 고무 절연 전선)에 따른 내열케이블 및 절연도체, 또는 그와 동등한 형식의 것을 사용

3. 이중천장 내에서 조명기구에 이르는 배선을 전선관공사로 하는 경우에는 절연전선이 노출되지 않도록 시설하여야 한다. 다만, 관의 끝과 조명기구 인입부분에 이르는 노출배선의 길이가 30cm 이하 이고 전선을 보호할 수 있는 조치를 한 경우에는 예외로 할 수 있다.

234.1.5 등기구의 집합

하나의 공통 중성선만으로 3상회로의 3개 선도체 사이에 나뉘어진 등기구의 집합은 모든 선도체가 하나의 장치로 동시에 차단되어야 한다.

234.1.6 등기구 안의 자외선 방사의 영향과 열에 대한 보호

등기구 또는 통과 경로의 케이블 외피 케이블의 심선은 등기구나 그 램프에 의해 발생되는 자외선 방사와 열로 인해 손상이나 악영향을 받지 않도록 선정하여야 한다.

234.1.7 보상 커패시터

총 정전용량이 0.5 μF를 초과하는 보상 커패시터는 KS C IEC 61048(램프 보조장치－형광 램프 및 방전 램프용 커패시터－일반 및 안전 요구사항)의 요구사항에 적합한 방전 저항기와 결합한 경우에 한해 사용할 수 있다.

234.1.8 조명 디스플레이 스탠드의 감전에 대한 보호

조명 디스플레이 스탠드의 감전에 대한 보호는 다음 중 어느 하나에 의해 제공하여야 한다.

가. SELV 또는 PELV전원 공급

나. 211.2과 211.6.1에 따른 추가보호를 모두 제공

234.2 코드의 사용

1. 코드는 조명용 전원코드(KS C IEC 60598-1) 및 이동전선으로만 사용할 수 있으며, 고정배선으로 사용하여서는 안 된다. 다만, 234.8에서 규정하는 건조한 곳에 시설하고 또한 내부를 건조한 상태로 사용하는 진열장 등의 내부에 배선할 경우는 고정배선으로 사용할 수 있다.
2. 코드는 사용전압 400 V 이하의 전로에 사용한다.

234.3 코드 및 이동전선

1. 조명용 전원코드 또는 이동전선은 단면적 0.75 ㎟ 이상의 코드 또는 캡타이어케이블을 용도에 적합하게 표 234.3-1에 따라 선정하여야 한다.
2. 조명용 전원코드를 비나 이슬에 맞지 않도록 시설하고(옥측에 시설하는 경우에 한한다) 사람이 쉽게 접촉되지 않도록 시설할 경우에는 단면적이 0.75 ㎟ 이상인 450/750 V 내열성 에틸렌아세테이트 고무절연전선을 사용할 수 있다. 이 경우 전구수구의 리드 인출부의 전선간격이 10 ㎜ 이상인 전구소켓을 사용하는 것은 0.75 ㎟ 이상인 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선을 사용할 수 있다.
3. 옥내에서 조명용 전원코드 또는 이동전선을 습기가 많은 장소 또는 수분이 있는 장소에 시설할 경우에는 고무코드(사용전압이 400 V 이하인 경우에 한함) 또는 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌캡타이어케이블로서 단면적이 0.75 ㎟ 이상인 것이어야 한다.

표 234.3-1 코드 또는 캡타이어케이블의 선정

종류 \ 용도		옥내		옥외 · 옥측	
		조명용 전원코드	이동전선	조명용 전원코드	이동전선
코드	비닐	×	△○	×	×
	고무	○	○	×	×
	편조 고무			●	□
	금사	×	▲	×	×
	실내장식전등기구용		○	×	×
캡타이어 케이블	고무	◎	◎	◎	◎
	비닐	×	△◎	×	△◎

○, □, ●: 300/300 V 이하에 사용한다.
◎: 0.6/1 ㎸ 이하에 사용한다.
×: 사용될 수 없다.
△: 다음 조건에 적합한 것에 한하여 사용할 수 있다.
- 방전등, 라디오, 텔레비전, 선풍기, 전기이발기 등 전기를 열로 사용하지 않는 소형기계기구에 사용할 경우
- 전기모포, 전기온수기 등 고온부가 노출되지 않은 것으로 이에 전선이 접촉될 우려가 없는 구조의 가열장치(가열장치와 전선과의 접속부 온도가 80 ℃ 이하이고 또한 전열기 외면의 온도가 100 ℃를 초과할 우려가 없는 것) 에 사용할 경우

▲: 전기면도기, 전기이발기 등과 같은 소형 가정용 전기기계기구에 부속되고 또한 길이가 2.5 m 이하이며 건조한 장소에서 사용될 경우에 한한다.
●: 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우
□: 옥측에 비나 이슬에 맞지 아니하도록 시공한 경우 사용할 수 있다.

234.4 코드 또는 캡타이어케이블의 접속

234.4.1 코드 또는 캡타이어케이블과 옥내배선과의 접속

코드 또는 캡타이어케이블과 옥내배선과의 접속은 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 점검할 수 없는 은폐장소에는 시설하지 말 것.

나. 옥내에 시설하는 저압의 이동전선과 저압 옥내배선과의 접속에는 꽂음 접속기 기타 이와 유사한 기구를 사용하여야 한다. 다만, 이동전선을 조가선에 조가하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

다. 접속점에는 조명기구 및 기타 전기기계기구의 중량이 걸리지 않도록 할 것.

234.4.2 코드 상호 또는 캡타이어케이블 상호의 접속

코드 상호, 캡타이어케이블 상호 또는 이들 상호간의 접속은 코드접속기, 접속함 및 기타 기구를 사용하여야 한다. 다만, 단면적이 10 ㎟ 이상의 캡타이어케이블 상호를 접속하는 경우로 접속부분을 123에 따라 시설하고 또한 다음에 의하여 시설할 경우는 적용하지 않는다.

가. 절연피복에는 자기융착성 테이프를 사용하거나 또는 동등이상의 절연 효력을 갖도록 할 것.

나. 접속부분의 외면에는 견고한 금속제의 방호장치를 할 것.

234.4.3 코드 또는 캡타이어케이블과 전기사용 기계기구와의 접속

1. 구리선과 전기기계기구 단자의 접속은 접촉이 완전하고 헐거워질 우려가 없도록 다

음에 의하여야 한다.

가. 전선을 나사로 고정할 경우에 나사가 진동 등으로 헐거워질 우려가 있는 장소는 2중 너트, 스프링와셔 및 나사풀림 방지기구가 있는 것을 사용할 것.

나. 전선을 1가닥만 접속할 수 있는 구조의 단자는 2가닥 이상의 전선을 접속하지 말 것.

다. 기구단자가 누름나사형, 크램프형이거나 이와 유사한 구조가 아닌 경우는 단면적 10 ㎟를 초과하는 단선 또는 단면적 6 ㎟를 초과하는 연선(撚線)에 터미널러그를 부착할 것. 다만, 기구의 용량이 30 A 이하이고, 기구단자에 접속하는 전선이 연선인 경우는 연선의 소선수를 감소하여 터미널러그를 생략할 수 있다.

라. 연선에 터미널러그를 부착하지 않는 경우는 연선의 소선이 흩어지지 않도록 할 것. 다만, 누름나사형(와셔가 있는 것에 한한다), 크램프형이거나 이와 유사한 구조의 단자에 접속하는 경우 또는 전선에 연동 관을 사용하는 경우는 적용하지 않는다.

마. 터미널러그는(눌러붙임형 등은 제외한다) 납땜으로 전선을 부착할 것.

바. 접속점에 장력이 걸리지 않도록 시설할 것.

사. 누름나사형 단자 등에 전선을 접속하는 경우는 전선을 정해진 위치까지 확실하게 삽입할 것.

2. 알루미늄전선과 전기기계기구 단자의 접속은 접촉이 완전하고 헐거워질 우려가 없도록 하고 제1의 “가”, “나”, “바”에 의하는 외에 다음에 따라야 한다.

가. 전기기계기구 단자는 알루미늄전선용 또는 알루미늄전선, 구리선 공용의 표시가 있는 것을 사용할 것. 다만, 스터드 단자 등의 경우 및 터미널러그 또는 터미널플러그 등을 사용하여 접속하는 경우는 적용하지 않는다.

나. 전선에 터미널러그 등을 부착하는 경우는 도체에 손상을 주지 않도록 피복을 벗기고 접속작업 직전에 도체의 표면을 잘 닦을 것.

다. 나사단자에 전선을 접속하는 경우는 전선을 나사의 홈에 가능한 한 밀착하여 3/4 바퀴이상 1 바퀴이하로 감을 것.

라. 누름나사단자 등에 전선을 접속하는 경우는 전선을 정해진 위치까지 확실하게 삽입할 것.

마. 스터드 단자 등에 전선을 접속하는 경우는 터미널러그 등을 부착할 것. 다만, 단선을 “다”에 따라 접속하는 경우는 예외이다.

3. 제1 및 제2에 의하는 외에 다음에 따라야 한다.

가. 충전부분이 노출되지 않는 구조의 단자 금속 부속품에 나사로 고정하거나 또는 기구용 플러그 등을 사용할 것.

나. 기구단자가 누름나사형, 크램프형 또는 이와 유사한 구조로 된 것을 제외하고 단면적 6 ㎟를 초과하는 코드 및 캡타이어케이블에는 터미널러그를 부착할 것.

다. 코드와 형광등기구의 연결선과 접속은 전선접속기로 접속할 것.

234.5 콘센트의 시설

1. 콘센트의 정격전압은 사용전압과 동등 이상의 KS C 8305(배선용 꽂음 접속기)에 적합한 제품을 사용하고 다음에 의하여 시설하여야 한다.
   가. 노출형 콘센트는 기둥과 같은 내구성이 있는 조영재에 견고하게 부착할 것.
   나. 콘센트를 조영재에 매입할 경우는 매입형의 것을 견고한 금속제 또는 난연성 절연물로 된 박스 속에 시설할 것. 다만, 콘센트 자체에 그 단자 등의 충전부가 노출되지 않도록 견고한 난연성절연물의 외함을 가지는 것은 벽에 견고하게 부착할 때에 한하여 박스 사용을 생략할 수 있다.
   다. 콘센트를 바닥에 시설하는 경우는 방수구조의 플로어박스에 설치하거나 또는 이들 박스의 표면 플레이트에 틀어서 부착할 수 있도록 된 콘센트를 사용할 것.
   라. 욕조나 샤워시설이 있는 욕실 또는 화장실 등 인체가 물에 젖어있는 상태에서 전기를 사용하는 장소에 콘센트를 시설하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야한다.
      (1) 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 인체감전보호용 누전차단기(정격감도전류 15 mA 이하, 동작시간 0.03초 이하의 전류동작형의 것에 한한다) 또는 절연변압기(정격용량 3 kVA 이하인 것에 한한다)로 보호된 전로에 접속하거나, 인체감전보호용 누전차단기가 부착된 콘센트를 시설하여야 한다.
      (2) 콘센트는 접지극이 있는 방적형 콘센트를 사용하여 211과 140의 규정에 준하여 접지하여야 한다.
   마. 습기가 많은 장소 또는 수분이 있는 장소에 시설하는 콘센트 및 기계기구용 콘센트는 접지용 단자가 있는 것을 사용하여 211과 140의 규정에 준하여 접지하고 방습 장치를 하여야 한다.
2. 주택의 옥내전로에는 접지극이 있는 콘센트를 사용하여 211과 140의 규정에 준하여 접지하여야 한다.

234.6 점멸기의 시설

점멸기는 다음에 의하여 설치하여야 한다.

1. 점멸기는 전로의 비접지측에 시설하고 분기개폐기에 배선차단기를 사용하는 경우는 이것을 점멸기로 대용할 수 있다
2. 노출형의 점멸기는 기둥 등의 내구성이 있는 조영재에 견고하게 설치할 것.
3. 점멸기를 조영재에 매입할 경우는 다음 중 어느 하나에 의할 것.
   가. 매입형 점멸기는 금속제 또는 난연성 절연물의 박스에 넣어 시설할 것.
   나. 점멸기 자체가 그 단자부분 등의 충전부가 노출되지 않도록 견고한 난연성 절연물로 덮여 있는 것은 이것을 벽 등에 견고하게 설치하고 방호 덮개를 설치한 경

우에 한하여 “가”에 관계없이 박스 사용을 생략할 수 있다.
다만, 방호 덮개는 벽 내의 충전재가 접촉할 우려가 있는 경우를 제외하고는 생략할 수 있다.

4. 욕실 내는 점멸기를 시설하지 말 것. 다만 241.14의 규정에 따라 시설하는 경우에는 적용하지 않는다.
5. 가정용전등은 매 등기구마다 점멸이 가능하도록 할 것. 다만, 장식용 등기구(상들리에, 스포트라이트, 간접조명등, 보조등기구 등) 및 발코니 등기구는 예외로 할 수 있다.
6. 공장 · 사무실 · 학교 · 상점 및 기타 이와 유사한 장소의 옥내에 시설하는 전체 조명용 전등은 부분조명이 가능하도록 전등군으로 구분하여 전등군마다 점멸이 가능하도록 하되, 태양광선이 들어오는 창과 가장 가까운 전등은 따로 점멸이 가능하도록 할 것. 다만, 다음의 경우는 적용하지 않는다.
   가. 자동조명제어장치가 설치된 장소
   나. 극장, 영화관, 강당, 대합실, 주차장 기타 이와 유사한 장소로 동시에 많은 인원을 수용하여야 하는 특수장소
   다. 등기구수가 1열로 되어 있고 그 열이 창의 면과 평행이 되는 경우에 창과 가장 가까운 전등
   라. 광 천장 조명 또는 간접조명을 위하여 전등을 격등 회로로 시설하는 경우
   마. 건물구조가 창문(태양광선이 들어오는 창문을 말한다)이 없거나 공장의 경우 제품의 생산 공정이 연속으로 되는 곳에 설치되어 있는 전등
7. 여인숙을 제외한 객실 수가 30실 이상(「관광 진흥법」 또는 「공중위생법」에 의한 관광숙박업 또는 숙박업)인 호텔이나 여관의 각 객실의 조명용 전원에는 출입문 개폐용 기구 또는 집중제어방식을 이용한 자동 또는 반자동의 점멸이 가능한 장치를 할 것. 다만, 타임스위치를 설치한 입구등의 조명용전원은 적용받지 않는다.
8. 다음의 경우에는 센서등(타임스위치 포함)을 시설하여야 한다.
   가. 「관광 진흥법」과 「공중위생관리법」에 의한 관광숙박업 또는 숙박업(여인숙업을 제외한다)에 이용되는 객실의 입구등은 1분 이내에 소등되는 것.
   나. 일반주택 및 아파트 각 호실의 현관등은 3분 이내에 소등되는 것.
9. 가로등, 보안등 또는 옥외에 시설하는 공중전화기를 위한 조명등용 분기회로에는 주광센서를 설치하여 주광에 의하여 자동점멸 하도록 시설할 것. 다만, 타이머를 설치하거나 집중제어방식을 이용하여 점멸하는 경우는 적용하지 않는다.
10. 국부 조명설비는 그 조명대상에 따라 점멸할 수 있도록 시설할 것.

11. 자동조명제어장치의 제어반은 쉽게 조작 및 점검이 가능한 장소에 시설하고, 자동조명제어장치에 내장된 전자회로는 다른 전기설비 기능에 전기적 또는 자기적인 장애를 주지 않도록 시설하여야 한다.

234.8 진열장 또는 이와 유사한 것의 내부 배선

1. 건조한 장소에 시설하고 또한 내부를 건조한 상태로 사용하는 진열장 또는 이와 유사한 것의 내부에 사용전압이 400 V 이하의 배선을 외부에서 잘 보이는 장소에 한하여 코드 또는 캡타이어케이블로 직접 조영재에 밀착하여 배선할 수 있다.
2. 제1의 배선은 단면적 0.75 ㎟ 이상의 코드 또는 캡타이어케이블일 것.
3. 제1에서 규정한 배선 또는 이것에 접속하는 이동전선과 다른 사용전압이 400 V 이하인 배선과의 접속은 꽂음 플러그 접속기 기타 이와 유사한 기구를 사용하여 시공하여야 한다.

234.9 옥외등

234.9.1 사용전압

옥외등에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 대지전압을 300 V 이하로 하여야 한다.

234.9.2 분기회로

옥외등에 전기를 공급하는 분기회로는 212.6.4에 따라 시설하여야 하며 옥내용의 것을 사용해서는 안 된다. 다만, 다음에 의하여 시설할 경우는 적용하지 않는다.

1. 옥외등과 옥내등을 병용하는 분기회로는 20 A 과전류 차단기 분기회로로 할 것.
2. 옥내등 분기회로에서 옥외등 배선을 인출할 경우는 인출점 부근에 개폐기 및 과전류차단기를 시설할 것.

234.9.3 배선

배선은 다음에 의하여 시설하여야 한다.

1. 옥측에 시설할 경우는 212.6.4의 규정에 따라 시설할 것.
2. 옥외에 시설할 경우는 220의 규정에 따라 시설할 것.

234.9.4 옥외등의 인하선

옥외등 또는 그의 점멸기에 이르는 인하선은 사람의 접촉과 전선피복의 손상을 방지하기 위하여 다음 공사방법으로 시설하여야 한다.

1. 애자공사(지표상 2 m 이상의 높이에서 노출된 장소에 시설할 경우에 한한다)
2. 금속관공사
3. 합성수지관공사
4. 케이블공사(알루미늄피 등 금속제 외피가 있는 것은 목조 이외의 조영물에 시설하는 경우에 한한다)

234.9.5 기구의 시설

옥외등 공사에 사용하는 기구는 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 개폐기, 과전류차단기, 기타 이와 유사한 기구는 옥내에 시설할 것. 다만, 견고한 방수함속에 설치하거나 또는 방수형의 것은 적용하지 않는다.

나. 노출하여 사용하는 소켓 등은 선이 부착된 방수소켓 또는 방수형 리셉터클을 사용하고 하향으로 시설할 것.

다. 부라켓 등을 부착하는 목대에 삽입하는 절연관은 하향으로 하고 전선을 따라 빗물이 새어 들어가지 않도록 할 것.

라. 파이프펜던트 및 직부기구는 하향으로 부착하지 말 것. 다만, 처마 밑에 부착하는 것 또는 방수장치가 되어 플렌지 내에 빗물이 스며들 우려가 없는 것은 적용하지 않는다.

마. 파이프펜던트 및 직부기구를 상향으로 부착할 경우는 홀더의 최하부에 지름 3 ㎜ 이상의 물 빼는 구멍을 2개소 이상 만들거나 또는 방수형으로 할 것.

234.9.6 누전차단기

옥측 및 옥외에 시설하는 저압의 전기간판에 전기를 공급하는 전로에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동으로 차단하는 누전차단기를 시설하여야 하며, 시설은 211.6.1에 의한다.

234.10 전주외등

234.10.1 적용범위

이 규정은 대지전압 300 V 이하의 형광등, 고압방전등, LED등 등을 배전선로의 지지물 등에 시설하는 경우에 적용한다.

234.10.2 조명기구 및 부착 금속 부속품

조명기구(이하 “기구”라 한다) 및 부착 금속 부속품은 다음에 적합하여야 한다.

1. 기구는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」 또는 「산업표준화법」에 적합한 것.
2. 기구는 광원의 손상을 방지하기 위하여 원칙적으로 갓 또는 글로브가 붙은 것.
3. 기구는 전구를 쉽게 갈아 끼울 수 있는 구조일 것.
4. 기구의 인출선은 도체단면적이 0.75 ㎟ 이상일 것.
5. 기구의 부착밴드 및 부착용 부속 금속 부속품류는 아연도금하여 방식 처리한 강판제 또는 스테인리스제이고, 또한 쉽게 부착할 수도 있고 뗄 수도 있는 것일 것.
6. 가로등, 보안등에 LED 등기구를 사용하는 경우에는 KS C 7658(LED 가로등 및 보안등기구의 안전 및 성능요구사항)에 적합한 것을 시설할 것.

234.10.3 배선

1. 배선은 단면적 2.5 ㎟ 이상의 절연전선 또는 이와 동등 이상의 절연성능이 있는 것을 사용하고 다음 공사방법 중에서 시설하여야 한다.
   가. 케이블공사
   나. 합성수지관공사
   다. 금속관공사
2. 배선이 전주에 연한 부분은 1.5 m 이내마다 새들(saddle) 또는 밴드로 지지할 것.

3. 등주 안에서 전선의 접속은 절연 및 방수성능이 있는 방수형 접속재[레진충전식, 실리콘수밀식(젤타입) 또는 자기융착테이프의 이중절연 등]를 사용하거나 방수함 안에서 접속할 것.
4. 사용전압 400 V 이하인 관등회로의 배선에 사용하는 전선은 제1의 규정에 관계없이 케이블을 사용하거나 이와 동등 이상의 절연성능을 가진 전선을 사용할 것.
5. 가로등, 보안등에 LED 등기구를 사용하는 경우 LED 모듈 전원공급용 컨버터에서 LED 등기구를 연결하는 전선은 기구의 인출선과 동등 이상의 굵기와 절연성능이 있을 것.

234.10.4 누전차단기

가로등, 보안등, 조경등 등으로 시설하는 방전등에 공급하는 전로의 사용전압이 150 V를 초과하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

1. 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것)를 각 분기회로에 시설하여야 한다.
2. 전로의 길이는 상시 충전전류에 의한 누설전류로 인하여 누전차단기가 불필요하게 동작하지 않도록 시설할 것.
3. 가로등, 보안등, 조경등 등의 금속제 등주에는 140의 규정에 의한 접지공사를 할 것.

234.10.5 가로등의 원격점검장치

「도로법」제2조제2호에 따른 도로의 부속물 중 가로등의 전기설비는 원격점검장치를 다음과 같이 시설하여야 한다. 다만, 「도로법」제48조에 따른 자동차전용도로의 가로등 시설은 제외한다.

1. 원격점검장치는 KS C 1511-2(저압전기설비 전기안전 모니터링 시스템-제2부: 전기안전모니터링 장치 요구사항)에 적합한 것을 사용하여야 한다.
2. 원격점검장치는 과전류 및 누설전류가 다음과 같이 발생하는 경우 관리자에게 자동으로 경보하여야 한다.
   가. 과전류가 차단기 정격전류의 125% 이상으로 30분 이상 지속적으로 발생하는 경우
   나. 누설전류가 20 mA(저항성 누설전류는 10 mA)를 초과하여 15분 이상 지속적으로 발생하는 경우. 다만, 누설전류 크기는 12개월 이상 측정된 자료에 근거하여 25 mA(저항성 누설전류는 15 mA) 이하로 재설정할 수 있다.
3. 원격점검장치를 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우 235.1에 따른다.
4. 원격점검장치의 전원공급을 위한 배선은 231.3.1에 따라 시설하여야 한다.
5. 원격점검장치의 전원측에는 234.10.4에 따라 누전차단기를 시설하여야 한다.

234.11 1 kV 이하 방전등

234.11.1 적용범위

1. 이 절의 규정은 관등회로의 사용전압이 1 kV 이하인 방전등을 옥내에 시설할 경우에 적용한다.
2. 제1의 방전등을 옥측 또는 옥외에 시설할 경우에도 이 규정에 의한다.
3. 제1의 방전등에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 300 V 이하로 하여야 하며, 다음에 의하여 시설하여야 한다. 다만, 대지전압이 150 V 이하의 것은 적용하지 않는다.
   가. 방전등은 사람이 접촉될 우려가 없도록 시설할 것.
   나. 방전등용 안정기는 옥내배선과 직접 접속하여 시설할 것.

234.11.2 방전등용 안정기

1. 방전등용 안정기는 조명기구에 내장하여야 한다. 다만, 다음에 의할 경우는 조명기구의 외부에 시설할 수 있다.
   가. 안정기를 견고한 내화성의 외함 속에 넣을 때
   나. 노출장소에 시설할 경우는 외함을 가연성의 조영재에서 0.01 m 이상 이격하여 견고하게 부착할 것.
   다. 간접조명을 위한 벽안 및 진열장 안의 은폐장소에는 외함을 가연성의 조영재에서 10 ㎜ 이상 이격하여 견고하게 부착하고 쉽게 점검할 수 있도록 시설할 것.
   라. 은폐장소에 시설(“다”에서 규정한 것은 제외한다)할 경우는 외함을 또 다른 내화성 함속에 넣고 그 함은 가연성의 조영재로부터 10 ㎜ 이상 떼어서 견고하게 부착하고 쉽게 점검할 수 있도록 시설하여야 한다.
2. 방전등용 안정기를 물기 등이 유입될 수 있는 곳에 시설할 경우는 방수형이나 이와 동등한 성능이 있는 것을 사용하여야 한다.

234.11.3 방전등용 변압기

방전등용 변압기는 234.11.2에 따르는 외에 다음에 의하여 시설하여야 한다.

1. 관등회로의 사용전압이 400 V 초과인 경우는 방전등용 변압기를 사용할 것.
2. 방전등용 변압기는 절연변압기를 사용할 것. 다만, 방전관을 떼어냈을 때 1차측 전로를 자동적으로 차단할 수 있도록 시설할 경우에는 그러하지 아니하다.

234.11.4 관등회로의 배선

1. 관등회로의 사용전압이 400 V 이하인 배선은 232.2부터 232.51(232.51.3을 제외한다)까지, 232.3.7, 234.8 및 234.11.5의 규정에 준하여 시설하는 이외의 전선에는 234.3의 규정에 준하거나 공칭단면적 2.5 ㎟ 이상의 연동선과 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 비닐절연전선은 제외한다), 캡타이어케이블 또는 케이블을 사용하여 시설하여야 한다. 다만, 방전관에 네온방전관을 사용하는 것은 제외한다.
2. 관등회로의 사용전압이 400 V 초과이고, 1 kV 이하인 배선은 그 시설장소에 따라

합성수지관공사·금속관공사·가요전선관공사나 케이블공사 또는 표 234.11-1 중 어느 한 방법에 의하여야 한다.

3. 제2의 배선은 다음에 의하여 시설되어야 한다. 다만, 방전관에 네온방전관을 사용하는 것은 제외한다.

가. 애자공사일 경우는 전선에 사람이 쉽게 접촉될 우려가 없도록 표 234.11-2에 의하여 시설하고, 그 밖의 사항은 232.56의 규정에 따를 것.

(1) 전선은 234.3의 규정에 따를 것. 다만, 전개된 장소에 관등회로의 사용전압이 600 V 이하인 경우에는 단면적 2.5 ㎟ 이상의 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 비닐절연전선은 제외한다)을 사용할 수 있다.

표 234.11-1 관등회로의 공사방법

시설장소의 구분		공사방법
전개된 장소	건조한 장소	애자공사·합성수지몰드공사 또는 금속몰드공사
	기타의 장소	애자공사
점검할 수 있는 은폐된 장소	건조한 장소	금속몰드공사

표 234.11-2 애자공사의 시설

공사 방법	전선 상호 간의 거리	전선과 조영재 의 거리	전선 지지점간의 거리	
			관등회로의 전압이 400 V 초과 600 V 이하의 것.	관등회로의 전압이 600 V 초과 1 kV 이하의 것.
애자공사	60 ㎜ 이상	25 ㎜ 이상 (습기가 많은 장소는 45 ㎜ 이상)	2 m 이하	1 m 이하

나. 합성수지몰드공사에 의한 관등회로의 배선은 232.21(232.21.1의 1은 제외한다) 및 제3의 "가" (1)의 규정에 준하여 시설할 것.

다. 합성수지관공사에 의한 관등회로의 배선은 232.11(232.11.1의 1 및 232.11.3.4는 제외한다) 및 제3의 "가" (1)의 규정에 준하여 시설하고 또한 합성수지관을 금속제의 풀박스 또는 232.11.2의 1의 "가" 단서의 규정에 준하는 분진방폭형 가요성

부속에 접속하여 사용하는 경우에는 풀박스 또는 분진방폭형 가요성 부속에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

라. 금속관공사에 의한 관등회로의 배선은 232.12(232.12.1의 1 및 232.12.3.4는 제외한다) 및 제3의 "가" (1)에 준하여 시설하고 또한 금속관에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 관의 길이가 4 m 이하인 것을 건조한 곳에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 접지공사를 하지 아니하여도 된다.

마. 금속몰드공사에 의한 관등회로의 배선은 232.22(232.22.1의 1 및 232.22.3.2는 제외한다) 및 제3의 "가" (1)의 규정에 준하여 시설하고 또한 금속몰드에는 211과 140의 규정에 준하는 접지공사를 할 것. 다만, 몰드의 길이가 4 m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 접지공사를 하지 아니하여도 된다.

바. 가요전선관공사에 의한 관등회로의 배선은 232.13(232.13.1의 1 및 232.13.3의 4와 5는 제외한다) 및 제3의 "가" (1)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 1종 금속제 가요전선관에는 공칭단면적 2.5 ㎟의 나연동선을 전체의 길이에 걸쳐서 삽입 또는 첨가하여 그 나연동선과 1종 금속제 가요전선관을 양쪽 끝에서 전기적으로 완전하게 접속할 것. 다만, 관의 길이가 4 m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 가요전선관에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 관의 길이가 4 m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

사. 케이블공사에 의한 관등회로의 배선은 232.51(232.51.1의 4 및 232.51.3은 제외한다)의 규정에 준하여 시설하고 또한 관 기타의 전선을 넣는 방호장치의 금속제 부분·금속제의 전선 접속함 및 전선의 피복으로 사용하는 금속체에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 길이가 4 m 이하인 방호장치의 금속제 부분 또는 길이가 4 m 이하인 전선을 건조한 곳에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그 금속제 부분 또는 그 전선의 피복으로 사용하는 금속체에는 접지공사를 하지 아니하여도 된다.

234.11.5 진열장 또는 이와 유사한 것의 내부 관등회로 배선

진열장 안의 관등회로의 배선을 외부로부터 보기 쉬운 곳의 조영재에 접촉하여 시설하는 경우에는 다음에 의하여야 한다.

1. 전선의 사용은 234.3을 따를 것.
2. 전선에는 방전등용 안정기의 연결선 또는 방전등용 소켓 연결선과의 접속점 이외에는 접속점을 만들지 말 것.

3. 전선의 접속점은 조영재에서 이격하여 시설할 것.
4. 전선은 건조한 목재 · 석재 등 기타 이와 유사한 절연성이 있는 조영재에 그 피복을 손상하지 아니하도록 기구로 붙일 것.
5. 전선의 부착점간의 거리는 1 m 이하로 하고 배선에는 전구 또는 기구의 중량을 지지하지 않도록 할 것.

234.11.6 에스컬레이터 내의 관등회로(管燈回路)의 배선

1. 건조한 장소에 시설하는 에스컬레이터 내의 관등회로의 배선(점검할 수 있는 은폐장소에 시설하는 것에 한한다)을 압출 튜브에 넣어 시설하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 전선은 234.3에 따라 형광등전선을 사용하고 또한 전선마다 각각 별개의 압출 튜브에 넣을 것.
   나. 압출 튜브는 KS C IEC 60684-3-100(플렉시블 절연 슬리빙-제3부 : 슬리빙의 개별 형태에 대한 사양-제100~105절 : 압출 염화비닐 슬리빙) “4 시험조건”에 의하여 시험하였을 때에 “5 제품품질”에 적합할 것.
   다. 전선에는 방전등용 안정기의 출구선 또는 방전등용 소켓의 출구선과의 접속점 이외의 접속점을 만들지 말 것.
   라. 전선과 접속하는 금속제의 조영재에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

234.11.7 배선과 다른 배선의 간격

관등회로의 배선이 다른 배선, 약전류전선, 광섬유케이블, 수관, 가스관 또는 이와 유사한 것과 접근하거나 또는 교차할 경우는 직접 접촉되지 않도록 시설하여야 한다. 다만, 관등회로가 애자공사일 경우는 232.3.7의 규정에 따라 시설하여야 한다.

234.11.8 옥측 또는 옥외의 시설

옥측 또는 옥외에 시설하는 방전등은 옥외형의 것을 사용하여야 한다.

234.11.9 접지

1. 방전등용 안정기의 외함 및 등기구의 금속제부분에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.
2. 상기의 접지공사는 다음에 해당될 경우는 생략할 수 있다.
   가. 관등회로의 사용전압이 대지전압 150 V 이하의 것을 건조한 장소에서 시공할 경우
   나. 관등회로의 사용전압이 400 V 이하의 것을 사람이 쉽게 접촉될 우려가 없는 건조한 장소에서 시설할 경우로 그 안정기의 외함 및 등기구의 금속제부분이 금속제의 조영재와 전기적으로 접속되지 않도록 시설할 경우
   다. 관등회로의 사용전압이 400 V 이하 또는 변압기의 정격 2차 단락전류 혹은 회로의 동작전류가 50 mA 이하의 것으로 안정기를 외함에 넣고, 이것을 등기구와 전기적으로 접속되지 않도록 시설할 경우
   라. 건조한 장소에 시설하는 목제의 진열장속에 안정기의 외함 및 이것과 전기적으로

접속하는 금속제부분을 사람이 쉽게 접촉되지 않도록 시설할 경우

234.12 네온방전등

234.12.1 적용범위

1. 이 규정은 네온방전등을 옥내, 옥측 또는 옥외에 시설할 경우에 적용한다.
2. 네온방전등에 공급하는 전로의 대지전압은 300 V 이하로 하여야 하며, 다음에 의하여 시설하여야 한다. 다만, 네온방전등에 공급하는 전로의 대지전압이 150 V 이하인 경우는 적용하지 않는다.
   가. 네온관은 사람이 접촉될 우려가 없도록 시설할 것.
   나. 네온변압기는 옥내배선과 직접 접촉하여 시설할 것.

234.12.2 네온변압기

네온변압기는 다음에 의하는 외에 사람이 쉽게 접촉될 우려가 없는 장소에 위험하지 않도록 시설하여야 한다.

1. 네온변압기는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받은 것.
2. 네온변압기는 2차측을 직렬 또는 병렬로 접속하여 사용하지 말 것. 다만, 조광장치 부착과 같이 특수한 용도에 사용되는 것은 적용하지 않는다.
3. 네온변압기를 옥측 또는 옥외에 시설할 경우는 옥외형의 것을 사용할 것.

234.12.3 관등회로의 배선

1. 관등회로의 배선은 애자공사로 다음에 따라서 시설하여야 한다.
   가. 전선은 네온관용 전선을 사용할 것.
   나. 배선은 외상을 받을 우려가 없고 사람이 접촉될 우려가 없는 노출장소에 시설할 것.
   다. 전선은 자기 또는 유리제 등의 애자로 견고하게 지지하여 조영재의 아랫면 또는 옆면에 부착하고 또한 다음과 같이 시설할 것. 다만, 전선을 노출장소에 시설할 경우로 공사 여건상 부득이한 경우는 조영재의 윗면에 부착할 수 있다.
      (1) 전선 상호간의 간격은 60 ㎜ 이상일 것.
      (2) 전선과 조영재 간격은 노출장소에서 표 234.12-1에 따를 것.

표 234.12-1 전선과 조영재의 간격

전압 구분	간 격
6 kV 이하	20 ㎜ 이상
6 kV 초과 9 kV 이하	30 ㎜ 이상
9 kV 초과	40 ㎜ 이상

      (3) 전선지지점간의 거리는 1 m 이하로 할 것.

(4) 애자는 절연성 · 난연성 및 내수성이 있는 것일 것.

2. 관등회로의 배선 중 방전관의 관극 사이를 접속하는 부분, 방전관 붙임틀 안에 시설하는 부분 또는 조영재에 따라 시설하는 부분(방전관에서 길이가 2 m 이하의 부분에 한한다)을 다음에 따라 시설할 경우는 제1("다" (2)를 제외한다)의 규정을 적용하지 않아도 된다.
   가. 전선은 두께 1 ㎜ 이상의 유리관 속에 넣을 것. 다만, 전선의 길이가 0.1 m 이하인 경우는 적용하지 않는다.
   나. 유리관의 지지점간 거리는 0.5 m 이하일 것.
   다. 유리관의 지지점 중 관의 끝에 가까운 것은 관의 끝에서 0.08 m 이상, 0.12 m 이하의 부분에 설치할 것.
   라. 유리관은 조영재에 견고하게 부착할 것.
3. 염분 피해로 인하여 애자 등이 오손될 우려가 많은 장소에 설치하는 관등회로의 배선은 애자, 애관을 접지된 금속판에 부착하는 등 가연재에 누설전류가 흐르는 일이 없도록 시설하여야 한다.

234.12.4 배선과 그 밖의 다른 배선과의 간격

관등회로의 배선이 다른 배선 · 약전류전선 · 광섬유케이블, 수도관, 가스관 또는 이와 유사한 것과 접근하거나 교차되는 경우는 232.3.7의 규정에 따라 시설하여야 한다.

234.12.5 접지

네온변압기의 외함, 네온변압기를 넣는 금속함 및 관등을 지지(支持)하는 금속제프레임 등은 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 한다.

234.14 수중조명등

234.14.1 사용전압

수영장 기타 이와 유사한 장소에 사용하는 수중조명등(이하 "수중조명등"이라 한다)에 전기를 공급하기 위하서는 절연변압기를 사용하고, 그 사용전압은 다음에 의하여야 한다.

1. 절연변압기의 1차측 전로의 사용전압은 400 V 이하일 것.
2. 절연변압기의 2차측 전로의 사용전압은 150 V 이하일 것.

234.14.2 전원장치

수중조명등에 전기를 공급하기 위한 절연변압기는 다음에 적합한 것이어야 한다.

1. 절연변압기의 2차 측 전로는 접지하지 말 것.
2. 절연변압기는 교류 5 kV의 시험전압으로 하나의 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 사이에 계속적으로 1분간 가하여 절연내력을 시험할 경우, 이에 견디는 것이어야 한다.

234.14.3 2차측 배선 및 이동전선

수중조명등의 절연변압기의 2차측 배선 및 이동전선은 다음에 의하여 시설하여야 한다.

1. 절연변압기의 2차측 배선은 금속관공사에 의하여 시설할 것.
2. 수중조명등에 전기를 공급하기 위하여 사용하는 이동전선은 다음에 의하여 시설하여야 한다.
   가. 접속점이 없는 단면적 2.5 ㎟ 이상의 0.6/1 ㎸ EP 고무절연 클로로프렌 캡타이어 케이블 일 것.
   나. 이동전선은 유영자가 접촉될 우려가 없도록 시설할 것. 또한 외상을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우는 금속관에 넣는 등 외상 보호장치를 할 것.
   다. 이동전선과 배선과의 접속은 꽂음 접속기를 사용하고 물이 스며들지 않고 또한 물이 고이지 않는 구조의 금속제 외함에 넣어 수중 또는 이에 준하는 장소 이외의 곳에 시설할 것.
   라. 수중조명등의 용기, 각종방호장치와 금속제 부분, 금속제 외함 및 배선에 사용하는 금속관과 접지도체와의 접속에 사용하는 꽂음 접속기의 1극은 전기적으로 서로 완전하게 접속할 것.

234.14.4 수중조명등의 시설

1. 수중조명등은 234.14.9에서 규정하는 용기에 넣고 또한 이것을 손상 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우는 방호장치를 시설하여야 한다.
2. 수중 또는 물과 접촉해 있는 상태로 사용하는 등기구는 KS C IEC 60598-2-18(등기구 제2-18부 : 수영장용 및 이와 유사한 등기구-개별요구사항)에 적합하여야 한다.
3. 내수창의 후면에 설치하고 비추는 수중조명은 의도적이든 비의도적이든 상관없이 수중조명등의 노출도전부와 창의 도전부와의 사이에 도전성 접속이 발생하지 않도록 시설해야 한다.

234.14.5 개폐기 및 과전류차단기

수중조명등의 절연변압기의 2차측 전로에는 개폐기 및 과전류차단기를 각 극에 시설하여야 한다.

234.14.6 접지

1. 수중조명등의 절연변압기는 그 2차측 전로의 사용전압이 30 V 이하인 경우는 1차권선과 2차권선 사이에 금속제의 혼촉방지판을 설치하고, 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.
2. 234.14.5 및 234.14.7에서 규정하는 장치는 견고한 금속제의 외함에 넣고, 또한 그 외함에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.
3. 234.14.4에서 규정하는 용기 및 방호장치의 금속제부분에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다. 이 경우에 234.14.3에서 규정하는 이동전선 심선의 하나를 보호도체로 사용하고, 보호도체와의 접속은 234.14.3의 2의 “다” 에서 규정한 꽂음 접속기의 1극을 사용하여야 한다.

234.14.7 누전차단기

수중조명등의 절연변압기의 2차측 전로의 사용전압이 30 V를 초과하는 경우에는 그 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 정격감도전류 30 mA 이하의 누전차단기를 시설하여야 한다.

234.14.8 사람 출입의 우려가 없는 수중조명등의 시설

1. 조명등에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 150 V 이하일 것.
2. 조명등에 전기를 공급하기 위한 이동전선은 다음에 의하여 시설할 것.
   가. 케이블은 KS C IEC 60245(정격전압 450/750 V 이하 고무 절연케이블) 시리즈에 따라 형식 66 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 것을 사용해야 한다.
   나. 전선에는 접속점이 없을 것.
3. 수중조명등의 용기는 234.14.9(1에서의 빛을 쬐는 용도의 창이 전구의 유리부분이 외부로 노출된 것은 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.
4. 수중조명등에 사용하는 용기의 금속제 부분에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

234.14.9 수중조명등의 용기

수중조명등의 용기는 다음에 적합한 것이어야 한다.

1. 빛을 쬐는 용도의 창으로는 유리 또는 렌즈, 기타의 부분은 녹이 잘 슬지 아니하는 금속 또는 카드뮴도금, 아연도금, 도장 등으로 녹방지를 한 금속으로 견고하게 제작한 것일 것.
2. 내부에 접지용 단자를 설치할 것. 이 경우에 접지단자의 나사는 그 지름이 4 ㎜ 이상의 것이어야 한다.
3. 수중조명등의 나사접속기 및 소켓(형광등용 소켓은 제외한다)은 자기제(磁器製)일 것.
4. 완성품은 도전부분 이외의 부분과의 사이에 2 kV의 교류전압을 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것일 것.
5. 완성품은 최대적용 전등 와트 수의 전구를 끼워 정격최대수심이 0.15 m를 초과하는 것은 그 정격최대수심 이상, 정격최대수심이 0.15 m 이하 것은 0.15 m 이상 깊이의 수중에 넣어 해당 전등의 정격전압에 상당하는 전압으로 30분간 전기를 공급하고, 다음에 30분간 전기의 공급을 중단하는 조작을 6회 반복할 때 용기 내에 물이 스며드는 등 이상이 없는 것일 것.
6. 최대적용 전등의 와트 수 및 정격최대수심의 표시를 보기 쉬운 곳에 표시한 것.

234.15 교통신호등

234.15.1 사용전압

교통신호등 제어장치의 2차측 배선의 최대사용전압은 300 V 이하이어야 한다.

234.15.2 2차측 배선

교통신호등의 2차측 배선(인하선을 제외한다)은 다음에 의하여 시설하여야 한다.

1. 제어장치의 2차측 배선 중 케이블로 시설하는 경우에는 222.4 및 223의 지중전선로 규정에 따라 시설할 것.
2. 전선은 케이블인 경우 이외에는 공칭단면적 2.5 ㎟ 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선 또는 450/750 V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선일 것.
3. 제어장치의 2차측 배선 중 전선(케이블은 제외한다)을 조가선으로 조가하여 시설하는 경우에는 다음에 의할 것.
   가. 조가선은 인장강도 3.7 kN 이상의 금속선 또는 지름 4 mm 이상의 아연도철선을 2가닥 이상 꼰 금속선을 사용할 것.
   나. "가"에서 규정하는 전선을 매다는 금속선에는 지지점 또는 이에 근접하는 곳에 애자를 삽입할 것.

234.15.3 가공전선의 지표상 높이 등

1. 234.15.2에서 규정하는 가공전선의 지표상 높이는 222.7에 따른다.
2. 교통신호등 회로의 배선이 건조물 · 도로 · 횡단보도교 · 철도 · 궤도 · 삭도 · 가공 약전류전선 등 · 안테나 · 가공전선 및 전차선 또는 다른 교통신호등 회로의 배선과 접근하거나 교차하는 경우에는 222.11 내지 222.16의 저압 가공전선의 규정에 준하여 시설하고, 이외의 시설물과 접근하거나 교차하는 경우에는 교통신호등 회로의 배선과 이들 사이의 간격은 0.6 m(교통신호등 회로의 배선이 케이블인 경우에는 0.3 m 이상이어야 한다.

234.15.4 교통신호등의 인하선

교통신호등의 전구에 접속하는 인하선은 234.15.2의 2 및 222.19의 규정에 준하는 이외에는 다음에 의하여 시설하여야 한다.

1. 전선의 지표상의 높이는 2.5 m 이상일 것. 다만, 전선을 232.12에 규정에 준하는 금속관공사 또는 232.51(232.51.3을 제외한다)의 규정에 준하는 케이블공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 전선을 애자공사에 의하여 시설하는 경우에는 전선을 적당한 간격마다 묶을 것.

234.15.5 개폐기 및 과전류차단기

1. 교통신호등의 제어장치 전원 측에는 전용 개폐기 및 과전류차단기를 각 극에 시설하여야 한다.
2. 제1의 개폐기 및 과전류차단기는 212.6에 따라 시설하여야 한다.

234.15.6 누전차단기

교통신호등 회로의 사용전압이 150 V를 넘는 경우는 전로에 지락이 생겼을 경우 자동적으로 전로를 차단하는 누전차단기를 시설할 것.

234.15.7 접지

교통신호등의 제어장치의 금속제외함 및 신호등을 지지하는 철주에는 211과 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

234.15.8 조명기구

LED를 광원으로 사용하는 교통신호등의 설치는 KS C 7528(LED 교통신호등)에 적합할 것.

234.15.9 교통신호등의 원격점검장치

교통신호등의 전기설비는 원격점검장치를 234.10.5의 규정에 따라 시설하여야 한다.

235 옥측·옥외설비

235.1 옥측 또는 옥외에 배·분전반 및 배선기구 등의 시설

1. 옥측 또는 옥외에 시설하는 배분전반은 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 232.84의 규정을 준용할 것.
   나. 배분전반 안에 물이 스며들어 고이지 아니하도록 한 구조일 것.
   다. 배분전반은 KS C 8324(2007)(가로등용 분전함)의 “7.10 외부분진에 대한 보호”, “7.11 방수성”, “7.12 방청처리”에 적합할 것.
2. 옥외에 시설하는 배선기구 및 전기사용기계기구는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 전기기계기구 안의 배선 중 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있거나 손상을 받을 우려가 있는 부분은 232.12의 규정에 준하는 금속관공사 또는 232.51(232.51.3을 제외한다)의 규정에 준하는 케이블공사(전선을 금속제의 관 기타의 방호 장치에 넣는 경우에 한한다)에 의하여 시설할 것.
   나. 전기기계기구에 시설하는 개폐기·접속기·점멸기 기타의 기구는 손상을 받을 우려가 있는 경우에는 이에 견고한 방호장치를 하고, 물기 등이 유입될 수 있는 곳에서는 방수형이나 이와 동등한 성능이 있는 것을 사용할 것.
   다. 「물환경보전법」에서 정하는 바닥분수 등 물놀이형 수경시설에 설치되는 전기설비는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 인체감전보호용 누전차단기(정격감도전류 15㎃ 이하, 동작시간 0.03초 이하의 전류동작형에 한한다) 또는 절연변압기(정격용량 3 kVA 이하인 것에 한한다)로 보호된 전로에 접속하여야 한다.
3. 옥측 및 옥외에 시설하는 저압의 전기간판에 전기를 공급하는 전로에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

235.2 옥측 또는 옥외에 전열장치의 시설

1. 옥측 또는 옥외에 시설하는 발열체는 구조상 그 내부에 안전하게 시설하거나 다음 중 어느 하나에 따라 시설하여야 한다.
   가. 241.12(241.12.3을 제외한다), 241.11 또는 241.5의 규정에 의하여 시설할 것.
   나. 선로변환장치(線路變換裝置) 등의 적설 또는 빙결을 방지하기 위하여 철도의 전용부지 안에 시설할 것.
   다. 발전용 댐, 수로 등의 옥외 시설의 적설 또는 빙결을 방지하기 위하여 댐, 수로 등의 유지 운용에 종사하는 사람 이외의 사람이 쉽게 출입할 수 없는 장소에 시설할 것.
2. 옥측 또는 옥외에 시설하는 전열 장치에 접속하는 전선은 열로 인하여 전선의 피복이 손상되지 아니하도록 시설하여야 한다.

235.3 옥측 또는 옥외의 먼지가 많은 장소 등의 시설

1. 242.2부터 242.4까지의 규정은 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압 또는 고압의 전기설비(관등회로의 사용전압이 400 V 초과인 방전등을 제외한다)에 준용한다.
2. 특고압 옥측 전기설비 및 특고압 옥외 전기설비는 241.9.3의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 242.2부터 242.4까지 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

235.4 옥측 또는 옥외에 시설하는 접촉전선의 시설

1. 저압 접촉전선을 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 애자공사, 버스덕트공사 또는 절연트롤리공사에 의하여 시설하여야 한다.
2. 저압 접촉전선을 애자공사에 의하여 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에는 제3에 규정하는 경우 및 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 232.81의 2(“바” 및 “사”를 제외한다)의 규정에 준하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 전선 상호 간의 간격은 전선을 수평으로 배열하는 경우에는 0.14 m 이상, 기타의 경우에는 0.2 m 이상일 것. 다만, 다음 중 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
      (1) 전선 상호 간 및 집전장치의 충전부분과 극성이 다른 전선 사이에 견고한 절연성이 있는 격벽을 설치하는 경우
      (2) 전선을 표 232.81-1에서 정한 값 이하의 간격으로 지지하고 또한 동요하지 아니하도록 시설하는 이외에 전선 상호 간의 간격을 60 ㎜(비나 이슬에 맞는 장소에 시설하는 경우에는 0.12 m) 이상으로 하는 경우
   나. 전선과 조영재 사이의 간격 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영재 사이의 간격은 45 ㎜ 이상일 것. 다만, 전선 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영재 사이에 견고한 절연성이 있는 격벽을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 저압 접촉전선을 애자공사에 의하여 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에 덕트안 그 밖의 은폐된 장소에 시설할 때에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 232.81의 3의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 그 은폐된 장소는 점검할 수 있고 또한 물이 고이지 아니하도록 시설한 것이어야 한다.
4. 저압 접촉전선을 버스덕트공사에 의하여 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 232.81의 4의 규정에 준하는 이외에 버스덕트 안에 빗물이 들어가지 아니하도록 시설하여야 한다. 이 경우에 버스덕트 안 기타의 은폐된 장소에 시설하는 때에는 그 은폐된 장소는 점검할 수 있고 또한 물이 고이지 아니하도록 시설한 것이어야 한다.
5. 저압 접촉전선을 절연트롤리공사에 의하여 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 232.81의 6의 규정에 준하는 이외에 절연 트롤리

선에 물이 스며들어 고이지 아니하도록 시설하여야 한다. 이 경우에 절연 트롤리선을 덕트안 기타 은폐된 장소에 시설할 때는 점검할 수 있고 또한 물이 고이지 아니하도록 시설한 것이어야 한다.

6. 옥측 또는 옥외에서 사용하는 기계기구에 시설하는 저압 접촉전선은 232.81의 7(“나”의 단서를 제외한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
7. 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압 접촉전선에 전기를 공급하기 위한 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 시설하여야 한다. 이 경우에 개폐기는 저압 접촉전선에 가까운 곳에 쉽게 개폐할 수 있도록 시설하고, 과전류 차단기는 각 극(다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다.
8. 232.81의 8 및 232.81의 10부터 12까지의 규정은 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압 접촉전선에, 342.3의 규정은 옥측 또는 옥외에 시설하는 고압 접촉전선에 준용한다.
9. 특고압 접촉전선(전차선을 제외한다)은 옥측 또는 옥외에 시설하여서는 아니 된다.

235.5 옥측 또는 옥외의 방전등 공사

1. 옥측 또는 옥외에 시설하는 관등회로의 사용전압이 1 kV 이하인 방전등으로서 네온 방전관 이외의 것을 사용하는 것은 234.11의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
2. 옥측 또는 옥외에 시설하는 관등회로의 사용전압이 1 kV를 초과하는 방전등으로서 방전관에 네온 방전관 이외의 것을 사용하는 것은 331.13.1, 334.1부터 334.7까지, 335.6, 335.7, 211.7.1에 따라 시설하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 방전등에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 저압 또는 고압일 것.
   나. 관등회로의 사용전압은 고압일 것.
   다. 방전등용 변압기는 다음에 적합한 절연 변압기일 것.
      (1) 금속제의 외함에 넣고 또한 이에 공칭단면적 6.0 ㎟의 도체를 붙일 수 있는 황동제의 접지용 단자를 설치한 것일 것.
      (2) (1)의 금속제의 외함에 철심은 전기적으로 완전히 접속한 것일 것.
      (3) 권선 상호 간 및 권선과 대지 사이에 최대 사용전압의 1.5배의 교류전압(500 V 미만일 때에는 500 V)을 연속하여 10분간 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.
   라. 방전관은 금속제의 견고한 기구에 넣고 또한 다음에 의하여 시설할 것.
      (1) 기구는 지표상 4.5 m 이상의 높이에 시설할 것.
      (2) 기구와 기타 시설물(가공전선을 제외한다) 또는 식물 사이의 간격은 0.6 m 이상일 것.
   마. 방전등에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것.
   바. 방전등에는 방수장치를 한 옥외형의 것을 사용할 것.
3. 옥측 또는 옥외에 시설하는 관등회로의 사용전압이 1 kV를 초과하는 방전등으로서

방전관에 네온 방전관을 사용하는 것은 234.12의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

4. 가로등, 보안등, 조경등 등으로 시설하는 방전등에 공급하는 전로의 사용전압이 150 V를 초과하는 경우에는 제1부터 제3까지의 규정에 준하는 외에 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치(「전기용품 및 생활용품 안전 관리법」의 적용을 받는 것)를 각 분기회로에 시설하여야 한다.
   나. 전로의 길이는 상시 충전전류에 의한 누설전류로 인하여 누전차단기가 불필요하게 동작하지 않도록 시설할 것.
   다. 사용전압 400 V 이하인 관등회로의 배선에 사용하는 전선은 제1의 규정에 관계없이 케이블을 사용하거나 이와 동등 이상의 절연성능을 가진 전선을 사용할 것.
   라. 가로등주, 보안등주, 조경등 등의 등주 안에서 전선의 접속은 절연 및 방수성능이 있는 방수형 접속재[레진충전식, 실리콘 수밀식(젤타입) 또는 자기융착테이프와 비닐절연테이프의 이중절연 등]을 사용하거나 방수함 안에서 접속할 것.
   마. 가로등, 보안등, 조경등 등의 금속제 등주에는 211 및 140의 규정에 의한 접지공사를 할 것.
   바. 보안등의 개폐기 설치 위치는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 개폐 가능한 곳에 시설할 것.
   사. 가로등, 보안등에 LED 등기구를 사용하는 경우에는 KS C 7658(LED 가로등 및 보안등기구)에 적합한 것을 시설할 것.
5. 옥측 또는 옥외에 시설하는 관등회로의 사용전압이 400 V 초과인 방전등은 242.2부터 242.5까지에 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

235.6 옥측배선 또는 옥외배선의 시설

1. 저압의 옥측배선 또는 옥외배선(241.1, 234.15 및 241.13에서 규정하는 것을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)은 231.3.1, 212.6.4, 234.6, 232.5, 및 241.14.3의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
   가. 저압의 옥측배선 또는 옥외배선은 합성수지관공사 · 금속관공사 · 금속제 가요전선관공사 · 케이블트레이공사 · 케이블공사 또는 표 235.6-1에서 정한 시설장소 및 사용전압의 구분에 따른 공사에 의하여 시설할 것.

표 235.6-1 시설장소 및 사용전압의 구분에 따른 공사방법

사용전압의 구분 / 시설장소의 구분	400 V 이하인 것	400 V 초과인 것
노출 장소	애자공사 또는 버스덕트공사	애자공사 또는 버스덕트공사
점검할 수 있는 은폐된 장소	애자공사 또는 버스덕트공사	버스덕트공사

나. 버스덕트는 KS C IEC 60529(2013)에 의한 보호등급 IPX4 이상일 것.

2. 저압의 옥측배선 · 약전류 전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 232.3.7의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

235.7 옥측 또는 옥외에 시설하는 전력량계 등의 시설

옥측 또는 옥외 전력량계와 이를 수납하는 계기함은 232.86에 준하여 시설하여야 한다.

(240 특수설비)

241 특수 시설

241.1 전기울타리

241.1.1 시설제한

전기울타리는 목장·논밭 등 옥외에서 가축의 탈출 또는 야생짐승의 침입을 방지하기 위하여 시설하는 경우를 제외하고는 시설해서는 안 된다.

241.1.2 사용전압

전기울타리용 전원장치에 전원을 공급하는 전로의 사용전압은 250 V 이하이어야 한다.

241.1.3 전기울타리의 시설

전기울타리는 다음에 의하고 또한 견고하게 시설하여야 한다.

1. 전기울타리는 사람이 쉽게 출입하지 아니하는 곳에 시설할 것.
2. 전선은 인장강도 1.38 kN 이상의 것 또는 지름 2 ㎜ 이상의 경동선일 것.
3. 전선과 이를 지지하는 기둥 사이의 간격은 25 ㎜ 이상일 것.
4. 전선과 다른 시설물(가공 전선을 제외한다) 또는 수목과의 간격은 0.3 m 이상일 것.
5. 제1에서 제4까지 이외의 전기울타리의 설치와 전선연결에 대한 지침은 KS C IEC 60335-2-76(가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성－제2-76부 : 전기 울타리의 개별 요구사항)의 “부속서 BB(규정)” 를 따를 것(다만, 전기 보안울타리와 관련한 사항은 적용하지 아니하다).

241.1.4 현장조작개폐기

전기울타리에 전기를 공급하는 전로에는 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 전용 개폐기를 시설하여야 한다.

241.1.5 전파장해방지

전기울타리용 전원장치 중 충격 전류가 반복하여 생기는 것은 그 장치 및 이에 접속하는 전로에서 생기는 전파 또는 고주파 전류가 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장해를 줄 우려가 있는 곳에는 시설해서는 안 된다.

241.1.6 위험표시

1. 사람이 전기울타리 전선에 접근 가능한 모든 곳에 사람이 보기 쉽도록 KS C IEC 60335-2-76(가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성 － 제2-76부 : 전기 울타리의 개별 요구사항)의 “부속서 BB(규정)” 에 따라 간격을 띄워 경고표시 그림 또는 글자로 위험표시를 하여야 한다.
2. 위험표시판은 다음과 같이 시설하여야 한다.
   가. 크기는 100 ㎜ × 200 ㎜ 이상일 것.
   나. 경고판 양쪽면의 배경색은 노란색일 것.

다. 경고판 위에 있는 글자색은 검은색이어야 하고, 글자는 “감전주의: 전기울타리” 일 것.
라. 글자는 지워지지 않아야 하고 경고판 양쪽에 새겨져야 하며, 크기는 25 ㎜ 이상일 것.

241.1.7 접지

1. 전기울타리 전원장치의 외함 및 변압기의 철심은 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.
2. 전기울타리의 접지전극과 다른 접지 계통의 접지전극의 거리는 2 m 이상이어야 한다. 다만, 접지계통 간 접지망을 가진 경우에는 그러하지 아니 한다.
3. 가공전선로의 아래를 통과하는 전기울타리의 금속부분은 교차지점의 양쪽으로부터 5 m 이상의 간격을 두고 접지하여야 한다.

241.1.8 전기울타리용 전원장치

전기울타리에 전기를 공급하는 전기울타리용 전원장치는 KS C IEC 60335-2-76(가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성－제2-76부 : 전기 울타리의 개별 요구사항)에 적합한 것을 사용하여야 한다.

241.2 전기욕기

241.2.1 전원장치

1. 전기욕기에 전기를 공급하기 위한 전기욕기용 전원장치(내장되는 전원 변압기의 2차측 전로의 사용전압이 10 V 이하의 것에 한한다)는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 의한 안전기준에 적합하여야 한다.
2. 전기욕기용 전원장치는 욕실 이외의 건조한 곳으로서 취급자 이외의 자가 쉽게 접촉하지 아니하는 곳에 시설하여야 한다.

241.2.2 2차측 배선

전기욕기용 전원장치로부터 욕기안의 전극까지의 배선은 공칭단면적 2.5 ㎟ 이상의 연동선과 이와 동등이상의 세기 및 굵기의 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)이나 케이블 또는 공칭단면적이 1.5 ㎟ 이상의 캡타이어케이블을 합성수지관공사, 금속관공사 또는 케이블공사에 의하여 시설하거나 또는 공칭단면적이 1.5 ㎟ 이상의 캡타이어 코드를 합성수지관(두께가 2 ㎜ 미만의 합성수지제 전선관 및 난연성이 없는 콤바인 덕트관을 제외한다) 이나 금속관에 넣고 관을 조영재에 견고하게 고정하여야 한다. 다만, 전기욕기용 전원장치로부터 욕기에 이르는 배선을 건조하고 전개된 장소에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

241.2.3 욕기내의 시설

전기욕기의 전극은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 욕기내의 전극간의 거리는 1 m 이상일 것.
나. 욕기내의 전극은 사람이 쉽게 접촉될 우려가 없도록 시설할 것.

241.2.4 접지

전기욕기용 전원장치의 금속제 외함 및 전선을 넣는 금속관에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

241.2.5 절연저항

전기욕기용 전원장치로부터 욕기안의 전극까지의 전선 상호 간 및 전선과 대지 사이의 절연저항은 132에 따른다.

241.3 은(銀)이온(ion) 살균장치

241.3.1 전원장치

1. 은 이온 살균장치에 전기를 공급하기 위해서는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 적합한 전기욕기용 전원장치를 사용할 것.
2. 은 이온 살균장치에 전기를 공급하기 위하여 사용하는 전기욕기용 전원장치는 욕실 이외의 건조한 장소로서 취급자 이외의 사람이 쉽게 접촉하지 아니하는 장소에 시설할 것.

241.3.2 2차측 배선

전기욕기용 전원장치로부터 욕조내의 이온 발생기까지의 배선은 공칭단면적이 1.5 ㎟ 이상의 캡타이어 코드 또는 이와 동등 이상의 절연성능 및 세기를 갖는 것을 사용하고 합성수지관(두께가 2 ㎜ 미만의 합성수지제 전선관 및 난연성이 없는 콤바인 덕트관을 제외한다) 또는 금속관내에 넣고 관을 조영재에 견고하게 고정하여야 한다.

241.3.3 이온 발생기

이온 발생기가 설치된 욕조내의 전극은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다.

241.3.4 접지

전기욕기용 전원장치의 금속제 외함 및 전선을 넣는 금속관에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

241.3.5 절연저항

전기욕기용 전원장치로부터 욕기내의 전극까지의 전선 상호 간 및 전선과 대지 사이의 절연저항은 132에 따른다.

241.4 전극식 온천온수기(溫泉昇溫器)

241.4.1 사용전압

수관을 통하여 공급되는 온천수의 온도를 올려서 수관을 통하여 욕탕에 공급하는 전극식 온천온수기의 사용전압은 400 V 이하이어야 한다.

241.4.2 전원장치

전극식 온천온수기 또는 이에 부속하는 급수 펌프에 직결되는 전동기에 전기를 공급

하기 위해서는 사용전압이 400 V 이하인 절연변압기를 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 절연변압기 2차측 전로에는 전극식 온천온수기 및 이에 부속하는 급수펌프에 직결하는 전동기 이외의 전기사용 기계기구를 접속하지 아니할 것.

나. 절연변압기는 교류 2 kV의 시험전압을 하나의 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 사이에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

241.4.3 전극식 온천온수기의 시설

전극식 온천온수기의 시설은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전극식 온천온수기의 온천수 유입구 및 유출구에는 차폐장치를 설치할 것. 이 경우 차폐 장치와 전극식 온천온수기 및 차폐장치와 욕탕 사이의 거리는 각각 수관에 따라 0.5 m 이상 및 1.5 m 이상이어야 한다.

나. 전극식 온천온수기에 접속하는 수관 중 전극식 온천온수기와 차폐장치 사이 및 차폐장치에서 수관에 따라 1.5 m까지의 부분은 절연성 및 내수성이 있는 견고한 것일 것. 이 경우 그 부분에는 수도꼭지 등을 시설해서는 안 된다.

다. 전극식 온천온수기에 부속하는 급수 펌프는 전극식 온천온수기와 차폐장치 사이에 시설하고 또한 그 급수 펌프 및 이에 직결하는 전동기는 사람이 쉽게 접촉될 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 그 급수 펌프에 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 경우에는 그러하지 아니하다.

라. 전극식 온천온수기 및 차폐장치의 외함은 절연성 및 내수성이 있는 견고한 것일 것.

241.4.4 개폐기 및 과전류차단기

전극식 온천온수기 전원장치의 절연변압기 1차측 전로에는 개폐기 및 과전류차단기를 각 극(과전류차단기는 다선식의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다.

241.4.5 접지

전극식 온천온수기 전원장치의 절연변압기 철심 및 금속제 외함과 차폐장치의 전극에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다. 이 경우에 차폐장치 접지공사의 접지극은 수도관로를 접지극으로 사용하는 경우 이외에는 다른 접지공사의 접지극과 공용해서는 안 된다.

241.5 전기온상 등

전기온상 등(식물의 재배 또는 양잠・부화・육추 등의 용도로 사용하는 전열장치를 말하며 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것을 제외한다)은 241.12.1 또는 241.12.3의 규정에 준하여 시설하는 경우 이외에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

241.5.1 사용전압

전기온상에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 300 V 이하일 것.

241.5.2 발열선(發熱線)의 시설

1. 전기온상의 발열선의 시설은 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 발열선 및 발열선에 직접 접속하는 전선은 전기온상선(電氣溫床線) 일 것.

나. 발열선은 그 온도가 80 ℃를 넘지 않도록 시설 할 것.

다. 발열선 및 발열선에 직접 접속하는 전선은 손상을 받을 우려가 있는 경우에는 방호장치를 할 것.

라. 발열선은 다른 전기설비·약전류전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것에 전기적·자기적 또는 열적인 장해를 주지 않도록 시설할 것.

마. 발열선 혹은 발열선에 직접 접속하는 전선의 피복에 사용하는 금속체 또는 방호장치의 금속제 부분에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

바. 전기온상 등에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류차단기에서 다선식전로의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다. 다만, 전기온상 등에 과전류 차단기를 시설하고 또한 전기온상 등에 부속하는 이동전선과 옥내배선·옥측배선 또는 옥외배선을 꽂음접속기 기타 이와 유사한 기구를 사용하여 접속하는 경우는 그러하지 아니하다.

2. 발열선을 공중에 시설하는 전기온상 등은 제1의 규정에 의하는 이외에 다음의 어느 하나에 따라 시설하여야 한다.

가. 발열선을 애자로 지지하고 또한 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 발열선은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설비된 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 발열선은 노출장소에 시설할 것. 다만, 목재 또는 금속제의 견고한 구조의 함(이하 여기에서 "함"이라 한다)에 시설하고 또한 그 금속제 부분에 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 경우는 그러하지 아니하다.

(3) 발열선 상호 간의 간격은 0.03 m(함 내에 시설하는 경우는 0.02 m) 이상일 것. 다만, 발열선을 함 내에 시설하는 경우로서 발열선 상호 간의 사이에 0.4 m 이하마다 절연성·난연성 및 내수성이 있는 격벽을 설치하는 경우는 그 간격을 0.015 m까지 감할 수 있다.

(4) 발열선과 조영재 사이의 간격은 0.025 m 이상으로 할 것.

(5) 발열선을 함 내에 시설하는 경우는 발열선과 함의 구성재(構成材) 사이의 간격을 0.01 m 이상으로 할 것.

(6) 발열선의 지지점 간의 거리는 1 m 이하일 것. 다만, 발열선 상호 간의 간격이 0.06 m 이상인 경우에는 2 m 이하로 할 수 있다.

(7) 애자는 절연성·난연성 및 내수성이 있는 것일 것.

나. 발열선을 금속관에 넣고 또한 232.12.2(1의 "나" (1)을 제외한다) 및 232.12.3(5를 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.

3. 발열선을 콘크리트 속에 시설하는 전기온상 등은 241.5.2의 1의 규정에 의하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 발열선을 합성수지관 또는 금속관에 넣고 232.11.2 및 232.11.3(5를 제외한다) 또는 232.12.2(1의 “나” (2)를 제외한다) 및 232.12.3(4의 “가” 및 5를 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.

나. 발열선에 전기를 공급하는 전로에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하거나 경보하는 장치를 시설할 것.

4. 제2 및 제3에서 규정하는 전기온상 등 이외의 것은 제1의 규정에 의하는 외에 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 발열선 상호는 접촉되지 않도록 시설할 것.

나. 발열선을 시설하는 곳에는 발열선이 시설되어 있다는 표시를 할 것.

다. 발열선에 전기를 공급하는 전로에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 대지전압이 150 V 이하의 발열선을 지중에 시설하는 경우로서 발열선을 시설한 곳에 취급자 이외의 자가 들어가지 못하도록 주위에 울타리를 설치할 때에는 그러하지 아니하다.

241.6 엑스선 발생장치

241.6.1 엑스선 발생장치의 종류

엑스선 발생장치는 다음의 2종류로 한다.

가. 제1종 엑스선 발생장치

취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설비한 장소 및 바닥에서의 높이가 2.5 m을 초과하는 장소에 시설하는 부분 이외에는 노출된 충전부분이 없고 또한 엑스선관에 절연성 피복을 하고 이것을 금속체로 둘러싼 엑스선 발생장치

나. 제2종 엑스선 발생장치

제1종 엑스선 발생장치 이외의 엑스선 발생장치

241.6.2 제1종 엑스선 발생장치의 시설

제1종 엑스선 발생장치의 시설은 다음에 의하여야 한다.

가. 엑스선관 회로의 배선(엑스선관 도선을 제외한다. 이하 같다)은 “나” 에서 정하는 표준에 적합한 엑스선용 케이블을 사용하는 경우 이외에는 다음에 의하여 시설할 것. 다만, 상호 간에 절연성의 격벽을 견고히 붙이거나 전선을 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣었을 경우에는 (2) 및 (3)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

(1) 전선의 바닥에서의 높이는 엑스선관의 최대 사용전압(파고치로 표시한다. 이하 같다)이 100 kV 이하인 경우에는 2.5 m 이상, 100 kV를 초과하는 경우에는 2.5 m에 초과분 10 kV 또는 그 단수마다 0.02 m를 더한 값 이상일 것. 다만, 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설비한 장소에 시설하는 것은 그러하지 아니하다.

(2) 전선과 조영재간의 간격은 엑스선관의 최대 사용전압이 100 kV 이하인 경우에는 0.3 m 이상, 100 kV를 초과하는 경우에는 0.3 m에 초과분 10 kV 또는 그 단수마다 0.02 m를 더한 값 이상일 것.

(3) 전선 상호 간의 간격은 엑스선관의 최대 사용전압이 100 kV 이하인 경우에는 0.45 m 이상, 100 kV를 초과하는 경우에는 0.45 m에 초과분 10 kV 또는 그 단수마다 0.03 m를 더한 값 이상일 것.

나. "가" 의 엑스선용케이블의 표준은 다음에 적합할 것.

(1) 구조는 KS C 3612(엑스선용 고전압 케이블)의 "5 재료 · 구조 및 가공방법" 에 적합한 것일 것.

(2) 완성품은 KS C 3612(엑스선용 고전압 케이블)의 "4 특성" 에 적합한 것일 것.

다. 엑스선관 회로의 배선이 저압 옥내전선 · 고압 옥내전선 · 관등회로의 배선 · 약전류전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 상호 간의 간격은 "가" (3)의 규정에 준할 것. 다만, 배선에 "가" 에 규정하는 엑스선용 케이블을 사용하는 경우 또는 상호 간에 절연성의 격벽을 견고하게 붙이거나 배선을 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣어 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

라. 엑스선관 도선은 금속 피복을 한 케이블을 사용하고 또한 엑스선관 및 엑스선 회로의 배선과의 접속을 완전하게 할 것.

마. 엑스선관용 변압기 및 음극 가열용 변압기의 1차측 회로에는 쉽게 전로를 개폐할 수 있도록 개폐기를 시설할 것.

바. 하나의 특고압 전기 발생장치로 2개 이상의 엑스선관을 사용하는 경우에는 분기점(分岐點)에 가까운 곳에 각각 개폐기를 시설할 것.

사. 특고압 전선로에 장치하는 콘덴서는 잔류전하를 방전하는 장치를 시설할 것.

아. 엑스선 발생장치의 다음 부분은 이를 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

(1) 변압기 및 콘덴서의 금속제 외함(대지에서 절연하여 사용하는 것은 제외한다)

(2) 엑스선관 도선에 사용하는 케이블의 금속피복

(3) 엑스선관을 둘러싸는 금속체

(4) 배선 및 엑스선관을 지지하는 금속체

자. 엑스선 발생장치의 특고압 전로는 그 최대 사용전압의 1.05배의 시험전압을 엑스선관의 단자간에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험한 때에 이에 견디는 것일 것.

241.6.3 제2종 엑스선 발생장치의 시설

제2종 엑스선 발생장치는 241.6.2("다" 는 제외한다)의 규정에 따라 시설하는 이외에 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 변압기 및 특고압의 전기로 충전하는 기타의 기구(엑스선관을 제외한다)는 사람이

쉽게 접촉될 우려가 없도록 그 주위에 울타리의 설치 또는 함에 넣는 등 방호장치를 할 것. 다만, 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설비한 장소에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 엑스선관 및 엑스선관 도선은 사람이 접촉될 우려가 없도록 방호장치를 하여 위험이 없도록 할 것. 다만, 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설비한 장소에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

다. 엑스선관 도선은 금속 피복을 한 케이블을 사용하고 엑스선관 및 엑스선회로의 배선과의 접속을 완전하게 할 것. 다만, 엑스선관을 인체와 0.2 m 이내로 근접하여 사용하는 경우 이외에는 가요성(可撓性)을 가지는 단면적 1.5 ㎟ 이상의 연동연선(軟銅撚線)을 사용할 수 있다.

라. 엑스선관 도선의 노출된 충전부분과 조영재, 엑스선관을 지지하는 금속체 및 침대의 금속제 부분과의 간격은 엑스선관의 최대 사용전압이 100 kV 이하인 경우에는 0.15 m 이상, 100 kV를 초과하는 경우에는 0.15 m에 초과분 10 kV 또는 그 단수마다 0.02 m를 더한 값 이상일 것. 다만, 상호 간에 절연성의 격벽을 견고하게 붙인 경우에는 그러하지 아니하다.

마. 엑스선관 도선이 연동연선인 경우는 엑스선관의 이동 등에 의하여 전선이 늘어지지 않도록 감아주는 장치(와인더 등)를 할 것.

바. 연동연선을 사용하는 엑스선관도선의 노출된 충전부에 1 m 이내로 접근하는 금속체는 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

사. 엑스선관은 인체에 0.2 m 이내로 접근하여 사용하는 경우는 그 엑스선관에 절연성 피복을 하고 이것을 금속체로 둘러쌀 것.

241.6.4 엑스선 발생장치의 시설제한

엑스선 발생장치는 242.2부터 242.5까지 규정하는 곳에 시설해서는 안 된다.

241.7 전격살충기

241.7.1 전격살충기의 시설

전격살충기는 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 전격살충기는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것일 것.

나. 전격살충기의 전격격자(電擊格子)는 지표 또는 바닥에서 3.5 m 이상의 높은 곳에 시설할 것. 다만, 2차측 개방 전압이 7 kV 이하의 절연변압기를 사용하고 또한 보호격자의 내부에 사람의 손이 들어갔을 경우 또는 보호격자에 사람이 접촉될 경우 절연변압기의 1차측 전로를 자동적으로 차단하는 보호장치를 시설한 것은 지표 또는 바닥에서 1.8 m 까지 감할 수 있다.

다. 전격살충기의 전격격자와 다른 시설물(가공전선은 제외한다) 또는 식물과의 간격은 0.3 m 이상일 것.

241.7.2 전파장해방지

전격살충기는 그 장치 및 이에 접속하는 전로에서 발생하는 전파 또는 고주파전류가 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장해를 줄 우려가 있는 장소에 시설해서는 안 된다.

241.7.3 개폐기(開閉器)

전격살충기에 전기를 공급하는 전로는 전용의 개폐기를 전격살충기에 가까운 장소에서 쉽게 개폐할 수 있도록 시설하여야 한다.

241.7.4 위험표시

전격살충기를 시설한 장소는 위험표시를 하여야 한다.

241.8 놀이용 전차

241.8.1 사용전압

놀이용 전차(유원지・유희장 등의 구내에서 놀이용으로 시설하는 것을 말한다)에 전기를 공급하기 위하여 사용하는 변압기의 1차 전압은 400V 이하이어야 한다.

241.8.2 전원장치

놀이용 전차에 전기를 공급하는 전원장치는 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 전원장치의 2차측 단자의 최대사용전압은 직류의 경우 60 V 이하, 교류의 경우 40 V 이하일 것.

나. 전원장치의 변압기는 절연변압기일 것.

241.8.3 2차측 배선

놀이용 전차의 전원장치에 있어서 2차측 회로의 배선은 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 접촉전선은 제3레일 방식에 의하여 시설할 것.

나. 변압기・정류기 등과 레일 및 접촉전선을 접속하는 전선 및 접촉전선 상호간을 접속하는 전선은 케이블공사에 의하여 시설하는 경우 이외에는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.

다. 귀선용 레일은 용접(이음판의 용접을 포함한다)에 의하는 경우 이외에는 본드로 전기적으로 완전하게 접속할 것.

241.8.4 전차내 전로의 시설

1. 놀이용 전차의 전차내의 전로는 취급자 이외의 사람이 쉽게 접촉될 우려가 없도록 시설하여야 한다.
2. 놀이용 전차의 전차 내에서 승압하여 사용하는 경우는 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 변압기는 절연변압기를 사용하고 2차 전압은 150 V 이하로 할 것.

나. 변압기는 견고한 함 내에 넣을 것.

다. 전차의 금속제 구조부는 레일과 전기적으로 완전하게 접촉되게 할 것.

241.8.5 개폐기

놀이용 전차에 전기를 공급하는 전로에는 전용의 개폐기를 시설하여야 한다.

241.8.6 전로의 절연

1. 놀이용 전차에 전기를 공급하는 접촉전선과 대지 사이의 절연저항은 사용전압에 대한 누설전류가 레일의 단위길이 1 km마다 100 mA를 넘지 않도록 유지하여야 한다.
2. 놀이용 전차안의 전로와 대지 사이의 절연저항은 사용전압에 대한 누설전류가 규정전류의 5,000분의 1을 넘지 않도록 유지하여야 한다.

241.9 전기 집진장치(電氣 集塵裝置) 등

241.9.1 전기집진 응용장치 및 전원공급 설비의 시설

1. 사용전압이 특고압의 전기집진장치·정전도장장치(靜電塗裝裝置)·전기탈수장치·전기선별장치 기타의 전기집진 응용장치(특고압의 전기로 충전하는 부분이 장치의 외함 밖으로 나오지 아니하는 것을 제외한다. 이하 "전기집진 응용장치" 라 한다) 및 이에 특고압의 전기를 공급하기 위한 전기설비는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 전기집진 응용장치에 전기를 공급하기 위한 변압기의 1차측 전로에는 그 변압기에 가까운 곳으로 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 개폐기를 시설할 것.
   나. 전기집진 응용장치에 전기를 공급하기 위한 변압기·정류기 및 이에 부속하는 특고압의 전기설비 및 전기집진 응용장치는 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설비한 곳에 시설할 것. 다만, 충전부분에 사람이 접촉한 경우에 사람에게 위험을 줄 우려가 없는 전기집진 응용장치는 그러하지 아니하다.
   다. 잔류전하(殘留電荷)에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 있는 경우에는 변압기의 2차측 전로에 잔류전하를 방전하기 위한 장치를 할 것.
   라. 135의 규정은 제1의 "가" 에서 규정하는 변압기에 관하여 준용할 것.
2. 전기집진 응용장치 및 이에 특고압의 전기를 공급하기 위한 전기설비는 옥측 또는 옥외에 시설해서는 안 된다. 다만, 사용전압이 특고압의 전기집진장치 및 이에 전기를 공급하기 위한 정류기로부터 전기집진장치에 이르는 전선을 다음에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 전기집진장치는 그 충전부에 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
   나. 정류기로부터 전기집진장치에 이르는 전선은 다음에 의하여 시설할 것.
      (1) 옥측에 시설하는 것은 241.9.2(단서를 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.
      (2) 옥외에서 지중에 시설하는 것은 334.1 및 334.4, 지상에 시설하는 것은 335.5, 전선로 전용의 다리에 시설하는 것은 335.7(1을 제외한다)의 규정에 따라 시설할 것.

241.9.2 2차측 배선

변압기로부터 정류기에 이르는 전선 및 정류기로부터 전기집진 응용장치에 이르는 전선은 다음에 의하여 시설하여야 한다. 다만, 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설비한 장소에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 전선은 케이블을 사용하여야 한다.

나. 케이블은 손상을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 방호장치를 하여야 한다.

다. 이동전선은 충전부분에 사람이 접촉할 경우에 사람에게 위험을 줄 우려가 없는 전기집진 응용장치에 부속하는 이동전선 이외에는 시설하지 말아야 한다.

241.9.3 특수장소의 시설

정전도장장치 및 이에 특고압의 전기를 공급하기 위한 배선을 242.3에서 규정하는 장소에 시설하는 경우에는 가스 등에 착화될 우려가 있는 불꽃 또는 아크를 발생하거나 또는 가스 등에 접촉되는 부분의 온도가 가스 등의 발화점 이상으로 상승할 우려가 없도록 시설하여야 한다.

241.9.4 접지

전기집진 응용장치의 금속제 외함, 케이블을 넣은 방호장치의 금속제 부분 및 방식케이블 이외의 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

241.10 아크 용접기

이동형의 용접 전극을 사용하는 아크 용접장치는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 용접변압기는 절연변압기일 것.

나. 용접변압기의 1차측 전로의 대지전압은 300 V 이하일 것.

다. 용접변압기의 1차측 전로에는 용접 변압기에 가까운 곳에 쉽게 개폐할 수 있는 개폐기를 시설할 것.

라. 용접변압기의 2차측 전로 중 용접변압기로부터 용접전극에 이르는 부분 및 용접변압기로부터 피용접재에 이르는 부분(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)은 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 전선은 용접용 케이블이고 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것, KS C IEC 60245-6(정격전압 450/750 V 이하 고무 절연 케이블-제6부 : 아크용접용 케이블)의 용접용 케이블에 적합한 것 또는 캡타이어케이블(용접변압기로부터 용접전극에 이르는 전로는 0.6/1 ㎸ EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블에 한한다)일 것. 다만, 용접 변압기로부터 피용접재에 이르는 전로에 전기적으로 완전하고 또한 견고하게 접속된 철골 등을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 전로는 용접 시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것일 것.

(3) 중량물이 압력 또는 현저한 기계적 충격을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 전선에는 방호장치를 할 것.

마. 용접기 외함 및 피용접재 또는 이와 전기적으로 접속되는 받침대 · 정반 등의 금속체는 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

241.11 파이프라인 등의 전열장치

241.11.1 사용전압

1. 파이프라인 등(도관 및 기타의 시설물에 의하여 액체를 수송하는 시설의 총체를 말한다. 이하 같다)의 전열장치 중 전류를 직접 흘려서 파이프라인 등 자체를 발열체로 하는 장치(이하 "직접 가열장치"라 한다)를 시설하는 경우 발열체에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 교류(주파수가 60 ㎐인 것에 한한다)의 저압이어야 한다.
2. 파이프라인 등의 전열장치 중 파이프라인 등에 소구경관을 설치하여 이것을 발열체로 하거나 <삭제> 소구경관 내부에 발열선을 설치하는 장치(이하 "표피전류 가열장치"라 한다)를 시설하는 경우 이에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 교류(주파수가 60 ㎐의 것에 한한다)의 저압 또는 고압이어야 한다.
3. 파이프라인 등의 전열장치 중 발열선(發熱線)을 파이프라인 등 자체에 고정하여 시설하는 경우(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 수도 동결방지기를 제외한다. 이하 같다) 발열선에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 400 V 이하로 하여야 한다.

241.11.2 전원장치의 시설

1. 직접 가열장치에 전기를 공급하기 위해 전용의 절연변압기(1차측이 고압 이상일 때는 혼촉방지판이 설치된 것)를 사용하고 또한 그 변압기의 부하측 전로는 접지해서는 안 된다.
2. 표피전류 가열장치에 전기를 공급하기 위해 전용의 절연변압기를 사용하고 또한 그 변압기부터 발열선에 이르는 전로는 접지해서는 안 된다. 다만, 발열선과 소구경관을 전기적으로 접속하지 아니하는 것은 그러하지 아니하다.

241.11.3 발열선 등의 시설

1. 직접 가열장치에 있어서 발열체의 시설은 다음에 의하여야 한다.

가. 발열체가 되는 파이프라인 등은 다음에 적합한 것일 것.

(1) 도체 부분의 재료는 표 241.11-1 중 어느 하나에 의할 것.

표 241.11-1 발열체의 종류

규 격	명 칭
KS D 3507	배관용 탄소 강관
KS D 3562	압력 배관용 탄소 강관
KS D 3583	배관용 아크 용접 탄소강 강관
KS D 3576	배관용 스테인리스 강관

(2) 절연체[(3)의 것은 제외한다]의 두께는 0.5 ㎜ 이상이어야 하며, 재료는 표 241.11-2 중 어느 하나에 적합할 것.

표 241.11-2 발열체용 절연물의 종류

규 격	명 칭
KS C IEC 60394-2	전기용 바니시 처리된 직물류 — 제2부: 시험방법
KS C 2344	전기용 폴리에스테르 필름
KS C 2347	전기절연용 폴리에스테르 점착테이프
KS C IEC 60811-1-1	전기케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통시험방법-제1부: 시험방법 총칙-제1절: 두께 및 완성품 바깥지름 측정－기계적인 특성 시험의 “9. 절연체 및 시스의 기계적 특성시험” 에 적합한 폴리에틸렌 혼합물

(3) 발열체 상호 간의 프렌지 접합부 및 발열체와 벤트관 드레인관 등의 부속물과의 접속부분에 삽입하는 절연체는 두께 1 ㎜ 이상의 것으로 기계적강도가 있는 것을 사용하고, 또한 표 241.11-3 중 어느 하나일 것.

표 241.11-3 발열체의 단말프렌지 등의 절연체의 종류

규 격	명 칭
KS M 3337 (열 경화성 수지 적층판)	유리섬유 천 기재 규소 수지 적층판 유리섬유 천 기재 에폭시 수지 적층판 유리섬유 매트 기재 폴리에스테르 수지 적층판

(4) 완성품은 KS C IEC 60800(정격전압 300/500 V 이하 보온 및 결빙 방지용 발열케이블)의 “8.2.2.2 절연내력 시험” 에 적합할 것.

나. 발열체는 그 온도가 피 가열 액체의 발화 온도의 80%를 넘지 아니하도록 시설할 것.

다. 발열체 상호 간의 접속은 용접 또는 프렌지 접합에 의할 것.

라. 발열체에는 슈를 직접 붙이지 아니할 것.

마. 발열체 상호 간의 프렌지 접합부 및 발열체와 통기관·드레인관 등의 부속물과의 접속부분에는 발열체가 발생하는 열에 견디는 절연물을 삽입할 것.

2. 표피전류 가열장치에 있어서 발열선 및 소구경관의 시설은 다음에 의하여야 한다.

가. 발열선은 241.12.4의 "라" 의 규정에 적합한 것일 것.

나. 소구경관은 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 소구경관은 KS D 3507(배관용 탄소강관)에 적합한 것일 것.

(2) 소구경관에 부속하는 박스는 강판으로 견고하게 제작한 것일 것.

(3) 소구경관 상호 간 및 소구경관과 박스의 접속은 용접에 의할 것.

(4) 소구경관을 파이프라인 등에 따라 시설하는 경우에는 납땜 또는 용접에 의하여 발생하는 열을 파이프라인 등에 균일하게 전도되도록 할 것.

다. 발열선은 그 온도가 피 가열 액체의 발화 온도의 80%를 넘지 아니하도록 시설할 것.

3. 파이프라인 등 자체에 발열선을 고정하여 시설하는 경우 발열선의 시설은 다음에 의하여야 한다.

가. 발열선은 241.12.1의 "나"(KS C IEC 60800(정격전압 300/500 V 이하 보온 및 결빙 방지용 발열 케이블)의 '4 기계적인 분류' 에 명시된 기계적 손상 위험이 높은 설치용 케이블(M2)) 및 "다" 의 규정에 적합한 것일 것.

나. 발열선은 그 온도가 80 ℃를 넘지 아니하도록 시설할 것.

241.11.4 발열선 등과 전선의 접속

1. 직접 가열장치에서 발열체와 전선을 접속하는 경우에는 다음에 의하여야 한다.

가. 발열체에는 전선의 절연이 손상되지 아니하도록 단자를 용접하거나 또는 접속 전용기구를 사용할 것.

나. 단자는 발열체에 절연물과 동등 이상의 절연성능이 있는 것으로 피복하고 그 위를 견고하게 비금속제의 보호관으로 방호할 것.

2. 표피전류 가열장치에서 소구경관 또는 발열선에 전선을 접속하는 경우에는 다음에 의하여야 한다.

가. 소구경관 또는 발열선에 직접 접속하는 전선은 발열선과 동등 이상의 절연성능 및 내열성을 가지는 것일 것.

나. 발열선 상호 간 또는 전선과 발열선이나 소구경관(박스를 포함한다)을 접속하는 경우에는 전류에 의한 접속부분의 온도상승이 접속부분 이외의 온도상승보다 높지 아니하도록 하고 또한 다음에 의할 것.

(1) 접속부분은 접속 전용기구를 사용할 것.

(2) 접속부분에는 강판으로 견고하게 제작한 박스를 사용할 것.

(3) 발열선 상호 간 또는 발열선과 전선의 접속부분은 발열선의 절연물과 동등 이상의 절연성능이 있는 것으로 피복할 것.

3. 발열선(發熱線)을 파이프라인 등 자체에 고정하여 시설하는 경우 발열선과 전선의

접속은 다음에 의하여야 한다.

가. 발열선 등에 직접 접속하는 전선은 241.12.1의 <삭제> "다" 의 규정에서 정하는 표준에 적합한 발열선 접속용 케이블 일 것.

나. 발열선 상호 간 또는 발열선과 전선을 접속하는 경우에는 전류에 의한 접속부분의 온도상승이 접속부분 이외의 온도상승보다 높지 아니하도록 하고 또한 다음에 의할 것.

(1) 접속부분에는 접속관 기타의 기구를 사용하거나 납땜을 하고 또한 그 부분을 발열선의 절연물과 동등 이상의 절연성능이 있는 것으로 피복할 것.

(2) 발열선 또는 발열선에 직접 접속하는 전선의 피복에 사용하는 금속체 상호 간을 접속하는 경우에는 그 접속부분의 금속체를 전기적으로 완전히 접속할 것.

241.11.5 전열장치의 시설제한

파이프라인 등에 시설하는 전열장치는 다음에 의하여야 한다.

가. 전열장치는 다른 전기설비・약전류전선・광섬유케이블・다른 파이프라인 또는 가스관이나 이와 유사한 것에 전기적・자기적 또는 열적인 장해를 주지 않도록 시설할 것.

나. 전열장치에는 사람이 접촉할 우려가 없도록 절연물로 피복할 것.

다. 파이프라인 등에는 사람이 보기 쉬운 곳에 전열장치가 시설되어 있음을 표시할 것.

라. 전열장치는 242.2・242.3 및 242.5에 규정하는 장소에 시설하지 말 것.

241.11.6 개폐기 및 과전류 차단기

파이프라인 등에 시설하는 전열장치에 전기를 공급하는 전로는 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기에 있어서는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다.

241.11.7 접지

파이프라인 등의 전열장치에 시설하는 다음의 경우에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

가. 직접 가열장치로 시설하는 발열체의 단열재의 금속제 외피 및 발열체와 절연물을 사이에 둔 금속제 비충전부(非充電部)

나. 표피전류 가열장치에 사용하는 소구경관(박스를 포함한다)

다. 발열선을 파이프라인 등 자체에 고정하여 시설하는 경우의 발열선 또는 연결선의 피복에 사용하는 금속체

241.11.8 누전차단기

파이프라인 등의 전열장치에 전기를 공급하는 전로는 누전차단기를 시설하여야 한다.

241.12 도로 등의 전열장치

241.12.1 도로, 주차장 또는 조영물의 조영재에 고정시켜 시설하는 경우

발열선을 도로(농로 기타 교통이 빈번하지 아니하는 도로 및 횡단보도교를 포함한다. 이하 같다), 주차장 또는 조영물의 조영재에 고정시켜 시설하는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 발열선에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 300 V 이하일 것.

나. 발열선은 무기물 절연케이블 등 KS C IEC 60800(정격전압 300/500 V 이하 보온 및 결빙 방지용 발열 케이블)에 규정된 발열선으로서 기계적 손상 위험이 낮은 설치용 케이블(M1)을 사용하고, 동 표준의 “6 설치지침에 대한 요구사항”에 따라 적용하여야 한다.

다. 발열선(발열선에 직접 접속하는 전선인 Cold Lead 포함)의 구조 및 재료는 KS C IEC 60800(정격전압 300/500 V 이하 보온 및 결빙 방지용 발열 케이블)의 “7 케이블 구조에 대한 일반 요구사항” 및 “8 시험” 중 8.2.2, 8.2.14, 8.2.15에 적합할 것. 다만, KS C IEC 60079-30-1(방폭 전기기계 기구-제30-1부: 전기저항 트레이스 히터-일반 및 시험 요구사항) 및 동등 이상의 기준에 적합한 발열선은 예외로 할 수 있다.

라. 발열선의 도체는 KS C IEC 60228(절연 케이블용 도체)에 적합한 연동선 또는 이를 소선으로 한 연선(절연체에 에틸렌프로필렌고무혼합물·부틸고무혼합물을 사용한 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.

마. 완성품은 KS C IEC 60800(정격전압 300/500 V 이하 보온 및 결빙 방지용 발열 케이블)의 “8.2.2.2 절연내력시험”에 적합할 것.

바. 발열선은 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 콘크리트 기타 견고한 내열성이 있는 것 안에 시설할 것.

사. 발열선은 그 온도가 80 ℃를 넘지 아니하도록 시설할 것. 다만, 도로 또는 옥외주차장에 금속피복을 한 발열선을 시설할 경우에는 발열선의 온도를 120 ℃이하로 할 수 있다.

아. 발열선은 다른 전기설비·약전류전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것에 전기적·자기적 또는 열적인 장해를 주지 아니하도록 시설할 것.

자. 발열선 상호 간 또는 발열선과 전선을 접속할 경우에는 전류에 의한 접속부분의 온도상승이 접속부분 이외의 온도상승보다 높지 아니하도록 하고 또한 다음에 의할 것.

(1) 접속부분에는 접속관 기타의 기구를 사용하거나 또는 납땜을 하고 또한 그 부분을 발열선의 절연물과 동등 이상의 절연성능이 있는 것으로 피복할 것.

(2) 발열선 또는 발열선에 직접 접속하는 전선의 피복에 사용하는 금속체 상호 간을 접속하는 경우에는 그 접속부분의 금속체를 전기적으로 완전히 접속할 것.

차. 발열선 또는 발열선에 직접 접속하는 전선의 피복에 사용하는 금속체에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

카. 발열선에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하고 또한 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.

241.12.2 콘크리트 양생선의 시설

콘크리트의 양생 기간에 콘크리트의 보온을 위하여 발열선을 시설하는 경우에는 241.12.1에 준하여 시설하는 경우 이외에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 발열선에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 300 V 이하일 것.

나. 발열선은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 KS C IEC 60800에서 정한 시험 방법에 적합한 것일 것.

다. 발열선을 콘크리트 속에 매입하여 시설하는 경우 이외에는 발열선 상호 간의 간격을 0.05 m 이상으로 하고 또한 발열선이 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

라. 발열선에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것. 다만, 발열선에 접속하는 이동전선과 옥내배선, 옥측배선 또는 옥외배선을 꽂음 접속기 기타 이와 유사한 기구를 사용하여 접속하는 경우에는 전용 개폐기의 시설을 하지 아니하여도 된다.

241.12.3 전열 보드 또는 전열 시트의 시설

전열 보드 또는 전열 시트를 조영물의 조영재에 고정시켜 시설하는 경우에는 241.12.1의 “아” 및 “카” 에 준하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전열 보드 또는 전열 시트에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 300 V 이하일 것.

나. 전열 보드 또는 전열 시트는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것일 것.

다. 전열 보드의 금속제 외함 또는 전열 시트의 금속 피복에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

241.12.4 표피전류 가열장치의 시설

도로 또는 옥외 주차장에 표피전류 가열장치를 시설하는 경우에는 241.12.1의 “아” 및 “카” 에 준하는 이외에 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 발열선에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 교류(주파수가 60 ㎐의 것에 한한다) 300 V 이하일 것.

나. 발열선과 소구경관은 전기적으로 접속하지 아니할 것.

다. 소구경관은 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 소구경관은 KS D 3507(배관용 탄소강관)에 규정하는 “배관용 탄소강관” 에 적합한 것일 것.

(2) 소구경관은 그 온도가 120 ℃를 넘지 아니하도록 시설할 것.

(3) 소구경관에 부속하는 박스는 강판으로 견고하게 제작한 것일 것.

(4) 소구경관 상호 간 및 소구경관과 박스의 접속은 용접에 의할 것.

라. 발열선은 다음에 정하는 표준에 적합한 것으로서 그 온도가 120 ℃를 넘지 아니하도록 시설할 것.

(1) 발열체는 KS C IEC 60228(절연 케이블용 도체) 또는 적합한 연동선 또는 이를 소선으로 한 연선(절연체에 에틸렌프로필렌고무혼합물 또는 규소고무혼합물을 사용한 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것, 불소수지 혼합물을 사용한 것은 니켈이나 은 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.

(2) 절연체와 외장은 다음에 적합한 것일 것.

(가) 절연체 재료는 내열비닐혼합물·가교폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렐프로필렌고무혼합물을 사용한 경우는 내열비닐혼합물·가교폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렌프로필렌고무혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1(전기케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통시험방법－제1부 : 시험방법 총칙－제1절 : 두께 및 완성품 외경 측정－기계적인 특성 시험)의 “9 절연체 및 시스의 기계적 특성 시험”에 규정하는 시험을 하였을 때 이에 적합한 것일 것.

(나) 외장의 재료는 절연체에 내열비닐혼합물·가교폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렌프로필렌고무혼합물을 사용한 경우는 내열비닐혼합물·가교폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렌프로필렌고무혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1(전기케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통시험방법－제1부 : 시험방법 총칙－제1절 : 두께 및 완성품 외경 측정－기계적인 특성 시험)의 “9 절연체 및 시스의 기계적 특성 시험”에 적합한 것일 것. 또한 절연체에 규소 고무혼합물 또는 불소수지 혼합물을 사용한 경우는 내열성이 있는 것으로 조밀하게 편조한 것 또는 이와 동등 이상의 내열성 및 세기를 가지는 것일 것.

(3) 완성품은 사용전압이 600 V를 초과하는 것은 접지한 금속평판 위에 케이블을 2 m 이상 밀착시켜 도체와 접지 판 사이에 표 241.12-1에서 정한 시험전압까지 서서히 전압을 가하여 코로나 방전량을 측정하였을 때 방전량이 30 pC 이하일 것.

표 241.12-1 표피전류 가열장치 발연선의 코로나 방전량 시험전압

사용전압의 구분	시험전압
600 V 초과 1.5 kV 이하	1.5 kV
1.5 kV 초과 3.5 kV 이하	3.5 kV

마. 표피전류 가열장치는 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 콘크리트 기타 견고하고 내열성이 있는 것 안에 시설할 것.

바. 발열선에 직접 접속하는 전선은 발열선과 동등 이상의 절연성능 및 내열성을 가지는 것일 것.

사. 발열선 상호 간 또는 발열선과 전선을 접속하는 경우에는 전류에 의한 접속부분

의 온도상승이 접속부분 이외의 온도상승보다 높지 아니하도록 하고 또한 다음에 의할 것.

(1) 접속부분은 접속 전용기구를 사용할 것.

(2) 접속은 강판으로 견고하게 제작된 박스 안에서 할 것.

(3) 접속부분은 발열선의 절연물과 동등 이상의 절연성능을 가지는 것으로 피복할 것.

아. 소구경관(박스를 포함한다)에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

241.13 비행장 등화(燈火)배선

1. 비행장의 구내로서 비행장 관계자 이외의 사람이 출입할 수 없는 장소에 비행장 등화(야간 또는 계기 비행 기상상태 하에서 항공기의 이륙 또는 착륙을 돕기 위한 등화시설을 말하며 항공장애등(航空障碍燈)은 제외한다. 이하 같다)에 접속하는 지중의 저압 또는 고압의 배선은 334(334.3은 제외한다)의 지중전선로 규정에 따라 시설하여야 한다. 다만, 다음 어느 하나에 따라 시설하는 경우는 334.1 및 334.2의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

가. 직접 매설에 의하여 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 없는 장소에 저압 또는 고압 배선을 다음에 의하여 시설하는 경우

(1) 전선은 클로로프렌외장케이블일 것.

(2) 전선의 매설장소를 표시하는 표시를 할 것.

(3) 매설깊이는 항공기 이동지역에서 0.5 m, 그 밖의 지역에서 0.75 m 이상으로 할 것.

나. 활주로·유도로 기타 포장된 노면에 만든 배선통로에 저압 배선을 다음에 의하여 시설하는 경우

(1) 전선은 공칭단면적 4 ㎟ 이상의 연동선을 사용한 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선 또는 450/750 V 내열성 에틸렌아세테이트 고무절연전선일 것.

(2) 전선에는 다음에 적합한 보호 피복을 할 것.

(가) 재료는 폴리아미드로서 KS M ISO 1874-2[플라스틱-폴리아미드(PA) 성형 및 압출 재료-제2부 : 시험편 제작 및 물성 측정]의 “5 물성의 측정” 시험을 하였을 때 융점이 210 ℃ 이상의 것일 것.

(나) 두께는 0.2 ㎜ 이상의 것일 것.

(다) 보호피복을 한 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선에 대하여 KS C 3006(에나멜 동선 및 에나멜 알루미늄선 시험방법)의 “10 내마모” 시험방법에 의하여 추의 질량을 1.5 ㎏으로 하고 보호피복이 닳아 절연체가 노출할 때까지 시험을 하였을 때 그 평균 회수가 300회 이상일 것.

(3) 배선통로는 전선이 손상을 받을 우려가 없도록 견고하게 내열성이 있는 것으로 채울 것.

2. 비행장 등화용 직렬회로(비행장에서 사용하는 정전류 조정기 2차측 회로 및 등화용 변압기를 포함한다)는 표 241.13-1에 정한 시험전압을 도체와 대지 간에 연속하여 5분간 가하였을 때 이에 견디고 또한 케이블 도체 간 및 도체와 대지 간에 측정한 절연저항이 50 MΩ 이상일 것.

표 241.13-1 비행장 등화용 직렬회로의 절연내력 시험전압

종류	시험 전압	
	최초 시험	정기 시험
진입등 전체 (5 kV 1차 연결선이 있는 변압기)	직류 9 kV	직류 5 kV
접지대등 및 중심선등 회로 (5 kV 1차 연결선이 있는 변압기)	직류 9 kV	직류 5 kV
고광도 활주로등 회로 (5 kV 1차 연결선이 있는 변압기)	직류 9 kV	직류 5 kV
중광도 활주로등 및 유도로등 및 회로 (5 kV 1차 연결선이 있는 변압기)	직류 6 kV	직류 3 kV
600V 회로	직류 1.8 kV	직류 600 V
5 kV 정격 케이블	직류 10 kV	직류 10 kV
5 kV 초과 전력 케이블	(정격전압×2)+1 kV	(정격전압×2)+1 kV

241.14 소세력 회로(小勢力回路)

전자 개폐기의 조작회로 또는 초인벨·경보벨 등에 접속하는 전로로서 최대 사용전압이 60 V 이하인 것(최대사용전류가, 최대 사용전압이 15 V이하인 것은 5 A 이하, 최대 사용전압이 15 V를 초과하고 30 V 이하인 것은 3 A 이하, 최대 사용전압이 30 V를 초과하는 것은 1.5 A 이하인 것에 한한다)(이하 “소세력 회로” 라 한다)은 다음에 따라 시설하여야 한다.

241.14.1 사용전압

소세력 회로에 전기를 공급하기 위한 절연변압기의 사용전압은 대지전압 300 V 이하로 하여야 한다.

241.14.2 전원장치

1. 소세력 회로에 전기를 공급하기 위한 변압기는 절연변압기 이어야 한다.
2. 제1의 절연변압기의 2차 단락전류는 소세력 회로의 최대사용전압에 따라 표

241.14-1에서 정한 값 이하의 것일 것. 다만, 그 변압기의 2차측 전로에 표 241.14-1에서 정한 값 이하의 과전류 차단기를 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

표 241.14-1 절연변압기의 2차 단락전류 및 과전류차단기의 정격전류

소세력 회로의 최대 사용전압의 구분	2차 단락전류	과전류 차단기의 정격전류
15 V 이하	8 A	5 A
15 V 초과 30 V 이하	5 A	3 A
30 V 초과 60 V 이하	3 A	1.5 A

241.14.3 소세력 회로의 배선

1. 소세력 회로의 전선을 조영재에 붙여 시설하는 경우에는 다음에 의하여 시설하여야 한다.
   가. 전선은 케이블(통신용 케이블을 포함한다)인 경우 이외에는 공칭단면적 1 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것일 것.
   나. 전선은 코드·캡타이어케이블 또는 케이블일 것. 다만, 절연전선이나 통신용 케이블로서 241.14.4의 규정에 적합한 것을 사용하는 경우 또는 건조한 조영재에 시설하는 최대사용전압이 30 V 이하의 소세력 회로의 전선에 피복선을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   다. 전선이 손상을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 방호장치를 할 것.
   라. 전선을 금속망 또는 금속판을 사용한 목조 조영재에 시설하는 경우에는 전선을 방호장치에 넣어 시설하는 경우 및 전선에 캡타이어케이블 또는 케이블(통신용 케이블을 포함한다)을 사용하는 경우 이외에는 다음과 같이 시설한다.
      (1) 전선이 금속망 또는 금속판을 사용한 목조 조영재에 붙여 시설하는 경우에는 절연성·난연성 및 내수성이 있는 애자로 지지하고 조영재 사이의 간격을 6 ㎜ 이상으로 할 것.
      (2) 전선이 금속망 또는 금속판을 사용한 목재 조영재를 관통하는 경우에는 221.2의 3의 “가” 및 “나” 에 따라 시설할 것.
   마. 전선을 금속망 또는 금속판을 사용한 목조 조영물에 시설하는 경우에는 전선을 금속제의 방호장치에 넣어 시설하는 경우 또는 전선이 금속피복으로 되어 있는 케이블인 경우에 해당할 때에는 다음과 같이 시설한다.
      (1) 목조 조영물의 금속망 또는 금속판과 다음의 것과는 전기적으로 접속하지 아니하도록 시설할 것.
         (가) 전선을 넣는 금속제의 방호장치 등에 사용하는 금속제 부분
         (나) 케이블공사에 사용하는 관 기타의 방호 장치의 금속제 부분 또는 금속제의

전선 접속함

(다) 케이블의 피복에 사용하는 금속제

(2) 전선을 금속망 또는 금속판을 사용한 목재 조영재를 관통하는 경우에는 그 부분의 금속망 또는 금속판을 절개(切開)하고 금속제 방호장치 및 금속피복 케이블에 내구성이 있는 절연관을 끼우거나 내구성이 있는 절연테이프를 감아서 금속망 또는 금속관과 전기적으로 접속하지 아니하도록 시설할 것.

바. 전선은 금속제의 수관·가스관 또는 이와 유사한 것과 접촉되지 않도록 시설할 것.

2. 소세력 회로의 전선을 지중에 시설하는 경우는 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 전선은 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선, 캡타이어케이블(외장이 천연고무혼합물의 것은 제외한다) 또는 케이블을 사용할 것. 다만, 241.14.4의 2에서 규정하는 통신용 케이블(외장이 금속 클로로프렌·비닐 또는 폴리에틸렌의 것에 한한다)을 사용하는 경우에는 그러하지 아니한다.

나. 전선을 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 견고한 관·트로프 기타의 방호장치에 넣어서 시설하는 경우를 제외하고는 매설깊이를 0.3 m(차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에 시설하는 경우는 1.0 m) 이상으로 하고 또한 334.1의 4의 “마” 부터 “사” 까지에서 정하는 구조로 개장한 케이블을 사용하여 시설하는 경우 이외에는 전선의 상부를 견고한 판 또는 홈통으로 덮어서 손상을 방지할 것.

3. 소세력 회로의 전선을 지상에 시설하는 경우는 제2의 “가” 의 규정에 따르는 외에 전선을 견고한 트로프 또는 개방 수로에 넣어서 시설하여야 한다.

4. 소세력 회로의 전선을 가공으로 시설하는 경우에는 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 전선은 인장강도 508 N/㎟ 이상의 것 또는 지름 1.2 ㎜의 경동선일 것. 다만, 인장강도 2.36 kN/㎟ 이상의 금속선 또는 지름 3.2 ㎜의 아연도금철선으로 매달아 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 전선은 제1의 “나” 단서에서 규정하는 절연전선·캡타이어케이블 또는 케이블(제1의 “나” 단서에서 규정하는 통신용 케이블을 포함한다. 이하 제4에서 같다)을 사용할 것. 다만, 인장강도 2.30 kN/㎟ 이상의 것 또는 지름 2.6 ㎜ 경동선을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

다. 전선이 케이블인 경우에는 지름 3.2 ㎜의 아연도금 철선 또는 이와 동등 이상의 세기의 금속선으로 매달아 시설할 것. 다만, 전선에 금속피복 이외의 피복을 가진 케이블을 사용하는 경우로서 전선의 지지점간의 거리가 10 m 이하인 경우에는 그러하지 아니하다.

라. 전선의 높이는 다음에 의할 것.

(1) 도로를 횡단하는 경우는 지표면상 6 m 이상

(2) 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우는 레일면상 6.5 m 이상

(3) (1) 및 (2) 이외의 경우는 지표상 4 m 이상. 다만, 전선을 도로 이외의 곳에 시

설하는 경우로서 위험의 우려가 없는 경우는 지표상 2.5 m까지 감할 수 있다.

마. 전선의 지지물은 풍압하중에 견디는 강도를 가질 것. 이 경우에 풍압하중은 331.6의 규정에 준하여 계산하여야 한다.

바. 전선의 지지점간의 거리는 15 m 이하일 것. 다만, 다음에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 전선을 222.5의 1의 규정에 따라 시설하는 이외에 나전선(裸電線)을 사용하는 경우로서 222.6의 규정에 따라 시설하는 경우

(2) 전선에 절연전선 또는 케이블을 사용하고 지지점 간의 거리를 25 m 이하로 하는 경우 또는 케이블을 332.2(1의 "라"를 제외한다)의 규정에 따라 시설하는 경우

사. 전선과 약전류전선 또는 광섬유케이블이 접근하거나 교차하는 경우 또는 전선과 다른 시설물(소세력 회로의 전선과 약전류전선 또는 광섬유케이블은 제외한다. 이하 같다)이 접근하거나 전선이 다른 시설물의 위에 시설될 경우는 전선에 절연전선·캡타이어케이블 또는 케이블을 사용하고 또한 전선과 약전류전선·광섬유케이블 또는 다른 시설물과의 간격을 0.3 m 이상으로 유지하는 경우를 제외하고는 222.11부터 222.16까지 및 222.18의 저압 가공전선로 규정에 따라 시설할 것.

아. 전선에 나전선을 사용하는 경우는 전선과 식물과의 간격을 0.3 m 이상 유지할 것.

5. 소세력 회로의 이동전선은 코드·캡타이어케이블 또는 제1의 "나"의 단서에서 규정하는 절연전선이나 통신용 케이블일 것. 이 경우 절연전선은 방호장치에 넣어서 사용하여야 한다.

6. 232.11·232.12·232.13 및 232.51의 규정은 242.2(242.2.3를 제외한다)부터 242.5까지에 규정하는 장소에 시설하는 소세력 회로에 준용한다.

241.14.4 절연전선 등의 규격

1. 소세력 회로에 사용하는 절연전선의 규격은 다음과 같다.

가. 도체는 균질한 금속제의 단선 또는 이것을 소선으로 한 연선일 것.

나. 절연체는 고무혼합물·비닐혼합물 또는 폴리에틸렌 혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1(전기케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통시험방법－제1부 : 시험방법 총칙－제1절 : 두께 및 완성품 외경 측정-기계적인 특성 시험)의 "9 절연체 및 시스의 기계적 특성시험"에 규정한 시험을 하였을 때 이에 적합한 것일 것.

다. 완성품은 맑은 물속에 1시간 넣은 후 도체와 대지 사이에 1.5 kV(옥내전용인 것은 600 V)의 교류전압을 연속하여 1분간 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

2. 소세력 회로에 사용하는 통신용 케이블의 규격은 다음과 같다.

가. 도체는 KS C IEC 60228(절연 케이블용 도체)에 적합한 연동선 또는 이것을 소선으로 한 연선(절연체에 천연고무혼합물·스틸렌부타디엔고무혼합물·에틸렌프로

필렌고무혼합물 또는 규소고무혼합물을 사용하는 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.

나. 절연체는 외장이 금속테이프 또는 피복상의 금속체로 절연체를 밀봉하는 것 이외에는 비닐 혼합물 · 폴리에틸렌 혼합물 또는 고무 혼합물로 KS C IEC 60811-1-1(전기케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통시험방법－제1부 : 시험방법 총칙-제1절 : 두께 및 완성품 외경 측정-기계적인 특성 시험)의 “9 절연체 및 시스의 기계적 특성시험” 에 규정한 시험을 하였을 때 이에 적합한 것일 것.

다. 외장은 다음에 적합한 것일 것.

(1) 재료는 금속 또는 비닐 혼합물 · 폴리에틸렌 혼합물이나 플로로프렌고무 혼합물로 KS C IEC 60811-1-1(전기케이블의 절연체 및 시스 재료의 공통시험방법－제1부 : 시험방법 총칙－제1절 : 두께 및 완성품 외경 측정－기계적인 특성 시험)의 “9 절연체 및 시스의 기계적 특성 시험” 에 규정한 시험을 하였을 때 이에 견디는 것일 것.

(2) 외장의 두께는 외장에 금속을 사용한 것은 0.72 ㎜ 이상, 비닐 혼합물 · 폴리에틸렌 혼합물 또는 플로로프렌 혼합물을 사용하는 것은 0.9 ㎜ 이상인 것을 사용할 것.

라. 완성품은 외장이 금속인 것 또는 차폐된 것은 도체 상호간 및 도체와 외장의 금속체 또는 차폐 사이에, 기타의 것은 맑은 물속에 1시간 넣은 후 도체 상호간 및 도체와 대지 사이에 350 V의 교류전압 또는 500 V의 직류전압을 연속하여 1분간 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

241.15 임시시설

241.15.1 옥내의 시설

옥내에서 애자공사에 의한 임시시설은 다음에 의하여 시설하는 경우에는 232.56.1의 1부터 4까지의 규정을 적용하지 아니할 수 있다.

가. 사용전압은 400 V 이하일 것.

나. 건조하고 전개된 장소에 시설할 것.

다. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.

241.15.2 옥측의 시설

추녀 밑 기타 가옥의 외면에 따라 옥측에 시설하는 애자공사에 의한 임시시설은 다음에 의하여 시설하는 경우에 한해서 표 241.15-1 전선 상호간 및 전선과 조영재의 간격라 시설할 경우에는 232.56의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

가. 사용전압은 400 V 이하일 것.

나. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.

표 241.15-1 전선 상호간 및 전선과 조영재의 간격

시설장소	전 선	전선 상호간의 거리	전선과 조영재의 거리
비 또는 이슬에 맞는 전개된 장소	절연전선 (옥외용 비닐절연전선 및 인입용 비닐절연전선은 제외)	0.03 m 이상	6 ㎜ 이상
비 또는 이슬에 맞지 아니하는 전개된 장소	절연전선(옥외용 비닐절연전선은 제외)	간격 시설할 수 있다	간격 없이 시설할 수 있다

241.15.3 옥외의 시설

옥외에 시설하는 임시시설을 다음에 의하여 시설하는 경우에는 232.51.1의 2의 규정을 적용하지 아니할 수 있다

가. 사용전압은 150 V 이하일 것.

나. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.

다. 수목 등의 동요로 인하여 전선이 손상될 우려가 있는 곳에 설치하는 경우는 방호시설을 할 것.

라. 전원측의 전선로 또는 다른 배선에 접속하는 곳의 가까운 장소에 지락 차단장치・전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것.

241.15.4 콘크리트 매입 시설

옥내에 시설하는 임시시설을 다음에 따라 콘크리트에 직접 매입하여 시설하는 경우에는 232.51.2의 규정에 의하지 아니할 수 있다

가. 사용전압은 400 V 이하일 것.

나. 전선은 케이블 일 것.

다. 그 배선은 분기회로에만 시설하는 것일 것.

라. 전로의 전원측에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치・전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것.

241.16 전기부식방지 시설

전기부식방지 시설은 지중 또는 수중에 시설하는 금속체(이하 “피방식체” 라 한다)의 부식을 방지하기 위해 지중 또는 수중에 시설하는 양극과 피방식체간에 방식 전류를 통하는 시설(전기부식방지용 전원장치를 사용하지 아니하는 것은 제외한다)을 말하며 다음에 따라 시설하여야 한다.

241.16.1 사용전압

전기부식방지용 전원장치에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 저압이어야 한다.

241.16.2 전원장치

전기부식방지용 전원장치는 다음에 적합한 것이어야 한다.

가. 전원장치는 견고한 금속제의 외함에 넣을 것.

나. 변압기는 절연변압기이고, 또한 교류 1 kV의 시험전압을 하나의 권선과 다른 권선 · 철심 및 외함과의 사이에 연속적으로 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 것일 것.

241.16.3 전기부식방지 회로의 전압 등

1. 전기부식방지 회로(전기부식방지용 전원장치로부터 양극 및 피방식체까지의 전로를 말한다. 이하 같다)의 사용전압은 직류 60 V 이하일 것.
2. 양극(陽極)은 지중에 매설하거나 수중에서 쉽게 접촉할 우려가 없는 곳에 시설할 것.
3. 지중에 매설하는 양극(양극의 주위에 도전 물질을 채우는 경우에는 이를 포함한다)의 매설깊이는 0.75 m 이상일 것.
4. 수중에 시설하는 양극과 그 주위 1 m 이내의 거리에 있는 임의점과의 사이의 전위차는 10 V를 넘지 아니할 것. 다만, 양극의 주위에 사람이 접촉되는 것을 방지하기 위하여 울타리를 설치하고 또한 위험 표시를 하는 경우에는 그러하지 아니하다.
5. 지표 또는 수중에서 1 m 간격의 임의의 2점(제4의 양극의 주위 1 m 이내의 거리에 있는 점 및 울타리의 내부점을 제외한다)간의 전위차가 5 V를 넘지 아니할 것.

241.16.4 2차측 배선

전기부식방지용 전원장치의 2차측 단자에서 부터 양극·피방식체 및 대지를 포함한 전기부식방지 회로의 배선은 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 전기부식방지 회로의 전선중 가공으로 시설하는 부분은 222의 저압 가공전선로 규정에 준하는 이외에 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 전선은 케이블인 경우 이외에는 지름 2 ㎜의 경동선 또는 이와 동등 이상의세기 및 굵기의 옥외용 비닐절연전선 이상의 절연성능이 있는 것일 것.

(2) 전기부식방지 회로의 전선과 저압 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우는 전기부식방지 회로의 전선을 하단에 별개의 완금류에 의하여 시설하고, 또한 저압 가공전선과의 간격은 0.3 m 이상으로 할 것. 다만, 전기부식방지 회로의

전선 또는 저압 가공전선이 케이블인 경우는 그러하지 아니하다.

(3) 전기부식방지 회로의 전선과 고압 가공전선 또는 가공약전류전선 등을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 각각 332.8 또는 332.21의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 전기부식방지 회로의 전선이 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선 또는 케이블인 경우에는 전기부식방지 회로의 전선을 가공약전류전선 등의 밑으로 하고 또한 가공약전류전선 등과의 간격을 0.3 m 이상으로 하여 시설할 수 있다.

나. 전기부식방지 회로의 전선중 지중에 시설하는 부분은 334.1의 1과 2 및 334.2의 규정에 준하는 이외에 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 전선은 공칭단면적 4.0 ㎟의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것일 것. 다만, 양극에 부속하는 전선은 공칭단면적 2.5 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것을 사용할 수 있다.

(2) 전선은 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선·클로로프렌외장 케이블·비닐외장 케이블 또는 폴리에틸렌외장 케이블일 것.

(3) 전선을 직접 매설식에 의하여 시설하는 경우에는 전선을 피방식체의 아랫면에 밀착하여 시설하는 경우 이외에는 매설깊이를 차량 기타의 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 곳에서는 1.0 m 이상, 기타의 곳에서는 0.3 m 이상으로 하고 또한 전선을 돌·콘크리트 등의 판이나 몰드로 전선의 위와 옆을 덮거나 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 합성수지관이나 이와 동등 이상의 절연성능 및 강도를 가지는 관에 넣어 시설할 것. 다만, 차량 기타의 중량물의 압력을 받을 우려가 없는 것에 매설깊이를 0.6 m 이상으로 하고 또한 전선의 위를 견고한 판이나 몰드로 덮어 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(4) 입상(立上)부분의 전선 중 깊이 0.6 m 미만인 부분은 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 방호장치를 할 것.

다. 전기부식방지 회로의 전선 중 지상의 입상부분에는 "나" 의 (1) 및 (2)의 규정에 준하는 이외에 지표상 2.5 m 미만의 부분에는 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 방호장치를 할 것.

라. 전기부식방지 회로의 전선중 수중에 시설하는 부분은 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 전선은 "나" 의 (1) 및 (2)의 규정에 의할 것.

(2) 전선은 KS C 8431(경질 폴리 염화 비닐전선관)에 적합한 합성수지관이나 이와 동등 이상의 절연성능 및 강도를 가지는 <삭제> 금속관에 넣어 시설할 것. 다만, 전선을 피방식체의 아랫면이나 옆면 또는 수저(水底)에서 손상을 받을 우려가 없는 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

241.16.5 개폐기 및 과전류 차단기

전기부식방지용 전원장치의 1차측 전로는 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다.

241.16.6 접지

전기부식방지용 전원장치의 외함은 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

241.16.7 인접한 매설구조물(埋設構造物)에 대한 처리

전기부식방지 시설을 사용함으로써 전기부식작용에 의해 다른 시설물에 장해를 줄 우려가 있는 경우는 이를 방지하기 위하여 그 시설물과 피방식체를 전기적으로 접속하는 등 방지방법을 시행하여야 한다.

241.16.8 기계기구의 금속제 부분의 방식(防蝕)

기계기구의 금속제 부분(지중 또는 수중에 시설되는 것을 제외한다)의 부식을 방지하기 위해 지중 또는 수중에 시설하는 양극과 기계기구의 금속제 부분 사이에 방식 전류를 통하는 시설로서 전기부식방지용 전원장치를 사용하는 것은 241.16.1에서 241.16.7까지의 규정에 따라 시설하여야 한다.

241.17 전기자동차 전원설비

전기자동차의 전원공급설비에 사용하는 전로의 전압은 저압으로 한다.

241.17.1 적용 범위

전력계통으로부터 교류전원을 공급받아 전기자동차에 전원을 공급하기 위한 분전반, 배선(전로), 충전장치(이동식 및 무선식을 포함한다) 및 충전케이블 등의 전기자동차 충전설비에 적용한다.

241.17.2 전기자동차 전원공급 설비의 저압전로 시설

전기자동차를 충전하기 위한 저압전로는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하고 또한 전로에 지락이 생겼을 때 자동적으로 그 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

나. 옥내에 시설하는 저압용 배선기구의 시설은 다음에 따라 시설하여야 한다.

(1) 옥내에 시설하는 저압용의 배선기구는 그 충전 부분이 노출되지 아니하도록 시설 하여야 한다. 다만, 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 시설한 곳에서는 그러하지 아니하다.

(2) 옥내에 시설하는 저압용의 비포장 퓨즈는 불연성의 것으로 제작한 함 또는 안쪽면 전체에 불연성의 것을 사용하여 제작한 함의 내부에 시설하여야 한다. 다만, 사용전압이 400 V 이하인 저압 옥내전로에 다음에 적합한 기구 또는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 기구에 넣어 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 극과 극 사이에는 개폐하였을 때 또는 퓨즈가 용단되었을 때 생기는 아크가 다른 극에 미치지 않도록 절연성의 격벽을 시설한 것일 것.

(나) 덮개는 내(耐)아크성의 합성수지로 제작한 것이어야 하며 또한 진동에 의하여 떨어지지 않는 것일 것.

(다) 완성품은 KS C 8311(커버 나이프 스위치)의 “3.1 온도상승”, “3.5 단락차단”, “3.6 내열” 및 “3.8 커버의 강도”에 적합한 것일 것.

(3) 옥내의 습기가 많은 곳 또는 물기가 있는 곳에 시설하는 저압용의 배선기구에는 방습 장치를 하여야 한다.

(4) 옥내에 시설하는 저압용의 배선기구에 전선을 접속하는 경우에는 나사로 고정시키거나 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하게 또한 전기적으로 완전히 접속하고 접속점에 장력이 가하여 지지 아니하도록 하여야 한다.

(5) 저압 콘센트는 접지극이 있는 콘센트를 사용하여 접지하여야 한다.

다. 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압용 배선기구의 시설은 235.1에 따라 시설하여야 한다.

241.17.3 전기자동차의 충전장치 시설

1. 전기자동차의 충전장치는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 충전부분이 노출되지 않도록 시설하고, 외함의 접지는 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

나. 외부 기계적 충격에 대한 기계적 강도(IK08 이상)를 갖는 구조일 것.

다. 침수 등의 위험이 있는 곳에 시설하지 말아야 하며, KS R IEC 61851-1(전기자동차 전도성 충전 시스템－제1부: 일반 요구사항)에 따라 방진·방수 보호등급은 옥외의 경우 IP44 이상, 옥내의 경우 IP41 이상일 것.

라. 먼지이 많은 장소, 가연성 가스나 부식성 가스 또는 위험물 등이 있는 장소에 시설하는 경우에는 통상의 사용 상태에서 부식이나 감전・화재・폭발의 위험이 없도록 242.2부터 242.5까지의 규정에 따라 시설할 것.

마. 전기자동차의 충전장치 또는 충전장치를 시설하는 장소에는 전기자동차 전용임을 나타내는 표지를 쉽게 보이는 곳에 설치할 것.

바. 전기자동차의 충전장치는 쉽게 열 수 없는 구조일 것.

사. 전기자동차의 충전장치 또는 충전장치를 시설한 장소에는 위험표시를 쉽게 보이는 곳에 표지할 것.

아. 전기자동차의 충전장치는 부착된 충전 케이블을 거치할 수 있는 거치대 또는 수납공간(옥내 0.45 m 이상, 옥외 0.6 m 이상)을 갖는 구조이며, 충전 케이블은 반드시 거치할 것.

자. 충전장치의 충전 케이블 인출부는 옥내용의 경우 지면으로부터 0.45 m 이상 1.2

m 이내에, 옥외용의 경우 지면으로부터 0.6 m 이상에 위치할 것.

차. 급속충전시설(「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 시행령」 제18조의7제1항제1호에 따른 급속충전시설)은 KS R IEC 61851-1(전기자동차 전도성 충전 시스템-제1부: 일반 요구사항)의 "15 비상 개폐 또는 단로"에 적합한 것을 설치할 것.

카. 전기사용량에 대한 요금 부과기능이 있는 형태의 콘센트(이하 '과금형콘센트'라 한다)는 다음에 따라 시설할 것.

(1) 과금형콘센트는 접지극이 있는 방적형 또는 동등 이상의 보호덮개가 있는 것을 사용하고 211과 140의 규정에 준하여 접지할 것.

(2) 기타 사항은 234.5의 "1"에 따라 시설할 것.

타. 전기자동차의 충전 케이블은 거치 또는 보관 시 케이블의 손상을 방지하기 위하여 주차구획 내에 위치하지 않도록 시설할 것.

2. 그 밖에 전기자동차 충전설비와 관련된 사항은 KS R IEC 61851-1, KS R IEC 61851-21-1, KS R IEC 61851-21-2 및 KS R IEC 61851-23 표준을 참조한다.

3. 충전장치에 원격 감시·제어시스템을 시설하는 경우에는 「전기안전관리법」에 의한 「전기설비 원격감시 및 제어 기능에 관한 고시」에 따를 수 있다.

241.17.4 전기자동차의 충전 케이블 및 부속품 시설

1. 충전 케이블 및 부속품(플러그와 커플러를 말한다)은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 충전장치와 전기자동차의 접속에는 연장코드를 사용하지 말 것.

나. 충전장치와 전기자동차의 접속에는 자동차 어댑터(자동차 커넥터와 자동차 인렛 사이에 연결되는 장치 또는 부속품을 말한다)를 사용할 수 있다.

다. 충전 케이블은 유연성이 있는 것으로서 통상의 충전전류를 흘릴 수 있는 굵기의 것일 것.

라. 전기자동차 커플러[충전 케이블과 전기자동차를 접속 가능하게 하는 장치로서 충전 케이블에 부착된 커넥터(connector)와 전기자동차의 인렛(inlet) 두 부분으로 구성되어 있다]는 다음에 적합할 것.

(1) 다른 배선기구와 대체 불가능한 구조로서 극성이 구분이 되고 접지극이 있는 것일 것.

(2) 접지극은 투입 시 제일 먼저 접속되고, 차단 시 제일 나중에 분리되는 구조일 것.

(3) 의도하지 않은 부하의 차단을 방지하기 위해 잠금 또는 탈부착을 위한 기계적 장치가 있는 것일 것.

(4) 전기자동차 커넥터(충전 케이블에 부착되어 있으며, 전기자동차 접속구에 접속하기 위한 장치를 말한다)가 전기자동차 접속구로부터 분리될 때 충전 케이블의 전원공급을 중단시키는 인터록 기능이 있는 것일 것.

마. 전기자동차 커넥터 및 플러그(충전 케이블에 부착되어 있으며, 전원측에 접속하기

위한 장치를 말한다)는 낙하 충격 및 눌림에 견디는 기계적 강도를 가질 것일 것.

바. 전기자동차 부속품의 방진·방수 보호등급은 KS R IEC 61851-1(전기자동차 전도성 충전 시스템－제1부 : 일반 요구사항) 12.4.2에 적합한 것일 것.

2. 무선식 전기자동차 충전을 위한 1차측 장치(충전케이블, 급전패드 등을 말한다)는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 급전패드는 IEC 61980-3[전기자동차 무선전력전송(WPT) 시스템 — 제3부: 자기장 무선전력전송 시스템의 특정 요구사항]에 따른 이물체 검출 시 무선충전이 불가능할 것.

나. 급전패드는 국립전파연구원 고시 [전자파적합성 기준]의 “제23조(전기자동차 무선전력전송기기의 전자파적합성 기준)” 에 적합한 것을 사용할 것.

다. 지면 아래 또는 지면에 장착된 급전패드는 KS R IEC 61980-1[전기자동차 무선전력전송(WPT) 시스템 — 제1부: 일반 요구사항]의 “10.2.3 1차측 장치에 대한 IP 등급” 에 따라 IP65 이상이어야 한다. 다만,「주차장법」제2조제1호가목 및 나목에 따른 노상주차장과 노외주차장에 설치하는 경우에는 ISO 20653[도로 차량 — 보호 등급(IP코드) — 이물질, 물의 접근으로부터 전기 장비보호]에 따른 IP69K 이상일 것.

라. 급전패드를 지상에 장착하는 경우 바닥으로부터 급전패드 상단까지의 높이는 70 mm 이하일 것.

241.17.5 충전장치 등의 방호장치 시설

1. 충전장치 등의 방호장치는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 충전장치로 충전 중인 전기자동차 또는 이동식 전기자동차 충전기의 유동을 방지하기 위한 장치를 갖출 것.

나. 전기자동차, 이동식 전기자동차 충전기 등에 의한 물리적 충격의 우려가 있는 경우에는 이를 방호하는 장치를 시설하고 KS S ISO 3864-1(2011) “11. 안전 표시의 배치” 에 따른 잠재적 위험 경고 표시를 할 것.

다. 충전 중 환기가 필요한 경우에는 충분한 환기설비를 갖추어야 하며, 환기설비를 나타내는 표지를 쉽게 보이는 곳에 설치할 것.

라. 충전 중에는 충전상태를 확인할 수 있는 표시장치를 쉽게 보이는 곳에 설치할 것.

마. 충전시설 이용 시 안전과 편리를 위하여 KS A 3011(조도 기준)의 “표 5 교통” 에 따른 주차장의 기준에 적합한 조명설비를 설치할 것.

바. 충전장치에 지붕(캐노피 등)을 설치하는 경우, 지붕이 충전주차구획 내에 위치하지 아니하여야 한다. 다만, 지붕의 높이가 주차바닥면으로부터 2.7 m 이상인 경우에는 그러하지 아니한다.

2. 자주식 지하주차장에 충전장치를 설치하는 경우에는 다음에 따른다.

가. 전기자동차 충전장치가 설치된 주차구역을 감시할 수 있는 CCTV를 설치할 것. 다만, 과금형콘센트에 대해서는 예외로 할 수 있다.

나. 원활한 화재 진압을 위해 지하주차장 3층 이내(주차구획이 없는 층은 제외한다)에

설치할 것.

다. 전기자동차 충전장치가 설치된 주차구역의 벽, 기둥, 천장, 바닥은 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제3조에 따른 내화구조일 것.

라. 가연성 또는 인화성 물질 보관장소로부터 10 m 이상 이격할 것.

마. 피난계단 또는 비상용 승강기로부터 3 m 이상 이격할 것.

3. 이동식 전기자동차 충전시설은 옥내, 지붕이 있는 주차장, 옥상, 지하에 시설할 수 없으며, 이 장소에서 이동식 전기자동차 충전기를 이용하여 전기자동차를 충전할 수 없다.

241.18 전동 지게차 전원설비

241.18.1 적용 범위

전동 지게차에 전원을 공급하기 위한 충전장치, 충전케이블 등 충전설비에 적용한다.

241.18.2 전동 지게차 전원공급 설비의 저압전로 시설

전동 지게차를 충전하기 위한 저압전로는 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하고 또한 전로에 지락이 생겼을 때 자동적으로 그 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

241.18.3 전동 지게차 충전장치 시설

전동 지게차의 충전장치는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 먼지가 많은 장소, 가연성 가스나 부식성 가스 또는 위험물 등이 있는 장소에 시설하는 경우에는 통상의 사용 상태에서 부식이나 감전·화재·폭발의 위험이 없도록 242.2부터 242.5까지의 규정에 따라 시설할 것.

나. 충전장치 또는 충전장치를 시설한 장소에는 위험표시를 할 것.

다. 충전장치는 부착된 충전 케이블의 보관 시 충전 케이블이 바닥에 놓이지 않도록 거치할 수 있는 거치대 또는 수납공간(바닥으로부터 높이는 옥내 0.45 m 이상, 옥외 0.6 m 이상)을 갖는 구조일 것.

라. 충전장치는 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」에 따른 불연재료, 준불연재료, 난연재료가 아닌 벽면이나 마감재료로부터 1 m 이상 이격하여야 한다. 단, 불연성의 함에 넣어서 시설하는 경우 규정을 따르지 아니 한다.

241.18.4 전동 지게차 충전장치의 충전 케이블 및 부속품 시설

충전 케이블 및 부속품은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 충전 케이블이 외부 충격에 의해 압착, 손상되는 것을 방지하기 위한 조치를 할 것.

나. 전동 지게차 커넥터 및 플러그(충전 케이블에 부착되어 있으며, 전원측에 접속하기 위한 장치를 말한다)는 지표면으로부터 0.6m 높이에서 콘크리트바닥에 떨어지는 충격에 견디거나 이와 동등 이상의 기계적 강도를 가진 것일 것.

다. 충전 케이블은 유연성이 있는 것으로서 충전전류를 흘릴 수 있도록 212.4.1을 고려하여 굵기를 선정할 것.

241.18.5 전동 지게차 충전장치 등의 방호장치 시설

충전장치 등을 위한 방호장치는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 충전 중 환기가 필요한 경우에는 환기설비를 갖추어야 하며, 환기설비를 나타내는 표지를 설치할 것.

나. 충전 중 안전과 편리를 위하여 KS A 3011(조도기준)에 따라 조명설비를 설치할 것.

다. 충전 중 전동 지게차 등에 의한 물리적 충격의 우려가 있는 경우에는 이를 방호하는 장치를 시설할 것.

라. 전동 지게차를 충전하는 장소에는 충전장소임을 구분할 수 있도록 바닥에 도색 등으로 표시할 것.

242 특수 장소

242.1 방전등 공사의 시설 제한

242.1.1 옥내 방전등 공사의 시설 제한

1. 관등회로의 사용전압이 400 V 초과인 방전등은 242.2부터 242.5까지에서 규정하는 곳에 시설해서는 안 된다.
2. 관등회로의 사용전압이 1 kV를 초과하는 방전등으로서 방전관에 네온 방전관 이외의 것을 사용한 것은 기계기구의 구조상 그 내부에 안전하게 시설 할 수 있는 경우 또는 234.11의 규정에 준하여 시설하고 또한 방전관에 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우 이외에는 옥내에 시설해서는 안 된다.

242.2 먼지 위험장소

242.2.1 폭연성 먼지 위험장소

폭연성 먼지(마그네슘·알루미늄·티탄·지르코늄 등의 먼지가 쌓여있는 상태에서 불이 붙었을 때에 폭발할 우려가 있는 것을 말한다. 이하 같다) 또는 화약류의 가루가 전기설비가 발화원이 되어 폭발할 우려가 있는 곳에 시설하는 저압 옥내 전기설비(사용전압이 400 V 초과인 방전등을 제외한다. 이하 여기부터 242.5까지에서 동일 적용한다)는 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

가. 저압 옥내배선, 저압 관등회로 배선 및 241.14에서 규정하는 소세력 회로의 전선(이하 여기 및 242.3에서 "저압 옥내배선 등" 이라 한다)은 금속관공사 또는 케이블공사(캡타이어케이블을 사용하는 것을 제외한다)에 의할 것.

나. 금속관공사에 의하는 때에는 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 금속관은 KS C 8401(강제 전선관)의 "3 종류" 에 명시된 금속관 또는 이와 동등 이상의 강도를 가지는 것일 것.

(2) 박스 기타의 부속품 및 풀박스는 쉽게 마모·부식 기타의 손상을 일으킬 우려가 없는 패킹을 사용하여 먼지가 내부에 침입하지 아니하도록 시설할 것.

(3) 관 상호 간 및 관과 박스 기타의 부속품·풀박스 또는 전기기계기구와는 5산 이상 나사조임으로 접속하는 방법 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하게 접속하고 또한 내부에 먼지가 침입하지 아니하도록 접속할 것.

(4) 전동기에 접속하는 부분에서 가요성을 필요로 하는 부분의 배선에는 232.12.2의 1의 "가" 의 단서에 규정하는 폭발방지형의 부속품 중 분진방폭형 유연성 부속을 사용할 것.

다. 케이블공사에 의하는 때에는 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 전선은 334.1의 4의 "나" 에서 규정하는 개장된 케이블 또는 무기물 절연 케이블을 사용하는 경우 이외에는 관 기타의 방호 장치에 넣어 사용할 것.

(2) 전선을 전기기계기구에 인입할 경우에는 패킹 또는 충전재를 사용하여 인입구로부터 먼지가 내부에 침입하지 아니하도록 하고 또한 인입구에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

라. 이동 전선은 "다" (2)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 접속점이 없는 0.6/1 kV EP 고무절연 클로로프렌 캡타이어케이블을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

마. 전선과 전기기계기구는 진동에 의하여 헐거워지지 아니하도록 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.

바. 전기기계기구는 242.2.4에서 정하는 표준에 적합한 먼지 폭발방지 특수 방진 구조로 되어 있을 것.

사. 백열전등 및 방전등용 전등기구는 조영재에 직접 견고하게 붙이거나 또는 전등을 다는 관·전등 완관(電燈脘管) 등에 의하여 조영재에 견고하게 붙일 것.

아. 전동기는 과전류가 생겼을 때에 폭연성 먼지에 착화할 우려가 없도록 시설할 것.

242.2.2 가연성 먼지 위험장소

가연성 먼지(소맥분·전분·유황 기타 가연성의 먼지로 공중에 떠다니는 상태에서 착화하였을 때에 폭발할 우려가 있는 것을 말하며 폭연성 먼지를 제외한다. 이하 같다)에 전기설비가 발화원이 되어 폭발할 우려가 있는 곳에 시설하는 저압 옥내 전기설비는 242.2.1의 "마", "사" 및 "아"에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

가. 저압 옥내배선 등은 합성수지관공사(두께 2 ㎜ 미만의 합성수지 전선관 및 난연성이 없는 콤바인 덕트관을 사용하는 것을 제외한다)·금속관공사 또는 케이블공사에 의할 것.

나. 합성수지관공사에 의하는 때에는 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 합성수지관 및 박스 기타의 부속품은 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

(2) 박스 기타의 부속품 및 풀 박스는 쉽게 마모·부식 기타의 손상이 생길 우려가 없는 패킹을 사용하는 방법, 틈새의 깊이를 길게 하는 방법, 기타 방법에 의하여 먼지가 내부에 침입하지 아니하도록 시설할 것.

(3) 관과 전기기계기구는 관 상호간 및 박스와는 관을 삽입하는 깊이를 관의 바깥지름의 1.2배(접착제를 사용하는 경우에는 0.8배) 이상으로 하고 또한 꽂음 접속에 의하여 견고하게 접속할 것.

(4) 전동기에 접속하는 부분에서 가요성을 필요로 하는 부분의 배선에는 232.11.2의 1의 "가"의 단서에 규정하는 분진방폭형 유연성 부속을 사용할 것.

다. 금속관공사에 의하는 때에는 242.2.1의 "나" (1) 및 (4)와 "나" (2)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 관 상호 간 및 관과 박스 기타 부속품·풀 박스 또는 전기기계기구와는 5산 이상 나사 조임으로 접속하는 방법 <삭제> 또는 이와 동등 이상

의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하게 접속할 것.

라. 케이블공사에 의하는 때에는 242.2.1의 “다” (1)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선을 전기기계기구에 인입할 경우에는 인입구에서 먼지가 내부로 침입하지 아니하도록 하고 또한 인입구에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

마. 이동 전선은 “라” (242.2.1의 “다” (1)의 규정을 준용하는 부분을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 외에 접속점이 없는 0.6/1 ㎸ EP 고무절연 클로로프렌 캡타이어케이블 또는 0.6/1 ㎸ 비닐절연 비닐 캡타이어케이블을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

바. 전기기계기구는 242.2.5에서 정하는 표준에 적합한 분진방폭형 보통 방진구조로 되어 있을 것.

242.2.3 먼지가 많은 그 밖의 위험장소

242.2.1 및 242.2.2에서 규정하는 곳 이외의 곳으로서 먼지가 많은 곳에 시설하는 저압 옥내전기설비는 다음에 따라 시설하여야 한다. 다만, 유효한 먼지제거장치를 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 저압 옥내배선 등은 애자공사・합성수지관공사・금속관공사・금속제가요전선관공사・금속덕트공사・버스덕트공사(환기형의 덕트를 사용하는 것을 제외한다) 또는 케이블공사에 의하여 시설할 것.

나. 전기기계기구로서 먼지가 부착함으로서 온도가 비정상적으로 상승하거나 절연성능 또는 개폐 기구의 성능이 나빠질 우려가 있는 것에는 방진장치를 할 것.

다. 면・마・견 기타 타기 쉬운 섬유의 먼지가 있는 곳에 전기기계기구를 시설하는 경우에는 먼지가 착화할 우려가 없도록 시설할 것.

라. 전선과 전기기계기구는 진동에 의하여 헐거워지지 아니하도록 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.

242.2.4 먼지 폭발방지 특수 방진구조

1. 용기(전기기계기구의 외함・외피・보호덮개 등 그 전기기계기구의 방폭 성능을 유지하기 위한 포피부분(包被部分)을 말하며 단자함을 제외한다. 이하 여기 및 242.2.2에서 같다)는 전폐구조로서 전기가 통하는 부분이 외부로부터 손상을 받지 아니하도록 한 것일 것.
2. 용기의 전부 또는 일부에 유리・합성수지 등 손상을 받기 쉬운 재료가 사용되고 있는 경우에는 이들의 재료가 사용되고 있는 곳을 보호하는 장치를 붙일 것. 다만, 그 부분의 재료가 KS L 2002(강화유리)에 적합한 “강화유리” · KS L 2004(접합유리)에 적합한 “접합유리” 나 이들과 동등 이상의 강도를 가지는 것일 경우 또는 그 부분이 용기의 구조상 외부로부터 손상을 받을 우려가 없는 위치에 있을 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 볼트・너트・작은 나사・틀어 끼는 덮개 등의 부재로서 용기의 폭발방지 성능의 유

지를 위하여 필요한 것은 일반 공구로는 쉽게 풀거나 조작할 수 없도록 한 구조(이하 “자물쇠식 죄임구조” 라 한다)여야 하며 또한 그 부재가 사용 중 헐거워질 우려가 있는 경우에는 스톱너트・스프링와셔・풀림방지와셔 또는 분할핀을 사용하는 등의 방법에 의하여 그 부재에 헐거워짐 방지를 한 구조(이하 “헐거워짐 방지구조” 라 한다)일 것.

4. 접합면(조작축 또는 회전기축과 용기사이의 접합면을 제외한다)은 패킹을 붙이고 또한 그 패킹이 이탈하거나 헐거워질 우려가 없도록 하는 방법, KS B ISO 4287[제품의 형상 명세(GPS)－표면조직－프로파일법－용어, 정의 및 표면 조직의 파라미터]의 거칠기의 표시와 구분의 항에 정하는 18-S 이상으로 다듬질하고 그 들어가는 깊이를 15 mm 이상으로 하고 또한 상호 간 밀접시키는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
5. 조작축과 용기 사이의 접합면은 그 들어가는 깊이를 10 mm 이상으로 하고 또한 패킹 누르기를 사용하여 그 접합면에 패킹을 붙이는 방법 또는 이와 동등 이상의 폭발방지 성능을 유지할 수 있는 방법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
6. 회전기축과 용기 사이의 접합면은 패킹을 2단 이상 붙이는 방법, 간격이 0.5 mm 이하이고 들어가는 깊이가 45 mm 이상인 래버린스 구조로 하는 방법 등으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
7. 용기의 일부에 관통나사를 사용하거나 용기의 일부가 틀어 끼는 결합방식으로 결합되어 있는 것으로서 나사 결합부분을 통하여 외부로부터 먼지가 침입할 우려가 있는 경우에는 5산 이상의 나사결합이나 패킹 또는 스톱너트를 사용하는 등의 방법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
8. 용기 외면의 온도상승 한도의 값은 용기 외부의 폭연성 먼지에 착화할 우려가 없는 값일 것.
9. 단자함은 부재상호 간의 접합면에 패킹을 붙이는 방법 또는 이와 동등 이상의 폭발방지 성능을 유지할 수 있는 방법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
10. 전선이 관통하는 부분의 용기의 구조는 전선과 외함 간에 절연물을 충전하거나 패킹을 붙이고 또한 전선 · 절연물 · 패킹 및 외함 상호의 접촉면에 들어가는 깊이를 표 242.2-1에서 정한 값 이상으로 하는 등의 방법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 것일 것.

표 242.2-1 접촉면에 들어가는 깊이

접촉면의 바깥둘레의 구분	접촉면에 들어가는 깊이
0.3 m 이하	5 ㎜
0.3 m 초과 0.5 m 이하	8 ㎜
0.5 m를 초과하는 것	10 ㎜

11. 전기를 통하는 부분 상호 간은 나사 조임·리벳 조임·슬리브 또는 바인드선으로 보강한 납땜·용접 등의 방법으로 견고히 접속한 것일 것.
12. 전기를 통하는 부분에 대한 연면거리(沿面距離) 및 절연 공간거리는 그 부분의 정격전압 및 절연물의 종류에 따라 필요한 절연성능을 유지 할 수 있는 값일 것.
13. 패킹은 다음에 적합한 것일 것.
 가. 재료는 접합면의 온도상승의 의한 열에 견디고 또한 쉽게 마모되거나 부식되는 등의 손상이 생기지 아니하는 것일 것.
 나. 접합면의 형상에 적합한 것일 것.
14. 전기기계기구는 쉽게 볼 수 있는 곳에 전기기계기구가 먼지 폭발방지 특수 방진구조임을 표시한 것일 것.

242.2.5 분진방폭형 보통 방진구조

1. 용기는 전폐구조(全閉構造)로서 전기를 통하는 부분이 외부로부터 손상을 받지 아니하도록 한 구조일 것.
2. 용기의 전부 또는 일부에 유리·합성수지 등 손상을 받기 쉬운 재료가 사용되고 있는 경우에는 이들의 재료가 사용되고 있는 곳을 보호하는 장치를 붙일 것. 다만, 그 곳의 재료가 KS L 2002(강화유리)에 적합한 “강화유리” · KS L 2004(접합유리)에 적합한 “접합유리”나 이와 동등 이상의 강도를 가지는 것일 경우 또는 그곳이 그 용기의 구조상 외부로부터 손상을 받을 우려가 없는 위치에 있는 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 볼트·너트·작은 나사·틀어 끼우는 덮개 등의 부재로 용기의 성능을 유지하기 위하여 필요한 것으로서 사용 중 헐거워질 우려가 있는 것은 헐거워짐 방지구조로 한 것일 것.
4. 접합면(조작축 또는 회전기축과 용기사이의 접합면을 제외한다)은 패킹을 붙이고 또한 그 패킹이 이탈하거나 헐거워질 우려가 없도록 하는 방법, KS B ISO 4287[제품의 형상 명세(GPS)－표면조직－프로파일법－용어, 정의 및 표면 조직의 파라미터]의 거칠기 표시와 구분의 항에 정하는 35-S 이상으로 다듬질하고 그 들어가는 깊이를 10 ㎜(푸시버튼스위치 기타 정격용량이 적은 전기기계기구의 접합면에 대하여는 KS B ISO 4287[제품의 형상 명세(GPS)－표면조직－프로파일법－용어, 정의 및

표면 조직의 파라미터]의 거칠기의 표시와 구분의 항에 정하는 18-S 이상으로 다듬질하는 경우에는 6 ㎜ 이상으로 하고 또한 상호 간 밀접 시키는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.

5. 조작축과 용기 사이의 접합면은 패킹누르기 또는 패킹 눌리개를 사용하여 그 접합면에 패킹을 붙이는 방법, 조작축의 바깥쪽에 고무 덮개를 붙이는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
6. 회전기축과 용기 사이 접합면은 패킹을 붙이는 방법, 래버린스 구조로 하는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
7. 용기를 관통하는 나사구멍과 볼트 또는 작은 나사와는 5턱 이상의 나사 결합으로 된 것일 것.
8. 용기 바깥면의 온도 상승한도의 값은 용기 외부의 가연성먼지에 착화할 우려가 없는 것일 것.
9. 단자함은 부재상호 간의 접합면에 패킹을 붙이는 방법 또는 이와 동등 이상의 폭발방지 성능을 유지할 수 있는 방법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것
10. 전선이 관통하는 부분의 용기의 구조는 전선과 외함 간에 절연물을 충전하는 방법, 패킹을 붙이는 방법, 전선과 외함 사이의 접합면의 들어가는 깊이를 길게 하는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 것일 것.
11. 패킹은 다음에 적합한 것일 것.
    가. 재료는 접합면의 온도상승에 의한 열에 견디고 또한 쉽게 마모되거나 부식되는 등의 손상이 생기지 아니하는 것일 것.
    나. 접합면의 형상에 적합할 것.
12. 전기기계기구는 쉽게 볼 수 있는 곳에 전기기계기구가 먼지 폭발방지 보통방진구조임을 표시한 것일 것.

242.2.6 예외사항

KS C IEC 60079-31(폭발성 분위기-제31부: 용기 “t”에 의한 기기의 분진 점화 보호)의 구조 및 KS C IEC 60079-14(폭발성 분위기-제14부 : 전기설비 설계, 선정, 설치)에 의하여 시설하는 경우에는 242.2.1부터 242.2.5까지의 규정에 따르지 아니할 수 있다.

242.3 가연성 가스 등의 위험장소

242.3.1 가스증기 위험장소

1. 가연성 가스 또는 인화성 물질의 증기(이하 “가스 등”이라 한다)가 누출되거나 체류하여 전기설비가 발화원이 되어 폭발할 우려가 있는 곳(프로판 가스 등의 가연성 액화 가스를 다른 용기에 옮기거나 나누는 등의 작업을 하는 곳, 에탄올·메탄올 등의 인화성 액체를 옮기는 곳 등)에 있는 저압 옥내전기설비는 242.2.1의 “가”,

“마”, “사”, “아”의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

가. 금속관공사에 의하는 때에는 242.2.1의 “나” (1)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 의할 것.

(1) 관 상호 간 및 관과 박스 기타의 부속품·풀 박스 또는 전기기계기구와는 5산 이상 나사 조임으로 접속하는 방법 또는 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하게 접속할 것.

((2) 전동기에 접속하는 부분으로 가요성을 필요로 하는 부분의 배선에는 232.12.2의 1의 “가”의 단서에 규정하는 폭발방지의 부속품 중 내압(耐壓)의 폭발방지형 또는 유입(油入)폭발방지구조의 유연성 부속을 사용할 것.

나. 케이블공사에 의하는 때에는 242.2.1의 “다” (1)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선을 전기기계기구에 인입할 경우에는 인입구에서 전선이 손상될 우려가 없도록 할 것.

다. 저압 옥내배선 등을 넣는 관 또는 덕트는 이들을 통하여 가스 등이 여기에서 규정하는 장소 이외의 장소에 누출되지 아니하도록 시설할 것.

라. 이동 전선은 접속점이 없는 0.6/1 ㎸ EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블을 사용하는 이외에 전선을 전기기계기구에 인입할 경우에는 인입구에서 먼지가 내부로 침입하지 아니하도록 하고 또한 인입구에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

마. 전기기계기구의 폭발방지구조는 제2, 제3 및 제4에 적합한 내압 폭발방지구조(d)·압력 폭발방지구조(p)나 유입(油入)폭발방지구조(o) 또는 이들의 구조와 다른 구조로서 이와 동등 이상의 폭발방지 성능을 가지는 구조로 되어 있는 것. 다만, 통상의 상태에서 불꽃 또는 아크를 일으키거나 가스 등에 착화할 수 있는 온도에 달한 우려가 없는 부분은 제5에서 규정하는 안전증 폭발방지구조(e)라도 할 수 있다.

2. 내압(耐壓)폭발방지구조의 표준은 KS C IEC 60079-1(폭발성 분위기－제1부 : 내압방폭용기 “d에 의한 기기 보호)의 기기의 구조 및 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.

3. 압력폭발방지구조의 표준은 KS C IEC 60079-2(폭발성 분위기－제2부 : 압력방폭용기 “p”에 의한 기기 보호)의 전기기기의 구조와 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.

4. 유입(油入)폭발방지구조의 표준은 KS C IEC 60079-6(방폭기기－제6부 : 유입 방폭구조 “o”에 의한 기기 보호)의 폭발성가스·증기·입자 등에 의한 잠재적인 위험분위기에서 사용하는 유입방폭구조(o)의 기기 및 그 일부 방폭 부품 등의 설치와 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.

5. 안전증 폭발방지구조의 표준은 KS C IEC 60079-7(폭발성 분위기 – 제7부 : 안전증 방폭구조 “e” 에 의한 기기 보호)는 폭발성 가스 분위기에서 사용하는 안전증 방폭구조(e) 기기의 설계, 구조, 시험, 표시에 관한 요구사항(직류 및 교류 11 kV 실효값 이하인 기기에 한함)에 적합하여야 한다.
6. 충전 폭발방지 구조의 표준은 KS C IEC 60079-5(폭발성 분위기 - 제5부:충전 방폭구조 “q” 에 의한 기기 보호)의 기기의 구조 및 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.
7. 본질안전 폭발방지 구조의 표준은 KS C IEC 60079-11(폭발성 분위기 - 제11부:본질안전 “i” 에 의한 기기 보호)의 기기의 구조 및 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.
8. 몰드 폭발방지 구조의 표준은 KS C IEC 60079-18(폭발성 분위기 - 제18부:몰드 방폭구조 “m” 에 의한 기기 보호)의 기기의 구조 및 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.
9. 비점화 폭발방지 구조의 표준은 KS C IEC 60079-15(폭발성 분위기 - 제15부:비점화 방폭구조 “n” 에 의한 기기 보호)의 기기의 구조 및 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.

242.3.2 폭발 위험장소의 시설

KS C IEC 60079-14(폭발성 분위기 - 제14부:전기설비 설계, 선정, 설치)의 표준에 의하여 폭발 위험장소에서의 전기설비의 설계·선정 및 설치에 관한 요구사항에 따라 시공한 경우에는 242.3.1의 규정에 따르지 않을 수 있다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니한다.

가. 폭발성 갱내가스(fire damp)가 존재할 우려가 있는 광산에 설치되는 전기설비. 다만, 광산의 지상에 설치하는 전기설비와 폭발성 갱내가스 이외의 가스 등이 존재할 우려가 있는 광산은 제외한다.
나. 근원적인 폭발 상황과 폭발물의 먼지 또는 자연발화성 물질(예를 들어 폭발성 물질의 제조 및 취급 공정)
다. 의학적인 목적으로 설치된 진료실
라. 인화성 미스트로 인한 폭발위험장소의 전기설비

242.4 위험물 등이 존재하는 장소

셀룰로이드·성냥·석유류 기타 타기 쉬운 위험한 물질(이하 “위험물” 이라 한다)을 제조하거나 저장하는 곳(242.2·242.3 및 242.5에서 규정하는 곳을 제외한다)에 시설하는 저압 옥내 전기설비는 242.2.1의 “나” (1), “다” (1), “마” , “사” 와 242.2.2의 “가” 및 “나” (1)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따르고 또한 위험의 우

려가 없도록 시설하여야 한다.

가. 이동전선은 접속점이 없는 0.6/1 ㎸ EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블 또는 0.6/1 ㎸ 비닐 절연 비닐캡타이어케이블을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설하는 이외에 이동전선을 전기기계기구에 인입할 경우에는 인입구에서 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

나. 통상의 사용 상태에서 불꽃 또는 아크를 일으키거나 온도가 현저히 상승할 우려가 있는 전기기계기구는 위험물에 착화할 우려가 없도록 시설할 것.

242.5 화약류 저장소 등의 위험장소

242.5.1 화약류 저장소에서 전기설비의 시설

1. 화약류 저장소(「총포・도검・화약류 등 단속법」제24조에 규정하는 화약류 저장소. 이하 "화약류 저장소"라 한다) 안에는 전기설비를 시설해서는 안 된다. 다만, 조명기구에 전기를 공급하기 위한 전기설비(개폐기 및 과전류 차단기를 제외한다)는 242.2.1의 "가", "나"(1), "다"(1), "마", "사"의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 전로의 대지전압은 300 V 이하일 것.

나. 전기기계기구는 전폐형 또는 폭발방지형의 것일 것.

다. 케이블을 전기기계기구에 인입할 때에는 인입구에서 케이블이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

2. 화약류 저장소 안의 전기설비에 전기를 공급하는 전로에는 화약류 저장소 이외의 곳에 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 취급자 이외의 자가 쉽게 조작할 수 없도록 시설하고 또한 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하거나 경보하는 장치를 시설하여야 한다.

242.5.2 화약류 제조소에서 전기설비 시설

1. 가연성 가스 또는 증기가 존재하여 전기설비가 점화원이 되어 폭발될 우려가 있는 장소에 시설하는 화약류 제조소 내의 전기설비는 242.3.1의 규정에 따라 시설하여야 한다.
2. 화약류의 가루가 존재하여 전기설비가 점화원이 되어서 폭발될 우려가 있는 장소에 시설하는 화약류 제조소 내의 전기설비는 242.2.1의 규정에 따라 시설하여야 한다.
3. 제1 및 제2에서 규정하는 장소 이외의 곳에 시설하는 화약류를 제조하는 건물 내 또는 화약류를 제조하는 건물을 제외한 화약류가 있는 장소(242.5.1에서 규정하는 것을 제외한다)에 시설하는 저압 옥내 전기설비는 242.4의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 따라야 한다.

가. 전열 기구 이외의 전기기계기구는 전폐형 또는 폭발방지형의 것일 것.

나. 전열 기구는 시스선 및 기타의 충전부가 노출되어 있지 아니한 발열체를 사용한 것이어야 하며 또한 온도의 현저한 상승 및 기타의 위험이 생길 우려가 있는 경우에 전로를 자동적으로 차단하는 장치가 되어 있는 것일 것.

242.6 전시회, 쇼 및 공연장의 전기설비

242.6.1 적용범위

전시회, 쇼 및 공연장 기타 이들과 유사한 장소에 시설하는 저압전기설비에 적용한다.

242.6.2 사용전압

무대·무대마루 밑·오케스트라 박스·영사실 기타 사람이나 무대 도구가 접촉할 우려가 있는 곳에 시설하는 저압 옥내배선, 전구선 또는 이동전선은 사용전압이 400 V 이하이어야 한다.

242.6.3 배선설비

1. 배선용 케이블은 구리 도체로 최소 단면적이 1.5 ㎟이며, KS C IEC 60227-1(정격전압 450/750 V 이하 염화비닐 절연 케이블－제1부: 일반요구사항) 또는 KS C IEC 60245-1(정격전압 450/750 V 이하 고무 절연케이블－제1부: 일반요구사항)에 적합하여야 한다.
2. 무대마루 밑에 시설하는 전구선은 300/300 V 편조 고무코드 또는 0.6/1 ㎸ EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블이어야 한다.
3. 전시회 등에 사용하는 건축물에 화재경보기가 시설되지 않은 경우에 케이블 설비는 다음 중 하나에 따라 시설하여야 한다.
   가. KS C IEC 60332-1 시리즈(화재 조건에서 전기/광섬유 케이블 시험－제1부:단심 절연 전선 또는 케이블 수직 불꽃 전파 시험), KS C IEC 60332-3 시리즈(화재조건에서의 전기케이블 난연성 시험－제3부: 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃시험)에 따른 난연성 케이블 및 KS C IEC 61034 시리즈(케이블 연소시 발생하는 연기밀도 측정)에 따른 저발연 케이블
   나. KS C IEC 60614 시리즈(전선관) 또는 KS C IEC 61084 시리즈(전기설비용 케이블 트렁킹 및 덕트시스템)에 따른 화재방호 및 IP4X 이상의 보호등급을 갖춘 금속제 또는 비금속제의 전선관 또는 덕트에 넣는 단심 또는 다심의 비외장 케이블
4. 기계적 손상의 위험이 있는 경우에는 외장케이블 또는 방호 조치를 한 케이블을 시설하여야 한다.
5. 회로 내에 접속이 필요한 경우를 제외하고 케이블의 접속 개소는 없어야 한다. 다만, 불가피하게 접속을 하는 경우에는 해당 KS C IEC 표준에 따르는 접속기를 사용 또는 IP4X 또는 IPXXD 이상의 보호등급을 갖춘 폐쇄함 내에서 접속을 실시하여야 한다.

242.6.4 이동전선

1. 242.6.2에서 시설하는 이동전선(제2의 보더라이트의 접속선은 제외한다)은 0.6/1 ㎸ EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블 또는 0.6/1 ㎸ 비닐 절연 비닐캡타이어케이블이어야 한다.
2. 보더라이트에 부속된 이동 전선은 0.6/1 ㎸ EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블이어야 한다.

242.6.5 플라이덕트

플라이덕트를 시설하는 경우는 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 플라이덕트는 다음에서 정하는 표준에 적합한 것일 것.

(1) 내부배선에 사용하는 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다) 또는 이와 동등 이상의 절연성능이 있는 것일 것.

(2) 덕트는 두께 0.8 ㎜ 이상의 철판 또는 다음에 적합한 것으로 견고하게 제작한 것일 것.

(가) 덕트의 재료는 금속재일 것.

(나) 덕트에 사용하는 철판 이외의 금속 두께는 다음 계산식에 의하여 계산한 것일 것.

$$t \geq \frac{270}{\sigma} \times 0.8$$

t : 사용금속판 두께 (㎜)

σ : 사용금속판의 인장강도 (N/㎟)

(3) 덕트의 안쪽 면은 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 돌기(突起) 등이 없는 것일 것.

(4) 덕트의 안쪽 면과 외면은 녹이 슬지 않게 하기 위하여 도금 또는 도장을 한 것일 것.

(5) 덕트의 끝부분은 막을 것.

나. 플라이덕트 안의 전선을 외부로 인출할 경우는 0.6/1 ㎸ 비닐절연 비닐캡타이어케이블을 사용하고 또한 플라이덕트의 관통 부분에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

다. 플라이덕트는 조영재 등에 견고하게 시설할 것.

242.6.6 기타 전기기기

1. 조명설비는 다음과 같이 시설하여야 한다.

가. 조명기구가 바닥으로부터 높이 2.5 m 이하에 시설되거나 과실에 의해 접촉이 발생할 우려가 있는 경우에는 견고하게 고정시키고 사람의 상해 또는 물질의 발화위험을 방지할 수 있는 위치에 설치하거나 방호하여야 한다.

나. 절연 관통형 소켓은 케이블과 소켓이 호환되고 또한 소켓을 케이블에 한번 부착하면 떼어낼 수 없는 경우에만 사용할 수 있다.

2. 방전등 설비에서 공연장 또는 전시장에 사용하는 표준전압 교류 220/380 V를 초과하는 네온 방전등 또는 램프의 설비는 다음 조건에 적합하여야 한다.
   가. 네온 방전등 또는 램프는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 곳에 시설하거나 사람에게 위험이 없도록 시설하여야 한다.
   나. 네온 방전등 또는 램프의 이면이 되는 간판 또는 공연장 부착재료는 비발화성으로 하고 출력전압이 교류 220/380 V를 초과하는 제어장치는 비발화성 재료에 부착하여야 한다.
   다. 네온 방전등·램프 및 전시품 등에 전기를 공급하는 회로는 분리회로를 이용하고 비상용 개폐기를 통해 제어하여야 한다.
3. 전동기에 전기를 공급하는 전로에는 각 극에 단로장치를 전동기에 근접하여 시설하여야 한다.
4. 특별저압(ELV) 변압기 및 전자식 컨버터는 다음과 같이 시설하여야 한다.
   가. 다중 접속한 특별저압 변압기는 IEC 61558-1에 적합하거나 이와 동등한 안전등급을 갖춘 것이어야 한다.
   나. 각 변압기 또는 전자식 컨버터의 2차 회로는 수동으로 리셋하는 보호장치로 보호하여야 한다.
   다. 취급자 이외의 사람이 쉽게 접근할 수 없는 곳에 설치하고 환기장치를 시설하여야 한다.
5. 콘센트 및 플러그는 다음과 같이 시설하여야 한다.
   가. 플로어 콘센트를 시설하는 경우에는 콘센트에 물이 침입되지 않도록 보호되어야 한다.
   나. 플러그에 사용하는 가요 케이블 또는 코드는 접속점이 없어야 한다.
   다. 삽입식 멀티 어댑터는 사용해서는 아니 된다.
   라. 이동형 멀티 탭의 사용은 다음과 같이 제한하여야 한다.
      (1) 고정 콘센트 1개당 1개로 시설할 것.
      (2) 플러그로부터 멀티 탭까지의 가요 케이블 또는 코드의 최대 길이는 2 m 이내일 것.
6. 저압발전장치는 다음과 같이 시설하여야 한다.
   가. TN 계통, TT 계통 또는 IT 계통을 사용하는 가설 설비에 전기를 공급하기 위해 발전기를 시설한 경우 접지설비는 KS C IEC 60364-5-54(전기기기의 선정 및 시공－접지설비 및 보호도체)의 “542.1 일반 요구사항”에 적합하여야 하고 접지극을 사용하는 경우에는 “544.2 보조본딩을 위한 보호본딩 도체”에 적합하게 시설하여야 한다.
   나. TN 계통에서는 모든 노출도전성 부분을 KS C IEC 60364-5-54(전기기기의 선정 및 시공－접지설비 및 보호도체)의 “543 보호도체”에 따르는 단면적을 갖는 보

호도체를 이용하여 발전기에 접속하여야 한다.

다. 중성선 또는 발전기의 중성점은 발전기의 노출도전부에 접속시켜서는 아니 된다.

7. 화재에 대한 보호는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 스포트라이트·소형투광기 등의 조명기구 및 표면이 고온이 되는 기타 전기기기나 가정용 전기기기는 적절히 보호하고 해당 규격에 따라 적절한 위치에 설치하여야 한다. 또한 이러한 전기기기는 가연성 기기에 접촉하지 않고 화재의 위험이 없도록 이격시켜 배치하여야 한다.

나. 진열용 유리 상자 및 전광 사인은 <삭제> 내열성, 기계적 강도, 전기적 절연성을 갖춘 재료로 만들고 발열에 의한 전시물의 가연성을 고려하여 환기를 시켜야 한다.

다. 과도한 열을 발생시키기 쉬운 전기기기·조명기구 또는 램프를 밀집상태로 수용하는 공연장 설비는 환기가 잘 되는 천장 등과 같은 곳에 불연성 재료로 제작한 환기장치를 시설하여야 한다.

242.6.7 개폐기 및 과전류 차단기

1. 무대·무대마루 밑·오케스트라 박스 및 영사실의 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 시설하여야 한다.
2. 무대용의 콘센트 박스·플라이덕트 및 보더라이트의 금속제 외함에는 140의 규정에 따라 접지공사를 하여야 한다.
3. 비상 조명을 제외한 조명용 분기회로 및 정격 32 A 이하의 콘센트용 분기회로는 정격 감도 전류 30 mA 이하의 누전차단기로 보호하여야 한다.

242.7 터널, 갱도 기타 이와 유사한 장소

242.7.1 사람이 상시 통행하는 터널 안의 배선의 시설

사람이 상시 통행하는 터널 안의 배선(전기기계기구 안의 배선, 관등회로의 배선 및 241.14에서 규정하는 소세력 회로의 전선을 제외한다. 이하 여기에서 같다)은 그 사용전압이 저압의 것에 한하고 또한 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전선은 다음 중 하나에 의하여 시설할 것.

(1) 335.1의 2의 “가” (2)의 규정에 의하여 시설할 것.

(2) 공칭단면적 2.5 ㎟의 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 비닐절연전선을 제외한다)을 사용하여 232.56.1(제1을 제외한다) 및 232.56.2의 규정에 준하는 애자공사에 의하여 시설하고 또한 이를 노면상 2.5 m 이상의 높이로 할 것.

나. 전로에는 터널의 입구에 가까운 곳에 전용 개폐기를 시설할 것.

242.7.2 광산 기타 갱도안의 시설

1. 광산 기타 갱도안의 배선은 사용전압이 저압 또는 고압의 것에 한하고 또한 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 저압 배선은 232.51.1 및 232.51.2의 규정에 준하는 케이블공사에 의하여 시설할 것. 다만, 사용전압이 400 V 이하인 저압 배선에 공칭단면적 2.5 ㎟ 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 비닐절연전선을 제외한다)을 사용하고 전선 상호 간의 사이를 떨어지게 하고 또한 암석 또는 목재와 접촉하지 않도록 절연성ㆍ난연성 및 내수성의 애자로 이를 지지할 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 고압 배선은 342.1의 "다"(232.51.3의 규정을 준용하는 부분을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선에 케이블을 사용하고 또한 관 기타의 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분ㆍ금속제의 전선 접속함 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 211 및 140의 규정에 따라 접지공사를 하여야 한다.

다. 전로에는 갱 입구에 가까운 곳에 전용 개폐기를 시설할 것.

2. 242.2부터 242.5까지의 규정은 광산 기타의 갱도 내에 시설하는 저압 또는 고압이 전기설비에 준용한다.

242.7.3 터널 등의 배선과 약전류전선 등 또는 관과의 접근 교차

터널ㆍ갱도 기타 이와 유사한 곳(철도 또는 궤도의 전용 터널을 제외한다. 이하 "터널 등"이라 한다)에 시설하는 배선이 그 터널 등에 시설하는 다른 배선 또는 관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 232.3.7의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

242.7.4 터널 등의 전구선 또는 이동전선 등의 시설

1. 터널 등에 시설하는 사용전압이 400 V 이하인 저압의 전구선 또는 이동전선은 다음과 같이 시설하여야 한다.

가. 전구선은 단면적 0.75 ㎟ 이상의 300/300 V 편조 고무코드 또는 0.6/1 ㎸ EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블일 것. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 단면적 0.75 ㎟ 이상의 연동연선을 사용하는 450/750 V 내열성 에틸렌아세테이트 고무 절연전선(출구부의 전선의 간격이 10 ㎜ 이상인 전구 소켓에 부속하는 전선은 단면적이 0.75 ㎟ 이상인 450/750 V 내열성에틸렌아세테이트 고무 절연전선 또는 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선)을 사용할 수 있다.

나. 이동전선은 241.10의 규정에 의하여 용접용 케이블을 사용하는 경우 이외에는 300/300 V 편조 고무코드, 비닐 코드 또는 캡타이어케이블일 것. 다만, 비닐 코드 및 비닐 캡타이어케이블은 234.3에 규정하는 이동전선에 한하여 사용할 수 있다.

다. 전구선 또는 이동전선을 현저히 손상시킬 우려가 있는 곳에 설치하는 경우에는 이를 232.13.2의 규정에 준하는 가요성 전선관에 넣거나 이에 준하는 보호조치를 할 것.

2. 터널 등에 시설하는 사용전압이 400 V 초과인 저압의 이동전선은 0.6/1 ㎸ EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블로서 단면적이 0.75 ㎟ 이상인 것일 것. 다만, 전기를 열로 이용하지 아니하는 전기기계기구에 부속된 이동전선은 단면적이 0.75 ㎟ 이상인 0.6/1 ㎸ 비닐절연 비닐 캡타이어케이블을 사용하는 경우에는 그러하지 아

니하다.

3. 터널 등에 시설하는 저압의 이동전선에 접속하여 사용하는 전기기계기구는 다음과 같이 시설하여야 한다.
   가. 저압의 이동전선에 접속하는 전기사용기계기구의 금속제 외함에 140의 규정에 의하여 접지공사를 하는 경우에 그 이동전선으로 사용하는 다심코드 또는 다심 캡타이어케이블의 선심의 하나를 접지도체로 사용하는 때에는 그 선심과 전기사용기계기구의 외함 및 조영물에 고정되어 있는 접지도체와의 접속에는 꽂음 접속기 기타 이와 유사한 기구의 1극을 사용하여야 한다. 다만, 다심 코드 또는 다심 캡타이어케이블과 전기사용기계기구를 나사로 고정하여 접속하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   나. "가"의 꽂음 접속기 기타 이와 유사한 기구의 접지도체에 접속하는 1극은 다른 극과 명확하게 구별할 수 있는 구조로 되어 있는 것이어야 한다.
4. 터널 등에 시설하는 저압의 이동전선과 저압 배선과의 접속에는 꽂음 접속기나 기타 이와 유사한 기구를 사용하여야 한다. 다만, 이동전선을 조가선에 조가하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다. 또한 저압의 이동전선과 전기사용기구 기계기구와의 접속에는 꽂음 접속기나 기타 이와 유사한 기구를 사용하여야 한다. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 단자 금속물에 코드를 나사로 고정시키는 경우에는 그러하지 아니하다.
5. 터널 등에 시설하는 고압의 이동전선은 342.2의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
6. 특고압의 이동전선은 터널 등에 시설해서는 안 된다.

242.7.5 터널 등에 시설하는 배선 기구 등의 시설

터널 등에 시설하는 배선기구 및 전기사용기계기구 등은 옥측 또는 옥외에 시설하는 배선기구 및 전기사용기계기구 등의 시설에 준용한다.

242.8 이동식 숙박차량 정박지, 야영지 및 이와 유사한 장소

242.8.1 적용범위

레저용 숙박차량·텐트 또는 이동식 숙박차량 정박지의 이동식 주택, 야영장 및 이와 유사한 장소(이하 "이동식 숙박차량 정박지"라 한다)에 전원을 공급하기 위한 회로에만 적용한다.

242.8.2 일반특성의 평가

1. TN 계통에서는 레저용 숙박차량·텐트 또는 이동식 주택에 전원을 공급하는 최종 분기회로에는 PEN 도체가 포함되어서는 아니 된다.
2. 표준전압은 220/380 V를 초과해서는 아니 된다.

242.8.3 안전을 위한 보호

감전에 대한 보호는 211의 규정을 준용하되 다음에 대한 보호는 사용하여서는 아니된다.

가. 장애물에 의한 보호
나. 접촉범위(Arm’s reach) 밖에 두는 것에 의한 보호
다. 비도전성 장소에 의한 보호
라. 비접지 국부 등전위 접속에 의한 보호

242.8.4 전기기기의 선정 및 설치에 대한 외부영향

이동식 숙박차량 정박지 내 옥외에 설치되는 전기기기들은 다음의 외부 영향에 따라야 한다.

가. 물의 존재(AD): AD4, KS C IEC 60529(외곽의 방진 보호 및 방수 보호 등급)를 따르는 IPX4 이상의 보호등급
나. 침입 고형물질의 존재(AE): AE3, KS C IEC 60529(외곽의 방진 보호 및 방수 보호 등급)를 따르는 IP4X 이상의 보호등급
다. 충격(AG): AG2, KS C IEC 62262(외부 기계적 충격에 대한 전기기기용 외곽의 보호 등급)를 따르는 IK07 이상의 보호등급

242.8.5 배선방식

1. 이동식 숙박차량 정박지에 전원을 공급하기 위하여 시설하는 배선은 지중케이블 및 가공케이블 또는 가공절연전선을 사용하여야 한다.
2. 지중케이블은 추가적인 기계적 보호가 제공되지 않는 한 손상(텐트 고정말뚝, 지면 고정앵커 또는 차량의 이동에 의한 손상 등)을 방지하기 위하여 매설 깊이를 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에는 1.0 m 이상, 기타 장소에는 0.6 m 이상으로 하여야 한다.
3. 가공케이블 또는 가공절연전선은 다음에 적합하여야 한다.
   가. 모든 가공전선은 절연되어야 한다.
   나. 가공배선을 위한 전주 또는 다른 지지물은 차량의 이동에 의하여 손상을 받지 않는 장소에 설치하거나 손상을 받지 아니하도록 보호되어야 한다.
   다. 가공전선은 차량이 이동하는 모든 지역에서 지표상 6 m, 다른 모든 지역에서는 4 m 이상의 높이로 시설하여야 한다.

242.8.6 전원자동차단에 의한 고장보호장치

1. 누전차단기
   가. 모든 콘센트는 정격감도전류가 30 mA 이하인 누전차단기(중성선을 포함한 모든 극이 차단되는 것)에 의하여 개별적으로 보호되어야 한다.
   나. 이동식 주택 또는 이동식 조립주택에 공급하기 위해 고정 접속되는 최종분기회로는 정격감도전류가 30 mA 이하인 누전차단기(중성선을 포함한 모든 극이 차단되는 것)에 의하여 개별적으로 보호되어야 한다.
2. 과전류에 대한 보호장치
   가. 모든 콘센트는 212의 요구사항에 따라서 과전류보호장치로 개별적으로 보호하여

야 한다.

나. 이동식 주택 또는 이동식 조립주택에 전원 공급을 위한 고정 접속용의 최종분기 회로는 212의 요구사항에 따라서 과전류보호장치로 개별적으로 보호하여야 한다.

242.8.7 단로장치

각 배전반에는 적어도 하나의 단로장치를 설치하여야 한다. 이 장치는 중성선을 포함하여 모든 충전도체를 분리하여야 한다.

242.8.8 콘센트 시설

콘센트는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 모든 콘센트는 KS C IEC 60309-2(산업용 플러그, 콘센트 및 커플러-제2부 : 핀 및 핀받이의 치수 요구사항)에 적합하여야 하며, 최소한 IP44의 보호등급을 충족하거나 외함에 의해 그와 동등한 보호등급 이상이 되도록 시설하여야 한다.

나. 모든 콘센트는 이동식 숙박차량의 정박구획 또는 텐트 구획에 가깝게 시설되어야 하며, 배전반 또는 별도의 외함 내에 설치되어야 한다.

다. 긴 연결코드로 인한 위험을 방지하기 위하여 하나의 외함 내에는 4개 이하의 콘센트를 조합 배치하여야 한다.

라. 모든 이동식 숙박차량의 정박구획 또는 텐트구획은 적어도 하나의 콘센트가 공급되어야 한다.

마. 정격전압 200 V ~ 250 V, 정격전류 16 A 단상 콘센트가 제공되어야 한다. 다만, 보다 큰 수요가 예상되는 경우에는 더 높은 정격의 콘센트를 제공하여야 한다.

바. 콘센트는 지면으로부터 0.5 m ~ 1.5 m 높이에 설치하여야 한다. 가혹한 환경조건의 특수한 경우에는 정해진 최대 높이 1.5 m를 초과하는 것이 허용된다. 이러한 경우 플러그의 안전한 삽입 및 분리가 보장되어야 한다.

242.9 마리나 및 이와 유사한 장소

242.9.1 적용범위

마리나 및 이와 유사장소(이하 “마리나” 라 한다)의 놀이용 수상 기계기구 또는 선상가옥에 전원을 공급하는 회로에만 적용한다. 다만, 다음의 경우에는 적용하지 아니한다.

가. 공공 전력망에서 직접 전력을 공급받는 선상가옥

나. 놀이용 수상 기계기구나 선상가옥의 내부 전기설비

242.9.2 계통접지 및 전원공급

1. 마리나에서 TN 계통의 사용 시 TN-S 계통만을 사용하여야 한다. 육상의 절연변압기를 통하여 보호하는 경우를 제외하고 누전차단기를 사용하여야 한다. 또한, 놀이용 수상 기계기구 또는 선상가옥에 전원을 공급하는 최종회로는 PEN 도체를 포함해서는 아니 된다.
2. 표준전압은 220/380 V를 초과해서는 아니 된다.

242.9.3 안전 보호

1. 감전에 대한 보호는 242.8.3을 준용한다.
2. 놀이용 수상 기계기구에 전원을 공급하기 위해 전기적 분리에 의한 보호대책이 사용되는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 회로는 KS C IEC 61558-2-4(전력용변압기, 전원공급장치 및 유사기기의 안전-제2부 : 범용 절연변압기의 개별요구사항)에 적합하게 고정된 절연변압기를 통하여 공급되어야 한다. 절연변압기로 전원을 공급하는 보호도체는 놀이용 수상 기계기구에 공급하는 콘센트의 접지극에 연결되어서는 아니 된다.
   나. 놀이용 수상 기계기구의 등전위본딩은 육상 공급전원의 보호도체에 접속해서는 안 된다.

242.9.4 전기기기의 선정 및 설치에 대한 외부영향

마리나 내 옥외에 설치되는 전기기기들은 다음의 외부 영향에 따라야 한다.

가. 물의 존재(AD): 물의 비말(AD4) IPX4, 물의 분사(AD5) IPX5, 물의 파도(AD6) IPX6 이상의 보호등급
나. 침입 고형물질의 존재(AE): AE3, IP4X 이상의 보호등급
다. 부식 또는 오염 물질의 존재(AF): 부식성 물질 또는 오염 물질 AF2, 탄화수소 AF3
라. 충격(AG): AG2, IK07 이상의 보호등급

242.9.5 배선방식

1. 마리나 내의 배선은 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 지중케이블
   나. 가공케이블 또는 가공절연전선
   다. 구리 도체로서 열가소성 또는 탄성재료 절연 케이블로 움직임·충격·부식 및 주위온도 등의 외부영향을 고려한 케이블 관리시스템에 따라 설치된 케이블
   라. PVC 보호피복의 무기물 절연케이블
   마. 열가소성 또는 탄성재료 피복의 외장케이블
   바. “가”에서 “마”까지의 것과 동등 이상의 케이블 또는 재료
2. 마리나 내의 배선은 다음의 경우에 시설해서는 안 된다.
   가. KS C IEC 60364-5-52(전기기기의 선정 및 설치－배선설비)의 “표 A.52.3”의 35번과 36번의 설치방법의 예와 같이 지지선에 매달리거나 지지대를 사용하여 공기중에 가설된 가공케이블 또는 가공도체
   나. KS C IEC 60364-5-52(전기기기의 선정 및 설치－배선설비)의 “표 A.52.3”의 4번과 6번의 설치방법의 예와 같은 전선관, 트렁킹 등의 내부 절연전선
   다. 알루미늄 도체 케이블
   라. 무기물 절연케이블

3. 케이블 및 케이블 관리시스템은 조류 및 물에 뜨는 구조물의 다른 움직임에 의한 기계적 손상이 없도록 선정 및 시공되어야 한다.
4. 지중케이블은 추가적인 기계적 보호가 제공되지 않는 한 수송매체 등의 이동에 따른 손상을 피할 수 있도록 매설 깊이를 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에는 1.0 m 이상, 기타 장소에는 0.6 m 이상으로 하여야 한다.
5. 가공케이블 또는 가공절연전선은 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 모든 가공전선은 절연되어야 한다.
   나. 가공배선을 위한 전주 또는 다른 지지물은 차량의 이동에 의하여 손상을 받지 않는 장소에 설치하거나 손상을 받지 않도록 보호되어야 한다.
   다. 가공전선은 수송매체가 이동하는 모든 지역에서 지표상 6 m, 다른 모든 지역에서는 4 m 이상의 높이로 시설하여야 한다.

242.9.6 전원의 자동차단에 의한 고장보호

1. 누전차단기는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 정격전류가 63 A 이하인 모든 콘센트는 정격감도전류가 30 mA 이하인 누전차단기에 의해 개별적으로 보호되어야 한다. 채택된 누전차단기는 중성극을 포함한 모든 극을 차단하여야 한다.
   나. 정격전류가 63 A를 초과하는 콘센트는 정격감도전류 300 mA 이하이고, 중성극을 포함한 모든 극을 차단하는 누전차단기에 의해 개별적으로 보호되어야 한다.
   다. 주거용 선박에 전원을 공급하는 접속장치는 30 mA를 초과하지 않는 개별 누전차단기로 보호되어야 하며, 선택된 누전차단기는 중성극을 포함한 모든 극을 차단하여야 한다.
2. 과전류에 대한 보호장치
   가. 각 콘센트는 212의 요구사항에 따른 과전류 보호장치에 의해 개별적으로 보호되어야 한다.
   나. 선상가옥에 전원 공급을 위한 고정 접속용의 최종분기회로는 212의 요구사항에 따른 과전류 보호장치에 의해 개별적으로 보호되어야 한다.

242.9.7 단로장치

각 배전반에는 적어도 하나의 단로장치를 설치하여야 한다. 이 장치는 중성선을 포함하여 모든 충전도체를 분리하여야 한다.

242.9.8 콘센트 시설

콘센트는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 정격전류가 63 A 이하인 콘센트는 KS C IEC 60309-2(산업용 플러그, 콘센트 및 커플러-제2부: 핀 및 핀받이의 치수 요구사항)에 적합하여야 한다. 정격전류가 63 A를 초과하는 콘센트는 KS C IEC 60309-1(산업용 플러그, 콘센트 및 커플러 제1부: 일반요구사항)에 적합하여야 한다.

(1) 모든 콘센트는 최소한 보호등급 IP44를 만족하거나 외함에 의해 그와 동등한 보호등급이 제공되어야 한다.

(2) AD5 또는 AD6 코드가 적용되어야 하는 경우 각각의 보호등급은 최소한 IPX5 또는 IPX6에 적합하여야 한다.

나. 모든 콘센트는 정박 위치에 가까이 시설되어야 하며, 배전반 또는 별도의 외함 내에 설치되어야 한다.

다. 긴 연결코드로 인한 위험을 방지하기 위하여 하나의 외함 안에는 4개 이하의 콘센트가 조합 배치되어야 한다.

라. 하나의 콘센트는 오직 하나의 놀이용 수상 기계기구 또는 하나의 선상가옥에만 전원을 공급하여야 한다.

마. 정격전압 200 V ~ 250 V, 정격전류 16 A 단상 콘센트가 제공되어야 한다. 다만, 보다 큰 수요가 예상되는 경우에는 더 높은 정격의 콘센트를 제공하여야 한다.

바. 모든 콘센트는 비말이나 침수의 영향을 피할 수 있는 곳에 설치하여야 한다.

242.10 의료장소

242.10.1 적용범위

의료장소[병원이나 진료소 등에서 환자의 진단·치료(미용치료 포함)·감시·간호 등의 의료행위를 하는 장소를 말한다. 이하 같다]는 의료용 전기기기의 장착부(의료용 전기기기의 일부로서 환자의 신체와 필연적으로 접촉되는 부분)의 사용방법에 따라 다음과 같이 구분한다.

가. 그룹 0: 일반병실, 진찰실, 검사실, 처치실, 재활치료실 등 장착부를 사용하지 않는 의료장소

나. 그룹 1: 분만실, MRI실, X선 검사실, 회복실, 구급처치실, 인공투석실, 내시경실 등 장착부를 환자의 신체 외부 또는 심장 부위를 제외한 환자의 신체 내부에 삽입시켜 사용하는 의료장소

다. 그룹 2: 관상동맥질환 처치실(심장카테터실), 심혈관조영실, 중환자실(집중치료실), 마취실, 수술실, 회복실 등 장착부를 환자의 심장 부위에 삽입 또는 접촉시켜 사용하는 의료장소

242.10.2 의료장소별 계통접지

242.10.1의 의료장소별로 다음과 같이 계통접지를 적용한다.

가. 그룹 0: TT 계통 또는 TN 계통

나. 그룹 1: TT 계통 또는 TN 계통. 다만, 전원자동차단에 의한 보호가 의료행위에 중대한 지장을 초래할 우려가 있는 의료용 전기기기를 사용하는 회로에는 의료 IT 계통을 적용할 수 있다.

다. 그룹 2: 의료 IT 계통. 다만, 이동식 X-레이 장치, 정격출력이 5 kVA 이상인 대형 기기용 회로, 생명유지 장치가 아닌 일반 의료용 전기기기에 전력을 공급하는 회로 등에는 TT 계통 또는 TN 계통을 적용할 수 있다.

라. 의료장소에 TN 계통을 적용할 때에는 주배전반 이후의 부하 계통에서는 TN-C 계통으로 시설하지 말 것.

242.10.3 의료장소의 안전을 위한 보호 설비

의료장소의 안전을 위한 보호설비는 다음과 같이 시설한다.

가. 그룹 1 및 그룹 2의 의료 IT 계통은 다음과 같이 시설할 것.

(1) 전원측에 KS C IEC 61558-2-15(전력용 변압기, 리액터, 전원공급장치 및 이와 유사한 기기의 안전 제2-15부: 의료설비용 절연변압기의 개별요구사항)에 따라 이중 또는 강화절연을 한 비단락 보증 절연변압기를 설치하고 그 2차측 전로는 접지하지 말 것.

(2) 비단락 보증 절연변압기는 함 속에 설치하여 충전부가 노출되지 않도록 하고 의료장소의 내부 또는 가까운 외부에 설치할 것.

(3) 비단락 보증 절연변압기의 2차측 정격전압은 교류 250 V 이하로 하며 공급방식은 단상 2선식, 정격출력은 10 kVA 이하로 할 것.

(4) 3상 부하에 대한 전력공급이 요구되는 경우 비단락 보증 3상 절연변압기를 사용할 것.

(5) 비단락 보증 절연변압기의 과부하 전류 및 초과 온도를 지속적으로 감시하는 장치를 설치할 것.

(6) 의료 IT 계통의 절연상태를 지속적으로 계측, 감시하는 장치를 다음과 같이 설치할 것.

(가) KS C IEC 60364-7-710(특수설비 또는 특수장소에 대한 요구사항－의료장소)에 따라 절연감시장치를 설치하고 절연저항이 50 kΩ 까지 감소하면 표시설비 및 음향설비로 경보를 발하도록 할 것.

(나) 의료 IT 계통에서 절연감시장치와 절연 고장 위치 탐지장치를 설치하는 경우에는 KS C IEC 61557-8(교류 1000 V 및 직류 1500 V 이하의 저압 배전 계통의 전기 안전-보호수단의 시험, 측정 또는 감시용 장비-제8부 : IT 계통용 절연 감시장치), KS C IEC 61557-9(교류 1000 V 및 직류 1500 V 이하 저압 배전 계통의 전기 안전－보호 수단의 시험, 측정 또는 감시용 장비-제9부 : IT 계통에서 절연고장 위치탐지를 위한 장비)에 적합하도록 시설할 것.

(다) (가) 및 (나)의 표시설비 및 음향설비를 배치하여 의료진에 의하여 지속적으로 감시될 수 있도록 할 것.

(라) 표시설비는 의료 IT 계통이 정상일 때에는 녹색으로 표시되고 의료 IT 계통의 절연저항이 (가) 및 (나)의 조건에 도달할 때에는 노란색으로 표시되도록

할 것. 또한 각 표시들은 정지시키거나 차단시키는 것이 불가능한 구조일 것.

(마) 수술실 등의 내부에 설치되는 음향설비가 의료행위에 지장을 줄 우려가 있는 경우에는 기능을 정지시킬 수 있는 구조일 것.

(7) 의료 IT 계통의 분전반은 의료장소의 내부 혹은 가까운 외부에 설치할 것.

(8) 의료 IT 계통에 접속되는 콘센트는 TT 계통 또는 TN 계통에 접속되는 콘센트와 혼용됨을 방지하기 위하여 구분 표시할 것.

나. 그룹 1과 그룹 2의 의료장소에서 사용하는 교류 콘센트는 KS C 8305(배선용 꽂음접속기)에 따른 배선용 콘센트를 사용할 것. 다만, 플러그가 빠지지 않는 구조의 콘센트가 필요한 경우에는 걸림형을 사용한다.

다. 그룹 1과 그룹 2의 의료장소에 무영등 등을 위한 특별저압(SELV 또는 PELV)회로를 시설하는 경우에는 사용전압은 교류 실효값 25 V 또는 리플프리(ripple-free)직류 60 V 이하로 할 것.

라. 의료장소의 전로에는 정격 감도전류 30 mA 이하, 동작시간 0.03초 이내의 누전차단기를 설치할 것. 다만, 다음의 경우는 그러하지 아니하다.

(1) 의료 IT 계통의 전로

(2) TT 계통 또는 TN 계통에서 전원자동차단에 의한 보호가 의료행위에 중대한 지장을 초래할 우려가 있는 회로에 누전경보기를 시설하는 경우

(3) 의료장소의 바닥으로부터 2.5 m를 초과하는 높이에 설치된 조명기구의 전원회로

(4) 건조한 장소에 설치하는 의료용 전기기기의 전원회로

242.10.4 의료장소 내의 접지 설비

의료장소와 의료장소 내의 전기설비 및 의료용 전기기기의 노출도전부, 그리고 계통외도전부에 대하여 다음과 같이 접지설비를 시설하여야 한다.

가. 의료장소마다 그 내부 또는 근처에 등전위본딩 바를 설치할 것. 다만, 인접하는 의료장소와의 바닥 면적 합계가 50 ㎡ 이하인 경우에는 등전위본딩 바를 공용할 수 있다.

나. 의료장소 내에서 사용하는 모든 전기설비 및 의료용 전기기기의 노출도전부는 보호도체에 의하여 등전위본딩 바에 각각 접속되도록 할 것.

(1) 콘센트 및 접지단자의 보호도체는 등전위본딩 바에 직접 접속할 것.

(2) 보호도체의 공칭 단면적은 142.3.2의 표 142.3-1에 따라 선정할 것.

다. 그룹 2의 의료장소에서 환자환경(환자가 점유하는 장소로부터 1.5 m 이내의 범위) 내에 있는 계통외 도전부와 전기설비 및 의료용 전기기기의 노출도전부, 전자기장해(EMI) 차폐선, 도전성 바닥 등은 등전위본딩을 시행할 것.

(1) 계통외도전부와 전기설비 및 의료용 전기기기의 노출도전부 상호 간을 접속한

후 이를 등전위본딩 바에 각각 접속할 것.

(2) 한 명의 환자에게는 동일한 등전위본딩 바를 사용하여 등전위본딩을 시행할 것.

(3) 등전위 본딩도체는 “나” (2)의 보호도체와 동일 규격 이상의 것으로 선정할 것.

라. 접지도체는 다음과 같이 시설할 것.

(1) 접지도체의 공칭단면적은 등전위본딩 바에 접속된 보호도체 중 가장 큰 것 이상으로 할 것.

(2) 철골, 철근 콘크리트 건물에서는 철골 또는 2조 이상의 주철근을 접지도체의 일부분으로 활용할 수 있다.

242.10.5 의료장소내의 비상전원

상용전원 공급이 중단될 경우 의료행위에 중대한 지장을 초래할 우려가 있는 전기설비 및 의료용 전기기기에는 다음 및 KS C IEC 60364-7-710(특수설비 또는 특수장소에 대한 요구사항-의료장소)에 따라 비상전원을 공급하여야 한다.

가. 절환시간 0.5초 이내에 비상전원을 공급하는 장치 또는 기기

(1) 0.5초 이내에 전력공급이 필요한 생명유지장치

(2) 그룹 1 또는 그룹 2의 의료장소의 수술등, 내시경, 수술실 테이블, 기타 필수 조명

나. 절환시간 15초 이내에 비상전원을 공급하는 장치 또는 기기

(1) 15초 이내에 전력공급이 필요한 생명유지장치

(2) 그룹 2의 의료장소에 최소 50%의 조명, 그룹 1의 의료장소에 최소 1개의 조명

다. 절환시간 15초를 초과하여 비상전원을 공급하는 장치 또는 기기

(1) 병원기능을 유지하기 위한 기본 작업에 필요한 조명

(2) 그 밖의 병원 기능을 유지하기 위하여 중요한 기기 또는 설비

242.11 엘리베이터·소형물품 운반용 승강기 등의 승강로 안의 저압 옥내배선 등의 시설

엘리베이터 · 소형물품 운반용 승강기 등의 승강로 내에 시설하는 사용전압이 400 V 이하인 저압 옥내배선, 저압의 이동전선 및 이에 직접 접속하는 리프트 케이블은 이에 적합한 KS C IEC 60227-6(비닐 리프트 케이블) 또는 KS C IEC 60245-5(2005)(고무 리프트 케이블)를 사용하여야 한다.

243 저압 옥내 직류전기설비

243.1 저압 옥내 직류전기설비

243.1.1 전기품질

1. 저압 옥내 직류전로에 교류를 직류로 변환하여 공급하는 경우에 직류는 KS C IEC 60364-4-41(안전을 위한 보호-감전에 대한 보호)의 “410.3.1” 에 따른 리플프리 직류이어야 한다.
2. 제1에 따라 직류를 공급하는 경우의 고조파 전류는 KS C 9610-3-2[전자파적합성(EMC) - 제3-2부: 허용기준 - 고조파 전류의 허용기준(상당 입력 전류 16 A이하 기기)] 및 KS C 9610-3-12[전자파적합성(EMC) — 제3-12부: 허용기준 — 공공 저압 배전망에 연결된 기기에서 발생하는 고조파 전류의 허용기준(16 A < 상당 입력 전류 ≤ 75 A)]에서 정한 값 이하이어야 한다.

243.1.2 저압 옥내 직류전기설비의 시설

저압 옥내 직류전기설비는 232의 규정에 따라 시설하여야 한다.

243.1.3 저압 직류과전류차단장치

1. 212.3.4에 의하여 저압 직류전로에 과전류차단장치를 시설하는 경우 직류단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 하고 “직류용” 표시를 하여야 한다.
2. 다중전원전로의 과전류차단기는 모든 전원을 차단할 수 있도록 시설하여야 한다.

243.1.4 저압 직류지락차단장치

211.2.4에 의하여 저압 직류전로에 지락이 생겼을 때 자동으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 하며 “직류용” 표시를 하여야 한다.

243.1.5 저압 직류개폐장치

1. 직류전로에 사용하는 개폐기는 직류전로 개폐 시 발생하는 아크에 견디는 구조이어야 한다.
2. 다중전원전로의 개폐기는 개폐할 때 모든 전원이 개폐될 수 있도록 시설하여야 한다.

243.1.6 저압 직류전기설비의 전기부식 방지

243.1.8에 의하여 저압 직류전기설비를 접지하는 경우에는 직류누설전류에 의한 전기부식작용으로 인한 접지극이나 다른 금속체에 손상의 위험이 없도록 시설하여야 한다. 다만, 243.1.4에 의한 직류지락차단장치를 시설한 경우에는 그러하지 아니하다.

243.1.7 축전지실 등의 시설

1. 30 V를 초과하는 축전지는 비접지측 도체에 쉽게 차단할 수 있는 곳에 개폐기를 시설하여야 한다.
2. 옥내전로에 연계되는 축전지는 비접지측 도체에 과전류 보호장치를 시설하여야 한다.
3. 축전지실 등은 폭발성의 가스가 축적되지 않도록 환기장치 등을 시설하여야 한다.

243.1.8 저압 옥내 직류전기설비의 접지

1. 저압 옥내 직류전기설비는 전로 보호장치의 확실한 동작의 확보, 이상전압 및 대지전압의 억제를 위하여 직류 2선식의 임의의 한 점 또는 변환장치의 직류측 중간점, 태양전지의 중간점 등을 접지하여야 한다. 다만, 직류 2선식을 다음에 따라 시설하는 경우는 그러하지 아니하다.
   가. 사용전압이 60 V 이하인 경우
   나. 접지검출기를 설치하고 특정구역내의 산업용 기계기구에만 공급하는 경우
   다. 교류전로로부터 공급을 받는 정류기에서 인출되는 직류계통
   라. 최대전류 30 mA 이하의 직류화재경보회로
   마. 절연감시장치 또는 절연고장점검출장치를 설치하여 관리자가 확인할 수 있도록 경보장치를 시설하는 경우
2. 제1의 접지공사는 140의 규정에 의하여 접지하여야 한다.
3. 직류전기설비를 시설하는 경우는 감전에 대한 보호를 하여야 한다.
4. 직류전기설비의 접지시설은 243.1.6에 준용하여 전기부식방지를 하여야 한다.
5. 직류접지계통은 교류접지계통과 같은 방법으로 금속제 외함, 교류접지도체 등과 본딩하여야 하며, 교류접지가 피뢰설비·통신접지 등과 통합접지되어 있는 경우는 함께 통합접지공사를 할 수 있다. 이 경우 낙뢰 등에 의한 과전압으로부터 전기설비 등을 보호하기 위해 KS C IEC 60364-5-53(전기기기의 선정 및 시공－절연, 개폐 및 제어)의 “534 과전압 보호장치” 에 따라 서지보호장치(SPD)를 설치하여야 한다.

244 비상용 예비전원설비

244.1 일반 요구사항

244.1.1 적용범위

1. 이 규정은 상용전원이 정전되었을 때 사용하는 비상용 예비전원설비를 수용장소에 시설하는 것에 적용하여야 한다.
2. 비상용 예비전원으로 발전기 또는 이차전지 등을 이용한 전기저장장치 및 이와 유사한 설비를 시설하는 경우에는 해당 설비에 관련된 규정을 적용하여야 한다.

244.1.2 비상용 예비전원설비의 조건 및 분류

1. 비상용 예비전원설비는 상용전원의 고장 또는 화재 등으로 정전되었을 때 수용장소에 전력을 공급하도록 시설하여야 한다.
2. 화재조건에서 운전이 요구되는 비상용 예비전원설비는 다음의 2가지 조건이 추가적으로 충족되어야 한다.
   가. 비상용 예비전원은 해당규정에서 요구하는 시간 동안 전력 공급이 지속되도록 선정하여야 한다.
   나. 모든 비상용 예비전원의 기기는 내화 보호 성능을 갖도록 선정하여 설치하여야 한다.
3. 비상용 예비전원설비의 전원 공급방법은 다음과 같이 분류한다.
   가. 수동 전원공급
   나. 자동 전원공급
4. 자동 전원공급은 절환 시간에 따라 다음과 같이 분류된다.
   가. 무순단: 과도시간 내에 전압 또는 주파수 변동 등 정해진 조건에서 연속적인 전원공급이 가능한 것
   나. 순단: 0.15초 이내 자동 전원공급이 가능한 것
   다. 단시간 차단: 0.5초 이내 자동 전원공급이 가능한 것
   라. 보통 차단: 5초 이내 자동 전원공급이 가능한 것
   마. 중간 차단: 15초 이내 자동 전원공급이 가능한 것
   바. 장시간 차단: 자동 전원공급이 15초 이후에 가능한 것
5. 비상용 예비전원설비에 필수적인 기기는 지정된 동작을 유지하기 위해 절환 시간과 호환되어야 한다.

244.2 시설기준

244.2.1 비상용 예비전원의 시설

1. 비상용 예비전원은 고정설비로 하고, 상용전원의 고장에 의해 해로운 영향을 받지 않는 방법으로 설치하여야 한다.

2. 비상용 예비전원은 운전에 적합한 장소에 설치해야 하며, 기능자 및 숙련자만 접근 가능하도록 설치하여야 한다.
3. 비상용 예비전원에서 발생하는 가스, 연기 또는 증기가 사람이 있는 장소로 침투하지 않도록 환기하여야 한다.
4. 비상용 예비전원은 비상용 예비전원의 유효성이 손상되지 않는 경우에만 비상용 예비전원설비 이외의 목적으로 사용할 수 있다. 비상용 예비전원설비는 다른 용도의 회로에 일어나는 고장 시 어떠한 비상용 예비전원설비 회로도 차단되지 않도록 하여야 한다.
5. 비상용 예비전원으로 전기사업자의 배전망과 수용가의 독립된 전원을 병렬운전이 가능하도록 시설하는 경우, 독립운전 또는 병렬운전 시 단락보호 및 고장보호가 확보되어야 한다. 이 경우, 병렬운전에 관한 전기사업자의 동의를 받아야 하며 전원의 중성점간 접속에 의한 순환전류와 제3고조파의 영향을 제한하여야 한다.
6. 상용전원의 정전으로 비상용전원이 대체되는 경우에는 상용전원과 병렬운전이 되지 않도록 다음 중 하나 또는 그 이상의 조합으로 격리조치를 하여야 한다.
   가. 조작기구 또는 절환 개폐장치의 제어회로 사이의 전기적, 기계적 또는 전기기계적 연동
   나. 단일 이동식 열쇠를 갖춘 잠금 계통
   다. 차단-중립-투입의 3단계 절환 개폐장치
   라. 상호 연동기능을 갖춘 자동 절환 개폐장치
   마. 동등한 동작을 보장하는 기타 수단

244.2.2 비상용 예비전원설비의 배선

1. 비상용 예비전원설비의 전로는 다른 전로로부터 독립되어야 한다.
2. 비상용 예비전원설비의 전로는 그들이 내화성이 아니라면, 어떠한 경우라도 화재의 위험과 폭발의 위험에 노출되어 있는 지역을 통과해서는 안 된다.
3. 과전류 보호장치는 하나의 전로에서의 과전류가 다른 비상용 예비전원설비 전로의 정확한 작동에 손상을 주지 않도록 선정 및 설치하여야 한다.
4. 독립된 전원이 있는 2개의 서로 다른 전로에 의해 공급되는 기기에서는 하나의 전로 중에 발생하는 고장이 감전에 대한 보호는 물론 다른 전로의 운전도 손상해서는 안 된다. 그런 기기는 필요하다면, 두 전로의 보호도체에 접속하여야 한다.
5. 소방전용 엘리베이터 전원 케이블 및 특수 요구사항이 있는 엘리베이터용 배선을 제외한 비상용 예비전원설비 전로는 엘리베이터 샤프트 또는 굴뚝같은 개구부에 설치해서는 안 된다.
6. 화재상태에서 운전이 요구되는 비상용 예비전원설비는 다음 중 하나 또는 그 이상의 성능의 것을 적용하여야 한다.
   가. KS C IEC 60702-1(정격 전압 750 V 이하 무기물 절연 케이블 및 그 단말부－제1

부 : 케이블) 및 KS C IEC 60702-2(정격전압 750 V 이하 무기물 절연케이블 및 단말부-제2부 : 단말부)에 적합한 무기물절연(MI)케이블

나. KS C IEC 60331-1(화재 조건에서 전기 케이블 시험-회로 보존성-제1부 : 정격 전압 0.6/1.0 kV이고 완성 바깥지름 20mm를 초과하는 케이블에 대한 최소 830 ℃에서 충격 화재 시험방법), KS C IEC 60331-2(화재 조건에서 전기 케이블 시험-회로 보존성-제2부 : 정격 전압 0.6/1.0 kV이고 완성 바깥지름 20mm를 초과하지 않는 케이블에 대한 최소 830 ℃에서 충격 화재 시험방법), KS C IEC 60332-3-24(화재 조건에서의 전기 및 광섬유케이블 시험-제3-24부 : 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃전파 시험-카테고리 C)에 적합한 내화 케이블

다. 화재 및 기계적 보호를 위한 배선설비

7. 배선설비는 화재 및 기계적 보호를 유지하기 위한 구조적인 외함 또는 개별 화재 구획 등 화재 시 손상되지 않는 회로 보전방법으로 고정 및 설치되어야 한다.
8. 비상용 예비전원설비의 제어 및 간선 배선은 비상용 예비전원설비에 사용되는 배선과 동일한 요구사항에 따라야 한다. 이것은 비상용 예비전원이 필요한 기기의 운전에 악영향을 미치지 않는 회로에는 적용하지 않는다.
9. 직류로 공급될 수 있는 비상용 예비전원설비 전로는 2극 과전류 보호장치를 구비하여야 한다.
10. 교류전원과 직류전원 모두에서 사용하는 개폐장치 및 제어장치는 교류조작 및 직류조작 모두에 적합하여야 한다.

245 무정전전원장치

245.1 적용범위

이 규정은 교류 입력전원이 정전되었을 때 부하전력의 연속성을 확보하기 위해 전력변환장치, 스위치 및 이차전지 등을 조합하여 구성한 전원장치를 시설하는 것에 적용한다.

245.2 설비의 안전 요구사항

1. 무정전전원장치는 감전 또는 전로나 기기의 손상 등 사고가 발생하지 않도록 KS C IEC 62040-1(무정전전원장치-제1부 일반 및 안전요구사항)에 따라 시설하여야 한다.
2. 무정전전원장치의 시설장소에는 확인하기 쉬운 위치에 "무정전전원장치 시설장소" 표지를 하고, 일반인이 출입할 수 없도록 잠금장치 등을 설치하여야 한다.
3. 고장이나 외부 환경요인으로 인하여 비상상황 발생 또는 출력에 문제가 있을 경우 무정전전원장치가 부하로 전원을 더 이상 공급하는 것을 방지 또는 차단할 수 있어야 한다.
4. 이차전지를 이용한 무정전전원장치는 511에 준하여 시설하여야 한다.

245.3 특정기술을 이용한 무정전전원장치의 시설

1. 20 kWh를 초과하는 리튬·나트륨 계열의 이차전지를 이용한 무정전전원장치의 경우 245.2에 따르는 외에 다음에 의하여 시설하여야 한다.
   가. 이차전지 용량 선정과 운영에 관한 사항은 512.1.2에 따른다.
   나. 이차전지의 열폭주 및 폭발방지를 위한 대책은 512.1.3에 따른다.
   다. 제어 및 보호장치의 시설은 512.1.4에 따른다.
   라. 이차전지를 전용건물에 시설하는 경우에는 512.1.5에 따른다. 다만, 이차전지 총 용량이 600 kWh 이하의 경우 이차전지를 다른 전기설비와 분리된 격실에 시설하지 않을 수 있다.
   마. 이차전지를 전용건물 이외의 장소에 시설하는 경우에는 다음과 같이 시설하여야 한다.
      (1) 이차전지 총 용량은 600 kWh를 초과하여 설치할 수 있다. 이 경우에 이차전지는 다른 전기설비와 분리된 격실에 시설하여야 한다.
      (2) 512.1.5의 "다" (1), (3), (4), "라", "마", "사" 와 512.1.6("가", "다", "라", "마" 에 따른다)에 따른다. 다만, 화재확산 방지에 대한 기준(UL 9540A 또는 동등 이상의 기준)에 적합할 경우 512.1.6의 "다" 이차전지랙과 랙 사이의 이격은 예외로 한다.
   바. 셀의 온도, 전압 등의 상태를 확인할 수 있는 전지관리시스템을 갖추어야 하고,

상용전원의 정전 시에도 동작할 수 있어야 한다.

2. 70 kWh를 초과하는 납계·니켈계·바나듐계 이차전지를 이용한 무정전전원장치의 경우 512.2에 따른다.
3. 20 kWh를 초과하는 흐름전지를 이용한 무정전전원장치의 경우 512.3에 따른다.

3. 고압·특고압 전기설비

(300 통칙)

301 적용범위

교류 1 kV 초과 또는 직류 1.5 kV를 초과하는 고압 및 특고압 전기를 공급하거나 사용하는 전기설비에 적용한다. 고압 및 특고압 전기설비에서 적용하는 전압의 구분은 111.1의 2에 따른다.

302 기본원칙

302.1 일반사항

설비 및 기기는 그 설치장소에서 예상되는 전기적, 기계적, 환경적인 영향에 견디는 능력이 있어야 한다.

302.2 전기적 요구사항

1. 중성점 접지방법

   중성점 접지방식의 선정시 다음을 고려하여야 한다.

   가. 전원공급의 연속성 요구사항

   나. 지락고장에 의한 기기의 손상제한

   다. 고장부위의 선택적 차단

   라. 고장위치의 감지

   마. 접촉 및 보폭전압

   바. 유도성 간섭

   사. 운전 및 유지보수 측면

2. 전압 등급

   사용자는 계통 공칭전압 및 최대운전전압을 결정하여야 한다.

3. 정상 운전 전류

   설비의 모든 부분은 정의된 운전조건에서의 전류를 견딜 수 있어야 한다.

4. 단락전류

   가. 설비는 단락전류로부터 발생하는 열적 및 기계적 영향에 견딜 수 있도록 설치되어야 한다.

   나. 설비는 단락을 자동으로 차단하는 장치에 의하여 보호되어야 한다.

   다. 설비는 지락을 자동으로 차단하는 장치 또는 지락상태 자동표시장치에 의하여 보호되어야 한다.

5. 정격 주파수

   설비는 운전될 계통의 정격주파수에 적합하여야 한다.

6. 코로나

코로나에 의하여 발생하는 전자기장으로 인한 전파장해는 331.1의 범위를 초과하지 않도록 하여야 한다.

7. 전계 및 자계

가압된 기기에 의해 발생하는 전계 및 자계의 한도가 인체에 허용 수준 이내로 제한되어야 한다.

8. 과전압

기기는 낙뢰 또는 개폐동작에 의한 과전압으로부터 보호되어야 한다.

9. 고조파

고조파 전류 및 고조파 전압에 의한 영향이 고려되어야 한다.

302.3 기계적 요구사항

1. 기기 및 지지구조물

기기 및 지지구조물은 그 기초를 포함하며, 예상되는 기계적 충격에 견디어야 한다.

2. 인장하중

인장하중은 현장의 가혹한 조건에서 계산된 최대도체인장력을 견딜 수 있어야 한다.

3. 빙설하중

전선로는 빙설로 인한 하중을 고려하여야 한다.

4. 풍압하중

풍압하중은 그 지역의 지형적인 영향과 주변 구조물의 높이를 고려하여야 한다.

5. 개폐전자기력

지지물을 설계할 때에는 개폐전자기력이 고려되어야 한다.

6. 단락전자기력

단락 시 전자기력에 의한 기계적 영향을 고려하여야 한다.

7. 도체 인장력의 상실

인장애자련이 설치된 구조물은 최악의 하중이 가해지는 애자나 도체(케이블)의 손상으로 인한 도체인장력의 상실에 견딜 수 있어야 한다.

8. 지진하중

지진의 우려성이 있는 지역에 설치하는 설비는 지진하중을 고려하여 설치하여야 한다.

302.4 기후 및 환경조건

설비는 주어진 기후 및 환경조건에 적합한 기기를 선정하여야 하며, 정상적인 운전이 가능하도록 설치하여야 한다.

302.5 특별요구사항

설비는 작은 동물과 미생물의 활동으로 인한 안전에 영향이 없도록 설치하여야 한다.

(310 안전을 위한 보호)

311 안전보호

311.1 절연수준의 선정

절연수준은 기기최고전압 또는 충격내전압을 고려하여 결정하여야 한다.

311.2 기본보호(직접접촉에 대한 보호)

1. 전기설비는 충전부에 무심코 접촉하거나 충전부 근처의 위험구역에 무심코 도달하는 것을 방지하도록 설치되어져야 한다.
2. 계통의 도전성 부분(충전부, 기능상의 절연부, 위험전위가 발생할 수 있는 노출 도전성 부분 등)에 대한 접촉을 방지하기 위한 보호가 이루어져야 한다.
3. 보호는 그 설비의 위치가 출입제한 전기운전구역 여부에 의하여 다른 방법으로 이루어질 수 있다.

311.3 고장보호(간접접촉에 대한 보호)

전기설비의 노출도전성 부분은 고장 시 충전으로 인한 인축의 감전을 방지하여야 하며, 그 보호방법은 320을 따른다.

311.4 아크고장에 대한 보호

전기설비는 운전 중에 발생되는 아크고장으로부터 운전자가 보호될 수 있도록 시설해야 한다.

311.5 직격뢰에 대한 보호

낙뢰 등에 의한 과전압으로부터 전기설비 등을 보호하기 위해 150에 따라 피뢰시스템을 시설하고,, 그 밖의 조치를 하여야 한다.

311.6 화재에 대한 보호

전기기기의 설치 시에는 공간분리, 내화벽, 불연재료의 시설 등 화재예방을 위한 대책을 고려하여야 한다.

311.7 절연유 누설에 대한 보호

1. 환경보호를 위하여 절연유를 함유한 기기의 누설에 대한 대책이 있어야 한다.
2. 옥내기기의 절연유 유출방지설비
   가. 옥내기기가 위치한 구역의 주위에 누설되는 절연유가 스며들지 않는 바닥에 유출방지 턱을 시설하거나 건축물 안에 지정된 보존구역으로 집유한다.

나. 유출방지 턱의 높이나 보존구역의 용량을 선정할 때 기기의 절연유량뿐만 아니라 화재보호시스템의 용수량을 고려하여야 한다.

3. 옥외설비의 절연유 유출방지설비

가. 절연유 유출 방지설비의 선정은 기기에 들어 있는 절연유의 양, 빗물 및 화재보호시스템의 용수량, 근접 수로 및 토양조건을 고려하여야 한다.

나. 집유조 및 집수탱크가 시설되는 경우 집수탱크는 최대 용량 변압기의 유량에 대한 집유능력이 있어야 한다.

다. 벽, 집유조 및 집수탱크에 관련된 배관은 액체가 침투하지 않는 것이어야 한다.

라. 절연유 및 냉각액에 대한 집유조 및 집수탱크의 용량은 물의 유입으로 지나치게 감소되지 않아야 하며, 자연배수 및 강제배수가 가능하여야 한다.

마. 다음의 추가적인 방법으로 수로 및 지하수를 보호하여야 한다.

(1) 집유조 및 집수탱크는 바닥으로부터 절연유 및 냉각액의 유출을 방지하여야 한다.

(2) 배출된 액체는 흐르는 물 분리장치를 통하여야 하며 이 목적을 위하여 액체의 비중을 고려하여야 한다.

311.8 SF_6의 누설에 대한 보호

1. 환경보호를 위하여 SF_6가 함유된 기기의 누설에 대한 대책이 있어야 한다.
2. SF_6 가스 누설로 인한 위험성이 있는 구역은 환기가 되어야 하며, 세부 사항은 IEC 62271-4:2013(고압 개폐 및 제어 장치-제4부:SF_6 및 그 혼합물의 취급절차)을 따른다.

311.9 식별 및 표시

1. 표시, 게시판 및 공고는 내구성과 내부식성이 있는 물질로 만들고 지워지지 않는 문자로 인쇄되어야 한다.
2. 개폐기반 및 제어반의 운전 상태는 주 접점을 운전자가 쉽게 볼 수 있는 경우를 제외하고 표시기에 명확히 표시되어야 한다.
3. 케이블 단말 및 구성품은 확인되어야 하고 배선목록 및 결선도에 따라서 확인할 수 있도록 관련된 상세 사항이 표시되어야 한다.
4. 모든 전기기기실에는 바깥쪽 및 각 출입구의 문에 전기기기실임과 어떤 위험성을 확인할 수 있는 안내판 또는 경고판과 같은 정보가 표시되어야 한다.

(320 접지설비)

321 고압·특고압 접지계통

321.1 일반사항

1 고압 또는 특고압 기기는 접촉전압 및 보폭전압의 허용 값 이내의 요건을 만족하도록 시설하여야 한다. 다만, 시가지, 주택가 등과 같은 장소 이외에 설치된 철탑(지중전선로와 가공전선로를 연결하는 철탑은 제외한다.)의 경우는 예외로 할 수 있다.

2. 고압 또는 특고압 기기가 출입제한 된 전기설비 운전구역 이외의 장소에 설치되었다면 KS C IEC 61936-1(교류 1kV 초과 전력설비-제1부: 공통규정)의 “10 접지시스템” 에 의한다.

3. 모든 케이블의 금속시스(sheath) 부분은 접지를 하여야 한다.

4. 고압 또는 특고압 전기설비 접지는 140 및 321의 해당 부분을 적용한다.

321.2 접지시스템

1. 고압 또는 특고압 전기설비의 접지는 원칙적으로 142.6에 적합하여야 한다.

2. 고압 또는 특고압과 저압 접지시스템이 서로 근접한 경우에는 다음과 같이 시공하여야한다.

가. 고압 또는 특고압 발전소·변전소·개폐소 및 이에 준하는 장소 내에서만 사용하는 저압전원이 있을 때 저압 접지시스템이 고압 또는 특고압 접지시스템의 구역 안에 포함되어 있다면 각각의 접지시스템은 서로 접속하여야 한다.

나. 고압 또는 특고압 발전소·변전소·개폐소 및 이에 준하는 장소에서 인입 또는 인출되는 저압전원이 있을 때, 접지시스템은 다음과 같이 시공하여야 한다.

(1) 고압 또는 특고압 발전소·변전소·개폐소 및 이에 준하는 장소의 접지시스템은 글로벌접지시스템의 일부분이거나 또는 다중접지된 계통의 중성선에 접속되어있다면 적합성은 보장된다. 이 경우 다중접지된 계통의 중성선에서 분리된 접지시스템의 접지저항 값은 10 Ω 이하이어야 한다. 다만, 글로벌접지시스템이 아닌 경우 표 321.2-1에 따라 각각의 접지시스템 상호 접속 여부를 결정하여야 한다.

(2) 고압 또는 특고압과 저압 접지시스템을 분리하는 경우의 접지극은 고압 또는 특고압 계통의 고장으로 인한 위험을 방지하기 위해 접촉전압과 보폭전압을 허용 값 이내로 하여야 한다.

(3) 고압 및 특고압 발전소·변전소·개폐소 및 이에 준하는 장소에 인접하여 시설된 저압전원의 경우, 기기가 너무 가까이 위치하여 접지계통을 분리하는 것이 불가능한 경우에는 공통 또는 통합접지로 시공하여야 한다.

표 321.2-1 대지전위상승(EPR, Earth Potential Rise) 제한 값에 의한 고압 또는 특고압 및 저압 접지시스템의 상호접속의 최소요건

저압계통의 형태[a,b]		대지전위상승(EPR) 요건		
		접촉전압	스트레스 전압[c]	
			고장지속시간 $t_f \leq 5$ s	고장지속시간 $t_f > 5$ s
TT		해당 없음	EPR≤1200 V	EPR≤250 V
TN		EPR≤$F \cdot U_{Tp}$ [d,e]	EPR≤1200 V	EPR≤250 V
IT	보호도체 있음	TN 계통에 따름	EPR≤1200 V	EPR≤250 V
	보호도체 없음	해당 없음	EPR≤1200 V	EPR≤250 V

[a] 저압계통은 203을 참조한다.
[b] 통신기기는 ITU 추천사항을 적용 한다.
[c] 저압기기가 설치되거나 EPR이 측정이나 계산에 근거한 국부전위차로 바꿔놓는다면 한계 값은 증가할 수 있다.
[d] F 의 기본 값은 2이다. PEN 도체를 대지에 추가 접속한 경우보다 높은 F 값이 적용될 수 있다. 어떤 토양구조에서는 F 값은 5까지 될 수도 있다. 이 규정은 표토 층이 보다 높은 저항률을 가진 경우 등 층별 저항률의 차이가 현저한 토양에 적용 시 주의가 필요하다. 이 경우의 접촉전압은 EPR의 50%로 한다. 단, PEN 또는 저압 중간도체가 고압 또는 특고압접지계통에 접속되었다면 F의 값은 1로 한다.
[e] U_{Tp} 는 허용접촉전압을 의미한다[KS C IEC 61936-1(교류 1kV 초과 전력설비－공통규정) “그림 12 (허용접촉전압 U_{Tp})” 참조].

322 혼촉에 의한 위험방지시설

322.1 고압 또는 특고압과 저압의 혼촉에 의한 위험방지 시설

1. 고압전로 또는 특고압전로와 저압전로를 결합하는 변압기(322.2에 규정하는 것 및 철도 또는 궤도의 신호용 변압기를 제외한다)의 저압측의 중성점에는 142.5의 규정에 의하여 접지공사(사용전압이 35 kV 이하의 특고압전로로서 전로에 지락이 생겼을 때에 1초 이내에 자동적으로 이를 차단하는 장치가 되어 있는 것 및 333.32의 1 및 4에 규정하는 특고압 가공전선로의 전로 이외의 특고압전로와 저압전로를 결합하는 경우에 계산된 접지저항 값이 10 Ω 을 넘을 때에는 접지저항 값이 10 Ω 이하인 것에 한한다)를 하여야 한다. 다만, 저압전로의 사용전압이 300 V 이하인 경우에 그 접지공사를 변압기의 중성점에 하기 어려울 때에는 저압측의 1단자에 시행할 수 있다.
2. 제1의 접지공사는 변압기의 시설장소마다 시행하여야 한다. 다만, 토지의 상황에 의하여 변압기의 시설장소에서 142.5의 규정에 의한 접지저항 값을 얻기 어려운 경우, 인장강도 5.26 kN 이상 또는 지름 4 ㎜ 이상의 가공 접지도체를 332.4의 2, 332.5, 332.6, 332.8, 332.11부터 332.15까지 및 222.18의 저압가공전선에 관한 규정에 준하여 시설할 때에는 변압기의 시설장소로부터 200 m까지 떼어놓을 수 있다.

3. 제1의 접지공사를 하는 경우에 토지의 상황에 의하여 제2의 규정에 의하기 어려울 때에는 다음에 따라 가공공동지선(架空共同地線)을 설치하여 2 이상의 시설장소에 142.5의 규정에 의하여 접지공사를 할 수 있다.
   가. 가공공동지선은 인장강도 5.26 kN 이상 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선을 사용하여 332.4의 2, 332.5, 332.8, 332.11부터 332.15까지 및 222.18의 저압가공전선에 관한 규정에 준하여 시설할 것.
   나. 접지공사는 각 변압기를 중심으로 하는 지름 400 m 이내의 지역으로서 그 변압기에 접속되는 전선로 바로 아래의 부분에서 각 변압기의 양쪽에 있도록 할 것. 다만, 그 시설장소에서 접지공사를 한 변압기에 대하여는 그러하지 아니하다.
   다. 가공공동지선과 대지 사이의 합성 전기저항 값은 1 km를 지름으로 하는 지역 안마다 142.6에 의해 접지저항 값을 가지는 것으로 하고 또한 각 접지도체를 가공공동지선으로부터 분리하였을 경우의 각 접지도체와 대지 사이의 전기저항 값은 300 Ω 이하로 할 것.
4. 제3의 가공공동지선에는 인장강도 5.26 kN 이상 또는 지름 4 ㎜의 경동선을 사용하는 저압 가공전선의 1선을 겸용할 수 있다.
5. 직류단선식 전기철도용 회전변류기 · 전기로 · 전기보일러 기타 상시 전로의 일부를 대지로부터 절연하지 아니하고 사용하는 부하에 공급하는 전용의 변압기를 시설한 경우에는 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

322.2 혼촉방지판이 있는 변압기에 접속하는 저압 옥외전선의 시설 등

고압전로 또는 특고압전로와 비접지식의 저압전로를 결합하는 변압기(철도 또는 궤도의 신호용변압기를 제외한다)로서 그 고압권선 또는 특고압권선과 저압권선 간에 금속제의 혼촉방지판(混囑防止板)이 있고 또한 그 혼촉방지판에 142.5의 규정에 의하여 접지공사(사용전압이 35 kV 이하의 특고압전로로서 전로에 지락이 생겼을 때 1초 이내에 자동적으로 이것을 차단하는 장치를 한 것과 333.32의 1 및 4에 규정하는 특고압 가공전선로의 전로 이외의 특고압전로와 저압전로를 결합하는 경우에 계산된 접지저항 값이 10 Ω 을 넘을 때에는 접지저항 값이 10 Ω 이하인 것에 한한다)를 한 것에 접속하는 저압전선을 옥외에 시설할 때에는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 저압전선은 1구내에만 시설할 것.
   나. 저압 가공전선로 또는 저압 옥상전선로의 전선은 케이블일 것.
   다. 저압 가공전선과 고압 또는 특고압의 가공전선을 동일 지지물에 시설하지 아니할 것. 다만, 고압 가공전선로 또는 특고압 가공전선로의 전선이 케이블인 경우에는 그러하지 아니하다.

322.3 특고압과 고압의 혼촉 등에 의한 위험방지 시설

1. 변압기(322.1의 5에 규정하는 변압기를 제외한다)에 의하여 특고압전로(333.32의 1에 규정하는 특고압 가공전선로의 전로를 제외한다)에 결합되는 고압전로에는 사용전압의 3배 이하인 전압이 가하여진 경우에 방전하는 장치를 그 변압기의 단자에 가까운 1극에 설치하여야 한다. 다만, 사용전압의 3배 이하인 전압이 가하여진 경우에 방전하는 피뢰기를 고압전로의 모선의 각상에 시설하거나 특고압권선과 고압권선 간에 혼촉방지판을 시설하여 접지저항 값이 10 Ω 이하 또는 142.5의 규정에 따른 접지공사를 한 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 제1에서 규정하고 있는 장치의 접지는 140의 규정에 따라 시설하여야 한다.

322.4 계기용변성기의 2차측 전로의 접지

1. 고압의 계기용변성기의 2차측 전로에는 140의 규정에 의하여 접지공사를 하여야 한다.
2. 특고압 계기용변성기의 2차측 전로에는 140의 규정에 의하여 접지공사를 하여야 한다.

322.5 전로의 중성점의 접지

1. 전로의 보호장치의 확실한 동작의 확보, 이상 전압의 억제 및 대지전압의 저하를 위하여 특히 필요한 경우에 전로의 중성점에 접지공사를 할 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 접지극은 고장 시 그 근처의 대지 사이에 생기는 전위차에 의하여 사람이나 가축 또는 다른 시설물에 위험을 줄 우려가 없도록 시설할 것.
   나. 접지도체는 공칭단면적 16 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 아니하는 금속선(저압 전로의 중성점에 시설하는 것은 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선)으로서 고장 시 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있는 것을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.
   다. 접지도체에 접속하는 저항기 · 리액터 등은 고장 시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용할 것.
   라. 접지도체·저항기·리액터 등은 취급자 이외의 자가 출입하지 아니하도록 설비한 곳에 시설하는 경우 이외에는 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
2. 제1에 규정하는 경우 이외의 경우로서 저압전로에 시설하는 보호장치의 확실한 동작을 확보하기 위하여 특히 필요한 경우에 전로의 중성점에 접지공사를 할 경우(저압전로의 사용전압이 300 V 이하의 경우에 전로의 중성점에 접지공사를 하기 어려울 때에 전로의 1단자에 접지공사를 시행할 경우를 포함한다) 접지도체는 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있는 것을 사용하고 또

한 140의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

3. 변압기의 안정권선(安定卷線)이나 유휴권선(遊休卷線) 또는 전압조정기의 내장권선(內藏卷線)을 이상전압으로부터 보호하기 위하여 특히 필요할 경우에 그 권선에 접지공사를 할 때에는 140의 규정에 의하여 접지공사를 하여야 한다.
4. 특고압의 직류전로의 보호장치의 확실한 동작의 확보 및 이상전압의 억제를 위하여 특히 필요한 경우에 대해 그 전로에 접지공사를 시설할 때에는 제1에 따라 시설하여야 한다.
5. 연료전지에 대하여 전로의 보호장치의 확실한 동작의 확보 또는 대지전압의 저하를 위하여 특히 필요할 경우에 연료전지의 전로 또는 이것에 접속하는 직류전로에 접지공사를 할 때에는 제1에 따라 시설하여야 한다.
6. 계속적인 전력공급이 요구되는 화학공장·시멘트공장·철강공장 등의 연속공정설비 또는 이에 준하는 곳의 전기설비로서 지락전류를 제한하기 위하여 저항기를 사용하는 중성점 고저항 접지설비는 다음에 따를 경우 300 V 이상 1 kV 이하의 3상 교류계통에 적용할 수 있다.

가. 자격을 가진 기술원(“계통 운전에 필요한 지식 및 기능을 가진 자”를 말한다)이 설비를 유지관리 할 것.

나. 계통에 지락검출장치가 시설될 것.

다. 전압선과 중성선 사이에 부하가 없을 것.

라. 고저항 중성점접지계통은 다음에 적합할 것.

(1) 접지저항기는 계통의 중성점과 접지극 도체와의 사이에 설치할 것. 중성점을 얻기 어려운 경우에는 접지변압기에 의한 중성점과 접지극 도체 사이에 접지저항기를 설치한다.

(2) 변압기 또는 발전기의 중성점에서 접지저항기에 접속하는 점까지의 중성선은 구리선 10 ㎟ 이상, 알루미늄선 또는 동복 알루미늄선은 16 ㎟ 이상의 절연전선으로서 접지저항기의 최대정격전류이상일 것.

(3) 계통의 중성점은 접지저항기를 통하여 접지할 것.

(4) 변압기 또는 발전기의 중성점과 접지저항기 사이의 중성선은 별도로 배선할 것.

(5) 최초 개폐장치 또는 과전류보호장치와 접지저항기의 접지측 사이의 기기 본딩 점퍼(기기접지도체와 접지저항기 사이를 잇는 것)는 도체에 접속점이 없어야 한다.

(6) 접지극 도체는 접지저항기의 접지 측과 최초 개폐장치의 접지 접속점 사이에 시설할 것.

(7) 기기 본딩 점퍼의 굵기는 다음의 (가) 또는 (나)에 의할 것.

(가) 접지극 도체를 접지 저항기에 연결할 때는 기기 접지 점퍼는 다음 ①, ②,

③의 예외사항을 제외하고 표 322.5-1에 의한 굵기일 것.

① 접지극 전선이 접지봉, 관, 판으로 연결될 때는 16 ㎟ 이상일 것.

② 콘크리트 매입 접지극으로 연결될 때는 25 ㎟ 이상일 것.

③ 접지링으로 연결되는 접지극 전선은 접지링과 같은 굵기 이상일 것.

표 322.5-1 기기 접지 점퍼의 굵기

상전선 최대 굵기(㎟)	접지극 전선(㎟)
30 이하	10
38 또는 50	16
60 또는 80	25
80 초과 175까지	35
175 초과 300까지	50
300 초과 550까지	70
550 초과	95

(나) 접지극 도체가 최초 개폐장치 또는 과전류장치에 접속될 때는 기기 본딩 점퍼의 굵기는 10 ㎟ 이상으로서 접지저항기의 최대전류 이상의 허용전류를 갖는 것일 것.

(330 전선로)

331 전선로 일반 및 구내·옥측·옥상전선로

331.1 전파장해의 방지

1. 가공전선로는 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장해를 주는 전파를 발생할 우려가 있는 경우에는 이를 방지하도록 시설하여야 한다.
2. 제1의 경우에 1 kV 초과의 가공전선로에서 발생하는 전파장해 측정용 루프 안테나의 중심은 가공전선로의 최외측 전선의 바로 아래로부터 가공전선로와 직각방향으로 외측 15 m 떨어진 지표상 2 m에 있게 하고 안테나의 방향은 잡음 전계강도가 최대로 되도록 조정하며 측정기의 기준 측정 주파수는 0.5 MHz ± 0.1 MHz 범위에서 방송주파수를 피하여 정한다.
3. 1 kV 초과의 가공전선로에서 발생하는 전파의 허용한도는 531 kHz에서 1602 kHz까지의 주파수대에서 신호대잡음비(SNR)가 24 dB 이상 되도록 가공전선로를 설치해야 하며, 잡음강도(N)는 청명시의 준첨두치(Q.P)로 측정하되 장기간 측정에 의한 통계적 분석이 가능하고 정규분포에 해당 지역의 기상조건이 반영될 수 있도록 샘플링 데이터를 얻어야 하고 또한 지역별 여건을 고려하지 않은 단일 기준으로 전파장해를 평가할 수 있도록 신호강도(S)는 저잡음지역의 방송전계강도인 71 dBμV/m (전계강도)로 한다.

331.2 가공전선 및 지지물의 시설

1. 가공전선로의 지지물은 다른 가공전선, 가공약전류전선, 가공광섬유케이블, 약전류전선 또는 광섬유케이블 사이를 관통하여 시설하여서는 아니 된다.
2. 가공전선은 다른 가공전선로, 가공전차전로, 가공약전류전선로 또는 가공광섬유케이블선로의 지지물을 사이에 두고 시설하여서는 아니 된다.
3. 가공전선과 다른 가공전선, 가공약전류전선, 가공광섬유케이블 또는 가공전차선을 동일지지물에 시설하는 경우에는 제1 및 제2에 의하지 아니할 수 있다.

331.3 가공전선의 분기

가공전선의 분기는 332.2에 의하여 시설하는 경우 또는 분기점에서 전선에 장력이 가하여지지 않도록 시설하는 경우 이외에는 그 전선의 지지점에서 하여야 한다.

331.4 가공전선로 지지물의 철탑오름 및 전주오름 방지

가공전선로의 지지물에 취급자가 오르고 내리는데 사용하는 발판 볼트 등을 지표상 1.8 m 미만에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당되는 경우에는

그러하지 아니하다.

가. 발판 볼트 등을 내부에 넣을 수 있는 구조로 되어 있는 지지물에 시설하는 경우

나. 지지물에 철탑오름 및 전주오름 방지장치를 시설하는 경우

다. 지지물 주위에 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 울타리 · 담 등의 시설을 하는 경우

라. 지지물이 산간(山間) 등에 있으며 사람이 쉽게 접근할 우려가 없는 곳에 시설하는 경우

331.5 옥외 H형 지지물의 주상설비 시설

고압 또는 특고압 옥외 H형 지지물에 가대 등을 시설하여 주상설비를 시설할 경우에는 점검 및 작업을 안전하게 할 수 있도록 하여야 한다.

331.6 풍압하중의 종별과 적용

1. 가공 전선로에 사용하는 지지물의 강도 계산에 적용하는 풍압 하중은 다음의 3종으로 한다.

가. 갑종 풍압하중

표 331.6-1에서 정한 구성재의 수직 투영면적 1 ㎡에 대한 풍압을 기초로 하여 계산한 것.

표 331.6-1 구성재의 수직 투영면적 1 ㎡에 대한 풍압

<table>
<tr><th colspan="4">풍압을 받는 구분</th><th>구성재의 수직 투영면적
1 ㎡에 대한 풍압</th></tr>
<tr><td colspan="4">목주</td><td>588 Pa</td></tr>
<tr><td rowspan="10">지지물</td><td rowspan="4">철주</td><td colspan="2">원형의 것</td><td>588 Pa</td></tr>
<tr><td colspan="2">삼각형 또는 마름모형의 것</td><td>1,412 Pa</td></tr>
<tr><td colspan="2">강관에 의하여 구성되는 4각형의 것</td><td>1,117 Pa</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타의 것</td><td>복재(腹材)가 전・후면에 겹치는 경우에는 1627 Pa, 기타의 경우에는 1784 Pa</td></tr>
<tr><td rowspan="2">철근콘크리트주</td><td colspan="2">원형의 것</td><td>588 Pa</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타의 것</td><td>882 Pa</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철탑</td><td rowspan="2">단주(완철류는 제외함)</td><td>원형의 것</td><td>588 Pa</td></tr>
<tr><td>기타의 것</td><td>1,117 Pa</td></tr>
<tr><td colspan="2">강관으로 구성되는 것(단주는 제외함)</td><td>1,255 Pa</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타의 것</td><td>2,157 Pa</td></tr>
<tr><td rowspan="2">전선 기타 가섭선</td><td colspan="3">다도체(구성하는 전선이 2가닥마다 수평으로 배열되고 또한 그 전선 상호 간의 거리가 전선의 바깥지름의 20배 이하인 것에 한한다. 이하 같다)를 구성하는 전선</td><td>666 Pa</td></tr>
<tr><td colspan="3">기타의 것</td><td>745 Pa</td></tr>
<tr><td colspan="4">애자장치(특고압 전선용의 것에 한한다)</td><td>1,039 Pa</td></tr>
<tr><td colspan="4">목주・철주(원형의 것에 한한다) 및 철근 콘크리트주의 완금류(특고압 전선로용의 것에 한한다)</td><td>단일재로서 사용하는 경우에는 1,196 Pa, 기타의 경우에는 1,627 Pa</td></tr>
</table>

나. 을종 풍압하중

전선 기타의 가섭선(架涉線) 주위에 두께 6 ㎜, 비중 0.9의 빙설이 부착된 상태에서 수직 투영면적 372 Pa(다도체를 구성하는 전선은 333 Pa), 그 이외의 것은 “가” 풍압의 2분의 1을 기초로 하여 계산한 것.

다. 병종 풍압하중

“가” 풍압의 2분의 1을 기초로 하여 계산한 것.

2. 제1의 각 풍압은 가공전선로의 지지물의 형상에 따라 다음과 같이 가하여 지는 것으로 한다.

가. 단주형상의 것

(1) 전선로와 직각의 방향에서는 지지물·가섭선 및 애자장치에 제1의 풍압의 1배
(2) 전선로의 방향에서는 지지물·애자장치 및 완금류에 제1의 풍압의 1배
나. 기타 형상의 것.
(1) 전선로와 직각의 방향에서는 그 방향에서의 전면 결구(結構)·가섭선 및 애자장치에 제1의 풍압의 1배
(2) 전선로의 방향에서는 그 방향에서의 전면 결구 및 애자장치에 제1의 풍압의 1배

3. 제1의 풍압하중의 적용은 다음에 따른다.
가. 빙설이 많은 지방 이외의 지방에서는 고온계절에는 갑종 풍압하중, 저온계절에는 병종 풍압하중
나. 빙설이 많은 지방(“다”의 지방은 제외한다)에서는 고온계절에는 갑종 풍압하중, 저온계절에는 을종 풍압 하중
다. 빙설이 많은 지방 중 해안지방 기타 저온계절에 최대풍압이 생기는 지방에서는 고온계절에는 갑종 풍압하중, 저온계절에는 갑종 풍압하중과 을종 풍압하중 중 큰 것.

4. 인가가 많이 이웃 연결되어 있는 장소에 시설하는 가공전선로의 구성재 중 다음의 풍압하중에 대하여는 제3의 규정에 불구하고 갑종 풍압하중 또는 을종 풍압하중 대신에 병종 풍압하중을 적용할 수 있다.
가. 저압 또는 고압 가공전선로의 지지물 또는 가섭선
나. 사용전압이 35 kV 이하의 전선에 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 특고압 가공전선로의 지지물, 가섭선 및 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치 및 완금류

331.7 가공전선로 지지물의 기초의 안전율

1. 가공전선로의 지지물에 하중이 가하여지는 경우에 그 하중을 받는 지지물의 기초의 안전율은 2(333.14의 1에 규정하는 이상 시 상정하중이 가하여지는 철탑의 기초에 대하여는 1.33) 이상이어야 한다. 다만, 다음에 따라 시설하는 경우에는 적용하지 않는다.
가. 강관을 주체로 하는 철주(이하 “강관주”라 한다.) 또는 철근 콘크리트주로서 그 전체 길이가 16 m 이하, 설계하중이 6.8 kN 이하인 것 또는 목주를 다음에 의하여 시설하는 경우
(1) 전체의 길이가 15 m 이하인 경우는 땅에 묻히는 깊이를 전체길이의 6분의 1 이상으로 할 것.
(2) 전체의 길이가 15 m를 초과하는 경우는 땅에 묻히는 깊이를 2.5 m 이상으로 할 것.
(3) 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳에서는 견고한 전주 버팀대를 시설할 것.

나. 철근 콘크리트주로서 그 전체의 길이가 16 m 초과 20 m 이하이고, 설계하중이 6.8 kN 이하의 것을 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳 이외에 그 묻히는 깊이를 2.8 m 이상으로 시설하는 경우

다. 철근 콘크리트주로서 전체의 길이가 14 m 이상 20 m 이하이고, 설계하중이 6.8 kN 초과 9.8 kN 이하의 것을 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳 이외에 시설하는 경우 그 묻히는 깊이는 "가"(1) 및 (2)에 의한 기준보다 30 ㎝를 가산하여 시설하는 경우

라. 철근 콘크리트주로서 그 전체의 길이가 14 m 이상 20 m 이하이고, 설계하중이 9.81 kN 초과 14.72 kN 이하의 것을 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳 이외에 다음과 같이 시설하는 경우

(1) 전체의 길이가 15 m 이하인 경우에는 그 묻히는 깊이를 "가"(1)에 규정한 기준보다 0.5 m를 더한 값 이상으로 할 것.

(2) 전체의 길이가 15 m 초과 18 m 이하인 경우에는 그 묻히는 깊이를 3 m 이상으로 할 것.

(3) 전체의 길이가 18 m를 초과하는 경우에는 그 묻히는 깊이를 3.2 m 이상으로 할 것.

331.8 철주 또는 철탑의 구성 등

1. <삭제>가공 전선로의 지지물로 사용하는 철주 또는 철탑은 다음 "가"부터 "다"까지에서 정하는 표준에 적합한 강판(鋼板)·형강(形鋼)·평강(平鋼)·봉강(棒鋼)(볼트재를 포함한다. 이하 같다)·강관(鋼管)(콘크리트 또는 모르타르를 충전한 것을 포함한다. 이하 같다) 또는 리벳재로서 구성하여야 한다. 다만, 강관주로서 "라"에서 정하는 표준에 적합한 것을 가공전선로의 지지물로 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 철주 또는 철탑을 구성하는 강판(鋼板)·형강(形鋼)·평강(平鋼)·봉강(棒鋼)의 표준은 다음과 같다.

(1) 강재는 다음 중 어느 하나에 의할 것.

(가) KS D 3503(2018)에 규정하는 "일반구조용 압연강재" 중 SS275, SS315 또는 SS410

(나) KS D 3515(2018)에 규정하는 "용접구조용 압연강재"

(다) KS D 3529(2018)에 규정하는 "용접구조용 내후성(耐候性) 열간 압연강재"

(라) KS D 3752(2019)에 규정하는 "기계구조용 탄소강재" 중 SM 55C

(마) KS D 3867(2015)에 규정하는 "크롬 강재" 중 SCr 430

(바) KS D 3867(2015)에 규정하는 "크롬몰리브덴강 강재" 중 SCM 435

(2) 두께는 다음 값 이상의 것일 것.

(가) 철주의 주주재(主柱材)(완금주재를 포함한다. 이하 같다)로 사용하는 것은 4 ㎜
(나) 철탑의 주주재로 사용하는 것은 5 ㎜
(다) 기타의 부재(部材)로 사용하는 것은 3 ㎜
(3) 압축재의 세장비(細長比)는 주주재로 사용하는 것은 200 이하, 주주재이외의 압축재(보조재를 제외한다.)로 사용하는 것은 220 이하, 보조재(압축재로 사용하는 것에 한한다.)로 사용하는 것은 250 이하일 것.

나. 철주 또는 철탑을 구성하는 강관의 표준은 다음과 같다.
(1) 강재는 다음 중 어느 하나에 의할 것.
(가) KS D 3515(2018)에 규정하는 “용접구조용 압연강재” 를 관상으로 용접한 것
(나) KS D 3632(2019)에 규정하는 “건축구조용 탄소강 강관” 중 SNT275, SNT355 또는 SNT460
(다) KS D 3777(2018)에 규정하는 “철탑용 고장력강 강관”
(2) 두께는 다음 값 이상의 것일 것.
(가) 철주의 주주재로 사용하는 것은 2 ㎜
(나) 철탑의 주주재로 사용하는 것은 2.4 ㎜
(다) 기타의 부재로 사용하는 것은 1.6 ㎜
(3) 압축재의 세장비는 주주재로 사용하는 것은 200 이하, 주주재이외의 압축재(보조재를 제외한다)로 사용하는 것은 220 이하, 보조재(압축재로 사용하는 것에 한한다)로 사용하는 것은 250 이하일 것.
(4) 콘크리트를 충전하는 경우의 콘크리트의 배합은 단위 시멘트량이 350 ㎏ 이상이고 또한 물과 시멘트 비율이 50% 이하인 것일 것.
(5) 모르타르를 충전하는 경우의 모르타르의 배합은 단위 시멘트량이 810 ㎏ 이상이며, 또한 물과 시멘트 비율이 50% 이하의 것일 것.

다. 철주 또는 철탑을 구성하는 리벳재의 표준은 KS D 3557(2007)에 규정하는 “리벳용 원형강” 중 SV 400에 관계되는 것으로 한다.

라. 강관주의 표준은 다음과 같다.
(1) 강관은 다음 중 어느 하나에 의할 것.
(가) KS D 3503(2018)에 규정하는 “일반구조용 압연강재” 중 SS275, SS315 또는 SS410을 관상으로 용접한 것.
(나) KS D 3515(2018)에 규정하는 “용접구조용 압연강재” 를 관상으로 용접한 것.
(다) KS D 3632(2019)에 규정하는 “건축구조용 탄소 강관” 중 SNT275, SNT355 또는 SNT460
(라) KS D 3517(2008)에 규정하는 “기계구조용 탄소 강관” 중 13종·14종·15종·16종 또는 17종
(2) 강관의 두께는 2.3 ㎜ 이상일 것.

(3) 강관은 그 안쪽면 및 외면에 녹이 슬지 아니하도록 도금 또는 도장을 한 것일 것.

(4) 완성품은 주의 밑 부분으로부터 전체길이의 6분의 1(2.5 m을 초과하는 경우에는 2.5 m)까지의 관에 변형이 생기지 아니하도록 고정시키고 꼭대기 부분에서 0.3 m의 점에서 주의 축에 직각으로 설계하중의 3배의 하중을 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

2. 제1의 강판·형강·평강·봉강·강관 및 리벳재의 허용 응력은 다음과 같다.

가. 철주 또는 철탑을 구성하는 강판·형강·평강·봉강 및 강관의 허용응력은 다음과 같다.

(1) 허용인장응력·허용압축응력·허용굽힘응력·허용전단응력 및 허용지압응력은 표 331.8-1에서 정한 값일 것.

표 331.8-1 허용응력의 종류 및 허용응력

허용응력의 종류		허용응력 (N/㎟)
허용인장응력	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y \le \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$의 경우	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y$
	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y > \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$의 경우	$\frac{0.7}{1.5}\sigma_B$
허용압축응력 또는 허용굽힘응력		$\frac{1}{1.5}\sigma_Y$
허용전단응력	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y \le \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$의 경우	$\frac{1}{1.5\sqrt{3}}\sigma_Y$
	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y > \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$의 경우	$\frac{0.7}{1.5\sqrt{3}}\sigma_B$
허용지압응력		$1.1\sigma_Y$
[비고] 1. σ_Y는 강재의 항복점(N/㎟를 단위로 한다) 2. σ_B는 강재의 인장강도(N/㎟를 단위로 한다)		

(2) 허용좌굴응력(許容座屈應力)은 다음 계산식으로 계산한 값일 것. 다만, 편플랜지 접합산형구조재(接合山形構造材)로 사용하는 경우에 다음 계산식에 의하여 계산한 값이 표 331.8-2의 허용좌굴응력의 상한치를 초과하는 때에는 그 상한치로 한다.

(가) $0 < \lambda_\chi < \Lambda$ 의 경우

$$\sigma Ka = Ka_0 - K_1\left(\frac{\lambda_\chi}{100}\right) - K_2\left(\frac{\lambda_\chi}{100}\right)^2$$

(나) $\lambda_\chi \geqq \Lambda$ 의 경우

$$\sigma Ka = \frac{93}{\left(\frac{\lambda_\chi}{100}\right)^2}$$

Λ는 λ_χ의 경계치, λ_χ는 부재의 유효세장비로 다음 계산식에 의하여 계산한 값

$$\lambda_\chi = \frac{lk}{\gamma}$$

lk: 부재의 유효좌굴장(有效挫屈長)으로 부재의 지지점 간 거리(㎝를 단위로 한다) 다만, 부재의 지지점의 상태에 따라서 주주재에 있어서는 부재의 지지점 간 거리의 0.9배, 복재(腹材)에 있어서는 부재의 지지점 간 거리의 0.8배(철주의 복재로 지지점의 양쪽 끝이 용접되어 있는 것에 있어서는 0.7배)까지로 할 수 있다.

γ: 부재의 단면의 회전반경(㎝를 단위로 한다) 다만, 콘크리트(모르타르를 포함한다. 이하 제2에서 같다)를 충전한 강관은 부재의 단면의 등가회전 반경으로 할 수 있다.

σKa: 부재의 허용좌굴응력[부재의 유효단면적(콘크리트를 충전한 강관은 등가유효단면적)에 대하여 N/㎟를 단위로 한다]

Λ · σKa · K_1 및 K_2: 구성재의 구분재 및 항복점에 따라 각각 표 331.8-2의 값

표 331.8-2 구성재의 구분 및 항복점에 따른 값

구성재의 구분 / 항복점 (N/㎟)	강관・상형단면재・십자형단면재 기타의 편심이 극히 적은 것				단일 산형 강주주재 기타의 편심이 비교적 적은 것				편측 플랜지 접합 산형 강복재 기타의 편심이 많은 것				
	Λ	σKa_0 (N/㎟)	K_1	K_2	Λ	σKa_0 (N/㎟)	K_1	K_2	Λ	σKa_0 (N/㎟)	K_1	K_2	σKa의 상한값 (N/㎟)
235	100	156	0	63	110	148	2	57	140	147	71	0	94
245	95	163	0	66	105	154	2	61	135	153	76	0	98
255	95	170	0	74	105	160	2	67	135	159	80	0	102
265	95	176	0	81	100	166	2	71	130	165	85	0	106
275	90	183	0	84	100	173	3	77	130	172	90	0	110
285	90	190	0	93	100	179	3	83	125	178	95	0	114
295	90	196	0	100	95	185	3	88	125	184	100	0	118
305	85	203	0	103	95	192	3	95	125	190	104	0	122
315	85	210	0	112	95	198	3	102	120	197	110	0	126
325	85	216	0	121	90	204	3	107	120	203	115	0	130
335	85	223	0	130	90	211	4	114	115	209	121	0	134
345	80	230	0	132	90	217	4	122	115	215	126	0	138
355	80	236	0	142	90	223	4	129	115	222	132	0	142
365	80	243	0	153	85	229	4	134	115	228	137	0	146
375	80	250	0	164	85	236	4	144	110	234	143	0	150
380	80	253	0	168	85	239	4	148	110	237	146	0	152
390	75	260	0	168	85	245	4	156	110	244	152	0	156
400	75	266	0	179	85	252	5	165	105	250	158	0	160
410	75	273	0	191	80	258	5	170	105	256	163	0	164
420	75	280	0	204	80	264	5	179	105	262	169	0	168
430	75	286	0	215	80	270	5	189	105	269	176	0	172
440	70	293	0	211	80	277	5	200	100	275	182	0	176
450	70	300	0	225	80	283	5	209	100	281	188	0	180
460	70	306	0	237	80	289	6	217	100	287	194	0	184
470	70	313	0	251	75	296	6	224	100	294	201	0	188
480	70	320	0	266	75	302	6	235	100	300	207	0	192
490	70	326	0	278	75	308	6	246	95	306	214	0	196
520	-	-	-	-	75	327	7	278	95	325	234	0	208

(3) “나”의 경우에 콘크리트를 충전한 강관부재의 허용좌굴응력의 계산에 사용되는 등가회전반경은 (가)의 계산식, 등가유효단면적은 (나)의 계산식에 의한다.

(가) $\gamma = \sqrt{\dfrac{I_s + \frac{1}{8} I_c}{A_s + \frac{1}{8} A_c}}$

(나) $A = A_s + \frac{1}{8} A_c$

γ: 등가회전 반지름(㎝를 단위로 한다)
A: 등가단면적(㎠를 단위로 한다)
I_s: 강관의 단면 2차 모멘트(㎝⁴를 단위로 한다)
I_c: 콘크리트의 단면 2차 모멘트(㎝⁴를 단위로 한다)
A_s: 강관의 단면적(㎠를 단위로 한다)
A_c: 콘크리트의 단면적(㎠를 단위로 한다)

나. 철주 또는 철탑을 구성하는 리벳재의 허용응력은 다음과 같다.
(1) 허용전단응력은 107 N/㎟ 일 것.
(2) 허용지압응력은 245 N/㎟ 일 것.

331.9 철근 콘크리트주의 구성 등

1. 가공전선로의 지지물로 사용되는 철근 콘크리트주는 콘크리트 및 다음 "가"에서 정하는 표준에 적합한 형강·평강 또는 봉강으로 구성하야야 한다. 다만, 공장제조 철근 콘크리트주 또는 강관을 조합한 철근 콘크리트주(이하 "복합 철근 콘크리트주"라고 한다)로서 다음 "나" 및 "다"에서 정하는 표준에 적합한 것을 가공전선로의 지지물로 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 철근 콘크리트주를 구성하는 평강 및 봉강의 표준은 다음에 의할 것.
(1) KS D 3503(2018)에 규정하는 "일반구조용 압연강재" 중 SS275 또는 SS315
(2) KS D 3504(2011)에 규정하는 "철근 콘크리트용 봉강" 중 열간 압연봉강 또는 열간

나. 공장제조 철근 콘크리트주의 표준은 KS F 4304(2015)(프리텐션방식 원심력 PC전주)의 "4.2 휨강도", "6. 재료", "7. 제조방법" 및 "8. 휨강도의 시험방법"의 1종에 관계되는 것으로 한다.

다. 복합 철근 콘크리트주의 표준은 다음과 같다.
(1) 강관은 다음 중 어느 하나에 의할 것.
(가) KS D 3503(2018)에 규정하는 "일반구조용 압연강재" 중 SS275, SS315 또는 SS410을 관상으로 용접한 것.
(나) KS D 3515(2018)에 규정하는 "용접구조용 압연강재"
(다) KS D 3632(2019)에 규정하는 "건축구조용 탄소강관"중 SNT275, SNT355 또는 SNT460
(라) KS D 3517(2018)에 규정하는 "기계구조용 탄소강관"중 13종·14종·15종·16종 0또는 17종
(마) 규소가 0.4% 이하, 인이 0.06% 이하 및 유황이 0.06% 이하인 강으로서 인장강도가 539 N/㎟ 이상, 항복점이 392 N/㎟ 및 신장률이 8% 이상인 것을 관

상으로 용접한 것.

(2) 강관의 두께는 1 ㎜ 이상일 것.

(3) 철근 콘크리트는 KS F 4304(2015)(프리텐션방식 원심력 PC전주)의 “6 재료” 및 “7 제조방법”에 적합한 것일 것.

(4) 완성품은 주의 밑 부분으로부터 6분의 1(2.5 m을 초과하는 경우에는 2.5 m)까지를 관에 변형이 생기지 아니하도록 고정시키고 꼭대기부분으로부터 30 ㎝의 점에서 주의 축에 직각으로 설계하중의 2배의 하중을 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

2. 제1의 콘크리트와 형강·평강 및 봉강의 허용응력은 다음과 같다.

가. 콘크리트의 허용굽힘 압축응력 및 허용전단응력은 표 331.9-1에 규정한 값일 것.

나. 콘크리트의 형강·평강 또는 봉강에 대한 허용부착응력은 표 331.9-2에 규정한 값일 것.

다. 형강·평강 또는 봉강의 허용인장응력 및 허용압축응력은 표 331.9-3에 규정한 값일 것.

표 331.9-1 콘크리트의 허용굽힘 압축응력 및 허용전단응력

공시체의 압축강도(MPa)	허용굽힘압축응력(MPa)	허용전단응력(MPa)
17.7 이상 20.6 미만	5.88	0.59
20.6 이상 23.5 미만	6.86	0.64
23.5 이상	7.84	0.69
[비고] 공시체의 압축강도는 재령 28일의 3개 이상의 공시체를 KS F 2405에 규정한 콘크리트의 압축강도 시험방법에 의하여 시험을 구한 압축강도의 평균값으로 한다.		

표 331.9-2 콘크리트의 형강·평강 또는 봉강에 대한 허용부착응력

콘크리트의 압축강도 (MPa)	부착응력 (MPa)		
	형강 또는 평강의 경우	봉강의 경우	이형봉강의 경우
17.7 이상 20.6 미만	0.34	0.69	1.37
20.6 이상 23.5 미만	0.36	0.74	1.47
23.5 이상	0.39	0.78	1.57
[비고] 콘크리트의 압축강도는 재령 28일의 3개 이상의 공시체를 KS F 2405에 규정한 콘크리트의 압축강도 시험방법에 의하여 시험을 하여 구한 압축강도의 평균값으로 한다.			

표 331.9-3 형강·평강 또는 봉강의 허용인장응력 및 허용압축응력

종류		기호	두께 (㎜)	허용인장 응력(MPa)	허용압축 응력(MPa)
일반구조용 압연강재 KS D 3503		SS275	16 이하	161.8	161.8
			16 초과 40 이하	156.9	156.9
		SS315	16 이하	186.3	186.3
			16 초과 40 이하	181.4	181.4
철근 콘크리트 용봉강 KS D 3504	열간압연 봉강	SR 240	-	156.9	156.9
		SR 300	-	196.1	196.1
	열간압연 이형봉강	SD 24	-	156.9	156.9
		SD 300	-	196.1	196.1
		SD 350	-	225.5	225.5

331.10 목주의 강도 계산

가공전선로의 지지물로 사용하는 목주의 가공전선로와 직각 방향의 풍압하중에 대한 강도 계산 방법은 다음과 같다.

가. 저압 또는 고압의 가공전선로의 경우에는 다음에 의할 것.

(1) 지지선이 없는 단주

$$\frac{P}{F} \geq 10K\frac{30D_0H^2 - 18H^3 + S\left(\sum 7.6dh\right)}{\left(D_0'\right)^3}$$

S: 양측지지물 간 거리의 2분의 1을 더한 것(m을 단위로 한다)

d: 전선 기타의 가섭선에 바깥지름(㎜를 단위로 하고 을종 풍압하중의 경우에는 빙설이 부착한 값으로 한다)

h: 전선 기타의 가섭선 지지점 간의 지표상 높이(m을 단위로 한다)

H: 목주의 지표상 높이(m을 단위로 한다)

D_0: 지표면의 목주지름(㎝를 단위로 한다)으로 다음 계산식에 의하여 계산한 값(㎝를 단위로 한다.)

$$D_0 = D + 0.9H$$

D: 목주의 위쪽 끝(㎝를 단위로 한다.)

D_0': 지표면에서 목주가 부식되어 있는 경우에 지표면의 단면적에서 그 부식된 부분을 뺀 면적의 목주 원지름(㎝를 단위로 한다.)

P: 목주의 굽힘에 대한 파괴강도로 표 331.10-1에서 정한 값 이하로 할 것.
F: 목주의 안전율
K: 계수로 갑종 풍압하중의 경우에는 1, 을종 풍압하중 또는 병종 풍압하중의 경우에는 0.5

표 331.10-1 목주의 굽힘에 대한 파괴강도

목주의 종류	파괴강도(N/㎟)
삼목	39
노송나무 및 밤나무	44
가문비나무	42
미송	55
기타	위에 준하는 값

(2) 지지선이 있는 단주

$$\frac{P}{F} \geqq 10K\frac{15D_oH^2 - 9H^3 + 0.5S(\sum 7.6dh)}{(D_0')^3}$$

$S \cdot d \cdot h \cdot H \cdot D_0 \cdot D_0' \cdot P \cdot F$ 및 K는 각각 (1)에 의한다.

(3) 지지선이 없는 H주 또는 A주

$$\frac{P}{F} \geqq 10K\frac{30D_0H^2 - 18H^3 + 0.5S(\sum 7.6dh)}{(D_0')^3}$$

$S \cdot d \cdot h \cdot H \cdot D_0 \cdot D_0' \cdot P \cdot F$ 및 K는 각각 (1)에 의한다.

(4) 지지선이 있는 H주 또는 A주

$$\frac{P}{F} \geqq 10K\frac{15D_0H^2 - 9H^3 + 0.25S(\sum 7.6dh)}{(D_0')^3}$$

$S \cdot d \cdot h \cdot H \cdot D_0 \cdot D_0' \cdot P \cdot F$ 및 K는 각각 (1)에 의한다.

(5) 중복제를 사용하는 H주 또는 A주

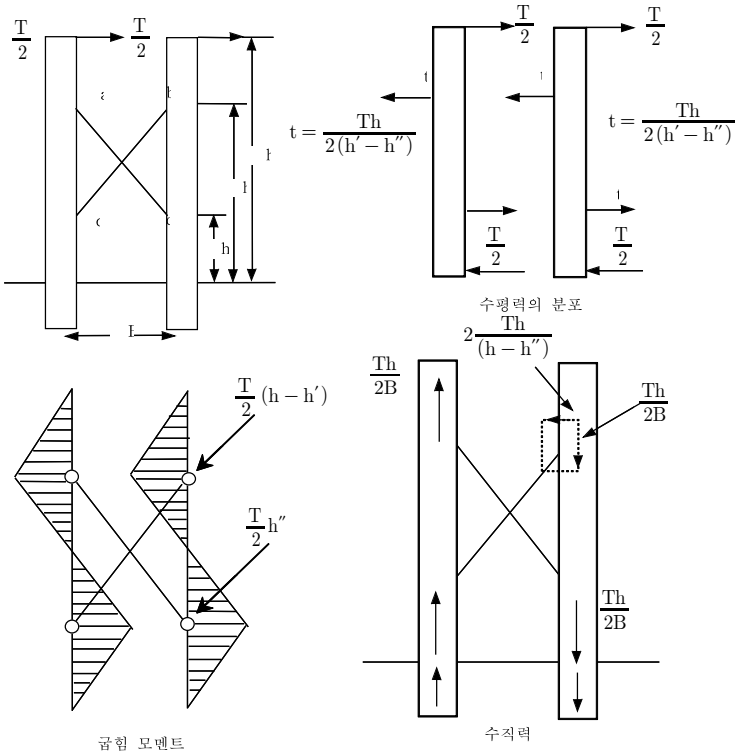


그림 331.10-1 중복제를 사용하는 H주 또는 A주의 굽힘 모멘트 및 수직력

앞의 그림에 의하여 굽힘 모멘트 및 수직력을 계산하고 다음 (가) 및 (나)의 계산식에 의할 것.

(가) $\dfrac{P}{F} \geqq \dfrac{Mb}{Zb} + \dfrac{Vb}{Ab}$

(나) $\dfrac{P}{F} \geqq \dfrac{Mc}{Zc} + \dfrac{Vc}{Ac}$

Mb: b점에서 굽힘 모멘트 (N · cm를 단위로 한다.)

Mc: c점에서 굽힘 모멘트 (N · cm를 단위로 한다.)

Vb: b점에서 수직력 (N을 단위로 한다.) 다만, 목주의 자체중량 기타의 수직하중을 가산할 것.

Vc: c점에서 수직력 (N을 단위로 한다.) 다만, 목주의 자체중량 기타의 수직하중을 가산할 것.

Zb: b점에서 단면계수 (㎤을 단위로 한다.)

Zc: c점에서 단면계수 (㎤을 단위로 한다.)
Ab: b점에서 단면적 (㎠을 단위로 한다.)
Ac: c점에서 단면적 (㎠을 단위로 한다.)
P 및 F: 각각 (1)에 의한다.

나. 특고압 가공전선로의 경우에는 "가"의 규정에 준할 것. 이 경우에 애자장치 및 완금류에 대한 풍압하중도 가산한다.

다. "가" 및 "나"의 경우의 지지선에 대한 강도계산은 다음에 의한다.

(1) 단주에 사용되는 지지선

$$anp \geqq \frac{K}{h_o \times 10^3}[12.5S(\sum 7.6dh) + 375D_0H^2 - 225H^3]Cosec\theta$$

a: 연선의 인장하중 감소계수
n: 지지선의 안전율을 2.5로 한 경우의 소선의 가닥수
P: 소선의 인장강도(kg을 단위로 한다.)
h_0: 지지선의 붙임점의 지표상의 높이(m을 단위로 한다.)
θ : 지지선과 전주와의 각도
$S \cdot d \cdot H \cdot D_0$ 및 K는 각각 "가"의 (1)에 의한다.

(2) H주 또는 A주에 사용되는 지지선

$$anp \geqq \frac{K}{h_o \times 10^3}[12.5S(\sum 7.6dh) + 750D_0H^2 - 450H^3]Cosec\theta$$

$a \cdot n \cdot P \cdot h_0$ 및 θ는 각각 (1)에서, $S \cdot d \cdot h \cdot H \cdot D_0$ 및 K는 각각 "가"(1)에 의한다.

331.11 지지선의 시설

1. 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑은 지지선을 사용하여 그 강도를 분담시켜서는 안 된다.
2. 가공전선로의 지지물로 사용하는 철주 또는 철근 콘크리트주는 지지선을 사용하지 않는 상태에서 2분의 1 이상의 풍압하중에 견디는 강도를 가지는 경우 이외에는 지지선을 사용하여 그 강도를 분담시켜서는 안 된다.
3. 가공전선로의 지지물에 시설하는 지지선은 다음에 따라야 한다.

가. 지지선의 안전율은 2.5(제6에 의하여 시설하는 지지선은 1.5) 이상일 것. 이 경우에 허용 인장하중의 최저는 4.31 kN으로 한다.

나. 지지선에 연선을 사용할 경우에는 다음에 의할 것.

(1) 소선(素線) 3가닥 이상의 연선일 것.

(2) 소선의 지름이 2.6 ㎜ 이상의 금속선을 사용한 것일 것. 다만, 소선의 지름이 2 ㎜ 이상인 아연도강연선(亞鉛鍍鋼撚線)으로서 소선의 인장강도가 0.68 kN/㎟ 이상인 것을 사용하는 경우에는 적용하지 않는다.

다. 지중부분 및 지표상 0.3 m 까지의 부분에는 내식성이 있는 것 또는 아연도금을 한 철봉을 사용하고 쉽게 부식되지 않는 전주 버팀대에 견고하게 붙일 것. 다만, 목주에 시설하는 지지선에 대해서는 적용하지 않는다.

라. 지지선의 전주 버팀대는 지지선의 인장하중을 견디도록 시설할 것.

4. 도로를 횡단하여 시설하는 지지선의 높이는 지표상 5 m 이상으로 하여야 한다. 다만, 기술상 부득이한 경우로서 교통에 지장을 초래할 우려가 없는 경우에는 지표상 4.5 m 이상, 보도의 경우에는 2.5 m 이상으로 할 수 있다.

5. 저압 및 고압 또는 333.32에 의한 25 kV 미만인 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 지지선으로서 전선과 접촉할 우려가 있는 것에는 그 상부에 애자를 삽입하여야 한다. 다만, 저압 가공전선로의 지지물에 시설하는 지지선을 논이나 습지 이외의 장소에 시설하는 경우에는 적용하지 않는다.

6. 고압 가공전선로 또는 특고압 전선로의 지지물로 사용하는 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주(이하 "목주 등"이라 한다)에는 다음에 따라 지지선을 시설하여야 한다.

가. 전선로의 직선 부분(5° 이하의 수평각도를 이루는 곳을 포함한다)에서 그 양쪽의 지지물 간 거리 차가 큰 곳에 사용하는 목주 등에는 양쪽의 지지물 간 거리 차에 의하여 생기는 불평형 장력에 의한 수평력에 견디는 지지선을 그 전선로의 방향으로 양쪽에 시설할 것. 다만, 하중조건의 변화에 관계없이 지지물 간 거리가 긴 쪽의 하중이 항상 클 경우나 상시 불평형 장력의 방향이 일정할 경우에는 불평형 장력 방향 측의 지지선은 생략할 수 있다.

나. 전선로 중 5°를 초과하는 수평각도를 이루는 곳에 사용하는 목주 등에는 전 가섭선(全架涉線)에 대하여 각 가섭선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평횡분력(水平橫分力)에 견디는 지지선을 시설할 것

다. 전선로 중 가섭선을 잡아당기는 곳에 사용하는 목주 등에는 전 가섭선에 대하여 각 가섭선의 상정 최대장력에 상당하는 불평형 장력에 의한 수평력에 견디는 지지선을 그 전선로의 방향에 시설할 것.

7. 가공전선로의 지지물에 시설하는 지지선은 이와 동등 이상의 효력이 있는 지지기둥으로 대체할 수 있다.

331.12 구내인입선

331.12.1 고압 가공인입선의 시설

1. 고압 가공인입선은 332.5·332.11부터 332.14까지·332.16부터 332.19까지의 규정에

준하여 시설하는 이외에 전선에는 인장강도 8.01 kN 이상의 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선의 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 341.9의 1의 "나"에 규정하는 인하용 절연전선을 애자사용공사에 의하여 시설하거나 케이블을 332.2에 준하여 시설하여야 한다.

2. 고압 가공인입선을 직접 인입한 조영물에 관하여는 위험의 우려가 없는 경우에 한하여 제1에서 준용하는 332.11의 1의 "다" 및 332.18의 1의 규정은 적용하지 아니한다.
3. 고압 가공인입선의 높이는 제1에서 준용하는 332.5의 1의 "라"의 규정에도 불구하고 지표상 3.5 m 까지로 감할 수 있다. 이 경우에 그 고압 가공인입선이 케이블 이외의 것인 때에는 그 전선의 아래쪽에 위험 표시를 하여야 한다.
4. 고압 인입선의 옥측부분 또는 옥상부분은 331.13.1의 2부터 5까지의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
5. 고압 이웃 연결 인입선은 시설하여서는 아니 된다.

331.12.2 특고압 가공인입선의 시설

1. 변전소 또는 개폐소에 준하는 곳에 인입하는 특고압 가공 인입선은 333.4부터 333.7까지, 333.9, 333.23부터 333.28까지 및 333.30의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
2. 변전소 또는 개폐소에 준하는 곳 이외의 곳에 인입하는 특고압 가공 인입선은 사용전압이 100 kV 이하이며 또한 전선에 케이블을 사용하는 경우 이외에 333.7, 333.23부터 333.28까지 및 333.30의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
3. 특고압 가공 인입선을 직접 인입한 조영물은 위험의 우려가 없는 경우에 한하여 제1 및 제2에서 준용하는 333.23(간격에 관한 부분에 한한다) 및 333.28(간격에 관한 부분에 한한다)의 규정은 적용하지 아니한다.
4. 사용전압이 35 kV 이하이고 또한 전선에 케이블을 사용하는 경우에 특고압 가공인입선의 높이는 그 특고압 가공 인입선이 도로·횡단보도교·철도 및 궤도를 횡단하는 이외의 경우에 한하여 제1 및 제2에서 준용하는 333.7의 1의 규정에 불구하고 지표상 4 m 까지로 감할 수 있다.
5. 특고압 인입선의 옥측부분 또는 옥상부분은 사용전압이 100 kV 이하이며 또한 331.13.1의 2부터 5까지의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 331.13.1의 2의 "라" 조문 중 "332.2(3은 제외한다)"는 333.3으로 본다.
6. 특고압 이웃 연결 인입선은 시설하여서는 아니 된다.
7. 333.32의 1 및 4에 규정하는 특고압 가공 전선로의 전선에 접속하는 특고압 인입선은 1부터 5까지의 규정에 불구하고 331.12.1의 규정에 준하여 시설할 수 있다.

331.13 옥측전선로

331.13.1 고압 옥측전선로의 시설

1. 고압 옥측 전선로는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에 한하여 시설할 수 있다.
   가. 1구내 또는 동일 기초 구조물 및 여기에 구축된 복수의 건물과 구조적으로 일체화된 하나의 건물(이하 "1구내 등" 이라 한다)에 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   나. 1구내 등 전용의 전선로 중 그 구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   다. 옥외에 시설한 복수의 전선로에서 수전하도록 시설하는 경우
2. 고압 옥측전선로는 전개된 장소에는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 전선은 케이블일 것.
   나. 케이블은 견고한 관 또는 트로프에 넣거나 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
   다. 케이블을 조영재의 옆면 또는 아랫면에 따라 붙일 경우에는 케이블의 지지점 간의 거리를 2 m (수직으로 붙일 경우에는 6 m)이하로 하고 또한 피복을 손상하지 아니하도록 붙일 것.
   라. 케이블을 조가선에 조가하여 시설하는 경우에 332.2(3을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하고 또한 전선이 고압 옥측 전선로를 시설하는 조영재에 접촉하지 아니하도록 시설할 것.
   마. 관 기타의 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분 · 금속제의 전선 접속함 및 케이블의 피복에 사용하는 금속제에는 이들의 부식방지조치를 한 부분 및 대지와의 사이의 전기저항 값이 10 Ω 이하인 부분을 제외하고 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.
3. 고압 옥측전선로의 전선이 그 고압 옥측전선로를 시설하는 조영물에 시설하는 특고압 옥측전선 · 저압 옥측전선 · 관등회로의 배선 · 약전류 전선 등이나 수관 · 가스관 또는 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 고압 옥측전선로의 전선과 이들 사이의 간격은 0.15 m 이상이어야 한다.
4. 제3의 경우 이외에는 고압 옥측전선로의 전선이 다른 시설물(그 고압 옥측전선로를 시설하는 조영물에 시설하는 다른 고압 옥측전선, 가공전선 및 옥상도체를 제외한다. 이하 같다)과 접근하는 경우에는 고압 옥측전선로의 전선과 이들 사이의 간격은 0.3 m 이상이어야 한다.
5. 고압 옥측전선로의 전선과 다른 시설물 사이에 내화성이 있는 견고한 격벽(隔壁)을 설치하여 시설하는 경우 또는 고압 옥측전선로의 전선을 내화성이 있는 견고한 관에 넣어 시설하는 경우에는 제3 및 제4의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

331.13.2 특고압 옥측전선로의 시설

특고압 옥측전선로(특고압 인입선의 옥측부분을 제외한다. 이하 같다)는 시설하여서는 아니 된다. 다만, 사용전압이 100 kV 이하이고 331.13.1의 규정에 준하여 시설하는 경

우에는 그러하지 아니하다. 이 경우에 331.13.1의 2의 “라” 의 “332.2(3.을 제외한다)” 은 333.3으로 본다.

331.14 옥상전선로

331.14.1 고압 옥상전선로의 시설

1. 고압 옥상전선로(고압 인입선의 옥상부분은 제외한다. 이하 이 규정(3. 고압・특고압전기설비)에서 같다)는 331.13.1의 1의 규정에 준하여 시설하는 이외에 케이블을 사용하고 또한 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에 한하여 시설할 수 있다.
   가. 전선을 전개된 장소에서 332.2(3은 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 외에 조영재에 견고하게 붙인 지지기둥 또는 지지대에 의하여 지지하고 또한 조영재 사이의 간격을 1.2 m 이상으로 하여 시설하는 경우
   나. 전선을 조영재에 견고하게 붙인 견고한 관 또는 트로프에 넣고 또한 트로프에는 취급자 이외의 자가 쉽게 열 수 없는 구조의 철제 또는 철근 콘크리트제 기타 견고한 뚜껑을 시설하는 외에 331.13.1의 2의 “마” 의 규정에 준하여 시설하는 경우
2. 고압 옥상 전선로의 전선이 다른 시설물(가공전선을 제외한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 고압 옥상 전선로의 전선과 이들 사이의 간격은 0.6 m 이상이어야 한다. 다만, 제1의 “나” 에 의하여 시설하는 경우로 334.5, 334.6(“나” 부터 “라” 까지를 제외한다) 및 334.7의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다..
3. 고압 옥상전선로의 전선은 상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

331.14.2 특고압 옥상전선로의 시설

특고압 옥상전선로(특고압의 인입선의 옥상부분을 제외한다)는 시설하여서는 아니 된다.

332 가공전선로

332.1 가공약전류전선로의 유도장해 방지

1. 저압 가공전선로(전기철도용 급전선로는 제외한다.) 또는 고압 가공전선로(전기철도용 급전선로는 제외한다)와 기설 가공약전류전선로가 병행하는 경우에는 유도작용에 의하여 통신상의 장해가 생기지 않도록 전선과 기설 약전류전선 간의 간격은 2 m 이상이어야 한다. 다만, 저압 또는 고압의 가공전선이 케이블인 경우 또는 가공약전류전선로 관리자의 승낙을 받은 경우에는 적용하지 않는다.
2. 제1에 따라 시설하더라도 기설 가공약전류전선로에 장해를 줄 우려가 있는 경우에는 다음중 한 가지 또는 두 가지 이상을 기준으로 하여 시설하여야 한다.
   가. 가공전선과 가공약전류전선 간의 간격을 증가시킬 것.
   나. 교류식 가공전선로의 경우에는 가공전선을 장애를 줄 우려가 없는 거리에서 전선 위치 바꿈할 것.
   다. 가공전선과 가공약전류전선 사이에 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상인 경동선의 금속선 2가닥 이상을 시설하고 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

332.2 가공케이블의 시설

저압 가공전선[저압옥측전선로(저압의 인입선 및 이웃 연결인입선의 옥측 부분을 제외한다. 이하 이 규정(3. 고압·특고압전기설비)에서 같다) 또는 335.9의 2에 의하여 시설하는 저압 전선로에 인접하는 1지지물 간 거리의 전선, 가공 인입선 및 이웃 연결 인입선의 가공부분을 제외한다. 이하 이 절에서 같다] 또는 고압 가공전선[고압 옥측전선로(고압 인입선의 옥측부분을 제외한다. 이하 이 규정(3. 고압·특고압전기설비)에서 같다) 또는 335.9의 2에 의하여 시설하는 고압 전선로에 인접하는 1지지물 간 거리의 전선 및 가공 인입선을 제외한다. 이하 이 절에서 같다]에 케이블을 사용하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 케이블은 조가선에 행거로 시설할 것. 이 경우에는 사용전압이 고압인 때에는 행거의 간격은 0.5 m 이하로 하는 것이 좋다.
나. 조가선은 인장강도 5.93 kN 이상의 것 또는 단면적 22 ㎟ 이상인 아연도강연선일 것.
다. 조가선 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것. 다만, 저압 가공전선에 케이블을 사용하고 조가선에 절연전선 또는 이와 동등 이상의 절연내력이 있는 것을 사용할 때에 조가선에 140의 규정에 준하여 접지공사를 하지 아니할 수 있다.
라. 고압 가공전선에 케이블을 사용하는 경우의 조가선은 332.4에 준하여 시설할 것.

이 경우에 조가선의 중량 및 조가선에 대한 수평풍압에는 각각 케이블의 중량[332.4의 “나” 또는 “다” 에 규정하는 빙설이 부착한 경우에는 그 빙설이 부착된 전선의 중량] 및 케이블에 대한 수평풍압[332.4의 “나” 또는 “다” 에 규정하는 빙설이 부착한 경우에는 그 빙설이 부착된 전선에 대한 수평풍압)을 가산한다.

2. 조가선의 케이블에 접촉시켜 그 위에 쉽게 부식하지 아니하는 금속 테이프 등을 0.2 m 이하의 간격을 유지하며 나선상으로 감는 경우, 조가선을 케이블의 외장에 견고하게 붙이는 경우 또는 조가선과 케이블을 꼬아 합쳐 조가하는 경우에 그 조가선이 인장강도 5.93 kN 이상의 금속선의 것 또는 단면적 22 ㎟ 이상인 아연도강연선의 경우에는 제1의 “가” 및 “나” 의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
3. 고압 가공전선에 반도전성 외장 조가용 고압케이블을 사용하는 경우는 제1의 “나” 부터 “라” 까지의 규정에 준하여 시설하는 이외에 조가선을 반도전성 외장조가용 고압 케이블에 접속시켜 그 위에 쉽게 부식하지 아니하는 금속 테이프를 0.06 m 이하의 간격을 유지하면서 나선상으로 감아 시설하여야 한다.
4. 제3에서 규정하는 반도전성 외장 조가용 고압케이블은 IEC 60502(정격전압 1kV ~ 30kV 압출 성형 절연 전력케이블 및 그 부속품)에 적합한 것이어야 한다.

332.3 고압 가공전선의 굵기 및 종류

고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 다음에 규정하는 경우에 그 안전율이 경동선 또는 내열 동합금선은 2.2 이상, 그 밖의 전선은 2.5 이상이 되는 처짐정도로 시설하여야 한다.

332.4 고압 가공전선의 안전율

고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 다음에 규정하는 경우에 그 안전율이 경동선 또는 내열 동합금선은 2.2 이상, 그 밖의 전선은 2.5 이상이 되는 처짐정도로 시설하여야 한다.

가. 빙설(氷雪)이 많은 지방 이외의 지방에서는 그 지방의 평균온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 ㎡ 에 대하여 745 Pa 의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우 및 그 지방의 최저온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 ㎡ 에 대하여 372 Pa 의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우.

나. 빙설이 많은 지방(“다” 의 지방은 제외한다.)에서는 그 지방의 평균온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 ㎡ 에 대하여 745 Pa 의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우 및 그 지방의 최저온도에서 전선의 주위에 두께 6 ㎜, 비중 0.9 의 빙설이 부착한 때의 전선 및 빙설의 중량과 그 빙설이 부착한 전선의 수직 투영면적 1 ㎡에 대하여 372 Pa 의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우.

다. 빙설이 많은 지방 중 해안지방, 기타 저온계절에 최대풍압이 생기는 지방에서는 그 지방의 평균온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 ㎡ 에 대하여 745 Pa 의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우 및 그 지방의 최저온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 ㎡ 에 대하여 745 Pa 의 수평풍압과의 합성하중 또는 전선의 주위에 두께 6 ㎜, 비중 0.9 의 빙설이 부착한 때의 전선 및 빙설의 중량과 그 빙설이 부착한 전선의 수직 투영면적 1 ㎡ 에 대하여 372 Pa 의 수평풍압과의 합성하중 중 어느 것이나 큰 것을 지지하는 경우.

332.5 고압 가공전선의 높이

1. 고압 가공전선의 높이는 다음에 따라야 한다.
   가. 도로[농로 기타 교통이 번잡하지 않은 도로 및 횡단보도교(도로 · 철도 · 궤도 등의 위를 횡단하여 시설하는 다리모양의 시설물로서 보행용으로만 사용되는 것을 말한다. 이하 같다.)를 제외한다. 이하 같다.]를 횡단하는 경우에는 지표상 6 m 이상
   나. 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5 m 이상
   다. 횡단보도교의 위에 시설하는 경우에는 그 노면상 3.5 m 이상
   라. “가” 부터 “다” 까지 이외의 경우에는 지표상 5 m 이상
2. 고압 가공전선을 수면 상에 시설하는 경우에는 전선의 수면 상의 높이를 선박의 항해 등에 위험을 주지 않도록 유지하여야 한다.
3. 고압 가공전선로를 빙설이 많은 지방에 시설하는 경우에는 전선의 적설상의 높이를 사람 또는 차량의 통행 등에 위험을 주지 않도록 유지하여야 한다.

332.6 고압 가공전선로의 가공지선

고압 가공전선로에 사용하는 가공지선은 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 나경동선을 사용하고 또한 이를 332.4의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

332.7 고압 가공전선로의 지지물의 강도

1. 고압 가공전선로의 지지물로서 사용하는 목주는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 풍압하중에 대한 안전율은 1.3 이상일 것.
   나. 굵기는 위쪽 끝 지름 0.12 m 이상일 것.
2. 331.7의 단서의 규정에 의하여 시설하는 철주(이하 “A종 철주” 라 한다) 또는 철근 콘크리트주(이하 “A종 철근 콘크리트주” 라 한다)중 복합 철근 콘크리트주로서 고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 것은 풍압하중 및 333.13의 1의 “가” (1)에 규정하는 수직하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.
3. A종 철근 콘크리트주중 복합 철근 콘크리트주 이외의 것으로서 고압 가공전선로의

지지물로 사용하는 것은 풍압하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.

4. A종 철주이외의 철주(이하 “B종 철주”라 한다)·A종 철근 콘크리트주 이외의 철근 콘크리트주(이하 “B종 철근 콘크리트주”라 한다) 또는 철탑으로서 고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 것은 333.13의 1에 규정하는 상시 상정하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.

332.8 고압 가공전선 등의 병행설치

1. 저압 가공전선(다중접지된 중성선은 제외한다. 이하 같다)과 고압 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 저압 가공전선을 고압 가공전선의 아래로 하고 별개의 완금류에 시설할 것.
   나. 저압 가공전선과 고압 가공전선 사이의 간격은 0.5 m 이상일 것. 다만, 각도주(角度柱)·분기주(分岐柱) 등에서 혼촉(混觸)의 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1에 의하지 아니할 수 있다.
   가. 고압 가공전선에 케이블을 사용하고, 또한 그 케이블과 저압 가공전선 사이의 간격을 0.3 m 이상으로 하여 시설하는 경우
   나. 저압 가공인입선을 분기하기 위하여 저압 가공전선을 고압용의 완금류에 견고하게 시설하는 경우
3. 저압 또는 고압의 가공전선과 교류전차선 또는 이와 전기적으로 접속되는 조가선, 브래킷이나 장선(이하 “교류전차선 등”이라 한다)을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 333.17의 1의 “나”부터 “라”까지의 규정에 준하여 시설하는 이외에 저압 또는 고압의 가공전선을 지지물이 교류전차선 등을 지지하는 쪽의 반대쪽에서 수평거리를 1 m 이상으로 하여 시설하여야 한다. 이 경우에 저압 또는 고압의 가공전선을 교류전차선 등의 위로 할 때에는 수직거리를 수평거리의 1.5배 이하로 하여 시설하여야 한다.
4. 저압 또는 고압의 가공전선과 교류전차선 등의 수평거리를 3 m 이상으로 하여 시설하는 경우 또는 구내 등에서 지지물의 양쪽에 교류전차선 등을 시설하는 경우에 다음에 따라 시설할 때에는 제3의 규정에 불구하고 저압 또는 고압의 가공전선을 지지물의 교류전차선 등을 지지하는 쪽에 시설할 수 있다.
   가. 저압 또는 고압의 가공전선로의 지지물 간 거리는 60 m 이하일 것.
   나. 저압 또는 고압 가공전선은 인장강도 8.71 kN 이상의 것 또는 단면적 22 ㎟ 이상의 경동연선일 것. 다만, 저압 가공전선을 교류전차선 등의 아래에 시설할 경우는 저압 가공전선에 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ (저압 가공전선로의 지지물 간 거리가 30 m 이하인 경우에는 인장하중 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선) 이상의 경동선을 사용할 수 있다.

332.9 고압 가공전선로 지지물 간 거리의 제한

1. 고압 가공전선로의 지지물 간 거리는 표 332.1-1에서 정한 값 이하이어야 한다.

표 332.9-1 고압 가공전선로 지지물 간 거리 제한

지지물의 종류	지지물 간 거리
목주・A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	150 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	250 m
철 탑	600 m

2. 고압 가공전선로의 지지물 간 거리가 100 m 를 초과하는 경우에는 그 부분의 전선로는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 고압 가공전선은 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선의 것.
   나. 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.
3. 고압 가공전선로의 전선에 인장강도 8.71 kN 이상의 것 또는 단면적 22 ㎟ 이상의 경동연선의 것을 다음에 따라 지지물을 시설하는 때에는 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.이 경우에 그 전선로의 지지물 간 거리는 그 지지물에 목주・A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 300 m 이하, B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트 주를 사용하는 경우에는 500 m 이하이어야 한다.
   가. 목주・A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주에는 전 가섭선마다 각 가섭선의 상정 최대장력의 3분의 1에 상당하는 불평형 장력에 의한 수평력에 견디는 지지선을 그 전선로의 방향으로 양쪽에 시설할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로중의 지지물 간 거리에 근접하는 곳의 지지물에 그 지지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   나. B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주에는 333.12의 1 또는 2의 규정에 준하는 강도를 가지는 333.11의 “라” 의 규정에 준하는 장력에 견디는 형태의 철주나 철근 콘크리트주 혹은 이와 동등 이상의 강도를 가지는 형식의 철주나 철근 콘크리트주를 사용하거나 “가” 의 규정에 준하는 지지선을 시설할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로중의 지지물 간 거리에 근접하는 곳의 지지물에 그 철주나 철근 콘크리트주를 사용하거나 그 지지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   다. 철탑에는 333.12의 3의 규정에 준하는 강도를 가지는 형식의 것을 사용할 것.

332.10 고압 보안공사

고압 보안공사는 다음에 따라야 한다.

가. 전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선일 것.

나. 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.

다. 지지물 간 거리는 표 332.10-1에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선에 인장강도 14.51 kN 이상의 것 또는 단면적 38 ㎟ 이상의 경동연선을 사용하는 경우로서 지지물에 B종 철주·B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용하는 때에는 그러하지 아니하다.

표 332.10-1 고압 보안공사 지지물 간 거리 제한

지지물의 종류	지지물 간 거리
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철탑	400 m

332.11 고압 가공전선과 건조물의 접근

1. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 건조물(사람이 거주 또는 근무하거나 빈번히 출입하거나 모이는 조영물을 말한다. 이하 같다)과 접근 상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 고압 가공전선로[고압 옥측 전선로 또는 335.9의 2의 규정에 의하여 시설하는 고압 전선로에 인접하는 1지지물 간 거리의 전선 및 가공 인입선을 제외한다. 이하 같다]는 고압 보안공사에 의할 것.

나. 저압 가공전선과 건조물의 조영재 사이의 간격은 표 332.11-1에서 정한 값 이상일 것.

다. 고압 가공전선과 건조물의 조영재 사이의 간격은 표 332.11-2에서 정한 값 이상일 것.

표 332.11-1 저압 가공전선과 건조물의 조영재 사이의 간격

건조물 조영재의 구분	접근형태	간 격
상부 조영재 [지붕・챙(차양: 遮陽)・옷 말리는 곳 기타 사람이 올라갈 우려가 있는 조영재를 말한다. 이하 같다]	위쪽	2 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우는 1 m)
	옆쪽 또는 아래쪽	1.2 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우에는 0.8 m, 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.4 m)
기타의 조영재		1.2 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우에는 0.8 m, 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.4 m)

표 332.11-2 고압 가공전선과 건조물의 조영재 사이의 간격

건조물 조영재의 구분	접근형태	간 격
상부 조영재	위쪽	2 m (전선이 케이블인 경우에는 1 m)
	옆쪽 또는 아래쪽	1.2 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우에는 0.8 m, 케이블인 경우에는 0.4 m)
기타의 조영재		1.2 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우에는 0.8 m, 케이블인 경우에는 0.4 m)

2. 저고압 가공전선이 건조물과 접근하는 경우 저고압 가공전선이 건조물의 아래쪽에 시설될 때에는 저고압 가공전선과 건조물 사이의 간격은 표 332.11-3에서 정한 값 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

표 332.11-2 저고압 가공전선과 건조물 사이의 간격

가공 전선의 종류	간 격
저압 가공 전선	0.6 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.3 m)
고압 가공 전선	0.8 m (전선이 케이블인 경우에는 0.4 m)

3. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 건조물에 시설되어 있는 간이한 돌출간판 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영재와 접근하는 경우에 다음 어느 하나에 의하여 시설할 때에는 저압 가공 전선 또는 고압 가공전선과 그 조영재 사이의 간격에 대하여는 제1의 “나” 및 “다”와 제2의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
   가. KS C IEC 61235(활선작업－전기용 절연 중공관)에 적합한 방호구이거나 방호구에 의하여 방호된 절연전선, 다심형 전선 또는 케이블(이하 “저압 방호구에 넣

은 절연전선 등”이라 한다)을 사용하는 저압 가공전선을 그 조영재에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우

나. “가”에 규정하는 방호구에 의하여 충전 부분이 쉽게 노출되지 아니하도록 방호된 나전선(이하 “저압 방호구에 넣은 나전선”이라 한다) 또는 저압 절연전선을 사용하는 저압 가공전선과 그 조영재 사이의 간격을 4 ㎜ 이상으로 하여 시설하는 경우

다. KS C IEC 61235(활선작업－전기용 절연 중공관)에 적합한 방호구이거나 방호구에 의하여 방호된 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블(이하 “고압 방호구에 넣은 고압 절연전선 등”이라 한다)을 사용하는 고압 가공전선을 그 조영재에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우

4. 제1 및 제2에서 규정하는 가공전선과 건조물의 조영재 사이의 간격 산정방법(이하 이 조와 332.12, 333.23, 333.28, 333.32의 4의 “나”(2)에서 같다)은 다음과 같다.

가. 수직 간격은 건조물의 조영재로부터 수직방향으로 떨어져야 할 거리, 수평 간격은 수평 방향으로 떨어져야 할 거리를 말하며 간격의 관계는 그림 332.11-1와 같다.

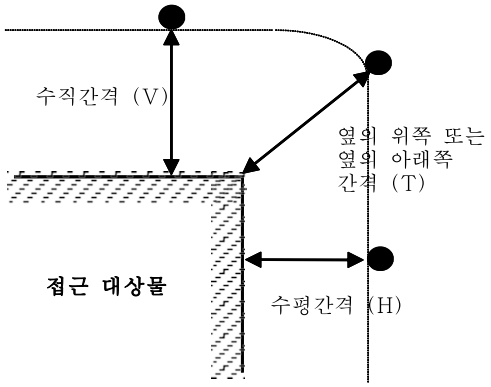


그림 332.11-1 간격의 관계

나. 옆의 위쪽 또는 옆의 아래쪽에서 간격 적용범위는 건조물의 조영재 모서리에서 수직 간격을 반지름으로 하는 원호와 수평 간격의 수직 연장선과 교차하는 점을 연결하는 사선이 이루는 영역으로 하고, 이 사선과 수평 간격의 수직 연장선이 이루는 영역은 그림 332.11-2과 같이 수평 간격 적용 범위로 한다. 다만, 수평 간격이 수직 간격보다 클 경우에는 수직 간격과 수평 간격을 바꾸어 적용한다.

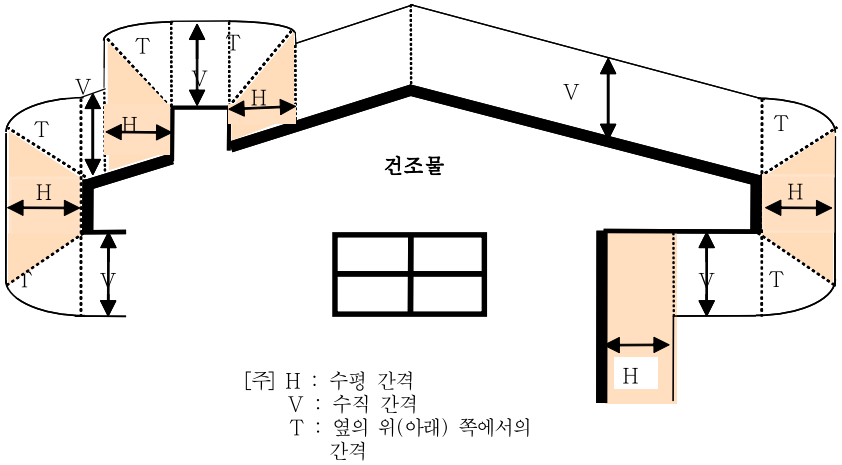


그림 332.11-2 간격의 적용범위

332.12 고압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차

1. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도(운반기를 포함하고 삭도용 지지기둥을 제외한다. 이하 같다) 또는 저압 전차선(이하 "도로 등"이라 한다)과 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.

나. 저압 가공전선과 도로 등의 간격(도로나 횡단보도교의 노면상 또는 철도나 궤도의 레일면상의 간격을 제외한다. 이하 같다)은 표 332.12-1에서 정한 값 이상일 것. 다만, 저압 가공전선과 도로·횡단보도교·철도 또는 궤도와의 수평 간격이 1 m 이상인 경우에는 그러하지 아니하다.

표 332.12-1 저압 가공전선과 도로 등의 간격

도로 등의 구분	간 격
도로·횡단보도교·철도 또는 궤도	3 m
삭도나 그 지지기둥 또는 저압 전차선	0.6 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.3 m)
저압 전차선로의 지지물	0.3 m

다. 고압 가공전선과 도로 등의 간격은 표 332.12-2에서 정한 값 이상일 것. 다만, 고압 가공전선과 도로·횡단보도교·철도 또는 궤도와의 수평 간격이 1.2 m 이상인 경우에는 그러하지 아니하다.

표 332.12-2 고압 가공전선과 도로 등의 간격

도로 등의 구분	간 격
도로・횡단보도교・철도 또는 궤도	3 m
삭도나 그 지지기둥 또는 저압 전차선	0.8 m (전선이 케이블인 경우에는 0.4 m)
저압 전차선로의 지지물	0.6 m (고압 가공전선이 케이블인 경우에는 0.3 m)

2. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로 등과 교차하는 경우(동일 지지물에 시설되는 경우를 제외한다. 이하 같다)에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로 등의 위에 시설되는 때에는 제1의 "가" 부터 "다" 까지(도로・횡단보도교・철도 또는 궤도와의 간격에 관한 부분을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
3. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로・횡단보도교・철도 또는 궤도와 접근하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로・횡단보도교・철도 또는 궤도의 아래쪽에 시설될 때에는 상호 간의 간격은 332.11의 2에 준하여 시설하여야 한다.
4. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 삭도와 접근하는 경우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 삭도의 아래쪽에 수평거리로 삭도의 지지기둥의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만 가공전선과 삭도의 수평거리가 저압은 2 m 이상, 고압은 2.5 m 이상이고 또한 삭도의 지지기둥이 넘어지는 경우에 삭도가 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우 또는 가공전선이 삭도와 수평거리로 3 m 미만에 접근하는 경우에 가공전선의 위쪽에 견고한 방호장치를 그 전선과 0.6 m (전선이 케이블인 경우에는 0.3 m) 이상 떼어서 시설하고 또한 금속제 부분에 140의 규정에 준하여 접지공사를 한 때에는 그러하지 아니하다.
5. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 삭도의 아래에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 가공전선의 위쪽에 견고한 방호장치를 그 전선과 0.6 m(전선이 케이블인 경우에는 0.3 m)이상 떼어서 시설하고 또한 그 금속제 부분에 140의 규정에 준하여 접지공사를 한 경우에는 그러하지 아니하다.

332.13 고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 접근 또는 교차

1. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공약전류전선 또는 가공 광섬유 케이블(이하 "가공약전류전선 등" 이라 한다)과 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 고압 가공전선은 고압 보안공사에 의할 것. 다만, 고압 가공전선이 362에서 규정

하는 전력보안 통신선(고압 또는 특고압의 가공전선로의 지지물에 시설하는 것에 한한다)이나 이에 직접 접속하는 전력보안 통신선과 접근하는 경우에는 고압 보안공사에 의하지 아니할 수 있다.

나. 저압 가공전선이 가공약전류전선등과 접근하는 경우에는 저압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 간격은 0.6 m [가공약전류전선로 또는 가공 광섬유 케이블 선로(이하 "가공약전류전선로 등"이라 한다)로서 가공약전류전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것 또는 통신용 케이블인 경우는 0.3 m] 이상일 것. 다만, 저압 가공전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우로서 저압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 간격이 0.3 m (가공약전류전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것 또는 통신용 케이블인 경우에는 0.15 m) 이상인 경우에는 그러하지 아니하다.

다. 고압 가공전선이 가공약전류전선 등과 접근하는 경우는 고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 간격은 0.8 m (전선이 케이블인 경우에는 0.4 m) 이상일 것.

라. 가공전선과 약전류전선로 등의 지지물 사이의 간격은 저압은 0.3 m 이상, 고압은 0.6 m (전선이 케이블인 경우에는 0.3 m) 이상일 것.

2. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공약전류전선 등과 교차하는 경우, 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공약전류전선 등의 위에 시설될 때는 제1의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우 저압 가공전선로의 중성선에는 절연전선을 사용하여야 한다.

3. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공약전류전선 등과 접근하는 경우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 가공약전류전선 등의 아래쪽에서 수평거리로 가공약전류전선 등의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니된다. 다만, 기술상 부득이한 경우로서 제1의 "나"부터 "라"까지의 규정에 준하는 이외에 다음의 어느 하나에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 가공약전류전선로 등을 331.7, 332.7 및 331.11의 6의 규정에 준하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 경우. 다만, 가공전선이 저압 가공전선인 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 고압가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 수평거리가 2.5 m 이상이고 또한 가공약전류전선 등의 지지물의 넘어지거나 무너짐 등이 발생될 때 가공약전류전선 등이 고압가공전선과 접촉할 우려가 없도록 시설할 경우

4. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공약전류전선 등과 교차하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 가공약전류전선 등의 아래에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 기술상 부득이한 경우로서 제1의 "나"부터 "라"까지 및 제3의 "가"의 규정에 준하여 시설할 때는 그러하지 아니하다.

332.14 고압 가공전선과 안테나의 접근 또는 교차

1. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 안테나와 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.
   나. 가공전선과 안테나 사이의 간격(가섭선에 의하여 시설하는 안테나에 있어서는 수평 간격)는 저압은 0.6 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.3 m) 이상, 고압은 0.8 m (전선이 케이블인 경우에는 0.4 m) 이상일 것.
2. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와 교차하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 안테나의 위에 시설되는 때에는 제1(“나”에 있어서는 간격에 관한 부분에 한한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
3. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 안테나와 접근하는 경우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 안테나의 아래쪽에서 수평거리로 안테나의 지지기둥의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 기술상 부득이한 경우에는 제1의 규정에 준하여 시설하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 이외에 가섭선에 의하여 시설하는 안테나는 그 안테나를 332.13의 3의 “가” 가공약전류전선 등의 규정에 준하여 시설하는 때 또는 고압 가공전선과 안테나 사이의 수평거리가 2.5 m 이상이고 또한 안테나 지지기둥이 넘어지거나 무너질 경우 등은 안테나가 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
4. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가섭선으로 시설하는 안테나와 교차하는 경우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 안테나의 아래에 시설하여서는 아니 된다.
5. 제3의 단서의 규정은 제4의 경우에 준용한다. 이 경우에 “수평거리”는 “간격”으로 본다.

332.15 고압 가공전선과 교류전차선 등의 접근 또는 교차

1. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 교류 전차선등과 접근하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 교류 전차선의 위쪽에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 가공전선과 교류 전차선등의 수평거리가 3 m 이상인 경우에는 가공전선로의 전선의 절단, 지지물의 넘어지거나 무너짐 등의 경우에 가공전선이 교류 전차선 등과 접촉할 우려가 없을 때 또는 다음에 따라 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.
   가. 저압 가공전선로[저압 옥측 전선로 또는 335.9의 2의 규정에 의하여 시설하는 저압 전선로에 인접하는 첫 번째 지지물간의 전선, 가공 인입선, 이웃 연결 인입선의 가공 부분을 제외한다. 이하 이 절에서 같다]는 저압 보안공사(전선에 관한 부분을 제외한다), 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.

나. 저압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선의 것.

다. 저압 가공전선은 케이블인 경우에는 332.2의 1의 “라”, 케이블 이외의 것인 경우에는 332.4의 규정에 준하여 시설할 것.

라. 가공전선로의 지지물(철탑은 제외한다)에는 교류 전차선 등과 접근하는 반대쪽에 지지선을 시설할 것. 다만, 333.13에서 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평가로 하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력(部材應力)의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 지지물로 사용하는 때에는 그러하지 아니하다.

2. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 교류 전차선 등과 교차하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 교류 전차선 등의 위에 시설되는 때에는 다음에 따라야 한다.

가. 저압 가공전선에는 케이블을 사용하고 또한 이를 단면적 35 ㎟ 이상인 아연도강연선으로서 인장강도 19.61 kN 이상인 것(교류 전차선 등과 교차하는 부분을 포함하는 지지물 간 거리에 접속점이 없는 것에 한한다)으로 조가하여 시설할 것.

나. 고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 14.51 kN 이상의 것 또는 단면적 38 ㎟ 이상의 경동연선(교류 전차선 등과 교차하는 부분을 포함하는 지지물 간 거리에 접속점이 없는 것에 한한다)일 것.

다. 고압 가공전선이 케이블인 경우에는 이를 단면적 38 ㎟ 이상인 아연도강연선으로서 인장강도 19.61 kN 이상인 것(교류 전차선 등과 교차하는 부분을 포함하는 지지물 간 거리에 접속점이 없는 것에 한한다)으로 조가하여 시설할 것.

라. 제2의 “가” 및 “다”의 조가선은 332.2의 1의 “라”의 규정에 준하는 이외에 이를 교류 전차선 등과 교차하는 부분이 양쪽의 지지물에 견고하게 잡아당겨 시설할 것.

마. 케이블 이외의 것을 사용하는 고압 가공전선 상호 간의 간격은 0.65 m 이상일 것.

바. 고압 가공전선로의 지지물은 전선이 케이블인 경우 이외에는 장력에 견디는 애자장치(耐張碍子裝置)가 되어 있는 것일 것.

사. 가공전선로 지지물에 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 2 이상일 것.

아. 가공전선로의 지지물 간 거리는 지지물로 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 60 m 이하, B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 120 m 이하일 것.

자. 고압 가공전선로의 완금류에는 견고한 금속제의 것을 사용하고 이에 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

차. 가공전선로의 지지물(철탑을 제외한다)에는 가공전선로의 방향과 교차하는 쪽의 반대쪽 및 가공전선로와 직각 방향에 그 양쪽에 지지선을 시설할 것. 다만, 가공전선

로가 전선로의 방향에 대하여 10° 이상의 수평각도를 이루는 경우에 전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 수평각도를 이루는 쪽의 반대쪽에 지지선을 시설할 때 또는 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 가로 하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 지지물로 사용하는 때에는 그러하지 아니하다.

카. 가공전선로의 전선·완금류·지지물·지지선 또는 지지기둥과 교류 전차선 등 사이의 간격은 2 m 이상일 것.

3. 저고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 교류 전차선 등과 옆쪽 또는 아래쪽에 수평거리로 교류 전차선 등의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 이내에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 가공전선과 교류 전차선 등의 수평거리가 3 m 이상인 경우에 교류 전차선 등의 지지물에 철근 콘크리트주 또는 철주를 사용하고 또한 지지물 간 거리가 60 m 이하이거나 교류 전차선 등의 지지물의 넘어지거나 무너짐 등의 경우에 교류 전차선 등이 가공전선에 접촉할 우려가 없을 때 또는 가공전선과 교류전차선 등 사이의 수평거리가 3 m 미만인 경우에 다음에 따라 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

가. 전차선로의 지지물에는 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하고 또한 그 지지물 간 거리가 60 m 이하일 것.

나. 전차선로의 지지물(문 형태의 구조물로 되어 있는 것은 제외한다)에는 가공전선과 접근하는 쪽의 반대쪽에 지지선을 시설할 것. 다만. 지지물에 기초의 안전율이 2 이상인 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에 그 철주 또는 철근 콘크리트주가 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 가로 하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 것인 때에는 그러하지 아니하다.

다. 교류 전차선 등과 가공전선 사이의 수평 간격은 2 m 이상일 것. 다만, 교류 전차선 등과 가공전선 사이의 간격이 2 m 이상인 경우에 보호망이 가공전선의 위쪽에 333.26의 4 및 5의 규정에 준하여 시설되는 때에는 그러하지 아니하다.

332.16 고압 가공전선 등과 저압 가공전선 등의 접근 또는 교차

1. 고압 가공전선이 저압 가공전선 또는 고압 전차선(이하 “저압 가공전선 등”이라 한다)과 접근상태로 시설되거나 고압 가공전선이 저압 가공전선 등과 교차하는 경우에 고압 가공전선 등의 위에 시설되는 때에는 다음에 따라야 한다.

가. 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것. 다만, 그 전선로의 전선이 342.1의 1부터 3까지의 규정에 의하여 전선로의 일부에 접지공사를 한 저압 가공전선과 접근하는 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 고압 가공전선과 저압 가공전선 등 또는 그 지지물 사이의 간격은 표 332.16-1에

서 정한 값 이상일 것.

표 332.16-1 고압 가공전선과 저압 가공전선 등 또는 그 지지물 사이의 간격

저압 가공전선 등 또는 그 지지물의 구분	간 격
저압 가공전선 등	0.8 m (고압 가공전선이 케이블인 경우에는 0.4 m)
저압 가공전선 등의 지지물	0.6 m (고압 가공전선이 케이블인 경우에는 0.3 m)

2. 고압 가공전선 또는 고압 전차선(이하 "고압 가공전선 등"이라 한다)이 저압 가공전선과 접근하는 경우에는 고압 가공전선 등은 저압 가공전선의 아래쪽에 수평거리로 그 저압 가공전선로의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 기술상의 부득이한 경우에 저압 가공전선이 다음에 따라 시설되는 경우 또는 고압 가공전선 등과 저압 가공전선과의 수평거리가 2.5 m 이상인 때에 저압 가공전선로의 전선 절단·지지물의 넘어지거나 무너짐 등에 의하여 저압 가공전선이 고압가공전선 등에 접촉할 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 저압 가공전선로는 저압 보안공사에 의할 것. 다만, 342.1의 제1부터 제3까지의 규정에 의하여 전로의 일부에 접지공사를 한 경우에는 그러하지 아니하다.
   나. 저압 가공전선과 고압 가공전선 등 또는 그 지지물 사이의 간격은 표 332.16-2에서 정한 값 이상일 것.

표 332.16-2 저압 가공전선과 고압 가공전선 등 또는 그 지지물 사이의 간격

고압 가공전선 등 또는 그 지지물의 구분	간 격
고압 가공전선	0.8 m (고압 가공전선이 케이블인 경우에는 0.4 m)
고압 전차선	1.2 m
고압 가공전선 등의 지지물	0.3 m

   다. 저압 가공전선로의 지지물과 고압 가공전선 등 사이의 간격은 0.6 m (고압 가공전선로가 케이블인 경우에는 0.3 m) 이상일 것.
3. 저압 가공전선과 고압 가공전선 등 사이의 수평거리가 2.5 m 이상인 경우 또는 수평거리가 1.2 m 이상이고 또한 수직거리가 수평거리의 1.5배 이하인 경우에는 제2의 "가"의 규정에 불구하고 저압 가공전선로는 저압 보안공사(전선에 관한 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.

4. 고압 가공전선 등이 저압 가공전선과 교차하는 경우에는 고압 가공전선 등은 저압 가공전선의 아래에 시설하여서는 아니 된다. 이 경우에 제2의 단서 규정을 준용한다.

332.17 고압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차

고압 가공전선이 다른 고압 가공 전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.

나. 고압 가공전선 상호 간의 간격은 0.8 m (어느 한쪽의 전선이 케이블인 경우에는 0.4 m) 이상, 하나의 고압 가공전선과 다른 고압 가공전선로의 지지물 사이의 간격은 0.6 m (전선이 케이블인 경우에는 0.3 m) 이상일 것.

332.18 고압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차

1. 고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류전선 등·안테나·교류 전차선 등·저압 또는 전차선·저압 가공전선·다른 고압 가공전선 및 특고압 가공전선 이외의 시설물(이하 "다른 시설물"이라 한다)과 접근상태로 시설되는 경우에는 고압 가공전선과 다른 시설물의 간격은 표 332.18-1에서 정한 값 이상으로 하여야 한다. 이 경우에 고압 가공전선로의 전선의 절단, 지지물이 넘어지거나 무너짐 등에 의하여 고압 가공전선이 다른 시설물과 접촉함으로서 사람에게 위험을 줄 우려가 있을 때에는 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의하여야 한다.

표 332.18-1 고압 가공전선과 다른 시설물의 간격

다른 시설물의 구분	접근형태	간 격
조영물의 상부 조영재	위쪽	2 m (전선이 케이블인 경우에는 1 m)
	옆쪽 또는 아래쪽	0.8 m (전선이 케이블인 경우에는 0.4 m)
조영물의 상부조영재 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		0.8 m (전선이 케이블인 경우에는 0.4 m)

2. 고압 가공전선이 다른 시설물의 위에서 교차하는 경우에는 제1의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
3. 고압 가공전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 고압 가공전선이 다른 시설물의 아래쪽에 시설되는 때에는 상호 간의 간격을 0.8 m (전선이 케이블인 경우에는 0.4 m) 이상으로 하고 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

4. 고압 방호구에 넣은 고압 가공절연전선을 조영물에 시설된 간이한 돌출간판 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영재 또는 조영물 이외의 시설물에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우에는 제1부터 제3까지(간격에 관한 부분에 한한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

332.19 고압 가공전선과 식물의 간격

고압 가공전선은 상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 않도록 시설하여야 한다. 다만, 고압 가공절연전선을 방호구에 넣어 시설하거나 절연내력 및 내마모성이 있는 케이블을 시설하는 경우는 그러하지 아니하다.

332.20 고압 옥측전선로 등에 인접하는 가공전선의 시설

고압 옥측 전선로 또는 335.9의 2의 규정에 의하여 시설하는 고압 전선로에 인접하는 첫 번째 지지물 사이의 가공전선은 221.1.1의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

332.21 고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치

저압 가공전선 또는 고압 가공전선과 가공약전류전선 등(전력보안 통신용의 가공약전류전선은 제외한다. 이하 같다)을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전선로의 지지물로서 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.

나. 가공전선을 가공약전류전선 등의 위로하고 별개의 완금류에 시설할 것. 다만, 가공약전류전선로의 관리자의 승낙을 받은 경우에 저압 가공전선에 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 때에는 그러하지 아니하다.

다. 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 간격은 가공전선에 유선 텔레비전용 급전겸용 동축케이블을 사용한 전선으로서 그 가공전선로의 관리자와 가공약전류전선로 등의 관리자가 같을 경우 이외에는 저압(다중접지된 중성선을 제외한다)은 0.75 m 이상, 고압은 1.5 m 이상일 것. 다만, 가공약전류전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것 또는 통신용 케이블인 경우에 간격을 저압 가공전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 0.3 m, 고압 가공전선이 케이블인 때에는 0.5 m까지, 가공약전류전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 간격을 저압은 0.6 m, 고압은 1 m 까지로 각각 감할 수 있다.

라. 가공약전류전선 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에 가공약전류전선 등이 광섬유케이블이고 362.2 및 362.9의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 “다”의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

마. 가공전선이 가공약전류전선에 대하여 유도작용에 의한 통신상의 장해를 줄 우려가 있는 경우에는 332.1의 2의 규정에 준하여 시설할 것.

바. 가공전선로의 수직배선[지지물의 길이의 방향으로 시설되는 약전류 전선 및 광섬유 케이블(이하 “약전류 전선 등”이라 한다) 및 전선과 그 부속물을 말한다. 이하 같다]은 다음과 같이 시설할 것.

(1) 가공전선로의 수직배선과 가공약전류전선로 등의 수직배선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 지지물을 사이에 두고 시설하고 또한 지표상 4.5 m 안에 있어서는 가공전선로의 수직배선을 도로측에 돌출시키지 아니할 것. 다만, 가공전선로의 수직배선이 가공약전류전선로 등의 수직배선으로부터 1 m 이상 떨어져 있을 때 또는 가공전선로의 수직배선과 가공약전류전선 등의 수직배선이 케이블인 경우에 이들이 직접 접촉될 우려가 없도록 지지물이나 완금류에 견고하게 시설한 때에는 지지물의 같은 쪽에 시설할 수 있다.

(2) 지지물의 표면에 붙이는 가공전선로의 수직배선에는 가공약전류전선 등의 시설자가 지지물에 시설한 것의 1 m 위로부터 전선로의 수직배선의 맨 아래까지의 사이에는 저압은 절연전선 또는 케이블, 고압은 케이블을 사용할 것.

(3) 지지물의 표면에 붙이는 가공약전류전선 등의 수직배선에는 가공약전류전선 등의 관리자와 가공전선로의 관리자가 상호 승낙을 받았을 경우에 가공약전류전선 등의 수직배선을 케이블 또는 절연내력을 갖춘 방호장치에 넣어 가공전선과 직접 접촉할 우려가 없도록 지지물 또는 완금류에 견고하게 시설할 경우에는 “나” 및 “다”에 의하지 아니할 수 있다

사. 가공전선로의 접지도체에 절연전선 또는 케이블을 사용하고 또한 가공전선로의 접지도체 및 접지극과 가공약전류전선로 등의 접지도체 및 접지극과는 각각 별개로 시설할 것.

아. 전선로의 지지물은 그 전선로의 공사, 유지 및 운용에 지장을 줄 우려가 없도록 시설할 것.

333 특고압 가공전선로

333.1 시가지 등에서 특고압 가공전선로의 시설

1. 특고압 가공전선로는 전선이 케이블인 경우 또는 전선로를 다음과 같이 시설하는 경우에는 시가지 그 밖에 인가가 밀집한 지역에 시설할 수 있다.

가. 사용전압이 170 kV 이하인 전선로를 다음에 의하여 시설하는 경우

(1) 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치는 다음 중 어느 하나에 의할 것.

(가) 50% 충격 불꽃 방전 전압 값이 그 전선의 근접한 다른 부분을 지지하는 애자장치 값의 110%(사용전압이 130 kV를 초과하는 경우는 105%) 이상인 것.

(나) 아킹혼을 붙인 현수애자・긴 애자 또는 라인포스트애자를 사용하는 것.

(다) 2련 이상의 현수애자 또는 긴 애자를 사용하는 것.

(라) 2개 이상의 핀애자 또는 라인포스트애자를 사용하는 것.

(2) 특고압 가공전선로의 지지물 간 거리는 표 333.1-1에서 정한 값 이하일 것.

표 333.1-1 시가지 등에서 170 kV 이하 특고압 가공전선로의 지지물 간 거리 제한

지지물의 종류	지지물 간 거리
A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	75 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철탑	400 m (단주인 경우에는 300 m) 다만, 전선이 수평으로 2이상 있는 경우에 전선 상호 간의 간격이 4 m 미만인 때에는 250 m

(3) 지지물에는 철주・철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용할 것.

(4) 전선은 단면적이 표 333.1-2에서 정한 값 이상일 것.

표 333.1-2 시가지 등에서 170 kV 이하 특고압 가공전선로 전선의 단면적

사용전압의 구분	전선의 단면적
100 kV 미만	인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적 55 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선
100 kV 이상	인장강도 58.84 kN 이상의 연선 또는 단면적 150 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선

(5) 전선의 지표상의 높이는 표 333.1-3에서 정한 값 이상일 것. 다만, 발전소・변전소 또는 이에 준하는 곳의 구내와 구외를 연결하는 첫 번째 지지물까지의 가공전선은 그러하지 아니하다.

표 333.1-3 시가지 등에서 170 kV 이하 특고압 가공전선로 높이

사용전압의 구분	지표상의 높이
35 kV 이하	10 m (전선이 특고압 절연전선인 경우에는 8 m)
35 kV 초과	10 m에 35 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m 를 더한 값

(6) 지지물에는 위험 표시를 보기 쉬운 곳에 시설할 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하의 특고압 가공전선로의 전선에 특고압 절연전선을 사용하는 경우는 그러하지 아니하다.

(7) 사용전압이 100 kV를 초과하는 특고압 가공전선에 지락 또는 단락이 생겼을 때에는 1초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 시설할 것.

나. 사용전압이 170 kV 초과하는 전선로를 다음에 의하여 시설하는 경우

(1) 전선로는 회선수 2 이상 또는 그 전선로의 손괴에 의하여 현저한 공급지장이 발생하지 않도록 시설할 것.

(2) 전선을 지지하는 애자(碍子)장치에는 아킹혼을 부착한 현수애자 또는 긴 애자를 사용할 것.

(3) 전선을 잡아당기는 경우에는 압축형 클램프, 쐐기형 클램프 또는 이와 동등 이상의 성능을 가지는 클램프를 사용할 것.

(4) 현수애자 장치에 의하여 전선을 지지하는 부분에는 아머로드를 사용할 것.

(5) 지지물 간 거리는 600 m 이하일 것.

(6) 지지물은 철탑을 사용할 것.

(7) 전선은 단면적 240 ㎟ 이상의 강심알루미늄선 또는 이와 동등 이상의 인장강도 및 내(耐)아크 성능을 가지는 연선(撚線)을 사용할 것.

(8) 전선로에는 가공지선을 시설할 것.

(9) 전선은 압축접속에 의하는 경우 이외에는 지지물 간의 사이에 접속점을 시설하지 아니할 것.

(10) 전선의 지표상의 높이는 10 m에 35 kV를 초과하는 10 kV 마다 0.12 m를 더한 값 이상일 것.

(11) 지지물에는 위험표시를 보기 쉬운 곳에 시설할 것.

(12) 전선로에 지락 또는 단락이 생겼을 때에는 1초 이내에 그리고 전선이 아크전류에 의하여 용단될 우려가 없도록 자동적으로 전로에서 차단하는 장치를 시설할 것.

2. 시가지 그 밖에 인가가 밀집한 지역이란 특고압 가공전선로의 양측으로 각각 50 m,

선로방향으로 500 m을 취한 50000 ㎡의 직사각형의 구역으로 그 지역(도로부분을 제외한다)내의 건폐율{(조영물이 점하는 면적)/(50000 ㎡-도로면적)}이 25% 이상인 경우로 한다.

333.2 유도장해의 방지

1. 특고압 가공 전선로는 다음 "가", "나"에 따르고 또한 기설 가공 전화선로에 대하여 상시정전유도작용(常時靜電誘導作用)에 의한 통신상의 장해가 없도록 시설하여야 한다. 다만, 가공 전화선이 통신용 케이블인 때 가공 전화선로의 관리자로부터 승낙을 얻은 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 사용전압이 60 kV 이하인 경우에는 전화선로의 길이 12 km 마다 유도전류가 2 μA를 넘지 아니하도록 할 것.
   나. 사용전압이 60 kV를 초과하는 경우에는 전화선로의 길이 40 km 마다 유도전류가 3 μA 을 넘지 아니하도록 할 것.
2. 특고압 가공전선로는 기설 통신선로에 대하여 상시정전 유도작용에 의하여 통신상의 장해를 주지 아니하도록 시설하여야 한다.
3. 특고압 가공 전선로는 기설 약전류 전선로에 대하여 통신상의 장해를 줄 우려가 없도록 시설하여야 한다.
4. 제1의 유도전류의 계산방법은 다음과 같다.
   가. 특고압 가공전선로의 사용전압이 25 kV 이하인 경우에는 다음에 의할 것.
      (1) 유도전류는 다음의 계산식에 의할 것.

$$i_T = V_K \times 10^{-3}\left(2.5n + 2.76\sum\frac{l_1 \log\frac{b_2}{b_1}}{b_2 - b_1} + 1.2\sum\frac{l}{b} + 18\sum\frac{l_1}{b_1 b_2} + 18\sum\frac{l}{b^2}\right)$$

교 차 불병행부분 병행부분 불병행부분 병행부분

15 m 이하 15 m 초과

i_T: 수화기에 통하는 유도전류 (μA)

V_K: 전선로의 사용전압 (kV)

$b_1 b_2$: 전선로와 전화전로가 병행하지 아니하는 부분의 전선과 전화선 사이의 간격 (m)

l_1: $b_1 b_2$간의 전화선로의 길이 (m) (다만, 전선로와 전화선로가 교차하는 경우는 교차점의 전후 각 25 m의 부분은 이 계산에 가산하지 아니한다)

b: 전선로와 전화선로가 병행하는 부분의 전선과 전화선 사이의 간격 (m)

l: 전선로와 전화선로가 병행하는 부분의 전화선로의 길이 (m)

n: 교차점의 수

(2) 전화선로와 60 m 이상 떨어져 있는 전선로의 부분은 "가"의 계산에서 생략할 것

나. 특고압 가공전선로의 사용전압이 25 kV를 초과하는 경우에는 다음에 의할 것.

(1) 유도전류는 다음의 계산식에 의하여 계산할 것.

$$i_T = V_K D_1 \times 10^{-3}(0.33n + 26\sum\frac{l_1}{b_1 b_2})$$

i_T: 수화기에 통하는 유도전류 (μA)

V_K: 전선로의 사용전압 (kV)

D_1: 전선로의 선간거리 (m)

b_1: 전선과 전화선사이의 간격 (m)

l_1: $b_1 b_2$간의 전화선로의 길이 (m) (다만, 전선로와 전화선로가 교차하는 경우에는 사용전압이 60 kV 이하인 때에는 교차점의 전후 각 50 m, 사용전압이 60 kV를 초과하는 때에는 교차점의 전후 각 100 m의 부분은 이 계산에 가산하지 아니한다)

n: 교차점의 수

(2) 표 333.2-1에서 정한 거리이상 전화선로와 떨어져 있는 전선로의 부분은 "가"의 계산에서 생략할 것.

표 333.2-1 전압에 따른 전선로와 전화선로 사이의 거리

사용전압	전선로와 전화선로 사이의 거리(m)
25 kV 이하	60
25 kV 초과 35 kV 이하	100
35 kV 초과 50 kV 이하	150
50 kV 초과 60 kV 이하	180
60 kV 초과 70 kV 이하	200
70 kV 초과 80 kV 이하	250
80 kV 초과 120 kV 이하	350
120 kV 초과 160 kV 이하	450
160 kV 초과	500

333.3 특고압 가공케이블의 시설

1. 특고압 가공전선로는 그 전선에 케이블을 사용하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 케이블은 다음의 어느 하나에 의하여 시설할 것.
      (1) 조가선에 행거에 의하여 시설할 것. 이 경우에 행거의 간격은 0.5 m 이하로 하여 시설하여야 한다.
      (2) 조가선에 접촉시키고 그 위에 쉽게 부식되지 아니하는 금속 테이프 등을 0.2 m 이하의 간격을 유지시켜 나선형으로 감아 붙일 것.
   나. 조가선은 인장강도 13.93 kN 이상의 연선 또는 단면적 22 ㎟ 이상의 아연도강연선일 것.
   다. 조가선은 332.4의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우에 조가선의 중량 및 조가선에 대한 수평풍압에는 각각 케이블의 중량[332.4의 "나" 또는 "다"에 규정하는 빙설이 부착한 경우에는 그 빙설이 부착된 전선의 중량] 및 케이블에 대한 수평풍압[332.4의 "나" 또는 "다"에 규정하는 빙설이 부착한 경우에는 그 빙설이 부착된 전선에 대한 수평풍압]을 가산한 것으로 한다.
   라. 조가선 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.
2. 특고압 가공전선이 도체 내 강심을 포함하고 조가선과 동등 이상의 인장강도를 가진 케이블을 사용하는 경우에는 제1에 의하지 아니할 수 있으며 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 케이블은 전선 설치용 장비에 의하여 시설하고 전용 금속 부속품을 사용하여 각 지지점에 견고하게 고정하여 시설할 것.
   나. 케이블 및 케이블을 지지하거나 고정하는 금속 부속품과 그 부속장치의 인장강도는 13.93 kN 이상이고 케이블과 맞닿는 금속 부속품의 표면은 케이블 손상을 방지할 수 있는 재질일 것.
   다. 케이블은 332.4의 규정에 준하여 시설하고 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

333.4 특고압 가공전선의 굵기 및 종류

특고압 가공전선(특고압 옥측전선로 또는 335.9의 2의 규정에 의하여 시설하는 특고압 전선로에 인접하는 첫 번째 지지물간의 가공전선 및 특고압 가공인입선을 제외한다. 이하 같다)은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 8.71 kN 이상의 연선 또는 단면적이 22 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선이어야 한다.

333.5 특고압 가공전선과 지지물 등의 간격

특고압 가공전선(케이블 및 333.32의 1에 규정하는 특고압 가공전선로의 전선은 제외한다)과 그 지지물·완금류·지지기둥 또는 지지선 사이의 간격은 표 333.5-1에서 정한 값 이상이어야 한다. 다만, 기술상 부득이한 경우에 위험의 우려가 없도록 시설한 때에는 표 334.1-6에서 정한 값의 0.8배까지 감할 수 있다.

표 333.5-1 특고압 가공전선과 지지물 등의 간격

사 용 전 압	간 격(m)
15 kV 미만	0.15
15 kV 이상 25 kV 미만	0.2
25 kV 이상 35 kV 미만	0.25
35 kV 이상 50 kV 미만	0.3
50 kV 이상 60 kV 미만	0.35
60 kV 이상 70 kV 미만	0.4
70 kV 이상 80 kV 미만	0.45
80 kV 이상 130 kV 미만	0.65
130 kV 이상 160 kV 미만	0.9
160 kV 이상 200 kV 미만	1.1
200 kV 이상 230 kV 미만	1.3
230 kV 이상	1.6

333.6 특고압 가공전선의 안전율

특고압 가공전선은 332.4의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

333.7 특고압 가공전선의 높이

1. 특고압 가공전선[333.32의 1에 규정하는 특고압 가공전선로의 중성선으로서 다중 접지를 한 것을 제외한다]의 지표상(철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상, 횡단보도교를 횡단하는 경우에는 그 노면상)의 높이는 표 333.7-1에서 정한 값 이상이어야 한다.

표 333.7-1 특고압 가공전선의 높이

사용전압의 구분	지표상의 높이
35 kV 이하	5 m (철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 6.5 m, 도로를 횡단하는 경우에는 6 m, 횡단보도교의 위에 시설하는 경우로서 전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 4 m)
35 kV 초과 160 kV 이하	6 m (철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 6.5 m, 산지(山地) 등에서 사람이 쉽게 들어갈 수 없는 장소에 시설하는 경우에는 5 m, 횡단보도교의 위에 시설하는 경우 전선이 케이블인 때는 5 m)
160 kV 초과	6 m (철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 6.5 m 산지 등에서 사람이 쉽게 들어갈 수 없는 장소를 시설하는 경우에는 5 m)에 160 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m를 더한 값

2. 특고압 가공전선을 수면상에서 시설하는 경우에는 전선의 수면상의 높이를 선박의 항해 등에 위험을 주지 아니하도록 유지하여야 한다.
3. 특고압 가공전선로를 빙설이 많은 지방에 시설하는 경우에는 전선의 적설상의 높이를 사람 또는 차량의 통행 등에 위험을 주지 아니하도록 유지하여야 한다.

333.8 특고압 가공전선로의 가공지선

특고압 가공전선로에 사용하는 가공지선(架空地線)은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 가공지선에는 인장강도 8.01 kN 이상의 나선 또는 지름 5 ㎜ 이상의 나경동선, 22 ㎟ 이상의 나경동연선, 아연도강연선 22 ㎟, 또는 OPGW 전선을 사용하고 또한 이를 332.4의 규정에 준하여 시설할 것.

나. 지지점 이외의 곳에서 특고압 가공전선과 가공지선 사이의 간격은 지지점에서의 간격보다 적게 하지 아니할 것.

다. 가공지선 상호를 접속하는 경우에는 접속관 기타의 기구를 사용할 것.

333.9 특고압 가공전선로의 애자장치 등

1. 특고압 가공전선[333.32의 1 및 4에 규정하는 특고압 가공전선로의 중성선으로서 다중 접지를 한 것을 제외한다]을 지지하는 애자장치는 다음 하중이 전선의 붙임점에 가하여지는 것으로 계산한 경우에 안전율이 2.5 이상으로 되는 강도를 유지하도록 시설하여야 한다.

가. 전선을 잡아당기는 경우에는 전선의 상정 최대장력에 의한 하중

나. 전선을 매다는 경우에는 전선 및 애자장치에 가하여 지는 풍압하중[풍압이 전선로에 직각 방향으로 가하여지는 것으로 하여 331.6의 규정에 준하여 계산한다. 이하 같다]과 같은 수평 가로 하중과 전선의 중량[풍압하중으로서 을종 풍압하중을 채택하는 경우에는 전선에 부착된 빙설(두께 6 ㎜, 비중 0.9의 것으로 한다)의 중량을 가산한다] 및 애자장치 중량과의 합과 같은 수직하중과의 합성하중. 다만, 전선로에 수평각도가 있는 경우에는 전선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평횡분력과 같은 수평 가로 하중을 전선로에 현저한 수직각도가 있는 경우에는 이에 수직하중을 각각 가산한다.

다. 기타의 경우에는 전선 및 애자장치에 가하여지는 풍압하중과 같은 수평 가로 하중과 전선로에 수평각도가 있는 경우의 전선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평횡분력과 같은 수평 가로 하중과의 합과 같은 수평 가로 하중

2. 특고압 가공전선[333.32의 1에 규정하는 특고압 가공전선로의 전선은 제외한다]을 지지하는 애자장치를 붙이는 완금류에는 140의 규정에 의하여 접지공사를 하여야 한다.

333.10 특고압 가공전선로의 목주 시설

특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 목주는 다음에 따르고 또한 견고하게 시설하여야 한다.

가. 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.

나. 굵기는 위쪽 끝 지름이 0.12 m 이상일 것.

333.11 특고압 가공전선로의 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 종류

특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 B종 철근・B종 콘크리트주 또는 철탑의 종류는 다음과 같다.

가. 직선형

전선로의 직선부분(3° 이하인 수평각도를 이루는 곳을 포함한다. 이하 같다)에 사용하는 것. 다만, 내장형 및 보강형에 속하는 것을 제외한다.

나. 각도형

전선로중 3° 를 초과하는 수평각도를 이루는 곳에 사용하는 것.

다. 잡아 당김형

전가섭선을 잡아당기는 곳에 사용하는 것.

라. 내장형

전선로의 지지물 양쪽의 지지물 간 거리의 차가 큰 곳에 사용하는 것.

마. 보강형

전선로의 직선부분에 그 보강을 위하여 사용하는 것

333.12 특고압 가공전선로의 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 강도

1. 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 철주 또는 철근 콘크리트주[331.9의 1에 규정하는 것 중 공장제조 철근 콘크리트주를 제외한다]의 강도는 고온계절이나 저온계절의 어느 계절에서도 333.13에 규정하는 상시 상정하중[A종 철주 또는 복합철근 콘크리트주인 A종 철근 콘크리트주에 있어서는 풍압하중 및 333.13의 1의 “가” (1)에 규정하는 수직하중, 복합 철근 콘크리트주 이외의 A종 철근 콘크리트주에 있어서는 풍압하중]에 의하여 생기는 부재응력의 1배의 응력에 견디는 것이어야 한다.
2. 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 331.9의 1의 단서에 규정하는 공장에서 제조한 철근 콘크리트주로서 A종 철근 콘크리트주는 풍압하중에, B종 철근 콘크리트주는 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 견디는 강도의 것이어야 한다.
3. 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑은 고온계절이나 저온계절의 어느 계절에서도 333.13에 규정하는 상시 상정하중 또는 333.14에 규정하는 이상 시 상정하중의 3분의 2배(완금류에 대하여는 1배)의 하중 중 큰 것에 견디는 강도의 것이어야 한다.

333.13 상시 상정하중

1. 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 강도계산에 사용하는 상시 상정하중은 풍압이 전선로에 직각 방향으로 가하여지는 경우의 하중, 전선로의 방향으로 가하여지는 경우의 하중 및 전선로에 경사 방향으로 가하여지는 경우의 하중을 각각 다음에 따라 계산하여 각 부재에 대한 이들의 하중 중 그 부재에 큰 응력이 생기는 쪽의 하중을 채택한다.

가. 풍압이 전선로에 직각 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음 하중이 동시에 가하여지는 것으로 계산할 것.

(1) 수직하중

가섭선·애자장치·지지물 부재(철근 콘크리트주에 대하여는 완금류를 포함한다) 등의 중량에 의한 하중. 다만, 전선로에 현저한 수직각도가 있는 경우에는 이에 의한 수직하중을, 철주 또는 철근 콘크리트주로 지지선을 사용하는 경우에는 지지선의 장력에 의하여 생기는 수직분력에 의한 하중을, 풍압하중으로서 을종 풍압하중을 채택하는 경우는 가섭선의 부착된 빙설(두께 6 ㎜, 비중 0.9의 것으로 한다)의 중량에 의한 하중을 각각 가산한다.

(2) 수평 가로 하중

331.6의 2의 "가" (1) 또는 "나" (1)의 풍압하중 및 전선로에 수평각도가 있는 경우에는 가섭선의 상정 최대장력(고온계절과 저온계절별로 그 계절에서의 상정 최대장력으로 한다. 이하 같다)에 의하여 생기는 수평 횡분력에 의한 하중

나. 풍압이 전선로의 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음의 하중이 동시에 가하여지는 것으로 계산할 것.

(1) 수직하중

"가" (1)의 하중

(2) 수평 가로 하중

전선로에 수평각도가 있는 경우에 가섭선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평 횡분력에 의한 하중

(3) 수평 종하중

331.6의 2의 "가" (2) 또는 "나" (2)의 풍압하중

다. 풍압이 전선로에 경사 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음의 하중이 동시에 가하여지는 것으로 계산할 것.

(1) 수직하중

"가" (1)의 하중

(2) 수평 가로 하중

"가" (1)의 하중을 기준으로 경사풍향에 해당하는 하중계수를 곱하여 계산할 것.

2. 잡아 당김형・내장형 또는 보강형・직선형・각도형의 철주・철근 콘크리트주 또는 철탑의 경우에는 제1항의 하중에 다음에 따라 가섭선 불평형 장력에 의한 수평 종하중을 가산한다.
   가. 잡아 당김형의 경우에는 전가섭선에 관하여 각 가섭선의 상정 최대장력과 같은 불평형 장력의 수평 종분력에 의한 하중
   나. 내장형・보강형의 경우에는 전가섭선에 관하여 각 가섭선의 상정 최대장력의 33%와 같은 불평형 장력의 수평 종분력에 의한 하중
   다. 직선형의 경우에는 전가섭선에 관하여 각 가섭선의 상정 최대장력의 3% 와 같은 불평형 장력의 수평 종분력에 의한 하중.(단 내장형은 제외한다)
   라. 각도형의 경우에는 전가섭선에 관하여 각 가섭선의 상정 최대장력의 10%와 같은 불평형 장력의 수평 종분력에 의한 하중.
3. 지지물에서 가섭선의 배치가 대칭(對稱)이 아닌 철주・철근 콘크리트주 또는 철탑의 경우에는 제1 및 제2의 하중 이외에 수직편심하중(垂直偏心荷重)도 가산하고 또한 비틀림 힘에 의한 하중도 가산한다.

333.14 이상 시 상정하중

1. 철탑의 강도계산에 사용하는 이상 시 상정하중은 풍압이 전선로에 직각방향으로 가하여지는 경우의 하중과 전선로의 방향으로 가하여지는 경우의 하중을 각각 다음에 따라 계산하여 각 부재에 대한 이들의 하중 중 그 부재에 큰 응력이 생기는 쪽의 하중을 채택한다.
   가. 풍압의 전선로에 직각 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음 하중이 동시에 가하여지는 것으로 하여 계산할 것.
      (1) 수직하중
         333.13의 1의 “가” (1)의 하중
      (2) 수평 가로 하중
         331.6의 2의 “나” (1) 풍압하중, 전선로에 수평각도가 있는 경우의 가섭선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평 횡분력에 의한 하중 및 가섭선의 절단에 의하여 생기는 비틀림 힘에 의한 하중
      (3) 수평 종하중
         가섭선의 절단에 의하여 생기는 불평형 장력의 수평 종분력(水平從分力)에 의한 하중 및 비틀림 힘에 의한 하중
   나. 풍압이 전선로의 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음 하중이 동시에 가하여지는 것으로 하여 계산할 것.
      (1) 수직하중
         333.13의 1의 “가” (1) 하중

(2) 수평 가로 하중

전선로에 수평각도가 있는 경우의 가섭선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평 횡분력에 의한 하중 및 가섭선의 절단에 의하여 생기는 비틀림 힘에 의한 하중

(3) 수평 종하중

331.6의 2의 "나" (2) 풍압하중이나 가섭선의 절단에 의하여 생기는 불평형 장력의 수평종분력에 의한 하중 및 비틀림 힘에 의한 하중

2. 제1의 가섭선의 절단에 의하여 생기는 불평형 장력은 가섭선의 상(회선마다의 상을 말한다. 이하 같다)의 총수에 따라 다음에 따라 가섭선이 절단되는 것으로 하고 또한 그 가섭선의 절단에 의하여 생기는 각 부재에 대한 불평형 장력의 크기는 가섭선의 상정 최대장력과 같은 값(가섭선을 붙이는 방법 때문에 가섭선이 절단된 때에 그 지지점이 이동하거나 가섭선이 지지점에서 미끄러지는 경우에는 상정 최대장력의 0.6배의 값)으로 계산한다. 이 경우에 가공지선은 전선과 동시에 절단되지 아니하는 것으로 하고 또한 1가닥이 절단되는 것으로 한다.

가. 가섭선의 상의 총수가 12 이하인 경우에는 각 부재에 생기는 응력이 최대로 될 수 있는 1상(다도체는 잡아 당김형 이외의 철탑의 경우에는 1상중 2가닥)

나. 가섭선의 상의 총수가 12를 넘을 경우("다" 에 규정하는 경우를 제외한다)는 각 부재에 생기는 응력이 최대로 되는 회선을 달리 하는 2상(다도체는 잡아 당김형 이외의 철탑의 경우에는 1상마다 2가닥)

다. 가섭선이 세로로 9상 이상이 걸리고 또한 가로로 2상이 걸리어 있는 경우에는 그 세로로 걸린 9상 이상 중 위쪽의 6상에서 1상(다도체는 잡아 당김형 이외의 철탑의 경우에는 1상중 2가닥) 및 기타의 상에서 1상(다도체는 잡아 당김형 이외의 철탑의 경우에는 1상중 2가닥)으로서 각 부재에 생기는 응력이 최대로 되는 것.

333.15 특고압 가공전선로의 철탑의 착설 시 강도 등

대형하천 횡단부와 그 주변 등 지형적으로 이상착설이 발달하기 쉬운 개소에 특고압 가공전선로를 시설하는 경우 그 지지물로 사용하는 철탑 및 그 기초는 해당개소의 지형 등으로 상정되는 이상 착설시의 하중에 견디는 강도로 하여야 한다. 이 경우에 유효한 난착설화 대책을 함으로써 착설시의 하중의 저감을 고려할 수도 있다.

333.16 특고압 가공전선로의 내장형 등의 지지물 시설

1. 특고압 가공전선로[333.32의 1에 규정하는 특고압 가공전선로를 제외한다. 이하 같다]중 지지물로 목주・A종 철주・A종 철근콘크리트주를 연속하여 5기 이상 사용하는 직선부분(5° 이하의 수평각도를 이루는 곳을 포함한다)에는 다음에 따라 목주・A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주를 시설하여야 한다. 다만, 사용전압이 35

kV 이하인 특고압 가공전선로에 있어서는 “가”(333.32의 4에 규정하는 특고압 가공전선로를 시가지에 시설하는 경우에는 “가” 및 “나”)의 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주 시설을 하지 아니하여도 된다.

가. 5기 이하마다 지지선을 전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 시설한 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주 1기

나. 연속하여 15기 이상으로 사용하는 경우에는 15기 이하마다 지지선을 전선로의 방향으로 그 양쪽에 시설한 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주 1기

2. 제1의 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주는 333.27의 1의 “나” 및 333.29의 지지선을 시설한 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주에 그 지지선의 반대쪽에 지지선을 더 시설함으로서 갈음할 수 있다.

3. 특고압 가공전선로 중 지지물로서 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 연속하여 10기 이상 사용하는 부분에는 10기 이하마다 장력에 견디는 형태의 철주 또는 철근 콘크리트주 1기를 시설하거나 5기 이하마다 보강형의 철주 또는 철근 콘크리트주 1기를 시설하여야 한다.

4. 특고압 가공전선로 중 지지물로서 직선형의 철탑을 연속하여 10기 이상 사용하는 부분에는 10기 이하마다 장력에 견디는 애자장치가 되어 있는 철탑 또는 이와 동등 이상의 강도를 가지는 철탑 1기를 시설하여야 한다.

333.17 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 병행설치

1. 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 제4의 경우 이외에는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선은 저압 또는 고압 가공전선의 위에 시설하고 별개의 완금류에 시설할 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블인 경우로서 저압 또는 고압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 특고압 가공전선은 연선일 것.

다. 저압 또는 고압 가공전선은 인장강도 8.31 kN 이상의 것 또는 케이블인 경우 이외에는 다음에 해당하는 것.

(1) 가공전선로의 지지물 간 거리가 50 m 이하인 경우에는 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선

(2) 가공전선로의 지지물 간 거리가 50 m 을 초과하는 경우에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선

라. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선사이의 간격은 1.2 m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블로서 저압 가공전선이 절연전선이거나 케이블인 때 또는 고압 가공전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 때는 0.5 m 까지로 감할 수 있다.

마. 저압 또는 고압 가공전선은, 특고압 가공전선로(특고압 가공전선에 특고압 절연전선을 사용하는 것에 한한다)를 333.1의 1의 규정에 적합하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우 또는 특고압 가공전선이 케이블인 경우 이외에는 다음의 어느 하나에 해당하는 것일 것.

(1) 특고압 가공전선과 동일 지지물에 시설되는 부분에 140의 규정에 준하여 접지공사(접지저항 값이 10 Ω 이하로서 접지도체는 공칭단면적 16 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시에 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용한 것에 한한다)를 한 저압 가공전선[(2)에 규정하는 것을 제외한다]

(2) 322.1의 규정에 의하여 접지공사(140의 규정 의하여 계산한 값이 10을 초과하는 경우에는 접지저항 값이 10 Ω 이하인 것에 한한다)를 한 저압 가공전선

(3) 특고압과 고압의 혼촉 등에 의한 위험방지 시설하는 장치를 한 고압 가공전선

(4) 직류 단선식 전기철도용 가공전선 그 밖의 대지로부터 절연되어 있지 아니하는 전로에 접속되어 있는 저압 또는 고압 가공전선

2. 사용전압이 35 kV 을 초과하고 100 kV 미만인 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 제4 이외에는 제1의 “다” 및 “마”의 규정에 준하여 시설하고 또한 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것.

나. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선 사이의 간격은 2 m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블인 경우에 저압 가공전선이 절연전선 혹은 케이블인 때 또는 고압 가공전선이 절연전선 혹은 케이블인 때에는 1 m 까지 감할 수 있다.

다. 특고압 가공전선은 케이블인 경우를 제외하고는 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 50 ㎟ 이상인 경동연선일 것.

라. 특고압 가공전선로의 지지물은 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑일 것.

3. 사용전압이 100 kV 이상인 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선은 제4의 경우 이외에는 동일 지지물에 시설하여서는 아니 된다.

4. 특고압 가공전선과 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압의 전기기계기구에 접속하는 저압 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 제1의 “가” 부터 “다” 까지의 규정에 준하여 시설하는 이외에 특고압 가공전선과 저압 가공전선 사이의 간격은 표 333.17-1에서 정한 값 이상이어야 한다.

표 333.17-1 특고압 가공전선과 저고압 가공전선의 병행설치 시 간격

사용전압의 구분	간 격
35 kV 이하	1.2 m (특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 0.5 m)
35 kV 초과 60 kV 이하	2 m (특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 1 m)
60 kV 초과	2 m (특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 1 m)에 60 kV을 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m를 더한 값

333.18 특고압 가공전선과 저고압 전차선의 병행설치

특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 전차선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 333.17의 1부터 3까지를 준용한다.

333.19 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치

1. 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등(전력보안 통신선 및 전기철도의 전용부지 안에 시설하는 전기철도용 통신선을 제외한다. 이하 같다)을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것.
   나. 특고압 가공전선은 가공약전류전선 등의 위로하고 별개의 완금류에 시설할 것.
   다. 특고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 50 ㎟ 이상인 경동연선일 것.
   라. 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 간격은 2 m 이상으로 할 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 0.5 m 까지로 감할 수 있다.
   마. 가공약전류전선을 특고압 가공전선이 케이블인 경우 이외에는 금속제의 전기적 차폐층이 있는 통신용 케이블일 것. 다만, 가공약전류전선로의 관리자의 승낙을 얻은 경우에 특고압 가공전선로(특고압 가공전선에 특고압 절연전선을 사용하는 것에 한한다)를 333.1의 1의 규정에 적합하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 때는 그러하지 아니하다.
   바. 특고압 가공전선로의 수직배선은 가공약전류전선 등의 시설자가 지지물에 시설한 것의 2 m 위에서부터 전선로의 수직배선의 맨 아래까지의 사이는 케이블을 사용할 것.
   사. 특고압 가공전선로의 접지도체에는 절연전선 또는 케이블을 사용하고 또한 특고압 가공전선로의 접지도체 및 접지극과 가공약전류전선로 등의 접지도체 및 접지극은 각각 별개로 시설할 것.

아. 전선로의 지지물은 그 전선로의 공사·유지 및 운용에 지장을 줄 우려가 없도록 시설할 것.

2. 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등은 동일 지지물에 시설하여서는 아니 된다.

3. 가공약전류전선 등이 가공지선을 이용하여 시설하는 광섬유 케이블로서 362.2의 규정에 준하여 시설한 것일 때에는 제1 및 제2의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

333.20 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압 기계기구 등의 시설

특고압 가공전선로(333.32의 1 및 4에서 규정하는 특고압 가공전선로는 제외한다)의 전선의 위쪽에서 지지물에 저압의 기계기구를 시설하는 경우에는 특고압 가공전선이 케이블인 경우 이외에는 다음에 따라야 한다.

가. 저압의 기계기구에 접속하는 전로에는 다른 부하를 접속하지 아니할 것

나. "가"의 전로와 다른 전로를 변압기에 의하여 결합하는 경우에는 절연 변압기를 사용할 것.

다. "나"의 절연 변압기의 부하측의 1단자 또는 중성점 및 "가"의 기계기구의 금속제 외함에는 140에 준하여 접지공사를 하여야 한다.

333.21 특고압 가공전선로의 지지물 간 거리 제한

1. 특고압 가공전선로의 지지물 간 거리는 표 333.21-1에서 정한 값 이하이어야 한다.

표 333.21-1 특고압 가공전선로의 지지물 간 거리 제한

지지물의 종류	지지물 간 거리
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	150 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	250 m
철탑	600 m (단주인 경우에는 400 m)

2. 특고압 가공전선로의 전선에 인장강도 21.67 kN 이상의 것 또는 단면적이 50 ㎟ 이상인 경동연선을 사용하는 경우로서 그 지지물을 다음에 따라 시설할 때에는 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다. 이 경우에 그 전선로의 지지물 간 거리는 그 지지물에 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 300 m 이하, B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 500 m 이하이어야 한다.

가. 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주에는 전 공중선에 대하여 각 공중선의 상정 최대장력의 3분의 1과 같은 불평형 장력에 의한 수평력에 견디는 지지선을 그 전선로의 방향으로 그 양쪽에 시설할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선

로 중 그 지지물 간 거리에 근접하는 곳의 지지물에 그 지지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

나. B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주에는 장력에 견디는 형태의 철주나 철근 콘크리트주를 사용하거나 "가"의 규정에 준하여 지지선을 시설할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로 중 그 지지물 간 거리에 근접하는 곳의 지지물에 그 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하거나 그 지지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

다. 철탑에는 장력에 견디는 형태의 철탑을 사용할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로 중 그 지지물 간 거리에 근접하는 곳의 지지물에 장력에 견디는 형태의 철탑을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

333.22 특고압 보안공사

1. 제1종 특고압 보안공사는 다음에 따라야 한다.

가. 전선은 케이블인 경우 이외에는 단면적이 표 333.22-1에서 정한 값 이상일 것.

표 333.22-1 제1종 특고압 보안공사 시 전선의 단면적

사용전압	전 선
100 kV 미만	인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적 55 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선
100 kV 이상 300 kV 미만	인장강도 58.84 kN 이상의 연선 또는 단면적 150 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선
300 kV 이상	인장강도 77.47 kN 이상의 연선 또는 단면적 200 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선

나. 전선에는 압축 접속에 의한 경우 이외에는 지지물과 지지물 중간에 접속점을 시설하지 아니할 것.

다. 전선로의 지지물에는 B종 철주·B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용할 것.

라. 지지물 간 거리는 표 333.22-2에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선의 인장강도 58.84 kN 이상의 연선 또는 단면적이 150 ㎟ 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

표 333.22-2 제1종 특고압 보안공사 시 지지물 간 거리 제한

지지물의 종류	지지물 간 거리
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철탑	400 m (단주인 경우에는 300 m)

마. 전선이 다른 시설물과 접근하거나 교차하는 경우에는 그 전선을 지지하는 애자장치는 다음의 어느 하나에 의할 것.

(1) 현수애자 또는 긴 애자를 사용하는 경우, 50% 충격 불꽃 방전 전압 값이 그 전선의 근접하는 다른 부분을 지지하는 애자장치의 값의 110%(사용전압이 130 kV를 초과하는 경우는 105%) 이상인 것.

(2) 아킹혼을 붙인 현수애자·긴 애자 또는 라인포스트애자를 사용할 것. 다만, 직류 송전선로의 경우 아킹혼 또는 쉴드링을 사용하여 애자련을 보호할 수 있다.

(3) 2련 이상의 현수애자 또는 긴 애자를 사용한 것.

바. “마”의 경우에 지지선을 사용할 때에는 그 지지선에는 본선과 동일한 강도 및 굵기의 것을 사용하고 또한 본선과의 접속은 견고하게 하여 전기가 안전하게 전도되도록 할 것.

사. 전선로에는 가공지선을 시설할 것. 다만, 사용전압이 100 kV 미만인 경우에 애자에 아킹혼을 붙인 때 또는 전선에 아마로드를 붙인 때에는 그러하지 아니하다.

아. 특고압 가공전선에 지락 또는 단락이 생겼을 경우에 3초(사용전압이 100 kV 이상인 경우에는 2초) 이내에 자동적으로 이것을 전로로부터 차단하는 장치를 시설할 것.

자. 전선은 바람 또는 눈에 의한 요동으로 단락될 우려가 없도록 시설할 것.

2. 제2종 특고압 보안공사는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선은 연선일 것.

나. 지지물로 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 2 이상일 것.

다. 지지물 간 거리는 표 333.22-3에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선에 인장강도 38.05 kN 이상의 연선 또는 단면적이 95 ㎟ 이상인 경동연선을 사용하고 지지물에 B종 철주·B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

표 333.22-3 제2종 특고압 보안공사 시 지지물 간 거리 제한

지지물의 종류	지지물 간 거리
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	200 m
철탑	400 m (단주인 경우에는 300 m)

라. 전선이 다른 시설물과 접근하거나 교차하는 경우에는 그 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치는 다음의 어느 하나에 의할 것.

(1) 50% 충격 불꽃 방전 전압 값이 그 전선의 근접하는 다른 부분을 지지하는 애자장치의 값의 110%(사용전압이 130 kV를 초과하는 경우에는 105%)이상인 것.

(2) 아킹혼을 붙인 현수애자·긴 애자 또는 라인포스트애자를 사용한 것.

(3) 2련 이상의 현수애자 또는 긴 애자를 사용한 것.

(4) 2개 이상의 핀애자 또는 라인포스트애자를 사용한 것.

마. “라”의 경우에 지지선을 사용할 때에는 그 지지선에는 본선과 동일한 강도 및 굵기의 것을 사용하고 또한 본선과의 접속은 견고하게 하여 전기가 안전하게 전도되도록 할 것.

바. 전선은 바람 또는 눈에 의한 요동으로 단락될 우려가 없도록 시설할 것.

3. 제3종 특고압 보안공사는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선은 연선일 것.

나. 지지물 간 거리는 표 333.22-4에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선의 인장강도 38.05 kN이상의 연선 또는 단면적이 95 ㎟ 이상인 경동연선을 사용하고 지지물에 B종 철주·B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

표 333.22-4 제3종 특고압 보안공사 시 지지물 간 거리 제한

지지물 종류	지지물 간 거리
목주・A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m (전선의 인장강도 14.51 kN 이상의 연선 또는 단면적이 38 ㎟ 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 150 m)
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	200 m (전선의 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 55 ㎟ 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 250 m)
철탑	400 m (전선의 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 55 ㎟ 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 600 m) 다만, 단주의 경우에는 300 m (전선의 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 55 ㎟ 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 400 m)

다. 전선은 바람 또는 눈에 의한 요동으로 단락될 우려가 없도록 시설할 것.

333.23 특고압 가공전선과 건조물의 접근

1. 특고압 가공전선이 건조물과 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의할 것.

나. 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 건조물의 조영재 간격은 표 333.23-1에서 정한 값 이상일 것.

표 333.23-1 특고압 가공전선과 건조물의 간격(제1차 접근상태)

건조물과 조영재의 구분	전선종류	접근형태	간 격
상부 조영재	특고압 절연전선	위쪽	2.5 m
		옆쪽 또는 아래쪽	1.5 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우는 1 m)
	케이블	위쪽	1.2 m
		옆쪽 또는 아래쪽	0.5 m
	기타전선		3 m
기타 조영재	특고압 절연전선		1.5 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우는 1 m)
	케이블		0.5 m
	기타 전선		3 m

다. 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선과 건조물과의 간격은 건조물의 조영재 구분 및 전선종류에 따라 각각 “나”의 규정 값에 35 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 15 ㎝를 더한 값 이상일 것.

2. 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선이 건조물과 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것.

나. 특고압 가공전선과 건조물 사이의 간격은 제1의 “나”의 규정에 준할 것.

3. 사용전압이 35 kV 초과 400 kV 미만인 특고압 가공전선이 건조물(242.2.1 및 242.2.2·242.3 또는 242.4에서 규정하는 장소가 있는 건물 및 242.5.1의 1에 규정하는 건물은 이를 제외하며, 또한 제2차 접근상태로 있는 부분의 상부조영재가 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 건축 재료로 건조된 것에 한한다)과 제2차 접근상태에 있는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 하며, 이 경우 이외에는 건조물과 제2차 접근상태로 시설하여서는 아니 된다.

가. 특고압 가공전선로는 제1종 특고압 보안공사에 의할 것.

나. 특고압 가공전선과 건조물 사이의 간격은 제1의 “나” 및 “다”의 규정에 준할 것.

다. 특고압 가공전선에는 아마로드를 시설하고 애자에 아킹혼(다만, 직류송전선로의 경우 아킹혼 또는 쉴드링을 시설할 수 있다)을 시설할 것. 또는 다음에 따라 시설할 것.

(1) 특고압 가공전선로에 가공지선을 시설하고 특고압 가공전선에 아마로드를 시설할 것.

(2) 특고압 가공전선로에 가공지선을 시설하고 애자에 아킹혼을 시설할 것.

(3) 애자에 아킹혼을 시설하고 압축형 클램프 또는 쐐기형 클램프를 사용하여 전선을 잡아당겨 고정할 것.

라. 건조물의 금속제 상부조영재 중 제2차 접근상태에 있는 것에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

4. 사용전압이 400 kV 이상의 교류 특고압 가공전선이 건조물과 제2차 접근상태로 있는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 하며, 이 경우 이외에는 건조물과 제2차 접근상태로 시설하여서는 아니 된다.

가. 제3의 "가" 부터 "라" 까지의 기준에 따라 시설할 것.

나. 전선높이가 최저상태일 때 가공전선과 건조물 상부[지붕 · 챙(차양: 遮陽) · 옷 말리는 곳 기타 사람이 올라갈 우려가 있는 개소를 말한다]와의 수직거리가 28 m 이상일 것.

다. 독립된 주거생활을 할 수 있는 단독주택, 공동주택 및 학교, 병원 등 불특정 다수가 이용하는 다중 이용 시설의 건조물이 아닐 것.

라. 건조물은 「건축물의 피난 · 방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제3조(내화구조)에 적합하고, 그 지붕 재질은 같은 규칙 제6조(불연재료)에 적합할 것.

마. 242.2부터 242.5의 규정에 따라 폭연성 먼지, 가연성 가스, 인화성물질, 석유류, 화학류 등 위험물질을 다루는 건조물에 해당되지 아니할 것.

바. 건조물 최상부에서 전계(3.5 kV/m) 및 자계(83.3 μT)를 초과하지 아니할 것.

사. 특고압 가공전선은 331.6, 331.7, 333.6, 333.9, 333.12의 규정에 따라 풍압하중, 지지물 기초의 안전율, 가공전선의 안전율, 애자장치의 안전율, 철탑의 강도 등의 안전율 및 강도 이상으로 시설하여 전선의 단선 및 지지물이 넘어지거나 무너질 우려가 없도록 시설할 것.

5. 특고압 가공전선이 건조물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선이 건조물의 아래쪽에 시설될 때에는 상호 간의 수평 간격은 3 m 이상으로 하고 또한 상호 간의 간격은 제1의 "나" 및 "다" 의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 건조물 사이의 수평 간격은 3 m 이상으로 하지 아니하여도 된다.

333.24 특고압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차

1. 특고압 가공전선이 도로 · 횡단보도교 · 철도 또는 궤도(이하 "도로 등" 이라 한다)와 제1차 접근 상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의할 것.

나. 특고압 가공전선과 도로 등 사이의 간격(노면상 또는 레일면상의 간격은 제외한다. 이하 같다)는 표 333.24-1에서 정한 값 이상일 것. 다만, 특고압 절연전선을 사용하는 사용전압이 35 kV 이하의 특고압 가공전선과 도로 등 사이의 수평 간격이 1.2 m 이상인 경우에는 그러하지 아니하다.

표 333.24-1 특고압 가공전선과 도로 등과 접근 또는 교차 시 간격

사용전압의 구분	간 격
35 kV 이하	3 m
35 kV 초과	3 m에 사용전압이 35 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.15 m를 더한 값

2. 특고압 가공전선이 도로 등과 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사(특고압 가공전선이 도로와 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 애자장치에 관계되는 부분을 제외한다)에 의할 것.
   나. 특고압 가공전선과 도로 등 사이의 간격은 제1의 “나” 의 규정에 준할 것.
   다. 특고압 가공전선중 도로 등에서 수평거리 3 m 미만으로 시설되는 부분의 길이가 연속하여 100 m 이하이고 또한 첫 번째 지지물까지의 간격 내에서의 그 부분의 길이의 합계가 100 m 이하일 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로를 제2종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우 또는 사용전압이 35 kV를 초과하고 400 kV 미만인 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 특고압 가공전선이 도로 등과 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 도로 등의 위에 시설되는 때에는 다음에 따라야 한다.
   가. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사(특고압 가공전선이 도로와 교차하는 경우에는 애자장치에 관계되는 부분을 제외한다)에 의할 것. 다만, 특고압 가공전선과 도로 등 사이에 다음에 의하여 보호망을 시설하는 경우에는 제2종 특고압 보안공사(애자장치에 관계되는 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.
      (1) 보호망은 140의 규정에 준하여 접지공사를 한 금속제의 그물형 장치로 하고 견고하게 지지할 것.
      (2) 보호망을 구성하는 금속선은 그 바깥둘레 및 특고압 가공전선의 바로 아래에 시설하는 금속선에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선을 사용하고 그 밖의 부분에 시설하는 금속선에는 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선을 사용할 것.
      (3) 보호망을 구성하는 금속선 상호의 간격은 가로, 세로 각 1.5 m 이하일 것.

(4) 보호망이 특고압 가공전선의 외부에 뻗은 폭은 특고압 가공전선과 보호망과의 수직거리의 2분의 1 이상일 것. 다만, 6 m를 넘지 아니하여도 된다.

(5) 보호망을 운전이 빈번한 철도선로의 위에 시설하는 경우에는 경동선 그 밖에 쉽게 부식되지 아니하는 금속선을 사용할 것.

나. 특고압 가공전선이 도로 등과 수평거리로 3 m 미만에 시설되는 부분의 길이는 100 m를 넘지 아니할 것. 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로를 시설하는 경우 또는 사용전압이 35 kV을 초과하고 400 kV 미만인 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

4. 특고압 가공전선이 도로 등과 접근하는 경우에 특고압 가공전선을 도로 등의 아래쪽에 시설할 때에는 상호 간의 수평 간격은 3 m 이상으로 하고 또한 상호의 간격은 333.23의 1의 "나" 및 "다" 의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 도로 등 사이의 수평 간격은 3 m 이상으로 하지 아니하여도 된다.

333.25 특고압 가공전선과 삭도의 접근 또는 교차

1. 특고압 가공전선이 삭도와 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의할 것.

나. 특고압 가공전선과 삭도 또는 삭도용 지지기둥 사이의 간격은 표 333.25-1에서 정한 값 이상일 것.

표 333.25-1 특고압 가공전선과 삭도의 접근 또는 교차 시 간격(제1차 접근상태)

사용전압의 구분	간 격
35 kV 이하	2 m (전선이 특고압 절연전선인 경우는 1 m, 케이블인 경우는 0.5 m)
35 kV 초과 60 kV 이하	2 m
60 kV 초과	2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m 더한 값

2. 특고압 가공전선이 삭도와 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것.

나. 특고압 가공전선과 삭도 또는 그 지지기둥 사이의 간격은 제1의 "나" 의 규정에 준할 것.

다. 특고압 가공전선 중 삭도에서 수평거리로 3 m 미만으로 시설되는 부분의 길이가 연속하여 50 m 이하이고 또한 첫 번째 지지물까지의 간격 내에서의 그 부분의 길

이의 합계가 50 m 이하일 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로를 시설하는 경우 또는 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 특고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 삭도의 위에 시설되는 때에는 다음에 따라야 한다.
   가. 특고압 가공전선은 제2종 특고압 보안공사에 의할 것. 다만, 특고압 가공 전선과 삭도 사이에 333.24의 3의 "가" 의 규정에 준하여 보호망을 시설하는 경우에는 제2종 특고압 보안공사(애자장치에 관한 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.
   나. 특고압 가공전선과 삭도 또는 삭도용 지지기둥 사이의 간격은 제1의 "나" 의 규정에 준할 것.
   다. 삭도의 특고압 가공전선으로부터 수평거리로 3 m 미만에 시설되는 부분의 길이는 50 m를 넘지 아니할 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로를 시설하는 경우 또는 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
4. 특고압 가공전선이 삭도와 접근하는 경우에는 특고압 가공전선은 삭도의 아래쪽에서 수평거리로 삭도의 지지기둥의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 특고압 가공전선과 삭도 사이의 수평거리가 3 m 이상인 경우에 삭도의 지지기둥의 넘어지거나 무너짐 등에 의하여 삭도가 특고압 가공전선과 접촉할 우려가 없을 때 또는 다음에 따라 시설한 때에는 그러하지 아니하다.
   가. 특고압 가공전선이 케이블인 경우 이외에는 특고압 가공전선의 위쪽에 견고하게 방호장치를 설치하고 또한 그 금속제 부분에 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.
   나. 특고압 가공전선과 삭도 또는 그 지지기둥 사이의 간격은 제1의 "나" 의 규정에 준할 것.
5. 특고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에는 특고압 가공전선은 삭도의 아래에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 제4의 규정에 준하는 이외에 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우는 그러하지 아니한다.

333.26 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 접근 또는 교차

1. 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등 저압 또는 고압의 가공전선이나 저압 또는 고압의 전차선(이하에서 "저고압 가공전선 등" 이라 한다)과 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의할 것.
   나. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지지기둥 사이의 간격은 표 333.26-1에서 정한 값 이상일 것.

표 333.26-1 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 접근 또는 교차 시 간격(제1차 접근상태)

사용전압의 구분	간 격
60 kV 이하	2 m
60 kV 초과	2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m 를 더한 값

다. 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지지기둥 사이의 간격은 "나"의 규정에 불구하고 표 333.26-2에서 정한 값까지로 감할 수 있다.

표 333.26-2 [표 333.26-1]의 예외조건

저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지지기둥의 구분	전선의 종류	간 격
저압 가공전선 또는 저압이나 고압의 전차선	특고압 절연전선	1.5 m (저압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우는 1 m)
	케이블	1.2 m (저압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.5 m)
고압 가공 전선	특고압 절연전선	1 m
	케이블	0.5 m
가공 약전류 전선 등 또는 저고압 가공전선 등의 지지물이나 지지기둥	특고압 절연전선	1 m
	케이블	0.5 m

2. 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 사이에 보호망을 시설하는 경우에는 제2종 특고압 보안공사(애자장치에 관한 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.

나. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지지기둥 사이의

간격은 제1의 “나” 및 “다”의 규정에 준할 것.

다. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선등과의 수평 간격은 2 m 이상일 것. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 저고압 가공전선 등이 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선이나 케이블인 경우

(2) 가공약전류전선 등을 인장강도 3.64 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 아연도철선으로 조가하여 시설하는 경우 또는 가공약전류전선 등이 지지물 간 거리가 15 m 이하의 인입선인 경우

(3) 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 수직거리가 6 m 이상인 경우

(4) 저고압 가공전선 등의 위쪽에 보호망을 시설하는 경우

(5) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압 35 kV 이하의 것인 경우

라. 특고압 가공전선중 저고압 가공전선 등에서 수평거리로 3 m 미만으로 시설되는 부분의 길이가 연속하여 50 m 이하이고 또한 첫 번째 지지물까지의 간격 내에서의 그 부분의 길이의 합계가 50 m 이하일 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로를 제2종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우 또는 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등의 위에 시설되는 때에는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것. 다만, 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 사이에 보호망을 시설하는 경우에는 제2종 특고압 보안공사(애자장치에 관한 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.

나. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지지기둥 사이의 간격은 제1의 “나” 및 “다”의 규정에 준할 것.

다. 특고압 가공전선이 가공약전류전선(통신용 케이블을 사용하는 것은 제외한다)이나 저압 또는 고압 가공전선과 교차하는 경우에는 특고압 가공전선의 양쪽 최외측에 배치되는 전선이 바로 아래에 140의 규정에 준하여 접지공사를 한 인장강도 8.01 kN 이상 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선을 약전류 전선이나 저압 또는 고압의 가공전선과 0.6 m 이상의 간격을 유지하여 시설할 것. 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 가공약전류전선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)이나 저압 또는 고압의 가공전선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)이 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선이나 케이블인 경우

(2) 가공약전류전선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)을 인장강도 3.64

kN 이상 또는 지름 4 ㎜ 이상의 아연도철선으로 조가하여 시설하는 경우 또는 가공약전류전선이 지지물 간 거리가 15 m 이하인 인입선인 경우

(3) 특고압 가공전선과 가공약전류전선이나 저압 또는 고압의 가공전선 사이의 수직거리가 6 m 이상인 경우

(4) 특고압 가공전선과 가공약전류전선이나 저압 또는 고압의 가공전선 사이에 보호망을 시설하는 경우

(5) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압 35 kV 이하의 것인 경우

라. 저고압 가공전선 등이 특고압 가공전선으로부터 수평거리로 3 m 미만으로 시설되는 부분의 길이는 50 m 이하일 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로를 시설하는 경우, 또는 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

4. 제2의 “가” , “다” (4), 제3의 “가” 및 “다” (4)의 보호망은 140의 규정에 준하여 접지공사를 한 금속제의 그물형 장치로 하고 또한 다음에 따라 시설하는 이외에 견고하게 지지하여야 한다.

가. 보호망을 구성하는 금속선은 그 바깥둘레 및 특고압 가공전선의 바로 아래에 시설하는 금속선에 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선을 사용하고 기타 부분에 시설하는 금속선에 인장강도 3.64 kN 이상 또는 지름 4 ㎜ 이상의 아연도철선을 사용할 것.

나. 보호망을 구성하는 금속선 상호 간의 간격은 가로세로 각 1.5 m 이하일 것. 다만, 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 45° 를 초과하는 수평각도로 교차하는 경우에는 특고압 가공전선과 같은 방향의 금속선은 그 바깥둘레에 시설하는 금속선 및 특고압 가공전선의 양쪽 최외측에 배치되는 전선의 바로 아래에 시설하는 금속선(바깥둘레에 시설하는 금속선 사이의 간격이 1.5 m를 초과하는 것에 한한다) 이외의 것은 시설하지 아니하여도 된다.

다. 보호망과 저고압 가공전선 등과의 수직 간격은 60 ㎝ 이상일 것.

라. 보호망이 저고압 가공전선 등의 밖으로 뻗은 폭은 저고압 가공전선 등과 보호망 사이의 수직거리의 2분의 1 이상일 것.

마. 보호망이 특고압 가공전선의 밖으로 뻗은 폭은 특고압 가공전선과 보호망 사이의 수직거리의 2분의 1 이상일 것. 다만, 6 m를 넘지 아니하여도 된다.

5. 제2의 “가” 및 “다” (4), 제3의 “가” 및 “다” (4)의 보호망과 제3의 “다” 의 금속선을 운전이 빈번한 철도선로의 위에 시설하는 경우에는 경동선 기타 쉽게 부식하지 아니하는 금속선을 사용하여야 한다.

6. 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선과 접근하는 경우에는 특고압 가공전선은 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선의

아래쪽에 수평거리로 이들의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선 사이의 수평거리가 3 m 이상인 경우에 이들의 지지물의 넘어지거나 무너짐 등에 의하여 가공약전류전선로 등이나 저압 또는 고압의 가공전선로가 특고압 가공전선과 접촉할 우려가 없을 때 또는 다음에 따라 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

가. 가공약전류전선로 등 및 저압이나 고압의 가공전선로는 다음에 의하여 시설할 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블을 사용하는 사용전압 35 kV 이하의 것인 때에는 그러하지 아니하다.

(1) 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선에는 케이블을 사용하는 경우 이외에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선을 사용하고 또한 이를 332.4의 규정에 준하여 시설할 것.

(2) 가공약전류전선로 등 또는 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물로 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.

(3) 가공약전류전선로 등의 지지물은 331.7·332.7의 1의 “나” 와 2부터 4까지 및 331.11의 6의 규정에 준하여 시설할 것.

(4) 저압 가공전선로의 지지물은 332.7의 1의 “나” 와 2부터 4까지 및 331.11의 6의 규정에 준하여 시설할 것.

(5) 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물 간 거리는 지지물에 목주·A종 철근 또는 A종 철근 콘크리트주(가공약전류전선로 등은 이에 준하는 것)를 사용하는 경우에는 100 m 이하, B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주(가공약전류전선로 등은 이에 준하는 것)를 사용하는 경우에는 150 m 이하일 것.

(6) 가공약전류전선로 등 또는 저압이나 고압의 가공전선로에는 333.29의 1의 규정에 준하여 지지선을 시설할 것.

나. 특고압 가공전선과 가공약전류전선이나 저압 또는 고압의 가공전선이나 이들의 지지물 사이의 간격은 333.25의 1의 “나” 의 규정에 준할 것.

7. 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등(가공지선을 이용하여 시설하는 광섬유케이블 또는 특고압 가공케이블에 복합된 광섬유케이블을 제외한다. 이하 같다) 또는 저압이나 고압의 가공전선과 교차하는 경우에는 특고압 가공전선은 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압이 가공전선의 아래에 시설되어서는 아니 된다. 다만, 제6에 따라 시설하는 경우에 특고압 가공전선이 케이블을 사용하는 사용전압 35 kV 이하의 것인 때 또는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선의 위쪽에 견고한 방호장치를 설치하고 또한 그 금속제 부분에 140의 규정에 준하여 접지공사를 한 경우에는 그러하지 아니하다.

8. 특고압 가공전선이 332.16의 1의 “가” 에 규정하는 가공전선, 333.20에 규정하는 저압의 기계기구에 접속하는 저압 가공전선 또는 362에 규정하는 전력보안 통신선(특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 것 및 이에 직접 접속하는 것에 한한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 제1부터 제3까지의 규정(간격에 관한 부분은 제외한다)에 의하지 아니할 수 있다.

333.27 특고압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차

1. 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 제3의 경우 이외에는 다음에 따라야 한다.

가. 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의할 것.

나. 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 목주・철주 또는 철근 콘크리트주에는 다음에 의하여 지지선을 시설할 것. 다만, 지지물로 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 가로 하중을 가산한 하중에 의하여 생기는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용할 때에는 그러하지 아니하다.

(1) 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 접근하는 경우에는 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로의 접근하는 쪽의 반대쪽에 시설할 것. 다만, 위쪽이나 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로가 다른 특고압 가공전선로와 접근하는 쪽의 반대쪽에 10° 이상의 수평각도를 이루는 경우 또는 특고압 가공전선로의 사용전압이 35 kV 이하인 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 교차하는 경우에는 위에 시설되는 특고압 가공전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 위에 시설되는 특고압 가공전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 시설할 것. 다만, 위에 시설되는 특고압 가공전선로의 사용전압이 35 kV를 초과하는 경우에 위에 시설되는 특고압 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10° 이상의 수평각도를 이루는 때에는 위에 시설되는 특고압 가공전선로와 직각 방향의 지지선 중 수평각도를 이루는 쪽의 지지선을, 위에 시설되는 특고압 가공전선로의 사용전압이 35 kV 이하인 경우에는 위에 시설되는 특고압 가공전선로와 직각 방향의 지지선을 시설하지 아니하여도 된다.

다. 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선 사이의 간격은 333.26의 1의 “나” 의 규정에 준할 것. 다만, 각 특고압 가공전선의 사용전압이 35 kV 이하로서 다음의 어느 하나에 해당하는 경우는 그러하지 아니하다.

(1) 특고압 가공전선에 케이블을 사용하고 다른 특고압 가공전선에 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 경우로 상호 간의 간격이 0.5 m 이상인 경우

(2) 각각의 특고압 가공전선에 특고압 절연전선을 사용하는 경우로 상호 간의 간격이 1 m 이상인 경우

라. 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선로의 지지물 사이의 간격은 333.25의 1의 "나"의 규정에 준할 것.

2. 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선로의 가공지선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 제3에 규정하는 경우 이외에는 특고압 가공전선과 가공지선 사이의 간격에 대하여는 333.25의 1의 "나"의 규정을 준용한다.

3. 특고압 가공전선(333.32의 1에 규정하는 특고압 가공전선을 제외한다)이 333.32의 1에 규정하는 특고압 가공전선로의 전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 특고압 가공전선[333.32의 1에 규정하는 특고압 가공전선을 제외한다]은 333.26의 규정 중 고압 가공전선에 관한 부분에 준하여 시설하여야 한다.

333.28 특고압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차

1. 특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류전선로 등·저압 또는 고압의 가공전선로·저압 또는 고압의 전차선로 및 다른 특고압 가공전선로 이외의 시설물(이하 "다른 시설물"이라 한다)과 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 간격은 333.26의 1의 "나"의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 특고압 가공전선로의 전선의 절단, 지지물의 넘어지거나 무너짐 등에 의하여 특고압 가공전선이 다른 시설물에 접촉함으로써 사람에게 위험을 줄 우려가 있는 때에는 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의하여야 한다.

2. 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35 kV 이하의 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 간격은 제1의 규정에도 불구하고 표 333.28-1에서 정한 값까지 감할 수 있다.

표 333.28-1 35 kV 이하 특고압 가공전선(절연전선 및 케이블 사용한 경우)과 다른 시설물 사이의 간격

다른 시설물의 구분	접근형태	간 격
조영물의 상부조영재	위쪽	2 m (전선이 케이블 인 경우는 1.2 m)
	옆쪽 또는 아래쪽	1 m (전선이 케이블인 경우는 0.5 m)
조영물의 상부조영재 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		1 m (전선이 케이블인 경우는 0.5 m)

3. 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 제2차 접근상태로 시설되는 경우 또는 다른 시설물의 위쪽에서 교차하여 시설되는 경우에는 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 간격은 제1 및 제2의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 특고압 가공전선로의 전선의 절단·지지물의 넘어지거나 무너짐 등에 의하여 특고압 가공전선이 다른 시설물에 접촉함으로써 사람에게 위험을 줄 우려가 있는 때에는 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의하여야 한다.
4. 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선이 다른 시설물의 아래쪽에 시설되는 경우에는 상호 간의 수평 간격은 3 m 이상으로 하고 또한 상호 간의 간격은 333.25의 1의 "나"의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 수평 간격은 3 m 이상으로 하지 아니하여도 된다.

333.29 특고압 가공전선로의 지지선의 시설

1. 특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류전선 등·저압이나 고압의 가공전선 또는 저압이나 고압의 가공전차선(이하 "건조물 등"이라 한다)과 제2차 접근상태로 시설되는 경우 또는 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선이 건조물 등과 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 특고압 가공전선로의 지지물(철탑을 제외한다. 이하 같다)에는 건조물 등과 접근하는 쪽의 반대쪽(건조물의 위에 시설되는 경우에는 특고압 가공전선로의 방향으로 건조물이 있는 쪽의 반대쪽 및 특고압 가공전선로와 직각 방향으로 그 양쪽)에 지지선을 시설하여야 한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 특고압 가공전선로가 건조물 등과 접근하는 쪽의 반대쪽에 10° 이상의 수평 각도를 이루는 경우
   나. 특고압 가공전선로의 지지물로 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 가로 하중을 가산한 하중에 의하여 생기는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우
   다. 특고압 가공전선로가 특고압 절연전선(그 특고압 가공전선로의 지지물과 이에 인접한 지지물 간 거리가 어느 것이나 75 m 이하의 경우에 한한다) 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35 kV 이하의 것인 경우로서 지지물로 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 의하여 생기는 부재응력의 1.1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 때
2. 특고압 가공전선이 건조물 등과 교차하는 경우에는 특고압 가공전선로의 지지물에는 특고압 가공전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 특고압 가공전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 지지선을 시설하여야 한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 특고압 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10° 이상의 수평각도를 이루는 경우에 전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 수평각도를 이루는 쪽의 반대쪽에 지지선을 설치한 때

나. 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로가 도로·횡단보도교·저압이나 고압의 가공전선 또는 저압이나 고압의 전차선과 교차하는 경우에 특고압 가공전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽에 지지선을 설치한 때.

다. 제1의 "나" 또는 "다" 에 규정하는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우

333.30 특고압 가공전선과 식물의 간격

특고압 가공전선과 식물 사이의 간격에 대하여는 333.26의 1의 "나" 의 규정을 준용한다. 다만, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선을 다음의 어느 하나에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 고압 절연전선을 사용하는 특고압 가공전선과 식물 사이의 간격이 0.5 m 이상인 경우

나. 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 특고압 가공전선과 식물이 접촉하지 않도록 시설하는 경우 또는 특고압 수분 침투 방지형 케이블을 사용하는 특고압 가공전선과 식물의 접촉에 관계없이 시설하는 경우

333.31 특고압 옥측전선로 등에 인접하는 가공전선의 시설

특고압 옥측 전선로 또는 335.9의 2에 의하여 시설하는 특고압 전선로에 인접하는 첫 번째 지지물 간의 가공전선은 331.12.2(1은 제외한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

333.32 25 kV 이하인 특고압 가공전선로의 시설

1. 사용전압이 15 kV 이하인 특고압 가공전선로(중성선 다중접지 방식의 것으로서 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 되어 있는 것에 한한다. 이하 제1부터 제3까지에서 같다)는 그 전선에 고압 절연전선(중성선은 제외한다), 특고압 절연전선(중성선은 제외한다) 또는 케이블을 사용하고 또한 332.11부터 332.19의 고압 가공전선로의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 333.1, 333.23의 1, 2 및 4, 333.24의 1의 "가" , 2의 "가" , 3 및 4, 333.25의 1부터 5까지, 333.26의 1부터 3까지 및 6, 333.27의 1, 333.28의 1부터 4까지, 333.29의 1 및 2 및 333.30의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
2. 사용전압이 15 kV 이하인 특고압 가공전선로의 중성선의 다중접지 및 중성선의 시설은 다음에 의할 것.

가. 접지도체는 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시에 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것일 것.

나. 접지공사는 140의 규정에 준하고 또한 접지한 곳 상호 간의 거리는 전선로에 따라 300 m 이하일 것.

다. 각 접지도체를 중성선으로부터 분리하였을 경우의 각 접지점의 대지 전기저항 값과 1 ㎞ 마다의 중성선과 대지사이의 합성 전기저항 값은 표 333.32-1에서 정한 값 이하일 것.

표 333.32-1 15 kV 이하인 특고압 가공전선로의 전기저항 값

각 접지점의 대지 전기저항 값	1 ㎞마다의 합성 전기저항 값
300 Ω	30 Ω

라. 특고압 가공전선로의 다중접지를 한 중성선은 222.6・222.7・222.9・222.11부터 222.16까지・222.18・222.19의 규정에 준하여 시설할 것.

마. 다중접지한 중성선은 저압전로의 접지측 전선이나 중성선과 공용할 수 있다.

3. 사용전압이 15 kV 이하의 특고압 가공전선로의 전선과 저압 또는 고압의 가공전선과를 동일 지지물에 시설하는 경우에 다음에 따라 시설할 때는 333.17의 1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

가. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선 사이의 간격은 0.75 m 이상일 것. 다만, 각도주, 분기주 등에서 혼촉할 우려가 없도록 시설할 때는 그러하지 아니하다.

나. 특고압 가공전선은 저압 또는 고압의 가공전선의 위로하고 별개의 완금류에 시설할 것.

4. 사용전압이 15 kV를 초과하고 25 kV 이하인 특고압 가공전선로(중성선 다중접지 방식의 것으로서 전로에 지락이 생겼을 때에 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 되어 있는 것에 한한다. 제4 및 제5에서 같다)를 다음에 따라 시설하는 경우에는 333.1, 333.23부터 333.26까지, 333.27의 1 및 333.28부터 333.30까지의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

가. 특고압 가공전선이 건조물・도로・횡단보도교・철도・궤도・삭도・가공약전류전선 등・안테나・저압이나 고압의 가공전선 또는 저압이나 고압의 전차선과 접근 또는 교차상태로 시설되는 경우의 지지물 간 거리는 표 333.32-2에서 정한 값 이하일 것. 다만, 특고압 가공전선이 인장강도 14.51 kN 이상의 케이블이나 특고압 절연전선 또는 단면적 38 ㎟ 이상의 경동연선으로서 지지물에 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용하는 때에는 332.9의 규정에 의할 수 있다.

표 333.32-2 15 kV 초과 25 kV 이하인 특고압 가공전선로 지지물 간 거리 제한

지지물의 종류	지지물 간 거리
목주・A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철탑	400 m

나. 특고압 가공전선(다중접지를 한 중성선을 제외한다. 이하 같다) 이 건조물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선과 건조물의 조영재 사이의 간격은 표 333.32-3에서 정한 값 이상일 것.

표 333.32-3 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 간격(1)

건조물의 조영재	접근형태	전선의 종류	간 격
상부 조영재	위쪽	나전선	3.0 m
		특고압 절연전선	2.5 m
		케이블	1.2 m
	옆쪽 또는 아래쪽	나전선	1.5 m
		특고압 절연전선	1.0 m
		케이블	0.5 m
기타의 조영재		나전선	1.5 m
		특고압 절연전선	1.0 m
		케이블	0.5 m

다. 특고압 가공전선이 도로, 횡단보도교, 철도, 궤도(이하 “도로 등” 이라 한다)와 접근하는 경우에는 다음에 의할 것.

(1) 특고압 가공전선이 도로 등과 접근상태로 시설되는 경우 도로 등 사이의 간격(노면상 또는 레일면상의 간격을 제외한다)은 3 m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 특고압 절연전선인 경우 수평 간격을 1.5 m 이상, 케이블인 경우 수평간격을 1.2 m 이상으로 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 특고압 가공전선이 도로 등의 아래쪽에서 접근하여 시설될 때에는 상호 간의 간격은 표 333.32-4에서 정한 값 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 것.

표 333.32-4 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 간격(2)

전선의 종류	간 격
나전선	1.5 m
특고압 절연전선	1.0 m
케이블	0.5 m

라. 특고압 가공전선이 삭도와 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것.

(1) 특고압 가공전선이 삭도와 접근상태로 시설되는 경우에 삭도 또는 그 지지기둥 사이의 간격은 표 333.32-5에서 정한 값 이상일 것.

표 333.32-5 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 간격(3)

전선의 종류	간 격
나전선	2.0 m
특고압 절연전선	1.0 m
케이블	0.5 m

(2) 특고압 가공전선이 삭도의 아래쪽에서 접근하여 시설될 때에는 가공전선은 수평거리로 삭도의 지지물 또는 지지기둥의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하지 아니할 것. 다만, 다음의 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 특고압 가공전선과 삭도의 수평거리가 2.5 m 이상이고 삭도의 지지물이나 지지기둥이 넘어지거나 무너졌을 경우에 삭도가 특고압 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우

(나) 특고압 가공전선이 삭도와 수평거리로 3 m 미만에 접근하는 경우에 특고압 가공전선과 삭도 또는 그 지지기둥 사이의 간격을 1.5 m 이상으로 하고 특고압 가공전선의 위쪽에 표 333.32-6에서 정한 값 이상의 거리에 견고한 방호장치를 설치하고, 그 금속제 부분은 140의 규정에 준하여 접지공사를 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우

표 333.32-6 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 간격(4)

전선의 종류	간 격
나전선, 특고압 절연전선	0.75 m
케이블	0.5 m

(3) 특고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 삭도의 위에 시설될 때는 (1)에 준하여 시설하여야 한다.

(4) 특고압 가공전선은 삭도의 아래에서 삭도와 교차하여서는 아니 된다. 다만, “라” (2)(나)의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

마. 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등·저압 또는 고압의 가공전선·안테나(가섭선에 의하여 시설하는 것을 포함한다. 이하 이 호에서 같다) 저압 또는 고압의 전차선(이하 “저고압 가공전선 등” 이라 한다)과 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것.

(1) 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 접근상태로 시설되는 경우에 이의 간격(가공약전류전선 등과 가섭선에 의하여 시설하는 안테나는 수평 간격)은 표 333.32-7에서 정한 값 이상일 것. 다만, 가공약전류전선 등이 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 수직 간격이 6 m 이상인 때

(나) 가공약전류전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등과의 간격이 2.0 m 이상인 때

표 333.32-7 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 간격(5)

구분	가공전선의 종류	수평 간격
가공약전류전선 등·저압 또는 고압의 가공전선·저압 또는 고압의 전차선·안테나	나전선	2.0 m
	특고압 절연전선	1.5 m
	케이블	0.5 m
가공약전류전선로 등·저압 또는 고압의 가공전선로·저압 또는 고압의 전차선로의 지지물	나전선	1.0 m
	특고압 절연전선	0.75 m
	케이블	0.5 m

(2) 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등의 아래쪽에 시설될 때에는 특고압 가공전선은 수평거리로 저고압 가공전선 등의 지지물 또는 지지기둥의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하지 아니할 것. 다만, 전차선을 제외한 저고압 가공전선 등을 다음에 의하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우 또는 특고압 가공전선과 저고압 가공 전선 등 사이의 수평거리가 2.5 m 이상이고 또한 저고압 가공전선 등의 지지물 또는 지지기둥의 넘어지거나 무너짐 등에 의하여 저고압 가공전선 등이 특고압 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 사이의 간격은 (1) 본문에 준할 것.

(나) 가공약전류전선로 등 또는 저압 가공전선로는 333.26의 6의 “가” (2), (3) 및

(4)의 규정에 준하여 시설할 것.

(다) 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와 수평거리로 2.5 m 미만으로 접근하는 경우에는 특고압 가공전선의 위쪽에 333.26의 4의 규정에 준하는 보호망을 특고압 가공전선이나 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설되는 안테나와 수직 간격이 0.6 m(가공약전류전선로 등 가섭선에 의하여 시설되는 안테나의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 0.3 m) 이상이 되도록 떼어서 시설할 것. 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

① 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 수평거리가 2 m 이상이고, 수직거리가 수평거리의 1.5배 이하인 경우

② 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직거리가 6 m 이상이고 또한 가공약전류전선 등이나 가섭선에 의하여 시설하는 안테나가 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선이나 통신용 케이블인 경우

③ 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우

(라) 저압 가공전선로는 저압 보안공사, 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.

(3) 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등(안테나는 가섭선에 의하여 시설하는 것에 한한다)과 교차하는 경우로서 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등의 위에 시설되는 때에는 다음과 같이 시설할 것.

(가) 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 사이의 간격은 제4의 “마” (1)에 의할 것. 다만, 가공약전류전선 등 및 가섭선에 의하여 시설하는 안테나의 경우 수평 간격은 간격으로 본다.

(나) 특고압 가공전선과 가공약전류전선로 등 및 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물 사이의 간격은 (1)에 준할 것.

(다) 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와의 사이에는 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 이외에는 333.26의 4의 규정에 준하는 보호망, 333.26의 3의 “다” 및 5의 규정에 준하는 보호도체 또는 333.26의 3의 “다” 및 5의 규정에 준하는 금속선을 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직 간격이 0.6 m(가공약전류전선로 등 및 가섭선에 의하여 시설하는 안테나의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 0.3 m) 이상이 되도록 시설할 것.

① 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우

② 가공약전류전선에 통신케이블을 사용하는 경우

③ 가공약전류전선 등(수직으로 2가닥 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)이 인장

강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선이나 통신용 케이블인 경우

④ 가공약전류전선 등(수직으로 2가닥 있는 경우에는 맨 위의 것)이 인장강도 3.64 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 아연도철선으로 조가하여 시설되는 경우

⑤ 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직거리가 6 m 이상인 경우

⑥ 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와의 사이에 2가닥 이상의 가공전선(절연전선을 사용하는 것에 한한다)이 있는 경우

(4) 특고압 가공전선은 저고압 가공전선 등(전차선을 제외하며 안테나는 가섭선에 의하여 시설하는 것에 한한다)과 교차하는 경우에 특고압 가공전선은 이들의 아래에서 교차하여서는 아니 된다. 다만, 전차선을 제외한 저고압 가공전선 등을 다음에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 가공약전류전선로 등 및 저압 가공전선로는 333.26의 6의 "가" (2), (3) 및 (4)의 규정에 준하여 시설할 것.

(나) 안테나의 지지물은 331.7・332.7 및 331.11의 6의 규정에 준하여 시설할 것.

(다) 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 및 저압이나 고압의 가공전선 사이의 간격 및 특고압 가공전선과 가공약전류전선로 등 및 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물 사이의 간격은 (1)에 준할 것. 다만, 가공약전류전선 등의 경우 수평 간격은 간격으로 본다.

(라) 저압 가공전선로는 저압 보안공사, 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것

(마) 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등의 아래쪽에서 교차하는 경우에는 특고압 가공전선의 위에 333.26의 4에서 규정하는 보호망을, 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 수직 간격이 0.6 m(가공약전류전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 0.3 m) 이상이 되도록 시설할 것. 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 보호망을 생략할 수 있다.

① 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우

② 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직거리가 6 m 이상이고 또한 가공약전류전선 등이나 가섭선에 의하여 시설하는 안테나가 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선이나 통신용 케이블인 경우

③ 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와 45° 를 초과하는 수평각도로 교차하는 경우에 특고압 가공 전선과 가

공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이에 333.26의 3의 “다” 의 규정에 준하는 금속선을, 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 수직 간격을 0.6 m (가공약전류전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 0.3 m) 이상으로 시설하는 경우

④ 가공약전류전선 등이 광섬유 케이블인 경우

바. 특고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것.

(1) 특고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근하는 경우에 특고압 가공전선을 교류 전차선의 위쪽에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 특고압 가공전선과 교류 전차선등 사이의 수평거리가 3 m 이상인 경우로서 다음 중 어느 하나에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 특고압 가공전선로의 전선의 절단 지지물의 넘어지거나 무너짐 등의 경우에 특고압 가공 전선이 교류 전차선 등과 접촉할 우려가 없는 경우

(나) 특고압 가공전선로의 지지물(철탑은 제외한다)에는 교류 전차선 등과 접근하는 반대쪽에 지지선을 시설하는 경우, 다만, 333.13에서 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 가로 하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 지지물로 사용하는 경우에는 지지선을 생략할 수 있다.

(2) 특고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근하는 경우에 특고압 가공전선은 교류 전차선 등의 옆쪽 또는 아래쪽에 수평거리로 교류 전차선 등의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 이내에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 다음 중 어느 하나에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 특고압 가공전선과 교류 전차선 등의 수평거리가 3 m 이상으로서 교류 전차선등의 지지물에 철근 콘크리트주 또는 철주를 사용하고 또한 지지물의 지지물 간 거리가 60 m 이하이거나 교류 전차선 등의 지지물의 넘어지거나 무너짐 등의 경우 교류 전차선등이 특고압 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우

(나) 특고압 가공전선과 교류 전차선 사이의 수평거리는 3 m 미만일 때에 다음에 의하여 시설하는 경우

① 교류 전차선로의 지지물에는 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하고 또한 그 지지물 간 거리가 60 m 이하일 것.

② 교류 전차선로의 지지물(문 형태의 구조의 것은 제외한다)에는 특고압 가공전선과 접근하는 쪽의 반대쪽에 지지선을 시설할 것. 다만, 지지물로 기초의 안전율이 2 이상인 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에 그 철주 또는 철근 콘크리트주가 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 가로 하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 견디

는 것인 경우에는 그러하지 아니하다.

③ 특고압 가공전선과 교류 전차선 등 사이의 수평 간격은 2 m 이상일 것. 다만. 특고압 가공전선과 교류 전차선 등 사이의 간격이 2 m 이상인 경우에 보호망이 특고압 가공전선의 위쪽에 333.26의 4의 규정에 준하여 시설되는 경우에는 그러하지 아니하다.

(3) 특고압 가공전선이 교류 전차선과 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 교류 전차선의 위에 시설되는 경우에는 다음에 의하여야 한다.

(가) 특고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 14.5 kN 이상의 특고압 절연전선 또는 단면적 38 ㎟ 이상의 경동선(교류 전차선과 교차하는 부분을 포함하는 지지물 간의 사이에 접속점이 없는 것에 한한다)일 것.

(나) 특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 이를 인장강도가 19.61 kN 이상의 것 또는 단면적 38 ㎟ 이상의 강연선인 것(교류 전차선과 교차하는 부분을 포함하는 지지물 간의 사이에 접속점이 없는 것에 한한다)으로 조가하여 시설할 것.

(다) 제4의 “바” (3) (나)의 조가선은 332.2의 1의 “라” 의 규정에 준하는 이외에 이를 교류 전차선 등과 교차하는 부분의 양쪽의 지지물에 견고하게 잡아당겨 시설할 것.

(라) 케이블 이외의 것을 사용하는 특고압 가공전선 상호 간의 간격은 0.65 m 이상일 것.

(마) 특고압 가공전선로의 지지물은 전선이 케이블인 경우 이외에는 장력에 견디는 애자장치가 되어 있는 것일 것.

(바) 특고압 가공전선로의 지지물에 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 2.0 이상일 것.

(사) 특고압 가공전선로의 지지물 간 거리는 표 333.32-8에서 정한 값 이하일 것.

표 333.32-8 교류 전차선 교차 시 특고압 가공전선로의 지지물 간 거리 제한

지지물의 종류	지지물 간 거리
목주・A종 철주・A종 철근 콘크리트주	60 m
B종 철주・B종 철근 콘크리트주	120 m

(아) 특고압 가공전선로의 완금류에는 견고한 금속제의 것을 사용하고 이에 140의 규정에 준하여 접지공사를 할 것.

(자) 특고압 가공전선로의 지지물(철탑은 제외한다)에는 특고압 가공전선로의 방향에 교류 전차선과 교차하는 쪽의 반대쪽 및 특고압 가공전선로와 직각 방

향으로 그 양쪽에 지지선을 시설할 것. 다만, 특고압 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10° 이상의 수평각도를 이루는 경우에 특고압 가공전선로의 방향에 교류 전차선과 교차하는 쪽의 반대쪽 및 수평각도를 이루는 쪽의 반대쪽에 지지선을 시설하는 경우 또는 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 가로 하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 지지물로 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(차) 특고압 가공전선로의 전선, 완금류, 지지물, 지지선 또는 지지기둥과 교류 전차선 사이의 간격은 2.5 m 이상일 것.

사. 특고압 가공전선로가 상호 간 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것.

(1) 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 접근 또는 교차하는 경우의 간격은 표 333.32-9에서 정한 값 이상일 것.

표 333.32-9 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 간격(6)

사용전선의 종류	간 격
어느 한쪽 또는 양쪽이 나전선인 경우	1.5 m
양쪽이 특고압 절연전선인 경우	1.0 m
한쪽이 케이블이고 다른 한쪽이 케이블이거나 특고압 절연전선인 경우	0.5 m

(2) 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선로의 지지물 사이의 간격은 1 m(사용전선이 케이블인 경우에는 0.6 m) 이상일 것.

아. 특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류전선로 등·안테나·저압 또는 고압의 전차선로·저압 또는 고압의 가공전선로 및 다른 특고압 가공전선로 이외의 시설물(이하 “다른 시설물” 이라 한다)과 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것.

(1) 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접근상태로 시설되는 경우 또는 다른 시설물의 위쪽으로 교차하여 시설되는 경우의 간격은 “나” 의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우에 지지물 간 거리는 특고압 가공전선로의 전선의 절단, 지지물의 넘어지거나 무너짐 등에 의하여 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접촉하는 것에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 있을 경우에는 “가” 의 규정에 준하여 시설할 것.

(2) 특고압 가공전선을 다음 중 어느 하나에 의하여 시설하는 경우에는 “가” 의 간격에 대한 규정에 의하지 아니할 수 있다.

(가) 고압 방호구에 넣은 나전선 등을 사용하는 특고압 가공전선을 건축현장의

비계틀 또는 이와 유사한 시설물에 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우

(나) 고압 방호구에 넣은 나전선 등을 사용하는 특고압 가공전선을 조영물에 시설되는 간이한 돌출 간판, 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영재와 0.75 m 이상 떼어서 시설하는 경우

(3) 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선로가 다른 시설물의 아래쪽에 시설되는 경우 상호 간의 간격은 표 333.32-10에서 정한 값 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 것.

표 333.32-10 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 간격(7)

사용전의 종류	간 격
나전선	2.0 m
특고압 절연전선	1.0 m
케이블	0.5 m

자. 특고압 가공전선과 식물 사이의 간격은 1.5 m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 특고압 절연전선이거나 케이블인 경우로서 특고압 가공전선을 식물에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

차. 특고압 가공전선로의 중성선의 다중 접지는 다음에 의할 것.

(1) 접지도체는 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시에 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있는 것일 것.

(2) 접지공사는 140의 규정에 준하고 또한 각각 접지한 곳 상호 간의 거리는 전선로에 따라 150 m 이하일 것.

(3) 접지저항 값은 표 333.32-11에서 정한 값 이하일 것. 다만, 각 접지도체를 중성선으로부터 분리가 곤란한 경우에는 합성 접지저항 값 기준에 따른다.

표 333.32-11 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로의 접지저항 값

각 접지점의 개별 접지저항 값	1 ㎞ 마다의 합성 접지저항 값
300 Ω	15 Ω

카. 특고압 가공전선로의 다중접지를 한 중성선은 222.6·222.7·222.9·222.11부터 222.16까지·222.18·222.19의 규정에 준하여 시설할 것.

타. 특고압 가공전선의 세기, 굵기의 종류는 333.4, 전선의 높이는 333.7, 전선로의 지지물 간 거리(“가”의 경우를 제외한다)는 333.21의 규정에 준하여 시설할 것.

5. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선을 동일 지지물에 병행설치하여 시설하는 경우로서 다음에 따라 시설하는 경우에는 333.17의 1의 규정에 의하지 아니할 수 있다. (이하 생략)
   가. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선 사이의 간격은 1 m 이상일 것. 다만. 특고압 가공전선이 케이블이고 저압 가공전선이 저압 절연전선이거나 케이블인 때 또는 고압 가공전선이 고압 절연전선이거나 케이블인 때에는 0.5 m 까지 감할 수 있다.
   나. 각도주, 분기주 등에서 혼촉의 우려가 없도록 시설하는 경우에는 "가" 의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
   다. 특고압 가공전선은 저압 또는 고압의 가공전선 위로하고 별개의 완금류로 시설할 것

333.40 500 kV 직류 특고압 가공전선의 시설

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선을 시설하는 경우, 본 규정에서 정하고 있는 것 이외에는 333에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 333.40.2부터 333.40.12까지의 규정적용에 있어 직류전압은 3상 교류전압(= $\sqrt{3}/\sqrt{2}$ × [직류사용전압])으로 환산하여 적용한다.

333.40.1 500 kV 직류 특고압 가공전선과 건조물의 접근

1. 사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선이 제2차 접근상태로 있는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 하며, 이 경우 이외에는 건조물과 제2차 접근상태로 시설하여서는 아니된다.
   가. 333.23의 제4의 "가", "다", "라", "마", "사" 의 기준에 따라 시설할 것.
   나. 전선높이가 최저상태일 때 가공전선과 건조물 상부[지붕・챙(차양: 遮陽)・옷 말리는 곳 기타 사람이 올라갈 우려가 있는 개소를 말한다]와의 수직거리가 21 m 이상일 것.
   다. 건조물 최상부에서 직류전계(25 kV/m) 및 직류자계(400,000 μT)를 초과하지 아니할 것.

333.40.2 시가지 등에서 500 kV 직류 특고압 가공전선의 시설

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선이 시가지 등에 시설되는 경우에는 333.1에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.3 500 kV 직류 특고압 가공전선과 지지물 등의 간격

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선의 지지물 등과의 간격은 333.5에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.4 500 kV 직류 특고압 가공전선의 높이

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선의 높이는 333.7에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.5 500 kV 직류 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 병행설치

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 병행설치 시에는 333.17에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.6 500 kV 직류 특고압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선이 도로 등과 접근 또는 교차 시에는 333.24에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.7 500 kV 직류 특고압 가공전선과 삭도의 접근 또는 교차

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선이 삭도와 접근 또는 교차되어 시설되는 경우에는 333.25에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.8 500 kV 직류 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 접근 또는 교차

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 접근 또는 교차되어 시설되는 경우에는 333.26에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.9 500 kV 직류 특고압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선이 상호 간 접근 또는 교차되어 시설되는 경우에는 333.27에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.10 500 kV 직류 특고압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접근 또는 교차되어 시설되는 경우에는 333.28에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.11 500 kV 직류 특고압 가공전선로의 지선의 시설

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선의 지선을 시설할 경우에는 333.29에 준하여 시설하여야 한다.

333.40.12 500 kV 직류 특고압 가공전선과 식물의 간격

사용전압이 500 kV인 직류 특고압 가공전선과 식물과의 간격은 333.30에 준하여 시설하여야 한다.

334 지중전선로

334.1 지중전선로의 시설

1. 지중 전선로는 전선에 케이블을 사용하고 또한 관로식·암거식(暗渠式) 또는 직접 매설식에 의하여 시설하여야 한다.
2. 지중 전선로를 관로식 또는 암거식에 의하여 시설하는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 관로식에 의하여 시설하는 경우에는 매설 깊이를 1.0 m 이상으로 하되, 매설 깊이를 충족하지 못한 장소에는 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 것을 사용할 것. 다만 중량물의 압력을 받을 우려가 없는 곳은 0.6 m 이상으로 한다.
   나. 암거식에 의하여 시설하는 경우에는 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 것을 사용할 것.
3. 지중 전선을 냉각하기 위하여 케이블을 넣은 관내에 물을 순환시키는 경우에는 지중 전선로는 순환수 압력에 견디고 또한 물이 새지 아니하도록 시설하여야 한다.
4. 지중 전선로를 직접 매설식에 의하여 시설하는 경우에는 매설 깊이를 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에는 1.0 m 이상, 기타 장소에는 0.6 m 이상으로 하고 또한 지중 전선을 견고한 트로프 기타 방호물에 넣어 시설하여야 한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 지중전선을 견고한 트로프 기타 방호물에 넣지 아니하여도 된다.
   가. 저압 또는 고압의 지중전선을 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 없는 경우에 그 위를 견고한 판 또는 몰드로 덮어 시설하는 경우
   나. 저압 또는 고압의 지중전선에 콤바인덕트 케이블 또는 “마”부터 “사”까지에서 정하는 구조로 개장(鎧裝)한 케이블을 사용하여 시설하는 경우
   다. 특고압 지중전선은 “나”에서 규정하는 개장한 케이블을 사용하고 또한 견고한 판 또는 몰드로 지중 전선의 위와 옆을 덮어 시설하는 경우
   라. 지중 전선에 파이프형 압력케이블을 사용하거나 최대사용전압이 60 kV를 초과하는 연피케이블, 알루미늄피케이블 그 밖의 금속피복을 한 특고압 케이블을 사용하고 또한 지중 전선의 위를 견고한 판 또는 몰드 등으로 덮어 시설하는 경우
   마. “나”(242.1.1의 2·241.13의 1 및 241.9.1의 2의 “나”(2)에서 준용하는 경우를 포함한다)·232.51.2의 “가” 및 241.14.3의 2의 “나”의 규정에 의한 개장 중 보호층에 겹쳐 감은 강대 또는 황동대(성형가공을 한 것을 제외한다)를 사용하는 것의 구조는 다음과 같다.
      (1) 케이블의 외장 위에 강대 또는 황동대를 그 폭의 3분의 1 이하의 길이에 상당하는 간격을 두고 나선상으로 감고 다음에 그 간격의 중앙부를 가리도록 강대 또는 황동대로 감고 또한 그 위에 방식층을 입힌 것일 것. 이 경우에 연피 케이블 또는 알루미늄피 케이블 외장의 위에 강대 또는 황동대를 사용하는 때에

는 연피 또는 알루미늄피와 강대 또는 황동대간에 좌상(座床)을 만들어야 한다.

(2) (1)에 규정하는 강대 또는 황동대는 표 334.1-1에 규정하는 값 이상의 두께의 것일 것.

표 334.1-1 강대 또는 황동대 두께

외층의 바깥지름(㎜)	쥬트의 두께 (㎜)	강대 또는 황동대의 두께 (㎜)
12 이하	1.5	0.5 (0.4)
12 초과 25 이하	1.5	0.6 (0.4)
25 초과 40 이하	1.5	0.6
40 초과	2	0.8
[비고] 괄호 내의 수치는 절연물에 절연지를 사용한 케이블 이외의 것에 적용한다.		

(3) (1)에 규정하는 방식층은 비닐혼합물·폴리에틸렌혼합물 또는 클로로프렌 고무혼합물은 표 334.1-2에 규정하는 값 이상, 쥬트(방부성 콤파운드를 침투시킨 것에 한한다)는 표 334.1-3에 규정하는 값 이상의 두께의 것. 이 경우에 두께의 허용오차는 두께의 평균치가 표 334.1-2 또는 표 334.1-3에 규정하는 값의 90% 이상일 경우에 한하여 －30%로 한다.

표 334.1-2 방식층 두께

사용전압의 구분	비닐혼합물·폴리에틸렌혼합물 또는 클로로프렌혼합물의 두께(㎜)	
	포테이프층이 있는 것	포테이프층이 없는 것
7 kV 이하	2	2.5
7 kV 초과 100 kV 이하	3	3.5
100 kV 초과	4	4.5

표 334.1-3 쥬트층 두께

쥬트층의 안지름(㎜)	쥬트층의 두께(㎜)
70 이하	1.5
70 초과	2

(4) (1)에 규정하는 좌상은 쥬트(강대 또는 황동대의 위에 입힌 방식층에 쥬트를 사용하는 경우에는 방부성 콤파운드를 침투시킨 것에 한한다)에 있어서는 표 334.1-1에 규정하는 값 이상, 비닐혼합물·폴리에틸렌혼합물 또는 클로로프렌

고무혼합물에 있어서는 표 334.1-2에 규정하는 값 이상의 두께의 것일 것. 이 경우에 두께의 허용오차는 두께의 평균치가 표 334.1-1 또는 표 334.1-2에 규정하는 값의 90% 이상일 경우에 한하여 -30%로 한다.

바. "나"(242.1.1의 2·241.13의 1 및 241.9.1의 2의 "나"에서 준용하는 경우를 포함한다)·232.51.2의 "가" 및 241.14.3의 2의 "나"의 규정에 의한 개장 중 성형가공을 한 강대 및 황동대를 사용하는 것의 구조는 다음과 같다.

(1) 비닐 외장 케이블·폴리에틸렌 외장 케이블 또는 클로로프렌 외장 케이블의 선심 또는 외장의 위에 성형가공을 한 강대 또는 황동대를 전후가 완전히 맞물리도록 나선상으로 감긴 것일 것. 이 경우에 선심의 위에 감는 경우에는 선심과 강대 또는 황동대간에 그 선심을 손상시키지 아니하도록 좌상을 만들고 외장의 위에 감는 경우에는 그 강대 또는 황동대의 위에 방식층을 만들어야 한다.

(2) (1)에 규정하는 강대 또는 황동대는 표 334.1-1에 규정하는 값 이상의 두께인 것일 것.

(3) (1)에 규정하는 방식층은 비닐혼합물·폴리에틸렌혼합물 또는 클로로프렌 고무혼합물은 표 334.1-2에 규정하는 값 이상의 두께인 것. 이 경우에 두께의 허용오차는 두께의 평균치가 표 334.1-2에 규정하는 값의 90 % 이상일 경우에 한하여 -30%로 한다.

사. "나"(242.1.1의 2·241.13의 1 및 241.9.1의 2의 "나"에서 준용하는 경우를 포함한다)·335.4의 2·232.51.2의 "가" 및 241.14.3의 2의 "나"의 규정에 의한 개장 중 보호층에 강관을 사용하는 것의 구조는 다음과 같다.

(1) 클로로프렌 외장 케이블·비닐 외장 케이블 또는 폴리에틸렌 외장 케이블의 선심 또는 외장의 위를 강관으로 피복한 것일 것. 이 경우에 선심의 위에 피복하는 경우에는 선심과 강관간에 그 선심을 손상시키지 아니하도록 좌상을 만들고 외장의 위에 피복하는 경우에는 그 강관의 위에 방식층을 만들어야 한다.

(2) (1)에 규정하는 강관은 다음에 적합한 것일 것.

(가) 강대를 원통 모양으로 성형하고 합치는 부분을 계속하여 용접한 후 파상가공을 한 것으로서 다음 계산식에 의하여 계산한 값 이상의 두께일 것. 이 경우에 두께의 허용오차는 두께의 평균치가 90 % 이상일 경우에 한하여 −15 %로 한다.

$$T = \frac{D}{270} + 0.25$$

T: 강관의 두께 (㎜를 단위로 하며 소수점 2자리 이하는 반올림한다)

D: 강관의 안지름(㎜를 단위로 한다)

(나) 2매의 철판을 평행으로 하여 그 사이에 길이 500 ㎜ 이상인 시료를 끼우고 실온에서 관축과 직각 방향의 투영면적 1 ㎡ 마다 294.2 kN 의 하중을 철판면과 직각 방향으로 가하였을 때에 그 바깥지름이 5% 이상 감속하지 아니할 것.

(다) 실온에서 강관의 바깥지름의 20배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180° 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 5회 반복하였을 때에 금이 가거나 벌어지는 등의 이상이 생기지 아니할 것.

(3) (1)에 규정하는 방식층은 클로로프렌 고무혼합물・비닐혼합물 또는 폴리에틸렌 혼합물로서 표 334.1-2에 규정하는 값 이상의 두께의 것일 것. 이 경우에 두께의 허용오차는 두께의 평균치가 표 334.1-2에 규정하는 값의 90% 이상일 경우에 한하여 -30%로 한다.

5. 암거에 시설하는 지중전선은 다음의 어느 하나에 해당하는 난연조치를 하거나 암거 내에 자동소화설비를 시설하여야 한다.

가. 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성 피복이 된 지중전선을 사용할 것.

나. 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 연소방지(燃燒防止)테이프, 연소방지(燃燒防止)시트, 연소방지(燃燒防止)도료 기타 이와 유사한 것으로 지중전선을 피복 할 것.

다. 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 관 또는 트로프에 넣어 지중전선을 시설할 것.

6. 제5의 “가” 부터 “다” 까지에서 규정한「불연성」또는「자기소화성이 있는 난연성」은 다음에 따른다.

가.「불연성의 피복」,「불연성의 연소방지테이프, 연소방지시트, 연소방지 도료, 기타 이와 유사한 것」및「불연성의 관 또는 트로프」는 건축법 시행령 제2조10호의 불연재료로 만들어진 것 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 것.

나.「자기소화성이 있는 난연성」은 대상물에 따라 아래와 같다.

(1) 지중전선의 피복 또는 지중전선을 피복한 상태에서의 연소방지테이프, 연소방지시트, 연소방지도료, 기타 이와 유사한 것은 IEC 60332-3-24(수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃 시험 – 카테고리 C) 표준에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 것.

(2) 관 또는 트로프는 IEC 60614-1(전기설비용 전선관 – 일반요구사항)의 11(내화성)에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 것.

334.2 지중함의 시설

지중전선로에 사용하는 지중함은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 지중함은 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 구조일 것.

나. 지중함은 그 안의 고인 물을 제거할 수 있는 구조로 되어 있을 것.

다. 폭발성 또는 연소성의 가스가 침입할 우려가 있는 것에 시설하는 지중함으로서 그 크기가 1 ㎥ 이상인 것에는 통풍장치 기타 가스를 방산시키기 위한 장치를 시설할 것.

라. 지중함의 뚜껑은 시설자이외의 자가 쉽게 열 수 없도록 시설할 것.

마. 지중함의 뚜껑은 KS D 4040에 적합하여야 하며, 저압지중함의 경우에는 절연성능이 있는 고무판을 주철(강)재의 뚜껑 아래에 설치할 것.

바. 차도 이외의 장소에 설치하는 저압 지중함은 절연성능이 있는 재질의 뚜껑을 사용할 수 있다.

334.3 케이블 가압장치의 시설

압축가스를 사용하여 케이블에 압력을 가하는 장치(이하 "가압장치"라 한다)는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 압축 가스 또는 압유를 통하는 관(이하 "압력관"이라 한다), 압축 가스탱크 또는 압유탱크(이하 "압력탱크"라 한다) 및 압축기는 각각의 최고 사용압력의 1.5배의 유압 또는 수압(유압 또는 수압으로 시험하기 곤란한 경우에는 최고 사용압력의 1.25배의 기압)을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하였을 때 이에 견디고 또한 누설되지 아니하는 것일 것.

나. 압력탱크 및 압력관은 용접에 의하여 잔류응력(殘留應力)이 생기거나 나사조임에 의하여 무리한 하중이 걸리지 아니하도록 할 것.

다. 가압장치에는 압축가스 또는 유압의 압력을 계측하는 장치를 설치할 것.

라. 압축가스는 가연성 및 부식성의 것이 아닐 것.

마. 자동적으로 압축가스를 공급하는 가압장치로서 감압밸브가 고장 난 경우에 압력이 현저히 상승할 우려가 있는 것은 다음에 의할 것.

(1) 압력관으로서 최고 사용압력이 294 kPa 이상인 것 및 압력탱크의 재료와 구조는 "바" 및 "아"에서 정하는 표준에 적합한 것일 것. 이 경우에 재료의 허용응력(許容應力)은 "사"에서 정한다.

(2) 압력탱크 또는 압력관에 근접하는 곳 및 압축기의 맨 끝 또는 압력관에 근접하는 곳에는 "차"에서 정하는 표준에 적합한 안전밸브를 설치할 것. 다만, 압력이 980 kPa 미만인 압축기는 최고 사용압력 이하로 작동하는 안전장치로 갈음할 수 있다.

바. "마"(1) 전단의 규정에 의한 재료의 표준은 KS B 6750(2012)(압력용기-설계 및 제조 일반)의 "5 재료"에 적합한 것일 것.

사. "마"(1) 후단의 규정에 의한 재료의 허용응력은 KS B 6750(2012)(압력용기-설계 및 제조 일반)의 "6 설계" 또는 "최대 허용 응력 값"에 적합할 것

아. “마” (1) 전단의 규정에 의한 압력탱크의 구조 및 압력탱크의 구조와 표준은 341.16의 “나” (2)에 적합할 것

자. “마” (1) 전단의 규정에 의한 압력관의 구조의 표준은 KS B 6750-1(2012)(고압가스 및 전기설비용 압력용기)의 “11 동체-튜브식 열교환기” 및 KS B 6281(2008)(냉동용 압력 용기의 구조)의 “5.4.9 관의 강도” 또는 341.16의 “나” (2)(바)부터 (아)까지의 규정에 준하는 것으로 한다.

차. “마” (2) 본문의 규정에 의한 안전밸브의 표준은 KS B 6216(2008)(증기용 및 가스용 스프링 안전밸브)에 적합할 것

334.4 지중전선의 피복금속체(被覆金屬體)의 접지

관 · 암거 기타 지중전선을 넣은 방호장치의 금속제부분(케이블을 지지하는 금속 부속품은 제외한다) · 금속제의 전선 접속함 및 지중전선의 피복으로 사용하는 금속체에는 140의 규정에 준하여 접지공사를 하여야 한다. 다만, 이에 부식방지조치를 한 부분에 대하여는 적용하지 않는다.

334.5 지중약전류전선의 유도장해 방지(誘導障害防止)

지중전선로는 기설 지중약전류전선로에 대하여 누설전류 또는 유도작용에 의하여 통신상의 장해를 주지 않도록 기설 약전류전선로로부터 이격시키거나 기타 보호장치를 시설하여야 한다.

334.6 지중전선과 지중약전류전선 등 또는 관과의 접근 또는 교차

1. 지중전선이 지중약전류 전선 등과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 간격이 저압 또는 고압의 지중전선은 0.3 m 이하, 특고압 지중전선은 0.6 m 이하인 때에는 지중전선과 지중약전류 전선 등 사이에 견고한 내화성(콘크리트 등의 불연재료로 만들어진 것으로 케이블의 허용온도 이상으로 가열시킨 상태에서도 변형 또는 파괴되지 않는 재료를 말한다)의 격벽(隔壁)을 설치하는 경우 이외에는 지중전선을 견고한 불연성(不燃性) 또는 난연성(難燃性)의 관에 넣어 그 관이 지중약전류전선 등과 직접 접촉하지 아니하도록 하여야 한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 지중약전류전선 등이 전력보안 통신선인 경우에 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 재료로 피복한 광섬유케이블인 경우 또는 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 관에 넣은 광섬유 케이블인 경우

나. 지중전선이 저압의 것이고 지중약전류전선 등이 전력보안 통신선인 경우

다. 고압 또는 특고압의 지중전선을 전력보안 통신선에 직접 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우

라. 지중약전류전선 등이 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 재료로 피복한 광섬유케이블인 경우 또는 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 관에 넣은 광섬유케이블로서 그 관리자와 협의한 경우

마. 사용전압 170 kV 미만의 지중전선으로서 지중약전류전선 등의 관리자와 협의하여 간격을 0.1 m 이상으로 하는 경우

2. 특고압 지중전선이 가연성이나 유독성의 유체(流體)를 내포하는 관과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 간격이 1 m 이하(단, 사용전압이 25 kV 이하인 다중접지방식 지중전선로인 경우에는 0.5m 이하)인 때에는 지중전선과 관 사이에 견고한 내화성의 격벽을 시설하는 경우 이외에는 지중전선을 견고한 불연성 또는 난연성의 관에 넣어 그 관이 가연성이나 유독성의 유체를 내포하는 관과 직접 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

3. 특고압 지중전선이 제2에 규정하는 관 이외의 관과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 간격이 0.3 m 이하인 경우에는 지중전선과 관 사이에 견고한 내화성 격벽을 시설하는 경우 이외에는 견고한 불연성 또는 난연성의 관에 넣어 시설하여야 한다. 다만, 제2에 규정한 관 이외의 관이 불연성인 경우 또는 불연성의 재료로 피복된 경우에는 그러하지 아니하다.

334.7 지중전선 상호 간의 접근 또는 교차

1. 지중전선이 다른 지중전선과 접근하거나 교차하는 경우에 지중함 내 이외의 곳에서 상호 간의 간격이 저압 지중전선과 고압 지중전선에 있어서는 0.15 m 이상, 저압이나 고압의 지중전선과 특고압 지중전선에 있어서는 0.3 m 이상이 되도록 시설하여야 한다. 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 예외로 할 수 있다.

가. 각각의 지중전선이 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우

(1) 다음의 시험에 합격한 난연성의 피복이 있는 것을 사용하는 경우

(가) 사용전압 6.6 kV 이하의 저압 및 고압케이블: KS C 3341 (2020)의 “6” 또는 KS C IEC 60332-3-24 (2018)(화재조건에서의 전기 및 광섬유 케이블시험 제3-24부 : 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃전파시험－카테고리 C)

(나) 사용전압 66 kV이하의 특고압 케이블: KS C 3404(2000)의 “부속서 2”

(다) 사용전압 154 kV 케이블: KS C 3405(2000)의 “부속서 2”

(2) 견고한 난연성의 관에 넣어 시설하는 경우

나. 어느 한쪽의 지중전선에 불연성의 피복으로 되어 있는 것을 사용하는 경우

다. 어느 한쪽의 지중전선을 견고한 불연성의 관에 넣어 시설하는 경우

라. 지중전선 상호 간에 견고한 내화성의 격벽을 설치할 경우

2. 사용전압이 25 kV 이하인 다중접지방식 지중전선로를 관로식 또는 직접매설식으로 시설하는 경우, 그 간격이 0.1 m 이상이 되도록 시설하여야 한다. 다만, 다음 중 어느

하나에 따라 시설하는 경우에는 예외로 할 수 있다.

가. 관로식으로 시공시 지하매설 공간 부족으로 간격 확보가 곤란하여 관로 사이를 콘크리트 등 견고한 격벽 또는 채움재로 보강한 경우

나. 압입공법을 적용한 경우

335 특수장소의 전선로

335.1 터널 안 전선로의 시설

1. 철도·궤도 또는 자동차도 전용터널 안의 전선로는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 저압 전선은 다음 중 1에 의하여 시설할 것.
      (1) 인장강도 2.30 kN 이상의 절연전선 또는 지름 2.6 ㎜ 이상의 경동선의 절연전선을 사용하고 232.56(232.56.1의 1·4 및 5를 제외한다)의 규정에 준하는 애자사용공사에 의하여 시설하여야 하며 또한 이를 레일면상 또는 노면상 2.5 m 이상의 높이로 유지할 것.
      (2) 232.11·232.12·232.13 및 232.51(232.51의 3을 제외한다)의 규정에 준하는 케이블공사에 의하여 시설할 것.
   나. 고압 전선은 331.13.1의 2의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선의 고압 절연전선 또는 특고압 절연전선을 사용하여 342.1의 1의 "나" [(1) 및 (2)는 제외한다]의 규정에 준하는 애자사용공사에 의하여 시설하고 또한 이를 레일면상 또는 노면상 3 m 이상의 높이로 유지하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   다. 특고압 전선은 331.13.1의 2의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우 331.13.1의 2의 "라" 규정의 "332.2(3은 제외한다)" 는 333.3으로 본다.
2. 사람이 상시 통행하는 터널 안의 전선로 사용전압은 저압 또는 고압에 한하며, 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 저압 전선은 다음 중 1에 의하여 시설할 것.
      (1) 인장강도 2.30 kN 이상의 절연전선 또는 지름 2.6 ㎜ 이상의 경동선의 절연전선을 사용하여 232.56(232.56.1의 1, 4 및 5를 제외한다)의 규정에 준하는 애자사용공사에 의하여 시설하고 또한 노면상 2.5 m 이상의 높이로 유지할 것.
      (2) 232.11·232.12·232.13 및 232.51(232.51의 3을 제외한다)의 규정에 준하는 케이블공사에 의하여 시설할 것.
   나. 고압전선은 331.13.1의 2의 규정에 준하여 시설할 것.
3. 제1 및 제2에 규정하는 터널 안 전선로 이외의 터널 안 전선로의 사용전압은 저압 또는 고압에 한하며, 전선은 케이블을 사용하고 또한 사용전압이 저압인 것은 232.51(232.51의 3을 제외한다), 사용전압이 고압인 것은 331.13.1의 2의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

335.2 터널 안 전선로의 전선과 약전류전선 등 또는 관 사이의 간격

1. 터널 안의 전선로의 저압전선이 그 터널 안의 다른 저압전선(관등회로의 배선은 제외한다. 이하 335.2에서 같다)·약전류전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한

것과 접근하거나 교차하는 경우에는 232.3.7의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

2. 터널 안의 전선로의 고압 전선 또는 특고압 전선이 그 터널 안의 저압 전선·고압 전선(관등회로의 배선은 제외한다)·약전류전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 331.13.1의 3 및 5의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

335.3 수상전선로의 시설

1. 수상전선로를 시설하는 경우에는 그 사용전압은 저압 또는 고압인 것에 한하며 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
   가. 전선은 전선로의 사용전압이 저압인 경우에는 클로로프렌 캡타이어 케이블이어야 하며, 고압인 경우에는 캡타이어 케이블일 것.
   나. 수상전선로의 전선을 가공전선로의 전선과 접속하는 경우에는 그 부분의 전선은 접속점으로부터 전선의 절연 피복 안에 물이 스며들지 아니하도록 시설하고 또한 전선의 접속점은 다음의 높이로 지지물에 견고하게 붙일 것.
      (1) 접속점이 육상에 있는 경우에는 지표상 5 m 이상. 다만, 수상전선로의 사용전압이 저압인 경우에 도로상 이외의 곳에 있을 때에는 지표상 4 m 까지로 감할 수 있다.
      (2) 접속점이 수면상에 있는 경우에는 수상전선로의 사용전압이 저압인 경우에는 수면상 4 m 이상, 고압인 경우에는 수면상 5 m 이상
   다. 수상전선로에 사용하는 부유식 구조물은 쇠사슬 등으로 견고하게 연결한 것일 것.
   라. 수상전선로의 전선은 부유식 구조물의 위에 지지하여 시설하고 또한 그 절연피복을 손상하지 아니하도록 시설할 것.
2. 제1의 수상전선로에는 이와 접속하는 가공전선로에 전용개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하고 또한 수상전선로의 사용전압이 고압인 경우에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하기 위한 장치를 시설하여야 한다.

335.4 물밑전선로의 시설

1. 물밑전선로는 손상을 받을 우려가 없는 곳에 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
2. 저압 또는 고압의 물밑전선로의 전선은 제4부터 제5까지에서 표준에 적합한 물밑케이블 또는 334.1의 4의 “마” 부터 “사” 까지에서 정하는 구조로 개장한 케이블이어야 한다. 다만, 다음 어느 하나에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 전선에 케이블을 사용하고 또한 이를 견고한 관에 넣어서 시설하는 경우
   나. 전선에 지름 4.5 ㎜ 아연도철선이상의 기계적 강도가 있는 금속선으로 개장한 케이블을 사용하고 또한 이를 물밑에 매설하는 경우

다. 전선에 지름 4.5 ㎜ (비행장의 유도로 등 기타 표지 등에 접속하는 것은 지름 2 ㎜) 아연도철선 이상의 기계적 강도가 있는 금속선으로 개장하고 또한 개장 부위에 방식피복을 한 케이블을 사용하는 경우

3. 특고압 물밑전선로는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전선은 케이블일 것.

나. 케이블은 견고한 관에 넣어 시설할 것. 다만, 전선에 지름 6 ㎜의 아연도철선 이상의 기계적강도가 있는 금속선으로 개장한 케이블을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

4. 제2에 의한 물밑 케이블의 표준은 제5에 규정하는 것을 제외하고는 다음과 같다.

가. 도체는 KS C IEC 60228(절연 케이블용 도체)에서 정하는 연동선을 소선으로 한 연선(절연체에 부틸고무 혼합물 또는 에틸렌 프로필렌 고무혼합물을 사용하는 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.

나. 절연체는 다음에 적합한 것일 것.

(1) 재료는 폴리에틸렌혼합물·부틸고무 혼합물 또는 에틸렌 프로필렌 고무혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1(시험 방법 총칙－두께 및 완성품 바깥지름 측정)의 “9 절연체 및 시스의 기계적 특성시험”에 규정하는 시험을 한 때에 이에 적합한 것일 것

(2) 두께는 표 335.4-1에 규정하는 값(도체에 접하는 부분에 반도전층을 입힌 경우에는 그 두께를 감한 값) 이상일 것.

표 335.4-1 물밑전선로 케이블 절연체의 두께

사용전압구분 (kV)	도체의 공칭 단면적 (㎟)	절연체의 두께 (㎜)	
		폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렌프로필렌 고무혼합물의 경우	부틸고무 혼합물의 경우
0.6 kV 이하	8 이상 80 이하	2.0	2.5
	80 초과 100 이하	2.5	2.5
	100 초과 325 이하	2.5	2.5
0.6 kV 초과 35 kV 이하	8 이상 100 이하	3.5	4.5
	100 초과 325 이하	3.5	4.5
35 kV 초과	8 이상 325 이하	5.0	6.0

다. 개장은 2본 또는 3본의 선심을 쥬트 기타의 섬유질의 물질과 함께 꼬아서 원형으로 다듬질한 것 위에 방부처리를 한 쥬트 또는 폴리에틸렌혼합물·폴리프로필렌 혼합물이나 비닐혼합물의 섬유질의 것(이하 “쥬트 등”이라 한다)을 두께 2 ㎜

이상으로 감고 그 위에 지름 6 ㎜ 이상의 방식성 콤파운드를 도포한 아연도금 철선을 사용하고 또한 쥬트 등을 두께 3.5 ㎜이상으로 감은 것일 것. 이 경우에 쥬트를 감은 경우는 아연도금 철선의 상부 및 최외층은 방부성 콤파운드를 도포한 것이어야 한다.

라. 완성품은 맑은 물속에 1시간 담근 후 도체 상호 간 및 도체와 대지 사이에 18 kV (사용전압이 0.6 kV 이하인 것은 3 kV, 0.6 kV를 초과하고 35 kV 이하인 것은 10 kV)의 교류전압을 연속하여 10분간 가하였을 때 이에 견디는 것일 것.

5. 제2의 규정에 의한 물밑 케이블(전력보안 통신선을 복합하는 것에 한한다)의 표준은 다음과 같다.

가. 고압 전선의 도체는 KS C IEC 60228(절연 케이블용 도체)에서 정하는 연동선을 소선으로 한 연선(절연체에 부틸고무 혼합물 또는 에틸렌 프로필렌 고무혼합물을 사용하는 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.

나. 고압 전선의 절연체는 다음에 적합한 것일 것.

(1) 재료는 폴리에틸렌혼합물, 부틸고무 혼합물 또는 에틸렌프로필렌 고무혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1의(시험 방법 총칙 – 두께 및 완성품 바깥지름 측정)의 “9 절연체 및 시스의 기계적 특성시험”에 규정하는 시험을 하였을 때 이에 적합한 것일 것.

(2) 두께는 표 335.4-1에서 정한 값(도체에 접하는 부분에 반 도전층을 두는 경우는 그 두께를 감한 값) 이상일 것.

다. 개장은 고압 전선에 사용하는 2줄 또는 3줄의 선심을 쥬트 기타 섬유질의 것과 함께 꼬아서 원형으로 만든 것 위에 방부처리를 한 쥬트 등을 두께 2 ㎜ 이상으로 감고 그 위에 지름 6 ㎜ 이상의 방식성 콤파운드를 도포한 아연도금 철선을 입힌 뒤 다시 쥬트 등을 두께 3.5 ㎜ 이상으로 감은 것. 이 경우에 쥬트를 감은 것은 아연도금 철선의 윗부분 및 최외층은 방부성 콤파운드를 도포한 것이어야 한다.

라. 완성품은 다음에 적합한 것일 것.

(1) 고압 전선에 사용하는 선심의 절연저항은 KS C IEC 60502-2[정격전압 1 kV ~ 30 kV 압출 절연 전력케이블 및 그 부속품－케이블(6 kV ~ 30 kV)]에서 정하는 시험전압으로 시험하였을 때 그 요건을 충족하는 것일 것.

(2) 전력보안 통신선에 사용하는 선심은 맑은 물속에 1시간 담근 후 도체 상호 간 및 차폐가 있는 경우에는 도체와 차폐 사이에 2 kV의 교류전압을 연속하여 1분간 가하였을 때 이에 견디고, 다시 도체와 대지 및 차폐가 있는 경우에는 차폐와 대지 사이에 4 kV의 교류전압을 연속하여 1분간 가하였을 때 이에 견디는 것일 것.

335.5 지상에 시설하는 전선로

1. 지상에 시설하는 저압 또는 고압의 전선로는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.
   가. 1구내에만 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   나. 1구내 전용의 전선로 중 그 구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   다. 지중전선로와 다리에 시설하는 전선로 또는 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로와의 사이에서 취급자 이외의 자가 출입하지 않도록 조치한 장소에 시설하는 경우
2. 제1의 전선로는 교통에 지장을 줄 우려가 없는 곳에서는 334.4부터 334.6까지의 규정에 준하는 이외에 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
   가. 전선은 케이블 또는 클로로프렌 캡타이어 케이블일 것.
   나. 전선이 케이블인 경우에는 334.7의 규정에 준하여 시설하는 이외에 철근 콘크리트제의 견고한 개방 수로 또는 트로프에 넣어야 하며 개방 수로 또는 트로프에는 취급자 이외의 자가 쉽게 열 수 없는 구조로 된 철제 또는 철근 콘크리트제 기타 견고한 뚜껑을 설치할 것.
   다. 전선이 캡타이어 케이블인 경우에는 다음에 의할 것.
      (1) 전선의 도중에는 접속점을 만들지 아니할 것.
      (2) 전선은 손상을 받을 우려가 없도록 개방 수로 등에 넣을 것. 다만, 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설치한 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
      (3) 전선로의 전원측 전로에는 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것.
      (4) 사용전압이 0.4 kV 초과하는 저압 또는 고압의 전로 중에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것. 다만, 전선로의 전원측의 접속점으로부터 1 ㎞ 안의 전원측 전로에 전용 절연변압기를 시설하는 경우로서 전로에 지락이 생겼을 때에 기술원 주재소에 경보하는 장치를 설치한 때에는 그러하지 아니하다.
3. 지상에 시설하는 특고압 전선로는 제1의 어느 하나에 해당하고 또한 사용전압이 100 kV 이하인 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.
4. 제3의 전선로는 전선에 케이블을 사용하고 또한 제2의 "나"·331.13.1의 2의 "마"·334.5 및 334.6의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

335.6 다리에 시설하는 전선로

1. 다리(335.7에 규정하는 것은 제외한다. 이하 335.6에서 같다)에 시설하는 저압전선로

는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 다리의 윗면에 시설하는 것은 다음에 의하는 이외에 전선의 높이를 다리의 노면상 5 m 이상으로 하여 시설할 것.

(1) 전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 2.30 kN 이상의 것 또는 지름 2.6 ㎜ 이상의 경동선의 절연전선일 것.

(2) 전선과 조영재 사이의 간격은 전선이 케이블인 경우 이외에는 0.3 m 이상일 것.

(3) 전선은 케이블인 경우 이외에는 조영재에 견고하게 붙인 완금류에 절연성·난연성 및 내수성의 애자로 지지할 것.

(4) 전선이 케이블인 경우에는 332.2(1의 "라"는 제외한다)의 규정에 준하는 이외에 전선과 조영재 사이의 간격을 0.15 m 이상으로 하여 시설할 것.

나. 다리의 옆면에 시설하는 것은 "가" 또는 221.2의 2부터 5까지의 규정에 준하여 시설할 것.

다. 다리의 아랫면에 시설하는 것은 232.3.7의 규정에 준하며, 또한 232.11의 규정에 준하는 합성수지관공사, 232.12의 규정에 준하는 금속관공사, 232.13의 규정에 준하는 가요전선관공사 또는 232.51(232.51의 3은 제외한다)의 규정에 준하는 케이블공사에 의하여 시설할 것.

2. 다리에 시설하는 고압전선로는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 다리의 윗면에 시설하는 것은 다음에 의하는 이외에 전선의 높이를 다리의 노면상 5 m 이상으로 할 것.

(1) 전선은 케이블일 것. 다만, 철도 또는 궤도 전용의 다리에는 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선을 사용하고 또한 이를 332.4의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 전선이 케이블인 경우에는 332.2의 규정에 준하는 이외에 전선과 조영재 사이의 간격은 0.3 m 이상일 것.

(3) 전선이 케이블 이외의 경우에는 이를 조영재에 견고하게 붙인 완금류에 절연성·난연성 및 내수성의 애자로 지지하고 또한 전선과 조영재 사이의 간격은 0.6 m 이상일 것.

나. 다리의 옆면에 시설하는 것은 "가" 또는 331.13.1의 2부터 5까지의 규정에 준하여 시설할 것.

다. 다리의 아랫면에 시설하는 것은 331.13.1의 2부터 5까지의 규정에 준하여 시설할 것.

3. 다리에 시설하는 특고압 전선로는 다리의 옆면 또는 아랫면에 시설하는 경우에 한하고 또한 331.13.1의 2부터 5까지의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우 331.13.1의 2의 "라" 중 "332.2(3은 제외한다)"는 333.3으로 본다.

335.7 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로

1. 전선로 전용의 다리・파이프스텐드・기타 이와 유사한 것에 시설하는 저압 전선로는 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
   가. 버스덕트공사에 의하는 경우는 다음에 의할 것.
      (1) 1구내에만 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설할 것.
      (2) 232.61의 규정에 준하여 시설하는 이외에 덕트에 물이 스며들어 고이지 아니할 것.
   나. 버스덕트공사에 의하는 경우 이외의 경우에 전선은 케이블 또는 클로로프렌 캡타이어 케이블일 것.
   다. 전선이 케이블인 경우에는 232.51의 규정에 준하여 시설할 것.
   라. 전선이 캡타이어 케이블인 경우에는 335.5의 2의 "다" 의 규정에 준하여 시설할 것.
2. 전선로 전용의 다리・파이프스탠드 기타 이와 유사한 것에 시설하는 고압 전선로는 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
   가. 전선은 고압용 케이블 또는 고압용의 클로로프렌 캡타이어 케이블일 것.
   나. 전선이 케이블인 경우에는 331.13.1의 2부터 5까지의 규정에 준하여 시설할 것.
   다. 전선의 캡타이어 케이블인 경우에는 335.5의 2의 "다" 의 규정에 준하여 시설할 것.
3. 전선로 전용의 다리이거나 이와 유사한 것에 시설하는 특고압 전선로, 파이프스탠드 또는 이와 유사한 것에 시설하는 사용전압이 100 kV 이하인 특고압 전선로는 331.13.1의 2부터 5까지의 규정에 준하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다. 이 경우에 331.13.1의 2의 "라" 중 "332.2(3은 제외한다)" 는 333.3으로 본다.

335.8 급경사지에 시설하는 전선로의 시설

1. 급경사지에 시설하는 저압 또는 고압의 전선로는 그 전선이 건조물의 위에 시설되는 경우, 도로・철도・궤도・삭도・가공약전류전선 등・가공전선 또는 전차선과 교차하여 시설되는 경우 및 수평거리로 이들(도로를 제외한다)과 3 m 미만에 접근하여 시설되는 경우 이외의 경우로서 기술상 부득이한 경우 이외에는 시설하여서는 안 된다.
2. 제1의 전선로는 332.2(3은 제외한다)부터 332.5까지 및 332.19의 규정에 준하는 이외에 다음에 따르고 시설하여야 한다.
   가. 전선의 지지점 간의 거리는 15 m 이하일 것.
   나. 전선은 케이블인 경우 이외에는 벼랑에 견고하게 붙인 금속제 완금류에 절연성・난연성 및 내수성의 애자로 지지할 것.
   다. 전선에 사람이 접촉할 우려가 있는 곳 또는 손상을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 방호장치를 시설할 것.
   라. 저압 전선로와 고압 전선로를 같은 벼랑에 시설하는 경우에는 고압 전선로를 저압 전선로의 위로하고 또한 고압전선과 저압전선 사이의 간격은 0.5 m 이상일 것.

335.9 옥내에 시설하는 전선로

1. 옥내(242.2부터 242.5까지 규정하는 장소는 제외한다)에 시설하는 전선로는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.
   가. 1구내 또는 동일 기초 구조물 및 여기에 구축된 복수의 건물과 구조적으로 일체화된 하나의 건물(이하 "1구내 등" 이라 한다)에 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   나. 1구내 등 전용의 전선로 중 그 1구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   다. 옥외에 시설된 복수의 전선로로부터 수전하도록 시설하는 경우
2. 제1의 전선로는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 저압 전선로는 212.4~212.8 · 232.2(합성수지몰드공사, 금속몰드공사 및 라이팅덕트공사에 관한 부분은 제외한다) · 232.5 · 232.56 · 232.11 · 232.12 · 232.13 · 232.31 · 232.61 · 232.32 · 232.33 및 232.51의 규정에 준하는 이외에 저압 전선로의 전선이 다른 저압 옥내전선(제1의 전선로의 저압 전선 및 저압 옥내배선을 말한다. 이하 같다) · 약전류전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 232.3.7의 규정에 준하여 시설할 것.
   나. 고압 전선로는 342.1의 1 규정에 준하는 이외에 고압 전선로의 전선이 다른 고압 옥내전선(제1의 전선로의 고압 전선 및 고압 옥내배선을 말한다. 이하 같다) · 저압 옥내전선 · 약전류 전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 342.1의 2 규정에 준하여 시설할 것.
   다. 특고압 전선로는 342.4의 1 규정에 준하는 이외에 특고압 전선로의 전선이 저압 옥내전선 · 고압 옥내전선 · 약전류 전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 342.4의 2 규정에 준하여 시설할 것.
   라. 전선로는 케이블을 사용하여 전선로 전용의 견고하고 또한 내화성의 구조물로 구획된 장소에 시설하는 경우에는 "가" 부터 "다" 까지의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

335.10 임시전선로의 시설

1. 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑은 331.11의 1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
2. 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑 · 철주 또는 철근 콘크리트주에 시설하는 지지선은 331.11의 3의 "다" 의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
3. 저압 가공전선 또는 고압 가공전선에 케이블을 사용하는 경우에 332.2의 1(221.2의 2의 "바" (2) · 331.13.1의 2의 "라" · 221.3의 3의 "가" · 331.14.1의 1 · 221.1.1의 1의 "라" · 331.12.1의 1 · 335.6의 2의 "가" (2) · 335.8의 2 · 241.16 · 241.14.3의 4의

“바” (2)(나) 및 배류접속에서 준용하는 경우를 포함한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

4. 재해후의 복구에 사용하는 특고압 가공전선로로서 전선에 케이블을 사용하는 경우 333.3(331.13.2, 331.12.2의 5, 335.6의 3에서 준용하는 경우를 포함한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
5. 저압 방호구에 넣은 절연전선 등을 사용하는 저압 가공전선 또는 고압 방호구에 넣은 고압 절연전선 등을 사용하는 고압 가공전선과 조영물의 조영재 사이의 간격은 332.11・222.18 및 332.18의 규정에 불구하고 표 335.10-1에서 정한 값까지 감할 수 있다.

표 335.10-1 임시전선로 시설(저압 방호구)의 간격

조영물 조영재의 구분		접근형태	간 격
건조물	상부 조영재	위쪽	1 m
		옆쪽 또는 아래쪽	0.4 m
	상부이외의 조영재		0.4 m
건조물 이외의 조영물	상부 조영재	위쪽	1 m
		옆쪽 또는 아래쪽	0.4 m (저압 가공전선은 0.3 m)
	상부 조영재 이외의 조영재		0.4 m (저압 가공전선은 0.3 m)

6. 사용전압이 400 V 이하인 저압 인입선의 옥측부분 또는 옥상부분으로서 비 또는 이슬에 젖지 아니하는 장소에 애자사용공사에 의하여 시설하는 경우에는 221.1.1의 4(221.1.2에서 준용하는 경우를 포함한다)에서 준용하는 221.2의 2의 “나” (2)의 규정에 불구하고 전선 상호 간 및 전선과 조영재 사이를 이격하지 아니하고 시설할 수 있다.
7. 지상에 시설하는 저압 또는 고압의 전선로 및 재해복구를 위하여 지상에 시설하는 특고압전선로로서 다음에 따라 시설하는 경우에는 335.5의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
   가. 전선은 전선로의 사용전압이 저압인 경우는 케이블 또는 공칭단면적 10 ㎟ 이상인 클로로프렌 캡타이어케이블, 고압인 경우는 케이블 또는 고압용의 클로로프렌 캡타이어 케이블, 특고압인 경우는 케이블일 것.
   나. 전선을 시설하는 장소에는 취급자 이외의 자가 쉽게 들어 갈 수 없도록 울타리・담 등을 설치하고 또한 사람이 보기 쉽도록 간격을 두고 위험 표시를 할 것.
   다. 전선은 중량물의 압력 또는 현저한 기계적 충격을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

(340 기계·기구 시설 및 옥내배선)

341 기계 및 기구

341.1 특고압용 변압기의 시설

341.1.1 특고압용 변압기의 시설 장소

특고압용 변압기는 발전소 · 변전소 · 개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하여야 한다. 다만, 다음의 변압기는 각각의 규정에 따라 필요한 장소에 시설할 수 있다.

가. 341.2에 따라 시설하는 배전용 변압기

나. 333.32의 1과 4에서 규정하는 다중접지 방식 특고압 가공전선로에 접속하는 변압기

다. 교류식 전기철도용 신호회로 등에 전기를 공급하기 위한 변압기

341.1.2 특고압용 변압기의 용량

1. 특고압으로 수전하는 부하의 설비용량은 다음 중 하나 이상의 조건으로 산정하여야 한다.

   가. 건축물의 용도에 따른 단위 면적당 부하의 종류별 표준 부하 밀도를 참고할 것.

   나. 실제로 설치되는 실부하를 고려할 것.

   다. 주택의 경우 표 341.1-1의 부하설비용량 이상으로 산정할 것.

표 341.1-1 주택의 부하설비용량 산정기준

구 분	부하설비용량
전용면적 60 ㎡ 이하	3 kW
전용면적 60 ㎡ 초과	3 kW + 0.5 kW / 10 ㎡ 당

2. 특고압 수전용 변압기의 용량은 다음에 따라 산정하여야 한다.

   가. 수요전력을 고려할 것.

   나. 최대용량의 전동기 기동시를 고려할 것.

   다. 공동주택 및 준주택(오피스텔)의 경우 부하설비용량 등을 고려하며 표 341.1-2에 따른 최소 수용률 이상을 적용할 것.

표 341.1-2 세대수에 따른 최소 수용률

세대수	500 이하	500 초과~1,000 이하	1,000 초과
수용률 [%]	45.0	42.0	40.0

341.1.3 특고압용 변압기의 열화진단

「주택법」제2조에 따른 공동주택에 설치된 수전용 특고압 변압기의 열화진단 및 평가방법은 KECS 8801-2019를 따를 수 있다.

341.2 특고압 배전용 변압기의 시설

특고압 전선로(333.32의 1과 4에서 규정하는 특고압 가공전선로를 제외한다)에 접속하는 배전용 변압기(발전소 · 변전소 · 개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 것을 제외한다. 이하 같다)를 시설하는 경우에는 특고압 전선에 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하고 또한 다음에 따라야 한다.

가. 변압기의 1차 전압은 35 kV 이하, 2차 전압은 저압 또는 고압일 것.

나. 변압기의 특고압측에 개폐기 및 과전류차단기를 시설할 것. 다만, 변압기를 다음에 따라 시설하는 경우는 특고압측의 과전류차단기를 시설하지 아니할 수 있다.

(1) 2 이상의 변압기를 각각 다른 회선의 특고압 전선에 접속할 것.

(2) 변압기의 2차측 전로에는 과전류차단기 및 2차측 전로로부터 1차측 전로에 전류가 흐를 때에 자동적으로 2차측 전로를 차단하는 장치를 시설하고 그 과전류차단기 및 장치를 통하여 2차측 전로를 접속할 것.

다. 변압기의 2차 전압이 고압인 경우에는 고압 측에 개폐기를 시설하고 또한 쉽게 개폐할 수 있도록 할 것.

341.3 특고압을 직접 저압으로 변성하는 변압기의 시설

특고압을 직접 저압으로 변성하는 변압기는 다음의 것 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

가. 전기로 등 전류가 큰 전기를 소비하기 위한 변압기

나. 발전소 · 변전소 · 개폐소 또는 이에 준하는 곳의 소내용 변압기

다. 333.32의 1과 4에서 규정하는 특고압 전선로에 접속하는 변압기

라. 사용전압이 35 kV 이하인 변압기로서 그 특고압측 권선과 저압측 권선이 혼촉한 경우에 자동적으로 변압기를 전로로부터 차단하기 위한 장치를 설치한 것.

마. 사용전압이 100 kV 이하인 변압기로서 그 특고압측 권선과 저압측 권선사이에 142.5의 규정에 의하여 접지공사(접지저항 값이 10 Ω 이하인 것에 한한다)를 한

금속제의 혼촉방지판이 있는 것.

바. 교류식 전기철도용 신호회로에 전기를 공급하기 위한 변압기

341.4 특고압용 기계기구의 시설

1. 특고압용 기계기구(이에 부속하는 특고압의 전기로 충전하는 전선으로서 케이블 이외의 것을 포함한다. 이하 같다)는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우, 발전소 · 변전소 · 개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 경우, 241.9.1의 1의 "나" 단서 또는 241.6.2 및 241.6.3에 의하여 시설하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

가. 기계기구의 주위에 351.1의 1, 2 와 4의 규정에 준하여 울타리 · 담 등을 시설하는 경우

나. 기계기구를 지표상 5 m 이상의 높이에 시설하고 충전부분의 지표상의 높이를 표 341.4-1에서 정한 값 이상으로 하고 또한 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우

표 341.4-1 특고압용 기계기구 충전부분의 지표상 높이

사용전압의 구분	울타리의 높이와 울타리로부터 충전부분까지의 거리의 합계 또는 지표상의 높이
35 kV 이하	5 m
35 kV 초과 160 kV 이하	6 m
160 kV 초과	6 m 에 160 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m를 더한 값

다. 공장 등의 구내에서 기계기구를 콘크리트제의 함 또는 접지공사를 한 금속제의 함에 넣고 또한 충전부분이 노출하지 아니하도록 시설하는 경우

라. 옥내에 설치한 기계기구를 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설치한 곳에 시설하는 경우

마. 충전부분이 노출하지 아니하는 기계기구를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우

바. 333.32의 1과 4에서 규정하는 특고압 가공전선로에 접속하는 기계기구를 341.8(제1의 "나"의 "고압 인하용 절연전선"은 "특고압 인하용 절연전선"으로 한다) 규정에 준하여 시설하는 경우

2. 특고압용 기계기구는 노출된 충전부분에 취급자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다.

341.5 고주파 이용 전기설비의 장해방지

고주파 이용 전기설비에서 다른 고주파 이용 전기설비에 누설되는 고주파 전류의 허용한도는 그림 341.5-1의 측정 장치 또는 이에 준하는 측정 장치로 2회 이상 연속하여 10분간 측정하였을 때에 각각 측정값의 최대값에 대한 평균값이 -30 dB(1 mW를 0 dB로 한다)일 것

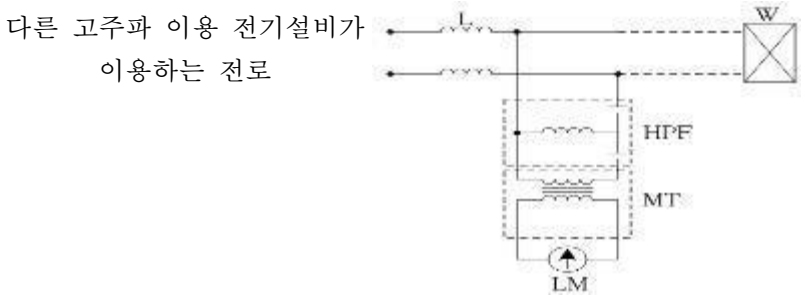


그림 341.5-1 고주파 이용 전기설비의 장해 판정을 위한 측정장치

LM: 선택 레벨계

MT: 정합변성기

L: 고주파대역의 고 임피던스 장치(고주파 이용 전기설비가 이용하는 전로와 다른 고주파 이용 전기설비가 이용하는 전로와의 경계점에 시설할 것)

HPF: 하이패스필터

W: 고주파 이용 전기설비

341.6 전기기계기구의 열적 강도

전로에 시설하는 변압기, 차단기, 개폐기, 전력용 커패시터, 계기용변성기 기타의 전기기계기구는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1202(전기기계기구의 열적강도 확인방법)에서 정하는 방법에 규정하는 열적강도에 적합할 것.

341.7 아크를 발생하는 기구의 시설

고압용 또는 특고압용의 개폐기 · 차단기 · 피뢰기 기타 이와 유사한 기구(이하 이 조에서 “기구 등”이라 한다)로서 동작 시에 아크가 생기는 것은 목재의 벽 또는 천장 기타의 가연성 물체로부터 표 341.7-1에서 정한 값 이상 이격하여 시설하여야 한다.

표 341.7-1 아크를 발생하는 기구 시설 시 간격

기구 등의 구분	간 격
고압용의 것	1 m 이상
특고압용의 것	2 m 이상(사용전압이 35 kV 이하의 특고압용의 기구 등으로서 동작할 때에 생기는 아크의 방향과 길이를 화재가 발생할 우려가 없도록 제한하는 경우에는 1 m 이상)

341.8 고압용 기계기구의 시설

1. 고압용 기계기구(이에 부속하는 고압의 전기로 충전하는 전선으로서 케이블 이외의 것을 포함한다. 이하 같다)는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우와 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.
   가. 기계기구의 주위에 351.1의 1, 2 및 4의 규정에 준하여 울타리·담 등을 시설하는 경우
   나. 기계기구(이에 부속하는 전선에 케이블 또는 고압 인하용 절연전선을 사용하는 것에 한한다)를 지표상 4.5 m(시가지 외에는 4 m) 이상의 높이에 시설하고 또한 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우
   다. 공장 등의 구내에서 기계기구의 주위에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 울타리를 설치하는 경우
   라. 옥내에 설치한 기계기구를 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설치한 곳에 시설하는 경우
   마. 기계기구를 콘크리트제의 함 또는 140의 규정에 따른 접지공사를 한 금속제 함에 넣고 또한 충전부분이 노출하지 아니하도록 시설하는 경우
   바. 충전부분이 노출하지 아니하는 기계기구를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우
   사. 충전부분이 노출하지 아니하는 기계기구를 온도상승에 의하여 또는 고장 시 그 근처의 대지와의 사이에 생기는 전위차에 의하여 사람이나 가축 또는 다른 시설물에 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우
2. 제1에서 정하는 인하용 고압 절연전선은 KS C IEC 60502-2[정격전압 1 kV ~ 30 kV 압출 절연 전력케이블 및 그 부속품－제2부: 케이블(6 kV ~ 30 kV)]에서 정하는 6/10 ㎸ 인하용 절연전선에 적합한 것이어야 한다.
3. 고압용의 기계기구는 노출된 충전부분에 취급자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다.

341.9 개폐기의 시설

1. 전로 중에 개폐기를 시설하는 경우(이 기준에서 개폐기를 시설하도록 정하는 경우

에 한한다)에는 그곳의 각 극에 설치하여야 한다. 다만, 다음의 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 212.6.4(인입구에서 저압 옥내 간선을 거치지 아니하고 전기사용 기계기구에 이르는 저압 옥내전로를 포함한다)의 규정에 의하여 개폐기를 시설하는 경우

나. 212.6.2의 2 및 3의 규정에 준하여 시설하는 경우

다. 333.32의 1과 4에 규정하는 특고압 가공전선로로서 다중 접지를 한 중성선 이외의 각 극에 개폐기를 시설하는 경우

라. 제어회로 등에 조작용 개폐기를 시설하는 경우

2. 고압용 또는 특고압용의 개폐기는 그 작동에 따라 그 개폐상태를 표시하는 장치가 되어 있는 것이어야 한다. 다만, 그 개폐상태를 쉽게 확인할 수 있는 것은 그러하지 아니하다.
3. 고압용 또는 특고압용의 개폐기로서 중력 등에 의하여 자연히 작동할 우려가 있는 것은 자물쇠장치 기타 이를 방지하는 장치를 시설하여야 한다.
4. 고압용 또는 특고압용의 개폐기로서 부하전류를 차단하기 위한 것이 아닌 개폐기는 부하전류가 통하고 있을 경우에는 회로가 열리지 않도록 시설하여야 한다. 다만, 개폐기를 조작하는 곳의 보기 쉬운 위치에 부하전류의 유무를 표시한 장치 또는 전화기 기타의 지령 장치를 시설하거나 태블릿 등을 사용함으로서 부하전류가 통하고 있을 때에 열린 회로의 조작을 방지하기 위한 조치를 하는 경우는 그러하지 아니하다.
5. 전로에 이상이 생겼을 때 자동적으로 전로를 개폐하는 장치를 시설하는 경우에는 그 개폐기의 자동 개폐 기능에 장해가 생기지 않도록 시설하여야 한다.

341.10 고압 및 특고압 전로 중의 과전류차단기의 시설

1. 과전류차단기로 시설하는 퓨즈 중 고압전로에 사용하는 포장 퓨즈(퓨즈 이외의 과전류 차단기와 조합하여 하나의 과전류 차단기로 사용하는 것을 제외한다)는 정격전류의 1.3배의 전류에 견디고 또한 2배의 전류로 120분 안에 용단되는 것 또는 다음에 적합한 고압전류제한퓨즈이어야 한다.

가. 구조는 KS C 4612(2011)(고압전류제한퓨즈)의 “7 구조” 에 적합한 것일 것.

나. 완성품은 KS C 4612(2011)(고압전류제한퓨즈)의 “8 시험방법” 에 의해서 시험하였을 때 “6 성능” 에 적합한 것일 것.

2. 과전류차단기로 시설하는 퓨즈 중 고압전로에 사용하는 비포장 퓨즈는 정격전류의 1.25배의 전류에 견디고 또한 2배의 전류로 2분 안에 용단되는 것이어야 한다.
3. 고압 또는 특고압의 전로에 단락이 생긴 경우에 동작하는 과전류차단기는 이것을 시설하는 곳을 통과하는 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 한다.
4. 고압 또는 특고압의 과전류차단기는 그 동작에 따라 그 개폐상태를 표시하는 장치

가 되어있는 것이어야 한다. 다만, 그 개폐상태가 쉽게 확인될 수 있는 것은 적용하지 않는다.

341.11 과전류차단기의 시설 제한

접지공사의 접지도체, 다선식 전로의 중성선 및 322.1의 1부터 3까지의 규정에 의하여 전로의 일부에 접지공사를 한 저압 가공전선로의 접지측 전선에는 과전류차단기를 시설하여서는 안 된다. 다만, 다선식 전로의 중성선에 시설한 과전류차단기가 동작한 경우에 각 극이 동시에 차단될 때 또는 322.5의 1(322.5의 4에서 준용하는 경우를 포함한다)의 규정에 의한 저항기 · 리액터 등을 사용하여 접지공사를 한 때에 과전류차단기의 동작에 의하여 그 접지도체가 비접지 상태로 되지 아니할 때는 적용하지 않는다.

341.12 지락차단장치 등의 시설

1. 특고압전로 또는 고압전로에 변압기에 의하여 결합되는 사용전압 400 V 초과의 저압전로 또는 발전기에서 공급하는 사용전압 400 V 초과의 저압전로(발전소 및 변전소와 이에 준하는 곳에 있는 부분의 전로를 제외한다. 이하 이항에서 같다)에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다.
2. 고압 및 특고압 전로 중 다음에 열거하는 곳 또는 이에 근접한 곳에는 전로(1의 곳 또는 이에 근접한 곳에 시설하는 경우에는 수전점의 부하측의 전로, “나” 의 곳 또는 이에 근접한 곳에 시설하는 경우에는 배전용 변압기의 부하측의 전로, 이하 여기 및 3에서 같다)에 지락(전기철도용 급전선에 있어서는 과전류)이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 전기사업자로부터 공급을 받는 수전점에서 수전하는 전기를 모두 그 수전점에 속하는 수전장소에서 변성하거나 또는 사용하는 경우는 그러하지 아니하다.
   가. 발전소 · 변전소 또는 이에 준하는 곳의 인출구
   나. 다른 전기사업자로부터 공급받는 수전점
   다. 배전용변압기(단권변압기를 제외한다)의 시설 장소
3. 저압 또는 고압전로로서 비상용 조명장치 · 비상용승강기 · 유도등 · 철도용 신호장치, 300 V 초과 1 kV 이하의 비접지 전로, 전로의 중성점의 접지의 규정에 의한 전로, 기타 그 정지가 공공의 안전 확보에 지장을 줄 우려가 있는 기계기구에 전기를 공급하는 것에는 전로에 지락이 생겼을 때에 이를 기술원 감시소에 경보하는 장치를 설치한 때에는 211.2.4의 1의 “가” 및 제1부터 제2까지에 규정하는 장치를 시설하지 않을 수 있다.

341.13 피뢰기의 시설

1. 고압 및 특고압의 전로 중 다음에 열거하는 곳 또는 이에 근접한 곳에는 피뢰기를

시설하여야 한다.

가. 발전소 · 변전소 또는 이에 준하는 장소의 가공전선 인입구 및 인출구

나. 특고압 가공전선로에 접속하는 341.2의 배전용 변압기의 고압측 및 특고압측

다. 고압 및 특고압 가공전선로로부터 공급을 받는 수용장소의 인입구

라. 가공전선로와 지중전선로가 접속되는 곳

2. 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

가. 제1의 어느 하나에 해당되는 곳에 직접 접속하는 전선이 짧은 경우

나. 제1의 어느 하나에 해당되는 경우 피보호기기가 보호범위 내에 위치하는 경우

341.14 피뢰기의 접지

고압 및 특고압의 전로에 시설하는 피뢰기 접지저항 값은 10 Ω 이하로 하여야 한다. 다만, 고압가공전선로에 시설하는 피뢰기(341.13의 1의 규정에 의하여 시설하는 것을 제외한다. 이하 같다)를 322.1의 2 및 3의 규정에 의하여 접지공사를 한 변압기에 근접하여 시설하는 경우로서, 다음의 어느 하나에 해당할 때 또는 고압가공전선로에 시설하는 피뢰기(322.1의 1부터 3까지의 규정에 의하여 접지공사를 한 변압기에 근접하여 시설하는 것을 제외한다)의 접지도체가 그 접지공사 전용의 것인 경우에 그 접지공사의 접지저항 값이 30 Ω 이하인 때에는 그 피뢰기의 접지저항 값이 10 Ω 이하가 아니어도 된다.

가. 피뢰기의 접지공사의 접지극을 변압기 중성점 접지용 접지극으로부터 1 m 이상 이격하여 시설하는 경우에 그 접지공사의 접지저항 값이 30 Ω 이하인 때

나. 피뢰기 접지공사의 접지도체와 변압기의 중성점 접지용 접지도체를 변압기에 근접한 곳에서 접속하여 다음에 의하여 시설하는 경우에 피뢰기 접지공사의 접지저항 값이 75 Ω 이하인 때 또는 중성점 접지공사의 접지저항 값이 65 Ω 이하인 때

(1) 변압기를 중심으로 하는 반지름 50 m의 원과 반지름 300 m의 원으로 둘러 싸여지는 지역에서 그 변압기에 중성점접지공사가 되어있는 저압 가공전선(인장강도 5.26 kN 이상인 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선에 한한다)의 한 곳 이상에 140의 규정에 준하는 접지공사(접지도체로 공칭단면적 6 ㎟ 이상인 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선을 사용하는 것에 한한다)를 할 것. 다만, 그 중성점접지공사의 접지도체가 322.1의 3 및 4에 규정하는 가공 공동지선(그 변압기를 중심으로 하는 지름 300 m의 원 안에서 접지공사가 되어 있는 것에 한한다)인 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 피뢰기의 접지공사, 변압기 중성점 접지공사를 (1)에 의하여 저압가공 전선에 140의 규정에 준하여 행한 접지공사 및 (1)단서의 가공 공동지선에서의 합성 접지저항 값은 20 Ω 이하일 것.

다. 피뢰기 접지공사의 접지도체와 322.1의 2 및 3에 의하여 중성점 접지공사가 시설된 변압기의 저압가공전선 또는 가공공동지선과를 그 변압기가 시설된 지지물 이외의 지지물에서 접속하고 또한 다음에 의하여 시설하는 경우에 피뢰기 접지공사의 접지저항 값이 65 Ω 이하인 때

(1) 변압기에 접속하는 저압가공전선 및 그것에 시설하는 접지공사 또는 그 변압기에 접속하는 가공공동지선은 "나"(1)에 의하여 시설할 것.

(2) 피뢰기 접지공사는 변압기를 중심으로 하는 반지름 50 m 이상의 지역으로 또한 그 변압기와 (1)에 의하여 시설하는 접지공사와의 사이에 시설할 것. 다만, 가공공동지선과 접속하는 그 피뢰기 접지공사는 변압기를 중심으로 하는 반지름 50 m 이내 지역에 시설할 수 있다.

(3) 피뢰기 접지공사, 변압기의 중성점 접지공사는 (1)에 의하여 저압가공전선에 시설한 접지공사 및 (1)에 의한 가공공동지선의 합성저항 값은 16 Ω 이하일 것.

341.15 압축공기계통

발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에서 개폐기 또는 차단기에 사용하는 압축공기장치는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 공기압축기는 최고 사용압력의 1.5배의 수압(수압을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하기 어려울 때에는 최고 사용압력의 1.25배의 기압)을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하였을 때에 이에 견디고 또한 새지 아니할 것.

나. 공기탱크는 "가"의 규정에 준하는 이외에 다음에 의할 것.

(1) 재료는 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 "5 재료"에 적합한 것이어야 하고, 재료의 허용응력은 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 "6 설계" 또는 "최대 허용 응력 값"에 적합한 것일 것.

(2) 구조는 다음 표준에 적합한 것일 것.

(가) 동체는 원통형으로 그 진원도는 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 "7.1.6 원통형, 원뿔형 및 구형 동체의 허용 진원도 편차"에 적합할 것.

(나) 동판의 두께는 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 "6.1.1 일반사항 (b) 압력 유지 구성품의 최소 두께", "6.1.10 부식" 및 "6.1.12 내압을 받는 동체의 두께"에 적합할 것.

(다) 경판의 모양은 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 "7.1.7 성형 경판의 허용오차"에 적합할 것.

(라) 경판의 두께는 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 "6.3.2 경판 설계"에 적합할 것.

(마) 평판의 두께는 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 "6.1.9 스테이

로 지지되지 않는 평 경판 및 덮개 (C)두께” 에 적합할 것.

(바) 구멍은 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 “6.1.21 구멍 및 보강” 에 적합할 것.

(사) 용접 이음의 효율은 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 “6.2.5 용접 이음 효율” 에 준할 것.

(아) 주요 재료의 수치의 허용오차는 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 “6.1.1 일반사항 c)판의 미달 허용오차, d)관의 미달 허용오차” 에 준할 것.

(3) 사용 압력에서 공기의 보급이 없는 상태로 개폐기 또는 차단기의 투입 및 차단을 연속하여 1회 이상 할 수 있는 용량을 가지는 것일 것.

(4) 내식성을 가지지 아니하는 재료를 사용하는 경우에는 외면에 산화방지를 위한 도장을 할 것.

다. 압축공기를 통하는 관은 341.17 및 “나” (1)의 규정에 준하는 이외에 KS B 6750(2012)(압력용기－설계 및 제조 일반)의 “11 동체-튜브식 열교환기” 및 KS B 6281(냉동용 압력용기의 구조)의 “5.4.9 관의 강도” 또는 “나” (2)(바)부터 (아)까지의 표준에 적합한 구조로 되어 있을 것.

라. 공기압축기・공기탱크 및 압축공기를 통하는 관은 용접에 의한 잔류응력이 생기거나 나사의 조임에 의하여 무리한 하중이 걸리지 아니하도록 할 것.

마. 공기압축기의 맨 끝 또는 압축공기를 통하는 관의 공기압축기에 근접하는 곳 및 공기탱크 또는 압축공기를 통하는 관의 공기탱크에 근접하는 곳에는 최고 사용압력 이하의 압력으로 동작하고 또한 KS B 6216 “증기용 및 가스용 스프링 안전밸브” 에 적합한 안전밸브를 시설할 것. 다만, 압력 1 ㎫ 미만인 압축공기장치는 최고사용압력 이하의 압력으로 동작하는 안전장치로써 이에 갈음할 수 있다.

바. 주 공기탱크의 압력이 저하한 경우에 자동적으로 압력을 회복하는 장치를 시설할 것.

사. 주 공기탱크 또는 이에 근접한 곳에는 사용압력의 1.5배 이상 3배 이하의 최고눈금이 있는 압력계를 시설할 것.

341.16 절연가스 취급설비

발전소・변전소・개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 가스 절연기기는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 100 kPa를 초과하는 절연가스의 압력을 받는 부분으로써 외기에 접하는 부분은 다음 어느 하나에 적합하여야 한다.

(1) 최고사용압력의 1.5배의 수압(수압을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하기 어려울 때에는 최고사용압력의 1.25배의 기압)을 연속하여 10분간 가하여 시험하

였을 때에 이에 견디고 또한 새지 아니하는 것일 것. 다만, 가스 압축기에 접속하여 사용하지 아니하는 가스절연기기는 최고사용압력의 1.25배의 수압을 연속하여 10분간 가하였을 때 이에 견디고 또한 누설이 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 정격전압이 52 kV를 초과하는 가스절연기기로서 용접된 알루미늄 및 용접된 강판 구조일 경우는 설계압력의 1.3배, 주물형 알루미늄 및 복합알루미늄(composite aluminium) 구조일 경우는 설계압력의 2배를 1분 이상 가하였을 때 파열이나 변형이 나타나지 않을 것.

나. 절연가스는 가연성·부식성 또는 유독성의 것이 아닐 것.

다. 절연가스 압력의 저하로 절연파괴가 생길 우려가 있는 것은 절연가스의 압력저하를 경보하는 장치 또는 절연가스의 압력을 계측하는 장치를 설치할 것.

라. 가스 압축기를 가지는 것은 가스 압축기의 맨 끝 또는 압축절연 가스를 통하는 관의 가스 압축기에 근접하는 곳 및 가스절연기기 또는 압축 절연가스를 통하는 관의 가스 절연기기에 근접하는 곳에는 최고사용압력 이하의 압력으로 동작하고 또한 KS B 6216(증기용 및 가스용 스프링 안전밸브)에 적합한 안전밸브를 설치할 것.

342 고압·특고압 옥내 설비의 시설

342.1 고압 옥내배선 등의 시설

1. 고압 옥내배선은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 고압 옥내배선은 다음 중 하나에 의하여 시설할 것.

(1) 애자사용공사(건조한 장소로서 전개된 장소에 한한다)

(2) 케이블공사

(3) 케이블트레이공사

나. 애자사용공사에 의한 고압 옥내배선은 다음에 의하고, 또한 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.

(1) 전선은 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 고압 절연전선이나 특고압 절연전선 또는 341.8의 2에 규정하는 인하용 고압 절연전선일 것.

(2) 전선의 지지점 간의 거리는 6 m 이하일 것. 다만, 전선을 조영재의 면을 따라 붙이는 경우에는 2 m 이하이어야 한다.

(3) 전선 상호 간의 간격은 0.08 m 이상, 전선과 조영재 사이의 간격은 0.05 m 이상일 것

(4) 애자사용공사에 사용하는 애자는 절연성·난연성 및 내수성의 것일 것.

(5) 고압 옥내배선은 저압 옥내배선과 쉽게 식별되도록 시설할 것.

(6) 전선이 조영재를 관통하는 경우에는 그 관통하는 부분의 전선을 전선마다 각각 별개의 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣을 것.

다. 케이블공사에 의한 고압 옥내배선은 232.51.1의 2 및 3(전선을 건조물의 전기 배선용 파이프 샤프트 내에 수직으로 매어 달아 시설하는 경우에는 232.51.3의 1)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선에 케이블을 사용하고 또한 관 기타의 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분, 금속제의 전선 접속함 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 140에 의한 접지공사를 하여야 한다.

라. 케이블트레이공사에 의한 고압 옥내배선은 232.41.1의 3, 4, 5, 및 232.41.2(7, 8을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 외에 다음에 의하여 시설하여야 한다.

(1) 전선은 연피 케이블, 알루미늄피 케이블 등 난연성 케이블, 기타 케이블(상호 영향을 받지 않는 간격으로 연소(延燒)방지 조치를 하여야 한다)을 사용하여야 한다.

(2) 금속제 케이블 트레이 계통은 기계적 및 전기적으로 완전하게 접속하여야 하며 금속제 트레이에는 142.3에 적합한 도체로 접지시스템에 접속하여야 한다.

(3) 동일 케이블 트레이 내에 시설하는 케이블의 수는 단심 및 다심 케이블들의 지름(완성품의 바깥지름을 말한다. 이하 이 조에서 같다)의 합계가 케이블 트레이의 내측 폭 이하가 되도록 하고 케이블은 단층으로 시설할 것. 단심 케이블을 3묶음형, 4묶음형으로 하거나 또는 회로군으로 일괄하여 묶은 경우에는 이들 단심케이블의 지름의 합계가 케이블 트레이의 내측 폭 이하가 되도록 하고 단층배열로 시설하여야 한다.

2. 고압 옥내배선이 다른 고압 옥내배선 · 저압 옥내전선 · 관등회로의 배선 · 약전류 전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 고압 옥내배선과 다른 고압 옥내배선 · 저압 옥내전선 · 관등회로의 배선 · 약전류 전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것 사이의 간격은 0.15 m (애자사용공사에 의하여 시설하는 저압 옥내전선이 나전선인 경우에는 0.3 m, 가스계량기 및 가스관의 이음부와 전력량계 및 개폐기와는 0.6 m) 이상이어야 한다. 다만, 고압 옥내배선을 케이블공사에 의하여 시설하는 경우에 케이블과 이들 사이에 내화성이 있는 견고한 격벽을 시설할 때, 케이블을 내화성이 있는 견고한 관에 넣어 시설할 때 또는 다른 고압 옥내배선의 전선이 케이블일 때에는 그러하지 아니하다.

3. 242.2부터 242.4까지의 규정은 옥내에 시설하는 고압 전기설비(이동전선 · 접촉전선 · 방전등 및 335.9의 1에 규정하는 전선로를 제외한다)에 준용한다.

342.2 옥내 고압용 이동전선의 시설

1. 옥내에 시설하는 고압의 이동전선은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전선은 고압용의 캡타이어케이블일 것.
나. 이동전선과 전기사용기계기구와는 볼트 조임 기타의 방법에 의하여 견고하게 접속할 것.
다. 이동전선에 전기를 공급하는 전로(유도 전동기의 2차측 전로를 제외한다)에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하고, 또한 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.

2. 242.2부터 242.4까지 규정은 옥내에 시설하는 고압의 이동전선에 준용한다.

342.3 옥내에 시설하는 고압접촉전선 공사

1. 이동 기중기 기타 이동하여 사용하는 고압의 전기기계기구에 전기를 공급하기 위하여 사용하는 접촉전선(전차선을 제외한다. 이하 "고압접촉전선"이라 한다)을 옥내에 시설하는 경우에는 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐된 장소에 애자사용공사에 의하고 또한 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전선은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
나. 전선은 인장강도 2.78 kN 이상의 것 또는 지름 10 ㎜의 경동선으로 단면적이 70 ㎟ 이상인 구부리기 어려운 것일 것.
다. 전선은 각 지지점에서 견고하게 고정시키고 또한 집전장치의 이동에 의하여 동요하지 아니하도록 시설할 것.
라. 전선 지지점 간의 거리는 6 m 이하일 것.
마. 전선 상호 간의 간격 및 집전장치의 충전 부분 상호 간 및 집전장치의 충전 부분과 극성이 다른 전선 사이의 간격은 0.3 m 이상일 것. 다만, 전선 상호 간 집전장치의 충전 부분 상호 간 및 집전장치의 충전부분과 극성이 다른 전선 사이에 절연성 및 난연성이 있는 견고한 격벽을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
바. 전선과 조영재(애자를 지지하는 것을 제외한다. 이하 "바"에서 같다)와의 간격 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영재사이의 간격은 0.2 m 이상일 것. 다만, 전선 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전 부분과 조영재 사이에 절연성 및 난연성이 있는 견고한 격벽을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.
사. 애자는 절연성 · 난연성 및 내수성이 있는 것일 것.

2. 옥내에 시설하는 고압접촉전선 및 그 고압접촉전선에 접촉하는 집전장치의 충전 부분이 다른 옥내 전선 · 약전류 전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접근 또는 교차하는 경우에는 상호 간의 간격은 0.6 m 이상이어야 한다. 다만, 옥내에 시설하는 고압 접촉 전선과 다른 옥내 전선이나 약전류 전선 등 사이에 절연

성 및 난연성이 있는 견고한 격벽을 설치하는 경우에는 0.3 m 이상으로 할 수 있다.

3. 옥내에 시설하는 고압접촉전선에 전기를 공급하기 위한 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 시설하여야 한다. 이 경우에 개폐기는 고압접촉전선에 가까운 곳에 쉽게 개폐할 수 있도록 시설하고 과전류 차단기는 각 극(다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다.
4. 제3의 전로 중에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 고압접촉전선의 전원측 접속점에서 1 km 안의 전원측 전로에 전용의 절연 변압기를 시설하는 경우로서 전로에 지락이 생겼을 때에 이를 기술원 주재소에 경보하는 장치를 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
5. 옥내에 시설하는 고압접촉전선은 그 고압접촉전선에 접촉하는 집전장치의 이동에 의하여 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장해를 줄 우려가 없도록 시설하여야 한다.
6. 옥내에 시설하는 고압접촉전선에서 전기의 공급을 받는 전기기계기구에 접지공사를 할 경우에는 그 전기기계기구에서 접지극에 이르는 접지도체는 집전장치를 사용하고 또한 제1의 “가”부터 “라”까지의 규정에 준하여 시설할 수 있다.
7. 옥내에 시설하는 고압접촉전선은 242.2부터 242.4까지에 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

342.4 특고압 옥내 전기설비의 시설

1. 특고압 옥내배선은 241.9의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
   가. 사용전압은 100 kV 이하일 것. 다만, 케이블트레이공사에 의하여 시설하는 경우에는 35 kV 이하일 것.
   나. 전선은 케이블일 것.
   다. 케이블은 철재 또는 철근 콘크리트제의 관·덕트 기타의 견고한 방호장치에 넣어 시설할 것. 다만, “가” 단서의 케이블트레이공사에 의하는 경우에는 342.1의 1의 “라”에 준하여 시설할 것.
   라. 관 그 밖에 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분·금속제의 전선 접속함 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 140의 규정에 의한 접지공사를 하여야 한다.
2. 특고압 옥내배선이 저압 옥내전선·관등회로의 배선·고압 옥내전선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 특고압 옥내배선과 저압 옥내전선·관등회로의 배선 또는 고압 옥내전선 사이의

간격은 0.6 m 이상일 것. 다만, 상호 간에 견고한 내화성의 격벽을 시설할 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 특고압 옥내배선과 약전류 전선 등 또는 수관 · 가스관이나 이와 유사한 것과 접촉하지 아니하도록 시설할 것.

3. 특고압의 이동전선 및 접촉전선(전차선을 제외한다)은 이동전선을 241.9.2의 "다"의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 옥내에 시설하여서는 아니 된다.
4. 241.9.3의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 242.2부터 242.4까지에 규정하는 곳에 특고압 옥내 전기설비를 시설하여서는 아니 된다.
5. 옥내 또는 옥외에 시설하는 예비 케이블은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하고 접지공사를 하여야 한다.

343 고압 · 특고압 옥측 및 옥외 설비의 시설

343.1 옥측배선 또는 옥외배선의 시설

1. 고압 또는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 옥측배선은 331.13.1, 고압 또는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 옥외배선(241.13의 비행장 등화(燈火)배선은 제외)은 334, 335.3부터 335.7에 따라 시설한다.
2. 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 옥측배선 또는 옥외배선은 241.9.1의 2에 따라 시설하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니된다.

(350 발전소, 변전소, 개폐소 등의 전기설비)

351 발전소, 변전소, 개폐소 등의 전기설비

351.1 발전소 등의 울타리·담 등의 시설

1. 고압 또는 특고압의 기계기구·모선 등을 옥외에 시설하는 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에는 다음에 따라 구내에 취급자 이외의 사람이 들어가지 아니하도록 시설하여야 한다. 다만, 토지의 상황에 의하여 사람이 들어갈 우려가 없는 곳은 그러하지 아니하다.
   가. 울타리·담 등을 시설할 것.
   나. 출입구에는 출입금지의 표시를 할 것.
   다. 출입구에는 자물쇠장치 등의 장치를 할 것.
2. 제1의 울타리·담 등은 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 울타리·담 등의 높이는 2 m 이상으로 하고 지표면과 울타리·담 등의 하단사이의 간격은 0.15 m 이하로 할 것.
   나. 울타리·담 등과 고압 및 특고압의 충전 부분이 접근하는 경우에는 울타리·담 등의 높이와 울타리·담 등으로부터 충전부분까지 거리의 합계는 표 351.1-1에서 정한 값 이상으로 할 것.

표 351.1-1 발전소 등의 울타리·담 등의 시설 시 간격

사용전압의 구분	울타리·담 등의 높이와 울타리·담 등으로부터 충전부분까지의 거리의 합계
35 kV 이하	5 m
35 kV 초과 160 kV 이하	6 m
160 kV 초과	6 m에 160 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m를 더한 값

3. 고압 또는 특고압의 기계기구, 모선 등을 옥내에 시설하는 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에는 다음의 어느 하나에 의하여 구내에 취급자 이외의 자가 들어가지 아니하도록 시설하여야 한다. 다만, 제1의 규정에 의하여 시설한 울타리·담 등의 내부는 그러하지 아니하다.
   가. 울타리·담 등을 제2의 규정에 준하여 시설하고 또한 그 출입구에 출입금지의 표시와 자물쇠장치 등의 장치를 할 것.
   나. 견고한 벽을 시설하고 그 출입구에 출입금지의 표시와 자물쇠장치 등의 장치를 할 것.

4. 고압 또는 특고압 가공전선(전선에 케이블을 사용하는 경우는 제외함)과 금속제의 울타리·담 등이 교차하는 경우에 금속제의 울타리·담 등에는 교차점과 좌, 우로 45 m 이내의 개소에 320에 의한 접지공사를 하여야 한다. 또한 울타리·담 등에 문 등이 있는 경우에는 접지공사를 하거나 울타리·담 등과 전기적으로 접속하여야 한다. 다만, 토지의 상황에 의하여 320에 의한 접지저항 값을 얻기 어려울 경우에는 100 Ω 이하로 하고 또한 고압 가공전선로는 고압보안공사, 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의하여 시설할 수 있다.
5. 공장 등의 구내(구내 경계 전반에 울타리, 담 등을 시설하고, 일반인이 들어가지 않게 시설한 것에 한한다)에 있어서 옥외 또는 옥내에 고압 또는 특고압의 기계기구 및 모선 등을 시설하는 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에는 "위험" 경고 표지를 하고 341.4 및 341.8 규정에 준하여 시설하는 경우에는 제1 및 제3의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
6. 기술기준 제21조제5항에 따라 내진설계를 하는 경우에는 한국전기기술기준위원회의 KECG 9701(건축전기설비 정착부 내진설계 및 시공지침) 및 KECG 7701(발·변전 설비의 시설 및 유지관리에 관한 기술지침)을 참고할 수 있다.

351.2 특고압전로의 상 및 접속 상태의 표시

1. 발전소·변전소 또는 이에 준하는 곳의 특고압전로에는 그의 보기 쉬운 곳에 상별(相別) 표시를 하여야 한다.
2. 발전소·변전소 또는 이에 준하는 곳의 특고압전로에 대하여는 그 접속 상태를 모의모선(模擬母線)의 사용 기타의 방법에 의하여 표시하여야 한다. 다만, 이러한 전로에 접속하는 특고압전선로의 회선수가 2 이하이고 또한 특고압의 모선이 단일모선인 경우에는 그러하지 아니하다.

351.3 발전기 등의 보호장치

1. 발전기에는 다음의 경우에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 시설하여야 한다.
   가. 발전기에 과전류나 과전압이 생긴 경우
   나. 용량이 500 kVA 이상의 발전기를 구동하는 수차의 압유 장치의 유압 또는 전동식 가이드밴 제어장치, 전동식 니이들 제어장치 또는 전동식 디플렉터 제어장치의 전원전압이 현저히 저하한 경우
   다. 용량이 100 kVA 이상의 발전기를 구동하는 풍차(風車)의 압유장치의 유압, 압축공기장치의 공기압 또는 전동식 브레이드 제어장치의 전원전압이 현저히 저하한 경우
   라. 용량이 2,000 kVA 이상인 수차 발전기의 스러스트 베어링의 온도가 현저히 상승

한 경우

마. 용량이 10,000 kVA 이상인 발전기의 내부에 고장이 생긴 경우

바. 정격출력이 10,000 kW를 초과하는 증기터빈은 그 스러스트 베어링이 현저하게 마모되거나 그의 온도가 현저히 상승한 경우

2. 연료전지의 보호장치는 542.2.1에 따른다.

3. 상용전원으로 쓰이는 축전지에는 이에 과전류가 생겼을 경우에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

351.4 특고압용 변압기의 보호장치

특고압용의 변압기에는 그 내부에 고장이 생겼을 경우에 보호하는 장치를 표 351.4-1와 같이 시설하여야 한다. 다만, 변압기의 내부에 고장이 생겼을 경우에 그 변압기의 전원인 발전기를 자동적으로 정지하도록 시설한 경우에는 그 발전기의 전로로부터 차단하는 장치를 하지 아니하여도 된다.

표 351.4-1 특고압용 변압기의 보호장치

뱅크용량의 구분	동작조건	장치의 종류
5,000 kVA 이상 10,000 kVA 미만	변압기내부고장	자동차단장치 또는 경보장치
10,000 kVA 이상	변압기내부고장	자동차단장치
타냉식변압기(변압기의 권선 및 철심을 직접 냉각시키기 위하여 봉입한 냉매를 강제 순환시키는 냉각 방식을 말한다)	냉각장치에 고장이 생긴 경우 또는 변압기의 온도가 현저히 상승한 경우	경보장치

351.5 조상설비의 보호장치

조상설비에는 그 내부에 고장이 생긴 경우에 보호하는 장치를 표 351.5-1과 같이 시설하여야 한다.

표 351.5-1 조상설비의 보호장치

설비종별	뱅크용량의 구분	자동적으로 전로로부터 차단하는 장치
전력용 커패시터 및 분로리액터	500 kVA 초과 15,000 kVA 미만	내부에 고장이 생긴 경우에 동작하는 장치 또는 과전류가 생긴 경우에 동작하는 장치
	15,000 kVA 이상	내부에 고장이 생긴 경우에 동작하는 장치 및 과전류가 생긴 경우에 동작하는 장치 또는 과전압이 생긴 경우에 동작하는 장치
무효 전력 보상 장치	15,000 kVA 이상	내부에 고장이 생긴 경우에 동작하는 장치

351.6 감시 및 계측장치 등

1. 발전소에서는 다음의 사항을 계측하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 태양전지 발전소는 연계하는 전력계통에 그 발전소 이외의 전원이 없는 것에 대하여는 그러하지 아니하다.
   가. 발전기·연료전지 또는 태양전지 모듈(복수의 태양전지 모듈을 설치하는 경우에는 그 집합체)의 전압 및 전류 또는 전력
   나. 발전기의 베어링(수중 메탈을 제외한다) 및 고정자(固定子)의 온도
   다. 정격출력이 10,000 kW를 초과하는 증기터빈에 접속하는 발전기의 진동의 진폭(정격출력이 400,000 kW 이상의 증기터빈에 접속하는 발전기는 이를 자동적으로 기록하는 것에 한한다)
   라. 주요 변압기의 전압 및 전류 또는 전력
   마. 특고압용 변압기의 온도
2. 정격출력이 10 kW 미만의 내연력 발전소는 연계하는 전력계통에 그 발전소 이외의 전원이 없는 것에 대해서는 제1의 “가” 및 “라”의 사항 중 전류 및 전력을 측정하는 장치를 시설하지 아니할 수 있다.
3. 동기발전기(同期發電機)를 시설하는 경우에는 동기검정장치를 시설하여야 한다. 다만, 동기발전기를 연계하는 전력계통에는 그 동기발전기 이외의 전원이 없는 경우 또는 동기발전기의 용량이 그 발전기를 연계하는 전력계통의 용량과 비교하여 현저히 적은 경우에는 그러하지 아니하다.
4. 변전소 또는 이에 준하는 곳에는 다음의 사항을 계측하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 전기철도용 변전소는 주요 변압기의 전압을 계측하는 장치를 시설하지 아니할 수 있다.
   가. 주요 변압기의 전압 및 전류 또는 전력
   나. 특고압용 변압기의 온도
5. 무효 전력 보상 장치를 시설하는 경우에는 다음의 사항을 계측하는 장치 및 동기검

정장치를 시설하여야 한다. 다만, 무효 전력 보상 장치의 용량이 전력계통의 용량과 비교하여 현저히 적은 경우에는 동기검정장치를 시설하지 아니할 수 있다.

가. 무효 전력 보상 장치의 전압 및 전류 또는 전력

나. 무효 전력 보상 장치의 베어링 및 고정자의 온도

6. 공동주택과 준주택(오피스텔)에 설치하는 고압 이상의 변압기는 다음 항목을 상시 계측하고, 그 계측값을 관리사무소 등에 전송할 수 있는 상태감시시스템을 시설하여야 한다.

가. 변압기 뱅크 단위의 전압, 전류, 전력, 역률

나. 변압기 온도 및 변압기가 시설되어 있는 장소의 주위온도

351.7 배전반의 시설

1. 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 배전반에 붙이는 기구 및 전선(관에 넣은 전선 및 334.1의 4의 "나"에 규정하는 개장한 케이블을 제외한다)은 점검할 수 있도록 시설하여야 한다.
2. 제1의 배전반에 고압용 또는 특고압용의 기구 또는 전선을 시설하는 경우에는 취급자에게 위험이 미치지 아니하도록 방호장치를 시설하여야 하며, 조작 또는 보수·점검할 수 있는 점검통로를 확보하여야 한다.

351.8 상주 감시를 하지 아니하는 발전소의 시설

1. 발전소의 운전에 필요한 지식 및 기능을 가진 자(이하 "기술원"이라 한다)가 그 발전소에서 상주 감시를 하지 아니하는 발전소는 다음의 어느 하나에 의하여 시설하여야 한다.

가. 원동기 및 발전기 또는 연료전지에 자동부하조정장치 또는 부하제한장치를 시설하는 수력발전소, 풍력발전소, 내연력발전소, 연료전지발전소(출력 500 kW 미만으로서 연료개질계통설비의 압력이 100 kPa 미만의 인산형의 것에 한한다. 이하 같다) 및 태양전지발전소로서 전기공급에 지장을 주지 아니하고 또한 기술원이 그 발전소를 수시 순회하는 경우

나. 수력발전소, 풍력발전소, 내연력발전소, 연료전지발전소 및 태양전지발전소로서 그 발전소를 원격감시 제어하는 제어소(이하 "발전제어소"라 한다)에 기술원이 상주하여 감시하는 경우

2. 제1에서 규정하는 발전소는 비상용 예비 전원을 얻을 목적으로 시설하는 것 이외에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 다음과 같은 경우에는 발전기를 전로에서 자동적으로 차단하고 또한 수차 또는 풍차를 자동적으로 정지하는 장치 또는 내연기관에 연료 유입을 자동적으로 차단하는 장치를 시설할 것. 다만, (1), (2) 또는 (3)의 경우 수차의 무구속회전이 정

지될 때까지의 사이에 회전부가 구조상 안전하고 또 이 사이에 하류에 방류로 인한 인체에 위해를 미치지 않으며 또한 물건에 손상을 줄 위험이 없을 경우에는 (1), (2) 또는 (3)의 경우에, 발전기를 자동적으로 무부하 또는 무여자(無勵磁)로 하는 장치를 시설하는 경우에는 (4)의 경우에, 수차의 스러스트 베어링이 구조상 과열의 우려가 없는 경우에는 (4)의 경우의 수차를 자동적으로 정지시키는 장치의 시설을 하지 아니하여도 된다.

(1) 원동기 제어용의 압유장치의 유압, 압축 공기장치의 공기압 또는 전동 제어장치의 전원 전압이 현저히 저하한 경우

(2) 원동기의 회전속도가 현저히 상승한 경우

(3) 발전기에 과전류가 생긴 경우

(4) 정격 출력이 500 kW 이상의 원동기(풍차를 시가지 그 밖에 인가가 밀집된 지역에 시설하는 경우에는 100 kW 이상) 또는 그 발전기의 베어링의 온도가 현저히 상승한 경우

(5) 용량이 2,000 kVA 이상의 발전기의 내부에 고장이 생긴 경우

(6) 내연기관의 냉각수 온도가 현저히 상승한 경우 또는 냉각수의 공급이 정지된 경우

(7) 내연기관의 윤활유 압력이 현저히 저하한 경우

(8) 내연력 발전소의 제어회로 전압이 현저히 저하한 경우

(9) 시가지 그 밖에 인가 밀집지역에 시설하는 것으로서 정격 출력이 10 kW 이상의 풍차의 중요한 베어링 또는 그 부근의 축에서 회전중에 발생하는 진동의 진폭이 현저히 증대된 경우

나. 다음의 경우에 연료전지를 자동적으로 전로로부터 차단하여 연료전지, 연료 개질계통 설비 및 연료기화기에의 연료의 공급을 자동적으로 차단하고 또한 연료전지 및 연료 개질계통 설비의 내부의 연료가스를 자동적으로 배제하는 장치를 시설할 것.

(1) 발전소의 운전 제어장치에 이상이 생긴 경우

(2) 발전소의 제어용 압유장치의 유압, 압축 공기 장치의 공기압 또는 전동식 제어장치의 전원전압이 현저히 저하한 경우

(3) 설비 내의 연료가스를 배제하기 위한 불활성 가스 등의 공급 압력이 현저히 저하한 경우

다. 다음의 경우에 1의 “나” 의 발전소에서는 발전 제어소에 경보하는 장치를 시설할 것. 다만, (3) 또는 (4)의 경우에 수력발전소 또는 풍력발전소의 발전기 및 변압기를 전로에서 자동적으로 차단하고 또한 수차 또는 풍차를 자동적으로 정지하는 장치를 시설하는 경우에는 발전 제어소에 경보하는 장치의 시설을 하지 아니하여도 된다.

(1) 원동기가 자동정지한 경우
(2) 운전조작에 필요한 차단기가 자동적으로 차단된 경우(차단기가 자동적으로 재연결된 경우를 제외한다)
(3) 수력발전소 또는 풍력발전소의 제어회로 전압이 현저히 저하한 경우
(4) 특고압용의 타냉식 변압기(他冷式變壓器)의 온도가 현저히 상승한 경우 또는 냉각장치가 고장인 경우
(5) 발전소 안에 화재가 발생한 경우
(6) 내연기관의 연료유면이 이상 저하된 경우
(7) 가스절연기기(압력의 저하에 따라 절연파괴 등이 생길 우려가 없는 것을 제외한다)의 절연가스의 압력이 현저히 저하한 경우

라. 제1의 "나" 의 발전소에 대하여는 발전 제어소에 다음의 장치를 시설할 것. 다만, (4)의 차단기 중 자동재연결 장치를 갖춘 고압 또는 25 kV 이하인 특고압의 배전선로용의 것은 이를 조작하는 장치의 시설을 하지 아니하여도 된다.
(1) 원동기 및 발전기, 연료전지의 부하를 조정하는 장치
(2) 운전 및 정지를 조작하는 장치 및 감시하는 장치
(3) 운전 조작에 상시 필요한 차단기를 조작하는 장치 및 개폐상태를 감시하는 장치
(4) 고압 또는 특고압의 배전선로용 차단기를 조작하는 장치 및 개폐를 감시하는 장치

351.9 상주 감시를 하지 아니하는 변전소의 시설

1. 변전소(이에 준하는 곳으로서 50 kV를 초과하는 특고압의 전기를 변성하기 위한 것을 포함한다. 이하 같다)의 운전에 필요한 지식 및 기능을 가진 자(이하 "기술원" 이라고 한다)가 그 변전소에 상주하여 감시를 하지 아니하는 변전소는 다음에 따라 시설하는 경우에 한한다.

가. 사용전압이 170 kV 이하의 변압기를 시설하는 변전소로서 기술원이 수시로 순회하거나 그 변전소를 원격감시 제어하는 제어소(이하에서 "변전제어소" 라 한다)에서 상시 감시하는 경우

나. 사용전압이 170 kV를 초과하는 변압기를 시설하는 변전소로서 변전제어소에서 상시 감시하는 경우

2. 제1의 "가" 에 규정하는 변전소는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 다음의 경우에는 변전제어소 또는 기술원이 상주하는 장소에 경보장치를 시설할 것.
(1) 운전조작에 필요한 차단기가 자동적으로 차단한 경우(차단기가 재연결한 경우를 제외한다)
(2) 주요 변압기의 전원측 전로가 무전압으로 된 경우
(3) 제어 회로의 전압이 현저히 저하한 경우

(4) 옥내 및 옥외변전소에 화재가 발생한 경우
(5) 출력 3,000 kVA를 초과하는 특고압용변압기는 그 온도가 현저히 상승한 경우
(6) 특고압용 타냉식변압기는 그 냉각장치가 고장난 경우
(7) 무효 전력 보상 장치는 내부에 고장이 생긴 경우
(8) 수소냉각식무효 전력 보상 장치는 그 무효 전력 보상 장치 안의 수소의 순도가 90% 이하로 저하한 경우, 수소의 압력이 현저히 변동한 경우 또는 수소의 온도가 현저히 상승한 경우
(9) 가스절연기기(압력의 저하에 의하여 절연파괴 등이 생길 우려가 없는 경우를 제외한다)의 절연가스의 압력이 현저히 저하한 경우

나. 수소냉각식 무효 전력 보상 장치를 시설하는 변전소는 그 무효 전력 보상 장치 안의 수소의 순도가 85% 이하로 저하한 경우에 그 무효 전력 보상 장치를 전로로부터 자동적으로 차단하는 장치를 시설할 것.

다. 전기철도용 변전소는 주요 변성기기에 고장이 생긴 경우 또는 전원측 전로의 전압이 현저히 저하한 경우에 그 변성기기를 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치를 할 것. 다만, 경미한 고장이 생긴 경우에 기술원주재소에 경보하는 장치를 하는 때에는 그 고장이 생긴 경우에 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치의 시설을 하지 아니하여도 된다.

3. 제1의 “나” 에 규정하는 변전소는 제2의 규정에 준하는 외에 2 이상의 신호전송경로[적어도 1경로가 무선, 전력선(특고압 전선에 의하는 것에 한한다) 통신용 케이블 또는 광섬유 케이블인 것에 한한다]에 의하여 원격감시제어 하도록 시설하여야 한다.

351.10 수소냉각식 발전기 등의 시설

수소냉각식의 발전기 · 무효 전력 보상 장치 또는 이에 부속하는 수소 냉각 장치는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

가. 발전기 또는 무효 전력 보상 장치는 기밀구조(氣密構造)의 것이고 또한 수소가 대기압에서 폭발하는 경우에 생기는 압력에 견디는 강도를 가지는 것일 것.

나. 발전기축의 밀봉부에는 질소 가스를 봉입할 수 있는 장치 또는 발전기 축의 밀봉부로부터 누설된 수소 가스를 안전하게 외부에 방출할 수 있는 장치를 시설할 것.

다. 발전기 내부 또는 무효 전력 보상 장치 내부의 수소의 순도가 85 % 이하로 저하한 경우에 이를 경보하는 장치를 시설할 것.

라. 발전기 내부 또는 무효 전력 보상 장치 내부의 수소의 압력을 계측하는 장치 및 그 압력이 현저히 변동한 경우에 이를 경보하는 장치를 시설할 것.

마. 발전기 내부 또는 무효 전력 보상 장치 내부의 수소의 온도를 계측하는 장치를 시설할 것.

바. 발전기 내부 또는 무효 전력 보상 장치 내부로 수소를 안전하게 도입할 수 있는

장치 및 발전기 내부 또는 무효 전력 보상 장치 내부의 수소를 안전하게 외부로 방출할 수 있는 장치를 시설할 것.

사. 수소를 통하는 관은 동관 또는 이음매 없는 강판이어야 하며 또한 수소가 대기압에서 폭발하는 경우에 생기는 압력에 견디는 강도의 것일 것.

아. 수소를 통하는 관 · 밸브 등은 수소가 새지 아니하는 구조로 되어 있을 것.

자. 발전기 또는 무효 전력 보상 장치에 붙인 유리제의 점검 창 등은 쉽게 파손되지 아니하는 구조로 되어 있을 것.

(360 전력보안통신설비)

361 전력보안통신설비 일반사항

361.1 목적

360은 「전기사업법」, 「지능형전력망의 구축 및 이용촉진에 관한 법률」에 따른 보안통신선로와 통신설비의 시설 및 운영에 필요한 기술적 사항을 규정하는 것을 목적으로 한다.

361.2 적용범위

이 규정은 전기사업자가 전기를 공급하는 구간인 송전선로, 배전선로 등에서 유선 및 무선통신방식을 이용하여 통신할 수 있는 선로 및 전기설비의 설계, 시공, 감리 및 유지관리 등에 적용한다.

362 전력보안통신설비의 시설

362.1 전력보안통신설비의 시설 요구사항

1. 전력보안통신설비의 시설 장소는 다음에 따른다.
   가. 송전선로
      (1) 66 kV, 154 kV, 345 kV, 765 kV계통 송전선로 구간(가공, 지중, 해저) 및 전선로에서 안전상 특히 필요한 장소
      (2) 고압 및 특고압 지중전선로가 시설되어 있는 전력구내에서 안전상 특히 필요한 장소
      (3) 직류 계통 송전선로 구간 및 안전상 특히 필요한 장소
      (4) 송변전자동화 등 지능형전력망 구현을 위해 필요한 구간
   나. 배전선로
      (1) 22.9 kV계통 배전선로 구간(가공, 지중, 해저)
      (2) 22.9 kV계통에 연결되는 분산전원형 발전소
      (3) 폐회로 배전 등 신 배전방식 도입 개소
      (4) 배전자동화, 원격검침, 부하감시 등 지능형전력망 구현을 위해 필요한 구간
   다. 발전소, 변전소 및 변환소
      (1) 원격감시제어가 되지 아니하는 발전소·원격 감시제어가 되지 아니하는 변전소(이에 준하는 곳으로서 특고압의 전기를 변성하기 위한 곳을 포함한다)·개폐소, 전선로 및 이를 운용하는 급전소 및 급전분소 간
      (2) 2개 이상의 급전소(분소) 상호 간과 이들을 통합 운용하는 급전소(분소) 간

(3) 수력설비 중 필요한 곳, 수력설비의 안전상 필요한 양수소(量水所) 및 강수량 관측소와 수력발전소 간

(4) 동일 수계에 속하고 안전상 긴급 연락의 필요가 있는 수력발전소 상호 간

(5) 동일 전력계통에 속하고 또한 안전상 긴급연락의 필요가 있는 발전소 · 변전소(이에 준하는 곳으로서 특고압의 전기를 변성하기 위한 곳을 포함한다) 및 개폐소 상호 간

(6) 발전소 · 변전소 및 개폐소와 기술원 주재소 간. 다만, 다음 어느 항목에 적합하고 또한 휴대용이거나 이동형 전력보안통신설비에 의하여 연락이 확보된 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 발전소로서 전기의 공급에 지장을 미치지 않는 곳

(나) 상주감시를 하지 않는 변전소(사용전압이 35 kV 이하의 것에 한한다)로서 그 변전소에 접속되는 전선로가 동일 기술원 주재소에 의하여 운용되는 곳

(7) 발전소 · 변전소(이에 준하는 곳으로서 특고압의 전기를 변성하기 위한 곳을 포함한다.) · 개폐소 · 급전소 및 기술원 주재소와 전기설비의 안전상 긴급 연락의 필요가 있는 기상대 · 측후소 · 소방서 및 방사선 감시계측 시설물 등의 사이

라. 배전자동화 주장치가 시설되어 있는 배전센터, 전력수급조절을 총괄하는 중앙급전사령실

마. 전력보안통신 데이터를 중계하거나, 교환장치가 설치된 정보통신실

2. 전력보안통신설비는 정전 시에도 그 기능을 잃지 않도록 비상용 예비전원을 구비하여야 한다.

3. 전력보안통신선 시설기준은 다음에 따른다.

가. 통신선의 종류는 광섬유케이블, 동축케이블 및 차폐용 실드케이블(STP) 또는 이와 동등 이상이어야 한다.

나. 통신선은 다음과 같이 시공한다.

(1) 중량물의 압력 또는 심한 기계적 충격을 받을 우려가 있는 장소에 시설하는 전력 보안 통신선(이하 이 규정(3. 고압・특고압전기설비)에서 “통신선” 이라고 한다)에는 방호 장치를 하거나 이들에 견디는 보호 피복을 한 것을 사용하여야 한다.

(2) 전력보안 가공통신선(이하 이 규정(3. 고압・특고압전기설비)에서 “가공통신선”이라 한다)은 다음에 따라 시설하여야 한다. 다만, 가공지선 또는 중성선을 이용하여 광섬유 케이블을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 가공통신선은 반드시 조가선에 시설할 것. 다만, 통신선 자체가 지지 기능을 가진 경우는 조가선을 생략할 수 있다.

(나) 조가선의 시설기준은 362.3에 따를 것. 다만, 조가선의 안전율은 332.4에 준하여 시설할 것. 이 경우 조가선의 중량 및 조가선에 대한 수평풍압에는 각

각 통신선의 중량을 가산한 것으로 한다.

(3) 가공 전선로의 지지물에 시설하는 가공 통신선에 직접 접속하는 통신선(옥내에 시설하는 것을 제외한다)은 절연전선, 일반통신용 케이블 이외의 케이블 또는 광섬유 케이블이어야 한다.

(4) 전력구에 시설하는 경우는 통신선에 다음의 어느 하나에 해당하는 난연 조치를 하여야 한다.

(가) 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 피복을 가지는 통신선을 사용하여야 한다.

(나) 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 연소방지 테이프, 연소방지 시트, 연소방지 도료 그 외에 이들과 비슷한 것으로 통신선을 피복하여야 한다.

(다) 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 관 또는 트로프에 통신선을 수용하여 설치하여야 한다.

(5) (4)의 「불연성」 또는 「자기소화성이 있는 난연성」이란 334.1.6에서 정한 바에 의한다.

(6) 통신선은 강전류전선 또는 간판 등 다른 인공구조물과의 간격은 362.2와 362.12에 따라 시설하여야 한다. 다만, 통신선의 간격이 부족할 경우에는 절연방호구(보호구)를 시설하거나 경완철 등을 이용하여 편출 시공할 수 있다.

(7) 광섬유복합가공지선의 처짐정도는 다음 식에 따른다.

$$D=\left(\frac{WS^2}{8T}+\frac{W^3S^4}{384T^3}\right)\times 0.8$$

여기서,

T: 전선의 수평장력(kgf)

W: 전선의 단위길이당 중량(kg/m)

S: 지지물간 거리(m)

D: 전선의 처짐정도(m)

362.2 전력보안통신선의 시설 높이와 간격

1. 전력 보안 가공통신선(이하 “가공통신선”이라 한다)의 높이는 제2에서 규정하는 경우 이외에는 다음을 따른다.

가. 도로(차도와 인도의 구별이 있는 도로는 차도) 위에 시설하는 경우에는 지표상 5 m 이상. 다만, 교통에 지장을 줄 우려가 없는 경우에는 지표상 4.5 m 까지로 감할 수 있다.

나. 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5 m 이상

다. 횡단보도교 위에 시설하는 경우에는 그 노면상 3 m 이상

라. “가” 부터 “다” 까지 이외의 경우에는 지표상 3.5 m 이상

2. 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공 통신선의 높이는 다음에 따라야 한다.

가. 도로를 횡단하는 경우에는 지표상 6 m 이상 다만, 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선을 시설하는 경우에 교통에 지장을 줄 우려가 없을 때에는 지표상 5 m까지로 감할 수 있다.

나. 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5 m 이상

다. 횡단보도교의 위에 시설하는 경우에는 그 노면상 5 m 이상 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 저압 또는 고압의 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선을 노면상 3.5 m (통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것인 경우에는 3 m) 이상으로 하는 경우

(2) 특고압 전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선으로서 광섬유 케이블을 사용하는 것을 그 노면상 4 m 이상으로 하는 경우

라. “가” 부터 “다” 까지 이외의 경우에는 지표상 5 m 이상. 다만, 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선이 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 횡단보도교의 하부 기타 이와 유사한 곳(차도를 제외한다)에 시설하는 경우에 통신선에 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것을 사용하고 또한 지표상 4 m 이상으로 할 때

(2) 도로 이외의 곳에 시설하는 경우에 지표상 4 m (통신선이 광섬유 케이블인 경우에는 3.5 m)이상으로 할 때나 광섬유 케이블인 경우에는 3.5 m 이상으로 할 때

3. 가공통신선을 수면상에 시설하는 경우에는 그 수면상의 높이를 선박의 항해 등에 지장을 줄 우려가 없도록 유지하여야 한다.

4. 가공전선과 첨가 통신선과의 간격

가. 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선은 다음에 따른다.

(1) 통신선은 가공전선의 아래에 시설할 것. 다만, 가공전선에 케이블을 사용하는 경우 또는 광섬유 케이블이 내장된 가공지선을 사용하는 경우 또는 수직 배선으로 가공전선과 접촉할 우려가 없도록 지지물 또는 완금류에 견고하게 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 통신선과 저압 가공전선 또는 333.32의 1 및 4에 규정하는 특고압 가공전선로의 다중 접지를 한 중성선 사이의 간격은 0.6 m 이상일 것. 다만, 저압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우에 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것인 경우에는 0.3 m (저압 가공전선이 인입선이고 또한 통신선이

첨가 통신용 제2종 케이블 또는 광섬유 케이블일 경우에는 0.15 m) 이상으로 할 수 있다.

(3) 통신선과 고압 가공전선 사이의 간격은 0.6 m 이상일 것. 다만, 고압 가공 전선이 케이블인 경우에 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것인 경우에는 0.3 m 이상으로 할 수 있다.

(4) 통신선은 고압 가공전선로 또는 333.32의 1 및 4에 규정하는 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 기계기구에 부속되는 전선과 접촉할 우려가 없도록 지지물 또는 완금류에 견고하게 시설하여야 한다.

(5) 통신선과 특고압 가공전선(333.32의 1 및 4에 규정하는 특고압 가공전선로의 다중 접지를 한 중성선은 제외한다) 사이의 간격은 1.2 m (333.32의 1 및 4에 규정하는 특고압 가공전선은 0.75 m) 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블인 경우에 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것인 경우에는 0.3 m 이상으로 할 수 있다.

나. 332.21의 "바"의 규정은 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선의 수직배선에 준용한다.

5. 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선이 도로·횡단보도교·철도의 레일·삭도·가공전선·다른 가공약전류 전선 등 또는 교류 전차선 등과 교차하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 통신선이 도로 · 횡단보도교 · 철도의 레일 또는 삭도와 교차하는 경우에는 통신선은 연선의 경우 단면적 16 ㎟(단선의 경우 지름 4 ㎜)의 절연전선과 동등 이상의 절연 효력이 있는 것, 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 연선의 경우 단면적 25 ㎟(단선의 경우 지름 5 ㎜)의 경동선일 것.

나. 통신선과 삭도 또는 다른 가공약전류 전선 등 사이의 간격은 0.8 m(통신선이 케이블 또는 광섬유 케이블일 때는 0.4 m) 이상으로 할 것.

다. 통신선이 저압 가공전선 또는 다른 가공약전류 전선 등과 교차하는 경우에는 그 위에 시설하고 또한 통신선은 "가"에 규정하는 것을 사용할 것. 다만, 저압 가공전선 또는 다른 가공약전류 전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연 효력이 있는 것, 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 연선의 경우 단면적 25 ㎟(단선의 경우 지름 5 ㎜)의 경동선인 경우에는 통신선을 그 아래에 시설할 수 있다.

라. 통신선(가공지선을 이용하여 시설하는 광섬유 케이블을 제외하고, 그 통신선을 금속선으로 된 연선으로 조가하는 조가용 선을 포함한다. 이하 같다)이 다른 특고압 가공전선과 교차하는 경우에는 그 아래에 시설하고 또한 통신선과 그 특고압 가공전선 사이에 다른 금속선이 개재하지 아니하는 경우에는 통신선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)은 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 연선의 경우 단면적 25 ㎟(단선의 경우 지름 5 ㎜)의 경동선일 것. 다만, 특고압 가공전선과 통

신선 사이의 수직거리가 6 m 이상인 경우에는 그러하지 아니하다.

마. 통신선이 교류 전차선 등과 교차하는 경우에는 고압가공전선의 규정에 준하여 시설할 것.

6. 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선에 직접 접속하는 통신선이 건조물・도로・횡단보도교・철도의 레일・삭도・저압이나 고압의 전차선・다른 가공약전류선・교류 전차선 등 또는 저압가공전선과 접근하는 경우에는 332.11・332.12의 1, 3 및 4・332.13의 1 및 3・332.15의 1 및 3과 332.16의 1부터 3까지의 고압 가공전선로의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 "케이블"이라고 한 것은 "케이블 또는 광섬유 케이블"로 본다.

362.3 조가선 시설기준

1. 조가선 시설기준은 다음에 따른다.

가. 조가선은 단면적 38 ㎟ 이상의 아연도강연선을 사용할 것.

나. 조가선의 시설높이, 시설방향 및 시설기준

(1) 조가선의 시설 높이는 362.2에 따른다.

(2) 조가선 시설방향은 다음과 같다.

(가) 특고압주: 특고압 중성도체와 같은 방향

(나) 저압주: 저압선과 같은 방향

(3) 조가선은 다음과 같이 시설한다.

(가) 조가선은 설비 안전을 위하여 전주와 전주 사이에서 접속하지 말 것.

(나) 조가선은 부식되지 않는 별도의 금속 부속품을 사용하고 조가선 끝부분은 날카롭지 않게 할 것.

(다) 끝부분의 배전주와 끝부분에서 첫 번째 지지물 전에 있는 배전주에 시설하는 조가선은 장력에 견디는 형태로 시설할 것.

(라) 조가선은 2조까지만 시설할 것.

(마) 과도한 장력에 의한 전주손상을 방지하기 위하여 전주 간 거리 50 m 기준 0.4 m 정도의 처짐정도를 반드시 유지하고, 지표상 시설 높이 기준을 준수하여 시공할 것.

(바) +자형 공중교차는 불가피한 경우에 한하여 제한적으로 시공 할 수 있다. 다만, T자형 공중 교차시공은 할 수 없다.

다. 조가선 간의 간격은 조가선 2개가 시설될 경우에 간격은 0.3 m 를 유지하여야 한다.

라. 조가선은 다음에 따라 접지할 것.

(1) 조가선은 매 500 m 마다 또는 증폭기, 옥외형 광송수신기 및 전력공급기 등이 시설된 위치에서 연선의 경우 단면적 16 ㎟(단선의 경우 지름 4 ㎜) 이상의 연

동선(KS C 3101)과 접지선 서비스 접속기 등을 이용하여 접지할 것

(2) 접지는 전력용 접지와 별도의 독립접지 시공을 원칙으로 할 것

(3) 접지선 몰딩은 육안식별이 가능하도록 몰딩표면에 쉽게 지워지지 않는 방법으로 “통신용 접지선”임을 표시하고, 전력선용 접지선 몰드와는 반대 방향으로 전주의 외관을 따라 수직방향으로 미려하게 시설하며 2 m 간격으로 밴딩 처리할 것

(4) 접지극은 지표면에서 0.75 m 이상의 깊이에 타 접지극과 1 m 이상 이격하여 시설하여야 하며, 접지극 시설, 접지저항값 유지 등 조가선 및 공가설비의 접지에 관한 사항은 140에 따를 것

362.4 전력유도의 방지

전력보안통신설비는 가공전선로로부터의 정전유도작용 또는 전자유도작용에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 없도록 시설하여야 한다. 다음의 제한값을 초과하거나 초과할 우려가 있는 경우에는 이에 대한 방지조치를 하여야 한다.

가. 이상시 유도위험전압: 650 V. (다만, 고장 시 전류제거시간이 0.1초 이상인 경우에는 430 V로 한다)

나. 상시 유도위험종전압: 60 V

다. 기기 오동작 유도종전압: 15 V

라. 잡음전압: 0.5 mV

362.5 특고압 가공전선로 전선 첨가 설치 통신선의 시가지 인입 제한

1. 특고압 가공전선로의 지지물에 전선을 첨가 설치하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선은 시가지에 시설하는 통신선(특고압 가공전선로의 지지물에 전선을 첨가 설치하는 통신선은 제외한다. 이하 “시가지의 통신선”이라 한다)에 접속하여서는 아니 된다. 다만, 다음에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

   가. 특고압 가공전선로의 지지물에 전선을 첨가 설치하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선과 시가지의 통신선과의 접속점에 제3의 “다”에서 정하는 표준에 적합한 특고압용 제1종 보안장치, 특고압용 제2종 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설하고 또한 그 중계선륜 또는 배류 중계선륜의 2차측에 시가지의 통신선을 접속하는 경우

   나. 시가지의 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있는 것.

2. 시가지에 시설하는 통신선은 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연성능이 있고 인장강도 5.26 kN 이상의 것. 또는 연선의 경우 단면적 16 ㎟(단선의 경우 지름 4 ㎜) 이상의 절연전선 또는 광섬유 케이블인 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 보안장치의 표준은 다음과 같다.

가. “나” 부터 “라” 까지에 열거하는 통신선 이외의 통신선인 경우에는 다음의 급전전용통신선용 보안장치일 것.

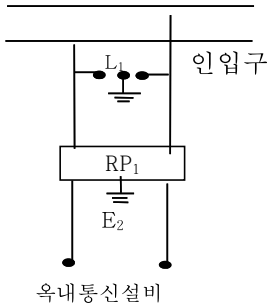


그림 362.5-1 급전전용통신선용 보안장치

RP1: 교류 300 V 이하에서 동작하고, 최소 감도 전류가 3 A 이하로서 최소 감도 전류 때의 따라 움직임 시간이 1사이클 이하이고 또한 전류 용량이 50 A, 20 초 이상인 자동복구성이 있는 릴레이 보안기

L1: 교류 1 kV 이하에서 동작하는 피뢰기

E1 및 E2: 접지

나. 저압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이것에 직접 접속하는 통신선인 경우에는 다음의 저압용 보안장치일 것.

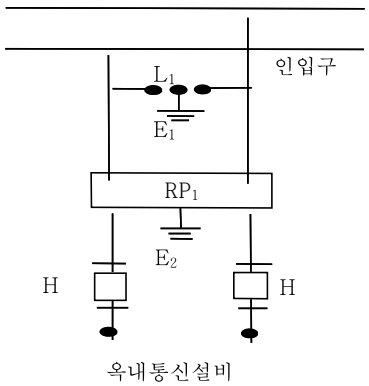


그림 362.5-2 저압용 보안장치

H: 250 mA 이하에서 동작하는 열 코일

RP_1, L_1, E_1 및 E_2: 각각 “가” 에서 정하는 바에 따른다.

다. 고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이것에 직접 접속하는 통신선의 경우에는 다음의 보안장치일 것.

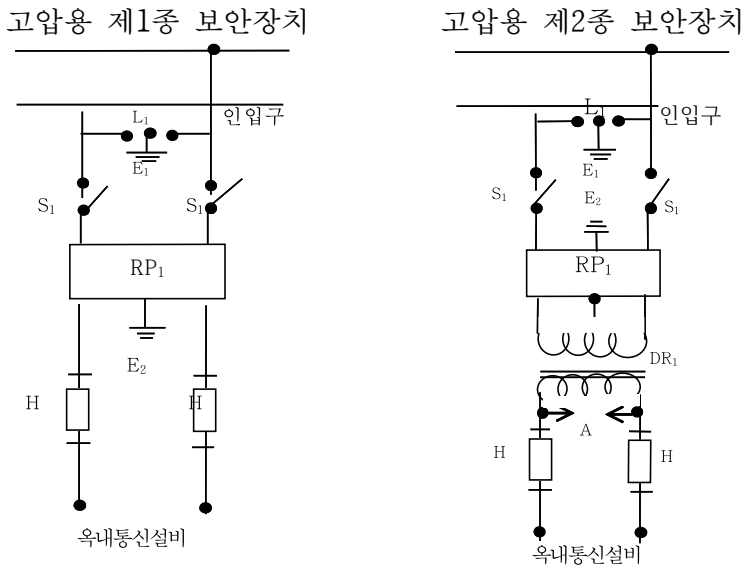


그림 362.5-3 고압용 제1종 및 제2종 보안장치

S_1: 인입용 개폐기

A: 교류 300 V 이하에서 동작하는 방전갭

DR_1: 고압용 배류 중계 코일(선로측 코일과 옥내측 코일사이 및 선로측 코일과 대지사이의 절연내력은 교류 3 kV의 시험전압으로 시험하였을 때 연속하여 1분간 이에 견디는 것일 것.)

RP_1, L_1, E_1, E_2 및 H: 각각 "가" 및 "나"에서 정하는 바에 따른다. 이 경우에 고압용 제2종 보안장치에 RP1이 최소 감도전류 0.5 A 이하인 것일 때는 H를 생략할 수 있다.

S_1: L_1보다 인입구 측에 시설할 수가 있다.

라. 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이것에 직접 접속하는 통신선인 경우에는 다음의 보안장치일 것.

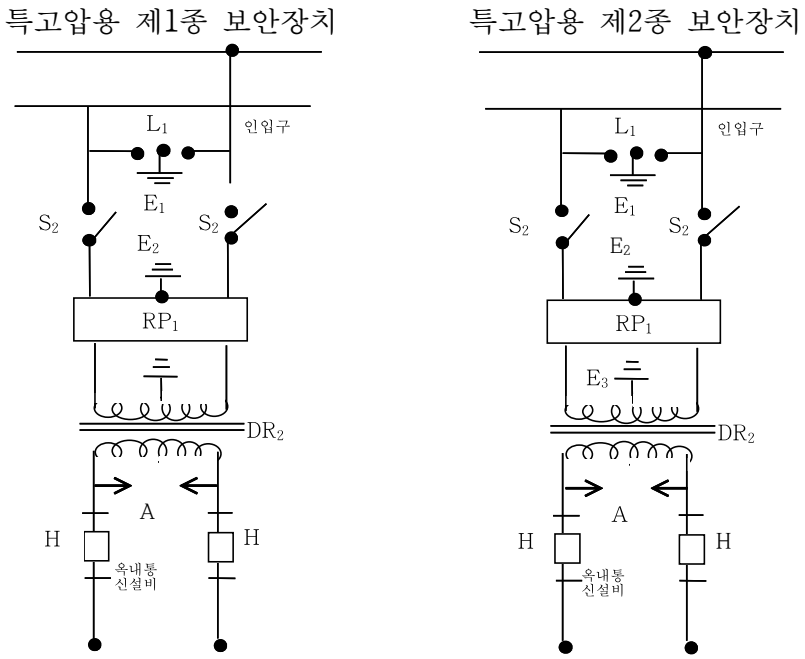


그림 362.5-4 특고압용 제1종 및 제2종 보안장치

S_2: 인입용 고압개폐기

DR_2: 특고압용 배류 중계 코일(선로측 코일과 옥내측 코일 사이 및 선로측 코일과 대지사이의 절연내력은 교류 6 kV의 시험전압으로 시험하였을 때 연속하여 1분간 이에 견디는 것일 것.)

E_3: 접지

RP_1, L_1, E_1, E_2, H, 및 A: 각각 "가", "나" 및 "다"에 정하는 바에 따른다.

362.6 25 kV 이하인 특고압 가공전선로 첨가 통신선의 시설에 관한 특례

333.32의 1 및 4에 규정하는 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선을 다음에 따라 시설하는 경우에는 362.2의 4의 "가" (5) · 362.2의 2의 "가" 본문, "다" 본문 및 "라" 본문 · 362.2의 5 · 362.5 및 362.7의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 통신선은 광섬유 케이블일 것. 다만, 통신선은 광섬유 케이블 이외의 경우에 이를 362.5의 3에서 정하는 표준에 적합한 특고압용 제2종 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설할 때에는 그러하지 아니하다.
2. 통신선은 362.2의 4의 "다", 362.2의 2의 "가" 단서, "다" (1) 및 "라" 단서의 규정에 준하여 시설할 것

362.7 특고압 가공전선로 전선 첨가 설치 통신선에 직접 접속하는 옥내 통신선의 시설

특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선(광섬유 케이블을 제외한다) 또는 이에 직접 접속하는 통신선 중 옥내에 시설하는 부분은 232.2, 232.11, 232.12, 232.13, 232.24, 232.31, 232.41, 232.51, 232.56, 232.61, 242.2부터 242.5까지의 400 V 초과의 저압옥내 배선시설에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 시설한 곳에서 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다. 옥내에 시설하는 통신선(광섬유 케이블을 포함한다)에는 식별인식표를 부착하여 오인으로 절단 또는 충격을 받지 않도록 하여야 한다.

362.8 통신기기류 시설

1. 배전주에 시설되는 광전송장치, 동축장치(수동소자 포함) 등의 기기는 전주로부터 0.5 m 이상(1.5 m 이내) 이격하여 승주작업에 장애가 되지 않도록 조가선에 견고하게 고정하여야 한다.
2. 조가선에 시설되는 모든 기기는 케이블의 추가시설, 철거 및 이설 등에 장애가 되지 않도록 금속 부속품을 사용하여 견고하게 시설하여야 한다.
3. 전주 1본에 시설할 수 있는 기기 수량은 조가선 1조당 좌우 각각 1대(수동소자 제외)를 한도로 하되 불가피한 경우는 예외로 시설할 수 있다.
4. 전주에 시설하는 집중장치(DCU) 및 전력량계에 시설하는 모뎀이 전력선통신(PLC) 방식을 사용할 경우 ISO/IEC 12139-1을 사용한 방식이어야 한다.

362.9 전원공급기의 시설

1. 전원공급기는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 지상에서 4 m 이상 유지할 것.
   나. 누전차단기를 내장할 것.
   다. 시설방향은 인도측으로 시설하며 외함은 접지를 시행할 것.
2. 기기주, 변압기 전주 및 분기주 등 설비 복잡개소에는 전원공급기를 시설할 수 없다. 다만, 현장 여건상 부득이한 경우에는 예외적으로 전원공급기를 시설할 수 있다.
3. 전원공급기 시설시 통신사업자는 기기 전면에 명판을 부착하여야 한다.

362.10 전력보안통신설비의 보안장치

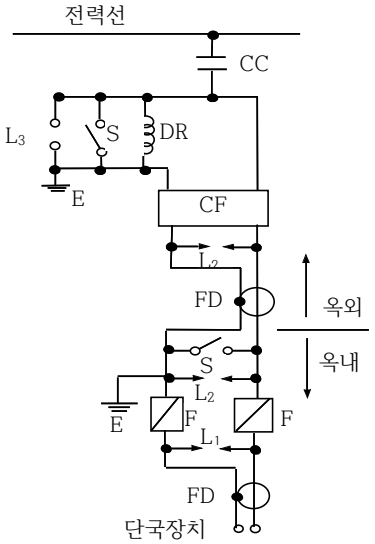
1. 통신선(광섬유 케이블을 제외한다)에 직접 접속하는 옥내통신 설비를 시설하는 곳에는 통신선의 구별에 따라 362.5의 3에서 정하는 표준에 적합한 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설하여야 한다. 다만, 통신선이 통신용 케이블인 경우에 뇌(雷) 또는 전선과의 혼촉에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 없도록 시설하는 경

우에는 그러하지 아니하다.

2. 특고압 가공전선로(333.32의 1 및 4에 규정하는 것을 제외한다)의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선에 접속하는 휴대전화기를 접속하는 곳 및 옥외전화기를 시설하는 곳에는 362.5의 3에서 정하는 표준에 적합한 특고압용 제1종 보안장치, 특고압용 제2종 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설하여야 한다.

362.11 전력선 반송 통신용 결합장치의 보안장치

전력선 반송통신용 결합 커패시터(고장위치 표시장치 또는 기타 이와 유사한 보호장치에 병용하는 것을 제외한다)에 접속하는 회로에는 그림 362.10-1의 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설하여야 한다.



FD: 동축케이블
F: 정격전류 10 A 이하의 포장 퓨즈
DR: 전류 용량 2 A 이상의 배류 선륜
L_1: 교류 300 V 이하에서 동작하는 피뢰기
L_2: 동작 전압이 교류 1.3 kV를 초과하고 1.6 kV 이하로 조정된 방전갭
L_3: 동작 전압이 교류 2 kV를 초과하고 3 kV 이하로 조정된 구상 방전갭
S: 접지용 개폐기
CF: 결합 필타
CC: 결합 커패시터(결합 안테나를 포함한다.)
E: 접지

그림 362.10-1 전력선 반송 통신용 결합장치의 보안장치

362.12 가공통신 인입선 시설

1. 가공통신선(제2에 규정하는 것을 제외한다)의 지지물에서의 지지점 및 분기점 이외의 가공통신 인입선 부분의 높이는 교통에 지장을 줄 우려가 없을 때에 한하여 362.2의 1 및 2의 규정에 의하지 아니할 수 있다. 이 경우에 차량이 통행하는 노면상의 높이는 4.5 m 이상, 조영물의 붙임점에서의 지표상의 높이는 2.5 m 이상으로 하여야 한다.
2. 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공 통신선(362.6 에 규정하는 것을 제외한다)의 지지물에서의 지지점 및 분기점 이외의 가공 통신 인입선 부분의 높이 및 다른 가공약전류 전선 등 사이의 간격은 교통에 지장이 없고 또한 위험의 우려가 없을 때에 한하여 362.2의 2 및 5의 “나” 의 규정

에 의하지 아니할 수 있다. 이 경우에 노면상의 높이는 5 m 이상, 조영물의 붙임점에서의 지표상의 높이는 3.5 m 이상, 다른 가공약전류 전선 등 사이의 간격은 0.6m 이상으로 하여야 한다.

363 지중통신선로 설비

363.1 지중통신선로설비 시설

1. 통신선

지중 공가설비로 사용하는 광섬유 케이블 및 동축케이블은 지름 22 ㎜ 이하일 것

2. 통신선용 내관의 수량

가. 관로내의 통신케이블용 내관의 수량은 관로의 여유 공간 범위 내에서 시설할 것

나. 전력구의 행거에 시설하는 내관의 최대수량은 일단(一段)으로 시설 가능한 수량까지로 제한할 것

3. 전력구내 통신선의 시설

가. 전력구내에서 통신용 행거는 최상단에 시설할 것

나. 전력구의 통신선은 반드시 내관 속에 시설하고 그 내관을 행거 위에 시설할 것

다. 전력구에 시설하는 비난연재질인 통신선 및 내관은 362.1의 3의 “나” (4) 및 (5)에 따라 난연 조치할 것

라. 전력구에서는 통신선을 고정시키기 위해 매 행거마다 내관과 행거를 견고하게 고정할 것

마. 통신용으로 시설하는 행거의 표준은 그 전력구 전력용 행거의 표준을 초과하지 않을 것

바. 통신용 행거 끝에는 행거 안전캡(야광)을 씌울 것

사. 전력케이블이 시설된 행거에는 통신선을 시설하지 말 것

아. 전력구에 시설하는 통신용 관로구와 내관은 누수가 되지 않도록 철저히 방수처리할 것

4. 맨홀 또는 관로에서 통신선의 시설

가. 맨홀 내 통신선은 보호장치를 활용하여 맨홀 측벽으로 정리할 것

나. 맨홀 내에서는 통신선이 시설된 매 행거마다 통신케이블을 고정할 것

다. 맨홀 내에서는 통신선을 전력선위에 얹어 놓는 경우가 없도록 처리할 것

라. 배전케이블이 시설되어 있는 관로에 통신선을 시설하지 말 것

마. 맨홀 내 통신선을 시설하는 관로구와 내관은 누수가 되지 않도록 철저히 방수처리할 것

363.2 맨홀 및 전력구내 통신기기의 시설

1. 지중 전력설비 운영 및 유지보수, 화재 등
비상시를 대비하여 전력구내에는 유무선 비상 통신설비를 시설하여야 하며, 무선통신은 급전소, 변전소 등과 지령통신 및 그룹통신이 가능한 방식을 적용하여야 한다.
2. 통신기기 중 전원공급기는 맨홀, 전력구내에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 그 외의 기기는 다음의 기준에 의해 시설할 수 있다.
가. 맨홀과 전력구내 통신용기기는 전력케이블 유지보수에 지장이 없도록 최상단 행거의 위쪽벽면에 시설하여야 한다.
나. 통신용기기는 맨홀 상부 벽면 또는 전력구 최상부 벽면에 ㄱ자형 또는 T자형 고정 금속 부속품을 시설하고 이탈되지 않도록 견고하게 시설하여야 한다.
다. 통신용 기기에서 발생하는 열 등으로 전력케이블에 손상이 가지 않도록 하여야 한다.

364 무선용 안테나

364.1 무선용 안테나 등을 지지하는 철탑 등의 시설

전력보안통신설비인 무선통신용 안테나 또는 반사판 (이하 “무선용 안테나 등”이라 한다)을 지지하는 목주・철주・철근 콘크리트주 또는 철탑은 다음에 따라 시설하여야 한다. 다만, 무선용 안테나 등이 전선로의 주위상태를 감시할 목적으로 시설되는 것일 경우에는 그러하지 아니하다.
가. 목주는 331.7, 331.10 및 332.7의 1의 “나”의 규정에 준하여 시설하는 외에 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상이어야 한다.
나. 철주 · 철근 콘크리트주 또는 철탑의 기초 안전율은 1.5 이상이어야 한다.
다. 철주(강관주 제외)・철근콘크리트주 또는 철탑은 다음의 하중의 3분의 2배의 하중에 견디는 강도를 가져야 한다.
(1) 수직하중: 무선용 안테나 등 및 철주・철근콘크리트주 또는 철탑의 부재 등의 중량에 의한 하중
(2) 수평하중: “마”의 풍압하중
라. 강관주 또는 철근 콘크리트주는 다음의 하중에 견디는 강도를 가져야 한다.
(1) 수직하중: 무선용 안테나 등의 중량에 의한 하중
(2) 수평하중: “마”의 풍압하중
마. 목주・철주・철근 콘크리트주 또는 철탑의 강도 계산에 적용하는 풍압하중은 다음의 풍압을 기초로 하여 331.6의 2의 규정에 준하여 계산한다.
(1) 목주・철주・철근 콘크리트주 또는 철탑과 가섭선 · 애자장치 및 완금류는 331.6의 1의 “가”의 규정에 준하는 풍압의 2.25배의 풍압

(2) 파라보라 안테나 또는 반사판에 관하여는 그 수직 투영면적 1 ㎡ 당 파라보라 안테나는 4,511 Pa (레이도움이 붙은 것은 2,745 Pa), 반사판은 3,922 Pa의 풍압

364.2 무선용 안테나 등의 시설 제한

무선용 안테나 등은 전선로의 주위 상태를 감시하거나 배전자동화, 원격검침 등 지능형전력망을 목적으로 시설하는 것 이외에는 가공전선로의 지지물에 시설하여서는 아니 된다.

365 통신설비의 식별

365.1 통신설비의 식별표시

통신설비의 식별은 다음에 따라 표시하여야 한다.

가. 모든 통신기기에는 식별이 용이하도록 인식용 표찰을 부착하여야 한다.

나. 통신사업자의 설비표시명판은 플라스틱 및 금속판 등 견고하고 가벼운 재질로 하고 글씨는 각인하거나 지워지지 않도록 제작된 것을 사용하여야 한다.

다. 설비표시명판 시설기준

(1) 배전주에 시설하는 통신설비의 설비표시명판은 다음에 따른다.

(가) 직선주는 5개 전주 간격마다 시설할 것.

(나) 분기주 및 잡아당기는 용도의 전주는 매 전주에 시설할 것.

(2) 지중설비에 시설하는 통신설비의 설비표시명판은 다음에 따른다.

(가) 관로는 맨홀마다 시설할 것.

(나) 전력구내 행거는 50 m 간격으로 시설할 것.

4. 전기철도설비

(400 통칙)

401 전기철도의 일반사항

401.1 목적

이 규정(4. 전기철도설비)은 전기철도 차량운전에 필요한 직류 및 교류 전기철도 설비의 기술사항을 규정하는 것을 목적으로 한다.

401.2 적용범위

1. 이 규정(4. 전기철도설비)은 직류 및 교류 전기철도 설비의 설계, 시공, 감리, 운영, 유지보수, 안전관리에 대하여 적용하여야 한다.
2. 이 규정(4. 전기철도설비)은 다음의 기기 또는 설비에 대해서는 적용하지 아니한다.
   가. 철도신호 전기설비
   나. 철도통신 전기설비

402 전기철도의 용어 정의

이 규정(4. 전기철도설비)에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. 전기철도: 전기를 공급받아 열차를 운행하여 여객(승객)이나 화물을 운송하는 철도를 말한다.
2. 전기철도설비: 전기철도설비는 전철 변전설비, 급전설비, 부하설비(전기철도차량 설비 등)로 구성된다.
3. 전기철도차량 : 전기적 에너지를 기계적 에너지로 바꾸어 열차를 견인하는 차량으로 전기방식에 따라 직류, 교류, 직·교류 겸용, 성능에 따라 전동차, 전기기관차로 분류한다.
4. 궤도: 레일 · 침목 및 도상과 이들의 부속품으로 구성된 시설을 말한다.
5. 차량: 전동기가 있거나 또는 없는 모든 철도의 차량(객차, 화차 등)을 말한다.
6. 열차: 동력차에 객차, 화차 등을 연결하고 본선을 운전할 목적으로 조성된 차량을 말한다.
7. 레일: 철도에 있어서 차바퀴를 직접지지하고 안내해서 차량을 안전하게 주행시키는 설비를 말한다.
8. 전차선: 전기철도차량의 집전장치와 접촉하여 전력을 공급하기 위한 전선을 말한다.
9. 전차선로: 전기철도차량에 전력을 공급하기 위하여 선로를 따라 설치한 시설물로서 전차선, 급전선, 귀선과 그 지지물 및 설비를 총괄한 것을 말한다.
10. 급전방식: 변전소에서 전기철도차량에 전력을 공급하는 방식을 말하며, 급전방식에 따라 직류식, 교류식으로 분류한다.
11. 합성전차선: 전기철도차량에 전력을 공급하기위하여 설치하는 전차선, 조가선(강체

포함), 행어이어, 드로퍼 등으로 구성된 가공전선을 말한다.

12. 조가선: 전차선이 레일면상 일정한 높이를 유지하도록 행어이어, 드로퍼 등을 이용하여 전차선 상부에서 조가하여 주는 전선을 말한다.
13. 전선 설치방식: 전기철도차량에 전력을 공급하는 전차선의 전선 설치방식으로 가공방식, 강체방식, 제3레일방식 등이 있다.
14. 전차선 기울기: 이웃 연결하는 2개의 지지점의 레일면에서 측정한 전차선 높이의 차와 지지물 간 거리의 비율을 말한다.
15. 전차선 높이: 지지점에서 레일면과 전차선 간의 수직거리를 말한다.
16. 전차선 편위: 팬터그래프 집전판의 편마모를 방지하기 위하여 전차선을 레일면 중심수직선으로부터 한쪽으로 치우친 정도의 치수를 말한다.
17. 귀선회로: 전기철도차량에 공급된 전력을 변전소로 되돌리기 위한 귀로를 말한다.
18. 누설전류: 전기철도에 있어서 레일 등에서 대지로 흐르는 전류를 말한다.
19. 수전선로: 전기사업자에서 전철변전소 또는 수전설비 간의 전선로와 이에 부속되는 설비를 말한다.
20. 전철변전소: 외부로부터 공급된 전력을 구내에 시설한 변압기, 정류기 등 기타의 기계 기구를 통해 변성하여 전기철도차량 및 전기철도설비에 공급하는 장소를 말한다.
21. 최저 영구 전압: 무한정 지속될 것으로 예상되는 전압의 최저값을 말한다.
22. 최고 영구 전압: 무한정 지속될 것으로 예상되는 전압의 최고값을 말한다.
23. 장기 과전압: 지속시간이 20 ㎳ 이상인 과전압을 말한다.

(410 전기철도의 전기방식)

411 전기방식의 일반사항

411.1 전력수급조건

1. 수전선로의 전력수급조건은 부하의 크기 및 특성, 지리적 조건, 환경적 조건, 전력 흐름, 전압강하, 수전 안정도, 회로의 공진 및 운용의 합리성, 장래의 수송수요, 전기사업자 협의 등을 고려하여 표 411.1-1의 공칭전압(수전전압)으로 선정하여야 한다.

표 411.1-1 공칭전압(수전전압)

공칭전압(수전전압) (㎸)	교류 3상 22.9, 154, 345

2. 수전선로의 계통구성에는 3상 단락전류, 3상 단락용량, 전압강하, 전압불평형 및 전압왜형율, 플리커 등을 고려하여 시설하여야 한다.
3. 수전선로는 지형적 여건 등 시설조건에 따라 가공 또는 지중 방식으로 시설하며, 비상시를 대비하여 예비선로를 확보하여야 한다.

411.2 전차선로의 전압

전차선로의 전압은 전원측 도체와 전류귀환도체 사이에서 측정된 집전장치의 전위로서 전원공급시스템이 정상 동작상태에서의 값이며, 직류방식과 교류방식으로 구분된다.

1. 직류방식: 사용전압과 각 전압별 최고, 최저전압은 표 411.2-1에 따라 선정하여야 한다. 다만, 최고 비영구 전압은 지속시간이 5분 이하로 예상되는 전압의 최고값으로 하되, 기존 운행중인 전기철도차량과의 인터페이스를 고려한다.

표 411.2-1 직류방식의 급전전압

구분	최저 영구 전압 [V]	공칭 전압 [V]	최고 영구 전압 [V]	최고 비영구 전압 [V]	장기 과전압 [V]
직류 (평균값)	500 900	750 1,500	900 1,800	950(1) 1,950	1,269 2,538

(1) 회생제동의 경우 1,000 V의 최고 비영구 전압은 허용 가능하다.

2. 교류방식: 사용전압과 각 전압별 최고, 최저전압은 표 411.2-2에 따라 선정하여야 한다. 다만, 최저 비영구 전압은 지속시간이 2분 이하로 예상되는 전압의 최저값으

로 하되, 기존 운행중인 전기철도차량과의 인터페이스를 고려한다.

표 411.2-2 교류방식의 급전전압

주파수 (실효값)	최저 비영구 전압 [V]	최저 영구 전압 [V]	공칭전압 [V](2)	최고 영구 전압 [V]	최고 비영구 전압 [V]	장기 과전압 [V]
60 Hz	17,500 35,000	19,000 38,000	25,000 50,000	27,500 55,000	29,000 58,000	38,746 77,492

(2) 급전선과 전차선 간의 공칭전압은 단상교류 50 kV(급전선과 레일 및 전차선과 레일사이의의 전압은 25 kV)로 한다.

(420 전기철도의 변전방식)

421 변전방식의 일반사항

421.1 변전소 등의 구성

1. 전기철도설비는 고장 시 고장의 범위를 한정하고 고장전류를 차단할 수 있어야 하며, 단전이 필요할 경우 단전 범위를 한정할 수 있도록 계통별 및 구간별로 분리할 수 있어야 한다.
2. 차량 운행에 직접적인 영향을 미치는 설비 고장이 발생한 경우 고장 부분이 정상 부분으로 파급되지 않게 전기적으로 자동 분리할 수 있어야 하며, 예비설비를 사용하여 정상 운용할 수 있어야 한다.

421.2 변전소 등의 계획

1. 전기철도 노선, 전기철도차량의 특성, 차량운행계획 및 철도망건설계획 등 부하특성과 연장급전 등을 고려하여 변전소 등의 용량을 결정하고, 급전계통을 구성하여야 한다.
2. 변전소의 위치는 가급적 수전선로의 길이가 최소화 되도록 하며, 전력수급이 용이하고, 변전소 앞 절연구간에서 전기철도차량의 무동력[타행]운행이 가능한 곳을 선정하여야 한다. 또한 기기와 시설자재의 운반이 용이하고, 공해, 염분 피해, 각종 재해의 영향이 적거나 없는 곳을 선정하여야 한다.
3. 변전설비는 설비운영과 안전성 확보를 위하여 원격 감시 및 제어방법과 유지보수 등을 고려하여야 한다.

421.3 변전소의 용량

1. 변전소의 용량은 급전구간별 정상적인 열차부하조건에서 1시간 최대출력 또는 순시 최대출력을 기준으로 결정하고, 연장급전 등 부하의 증가를 고려하여야 한다.
2. 변전소의 용량 산정 시 현재의 부하와 장래의 수송수요 및 고장 등을 고려하여 변압기 뱅크를 구성하여야 한다.

421.4 변전소의 설비

1. 변전소 등의 계통을 구성하는 각종 기기는 운용 및 유지보수성, 시공성, 내구성, 효율성, 친환경성, 안전성 및 경제성 등을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다.
2. 급전용변압기는 직류 전기철도의 경우 3상 정류기용 변압기, 교류 전기철도의 경우 3상 스코트결선 변압기의 적용을 원칙으로 하고, 급전계통에 적합하게 선정하여야 한다.

3. 차단기는 계통의 장래계획을 고려하여 용량을 결정하고, 회로의 특성에 따라 기종과 동작책무 및 차단시간을 선정하여야 한다.
4. 개폐기는 선로 중 중요한 분기점, 고장발견이 필요한 장소, 빈번한 개폐를 필요로 하는 곳에 설치하며, 개폐상태의 표시, 잠금장치 등을 설치하여야 한다.
5. 제어용 교류전원은 상용과 예비의 2계통으로 구성하여야 한다.
6. 제어반의 경우 디지털계전기방식을 원칙으로 하여야 한다.

(430 전기철도의 전차선로)

431 전차선로의 일반사항

431.1 전차선 전선 설치 방식

전차선의 전선 설치 방식은 열차의 속도 및 노반의 형태, 부하전류 특성에 따라 적합한 방식을 채택하여야 하며, 가공방식, 강체방식, 제3레일방식을 표준으로 한다.

431.2 전차선로의 충전부와 건조물 간의 절연이격

1. 건조물과 전차선, 급전선 및 전기철도차량 집전장치의 공기절연 간격은 표 431.2-1에 제시되어 있는 정적 및 동적 최소 절연간격 이상을 확보하여야 한다. 동적 절연이격의 경우 팬터그래프가 통과하는 동안의 일시적인 전선의 움직임을 고려하여야 한다.
2. 해안 인접지역, 공해지역, 열기관을 포함한 교통량이 과중한 곳, 오염이 심한 곳, 안개가 자주 끼는 지역, 강풍 또는 강설 지역 등 특정한 위험도가 있는 구역에서는 최소 절연간격보다 증가시켜야 한다.

표 431.2-1 전차선과 건조물 간의 최소 절연간격

시스템 종류	공칭전압 (V)	동적(㎜)		정적(㎜)	
		비오염	오염	비오염	오염
직류	750	25	25	25	25
	1,500	100	110	150	160
단상교류	25,000	170	220	270	320

431.3 전차선로의 충전부와 차량 간의 절연이격

1. 차량과 전차선로나 충전부 간의 절연이격은 표 431.3-1에 제시되어 있는 정적 및 동적 최소 절연간격 이상을 확보하여야 한다. 동적 절연이격의 경우 팬터그래프가 통과하는 동안의 일시적인 전선의 움직임을 고려하여야 한다.
2. 해안 인접지역, 공해지역, 안개가 자주 끼는 지역, 강풍 또는 강설 지역 등 특정한 위험도가 있는 구역에서는 최소 절연간격보다 증가시켜야 한다.

표 431.3-1 전차선과 차량 간의 최소 절연간격

시스템 종류	공칭전압(V)	동적(㎜)	정적(㎜)
직류	750	25	25
	1,500	100	150
단상교류	25,000	170	270

431.4 급전선로

1. 급전선은 나전선을 적용하여 가공식으로 가설을 원칙으로 한다. 다만, 전기적 영향에 대한 최소 간격이 보장되지 않거나 지락, 불꽃 방전 등의 우려가 있을 경우에는 급전선을 케이블로 하여 안전하게 시공하여야 한다.
2. 가공식은 전차선의 높이 이상으로 전차선로 지지물에 병행 설치하며, 나전선의 접속은 직선접속을 원칙으로 한다.
3. 신설 터널 내 급전선을 가공으로 설계할 경우 지지물의 취부는 C찬넬 또는 매입전을 이용하여 고정하여야 한다.
4. 선상승강장, 인도교, 과선교 또는 다리 하부 등에 설치할 때에는 최소 절연간격 이상을 확보하여야 한다.

431.5 귀선로

1. 귀선로는 비절연보호도체, 매설접지도체, 레일 등으로 구성하여 단권변압기 중성점과 공통접지에 접속한다.
2. 비절연보호도체의 위치는 통신유도장해 및 레일전위의 상승의 경감을 고려하여 결정하여야 한다.
3. 귀선로는 사고 및 지락 시에도 충분한 허용전류용량을 갖도록 하여야 한다.

431.6 전차선 및 급전선의 높이

전차선과 급전선의 최소 높이는 표 431.6-1의 값 이상을 확보하여야 한다. 다만, 전차선 및 급전선의 최소 높이는 최대 대기온도에서 바람이나 팬터그래프의 영향이 없는 안정된 위치에 놓여 있는 경우 사람의 안전측면에서 건널목, 터널, 다리, 과선교 등을 고려하여 궤도면상 높이로 정의한다. 전차선의 최소높이는 항상 열차의 통과 게이지보다 높아야 하며 전기적 간격과 팬터그래프의 최소 작동높이를 고려하여야 한다.

표 431.6-1 전차선 및 급전선의 최소 높이

시스템 종류	공칭전압(V)	동적(㎜)	정적(㎜)
직류	750	4,800	4,400
	1,500	4,800	4,400
단상교류	25,000	4,800	4,570

431.7 전차선의 기울기

전차선의 기울기는 해당 구간의 열차 통과 속도에 따라 표 431.7-1을 따른다. 다만 구분장치 또는 분기 구간에서는 전차선에 기울기를 주지 않아야 한다. 또한, 궤도면상으로부터 전차선 높이는 같은 높이로 전선을 설치하는 것을 원칙으로 하되 터널, 과선교 등 특정 구간에서 높이 변화가 필요한 경우에는 가능한 한 작은 기울기로 이루어져야 한다.

표 431.7-1 전차선의 기울기

설계속도 V (km/시간)	속도등급	기울기(천분율)
300＜V≤350	350킬로급	0
250＜V≤300	300킬로급	0
200＜V≤250	250킬로급	1
150＜V≤200	200킬로급	2
120＜V≤150	150킬로급	3
70＜V≤120	120킬로급	4
V≤70	70킬로급	10

431.8 전차선의 편위

1. 전차선의 편위는 오버랩이나 분기 구간 등 특수 구간을 제외하고 레일면에 수직인 궤도 중심선으로부터 좌우로 각각 200 ㎜를 표준으로 하며, 팬터그래프 집전판의 고른 마모를 위하여 지그재그 편위를 준다.
2. 전차선의 편위는 선로의 곡선반경, 궤도조건, 열차속도, 차량의 편위량, 바람과 온도의 영향 등을 고려하여 최악의 운행환경에서도 전차선이 팬터그래프 집전판의 집전범위를 벗어나지 않아야 한다.
3. 제3레일방식에서 전차선의 편위는 차량의 집전장치의 집전범위를 벗어나지 않아야 한다.

431.9 전차선로 지지물 설계 시 고려하여야 하는 하중

1. 전차선로 지지물 설계 시 선로에 직각 및 평행방향에 대하여 전선 중량, 브래킷, 빔 기타 중량, 작업원의 중량을 고려하여야 한다.
2. 또한 풍압하중, 전선의 횡장력, 지지물이 특수한 사용조건에 따라 일어날 수 있는 모든 하중을 고려하여야 한다.
3. 지지물 및 기초, 지지선 기초에는 지진 하중을 고려하여야 한다.

431.10 전차선로 설비의 안전율

하중을 지탱하는 전차선로 설비의 강도는 작용이 예상되는 하중의 최악 조건 조합에 대하여 다음의 최소 안전율이 곱해진 값을 견디어야 한다.

1. 합금전차선의 경우 2.0 이상
2. 경동선의 경우 2.2 이상
3. 조가선 및 조가선 장력을 지탱하는 부품에 대하여 2.5 이상
4. 복합체 자재(고분자 애자 포함)에 대하여 2.5 이상
5. 지지물 기초에 대하여 2.0 이상
6. 장력조정장치 2.0 이상
7. 빔 및 브래킷은 소재 허용응력에 대하여 1.0 이상
8. 철주는 소재 허용응력에 대하여 1.0 이상
9. 브래킷의 애자는 최대 굽힘하중에 대하여 2.5 이상
10. 지지선은 선형일 경우 2.5 이상, 강봉형은 소재 허용응력에 대하여 1.0 이상

431.11 전차선 등과 식물사이의 간격

교류 전차선 등 충전부와 식물사이의 간격은 5 m 이상이어야 한다. 다만, 5m 이상 확보하기 곤란한 경우에는 현장여건을 고려하여 방호벽 등 안전조치를 하여야한다.

435 전기철도의 원격감시제어설비

435.1 원격감시제어시스템(SCADA)

1. 원격감시제어시스템은 열차의 안전운행과 현장 전철전력설비의 유지보수를 위하여 제어, 감시대상, 수준, 범위 및 확인, 운용방법 등을 고려하여 구성하여야 한다.
2. 중앙감시제어반의 구성, 방식, 운용방식 등을 계획하여야 한다.
3. 전철변전소, 배전소 등의 운용을 위한 소규모 제어설비에 대한 위치, 방식 등을 고려하여 구성하여야 한다.

435.2 중앙감시제어장치 및 소규모감시제어장치

1. 전철변전소 등의 제어 및 감시는 전기관제실에서 이루어지도록 한다.

2. 원격감시제어시스템(SCADA)는 열차집중제어장치(CTC), 통신집중제어장치와 호환되도록 하여야 한다.
3. 전기관제실과 전철변전소, 급전구분소 또는 그 밖의 관제 업무에 필요한 장소에는 상호 연락할 수 있는 통신 설비를 시설하여야 한다.
4. 소규모감시제어장치는 유사시 현지에서 중앙감시제어장치를 대체할 수 있도록 하고, 전원설비 운용에 용이하도록 구성한다.

(440 전기철도의 전기철도차량 설비)

441 전기철도차량 설비의 일반사항

441.1 절연구간

1. 교류 구간에서는 변전소 및 급전구분소 앞에서 서로 다른 위상 또는 공급점이 다른 전원이 인접하게 될 경우 전원이 혼촉되는 것을 방지하기 위한 절연구간을 설치하여야 한다.
2. 전기철도차량의 교류-교류 절연구간을 통과하는 방식은 동력[역행] 운전방식, 무동력[타행] 운전방식, 변압기 무부하 전류방식, 전력소비 없이 통과하는 방식이 있으며, 각 통과방식을 고려하여 가장 적합한 방식을 선택하여 시설한다.
3. 교류-직류(직류-교류) 절연구간은 교류구간과 직류 구간의 경계지점에 시설한다. 이 구간에서 전기철도차량은 속도 조절 차단 상태로 주행한다.
4. 절연구간의 소요길이는 구간 진입 시의 아크 시간, 잔류전압의 감쇄시간, 팬터그래프 배치간격, 열차속도 등에 따라 결정한다.

441.2 팬터그래프 형상

전차선과 접촉되는 팬터그래프는 헤드, 기하학적 형상, 집전범위, 집전판의 길이, 최대 넓이, 헤드의 왜곡 등을 고려하여 제작하여야 한다.

441.3 전차선과 팬터그래프간 상호작용

1. 전차선의 전류는 열차속도, 열차중량, 차량운행간격, 선로기울기, 전차선 전선 설치방식 등에 따라 다르고, 팬터그래프와 전차선간에는 과열이 일어나지 않도록 하여야 한다.
2. 정지시 팬터그래프당 최대전류값은 전차선 재질 및 수량, 집전판 수량 및 재질, 접촉력, 열차속도, 환경조건에 따라 다르게 고려되어야 한다.
3. 팬터그래프의 압상력은 전류의 안전한 집전에 부합하여야 한다.

441.4 전기철도차량의 역률

1. 411.2에서 규정된 최저 비영구 전압에서 최고 비영구 전압까지의 전압범위에서 유도성 역률 및 전력소비에 대해서만 적용되며, 회생제동 중에는 전압을 제한 범위내로 유지시키기 위하여 유도성 역률을 낮출 수 있다. 다만, 전기철도차량이 전차선로와 접촉한 상태에서 견인력을 끄고 보조전력을 가동한 상태로 정지해 있는 경우, 가공 전차선로의 유효전력이 200 kW 이상일 경우 총 역률은 0.8보다는 작아서는 안 된다.

【비고】 정지구간을 포함하여 전기철도차량의 전체 이동간 평균 λ값의 계산은 유효전력 W_P(MWh) 및 컴퓨터 모의실험 또는 실측된 무효전력 W_Q(MVArh)로부터 도출된다.

$$\lambda = \sqrt{\frac{1}{1+\left(\frac{W_Q}{W_P}\right)^2}}$$

표 441.4-1 팬터그래프에서의 전기철도차량 순간전력 및 유도성 역률

팬터그래프에서의 전기철도차량 순간전력P(MW)	전기철도차량의 유도성 역률 λ
P＞6	λ ≥0.95
2≤P≤6	λ ≥0.93

2. 동력[역행] 운전방식에서 전압을 제한 범위 내로 유지하기 위하여 용량성 역률이 허용되며, 411.2에서 규정된 최저 비영구 전압에서 최고 비영구 전압까지의 전압범위에서 용량성 역률은 제한 받지 않는다.

441.5 회생제동

1. 전기철도차량은 다음과 같은 경우에 회생제동의 사용을 중단해야 한다.
   가. 전차선로 지락이 발생한 경우
   나. 전차선로에서 전력을 받을 수 없는 경우
   다. 411.2에서 규정된 선로전압이 장기 과전압 보다 높은 경우
2. 회생전력을 다른 전기장치에서 흡수할 수 없는 경우에는 전기철도차량은 다른 제동시스템으로 전환되어야 한다.
3. 전기철도 전력공급시스템은 회생제동이 상용제동으로 사용이 가능하고 다른 전기철도차량과 전력을 지속적으로 주고받을 수 있도록 설계되어야 한다.

441.6 전기철도차량 전기설비의 전기위험방지를 위한 보호대책

1. 감전을 일으킬 수 있는 충전부는 직접접촉에 대한 보호가 있어야 한다.
2. 간접 접촉에 대한 보호대책은 노출된 도전부는 고장 조건하에서 부근 충전부와의 유도 및 접촉에 의한 감전이 일어나지 않아야 한다. 그 목적은 위험도가 노출된 도전부가 같은 전위가 되도록 보장하는데 있다. 이는 보호용 본딩으로만 달성될 수 있으며 또는 자동급전 차단 등의 방법을 통하여 달성할 수 있다.
3. 주행레일과 분리되어 있거나 또는 공동으로 되어있는 보호용 도체를 채택한 시스템에서 운행되는 모든 전기철도차량은 차체와 고정 설비의 보호용 도체 사이에는 최소 2개 이상의 보호용 본딩 연결로가 있어야 하며, 한쪽 경로에 고장이 발생하더라

도 감전 위험이 없어야 한다.

4. 차체와 주행 레일과 같은 고정설비의 보호용 도체 간의 임피던스는 이들 사이에 위험 전압이 발생하지 않을 만큼 낮은 수준인 표 441.6-1에 따른다. 이 값은 적용전압이 50 V를 초과하지 않는 곳에서 50 A의 일정 전류로 측정하여야 한다.

표 441.6-1 전기철도차량별 최대임피던스

차량 종류	최대 임피던스(Ω)
기관차, 객차	0.05
화차	0.15

(450 전기철도의 설비를 위한 보호)

451 설비보호의 일반사항

451.1 보호협조

1. 사고 또는 고장의 파급을 방지하기 위하여 계통 내에서 발생한 사고전류를 검출하고 차단장치에 의해서 신속하고 순차적으로 차단할 수 있는 보호시스템을 구성하며 설비계통 전반의 보호협조가 되도록 하여야 한다.
2. 보호계전방식은 신뢰성, 선택성, 협조성, 동작속도, 고장전류검출 감도, 취급 및 보수 점검의 편의성을 고려하여 구성하여야 한다.
3. 급전선로는 안정도 향상, 자동복구, 정전시간 감소를 위하여 보호계전방식에 자동재연결 기능을 구비하여야 한다.
4. 전차선로용 애자를 불꽃 방전사고로부터 보호하고 접지전위 상승을 억제하기 위하여 보호설비를 구비하여야 한다.
5. 가공 선로측에서 발생한 지락 및 사고전류의 파급을 방지하기 위하여 피뢰기를 설치하여야 한다.

451.2 절연협조

변전소 등의 입, 출력 측에서 유입되는 뇌해, 이상전압과 변전소 등의 계통 내에서 발생하는 개폐서지의 크기 및 지속성, 이상전압 등을 고려하고 각각의 변전설비에 대한 절연협조는 표 451.2-1 또는 표 451.2-2를 적용한다.

표 451.2-1 직류 1.5 kV 방식의 절연협조 대조표

항목			변전소용	전차선로용
회로 전압	공칭 (kV)		1.5	1.5
	최고 (kV)		1.8	1.8
뇌 임펄스 내전압 (kV)			12	50
피뢰기의 성능(ZnO)	정격 전압 (kV)		2.1	2.1
	동작 개시 전압 (kV)		2.6 이상	※ 9 이상
	제한 전압 (kV)	(2 kA)	4.5 이하	-
		(3 kA)	-	25 이하
		(5 kA)	5 이하	28 이하
	임펄스 내전압 (kV)		45	50
전차선 애자의 성능	현수 애자 (kV)		교류 주수 내전압	45
	180㎜ 2개 연결		뇌 임펄스 내전압	160
	긴 애자 (kV)		교류 주수 내전압	65
			뇌 임펄스내전압	180
주) 전차선로용 피뢰기는 ZnO형, 갭(Gap) 부착이며, ※는 방전 개시전압을 나타낸다.				

표 451.2-2 교류 25 kV 방식의 절연협조 대조표

항목			변전소용	전차선로용
회로 전압	공칭 (kV)		25	25
	최고 (kV)		29	29
뇌 임펄스 내전압 (kV)			200	200
피뢰기의 성능(ZnO)	정격 전압 (kV)		42	42
	동작 개시 전압 (kV)		60	60
	제한 전압 (kV)	(5 kA)	128	128
		(10 kA)	140	140
	내전압 (kV)	교류	70	70
		임펄스	200	200
전차선 애자의 성능	현수 애자 250 ㎜ 4개 연결 (kV)		교류 주수 내전압	160
			뇌 임펄스 내전압	445
	긴 애자 (kV)		교류 주수 내전압	135
			뇌 임펄스 내전압	320

451.3 피뢰기 설치장소

1. 다음의 장소에 피뢰기를 설치하여야 한다.
   가. 변전소 인입측 및 급전선 인출측
   나. 가공전선과 직접 접속하는 지중케이블에서 낙뢰에 의해 절연파괴의 우려가 있는 케이블 단말
2. 피뢰기는 가능한 한 보호하는 기기와 가깝게 시설하되 누설전류 측정이 용이하도록 지지대와 절연하여 설치한다.

451.4 피뢰기의 선정

피뢰기는 다음의 조건을 고려하여 선정한다.

1. 피뢰기는 밀봉형을 사용하고 유효 보호거리를 증가시키기 위하여 방전개시전압 및 제한전압이 낮은 것을 사용한다.
2. 유도뢰서지에 대하여 2선 또는 3선의 피뢰기 동시동작이 우려되는 변전소 근처의 단락 전류가 큰 장소에는 속류차단능력이 크고 또한 차단성능이 회로조건의 영향을 받을 우려가 적은 것을 사용한다.

(460 전기철도의 안전을 위한 보호)

461 전기안전의 일반사항

461.1 감전에 대한 보호조치

1. 공칭전압이 교류 1 ㎸ 또는 직류 1.5 ㎸ 이하인 경우 사람이 접근할 수 있는 보행표면의 경우 가공 전차선의 충전부뿐만 아니라 전기철도차량 외부의 충전부(집전장치, 지붕도체 등)와의 직접접촉을 방지하기 위한 공간거리가 있어야 하며 그림 461.1-1에서 표시한 공간거리 이상을 확보하여야 한다. 단, 제3레일방식에는 적용되지 않는다.

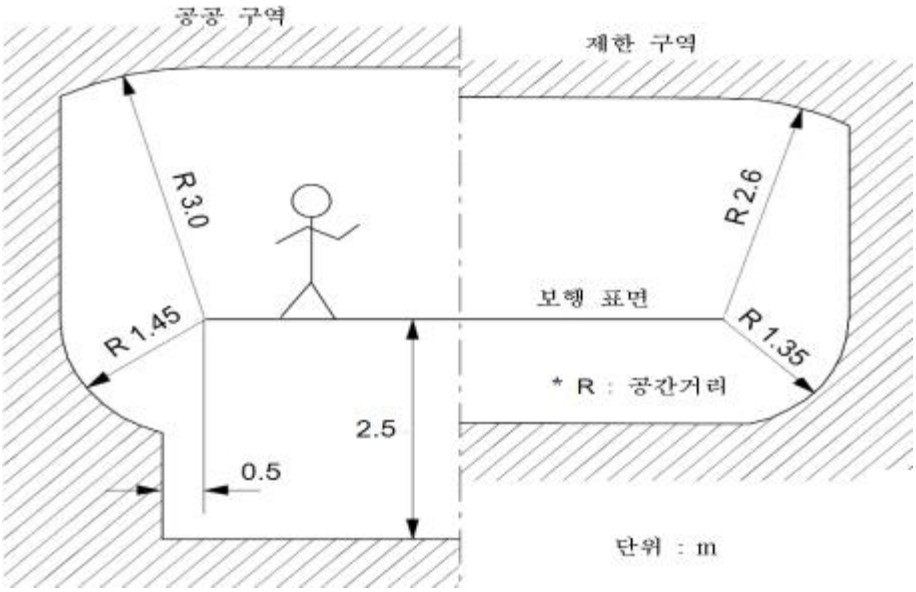


그림 461.1-1 공칭전압이 교류 1 ㎸ 또는 직류 1.5 ㎸ 이하인 경우 사람이 접근할 수 있는 보행표면의 공간거리

2. 제1에 제시된 공간거리를 유지할 수 없는 경우 충전부와의 직접 접촉에 대한 보호를 위해 장애물을 설치하여야 한다. 충전부가 보행표면과 동일한 높이 또는 낮게 위치한 경우 장애물 높이는 장애물 상단으로부터 1.35 m의 공간 거리를 유지하여야 하며, 장애물과 충전부 사이의 공간거리는 최소한 0.3 m로 하여야 한다.
3. 공칭전압이 교류 1 ㎸ 초과 25 kV 이하인 경우 또는 직류 1.5 ㎸ 초과 25 ㎸ 이하인 경우 사람이 접근할 수 있는 보행표면의 경우 가공 전차선의 충전부뿐만 아니라 차량외부의 충전부(집전장치, 지붕도체 등)와의 직접접촉을 방지하기 위한 공간거리가 있어야 하며, 그림 461.1-2에서 표시한 공간거리 이상을 유지하여야 한다.

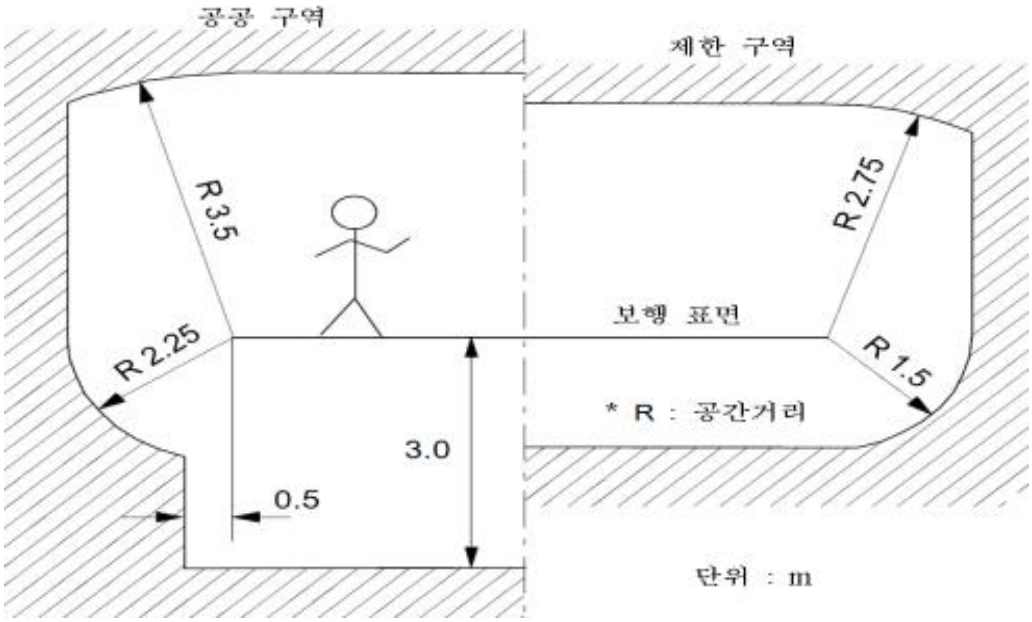


그림 461.1-2 공칭전압이 교류 1 ㎸ 초과 25kV 이하인 경우 또는 직류 1.5 ㎸ 초과 25 ㎸ 이하인 경우 사람이 접근할 수 있는 보행표면의 공간거리

4. 제3에 제시된 공간거리를 유지할 수 없는 경우 충전부와의 직접 접촉에 대한 보호를 위해 장애물을 설치하여야 한다.
5. 충전부가 보행표면과 동일한 높이 또는 낮게 위치한 경우 장애물 높이는 장애물 상단으로부터 1.5 m의 공간 거리를 유지하여야 하며, 장애물과 충전부 사이의 공간거리는 최소한 0.6 m로 하여야 한다.

461.2 레일 전위의 위험에 대한 보호

1. 레일 전위는 고장 조건에서의 접촉전압 또는 정상 운전조건에서의 접촉전압으로 구분하여야 한다.
2. 교류 전기철도 급전시스템에서의 레일 전위의 최대 허용 접촉전압은 표 461.2-1의 값 이하여야 한다. 단, 작업장 및 이와 유사한 장소에서는 최대 허용 접촉전압을 25 V(실효값)를 초과하지 않아야 한다.

표 461.2-1 교류 전기철도 급전시스템의 최대 허용 접촉전압

시간 조건	최대 허용 접촉전압(실효값)
순시조건(t≤0.5초)	670 V
일시적 조건(0.5초<t≤300초)	65 V
영구적 조건(t>300초)	60 V

3. 직류 전기철도 급전시스템에서의 레일 전위의 최대 허용 접촉전압은 표 461.2-2의 값 이하여야 한다. 단, 작업장 및 이와 유사한 장소에서 최대 허용 접촉전압은 60 V를 초과하지 않아야 한다.

표 461.2-2 직류 전기철도 급전시스템의 최대 허용 접촉전압

시간 조건	최대 허용 접촉전압
순시조건(t≤0.5초)	535 V
일시적 조건(0.5초<t≤300초)	150 V
영구적 조건(t>300초)	120 V

4. 직류 및 교류 전기철도 급전시스템에서 최대 허용 접촉전압을 초과하는 높은 접촉전압이 발생할 수 있는지를 판단하기 위해서는 해당 지점에서 귀선 도체의 전압강하를 기준으로 하여 정상 동작 및 고장 조건에 대한 레일전위를 평가하여야 한다.
5. 직류 및 교류 전기철도 급전시스템에서 레일전위를 산출하여 평가 할 경우, 주행레일에 흐르는 최대 동작전류와 단락전류를 사용하고, 단락 산출의 경우에는 초기 단락전류를 사용하여야 한다.

461.3 레일 전위의 접촉전압 감소 방법

1. 교류 전기철도 급전시스템은 461.2의 2에 제시된 값을 초과하는 경우 다음 방법을 고려하여 접촉전압을 감소시켜야 한다.
   가. 접지극 추가 사용
   나. 등전위 본딩
   다. 전자기적 커플링을 고려한 귀선로의 강화
   라. 전압제한소자 적용
   마. 보행 표면의 절연
   바. 단락전류를 중단시키는데 필요한 트래핑 시간의 감소
2. 직류 전기철도 급전시스템은 461.2의 3에 제시된 값을 초과하는 경우 다음 방법을 고려하여 접촉전압을 감소시켜야 한다.
   가. 고장조건에서 레일 전위를 감소시키기 위해 전도성 구조물 접지의 보강
   나. 전압제한소자 적용
   다. 귀선 도체의 보강
   라. 보행 표면의 절연
   마. 단락전류를 중단시키는데 필요한 트래핑 시간의 감소

461.4 전기 부식 방지

1. 주행레일을 귀선으로 이용하는 경우에는 누설전류에 의하여 케이블, 금속제 지중관로 및 선로 구조물 등에 영향을 미치지 않도록 시설하여야 한다.
2. 전기철도측의 전기 부식 방지를 위해서는 다음 방법을 고려하여야 한다.
   가. 변전소 간 간격 축소
   나. 레일본드의 양호한 시공
   다. 장대레일채택
   라. 절연도상 및 레일과 침목사이에 절연층의 설치
   마. 기타
3. 매설금속체측의 누설전류에 의한 전기부식의 피해가 예상되는 곳은 다음 방법을 고려하여야 한다.
   가. 배류장치 설치
   나. 절연코팅
   다. 매설금속체 접속부 절연
   라. 저준위 금속체를 접속
   마. 궤도와의 간격 증대
   바. 금속판 등의 도체로 차폐

461.5 누설전류 간섭에 대한 방지

1. 직류 전기철도 시스템의 누설전류를 최소화하기 위해 귀선전류를 금속귀선로 내부로만 흐르도록 하여야 한다.
2. 심각한 누설전류의 영향이 예상되는 지역에서는 정상 운전 시 단위길이당 컨덕턴스 값은 표 461.5-1의 값 이하로 유지될 수 있도록 하여야 한다.

표 461.5-1 단위길이당 컨덕턴스

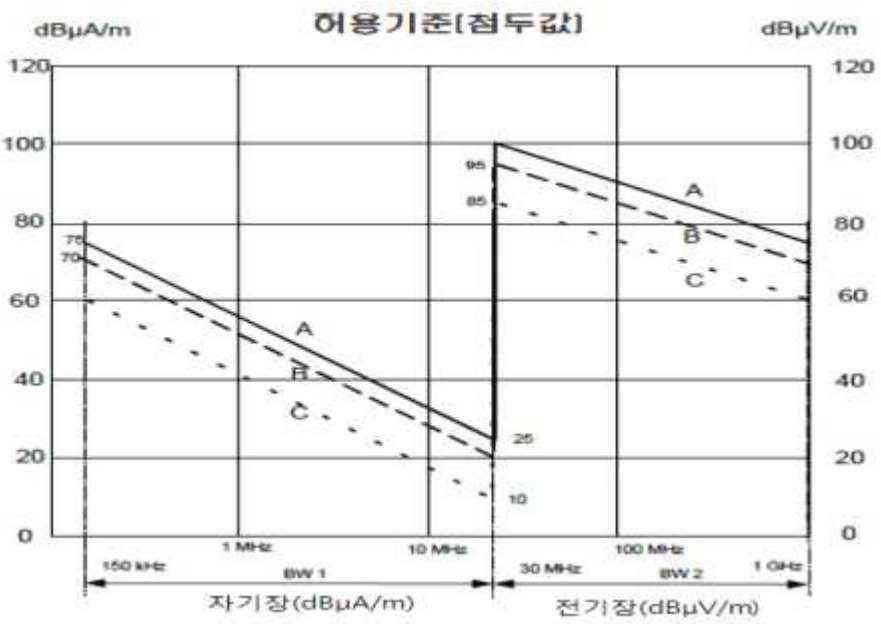
견인시스템	옥외(S/㎞)	터널(S/㎞)
철도선로(레일)	0.5	0.5
개방 구성에서의 대량수송 시스템	0.5	0.1
폐쇄 구성에서의 대량수송 시스템	2.5	-

3. 귀선시스템의 종 방향 전기저항을 낮추기 위해서는 레일 사이에 저저항 레일본드를 접합 또는 접속하여 전체 종 방향 저항이 5% 이상 증가하지 않도록 하여야 한다.
4. 귀선시스템의 어떠한 부분도 대지와 절연되지 않은 설비, 부속물 또는 구조물과 접속되어서는 안 된다.

5. 직류 전기철도 시스템이 매설 배관 또는 케이블과 인접할 경우 누설전류를 피하기 위해 최대한 이격시켜야 하며, 주행레일과 최소 1 m 이상의 거리를 유지하여야 한다.

461.6 전자파 장해의 방지

1. 전차선로는 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장해를 주는 전자파가 생길 우려가 있는 경우에는 이를 방지하도록 시설하여야 한다.
2. 제1의 경우에 전차선로에서 발생하는 전자파 방사성 방해 허용기준은 궤도중심선으로부터 측정안테나까지의 거리 10 m 떨어진 지점에서 6회 이상 측정하고, 각 회 측정한 첨두값의 평균값이 「전자파적합성 기준」에 따르도록 하며, 사용 전원별 기준은 그림 461.6-1에 적합하여야 한다.



A : 교류 25 kV
B : 직류 1.5 kV
C : 직류 750 V 도체레일

그림 461.6-1 전자파 방사성 방해 허용기준

461.7 통신상의 유도 장해방지 시설

교류식 전기철도용 전차선로는 기설 가공약전류 전선로에 대하여 유도작용에 의한 통신상의 장해가 생기지 않도록 시설하여야 한다.

5. 분산형전원설비

(500 통칙)

501 일반사항

501.1 목적

이 규정(5. 분산형전원설비)은 전기설비기술기준(이하 “기술기준”이라한다)에서 정하는 분산형전원설비의 안전성능에 대한 구체적인 기술적 사항을 정하는 것을 목적으로 한다.

501.2 적용범위

1. 이 규정(5. 분산형전원설비)은 기술기준에서 정한 안전성능에 대하여 구체적인 실현수단을 규정한 것으로 분산형전원설비의 설계, 제작, 시설 및 검사하는데 적용한다.
2. 이 규정(5. 분산형전원설비)에서 정하지 않은 사항은 관련 한국전기설비규정을 준용하여 시설하여야 한다.

501.3 안전원칙

1. 분산형전원설비 주위에는 위험하다는 표시를 하여야 하며 또한 취급자가 아닌 사람이 쉽게 접근할 수 없도록 351.1에 따라 시설하여야 한다.
2. 분산형전원 발전장치의 보호기준은 212.6.3의 보호장치를 적용한다,
3. 급경사지 붕괴위험구역 내에 시설하는 분산형전원설비는 해당구역 내의 급경사지의 붕괴를 조장하거나 또는 유발할 우려가 없도록 시설하여야 한다.
4. 분산형전원설비의 인체 감전보호 등 안전에 관한 사항은 113에 따른다.
5. 분산형전원의 피뢰설비는 150에 따른다.
6. 분산형전원설비 전로의 절연저항 및 절연내력은 132에 따른다.
7. 연료전지 및 태양전지 모듈의 절연내력은 134에 따른다.

502 용어의 정의

1. “풍력터빈”이란 바람의 운동에너지를 기계적 에너지로 변환하는 장치(가동부 베어링, 나셀, 날개 등의 부속물을 포함)를 말한다.
2. “풍력터빈을 지지하는 구조물”이란 타워와 기초로 구성된 풍력터빈의 일부분을 말한다.
3. “풍력발전소”란 단일 또는 복수의 풍력터빈(풍력터빈을 지지하는 구조물을 포함)을 원동기로 하는 발전기와 그 밖의 기계기구를 시설하여 전기를 발생시키는 곳을 말한다.

4. “자동정지”란 풍력터빈의 설비보호를 위한 보호장치의 작동으로 인하여 자동적으로 풍력터빈을 정지시키는 것을 말한다.
5. “MPPT”란 태양광발전이나 풍력발전 등이 현재 조건에서 가능한 최대의 전력을 생산할 수 있도록 인버터 제어를 이용하여 해당 발전원의 전압이나 회전속도를 조정하는 최대출력추종(MPPT, Maximum Power Point Tracking) 기능을 말한다.
6. “건물일체형 태양광발전(BIPV : Building-Integrated Photovoltaic)”이란 태양광모듈을 건축물에 설치하여 건축 부자재의 역할 및 기능과 전력생산을 동시에 할 수 있는 설비로 창호, 스팬드럴, 커튼월, 이중파사드, 외벽, 지붕재 등 건축물을 일부 또는 완전히 둘러싸는 벽, 창, 지붕 형태로 모듈이 제거될 경우 건물 외장재의 핵심 기능이 상실 또는 훼손될 수 있어 다른 건축자재로 대체되어야 하는 구조의 태양광 설비의 유형을 말한다.
7. “건물부착형 태양광발전(BAPV : Building-Attached Photovoltaic)”이란 건축물 경사지붕 또는 외벽 등에 밀착하여 설치하는 태양광설비의 유형을 말한다.
8. “전지관리시스템(BMS, Battery Management System)”이란 이차전지의 전압, 전류, 온도 등의 값을 측정하여 이차전지를 효율적으로 사용할 수 있도록 상위 시스템과의 통신을 통해 현재의 상태를 전송하며, 이상 징후 발생 시 내부 안전장치를 작동시키는 등 이차전지를 관리하는 시스템을 말한다.
9. “재사용 이차전지”란 이차전지를 해체 및 재조립하여 안전 및 성능 평가를 통해 다시 사용하는 이차전지를 말한다.
10. 기타 용어는 112에 따른다.

503 분산형전원 계통 연계설비의 시설

503.1 계통 연계의 범위

분산형전원설비 등을 전력계통에 연계하는 경우에 적용하며, 여기서 전력계통이라 함은 전기판매사업자의 계통, 구내계통 및 독립전원계통 모두를 말한다.

503.2 시설기준

503.2.1 전기 공급방식 등

분산형전원설비의 전기 공급방식, 측정 장치 등은 다음에 따른다.

가. 분산형전원설비의 전기 공급방식은 전력계통과 연계되는 전기 공급방식과 동일할 것
나. 분산형전원설비 사업자의 한 사업장의 설비 용량 합계가 250 kVA 이상일 경우에는 송·배전계통과 연계지점의 연결 상태를 감시 또는 유효전력, 무효전력 및 전압을 측정할 수 있는 장치를 시설할 것
다. 분산형전원은 연계하는 계통과 표 503.2.1-1에 따른 동기화 조건을 만족하여야 한

다.

표 503.2.1-1 분산형전원의 동기화 조건

발전용량 합계 (kVA)	주파수 차 (Hz)	전압 차 (%)	위상각 차 (°)
0~500	0.3	10	20
500 초과 ~ 1,500	0.2	5	15
1,500 초과 ~ 20,000 미만	0.1	3	10

503.2.2 저압계통 연계 시 직류유출방지 변압기의 시설

분산형전원설비를 인버터를 이용하여 전기판매사업자의 저압 전력계통에 연계하는 경우 인버터로부터 직류가 계통으로 유출되는 것을 방지하기 위하여 접속점(접속설비와 분산형전원설비 설치자 측 전기설비의 접속점을 말한다)과 인버터 사이에 상용주파수 변압기(단권변압기를 제외한다)를 시설하여야 한다. 다만, 다음을 모두 충족하는 경우에는 예외로 한다.

가. 인버터의 직류 측 회로가 비접지인 경우 또는 고주파 변압기를 사용하는 경우

나. 인버터의 교류출력 측에 직류 검출기를 구비하고, 최대 정격 출력전류의 0.5%를 초과하는 직류 검출 시, 교류출력을 정지하는 기능을 갖춘 경우

503.2.3 단락전류 제한장치의 시설

분산형전원을 계통 연계하는 경우 전력계통의 단락용량이 다른 자의 차단기의 차단용량 또는 전선의 순시허용전류 등을 상회할 우려가 있을 때에는 그 분산형전원 설치자가 전류제한리액터 등 단락전류를 제한하는 장치를 시설하여야 하며, 이러한 장치로도 대응할 수 없는 경우에는 그 밖에 단락전류를 제한하는 대책을 강구하여야 한다.

503.2.4 계통 연계용 보호장치의 시설

1. 계통 연계하는 분산형전원설비를 설치하는 경우 다음에 해당하는 이상 또는 고장 발생 시 자동적으로 분산형전원설비를 전력계통으로부터 분리하기 위한 장치 시설 및 해당 계통과의 보호협조를 실시하여야 한다.

가. 분산형전원설비의 이상 또는 고장

나. 연계한 전력계통의 이상 또는 고장

다. 단독운전 상태

2. 제1의 “나”에 따라 연계한 전력계통의 이상 또는 고장 발생 시 분산형전원의 분리시점은 해당 계통의 재연결 시점 이전이어야 하며, 이상 발생 후 해당 계통의 전압 및 주파수가 정상 범위 내에 들어올 때까지 계통과의 분리상태를 유지하는 등

연계한 계통의 재연결방식과 협조를 이루어야 한다.

3. 단순 병렬운전 분산형전원설비의 경우에는 역전력 계전기를 설치한다. 단, 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법」 제2조 제1호 및 제2호의 규정에 의한 신·재생에너지를 이용하여 동일 전기사용장소에서 전기를 생산하는 합계 용량이 50 kW 이하의 소규모 분산형전원(단, 해당 구내계통 내의 전기사용 부하의 수전계약전력이 분산형전원 용량을 초과하는 경우에 한한다)으로서 제1의 "다"에 의한 단독운전 방지기능을 가진 것을 단순 병렬로 연계하는 경우에는 역전력계전기 설치를 생략할 수 있다.

503.2.5 특고압 송전계통 연계 시 분산형전원 운전제어장치의 시설

분산형전원설비를 송전사업자의 특고압 전력계통에 연계하는 경우 계통안정화 또는 조류억제 등의 이유로 운전제어가 필요할 때에는 그 분산형전원설비에 필요한 운전제어장치를 시설하여야 한다.

503.2.6 연계용 변압기 중성점의 접지

분산형전원설비를 특고압 전력계통에 연계하는 경우 연계용 변압기 중성점의 접지는 전력계통에 연결되어 있는 다른 전기설비의 정격을 초과하는 과전압을 유발하거나 전력계통의 지락고장 보호협조를 방해하지 않도록 시설하여야 한다.

(510 전기저장장치)

511 공통사항

511.1 일반사항

이차전지를 이용한 전기저장장치는 이차전지, 전력변환장치, 제어, 통신 및 보호설비 등으로 구성되며, 다음에 따라 시설하여야 한다.

511.1.1 시설장소의 요구사항

1. 전기저장장치의 이차전지, 제어반, 배전반의 시설은 기기 등을 조작 또는 보수 · 점검할 수 있는 공간을 확보하고 조명설비를 설치하여야 한다.
2. 전기저장장치를 시설하는 장소는 폭발성 가스의 축적을 방지하기 위한 환기시설을 갖추고 제조사가 권장하는 온도·습도·수분·먼지 등의 운영환경을 상시 유지하여야 한다.
3. 이차전지, 전력변환장치, 제어, 통신 및 보호설비 등은 침수 및 누수의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
4. 전기저장장치 시설장소에는 기술기준 제21조제1항과 같이 외벽 등 확인하기 쉬운 위치에 “전기저장장치 시설장소” 표지를 하고, 일반인의 출입을 통제하기 위한 잠금장치 등을 설치하여야 한다.

511.1.2 설비의 안전 요구사항

1. 충전부 등 노출부분은 설비의 안전확보 및 인체 감전보호를 위해 절연하거나 접촉 방지를 위한 방호 시설물을 설치하여야 한다.
2. 전기저장장치의 고장이나 외부 환경요인으로 인하여 비상상황 발생 또는 출력에 문제가 있을 경우 안전하게 작동하기 위한 비상정지 스위치 등을 시설하여야 한다.
3. 전기저장장치의 모든 부품은 내열성을 확보하여야 한다.
4. 동일 구획 내에 직병렬로 연결된 전기저장장치는 식별이 용이하도록 그룹별로 명판을 부착하고, 이차전지, 전력변환장치 및 감시 · 보호장치 간의 잘못 연결 되지 않도록 시설하여야 한다.
5. 부식환경에 노출되는 경우, 전기저장장치에 사용되는 금속제 및 부속품은 부식되지 아니하도록 녹방지 처리를 하여야 하며, 절단가공 및 용접부위는 방식처리를 하여야 한다.

511.1.3 옥내전로의 대지전압 제한

주택에 시설하는 전기저장장치는 이차전지에서 전력변환장치에 이르는 옥내 직류 전로를 다음에 따라 시설하는 경우 옥내전로의 대지전압은 직류 600 V까지 적용할 수 있다.

가. 전로에 지락이 생겼을 때 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것

나. 사람이 접촉할 우려가 없는 은폐된 장소에 시설하여야 하며, 232.11, 232.12,

232.51의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 있는 장소에 232.51에 의하여 시설하는 경우에는 전선에 방호장치를 시설할 것

511.2 전기저장장치의 시설

511.2.1 전기배선

전기배선은 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 전선은 공칭단면적 2.5 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것일 것.

나. 옥내에 시설할 경우 배선설비 공사는 232.11, 232.12, 232.13, 232.51 또는 232.3.7의 규정에 준하여 시설할 것.

다. 옥측 또는 옥외에 시설할 경우 배선설비 공사는 232.11, 232.12, 232.13 또는 232.51(232.51.3은 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.

라. 전력변환장치에 시설하는 배선의 과부하 및 단락고장에 대한 보호는 212에 따를 것.

마. 전기배선은 절연 파괴를 일으키는 모서리, 나사선, 돌출부분, 가동부품 등 모든 부품들과 이격하여 설치할 것.

511.2.2 단자와 접속

1. 단자의 접속은 기계적, 전기적 안전성을 확보하도록 하여야 한다.
2. 단자를 체결 또는 잠글 때 너트나 나사는 풀림방지 기능이 있는 것을 사용하여야 한다.
3. 외부터미널과 접속하기 위해 필요한 접점의 압력이 사용기간 동안 유지되어야 한다.
4. 단자는 도체에 손상을 주지 않고 금속표면과 안전하게 체결되어야 한다.

511.2.3 지지물의 시설

이차전지의 지지물은 부식성 가스 또는 용액에 의하여 부식되지 아니하도록 하고 적재하중 또는 지진 기타 진동과 충격에 대하여 안전한 구조이어야 한다.

511.2.4 이차전지의 시설

1. 다음과 같이 이차전지에 대한 정보를 기록하고 관리하여야 한다.

가. 교체이력 (사유, 교체일 등)

나. 제조이력 (생산지, 생산시기, 용량, 제조번호 등)

2. 이차전지의 출력 배선은 극성별로 확인할 수 있도록 표시하여야 한다.

511.2.5 재사용 이차전지의 시설

재사용 이차전지는 513.1.2의 3에 따른 운송에 관한 기준을 준용하고 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 적용을 받는 것 이외의 재사용 이차전지는 다음 사항을 준수하여야 한다.

가. ‘재사용 이차전지’ 표기

나. 이차전지 용량 (초기용량, 잔존용량) 표기
다. 제조사가 정하는 적합성 요구사항

511.2.6 전력변환장치의 시설

1. 전력변환장치는 전기 공급에 지장을 주지 않도록 시설해야 하고, 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 적용을 받는 것 이외에는 한국산업표준(이하 "KS"라 한다)에 적합하거나 동등 이상의 성능의 것을 사용하여야 한다.
2. 이차전지의 절연파괴가 일어나지 않도록 CMV(Common Mode Voltage) 등을 고려한 절연 대책을 강구하여 시설하여야 한다.

511.2.7 제어 및 보호장치의 시설

1. 전기저장장치를 계통에 연계하는 경우 503.2.4의 1 및 2에 따라 시설하여야 한다.
2. 전기저장장치가 비상용 예비전원 용도를 겸하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 상용전원이 정전되었을 때 비상용 부하에 전기를 안정적으로 공급할 수 있는 시설을 갖출 것
   나. 관련 법령에서 정하는 전원유지시간 동안 비상용 부하에 전기를 공급할 수 있는 충전용량을 상시 보존하도록 시설할 것
3. 전기저장장치의 접속점에는 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 개방상태를 육안으로 확인할 수 있는 전용의 개폐기를 시설하여야 한다.
4. 전기저장장치는 정격 운전 범위를 초과하는 다음의 경우가 발생했을 때 자동으로 전로를 차단하는 보호장치를 시설하여야 한다.
   가. 과전압, 저전압, 과전류가 발생한 경우
   나. 제어장치에 이상이 발생한 경우
   다. 이차전지 모듈의 내부 온도가 상승할 경우
5. 212.3.4에 의하여 직류 전로에 과전류차단기를 설치하는 경우 직류 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 하고 "직류용" 표시를 하여야 한다.
6. 기술기준 제14조에 의하여 전기저장장치의 직류 전로에는 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다. IT 계통의 경우, 절연저항을 감시할 수 있는 장치를 설치하여 제조사가 정하는 절연저항 기준치 이하일 경우 관리자에게 경보하고 자동으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다.
7. 발전소·변전소 또는 이에 준하는 장소에 전기저장장치를 시설하는 경우 전로가 차단되었을 때에 경보하는 장치를 시설하여야 한다.
8. 전력변환장치의 동작상태, 전지관리시스템과의 통신상태, 전력, 전류, 전압 등을 표시할 수 있는 전력관리시스템을 시설하여야 한다.

511.2.8 충전 및 방전 기능

1. 충전기능

가. 전기저장장치는 이차전지의 충전특성에 따라 제조사가 제시한 정격으로 충전할 수 있어야 한다.
나. 충전할 때에는 전기저장장치의 충전상태 또는 이차전지 상태를 시각화하여 정보를 제공해야 한다.

2. 방전기능
가. 전기저장장치는 이차전지의 방전특성에 따라 제조사가 제시한 정격으로 방전할 수 있어야 한다.
나. 방전할 때에는 전기저장장치의 방전상태 또는 이차전지 상태를 시각화하여 정보를 제공해야 한다.

511.2.9 접지 등의 시설

금속제 외함 및 지지대 등은 140의 규정에 따라 접지공사를 하여야 한다.

511.2.10 계측장치

전기저장장치를 시설하는 곳에는 다음의 사항을 계측하는 장치를 시설하여야 한다.
가. 이차전지 출력 단자의 전압, 전류, 전력 및 충방전 상태
나. 주요변압기의 전압, 전류 및 전력

512 이차전지 용량 및 종류에 따른 시설

512.1 리튬계·나트륨계 이차전지의 시설

512.1.1 적용범위

20 kWh를 초과하는 리튬계·나트륨계의 이차전지를 사용한 전기저장장치에 적용한다.

512.1.2 이차전지 용량 및 운영

1. 전기저장장치 이차전지 용량은 수명보증기간 동안 정격방전용량(전기저장장치 설치 시 소유자가 요구하는 이차전지의 용량)이 확보되도록 하여야 한다.
2. 전기저장장치 이차전지는 안전이 확보되도록 정격방전용량 이하로 운영하여야 한다.

512.1.3 열폭주 및 폭발 방지

1. 이차전지실 내부에는 제조사가 제시한 기준 이상의 가연성가스 농도 및 내부압력이 발생하는 경우 파열 또는 폭발을 방지하기 위한 급속공기배출장치를 시설하여야 한다.
2. 이차전지는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 적용을 받는 것 이외에는 한국산업표준(이하 “KS”라 한다)에 적합하거나 동등 이상의 성능의 것을 사용하여야 한다.
3. 이차전지 모듈 또는 랙에 화재확산을 방지할 수 있는 구조이거나 소화장치를 시설하여야 한다.

512.1.4 제어, 감시 및 보호장치 등

1. 낙뢰 및 서지 등 과도과전압으로부터 주요 설비를 보호하기 위해 직류 전로에 직류 서지보호장치(SPD)를 설치하여야 한다.
2. 제조사가 정하는 정격 이상의 과충전, 과방전, 과전압, 과전류, 지락전류 및 온도 상승, 냉각장치 고장, 통신불량, 가연성・인화성가스 발생 등 긴급상황이 발생한 경우에는 관리자에게 경보할 수 있는 시설을 하여야 하며 다음의 요건을 만족하여야 한다.
   가. 긴급상황이 발생하였을 때 전기저장장치를 자동 및 수동으로 정지시킬 수 있는 비상정지장치를 설치하여야 하며, 자동 비상정지는 5초 이내로 동작하여야 한다.
   나. 수동 조작을 위한 비상정지장치는 신속한 접근 및 조작이 가능한 장소에 설치하여야 한다.
3. 이차전지를 시설하는 장소의 내부 및 외부에는 가능한 한 사각지대가 없도록 감시하기 위한 CCTV를 시설하여야 한다.
4. 전기저장장치의 상시 운영정보 및 CCTV 영상정보, 제2의 긴급상황 관련 계측정보에서 기록되는 시간을 실시간으로 동기화하고, 이차전지실 외부의 안전한 장소에 전송되어 최소 1개월 이상 보관하여야 한다. 사고 발생 시, 위 정보를 제조사, 관리자, 소유자 및 사고조사기관에 공유해야 한다. 다만, CCTV 영상정보는 7일간 보관하여야 한다.
5. 전기저장장치의 제어·감시장치를 포함한 주요 설비 사이의 통신장애를 방지하기 위한 보호대책을 고려하여 시설하여야 한다.
6. 전기저장장치는 정격 이내의 최대 충전범위를 초과하여 충전하지 않도록 하여야 하고 완전 충전 후 추가 충전은 금지하여야 한다.

512.1.5 전용건물에 시설하는 경우

전기저장장치를 일반인이 출입하는 건물에서 분리된 별도의 장소에 시설하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전기저장장치 시설장소의 바닥, 천장(지붕), 벽면 재료는 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」에 따른 불연재료이어야 한다. 단, 단열재는 준불연재료 또는 이와 동등 이상의 것을 사용할 수 있다.

나. 전기저장장치 시설장소는 지표면을 기준으로 높이 22 m 이내로 하고 해당 장소의 출구가 있는 바닥면을 기준으로 깊이 9 m 이내로 하여야 한다.

다. 이차전지는 전력변환장치 등의 다른 전기설비와 분리된 격실(이하 512에서 ‘이차전지실’라 한다)에 설치하고 다음에 따라야 한다.

(1) 이차전지실의 벽면 재료 및 단열재는 “가”의 것과 같아야 한다.

(2) 이차전지는 벽면으로부터 1 m 이상 이격하여 설치하여야 한다. 다만, 옥외의 전용 컨테이너 및 인클로저는 제조사가 정한 거리를 이격한 경우에는 예외로

할 수 있으며, 컨테이너 및 인클로저의 면적은 42 m^2 이하여야 한다.

(3) 이차전지와 물리적으로 인접 시설해야 하는 제어장치 및 보조설비(공조설비 및 조명설비 등)는 이차전지실 내에 설치할 수 있다.

(4) 이차전지실 내부와 가스 또는 열배출 경로에는 가연성 물질을 두지 않아야 한다.

(5) 이차전지, 전력변환장치, 배전반 등은 침수의 우려가 없도록 하며, 지상에 시설하는 경우에는 일반 지역은 지표면에서부터 최소 0.3 m 이상 높이에 설치하고 염전 또는 간척지 등의 지역은 지표면에서 최소 0.6 m 이상 높이에 설치할 것.

라. 511.1.1의 2에도 불구하고 인화성 또는 유독성 가스가 축적되지 않는 근거를 제조사에서 제공하는 경우에는 이차전지실에 한하여 환기시설을 생략할 수 있다.

마. 전기저장장치가 차량에 의해 충격을 받을 우려가 있는 장소에 시설되는 경우에는 충돌방지장치 등을 설치하여야 한다.

바. 전기저장장치 시설장소는 주변 시설(도로, 건물, 가연물질 등)로부터 1.5 m 이상 이격하고 다른 건물의 출입구나 피난계단 등 이와 유사한 장소로부터는 3 m 이상 이격하여야 한다.

사. 이차전지실은 이차전지 용량의 5 MWh 이하 단위로 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」에 따른 내화구조의 격벽을 설치하여야 한다.

512.1.6 전용건물 이외의 장소에 시설하는 경우

전기저장장치를 일반인이 출입하는 건물의 부속공간에 시설(옥상에는 설치할 수 없다)하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 전기저장장치 시설장소는 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」에 따른 내화구조이어야 한다.

나. 이차전지모듈의 직렬 연결체(이하 512에서 ‘이차전지랙’)의 용량은 50 kWh 이하로 하고 건물 내 시설 가능한 이차전지의 총 용량은 600 kWh 이하이어야 한다.

다. 이차전지랙과 랙 사이는 1 m 이상 이격하고, 랙과 벽면 사이는 전면부의 경우 1 m 이상, 측면과 후면부의 경우 0.8 m 이상 이격하여야 한다. 다만, 512.1.6의 “가”에 의한 벽이 삽입된 경우 이차전지랙과 랙 사이의 이격은 예외로 할 수 있다.

라. 이차전지실은 건물 내 다른 시설(수전설비, 가연물질 등)로부터 1.5 m 이상 이격하고 각 실의 출입구나 피난계단 등 이와 유사한 장소로부터 3 m 이상 이격하여야 한다.

마. 배선설비가 이차전지실 벽면을 관통하는 경우 관통부는 해당 구획부재의 내화성능을 저하시키지 않도록 충전(充塡)하여야 한다.

바. 기타 사항은 512.1.5에 따른다.

512.2 납계・니켈계・바나듐계 이차전지의 시설

70 kWh를 초과하는 납계·니켈계·바나듐계 이차전지를 적용한 전기저장장치의 경우 512.1.4의 3에 따라 CCTV를 시설하고 영상정보를 안전한 장소에 최소 7일간 보관하여야 한다.

512.3 흐름전지의 시설

512.3.1 적용범위

20 kWh를 초과하는 흐름전지를 사용한 전기저장장치에 적용한다.

512.3.2 설비의 안전 요구사항

1. 흐름전지 시스템의 회로는 다른 부위의 도전부와 절연되어야 하며, 최소 절연저항은 공칭전압의 100 Ω/V 이상이어야 한다.
2. 전해질과 접촉하는 부품은 내부식성 및 내구성을 갖추어야 한다.
3. 512.1.4의 3에 따라 CCTV를 시설하고 영상정보를 안전한 장소에 최소 7일간 보관하여야 한다.

512.3.3 전해질 유출방지 및 중화장치

전해질은 유출이 없도록 밀봉하고 유해가스로 인한 사고를 방지하기 위해 다음과 같은 장치를 시설하여야 한다.

가. 전해질 용기와 전기저장장치를 갖춘 장소에는 전해질 유출 제어장치를 시설하여야 한다.

나. 전해질 유출을 감지하고 수집하는 장치를 시설하여야 한다.

다. 전해질 유출물의 농도를 pH 5.0~9.0 사이로 중화할 수 있는 중화장치를 시설하여야 한다.

512.3.4 흐름전지를 전용건물에 시설하는 경우

흐름전지를 이용한 전기저장장치를 전용건물에 시설하는 경우에는 512.1.5의 “나”부터 “마”(512.1.5의 “다”(1)과 (2)는 제외한다)까지의 규정에 의하여 시설하여야 한다.

512.3.5 흐름전지를 전용건물 이외의 장소에 시설하는 경우

1. 흐름전지를 이용한 전기저장장치를 전용건물 이외의 장소에 시설하는 경우에는 512.1.6의 “나”, “마”와 512.3.4의 규정에 의하여 시설하여야 한다.
2. 흐름전지를 이용한 전기저장장치의 시설장소는 KDS 41 10 15(국가건설기준 : 건축구조기준 설계하중)에 따라 하중에 견디도록 시설하여야 한다.

513 이차전지를 이용한 특수용도의 시설

513.1 이동형 전기저장장치

이차전지를 이용한 이동형 전기저장장치는 다음에 따라 시설하여야 한다.

513.1.1 설치장소의 요구사항

1. 이동형 전기저장장치를 충전, 보관하는 시설은 512에 따른다.
2. 이동형 전기저장장치를 동일한 장소에 사용하는 경우 기간은 30일을 초과할 수 없다. 다만, 30일을 초과하는 경우 512에 따라 시설하여야 한다.
3. 이동형 전기저장장치는 옥내, 지붕이 있는 주차장, 옥상, 지하 등에 설치할 수 없다.
4. 이동형 전기저장장치는 공공도로, 건물, 가연성 물질, 위험 물질, 물건이 적층된 장소로부터 최소 3 m 이상 이격하여야 한다.
5. 이동형 전기저장장치는 출입금지 표시 및 잠금장치가 있는 울타리 등을 시설하여야 하고, 울타리 등으로부터 1.5 m 이상 이격하여야 한다.
6. 전력계통에 연계하는 전기배선은 사람이 접촉할 우려가 없도록 232.11, 232.12, 232.51에 따라 시설하여야 한다. 다만, 232.51에 따라 시설하는 경우에는 방호장치를 시설하여야 한다.

513.1.2 설비의 안전 요구사항

1. 이동형 전기저장장치의 이차전지는 512(512.1.4의 3은 제외한다)에 따른다.
2. 이차전지는 기계적 충격・진동 등에 안전성을 확보하도록 KS C IEC 62660-2(전기자동차용 리튬이차전지 셀-제2부: 신뢰성 및 오용 시험) 또는 동등 이상의 기준에 적합하여야 한다.
3. 이동 시 충격진동을 계측할 수 있는 장치를 시설하여 진동 속도는 2.8 mm/s 이하여야 하며 진동 임계치는 3 G 이하가 되도록 유지하여야 한다.

(520 태양광발전설비)

521 일반사항

521.1 설치장소의 요구사항

1. 인버터, 제어반, 배전반 등의 시설은 기기 등을 조작 또는 보수점검할 수 있는 공간을 확보하고 필요한 조명설비를 시설하여야 한다.
2. 인버터 등을 수납하는 공간에는 실내온도의 과열 상승을 방지하기 위하여 온도 및 습도를 유지하도록 환기시설을 시설하여야 한다.
3. 배전반, 인버터, 접속장치 등을 옥외에 시설하는 경우 침수의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
4. 태양전지 모듈을 지붕에 시설하는 경우 취급자에게 추락의 위험이 없도록 점검통로를 안전하게 시설하여야 한다.
5. 태양전지 모듈의 직렬군 최대개방전압이 직류 750 V 초과 1500 V 이하인 시설장소는 다음에 따라 울타리 등의 안전조치를 하여야 한다.
   가. 태양전지 모듈을 지상에 설치하는 경우는 351.1의 1 및 2에 의하여 울타리·담 등을 시설하여야 한다.
   나. 태양전지 모듈을 일반인이 쉽게 출입할 수 있는 옥상·지붕 등에 시설하는 경우는 “가” 또는 341.8의 1의 “바”에 의하여 시설하여야 하고 식별이 가능하도록 위험 표시를 하여야 한다.
   다. 태양전지 모듈을 일반인이 쉽게 출입·접근할 수 없는 옥상·지붕·벽 등에 설치하는 경우는 모듈 프레임 등 쉽게 식별할 수 있는 위치에 위험 표시를 하여야 한다.
   라. 태양전지 모듈을 주차장 상부에 시설하는 경우는 “나”와 같이 시설하고 차량의 출입 등에 의한 구조물, 모듈 등의 손상이 없도록 하여야 한다.
   마. 태양전지 모듈을 수상에 설치하는 경우는 “다”와 같이 시설하여야 한다.
6. 산지에 시설되는 태양광발전소는「산지관리법」제15조의2(산지일시사용허가ㆍ신고)의 기준에 적합하게 시설하여야 한다.

521.2 설비의 안전 요구사항

1. 태양전지 모듈, 전선, 개폐기 및 기타 기구는 충전부분이 노출되지 않도록 시설하여야 한다.
2. 모든 접속함에는 내부의 충전부가 인버터로부터 분리된 후에도 여전히 충전상태일 수 있음을 나타내는 경고가 붙어 있어야 한다.
3. 태양광설비의 고장이나 외부 환경요인으로 인하여 계통연계에 문제가 있을 경우 회

로분리를 위한 안전시스템이 있어야 한다.

521.3 옥내전로의 대지전압 제한

주택의 태양전지모듈에 접속하는 부하측 옥내배선(복수의 태양전지모듈을 시설하는 경우에는 그 집합체에 접속하는 부하 측의 배선)의 대지전압 제한은 511.1.3에 따른다.

522 태양광설비의 시설

522.1 간선의 시설기준

522.1.1 전기배선

1. 전선은 다음에 의하여 시설하여야 한다.
   가. 모듈 및 기타 기구에 전선을 접속하는 경우는 나사로 조이거나 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법으로 기계적·전기적으로 안전하게 접속하고, 접속점에 장력이 가해지지 않도록 할 것
   나. 배선시스템은 바람, 결빙, 물, 온도, 태양방사와 같이 예상되는 외부 영향을 견디도록 시설할 것
   다. 모듈의 출력배선은 극성별로 확인할 수 있도록 표시할 것
   라. 직렬 연결된 태양전지모듈의 배선은 과도과전압의 유도에 의한 영향을 줄이기 위하여 스트링 양극간의 배선간격이 최소가 되도록 배치할 것
   마. 기타 사항은 511.2.1에 따를 것
2. 단자와 접속은 511.2.2에 따른다.

522.2 태양광설비의 시설기준

522.2.1 태양전지 모듈의 시설

태양광설비에 시설하는 태양전지 모듈(이하 “모듈”이라 한다)은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 모듈은 자체중량, 적설, 풍압, 지진 및 기타의 진동과 충격에 대하여 탈락하지 아니하도록 지지물에 의하여 견고하게 설치할 것
나. 모듈의 각 직렬군은 동일한 단락전류를 가진 모듈로 구성하여야 하며 1대의 인버터(멀티스트링 인버터의 경우 1대의 MPPT 제어기)에 연결된 모듈 직렬군이 2병렬 이상일 경우에는 각 직렬군의 출력전압 및 출력전류가 동일하게 형성되도록 배열할 것
다. 모듈을 수상형으로 시설하는 경우에는 다음과 같이 시설하여야 한다.
   (1) 모듈은 군중하중, 파랑, 조류 등의 영향을 고려하여 안전하게 시설할 것.
   (2) 모듈은 파랑, 파고, 조류 등에 의하여 수면에 잠기지 않도록 충분한 높이를 확

보할 것.

라. 건물일체형 태양광발전은 다음과 같이 시설하여야 한다.

(1) 모듈은 기계적・구조적으로 안전성을 확보할 것.

(2) 방수 등의 문제가 없도록 외부 환경 및 기후로부터 보호할 것.

마. 건물부착형 태양광발전은 다음과 같이 시설하여야 한다.

(1) 모듈 배면의 배선이 배수 또는 이물질에 노출될 수 있으므로 경사지붕 및 외벽 표면에 전선이 닿지 않도록 견고하게 고정할 것.

(2) 건물외벽 등에 태양광설비 부착 시 경사지붕 및 외벽 표면에 균열이 생기지 않도록 하고 방수, 고정 등에 문제가 없도록 설치할 것.

522.2.2 전력변환장치의 시설

인버터, 절연변압기 및 계통 연계 보호장치 등 전력변환장치의 시설은 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 인버터는 실내 · 실외용을 구분할 것

나. 각 직렬군의 태양전지 개방전압은 인버터 입력전압 범위 이내일 것

다. 옥외에 시설하는 경우 방수등급은 IPX4 이상일 것

522.2.3 모듈을 지지하는 구조물

모듈의 지지물은 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 자체중량, 적재하중, 적설 또는 풍압, 지진 및 기타의 진동과 충격에 대하여 안전한 구조일 것

나. 부식환경에 의하여 부식되지 아니하도록 다음의 재질로 제작할 것

(1) 용융아연 또는 용융아연-알루미늄-마그네슘합금 도금된 형강

(2) 스테인리스 스틸(STS)

(3) 알루미늄합금

(4) 상기와 동등이상의 성능(인장강도, 항복강도, 압축강도, 내구성 등)을 가지는 재질로서 KS제품 또는 동등이상의 성능의 제품일 것

다. 모듈 지지대와 그 연결부재의 경우 용융아연도금처리 또는 녹방지 처리를 하여야 하며, 절단가공 및 용접부위는 방식처리를 할 것

라. 설치 시에는 건축물의 방수 등에 문제가 없도록 설치하여야 하며 볼트조립은 헐거움이 없이 단단히 조립하여야 하며, 모듈-지지대의 고정 볼트에는 스프링 와셔 또는 풀림방지너트 등으로 체결할 것

마. 수상에 시설되는 부력체는 다음과 같이 시설하여야 한다.

(1) 수상형 부력체는 부력의 불균형이 발생하지 않도록 균일하고 적정하게 배치할 것

(2) 온도차, 수면의 결빙, 유속 및 부유물 등의 외부환경 변화에 대해 충분한 강도를 유지할 수 있는 재질과 내구성을 갖출 것

522.3 제어 및 보호장치 등

522.3.1 어레이 출력 개폐기

1. 어레이 출력 개폐기는 다음과 같이 시설하여야 한다.
   가. 태양전지 모듈에 접속하는 부하측의 태양전지 어레이에서 전력변환장치에 이르는 전로(복수의 태양전지 모듈을 시설한 경우에는 그 집합체에 접속하는 부하측의 전로)에는 그 접속점에 근접하여 개폐기 기타 이와 유사한 기구(부하전류를 개폐할 수 있는 것에 한한다)를 시설할 것
   나. 어레이 출력개폐기는 점검이나 조작이 가능한 곳에 시설할 것

522.3.2 과전류, 지락 및 아크보호장치

1. 모듈을 병렬로 접속하는 전로에는 그 전로에 단락전류가 발생할 경우에 전로를 보호하는 과전류차단기 또는 기타 기구를 시설하여야 한다. 단, 그 전로가 단락전류에 견딜 수 있는 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 태양전지 발전설비의 직류 전로에 지락이 발생했을 때 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하고 그 방법 및 성능은 KS C IEC 60364-7-712(2017) 712.42 또는 712.53에 따를 수 있다.
3. 옥상 · 지붕 · 벽면 등에 시설하는 태양광설비의 직류 전로에 아크가 발생했을 때 이를 검출하여 차단하는 장치를 시설하여야 하며, 그 방법 및 성능은 IEC 63027에 따른다. 다만, 발전설비 용량이 1,000 kW 이하인 경우에는 예외로 한다.

522.3.3 상주 감시를 하지 아니하는 태양광발전소의 시설

상주감시를 하지 아니하는 태양광발전소의 시설은 351.8에 따른다.

522.3.4 접지설비

1. 태양전지 모듈의 프레임은 지지물과 전기적으로 완전하게 접속하여야 한다.
2. 수상에 시설하는 태양전지 모듈 등의 금속제는 접지를 해야하고, 접지시 접지극을 수중에 띄우거나, 수중 바닥에 노출된 상태로 시설하여서는 아니 된다.
3. 기타 접지시설은 140의 규정에 따른다.

522.3.5 피뢰설비

태양광설비의 외부피뢰시스템은 150의 규정에 따라 시설한다.

522.3.6 태양광설비의 계측장치

태양광설비에는 전압과 전류 또는 전압과 전력을 계측하는 장치를 시설하여야 한다.

(530 풍력발전설비)

531 일반사항

1. 이 규정은 육상 및 해상 풍력발전설비에 적용한다. 다만, 로터 회전면적 200 m^2 이하이고 정격전압이 교류 1,000 V, 직류 1,500 V 이하인 소형 풍력발전설비의 경우에는 KS C IEC 61400-2(풍력터빈 - 제2부)를 적용할 수 있다.
2. 풍력발전설비는 해당 지역의 외기온도 등 기후 및 환경조건에서 정상적인 운전이 가능하여야 한다.
3. 기타 안전 요구사항
   가. 나셀 등의 접근 시설
   나셀 등 풍력발전기 상부시설에 접근하기 위한 안전한 시설물을 강구하여야 한다.
   나. 항공장애 표시등 시설
   풍력발전설비의 항공장애등 및 주간장애표지는 「공항시설법」 제36조(항공장애 표시등의 설치 등)의 규정에 따라 시설하여야 한다.
   다. 화재방호설비 시설
   (1) 500 kW 이상의 풍력터빈은 나셀 내부의 화재 발생 시, 이를 자동으로 소화할 수 있는 화재방호설비를 시설하여야 한다.
   (2) 화재방호설비는 나셀 내부의 화재 감지 시 전원차단장치와 연동하여 전원을 차단할 수 있도록 시설하여야 한다.
   라. 육상 풍력발전설비의 넘어짐에 의해 민가, 축사 등 주변시설물에 피해를 주지 않도록 설치하여야 한다.
   마. 항만 기능 및 주변 해역의 이용 등에 대한 영향
   (1) 해상 풍력발전설비의 넘어짐에 의해 항만 기능에 영향이 미치지 않도록 설치하여야 한다.
   (2) 해상 풍력발전설비의 시설이 항만의 개발·이용·보전 또는 주변 해역의 이용 등에 지장을 주지 않아야 한다.
   바. 항행 선박에 대한 시인성 확보
   해상 풍력발전설비는 기상 등의 환경 조건 및 주야에 관계없이 항행 선박이 이를 식별할 수 있도록 항로 표지를 시설하여야 한다.

532 육상 풍력발전설비

532.1 하중 및 하중조합

532.1.1 하중

육상 풍력발전설비 설계 시, 다음의 하중을 적용하여야 한다.

1. 고정하중 및 관성하중
   가. 고정하중 및 관성하중 산정 시, 중력, 진동, 회전 및 지진 활동에서 발생하는 정적 및 동적 하중을 고려할 것
   나. 지진하중 산정 시, 180(발전설비 내진)의 규정을 적용하며 설비 용량 산정은 개별 풍력발전설비의 용량을 적용할 것. 다만, KS C IEC 61400-1의 "7.4 설계 상태 및 하중 케이스"에 따른 하중조합을 사용하는 경우에는 국제표준에 따라 지진하중 및 재현주기를 산정할 것
2. 공력 하중
   가. 로터 날개의 회전속도, 로터 회전면을 통과하는 바람의 영향 등을 고려하여야 한다.
   나. 풍하중 산정을 위한 바람조건에 대한 사항은 KS C IEC 61400-1의 "6.3 바람 조건"을 적용한다.
3. 운전 하중
   풍력발전설비의 운전 및 제어에 따라 발생하는 하중을 고려하여야 한다.
4. 기타 하중
   와류 진동으로 인한 하중, 후류하중, 충격하중, 결빙하중 등 발생 가능한 하중을 고려하여야 한다.

532.1.2 하중조합

1. 풍력발전설비는 최소한 발전상태, 발전 중 고장발생 상태, 시동상태, 정상정지상태, 긴급정지상태, 대기상태, 대기 중 고장발생 상태, 수송·조립·유지보수·수리상태를 고려한 하중조합에 대하여 안전하여야 한다.
2. 각 설계 하중조합에 대하여 극한강도해석 또는 피로하중해석 등의 해석을 수행하여야 하며, 각각의 해석 시, 부분안전계수를 고려하여야 한다.
3. 그 밖에 하중조합과 관련된 사항은 KS C IEC 61400-1의 "7.4 설계 상태 및 하중 케이스"를 적용한다.

532.2 로터 날개

1. 로터 날개는 532.1.2의 하중조합에 대하여 안전한 구조가 되도록 설계하여야 한다.
2. 로터 날개 제조자는 KS C IEC 61400-23의 규정에 따른 실규모 구조 시험을 통하여 설계 수명 동안 작용하는 하중을 견딜 수 있음을 검증하여야 한다.

532.3 기계 시스템

532.3.1 일반 사항

1. 기계 시스템은 532.1.2의 하중조합에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.
2. 피로해석이 요구되는 기계 시스템은 피로해석을 수행하여 내구한도를 검증하여야 한다.

3. 기계 시스템에 사용되는 재료는 KS 또는 동등 이상의 규격에 적합하여야 한다.
4. 그 밖에 기계 시스템과 관련된 사항은 KS C IEC 61400-1을 적용한다.

532.3.2 유압 및 공압 시스템

1. 재료
   가. 배관에는 이음매 없는 강관 또는 전기저항용접강관이 사용되어야 한다.
   나. 신축배관은 KS 또는 동등 이상의 규격에 적합한 것이어야 한다.
   다. 부식방지재료를 사용하지 않은 구성품은 부식방지설비를 갖추어야 한다.
2. 유공압 시스템 내부 압력이 설계압력을 초과하지 않도록 안전밸브를 설치하여야 한다.
3. 유공압 시스템의 모든 구성품은 조립, 조정 및 정비를 위해 접근이 용이하여야 한다.
4. 압력이 없거나 유공압 시스템이 고장난 경우에도 풍력발전설비를 안전한 상태로 유지할 수 있도록 설계하여야 한다.
5. 유압을 사용하는 경우 다음 사항을 추가로 만족하여야 한다.
   가. 작동유 누설을 확인할 수 있는 장치를 갖추어야 한다.
   나. 작동유 누설에 대비하여 기름받이를 설치하여야 한다.
   다. 작동유가 온도를 유지할 수 있는 장치를 갖추어야 한다.
   라. 시스템 내ㆍ외부에서 발생할 수 있는 이물질을 막기 위해 필터를 설치하여야 한다.

532.3.3 허브

1. 주물로 제조되는 허브는 응력집중을 최소화할 수 있도록 형상이 변하는 곳에서는 완만한 곡선 및 필렛(fillet)을 가져야 한다.
2. 소성 변형이 발생하지 않도록 탄성영역에서 설계하여야 한다. 단, 연성 또는 반연성 재료를 사용하는 경우에는 국부 노치에 제한하여 응력이 집중되는 부분은 예외로 한다.

532.3.4 기어박스

풍력발전설비에 사용되는 기어박스는 KS C IEC 61400-4에 따라 설계한다.

532.3.5 요(Yaw) 시스템

요 시스템을 구성하는 장치는 다음에 따라야 한다.

1. 전동기
   요 시스템에 사용되는 전동기는 532.4의 규정에 따라야 한다.
2. 요 브레이크
   가. 먼지, 부식, 기름 등의 이물질에 대한 대비책을 마련해야 한다.
   나. 모든 하중 조건에 대해서 나셀을 고정시킬 수 있도록 브레이크 용량을 산정하여야 한다.
3. 케이블 꼬임 계수기
   케이블의 회전수를 계측하고 케이블 꼬임을 풀어주어야 하는 시기를 감지할 수 있는 장치를 설치하여야 한다.

532.3.6 피치 시스템

1. 날개의 피치각도 조정을 통해 목표 출력을 유지할 수 있는 기능과 성능을 갖추어야 한다.
2. 풍력발전설비의 유지보수 시, 피치 시스템을 고정할 수 있는 잠금장치를 구비하여야 한다.

532.3.7 기계식 브레이크에 대한 보호 기능

1. 마찰 패드 등 마모되는 모든 요소들에 대하여 잔여 수명은 제어 시스템에 의해 감시되어야 하며, 제동 시스템의 마모로 인해 비상정지가 불가능할 경우 풍력 발전설비를 가동하여서는 안된다.
2. 브레이크가 작동하여 최소 제동수준에서 슬립(slip) 가능성이 있는 경우, 과열 및 브레이크 성능 열화를 방지하고 화재 위험이 없도록 설계하여야 한다.
3. 브레이크는 전원이 공급되지 않는 경우에도 날개, 로터 또는 나셀을 고정할 수 있어야 한다.

532.4 전기시스템

532.4.1 간선 및 분기선의 시설기준

1. 간선 및 분기선은 다음에 의해 시설하여야 한다.
   가. 풍력발전기에서 출력배선에 쓰이는 전선은 CV선 또는 TFR-CV선을 사용하거나 동등 이상의 성능을 가진 제품을 사용하여야 하며, 전선이 지면을 통과하는 경우에는 피복이 손상되지 않도록 별도의 조치를 취할 것
   나. 기타 사항은 511.2.1에 따를 것
2. 단자와 접속은 511.2.2에 따른다.

532.4.2 개폐장치의 시설

1. 풍력터빈은 작업자의 안전을 위하여 유지, 보수 및 점검 시 전원 차단을 위해 풍력터빈 타워의 기저부에 개폐장치를 시설하여야 한다.
2. 고압의 개폐장치는 금속으로 밀폐되어야 하며, 외함의 보호 등급은 최소 IP2X 이상이어야 한다.

532.4.3 변압기의 시설

풍력터빈 내의 단상 1 kVA, 3상 5 kVA를 초과하는 변압기는 밀폐되도록 시설하거나, 격벽 또는 분리된 전용구역에 시설하여야 한다.

532.4.4 전동기 구동장치 및 컨버터의 시설

1. 전동기 구동장치 및 컨버터는 화재, 전기충격 등으로부터 보호되도록 시설하여야 한다.
2. 충전부는 최소 IP2X 이상의 외함 안에 배치되거나 격벽 뒤에 위치하도록 시설하여야 한다.

532.4.5 허브시스템

1. 허브 내부의 장치는 전기 구성요소가 손상되지 않도록 보호하기 위해 KS C IEC 60529에 따른 등급의 외함으로 시설하여야 한다.
2. 제어시스템과 관련된 배선은 허브 회전, 의도하지 않은 충격 등으로 인한 손상으로부터 기계적으로 보호되어야 한다.

532.4.6 보호설비

이상전압 등이 발생할 경우 필요에 따라 전기설비에 전원 공급이 차단될 수 있도록 보호장치를 시설하여야 한다.

532.4.7 접지설비

1. 접지설비는 풍력발전설비 타워기초를 이용한 통합접지공사를 하여야 하며, 설비 사이의 전위차가 없도록 등전위본딩을 하여야 한다.
2. 기타 접지시설은 140의 규정에 따른다.

532.4.8 피뢰설비

기술기준 제175조의 규정에 준하여 다음에 따라 피뢰설비를 시설하여야 한다.

가. 피뢰설비는 KS C IEC 61400-24(풍력발전기－낙뢰보호)에서 정하고 있는 피뢰구역(Lightning Protection Zones)에 적합하여야 하며, 다만 별도의 언급이 없다면 피뢰레벨(Lightning Protection Level: LPL)은 I 등급을 적용하여야 한다.

나. 풍력터빈의 피뢰설비는 다음에 따라 시설하여야 한다.

(1) 수뢰부를 풍력터빈 선단부분 및 가장자리 부분에 배치하되 뇌격전류에 의한 발열에 의해 녹아서 손상되지 않도록 재질, 크기, 두께 및 형상 등을 고려할 것

(2) 풍력터빈에 설치하는 인하도선은 쉽게 부식되지 않는 금속선으로서 뇌격전류를 안전하게 흘릴 수 있는 충분한 굵기여야 하며 가능한 직선으로 시설하고, 인하도선으로 사용하는 자연적 구성부재는 152.2의 4에 따라 시설할 것

(3) 풍력터빈 내부의 계측 센서용 케이블은 금속관 또는 차폐케이블 등을 사용하여 뇌유도과전압으로부터 보호할 것

(4) 풍력터빈에 설치한 피뢰설비(리셉터, 인하도선 등)의 기능저하로 인해 다른 설비에 영향을 미치지 않을 것

다. 풍향·풍속계가 보호범위에 들도록 나셀 상부에 피뢰침을 시설하고 인하도선은 나셀프레임에 접속하여야 한다.

라. 전력기기·제어기기 등의 피뢰설비는 다음에 따라 시설하여야 한다.

(1) 전력기기는 금속시스케이블, 내뢰변압기 및 서지보호장치(SPD)를 적용할 것

(2) 제어기기는 광케이블 및 포토커플러를 적용할 것

마. 기타 피뢰설비시설은 150의 규정에 따른다.

532.4.9 기타 전기설비

그 밖에 전기시스템과 관련된 사항은 KS C IEC 61400-1의 “10 전기 시스템”을 적용

한다.

532.5 제어시스템

532.5.1 제어 및 보호장치 시설의 일반 요구사항

기술기준 제174조에서 요구하는 제어 및 보호장치는 다음과 같이 시설하여야 한다.

1. 제어장치는 다음과 같은 기능 등을 갖추어야 한다.
   가. 풍속에 따른 출력 조절
   나. 출력제한
   다. 회전속도제어
   라. 계통과의 연계
   마. 기동 및 정지
   바. 계통 정전 또는 부하의 손실에 의한 정지
   사. 요잉에 의한 케이블 꼬임 제한
   아. 풍향에 대한 위치 조정
   자. 이상진동 시 운전제어
   차. 날개 피치각 제어
2. 제어기능의 고장 시에도 풍력터빈을 안전 하게 정지시킬 수 있어야 한다.
3. 보호장치는 다음의 조건에서 풍력발전기를 보호하여야 한다.
   가. 과풍속 또는 과속도
   나. 발전기의 과출력 또는 고장
   다. 이상진동
   라. 계통 정전 또는 사고
   마. 케이블의 꼬임 한계

532.5.2 풍력터빈 정지장치의 시설

기술기준 제170조에 따른 풍력터빈 정지장치는 표 532.5-1과 같이 자동으로 정지하는 장치를 시설하는 것을 말한다.

표 532.5-1 풍력터빈 정지장치

이 상 상 태	자동정지장치	비 고
풍력터빈의 회전속도가 비정상적으로 상승	○	
풍력터빈의 컷 아웃 풍속	○	
풍력터빈의 베어링 온도가 과도하게 상승	○	정격 출력이 500 kW 이상인 원동기(풍력터빈은 시가지 등 인가가 밀집해 있는 지역에 시설된 경우 100 kW 이상)
풍력터빈 운전중 나셀진동이 과도하게 증가	○	시가지 등 인가가 밀집해 있는 지역에 시설된 것으로 정격출력 10 kW 이상의 풍력 터빈
제어용 압유장치의 유압이 과도하게 저하된 경우	○	용량 100 kVA 이상의 풍력발전소를 대상으로 함
압축공기장치의 공기압이 과도하게 저하된 경우	○	
전동식 제어장치의 전원전압이 과도하게 저하된 경우	○	

2. 풍력터빈은 수동으로 정지가 가능한 비상정지장치를 갖추어야 하며, 운전자의 접근성 및 안전성을 고려하여 시설하여야 한다.
3. 모든 운전조건에서 풍력터빈의 로터를 감속하거나 정지시킬 수 있는 제어기능을 갖는 제동장치를 시설하여야 한다.
4. 비상정지 작동 후 로터가 정지하도록 제동장치를 설계한 경우, 제동장치는 설계 시 고려한 바람조건에 대해 최소 1시간 동안 로터를 정지 상태로 유지시킬 수 있어야 한다.

532.5.3 상주감시를 하지 아니하는 풍력발전소의 시설

상주감시를 하지 아니하는 풍력발전소의 시설은 351.8에 따른다.

532.6 지지 구조물

532.6.1 일반사항

1. 지지 구조물은 532.1의 하중 및 하중조합에 대하여 안전성, 안정성 및 사용성을 확보하여야 한다.
2. 내구성
   가. 시간에 따른 하중 및 지지 구조물의 특성 변화가 구조물의 거동에 영향을 미치지

않아야 한다.

나. 설계 및 환경 조건에 따라 지지 구조물에 대해 부식방지 조치를 하여야 한다.

3. 극한한계상태, 피로한계상태, 사용성한계상태에 대해 다음의 검증이 수행되여야 한다.

가. 극한한계상태 : 과도한 변형 또는 전체 구조물이나 구성요소가 불안정 상태 등으로 전환됨에 따른 파손

나. 피로한계상태 : 피로 또는 기타 시간 의존적 영향으로 인한 전체 구조물이나 구성요소의 파손

다. 사용성한계상태 : 정상 사용상태에서 구조물이나 구성요소의 기능을 고려해야 하는 한계상태

4. 지지 구조물에 사용되는 재료는 KS 또는 동등 이상의 규격에 적합하여야 한다.

5. 부분안전계수는 KS C IEC 61400-1의 “7 구조 설계” 및 KS C IEC 61400-6을 적용한다.

6. 지지 구조물의 모드별 감쇠는 계측 또는 해석을 통해 확인하여야 한다.

7. 극한한계상태 해석 시, 비선형 2차 효과(second order effects)로 인한 추가 하중을 고려하여야 한다.

8. 회전 장치 및 기타 요소에 의해 발생하는 진동에 의해 타워에 공진이 발생하지 않아야 한다. 이때, 타워의 고유진동수는 지반과의 상호작용을 고려하여 산정하여야 한다.

9. 그 밖에 지지 구조물과 관련된 사항은 KS C IEC 61400-6을 적용한다.

532.6.2 타워

1. 강재 타워

가. 재료

(1) 구조용 강재

(가) 용접성 및 열화에 대한 저항성 향상과 취성파괴에 대한 위험도 감소를 위하여 구조용 강재로 정상 기후 조건에서는 세미킬드강을, 한랭 기후에서는 완전킬드강을 사용하여야 한다.

(나) 연성 확보를 위해 인장강도 대 항복강도의 공칭비는 1.10 이상이어야 하며, 파단 시 연신율은 15 % 이상이어야 한다.

(다) 부재의 최저 온도, 두께 등을 고려하여 소요 파괴인성을 결정하여야 한다.

(라) 강재의 화학 조성은 KS D 7004(연강용 피복아크 용접봉) 등 사용되는 용접 관련 기준에 적합하여야 한다.

(2) 볼트 및 기초볼트

타워에 사용되는 볼트 및 기초볼트의 재료는 KS B 1016(기초볼트), ISO 898-1 또는 동등 이상의 규격에 적합하여야 한다.

나. 극한강도검증

(1) 모든 설계하중조합 중 가장 불리한 합력에 대해 안전성을 확보하여야 한다.

(2) 개구부가 있는 경우, 응력 집중 현상에 대해 안전성을 확보하여야 한다.

다. 안정성

발생 가능한 국부 및 전체 좌굴에 대하여 안정성을 확보하여야 한다.

라. 피로한계상태

(1) 발생 가능한 하중으로 인한 피로응력에 대하여 안전한 구조이어야 한다.

(2) 지선으로 지지되는 타워의 경우 갤로핑(galloping) 등 추가 피로하중에 대한 요구사항을 고려하여야 한다.

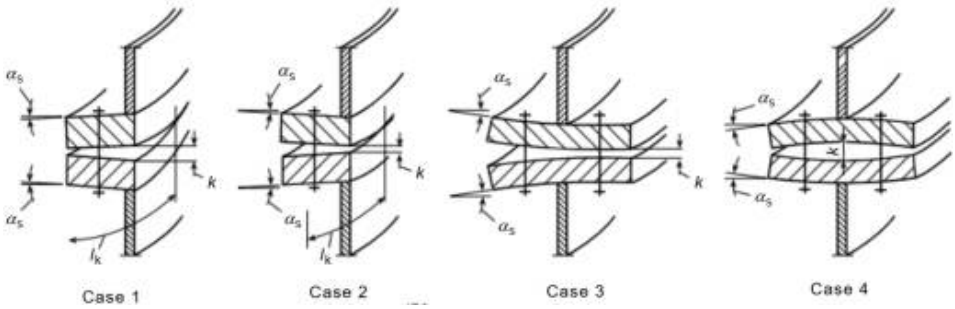
마. 링 플랜지 연결부

(1) 볼트의 설계 프리텐션 하중은 항복강도의 70 % 이하이어야 한다.

(2) 타워 플랜지 관련 치수 오차의 범위는 다음 표의 값을 초과할 수 없다.

표 532.6-1 플랜지 허용오차

특성	한계값
플랜지 당 전체 원주둘레 편평도 오차 (그림 532.6-1의 k/2)	2.0 mm
플랜지 당 원주둘레 30° 간격 세그먼트의 편평도 오차(그림 532.6-1의 k/2)	최대 1.0 mm
플랜지 당 접촉면 안쪽 기울기 (그림 532.6-1의 αs)	0.0° ~ 0.7°
테이퍼 와셔 사용전 플랜지 외부면 기울기 (그림 532.6-1의 αs)	2°



<그림 532.6-1> 타워 플랜지 간격 k

(3) 극한 한계상태 해석 시 다음 고장 모드를 고려하여야 한다.

(가) 볼트 파단

(나) 볼트 파단과 (타워 벽 또는 플랜지)항복의 조합

(다) (타워 벽 또는 플랜지)항복

바. 마찰 접합부

(1) 전단 접합부의 볼트에 작용하는 최대 설계하중은 구멍의 지압강도, 볼트 순단면의 항복강도 및 전단면에서의 전단강도 이하이어야 한다.

(2) 마찰접합부가 인장과 전단을 동시에 받는 경우, 볼트에 작용하는 최대 하중은 접합부의 미끄럼 강도 이하이어야 한다.

(3) 마찰접합부의 판재는 피로 하중에 대하여 안전성을 확보해야 하며, 특히 구멍으로 인한 국부 응력 증가와 편심하중에 의한 영향을 고려하여야 한다.

(4) 볼트와 구멍 사이의 접촉 부위에는 부식 방지 조치를 하여야 한다.

2. 콘크리트 타워

가. 내구성

(1) KDS 14 20 40(콘크리트구조 내구성 설계기준)에 따라 구조물의 내구성능을 확보하여야 한다.

(2) 콘크리트의 최소 피복두께는 KDS 14 20 50(콘크리트구조 철근상세 설계기준)의 “4.3 최소 피복 두께”에 따라야 한다.

나. 구조해석

타워 설계를 위한 구조해석 시, 비선형 2차 효과를 고려하여야 한다. 또한, 콘크리트 균열 및 철근의 항복으로 인한 재료의 비선형 거동은 필요 시 고려하여야 한다.

다. 콘크리트 이음부

(1) 이음부의 전단강도는 이음부 표면 상태에 따른 마찰계수를 고려하여 산정하여야 한다.

(2) 풍력발전설비에 작용하는 다양한 주기 하중으로 인한 전단강도 감소를 고려하여야 한다.

라. 극한한계상태

설계에서 참조하는 설계기준은 극한한계상태 설계에 적합하여야 한다.

마. 피로한계상태

콘크리트, 철근, 프리스트레스강, 이음부 등에 대한 피로안전성 검증을 실시하여야 한다.

바. 사용성한계상태

(1) 타워의 고유 진동수를 계산할 때 콘크리트 균열로 인한 강성 감소를 고려하여야 한다.

(2) 콘크리트 압축응력은 압축강도의 60 % 이하로, 철근 또는 프리스트레스 강재의 인장응력은 항복강도의 90 % 이하로 제한하여야 한다.

(3) 콘크리트의 균열은 구조물의 기능이나 내구성을 손상시키지 않아야 하며, 외

관 상 허용 가능한 범위 내로 제한하여야 한다.

532.6.3 기초

1. 전도, 지압파괴 및 미끄러짐에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.
2. 기초의 밑면은 동결심도 이하가 되도록 하여야 하며 지반은 상부 구조물의 하중을 지지할 수 있는 지내력을 확보하여야 한다.
3. 기초 설계를 위해 필요한 지반정보 획득 및 설계정수 산정을 위한 지반조사는 KDS 11 10 10(지반조사)의 규정에 따른다.
4. 기초 설계 중 콘크리트와 관련한 사항은 532.6.2의 2. 콘크리트 타워 규정을 따른다.
5. 타워와 기초판이 연결되는 부분은 기초판의 뚫림 전단파괴에 대해 검토하여야 한다.
6. 반복하중에 대하여 지반의 강성 저하가 없도록 하여야 한다.
7. 기울기 및 침하는 다음에 따라야 한다.
   가. 터빈제조사에 의한 기준이 제시되지 않는 경우, 기초의 최대 허용 기울기는 3mm/m(0.17°) 이내일 것
   나. 최대 지반 침하는 25mm 이내일 것
8. 그 밖에 기초 설계와 관련된 사항은 KDS 11 00 00(지반설계기준)을 적용할 수 있다.

532.7 계측장치의 시설

풍력터빈에는 설비의 손상을 방지하기 위하여 운전 상태를 계측하는 다음의 계측장치를 시설하여야 한다.

가. 회전속도계
나. 나셀(nacelle) 내의 진동을 감시하기 위한 진동계
다. 풍속계
라. 압력계
마. 온도계

2. 풍력터빈을 지지하는 구조물의 손상을 방지하기 위하여 기초, 지반 등의 변형을 확인할 수 있는 계측장치를 시설 또는 구비하여야 한다.

532.8 풍력발전설비의 유지보수

1. 회전부 또는 작동부에 접촉해서 부상을 입지 않도록 하는 수단을 강구하여야한다.
2. 유지보수 중, 해당 설계 하중조합 시 고려한 바람 조건 및 설계 상황에 따라 날개 피칭과 같은 로터 및 요 시스템의 회전, 또는 기타 기계적 운동을 차단하기 위한 수단과 안전한 차단 해제 수단을 갖추어야한다.
3. 나셀로부터의 대체 탈출 경로를 확보하여야 한다.
4. 육상 풍력발전설비의 로터, 요 시스템 및 피치 시스템에는 각각 1개 이상의 잠금장치를 시설하여야 한다. 잠금장치는 육상 풍력발전설비의 정지장치가 작동하지 않더

라도 로터, 나셀, 날개의 회전을 막을 수 있어야 한다.

5. 나셀 덮개의 지붕과 같이 낙하의 위험이 있는 나셀 덮개 및 스피너의 내부 또는 외부 구역에는 다음 요건을 충족하는 안전 부착점을 시설하여야 한다.
   가. 개인용 보호구의 지지점 역할을 하는 모든 안전 부착점은 주변과 구분될 수 있는 색상으로 시설할 것
   나. 안전 부착점은 최소 2개 이상의 이중 작동 비계후크를 수용할 수 있는 개구부를 확보할 것
   다. 개인용 보호구를 손상시킬 수 있는 날카로운 모서리가 없도록 안전 지지점을 시설할 것
   라. 안전 부착점은 느슨해지지 않도록 고정시킬 것
6. 지지 구조물의 경우, 다음의 항목에 대하여 정기적인 구조 점검를 실시하여야 한다.
   가. 콘크리트 균열 및 표면 결함
   나. 접합부 상태
   다. 타워 기울기
   라. 타워, 기초 또는 지반의 손상 징후
7. 매립형 강구조를 이용하여 타워와 기초가 연결되는 경우, 강구조와 콘크리트 접합부 상태를 주기적으로 점검하여야 한다.
8. 지지 구조물에 사용된 기초볼트의 장력은 유지관리되어야 한다.

533 해상 풍력발전설비

533.1 고정식 해상 풍력발전설비

533.1.1 하중 및 하중조합

1. 하중

고정식 해상 풍력발전설비 설계 시, 다음의 하중을 적용하여야 한다.

가. 고정하중 및 관성하중

고정하중 및 관성하중은 532.1.1의 1에 따라 산정하여야 한다.

나. 공력 하중

공력 하중은 532.1.1의 2에 따라 산정하여야 한다.

다. 운전 하중

운전 하중은 532.1.1의 3에 따라 산정하여야 한다.

라. 동수역학적 하중

(1) 물의 유동과 해상 풍력발전설비 지지 구조물과의 상호작용을 고려하여 동수역학적 하중을 산정하여야 한다.

(2) 동수역학적 하중을 산정하기 위한 해상 조건에 관한 사항은 KS C IEC 61400-3-1의 “6.3.3 해상 조건”을 적용한다.

마. 해빙/호빙 하중

온도 변화, 급속 고착빙에 의한 수위변화, 바람 및 해류에 의한 유빙의 운동 등을 고려하여 해빙/호빙 하중을 산정하여야 한다.

바. 기타 하중

(1) 후류하중, 선박충돌하중, 와류진동으로 인한 하중 등 발생 가능한 하중을 고려하여야 한다.

(2) 필요시, 해저 지진으로 인한 파랑, 내압, 외압 및 부력에 의해 발생하는 하중을 추가로 고려하여야 한다.

2. 하중조합

가. 풍력발전설비는 최소한 발전상태, 발전 중 고장발생 상태, 시동상태, 정상정지상태, 긴급정지상태, 대기상태, 대기 중 고장발생 상태, 수송・조립・유지보수・수리상태를 고려한 하중조합에 대하여 안전하여야 한다.

나. 각 설계 하중조합에 대하여 극한강도해석 또는 피로하중해석 등, 해석을 수행하여야 하며, 각각의 해석 시, 부분안전계수를 고려하여야 한다.

다. 그 밖에 하중조합과 관련된 자세한 사항은 KS C IEC 61400-3-1의 "7.4 설계 상황 및 하중 케이스"를 적용한다.

533.1.2 로터 날개

고정식 해상 풍력발전설비의 로터 날개는 532.2의 규정에 따른다.

533.1.3 기계시스템

고정식 해상 풍력발전설비의 기계시스템은 각각 532.3의 규정에 따른다.

533.1.4 전기시스템

고정식 해상 풍력발전설비의 전기시스템은 532.4을 따른다.

533.1.5 제어시스템

고정식 해상 풍력발전설비의 제어시스템은 532.5를 따르며, 추가 요구사항은 다음과 같다.

1. 원격제어로 로터를 정지시킬 수 있어야 한다.
2. 요 시스템의 원격제어 및 원격 고정이 가능하여야 한다.

533.1.6 지지 구조물

1. 일반사항

가. 지지 구조물은 533.1.1의 하중 및 하중조합에 대하여 안전성, 안정성 및 사용성을 확보하도록 설계하여야 한다.

나. 해수나 빗물에 의한 금속의 부식 또는 표사의 이동 등에 의한 하부구조물 표면 마모 등의 방지를 위한 적절한 조치를 강구하여야 한다.

다. 타워를 동수역학적 하중에 노출되지 않도록 설계할 경우, 물에 닿지 않도록 고려된 가장 낮은 지점과 최고극천문조위(HAT)을 기준으로 50년 재현기간을 갖는 최

대 파고 사이에 최소 1 m 이상의 이격거리를 두어야 한다.

2. 타워

고정식 해상 풍력발전설비의 타워 구조물의 설계는 ISO 해양 구조물 설계기준 또는 532.6.1 및 532.6.2을 적용한다.

3. 하부구조물 및 기초

가. 하부구조물 및 기초의 설계는 ISO 해양 구조물 설계 표준 또는 기타 인정되는 해양 구조물 설계 표준에 따른다.

나. 기초는 하부구조물에 과도한 변형 또는 진동의 발생 없이 정적 및 동적 하중을 지반에 전달할 수 있도록 설계하여야 한다.

다. 이송 및 설치 중 발생하는 하중을 고려하여 설계하여야 한다.

라. 파일 기초로 설계하는 경우, 파일의 해저 관입 시 발생하는 하중에 대해 파괴가 발생하지 않도록 하여야 한다.

533.1.7 계측장치의 시설

고정식 해상 풍력발전설비의 손상 방지를 위해 532.7에서 규정한 계측장치를 시설하여야 한다.

533.1.8 풍력발전설비의 유지보수

고정식 해상 풍력발전설비의 유지 및 보수에 대한 규정은 532.8을 따른다.

533.2 부유식 해상 풍력발전설비

533.2.1 하중 및 하중조합

1. 하중

부유식 해상 풍력발전설비 설계 시, 다음의 하중에 대하여 정상상태와 극한한계상태를 구분하여 적용하여야 한다.

가. 고정하중 및 관성 하중

고정하중 및 관성 하중은 533.1.1의 1. “가”에 따라 산정하여야 한다.

나. 공력 하중

(1) 공력 하중은 533.1.1의 1. “나”에 따라 산정하여야한다. 단, 저주파수 범위에서 바람 조건이 유효한지 확인하여야 한다.

(2) 로터-나셀 조립체 및 타워의 공력 하중과 부유식 하부구조의 큰 병진 및 회전 운동의 상호작용을 고려하여야 한다.

다. 운전 하중

운전 하중은 533.1.1의 1의 “다”에 따라 산정하여야 한다.

라. 동수역학적 하중

(1) 동수역학적 하중은 533.1.1의 1. “라”에 따라 산정하여야 한다.

(2) ISO 19904-1에 따른 파도의 충격하중을 고려하여야 한다.

마. 해빙/호빙 하중

(1) 부유식 해상 풍력발전설비의 결빙하중은 ISO 19906을 적용한다.

(2) 결빙, 바람, 파도 또는 해류로 인한 부유식 해상 풍력발전설비의 움직임과 함께 고려하여야 한다.

(3) 위치유지 시스템의 유연성을 고려하여야 한다.

(4) 위치유지 시스템 및 케이블이 해빙 하중에 노출될 경우, 이를 고려하여야 한다.

(5) 결빙 관리시스템을 사용할 경우, 결빙하중을 감소시킬 수 있다.

바. 기타 하중

(1) 기타 하중은 533.1.1의 1의 "바"에 따라 산정하여야 한다.

(2) 인근 부유식 해상 풍력발전설비의 후류영향을 고려하여야 한다.

(3) 내부 및 외부 정압과 그에 따른 부력으로 인해 부유식 하부구조에 작용하는 정수력 하중을 고려하여야 한다.

(4) 쓰나미가 발생하기 쉬운 장소에 부유식 해상 풍력발전설비를 시설하는 경우, 쓰나미는 수면 고도의 변화를 갖는 수평해류로 고려하여야 한다.

(5) 부유체의 거동으로 인해 야기될 수 있는 부제동(negative damping), 위치유지 시스템(station keeping system)의 정적하중 및 동적하중(점성력 포함)과 함께 위치유지 시스템의 손상, 절단과 부유식 하부구조물의 흘수 변화 등에 의해 발생하는 하중 변화를 고려하여야 한다.

2. 하중조합

가. 부유식 해상 풍력발전설비에 작용하는 하중은 533.1.1의 2에 따라 조합하여야 한다.

나. 바람, 파랑, 너울 및 해류의 방향 불일치가 부유식 해상 풍력발전설비에 대해 더 큰 하중을 야기할 수 있는 경우, 이 방향 불일치를 고려하여야 한다.

다. 능동식 밸러스트 또는 추진기를 갖는 위치유지 시스템 등 능동 제어 시스템이 지지 구조물에 설치된 경우, 이 제어 시스템의 고장을 하중조합 시 고려하여야 한다.

라. 그 밖에 하중조합과 관련된 자세한 사항은 KS C IEC TS 61400-3-2의 "7.4 설계 상황 및 하중 케이스"를 적용한다.

533.2.2 로터 날개

부유식 해상 풍력발전설비의 날개는 532.2의 규정에 따른다.

533.2.3 기계시스템

1. 부유식 해상 풍력발전설비의 기계시스템은 532.3의 규정에 따른다.
2. 부유체 및 위치유지 시스템 등 지지 구조물과 관련된 기계시스템은 ISO 19901-6을 적용한다.

533.2.4 전기시스템

부유식 해상 풍력발전설비의 전기시스템은 532.4를 따른다.

533.2.5 제어시스템

부유식 해상 풍력발전설비의 제어 및 보호시스템은 533.1.5를 따르며, 추가 요구사항은 다음과 같다.

1. 부유체의 균형 유지를 위한 밸러스트의 제어 시스템을 갖추어야 한다.
2. 보호 계통은 다음과 같은 위험 상황에서 동작하여야 한다.
   가. 지지 구조물의 제어 기능 고장
   나. 부유식 하부 구조의 움직임과 가속도가 작동 한계를 초과
   다. 타워 경사각 또는 타워 가속도가 작동 한계를 초과
   라. 위치유지 시스템의 고장, 계류선 또는 텐돈(tendon)의 파손 및 절단과 앵커(anchor)의 업리프트(uplift) 발생

533.2.6 지지 구조물

1. 지지 구조물은 533.2.1의 하중조합에 대하여 안전성, 안정성 및 사용성을 확보하도록 설계하여야 한다. 단, 최소 이격거리는 1.5 m 이상이어야 한다.
2. 타워

   부유식 해상 풍력발전설비의 타워 구조물은 533.1.6의 2에 따른다.
3. 부유체
   가. 일반사항

      해양 지지시스템 설계 시 ISO 19904-1 또는 기타 인정되는 표준에 따른다.
   나. 빌지(Bilge) 시스템
      (1) 모든 탱크와 빈 공간에서 물을 배출하기 위한 장치를 갖추어야 한다. 단, 영구적으로 침수된 탱크는 제외한다.
      (2) 영구 빌지 시스템 대신 휴대용 파워 펌프를 사용하는 경우, 최소 2개 이상을 부유식 해상풍력 발전설비 내에 보관하거나 유인 서비스 선박이 운반할 수 있어야 한다.
      (3) 물을 배출하기 위한 장치는 쉽게 접근할 수 있어야 한다.
   다. 밸러스트(Ballast) 시스템
      (1) 밸러스트 시스템은 물을 채우고 비울 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 단, 영구 밸러스트 탱크는 제외한다.
      (2) 모든 펌프와 밸브는 원격으로 운전 가능하여야 한다.
      (3) 밸러스트 시스템의 정상 또는 비상 운전은 수밀 경계에 있는 해치, 맨홀 등의 개방으로 인해 점진적인 침수 위험을 초래해서는 안 된다.
      (4) 필요 시, 밸러스트 내의 물의 동결을 고려하여야 한다.
4. 위치유지 시스템
   가. 앵커 기초

      부유식 해상 풍력발전설비의 앵커 기초 설계 시, ISO 19901-4 및 ISO 19901-7을 적용할 수 있다.

나. 위치유지 시스템 설계

(1) 현수선, 세미 토트(semi-taut) 또는 토트 위치유지 시스템 설계 시, ISO 19901-7을 참조한다. 단, 다음에 대해서는 ISO 19901-7과 다르게 적용하여야 한다.

(가) 환경 조건 재현기간은 최소 50년이어야 한다.

(나) 다른 요인으로 인해 최소 요구 파괴강도 이상으로 계류삭의 성능이 증가하는 경우, 하부구조의 체인 스토퍼, 도삭기 및 그 기초는 계류삭의 강도가 아닌 안전계수를 고려한 계류삭이 받는 최대 인장력을 기반으로 설계하여야 한다.

(2) 텐돈 위치유지 시스템 설계 시 API RP 2T(Planning, Designing, and Constructing Tension Leg Platforms)를 참조한다. 단, 다음의 사항을 추가로 고려하여야 한다.

(가) 강건성 검사를 위한 환경조건의 재현 기간은 부유식 해상 풍력발전설비의 하중 산정 등에 적용한 재현기간 동등 이상이어야 한다.

(나) 강관을 사용하지 않는 텐돈 시스템의 경우, 부유식 해상 풍력발전설비와 동등 이상의 안전 등급을 확보하도록 텐돈과 접합부를 설계하여야 한다.

533.2.7 풍력발전설비의 유지보수

부유식 해상 풍력발전설비의 유지 및 보수에 대한 규정은 ISO 19901-6을 적용한다.

(540 연료전지설비)

541 일반사항

1. 이 규정은 고정하여 시설하는 연료전지설비에 적용한다.
2. 연료전지설비는 해당 지역의 외기온도 등 기후 및 환경조건에서 정상적인 운전이 가능하여야 한다.
3. 설치장소의 안전 요구사항
   가. 연료전지를 설치할 주위의 벽 등은 화재에 안전하게 시설하여야 한다.
   나. 가연성물질과 안전거리를 확보하여야 한다.
   다. 침수 등의 우려가 없는 곳에 시설하여야 한다.
   라. 연료전지설비는 쉽게 움직이거나 쓰러지지 않도록 견고하게 고정하여야 한다.
   마. 연료전지설비는 건물 출입에 방해되지 않고 유지보수 및 비상 시 접근이 용이한 장소에 시설하여야 한다.

542 연료전지설비의 시설

542.1 재료 및 구조

542.1.1 재료

1. 기술기준 제109조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”은 605.1.1을 준용한다.
2. 기술기준 제109조에서 “압력을 받는 부분”에 대한 정의는 605.1.2를 준용한다.
3. 605.2 내지 605.6, 610.2 내지 610.6과 615.2는 해당하는 경우 연료전지설비에 준용할 수 있다.
4. 재료는 사용조건의 온도에서 견디고, 내식성 있는 재료 또는 코팅재를 사용하여야 한다.
5. 고무, 플라스틱 등 비금속성 재료는 단기간에 열화되지 않는 것을 사용하여야 한다.
6. 도전재료는 동, 동합금, 스테인리스강, 또는 동등 이상의 전기적, 열적 및 기계적인 안전성이 있는 것이어야 한다. 다만, 탄성이 필요한 부분, 구조에 있어 사용하기 곤란한 부분은 해당하지 않는다.
7. 연소배기 가스가 통과하는 부분(패킹류, 봉합재 등 밀봉재료는 제외한다.)은 불연성을 갖는 재료이어야 한다.
8. 석면, 폴리염화비페닐(PCB), 카드뮴을 포함한 재료는 사용하지 않아야 한다.

542.1.2 구조

1. 일반사항
   가. 기술기준 제110조에서 “안전한 것”이란 연료전지 설비에 속하는 용기 및 관에

서는 605.10내지 605.30(보일러와 관련된 부분 제외)에 규정한 구조로 되어 있고 610.53의 내압 및 기밀과 관련되는 성능을 가지는 것을 말한다.

나. 기술기준 제110조에서 규정하는 “허용응력”은 KS B 6750 “부표 1”, “부표 2” 및 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에 규정하는 수치로 한다.

다. 내압을 받는 용기구조는 610.9내지 610.29를 준용한다.

라. 내압시험은 IEC 62282-3-100(2019), “Table 3”에 따른다.

마. 기밀시험은 IEC 62282-3-100(2019), “Table 2”에 따른다.

바. 연료전지설비 및 부속설비는 넘어짐, 떨어짐 등 예상치 못한 움직임이 발생하지 않도록 시설하여야 한다.

사. 연료전지설비는 운전 또는 유지보수 시 배출된 가스, 액체, 먼지 또는 증기로 인한 위험이 없도록 시설하여야 한다.

2. 압력기기

용기 및 관련 접합부와 부품은 의도하지 않은 유출을 방지하도록 설계 및 설치하여야 한다.

3. 배관시스템

가. 배관 및 관련 접합부와 부품은 의도하지 않은 연료의 누출을 방지할 수 있도록 시설하여야 한다.

나. 배관의 내부 표면은 깨끗한 상태로 유지되어야 한다.

다. 시동, 정지 및 운전 중에 가스 배관 내의 응축된 액체나 침전물의 부식, 화학반응 등으로 인한 손상에 대비하여 유지보수 시 하층부에서 침전물을 배수 및 제거할 수 있는 시설을 하여야 한다.

라. 가연성 가스의 이송에 사용되는 비금속배관은 과열 및 기계적 손상에 대한 보호조치를 하여야 한다.

마. 액체 연료전지설비는 누출된 액체연료의 수집, 재활용 또는 안전한 폐기가 가능하도록 시설하여야하며, 예상하지 못한 누출을 방지하기 위해 액체받이, 흘림방지장치 또는 이중벽을 시설하여야 한다.

4. 버너

가. 연료전지설비는 버너(개질기 부분의 시동버너, 주버너 및 보조버너, 미반응가스 버너 등)내의 가연성 또는 폭발성 가스의 불안전하게 축적되지 않도록 시설하여야 한다.

나. 정지 시 연료전지설비 내의 위험 가스는 안전하게 보관, 퍼지 또는 처리되어야 한다.

5. 외함

가. 연료전지설비의 외함은 부품과 배관을 지지하고 보호하기 위해 적합한 강도, 견고성, 내구성, 내부식성 및 기타 물리적 특성을 갖추어야 한다.

나. 연료전지설비 외함의 시설 장소별 최소 보호등급은 다음과 같다.

(1) 옥내 : IP 20

(2) 옥외 : IP 23

다. 환기구는 정상운전 중에 먼지, 눈 등 외부환경에 의한 영향을 받지 않도록 시설하여야 한다.

라. 접합부분, 환기구, 문의 가스킷을 포함하여 외함을 제작하는데 사용하는 모든 재료는 연료전지설비의 수명기간 동안 물리적, 화학적, 열적 조건을 견딜 수 있어야 한다.

마. 정상적인 운영을 위해 제거할 필요가 있는 액세스 패널, 커버 또는 절연재는 반복되는 제거와 교체로 인해 절연 성능의 저하가 발생하지 않도록 시설하여야 하며, 교체 시 불안전한 상태가 될 수 있는 경우는 교체하지 않는다.

바. 출입으로부터 기기를 보호하기 위한 액세스 패널, 커버 또는 문은 기기를 제자리에 고정하기 위한 수단이 있어야 하며 열기 위해서는 도구, 열쇠 또는 이와 유사한 기계적 수단을 사용하여야 한다.

사. 수거된 액체를 배출하고 외부배관을 통해 폐기하거나 연료전지설비로 다시 보내기 위한 수단을 갖추어야 한다.

아. 사람이 외함에 들어갈 수 있는 경우, 접근에 대한 절차가 제공되어야 한다.

6. 회전기기

가. 회전기기는 정상 운전 상태의 압력, 온도 및 유체에서 동작할 수 있도록 시설하여야 한다.

나. 유체 입구와 출구 라인은 진동으로 인한 손상에 대해 보호되어야 한다.

다. 축 밀봉은 주입되는 유체와 적합하여야 하며, 정상 및 비정상 운전, 정지 중의 동작 온도와 압력에 적합하여야 한다.

542.1.3 밸브

1. 안전밸브

가. 기술기준 제111조에서 규정하는 “과압”이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

나. 기술기준 제111조에서 규정하는 “안전밸브”는 제3의 요구사항 외에 605.32내지 605.37 및 610.36의 규정을 준용할 수 있다.

다. 안전밸브의 분출압력은 아래와 같이 설정하여야 한다.

(1) 안전밸브가 1개인 경우는 그 배관의 최고사용압력 이하의 압력으로 한다. 다만, 배관의 최고사용압력 이하의 압력에서 자동적으로 가스의 유입을 정지하는 장치가 있는 경우에는 최고사용압력의 1.03배 이하의 압력으로 할 수 있다.

(2) 안전밸브가 2개 이상인 경우에는 1개는 상기 1의 “가”에 준하는 압력으로 하고 그 이외의 것은 그 배관의 최고사용압력의 1.03배 이하의 압력이어야 한다.

2. 차단밸브

가. 정지, 시험, 유지보수 또는 비상상태 시 유체 흐름의 차단이 필요한 장치와 시스템에는 차단밸브를 시설하여야 한다.

나. 차단밸브는 압력, 온도 및 유체 특성에 대한 정격에 적합하여야 한다.

다. 차단밸브에 장착된 액추에이터는 주변온도와 밸브 본체에서 추가적으로 전도된 열에 견딜 수 있어야 한다.

라. 전기적, 유압 또는 공압으로 동작되는 차단 밸브는 해당되는 동작 에너지를 상실했을 때 안전한 상태로 전환할 수 있는 형식이어야 한다.

3. 연료밸브

가. 연료전지설비에 공급되는 연료는 직렬로 연결된 최소한 2개의 자동 밸브를 통과해야 하며, 각각의 밸브는 차단밸브 및 동작 제어밸브의 기능을 갖는다.

나. 시동 보일러나 개질기 시동 버너와 같이 연료 연소기기로 직접 공급되는 모든 연료는 직렬로 연결된 최소한 2개의 자동 밸브를 통과해야 하며, 각각의 밸브는 동작밸브 및 차단밸브의 기능을 갖는다.

542.2 전기시스템

542.2.1 전기배선

1. 전기배선은 열적 영향이 적은 방법으로 시설하여야 한다.
2. 기타사항은 511.2.1에 따른다.
3. 단자와 접속은 511.2.2에 따른다.

542.2.2 접지설비

1. 연료전지에 대하여 전로의 보호장치의 확실한 동작의 확보 또는 대지전압의 저하를 위하여 특히 필요할 경우에 연료전지의 전로 또는 이것에 접속하는 직류전로에 접지공사를 할 때에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 접지극은 고장 시 그 근처의 대지 사이에 생기는 전위차에 의하여 사람이나 가축 또는 다른 시설물에 위험을 줄 우려가 없도록 시설할 것.

나. 접지도체는 공칭단면적 16 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 아니하는 금속선(저압 전로의 중성점에 시설하는 것은 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선)으로서 고장 시 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있는 것을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

다. 접지도체에 접속하는 저항기 · 리액터 등은 고장 시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용할 것.

라. 접지도체 · 저항기 · 리액터 등은 취급자 이외의 자가 출입하지 아니하도록 설비한 곳에 시설하는 경우 이외에는 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.

2. 기타사항은 140의 규정을 적용한다.

542.2.3 피뢰설비

연료전지설비의 피뢰설비는 150의 규정을 적용한다.

542.3 제어 및 보호시스템

542.3.1 제어시스템

1. 시동
   가. 모든 안전장치가 동작할 때만 시동이 가능하며, 순차 시동을 위해 적절한 연동장치를 설치해야 한다.
   나. 비상정지 후 자동 모드로 재시동하기 위해서는 안전조건이 충족된 후 자동 기능이 동작할 수 있어야 한다.
2. 비상정지
   가. 기술기준 제113조에서 규정하는 "운전 중에 일어나는 이상"이란 다음에 열거하는 경우를 말한다.
      (1) 연료 계통 설비내의 연료가스의 압력 또는 온도가 현저하게 상승하는 경우
      (2) 증기계통 설비내의 증기의 압력 또는 온도가 현저하게 상승하는 경우
      (3) 연료가스 등 가연성 가스가 누설 하는 경우
   나. 비상정지는 다음과 같은 기능을 포함하여야 한다.
      (1) 추가 위험을 발생시키지 않고 위험한 상태를 정지시킬 수 있을 것
      (2) 필요 시, 특정 안전장치를 트리거 시킬 수 있을 것
      (3) 모든 모드에서 다른 기능 및 동작을 정지시킬 수 있을 것
      (4) 재시동의 시작으로 인한 리셋을 방지할 수 있을 것
      (5) 재시동 잠금장치가 인위적으로 재설정된 후에만 새로운 시동 명령에 의한 정상운전이 가능할 수 있도록 재시동 잠금장치를 장착할 것

542.3.2 연료전지설비의 보호장치

1. 연료전지는 다음의 경우에 자동적으로 이를 전로에서 차단하고 연료전지에 연료가스 공급을 자동적으로 차단하며 연료전지내의 연료가스를 자동적으로 공기를 배출하는 장치를 시설하여야 한다.
   가. 연료전지에 과전류가 생긴 경우
   나. 발전요소(發電要素)의 발전전압에 이상이 생겼을 경우 또는 연료가스 출구에서의 산소농도 또는 공기 출구에서의 연료가스 농도가 현저히 상승한 경우
   다. 연료전지의 온도가 현저하게 상승한 경우
   라. 개질기를 사용하는 연료전지에서 개질기 버너에 이상이 발생한 경우
   마. 연료전지의 화재나 폭발 방지를 위한 환기장치에 이상이 발생한 경우
2. 연료전지설비의 외함, 핸들, 그립 또는 손잡이의 외부 표면과의 접촉 또는 근접 시

고온으로 인한 부상 위험이 없도록 시설하여야 한다.

3. 연료전지설비의 외함은 위험한 액체연료의 누설이 예상되는 경우 누설된 액체를 안전하게 수용할 수 있도록 시설하여야 한다.

542.3.3 화재에 대한 보호

1. 연료전지설비는 내부에 축적된 가연성 가스와 관련된 위험을 방지하도록 설계되어야 한다.
2. 연료전지설비는 버너 내의 가연성 또는 폭발성 가스의 불안전한 축적을 피하도록 설계되어야 한다.

542.3.4 가스 누설 대책

"연료가스 누설 시 위험을 방지하기 위한 적절한 조치"란 다음에 열거하는 것을 말한다.

가. 연료가스를 통하는 부분은 최고사용 압력에 대하여 기밀성을 가지는 것이어야 한다.

나. 연료전지설비를 설치하는 장소는 연료가스가 누설되었을 때 체류하지 않는 구조의 것이어야 한다.

다. 연료전지설비로부터 누설되는 가스가 체류할 우려가 있는 장소에 해당 가스의 누설을 감지하고 경보하기 위한 설비를 설치하여야 한다.

542.3.5 계측장치의 시설

연료전지설비에는 다음과 같은 계측장치를 시설하여야 한다.

가. 전압과 전류 또는 전압과 전력을 계측하는 장치

나. 온도계 및 연료가스 유량 또는 압력을 계측하는 장치

542.3.6 상주 감시를 하지 아니하는 연료전지발전소의 시설

상주감시를 하지 아니하는 연료전지발전소의 시설은 351.8에 따른다.

542.4 환기 및 배기시스템

542.4.1 일반사항

실내에 설치되는 연료전지설비는 환기 및 배기시스템을 갖추어야 한다.

542.4.2 환기시스템

1. 공기 흡기구와 환기구는 다른 설비의 배출 물질, 가스, 또는 오염물에 의해 악영향을 받지 않도록 시설하여야 한다.
2. 연료전지설비 흡입구 및 배기구는 사람의 이동 경로 상에 영향을 미치지 않도록 하여야 한다.

542.4.3 배기시스템

연료전지설비의 배기구 및 안전밸브 배출구를 포함한 연료처리 부분은 난방, 환기, 공조 공기 흡입구, 창문, 문, 그리고 기타 건물의 개방구에 영향을 미치지 않는 위치에 시설하여야 한다.

6. 발전용 화력설비

(600 통칙)

601 일반사항

1. 이 한국전기설비규정(KEC)는 기술기준 제3장(발전용 화력설비) 및 제5장(발전설비 용접)에서 정한 안전 성능에 대하여 보다 구체적인 실현수단을 규정한 것으로 발전용 화력설비를 설계, 제작, 설치 및 검사하는데 적용한다.
2. 발전용 화력설비는 해당 지역의 외기온도 등 기후 및 환경조건에서 정상적인 운전이 가능하여야 한다. 필요한 경우, 관련기관에서 제공하는 통계 데이터를 활용할 수 있다.
3. 한국전기설비규정(KEC)에 명시되지 않은 사항이라 하더라도 기술기준에 적합하도록 하기 위하여 국제표준 및 이에 근접한 기술요건 중 안전수준을 확보할 기술적 근거가 충분하다면 이 규정 이외의 다른 규정을 적용할 수 있다.
4. 이 한국전기설비규정(KEC)에서 사용하는 단위는 SI단위 외에 미국상용단위를 참조단위로 병행하여 사용할 수 있다.
5. 발전용 화력설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 180의 규정에 따른다.
6. 발전소 내 사용하는 유무선 통신(IoT로 운영되는) 기기의 상호운영성을 확인할 경우, 발전소 안전관리 메시지 규격(KECS-3101) 및 발전소 안전관리 서비스 프로파일 규격(KECS-3102)을 적용할 수 있다.

(605 보일러 및 부속설비)

605 보일러 및 부속설비

605.1 적용범위

605.1.1 압력 1.1 MPa 또는 온도 120℃를 초과하는 동력보일러, 고온수 보일러, 배열회수 증기발생기, 직화식 압력용기

605.1.2 암모니아를 사용하는 경우에는 KECS-6101의 기술지침을 참고한다.

605.2 재료

605.2.1 기술기준 제73조에서 "안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것"이란 화학적 성분을 만족하며, 용접성, 인장강도, 연성, 인성 및 경도 등이 동등 이상의 것을 말하며, 보일러에 적합한 재료는 605.3부터 605.7까지 만족하는 것을 말한다.

605.2.2 기술기준 제73조에서 규정하는 "압력을 받는 부분"은 용기 및 관의 내면에 0.1 MPa을 초과하는 압력을 받는 부분을 말한다.

605.2.3 압력으로 인한 응력을 받고 있는 재료는 달리 허용된 것을 제외하고는 ASME Sec Ⅱ, Part D 1A, 1B의 것으로 하여야 하며, 재료는 응력값이 제한되는 곳 이상의 온도에서 사용되어서는 아니 된다. 다만, KS 재료규격을 사용할 경우에는 별표1 대비표에 따라 사용할 수 있다.

605.2.4 이 기준에서 규정하는 재료는 특별히 규정하지 않는 한 제작방법에 대해서는 제한받지 않는다.

605.2.5 보일러 제조 기술의 발달에 의해 재료기술기준에 명확히 기록되어 있지 않은 재료를 사용할 필요가 있을 때에는 ASME Sec Ⅱ, Part D App.5의 요건을 거쳐 사용할 수 있다. 이 경우 보일러 제조자는 주문자와 협의하고 또한 그 재료는 시방에 합격한 것이어야 한다.

605.2.6 재료의 치수 허용차 및 무게 허용차는 각 재료의 규격에 따르지만 벽두께는 최소두께보다 작아서는 아니 된다. 다만, 강판인 경우 실제두께가 최소두께에 미치지 않는 것이어도 실제두께와 최소두께의 차이가 0.3mm 이내의 것은 사용할 수 있다.

605.2.7 탄소 함량이 0.35 %를 초과하는 탄소강 또는 합금강은 용접 설계·제작에 사용하지 않아야 하며, 산소 절단 또는 다른 가열 절단 공정으로 가공하지 않아야 한다.

605.2.8 오스테나이트 계 합금강의 사용은 정상운전 중 수증기와 접촉되는 보일러 압력부품에 대해서만 허용되며, 일반적인 용도에서 물과 접촉되는 보일러 압력부품의 경우 오스테나이트 계 합금강은 사용하여서는 아니 된다.

605.2.9 P-번호 15E, 그룹 1 재료

1. 제조공정중이거나 용접부가 없는 부품의 일부로 설치되는 중에 800℃(1,470°F)를 초

과하면, 다음 중 한 가지 조치를 수행하여야 한다.

가. 부품은 재료규격요건에 따라 전체적으로 재 오스테나이트화하고 재 뜨임 하여야 한다.

나. 부분적인 가열에 의해 형성된 열영향부를 포함하여 800℃(1,470°F)를 초과하여 가열된 부품 부위는 교체하거나 제거하고 규격요건에 따라 재 오스테나이트화 하고 재 뜨임 된 부품으로 대체되어야 한다.

다. 설계온도에서 사용되는 허용응력이 ASME Section II, Part D, Table 1A Gr-9(예, SA-213 T9, SA-335 P9, 또는 동등 재료규격)에서 제공하는 값 이하일 경우, 800℃(1,470°F)를 초과하여 가열된 부품 부위를 재료규격요건에 따라 재 뜨임 한 경우, 위에서 규정한 요건은 면제할 수 있다.

2. 제조공정중이거나 용접부가 부품의 일부로 설치되는 중에 785 ℃(1,445 °F)를 초과하여 가열되면, P-번호 15E, 그룹 1 재료는 605.52.2. 4.1 P-No. 15E의 (3), (4)에서 요구될 때 재열처리하여야 한다.

605.3 판재

압력을 받는 보일러의 모든 부품에 대한 강판은, 화염 또는 연소생성물의 노출여부에 관계없이, 아래 표 605.3의 재료규격중 하나를 사용하여야 한다. 다만, KS 재료를 사용하는 경우에는 별표 3의 대비표에 따라 사용할 수 있다.

[표 605.3] 판재 규격

규격번호	규 격 명
SA-204	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Molybdenum(압력용기용 몰리브덴 합금강판)
SA-240 (405 계열 만)	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel(Ferritic Stainless), Chromium [압력용기용 크롬 합금강판(페라이트계 스테인리스강)]
SA-285	Pressure Vessel Plates, Carbon steel, Low- and Intermediate- Tensile Strength (압력용기용 저, 중 인장강도 탄소강판)
SA-299	Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, Manganese-Silicon (압력용기용 망간-규소 탄소강판)
SA-302	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Manganese-Molybdenum and Manganese-Molybdenum-Nickel (압력용기용 망간-몰리브덴 및 망간-몰리브덴-니켈 합금강판)
SA-387	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Chromium-Molybdenum (압력용기용 크롬-몰리브덴 합금강판)
SA-515	Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Intermediate- and higher- Temperature Service(압력용기용 중, 고온 탄소강판)
SA-516	Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower- Temperature Service (압력용기용 중, 저온 탄소 강판)
SA/AS-1548	Fine Grained, Weldable Steel Plates for Pressure Vessel (미세결정립 용접성 압력용기용 강판)
SA/EN-10028-2	Flat Products Made of Steels for Pressure Purposes(압력용 강으로 제조된 강판)
SA/GB 713	Steel Plates for Boilers and Pressures Vessels 보일러 및 압력용기용 강판
SA/JIS G 3118	Carbon Steel Plates for Pressure Vessel For Intermediate and Moderate Temperat ure Servi ce (압력용기용 중온 탄소강판)

605.4 관, 튜브 및 압력부품

605.4.1 보일러 부품은 표 605.4의 재료를 사용하여야 하며, 관류 보일러(once-through boiler)의 보일러 부품은 표 605.4, 표 605.4-1에 열거한 재료를 사용하여야 한다. 다만, KS 재료를 사용하는 경우에는 별표 1의 대비표에 따라 사용할 수 있다.

1. 원격 수위감지 장치용 연결 파이프, 튜브 및 압력부에 사용하는 재료는 표 605.4 또는 아래 표 605.4-2 재료규격 중 하나에 따라야 한다.

605.4.2 과열기 부품은 표 605.4 또는 표605.4-3에 열거한 재료규격 중 하나를 사용하여야 한다. 다만, KS 재료를 사용하는 경우에는 별표 1의 대비표에 따라 사용할 수 있다.

605.4.3 전기저항용접(Electric Resistance Welding, ERW) 제품은 내압용 부품의 경우 최대 두께를 13㎜로 제한한다. 외압용 부품의 경우, ERW 제품은 최대 두께 13㎜ 및 최대 파이프 크기 DN 600으로 제한한다.

605.4.4 이 기준에 허용된 다른 재료 이외에도 아래의 티타늄 합금 중 한 가지로 부품이 제작될 수도 있다.

1. SB-265, 티타늄 및 티타늄 스트립, 시트 및 합금판
2. SB-338, 용접 및 이음매 없는 티타늄 및 티타늄 합금 응축기와 열교환기 튜브
3. SB-348, 티타늄 및 티타늄 합금 바와 빌렛
4. SB-861, 이음매 없는 티타늄 및 티타늄합금 관

5. SB-862, 용접된 티타늄 및 티타늄합금 관

[표 605.4] 보일러 부품 재료규격

규격번호	규 격 명
SA-53	Welded and Seamless Steel Pipe (excluding galvanized) [용접 및 이음매 없는 강관(아연도금강관 제외)]
SA-105	Forgings, Carbon Steel, for Piping Components (배관 부품용 탄소강 단조품)
SA-106	Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service (고온용 이음매 없는 탄소강관)
SA-178	Electric-Resistance-Welded Carbon Steel Boiler Tubes [전기저항용접 탄소강 보일러 튜브]
SA-181	Forged or Rolled Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for General Service(일반용 단조 또는 압연 강관 플랜지, 플랜지붙이 관이음쇠와 밸브 및 부품)
SA-182	Forged or Rolled Alloy-steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service (ferritic only) [고온용 단조 및 압연 합금강 관 플랜지, 단조 관이음쇠와 밸브 및 부품(페라이트계만 허용)]
SA-192	Seamless Carbon Steel Boiler Tubes for High Pressure Service (고압용 이음매 없는 탄소강 보일러 튜브)
SA-209	Seamless Carbon-Molybdenum Alloy-Steel Boiler and Superheater Tubes(이음매 없는 탄소-몰리브덴 합금강 보일러 및 과열기 튜브)
SA-210	Seamless Medium Carbon Steel boiler and Superheater Tubes (이음매 없는 중탄소강 보일러 및 과열기 튜브)
SA-213	Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater and Heat Exchanger Tubes (ferritic only) [이음매 없는 페이라트계 및 오스테나이트계 합금강 보일러, 과열기 및 열교환기 튜브(페라이트계 만 허용)
SA-216	Carbon Steel Castings Suitable for Fusion Welding for High-Temperature Service(고온용 용융 용접 탄소강 주조품)
SA-217	Alloy-Steel Castings for Pressure-Containing Parts Suitable for High-Temperature Service (고온 압력유지부품용 합금강 주조품)
SA-234	Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and Elevated Temperatures(중온 및 고온용 단련 탄소강 및 합금강의 배관 이음쇠)
SA-250	Electric-Resistance-Welded Ferritic Alloy Steel Boiler and Superheater Tubes (전기저항용접 페라이트계 합금강 보일러 및 과열기 튜브)

규격번호	규 격 명
SA-266	Carbon Steel Seamless Drum Forgings (이음매 없는 탄소강 드럼 단조품)
SA-268	Seamless and Welded Ferritic Stainless Steel Tubing for General Service(일반용 용접 및 이음매 없는 페라이트계 스테인리스강 튜브)
SA- 333	저온용 탄소강 및 이음매 없는 합금강 및 용접 파이프
SA-335	Seamless Ferritic Alloy Steel Pipe for High-Temperature Service (고온용 이음매 없는 페라이트계 합금강관)
SA-336	Alloy Steel Seamless Drum Forgings (ferritic only) [이음매 없는 합금강 드럼 단조품 (페라이트계만 허용)
SA-423	Seamless and Electric Welded Low Alloy Steel Tubes (전기용접 및 이음매 없는 저합금강 튜브)
SA-660	Centrifugally Cast Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service (고온용 원심주조 탄소강관)
SA-731	Seamless, Welded Ferritic, and Martensitic Stainless Steel Pipe (이음매 없는, 용접 페라이트계 및 마르텐사이트계 스테인리스강관)
SA/EN 10216-2	Seamless Steel Tubes for Pressure Purpose: Technical Delivery Conditions for Non-Alloy and Alloy Steel Tubes with Specified Elevated Temperature Properties (압력용 이음매 없는 강재 튜브 : 규정고온성질을 가진 비합금 및 합금강 튜브에 대한 기술적 공급조건)
SA/EN 10222-2	Steel Forgings for Pressure Purpose : Ferritic and Martensitic Steels with Specified Elevated Temperature Properties (압력용 강재 단조품 : 규정고온성질을 가진 페라이트 강 및 마르텐사이트 강)

[표 605.4-1] 관류보일러용 재료규격

규격번호	규 격 명
SB-407	Nickel-Iron-Chromium Alloy Seamless Pipe and Tube (이음매 없는 니켈-철-크롬 합금강관 및 튜브)
SB-408	Nickel-Iron-Chromium Alloy Rod and Bar (니켈-철-크롬 합금 로드 및 바)
SB-409	Nickel-Iron-Chromium Alloy Plate, Sheet, and Strip (니켈-철-크롬 합금판, 시트 및 스트립)
SB-423	Nickel-Iron-Chromium-Molybdenum Seamless Pipe and Tube

	(이음매 없는 니켈-철-크롬-몰리브덴 관 및 튜브)
SB-424	Nickel-Iron-Chromium-Copper Alloy Plate, Sheet, and Strip (니켈-철-크롬-구리 합금판, 시트 및 스트립)
SB-425	Nickel-Iron-Chromium-Copper Alloy Rod and Bar (니켈-철-크롬-구리 합금 로드 및 바)
SB-515	Welded Nickel-Iron-Chromium Alloy Tubes (용접 니켈-철-크롬 합금 튜브)
SB-564	Nickel Alloy Forgings (니켈 합금 단조품)

[표 605.4-2] 원격 수위감지 장치용 재료규격

규격번호	규 격 명
SA 213	Seamless Ferritic, Austenitic, and Alloy Steel Boiler, Superheater, and Heat Exchanger Tubes (보일러, 과열기, 및 열교환기용 이음매 없는 페라이트계 및 오스테나이트계 합금강 튜브)
SA 312	Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Pipe 용접 및 이음매 없는 오스테나이트 스테인리스강 관)
SA 163	Seamless Nickel and Nickel Alloy Condenser and Heat Exchanger Tubes (이음매 없는 니켈 및 니켈합금 복수기 및 열교환기용 튜브)
SA 167	Nickel-Chrome-Iron Alloys Seamless Pipe and Tube (니켈-크롬-철 합금(UNS N06600, N06601, N06690, N06025, N06045) 이음매 없는 관 및 튜브)
SA 407	Nickel-Chrome-Iron Alloy Seamless Pipe and Tube (니켈-철-크롬 합금 이음매 없는 관 및 튜브)
SA 423	Nickel-Iron-Chrome-Molybdenum Seamless Pipe and Tube (니켈-철-크롬-몰리브덴 이음매 없는 관 및 튜브)
SA 515	Welded Nickel-Iron-Chrome Alloy Tubes (니켈-철-크롬 합금 용접 튜브)
SA 516	Welded Nickel-Chrome-Iron Alloy Tubes (니켈-크롬-철 합금(UNS N06600, UNS N06025, UNS N06045) 용접 튜브)
SA 517	Welded Nickel-Chrome-Iron Alloy Pip (니켈-크롬-철 합금(UNS N06600, UNS N06025, UNS N06045) 용접 관)
SA 619	Welded Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Pipe (니켈 및 니켈- 코발트 합금 용접 관)
SA 622	Seamless Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Pipe (니켈 및 니켈- 코발트 합금 이음매 없는 관)
SA 626	Welded Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Tube (니켈 및 니켈- 코발트 합금 용접 튜브)

[표 605.4-3] 과열기용 재료규격

규격번호	규 격 명
SA-182	Forged or Rolled Alloy-steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service (고온용 단조 및 압연 합금강관 플랜지, 단조 관이음쇠와 밸브 및 부품)
SA-213	Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater and Heat Exchanger Tube(이음매 없는 페이라트계 및 오스테나이트계 합금강 보일러, 과열기 및 열교환기 튜브)
SA-240	Stainless and Heat-Resisting Chromium and Chromium-Nickel Steel Plates, Sheet and Strip for Fusion-Welded Unfired Pressure Vessels (용융 용접된 비연소 압력용기용 스테인리스 및 내열 크롬 및 크롬-니켈강판, 시트 및 스트립)
SA-249	Welded Austenitic Steel Boiler, Superheater, Heat Exchanger, and Condenser Tubes (용접용 오스테나이트계 스테인리스강 보일러, 과열기, 열교환기 및 응축기 튜브)
SA-312	Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Pipe (이음매 없는 용접용 오스테나이트계 스테인리스강관)
SA-351	Ferritic and Austenitic Steel Castings for High-Temperature Service (고온용 페라이트계 및 오스테나이트계 스테인리스강 주조품)
SA-369	Ferritic Alloy Steel Forged and Bored Pipe for High-Temperature Service(고온용 단조 및 보어 가공한 페라이트계 합금강관)
SA-376	Seamless Austenitic Steel Pipe for High-Temperature Central-Station Service (이음매 없는 고온 중앙 스테이션용 오스테나이트계 스테인리스강관)
SA-479	Stainless and Heat-Resisting Steel Bars and Shapes for Use in Boilers and Other Pressure Vessels(보일러 및 기타 압력용기용 스테인리스 및 내열강 바 및 형강)
SA-965	Alloy Steel Seamless Drum Forgings (이음매 없는 합금강 드럼 단조품)
SA/JIS G4303	Specification for Stainless Steel Bars (스테인리스 바)
SB-163	Seamless Nickel and Nickel Alloy Condenser and Heat Exchanger Tubes(이음매 없는 니켈 및 니켈 합금 응축기 및 열교환기 튜브)
SB-166	Nickel-Chromium-Iron Alloys and Nickel-Chromium-Cobalt-Molybdenum Alloy Rod, Bar and Wire(니켈-크롬 철 합금 및 니켈-크롬-코발트-몰리브덴 합금 로드, 바 및 와이어)
SB-167	Nickel-Chromium Iron Alloys Seamless Pipe and Tube(이음매 없는 니켈-크롬 철 합금관 및 튜브)
SB-168	Nickel-Chromium-Iron Alloys and Nickel-Chromium-Cobalt-Molybdenum Alloy Plate, Sheet, and Strip(니켈-크롬-철 합금 및 니켈-크롬-코발트-몰리브덴 합금판, 시트 및 스트립)
SB-366	Factory-Made Wrought Nickel and Nickel Alloy Fittings (공장 제조 단련 니켈 및 니켈 합금 관이음쇠)

규격번호	규 격 명
SB-435	N06002, W06230, and R30556 Plate, Sheet, and Strip (N06002, W09230, 및 R30556 판, 시트, 및 스트립)
SB-443	N066625 판, 박판 및 스트립
SB-444	N066625 파이프 및 튜브
SB-446	N066625 로드 및 바
SB-462	부식환경, 고온용 단조 또는 압엽 합금 파이프 플랜지, 단조피팅, 밸브 및 부품
SB 511	Nickel-Iron-Chromium-Silicon Alloy Bars and Shapes (니켈-철-크롬-실리콘 바)
SB-516	Welded Nickel-Chromium-Iron Alloy Tubes (용접 니켈-크롬-철 합금, UNS N06025 및 UNS N06045 튜브)
SB-517	Welded Nickel-Chromium-Iron Alloy (용접 니켈-크롬-철 합금, UNS N06025 및 UNS N06045 관)
SB 535	Nickel-Iron-Chromium-Silicon Alloys Seamless Pipe and Tube (니켈-철-크롬-실리콘 합금 심레스 파이프 및 튜브)
SB 536	Nickel-Iron-Chromium-Silicon Alloys Plate, Sheet, and Strip(니켈-철-크롬-실리콘 합금 판, 박판 및 스트립)
SB-572	Nickel-Molybdenum-Chromium-Iron Alloy Rod(니켈-몰리브덴-크롬-철합금봉)
SB-574	Low Carbon Nickel-Molybdenum-Chromium Alloy Rod(저탄소 니켈-몰리브덴-크롬-합금봉)
SB-575	Low Carbon Nickel-Molybdenum-Chromium Alloy Plate, Sheet and Strip(저탄소 니켈-몰리브덴-크롬 합금 판, 시트와 스트립)
SB-619	Welded Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Pipe(용접용 니켈 및 니켈-코발트 합금관)
SB-622	Seamless Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Pipe and Tube (이음매 없는 니켈 및 니켈-코발트 합금관 및 튜브)
SB-626	Welded Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Tube(용접용 니켈 및 니켈-코발트 합금 튜브)

605.5 단조품

605.5.1 SA-266 탄소강 및 SA-336 합금강으로 제조되는 경우, 이음매 없는 드럼 단강

품은 보일러의 모든 부품에 사용할 수 있다.

605.5.2 단조 플랜지, 관이음쇠(fittings), 노즐, 밸브 및 보일러의 기타 압력부품은 표 605.4, 표605.4-1, 표605.4-2, 표605.4-3에서 열거한 단조품 재료규격 중 하나를 사용하여야 한다.

605.5.3 드럼(drum), 동체(shell) 또는 돔(dome)은 사용재료가 이 기준의 요건에 따른다면 이음매 없는 인발 구조로 할 수 있다.

605.6 주조품

605.6.1 보일러용기 및 용기부품의 제작에 사용되는 주조재는 605.4에 열거한 재료규격 중 하나를 사용하여야 하며, 재료의 최대허용응력값은 주철을 제외하고 모든 주조재에 대해 KEPIC MBB KG-25에 주어진 해당 주물품질계수를 곱해야한다.

1. 주강품이 해당 재료에 대한 재료규격의 최소요건에 의해서만 검사되는 경우에는 80% 이하의 품질계수를 적용하여야 한다. 다만 주강품이 다음의 요건을 만족하는 경우, 100% 이하의 품질계수를 적용할 수 있다.

가. 부속서 4(ASME B 16.5)를 따르는 강 플랜지 및 이음쇠와 부속서 11(ASME B 16.34)을 따르는 밸브 이외에, 몸체의 공칭두께가 114㎜(4 1/2”) 이하인 모든 주강품을 다음과 같이 검사하는 경우

(1) 모든 게이트(gate)의 접속부, 라이저(riser) 및 단면 또는 방향의 급격한 변화부 및 용접 끝단 가공부를 포함한 모든 중요한 부위는 171 방사선투과검사에 따라 방사선투과검사를 하여야 한다. 또한 방사선투과사진은 단면 두께에 따라 부속서 16(ASTM E-446) [벽두께 51㎜(2”) 이하 주강품의 참고 방사선투과사진 표준] 및 부속서14 (ASTM E-186)[벽두께 51㎜～114㎜(2” ～ 4 1/2”) 주강품의 참고 방사선투과사진 표준]의 요건을 만족하여야 한다. 100% 품질계수 적용 허용 중요도 수준은 다음과 같다.

ASTM E-446의 적용(두께 51㎜(2”) 이하의 주강품)

불완전부 분류	중요도 수준	
	두께 25㎜(1”)이하	두께 25㎜(1”) 초과
A	1	2
B	2	3
C(종류 1, 2, 3 및 4)	1	3
D, E, F, G	-	-

ASTM E-186의 적용(두께 51㎜～114㎜(2” ～4 1/2”)의 주강품)

불완전부 분류	중요도 수준
A 및 B, C의 종류 1 및 2 C의 종류 3 D, E 및 F	2 3 기준 없음

(2) 개스킷 자리 가공표면을 포함하여 각 주강품의 모든 표면은 열처리후에 아래(가)에 따른 자분탐상검사를 하거나 (나)에 따른 침투탐상검사를 실시하여야 한다.

(가) 자분탐상검사 방법은 173 자분탐상검사를 따라야 한다. ASTM E-125, Standard Reference Photo graphs for Magne -tic Particle Indications on Ferrous Castings(철 주조품 자분지시에 대한 표준대비사진) 의 종류 Ⅰ의 등급 1, 종류 Ⅱ의 등급 2 및 종류 Ⅲ의 등급 3을 초과하고, 종류 Ⅳ 및 Ⅴ의 등급 1을 초과하는 자분지시 요인이 되는 불완전부는 불합격으로 한다.

(나) 침투탐상검사 방법은 174 침투탐상검사를 따라야 한다. 침투탐상검사에서 판정되는 표면지시가 다음의 조건을 초과한다면 불합격으로 한다.

(a) 모든 균열(crack) 및 열간 터짐(hot tear)

(b) 직사각형의 면적이 38㎜ × 150㎜(1 1/2“ × 6“) 또는 지름이 89㎜(3 1/2“) 이하인 원형면적 내에 (a)의 불연속부 이외에 6개를 초과하는 선형지시의 모든 그룹, 이러한 면적은 평가하는 지시와 관련하여 가장 불리한 위치에서 취하여야 한다.

(c) 기타 선형지시로 두께가 19㎜(3/4“) 이하인 경우 길이가 6㎜를 초과하는 것, 두께가 19㎜(3/4”) 초과～57㎜(2 1/4“) 이하인 경우 길이가 두께의 ⅓ 초과하는 것 및 두께가 57㎜(2 1/4“) 초과한 경우 길이가 19㎜(3/4“)를 초과하는 것(긴 쪽 지시의 길이이상 서로 떨어진 허용 가능한 선상 지시는 합격으로 한다.)

(d) 5㎜(3/16“)초과하는 모든 비선형 불완전부 지시

(3) 특별한 설계로 두 개 이상의 주강품을 생산하는 경우, 처음 5개의 주강품은 위에서와 같이 각각 검사하여야 한다. 5개를 초과하는 주강품을 생산하는 경우, 매 5개의 추가 주강품 을 대표하기 위해 처음 5개 주강품에 하나의 주강품을 추가하여 검사가 실시되어야 한다. 이러한 추가 주강품이 불합격으로 판명된다면, 그 그룹에 있는 나머지 주강품 각각을 검사 하여야 한다.

(4) 모재를 검사한 후 불완전부를 제거하거나 허용 가능한 크기로 줄이기 위해 주강품을 용접으로 수리한 후 (1) 및 (2)에서 허용하는 최대치를 초과하는

지시는 불합격으로 한다. 완전히 수리된 것은 처음 검사에 사용된 것과 동일한 방법으로 재검사를 받아야하고 수리된 주강품은 용접후열처리를 하여야 한다.

(5) 모든 용접은 160 발전설비 용접에 따라 인정된 용접절차서를 사용하여 실시하여야 한다. 절차서 인정은 동일한 재료규격의 주조재 시험편으로 실시하여야 하고, 용접 전·후 실제 작업에 적용되는 것과 동일한 열처리를 실시하여야 한다. 이러한 용접을 실시하는 모든 용접사 및 자동용접사는 160 발전설비 용접에 따라 인정되어야 한다.

나. 몸체의 공칭두께가 114㎜(4 1/2”)를 초과하는 모든 주강품은 아래(1) 또는 위 가(5)에 따라 검사하여야 한다.

(1) 개스킷 자리 가공표면을 포함하여 각 주강품의 모든 표면은 열처리 후에 위 가(2)(가) 에 따른 자분탐상검사를 하거나 가(2)(나)에 따른 침투탐상검사를 하여야 한다.

(2) 주강품의 모든 부품은 완전방사선투과검사를 하여야 하며 방사선투과사진은 부속서15 (ASTM E-280, [벽두께 114㎜～305㎜(4 1/2” ～ 12”)주강품의 참고 방사선투과사진 표준]의 요건에 만족 하여야 한다. 100%의 품질계수에 대한 최대 허용중요도 수준은 다음과 같다.

불완전부 분류	중요도 수준
A 및 B, C의 종류 1, 2 및 3	2
D, E 및 F	기준 없음

(3) 나(1) 및 나(2)에서 허용하는 최대치를 초과하는 모든 지시는 불합격이다. 불완전부를 제거하거나 허용 가능한 크기로 줄이기 위해 모재를 자분탐상검사 및 침투탐상검사를 한 후 주강품을 용접으로 수리할 수 있다.

(4) 25㎜(1”) 또는 단면 두께의 20% 중 작은 값을 초과하는 깊이의 모든 용접 수리부는 나(2)에 따라 방사선투과검사를 실시하여야 하고 최종 용접표면은 자분탐상시험 및 침투탐상시험을 실시하여야 한다. 25㎜(1”) 또는 단면 두께의 20% 중 작은 값 미만인 깊이의 모든 용접 수리부와 효과적으로 방사선투과검사를 실시할 수 없는 모든 용접 수리부는 첫 번째 용접층(layer), 매 6㎜(1/4”)의 용착 용접금속 두께 및 최종 용접부 표면에 대해 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여야 한다. 최종 용접 표면의 자분탐상검사 또는 침투탐상검사는 용접후열처리 후에 실시하여야 한다.

(5) 수리용접이 주강품의 열처리 후에 실시되는 경우, 주강품은 용접후열처리를 하여야 한다.

(6) 모든 용접은 “160 발전설비 용접에 따라 인정된 용접절차서를 사용하여

실시하여야 한다. 절차서인정은 동일한 재료규격의 주조재 시험편으로 실시하여야 하고, 용접 전 · 후 실제 작업에 적용되는것과 동일한 열처리를 실시하여야 한다.

605.6.2 주철은 압력 또는 온도에 관계없이 보일러에 직접 부착되는 노즐 또는 플랜지용으로 사용하여서는 아니 된다.

1. SA-278에 명시된 주철, 즉, 345℃ 이하의 온도에서 압력유지부품용 회주철은 압력이 1.7 ㎫ 이하에서 수증기 온도가 230℃를 초과하지 않는다면, 관 이음쇠, 수주, 밸브 및 밸브 덮개와 같은 압력을 받는 보일러 및 과열기의 연결부에 사용할 수 있다.

605.6.3 구상흑연주철 SA-395에 명시된 구상흑연 주철은 압력이 2.5 ㎫ 이하에서 수증기 온도가 230℃를 초과하지 않는다면, 관이음쇠, 수주, 밸브 및 밸브 덮개와 같은 압력을 받는 보일러 및 과열기의 연결부에 사용할 수 있다.

605.7 기타 압력부품 등

기타 압력부품, 수위지시계, 스테이 및 리벳등의 재료에 대해서는 KEPIC MBB KG-11,12,13 및 14를 따른다.

605.8 재료의 허용응력

기술기준 제74조에서 규정하는 재료의 "허용응력"가운데 최대 허용인장응력은 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에서 규정하는 값으로 한다.

605.9 보일러 및 부속설비의 구조

605.9.1 기술기준 제74조에서 "안전한 것"이란 605.10부터 605.30까지 규정한 구조로 되어 있고 605.31의 수압시험에 합격한 것을 말한다.

605.9.2 보일러 및 다른 압력부품의 설계는 아래의 설계요건을 만족하여야 한다.

1. 압력을 받는 모든 보일러용 판재의 최소두께는 "전기보일러에 대한 요건"의 규정에 의해 제작되는 전기보일러를 제외하고 6㎜(1/4") 이상이어야 한다. 원통형 외부 동체 이외에 사용되는 스테이용 판재의 최소두께는 8㎜(5/16") 이어야 한다. DN 125(NPS 5)를 초과하는 파이프가 압력을 받는 원통형 기기의 동체용 부품으로 판재 대신에 사용되는 경우, 그것의 최소벽두께는 6㎜(1/4") 이어야 한다.
2. 재료규격에서 판두께를 0.3㎜(0.01")까지 허용한다면 두께계산식으로 계산된 두께보다 0.3㎜(0.01") 까지 얇은 판재는 이 규격에 따른 제작에 사용할 수 있다.
3. 파이프 또는 튜브 재료는 이 규격의 해당 식으로 계산된 두께보다 얇게 주문해서는 아니 된다. 주문한 재료는 해당 파이프 또는 튜브의 재료규격에서 ASME Sec Ⅱ에 주어진 대로 허용된 제조상의 하한 공차를 감안하여야 한다.

605.9.3 각각의 제작방법에 적용되는 규정을 따르고 보일러가 가장 엄격한 요건을 가진 제작방법으로 허용된 사용조건으로 제한된다면, 보일러 및 그 부품은 이 규격에 주어진 제작방법의 조합으로 설계되고 제작할 수 있다.

다만 이 규정은 설계에 있어서 가능한 모든 상세사항 규정을 포함하고 있는 것은 아니다. 상세 규정이 주어지지 않은 경우, 제조자는 규정에 따른 경우와 같은 정도의 안전성을 갖도록, 설계에 대한 상세사항을 마련해야 한다.

605.9.4 오스테나이트 계 합금으로 제조된 압력유지부재의 냉간 성형 부위는 다음과 같은 조건인 경우에는 아래 표에 주어진 온도에서 두께 25 ㎜(1“)당 20분 또는 10분 중 더 긴 시간으로 열처리하여야 한다.

1. 최종성형온도가 아래 표에 주어진 최소열처리온도 이하인 경우
2. 설계금속온도 및 성형변형률이 아래 표에 제시한 한도를 초과한 경우의 성형 변형률은 다음과 같이 계산하여야 한다.

가. 판재로 성형한 원통

$$\text{변형률}(\%) = \frac{50t}{R_f}\left(1-\frac{R_f}{R_o}\right)$$

나. 판재로 성형한 구형 또는 접시형 경판

$$\text{변형률}(\%) = \frac{75t}{R_f}\left(1-\frac{R_f}{R_o}\right)$$

다. 튜브 및 파이프 굽힘 부재

$$\text{변형률}(\%) = \frac{100r}{R}$$

여기서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

R = 관 또는 튜브의 중심선에 대한 호칭굽힘반지름

R_f = 성형후의 평균반지름

R_o = 성형전 평균반지름(평판의 경우 무한대)

r = 관 또는 튜브의 호칭바깥반지름

t = 성형전 판재, 관 또는 튜브의 호칭두께

3. 성형변형률을 605.9.4로 계산할 수 없을 때, 제조자는 최대성형 변형률을 결정할 책임이 있다.
4. 플래어, 스웨이지, 또는 업셋트는 응력의 크기에 관계없이 아래 표에 따라서 열처리하여야 한다.

[표 605.9] 냉간 성형 후 변형률 한도 및 열처리 요건

등급	UNS No	저온 범위의 한도			고온 범위의 한도		설계온도 및 성형변형률 한도가 초과될 때, 최소열처리온도, ℃(비고 2, 3)
		설계온도의 경우		성형 변형률 초과, %	설계온도 초과, ℃	성형 변형률 초과, %	
		초과, ℃	이하, ℃				
304	S30400	580	675	20	675	10	1040
304H	S30409	580	675	20	675	10	1040
....	S30432	540	675	15	675	10	1095
304N	S30451	580	675	15	675	10	1040
309S	S30908	580	675	20	675	10	1095
310H	S31009	580	675	20	675	10	1095
310S	S31008	580	675	20	675	10	1095
310HCbN	S31042	540	675	15	675	10	1095
316	S31600	580	675	20	675	10	1040
316H	S31609	580	675	20	675	10	1040
316N	S31651	580	675	15	675	10	1040
321	S32100	540	675	15(비고3)	675	10	1040
321H	S32109	540	675	15(비고3)	675	10	1095
347	S34700	540	675	15	675	10	1040
347H	S34709	540	675	15	675	10	1095
347HFG	S34710	540	675	15	675	10	1175
348	S34800	540	675	15	675	10	1040
348H	S34809	540	675	15	675	10	1095
...	N06230	595	760	15	760	10	1205
600	N06600	580	650	20	650	10	1040
601	N06601	580	650	20	650	10	1040
617	N06617	650	760	15	760	10	1150
690	N06690	580	650	20	649	10	1040
800	N08800	595	675	15	675	10	980
800H	N08810	595	675	15	675	10	1120
...	N08811	595	675	15	675	10	1150
...	S30815	580	675	15	675	10	1050
...	N06022	580	675	15			1120

비고 : 제시한 한도는 판재로 성형한 원통, 판재로 성형한 구형 또는 접시형 경판, 튜브 또는 관 굽힘부재의 경우이다. 성형변형률이 ④항으로 계산할 수 없을 때, 성형변형률 한도는 이 표에 열거한 값의 ½ 이어야 한다.

2. 최소열처리온도가 규정되어 있는 한, 열처리온도 범위는 최소 85℃ 이상[347, 347H, 348 및 348H의 경우 140℃의 온도 범위]으로 제한하는 것이 바람직하다.

3. 바깥지름이 89㎜(3 ½") 미만인 튜브 또는 관의 단순굽힘의 경우, 이 한도는 20 %이다.

605.9.5 최대 허용사용압력은 이 기준에서 지정하는 허용응력값, 설계 규정 및 치수를 적용하여 결정된 압력이다(최대 허용사용압력이라는 용어가 이 규격에서 사용될 때마다, 게이지(gage) 압력 또는 kN/㎟ 단위로 대기압을 초과하는 압력을 말한다)

1. 605.32 규정을 만족하는 증기와 물의 경계선이 고정되지 않은 강제유동 증기발생기(관류형 보일러)를 제외하고, 어떤 보일러도 최대 허용사용압력 보다 높은 압력으로 작동되어서는 아니 된다. 단, 안전밸브나 압력방출밸브 또는 밸브들이 방출하고 있을 때는 예외이며, 이때에는 최대 허용사용압력에서 6%를 초과하지 않아야 한다.
2. 증기 및 수위가 고정되지 않은 강제순환 증기발생기에서, 물-증기 유동 경로를 따라 서로 다른 압력수준으로 압력부품을 설계하는 것이 허용된다. 모든 부품의 최대 허용사용압력은 그 부품이 받게 되는 압력 및 온도의 예상되는 최대 유지조건에 대해 605.32.4의 규정에서 요구되는 것 이상이어야 한다.

605.9.6 특별히 언급되지 않는 한 필요 최소두께를 계산할 때 정압수두로 인한 응력을 고려하여야 한다. 작동압력 또는 정압수두 이외의 요인으로 발생된 추가응력은 허용작동응력의 10%를 초과할 정도로 평균응력을 증가시킬 경우 그것도 고려하여야 한다. 추가응력의 요인은 기기 및 그 내용물의 무게와 지지방법 등이 포함된다.

605.9.7 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B의 최대허용응력값은 압력부품의 필요최소두께 또는 최대 허용사용압력을 계산하기 위해 이 규격의 식에서 사용될 단위 응력이다.

605.9.8 탄소강, 탄소-몰리브덴 강 및 크리프 강도가 증강된 페라이트 합금으로 제조한 압력유지 구성부품의 냉간성형 부위는 표 605.9-1에 따라 열처리를 하여야 한다. 냉간 성형은 705℃(1,300 °F) 미만의 온도에서 재료에 변형을 일으키는 모든 성형 방법을 의미한다. 변형률 계산은 605.9.4에 따라 계산하여야 한다.

[표605.9-1] 냉간 성형 후 변형 한계와 열처리 요건

등급	UNS 번호	보다 낮은 온도 범위에서 제한					보다 높은 온도범위에서 제한			설계온도와 성형변형 한계가 초과되었을 때 요구되는 열처리
		설계온도에 대해서				성형 변형률	다음을 초과하는 설계온도에 대해서		성형 변형률	
		초과		이하						
		℃	°F	℃	°F		℃	°F		
91	K90901	540	(1,000)	600	(1,115)	>25%	600	(1,115)	>20%	풀림 및 뜨임[주(1)]
		540	(1,000)	600	(1,115)	>5~≤25%	600	(1,115)	>5~≤20%	굽힘 후 열처리[주(2) -주(4)]

비고: 제시한 한계는 판재로 성형한 원통, 구형, 접시형 경판 및 튜브와 관의 굽힘부재의 경우이다. 성형변형율을 계산할 수 없을 경우 제한 값은 표 값의 1/2로 하여야 한다. 705 ℃(1300 °F)이상에서 성형된 재료들과 냉간 압착, 플레어 또는 업셋 성형한 경우, 변형율의 크기와 관계없이 풀림후 뜨임이 요구된다.

주: (1) 풀림과 뜨임은 모재 재료 규격의 요건들에 따라서 실시하여야 하며, 부분적으로 실시하여서는 안 된다. 그 재료는 전체를 열처리하거나, 튜브나 구성부품으로부터 냉간 변형부위(변형되지 않은 부분으로의 천이부분 포함)를 절단해 따로 열처리를 하여야 한다.

(2) 굽힘 후 열처리는 730 ℃ ~ 775 ℃(1350°F 내지 1425°F)에서 1 시간/25 mm(1 시간/in.) 또는 최소 30분 동안 실시

하여야 한다. 그 대안으로는, 모재 재료 규격의 요건들에 따른 풀림과 뜨임을 실시할 수 있다.

(3) 설계온도가 600 ℃(1,115 °F) 이하에서 5 % 초과 25 % 미만의 변형률을 가진 재료는 부품의 한 부분이 위에서 허용하는 처리온도를 초과하여 가열되면, 다음 중 하나의 조치를 취하여야 한다.

(a) 그 구성부품의 전체를 다시 풀림후 뜨임을 하여야만 한다.

(b) 허용응력은 그 설계온도에서 등급 9 재료(즉, SA-213 T9, SA-335 P9 또는 동등한 재료 규격)에 대한 것 이어야 한다. 다만 최대유지온도를 초과하는 온도까지 가열된 부품이 위의 주(2)에서 요구하는 온도범위와 시간으로 최종 열처리를 하여야한다.

(4) 냉간 변형 한 재료의 일부를 길이방향으로 용접 하면, 용접 전 또는 후에 풀림후 뜨임을 하여야 한다. 이 풀림과 뜨임은 부분적으로 하여서는 안 된다.

605.9.9 <삭제>

605.10 내압을 받는 원통체의 두께

605.10.1 배관, 튜브, 동체, 드럼 및 헤더(가장 취약한 부분의 강도를 기준함)의 두께는 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$$t = \frac{PD}{2SE + 2yP} + C \qquad \text{또는} \qquad \frac{PR}{SE - (1-y)P} + C$$

$$P = \frac{2SE(t-C)}{D - 2y(t-C)} \qquad \text{또는} \qquad \frac{SE(t-C)}{R + (1-y)(t-C)}$$

비고1. E = 이음매 없는 원통 또는 용접된 원통의 경우 1.00, 또는 구멍간의 리거먼트 효율

비고2. C 값은 표 605.10와 같으며, 부식 또는 침식의 여유 값을 포함하는 것은 아니다.

[표 605.10]

나사붙이 관	C의 값mm(in.)
호칭지름 D ≤ 19 mm(3/4 ″)	1.65 (0.065)
호칭지름 D 〉 19 mm(3/4 ″)	나사깊이 h

비고 3. y = 표 605.10-1의 값을 갖는 계수이며, 표에 열거한 온도간의 y값은 보간법으로 결정할 수 있다. 비철금속재료의 경우, y = 0.4.

[표 605.10-1]

구분	온도 ℃ (℉)							
	480 이하	510	540	565	595	620	650	675
페라이트강	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
오스테나이트강	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
800, 801	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
800H, N08811	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
825	0.4	0.4	0.4	-	-	-	-	-
N06230	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
N06022	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
N06025	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
N06045	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
N06600	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	-
N06601	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	-
N06625	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	-	-	-
N06690	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	-
617	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
S31803	0.4	-	-	-	-	-	-	-

605.10.2 바깥지름 125㎜ 까지 클래드 강도를 포함시키지 않을 경우, 튜브 및 바이메탈튜브는 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$$t = \frac{PD}{2Sw + P} + 0.005D + e$$

$$P = Sw\left[\frac{2t - 0.01D - 2e}{D - (t - 0.005D - e)}\right]$$

1. 클래드 강도를 포함시키는 경우에는 바이메탈 튜브에 대해서는 다음 식을 적용한다.

$$tb + tc' = \frac{PD}{2Sb + P} + 0.005D + e$$

$$tc' = tc\left[\frac{Sc}{2Sb + P}\right]$$

$$t = tb + tc$$

$$P = Sw[\frac{2t - 0.01D - 2e}{D - (t - 0.005D - e)}]$$

비고1. 튜브의 최대허용응력값 S를 선택하는데 사용되는 금속의 온도는 예상되는 최대평균 벽온도 즉, 튜브의 외면온도 및 내면온도의 합을 2로 나눈 값 이상이어야 한다. 열을 흡수하지 않는 튜브의 경우, 금속온도는 튜브 내 유체의 온도로 하여도 좋지만 포화온도 보다 낮지 않아야 한다.

비고2. e = 1.0㎜, 튜브시트에 확관된 튜브의 경우에 25㎜(1″)를 더한 시트의 길이와 최소한 같은 길이를 초과하는 경우, 단 다음의 경우는 예외이다.

= 0, 튜브 시트에 확관된 튜브의 경우에 25㎜(1″)를 더한 시트의 길이를 초과하는 튜브 끝단부의 두께가 표 605.10-2의 값 이상인 경우 = 0, 헤더 및 드럼에 내력 용접된 튜브의 경우

[표 605.10-2]

튜브 바깥지름	튜브 두께,mm(in)
32㎜(1 1/4″) 이하	2.41(0.095)
32㎜ (1 1/4″)초과 50㎜(2″) 이하	2.67(0.105)
50㎜(2″) 초과 75㎜(3″) 이하	3.05(0.120)
75㎜(3″) 초과 100㎜(4″) 이하	3.43(0.135)
100㎜(4″) 초과 125㎜(5″) 이하	3.81(0.150)

605.10.3 605.10.1, 605.10.2에 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

t = 가장 취약한 동체 단에서 판의 최소 두께, ㎜

R = 가장 취약한 동체 단에서 안쪽 반지름, ㎜

Ro = 가장 취약한 동체 단에서 바깥쪽 반지름, ㎜

P = 최대 허용사용압력, ㎫

D = 원통의 바깥지름, ㎜

E = 효율, 이음매 없는 원통으로, 리거먼트를 구성하는 구멍배열이 없는 경우 1.0

= 이음매 없는 원통으로, 리거먼트가 있는 경우 605.10.24 및 605.10.25에 따른 리거먼트 효율

= w, 길이방향 용접 원통으로 리거먼트가 없는 경우 KEPIC MBB KG-26에 따른 용접 이음부 강도감소계수

길이방향 용접 원통으로 리거먼트가 있는 경우, 길이방향 용접 이음매가 리거먼트를 구성하는 구멍에 의해 관통하는 부위가 없을 경우, E는 w 또는 605.10.24 또는 605.10.25로부터의 리거먼트 효율중 보다 작은 쪽을 택하여야 한다. 만일 길이방향 용접 이음매 중 어느한 부분이라도 리거먼트를 구성하는 구멍에 의해 관통된다면, E는 w에 리거먼트 효율을 곱한 값으로 한다.

S = ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에 규정된 표에서 열거한 금속의 설계온도에서의 최대 허용응력값, ㎫

C = 나사가공 및 구조적 안정성을 위한 최소허용공차, ㎜

e = 확관 튜브 끝단부에 대한 두께 계수

y = 온도계수

Sb = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브의 경우, ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에 있는 모재의 설계 온도에서 최대 허용 응력값

Sc = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브의 경우, ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에 있는 클래드 금속의 설계 온도에서 최대 허용 응력값

tb = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브에 대한 모재의 최소 요구 두께

tc = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브에 대한 클래드의 최소 요구 두께

tc´ = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브에 대한 강도 목적의 최소 유효 클래드 두께

w = 용접 이음부 강도 감소계수

$$Z_1 = \frac{(SE+P)}{(SE-P)}$$

$$Z_2 = \left[\frac{(R+t)}{R}\right]^2 = \left(\frac{Ro}{R}\right)^2$$

605.11 접시형 경판

605.11.1 오목한 면에 내압을 받는 구멍이 없고 스테이로 지지되지 않는 접시형 경판의 두께는 그것이 구의 일부분인 경우에는 다음의 식으로 계산하여야 한다. 접시형경판의 구형부분에 부분적으로 얇은 부분이 있다면 요구두께는 아래식으로 구한 두께보다 적어도 된다.

$$t = \frac{5PL}{4.8Sw}$$

1. 접시형 경판의 반지름은 경판의 플랜지 부분의 바깥지름을 초과하지 않아야 한다. 두 개의 반지름이 사용되는 경우, 더 큰 값이 위 식의 L 값으로 취하여야 한다.
2. 구형의 일부분인 접시형 경판이 모든 치수에서 150㎜를 초과하는 플랜지붙이 맨홀 또는 출입구가 있는 경우, 두께는 위의 식으로 계산한 구멍 없는 경판에 대한 요구두께의 15% 이상이 되도록 증가시켜야 하지만. 어떠한 경우에도 구멍이 없는 경판에 대한 추가두께는 3㎜ 이상이어야 한다. 접시형 경판이 부착관에 의해 지지되는 플랜지붙이 구멍이 있는 경우, 구멍 없는 경판에 대한 두께의 증가는 필요하지 않다. 경판에 한 개 이상의 맨홀이 있는 경우, 이 식으로 계산한 두께의 구멍 간 최소 거리는 경판 바깥지름의 1/4 이상이어야 한다.
3. 구형의 일부분인 접시형 경판, 타원형 경판 및 완전 반구형 경판에 위치한 보강이 필요한 모든 구멍은 605.14에 따라 보강하여야 한다.
4. 접시형 경판의 반지름 L이 경판바깥 지름의 80% 미만인 경우, 플랜지삽입형 맨홀 구멍이 있는 경판의 두께는 최소한 L을 경판바깥 지름의 80%와 같게 하고 맨홀에 대한 추가두께를 더한 것이어야 한다. 이러한 두께는 모든 경판 형상에 대해 플랜지붙이 맨홀 구멍이 있는 경판의 최소두께이어야 하고, 또한 최대 허용사용응력은 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에 주어진 값을 초과해서는 아니 된다.
5. 완전 반구형 경판을 제외한 다른 경판은 동일한 지름의 이음매 없는 동체에서 요

구되는 두께보다 작아서는 아니 된다.

6. 단축 길이의 1/2 또는 경판의 깊이가 최소한 경판 안지름의 1/4이상인 반타원형태의 구멍 없는 경판은 최소한 605.10.1에서 규정하는 대로 동일한 지름의 이음매 없는 동체의 요구 두께만큼 두꺼워야 한다. 만일 기준요건을 만족시키는 플랜지삽입 맨홀이 타원형 경판에 있다면, 이 경판의 두께는 그 접시의 반지름이 이 경판 바깥지름의 80%이며, 605.11.1의 2에 규정된 바와 같이 맨홀에 대한 추가 두께로서, 구형 분할재의 하나인 접시형 경판의 두께와 같아야 한다.
7. 유사 타원형 형상으로 만들어진 경판의 경우, 605.30에 명시된 공차를 적용하여야 한다.

605.11.2 볼록면에 압력을 받는 스테이로 지지되지 않는 접시형 경판의 최대 허용사용압력은 오목면에 압력을 받는 동일한 치수의 경판에 대한 값의 60% 이어야 한다. 반구형 경판에 대한 605.11.3과 반 타원형에 대한 605.11.1의 6에서 식을 사용하여 얻어진 경판 두께는 볼록면에 압력을 받는 경판에 적용하지 않는다.

605.11.3 오목면에 압력을 받는 구멍이 없고 스테이로 지지되지 않는 완전 반구형 경판의 두께는 다음의 식으로 계산하여야 한다.

$$t = \frac{PL}{2Sw - 0.2P}$$

위의 식은 이러한 식으로 주어진 경판의 요구두께가 안쪽 반지름의 35.6%를 초과하는 경우에는 사용되어서는 안 되며, 대신에 다음의 식이 사용되어야 한다.

$$t = L(Y^{1/3} - 1)$$

여기에서, $Y = \frac{2(Sw + P)}{2Sw - P}$

1. 규격요건을 만족시키는 플랜지삽입 맨홀이 완전한 반구형 경판에 있다면, 그 경판의 두께는 그 접시의 반지름이 그 경판의 바깥지름의 8/10과 같고, 위 605.11.1의 2에서 규정된 바와 같이 맨홀에 대한 추가두께가 있는 구형의 일부로서 접시형으로 된 경판에 대한 것과 동일해야 한다.
2. 스테이로 지지되지 않은 접시형 경판의 오목한 면에서 측정한 경판의 모서리 반지름은 그 경판 재료 두께의 3배 이상이어야 하지만, 어떠한 경우에도 그 경판 바깥지름의 6 % 이상이어야 한다. 어떠한 경우도 그 너클 부분을 구성하는 원환체의 일부분에 의해서 둘러싸인 구형의 일부분으로 구성되는 모든 접시형 경판의 너클 부분의 성형공정으로 605.11.1의 공식으로 계산한 요구두께의 10 %를 초과하는 두께감소가 있어서는 안 된다. 다른 형식의 경판들은 성형 후에 해당 공식에서 요구하는 두께 이상이어야 한다.

605.11.4 605.11.1과 605.11.3에서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

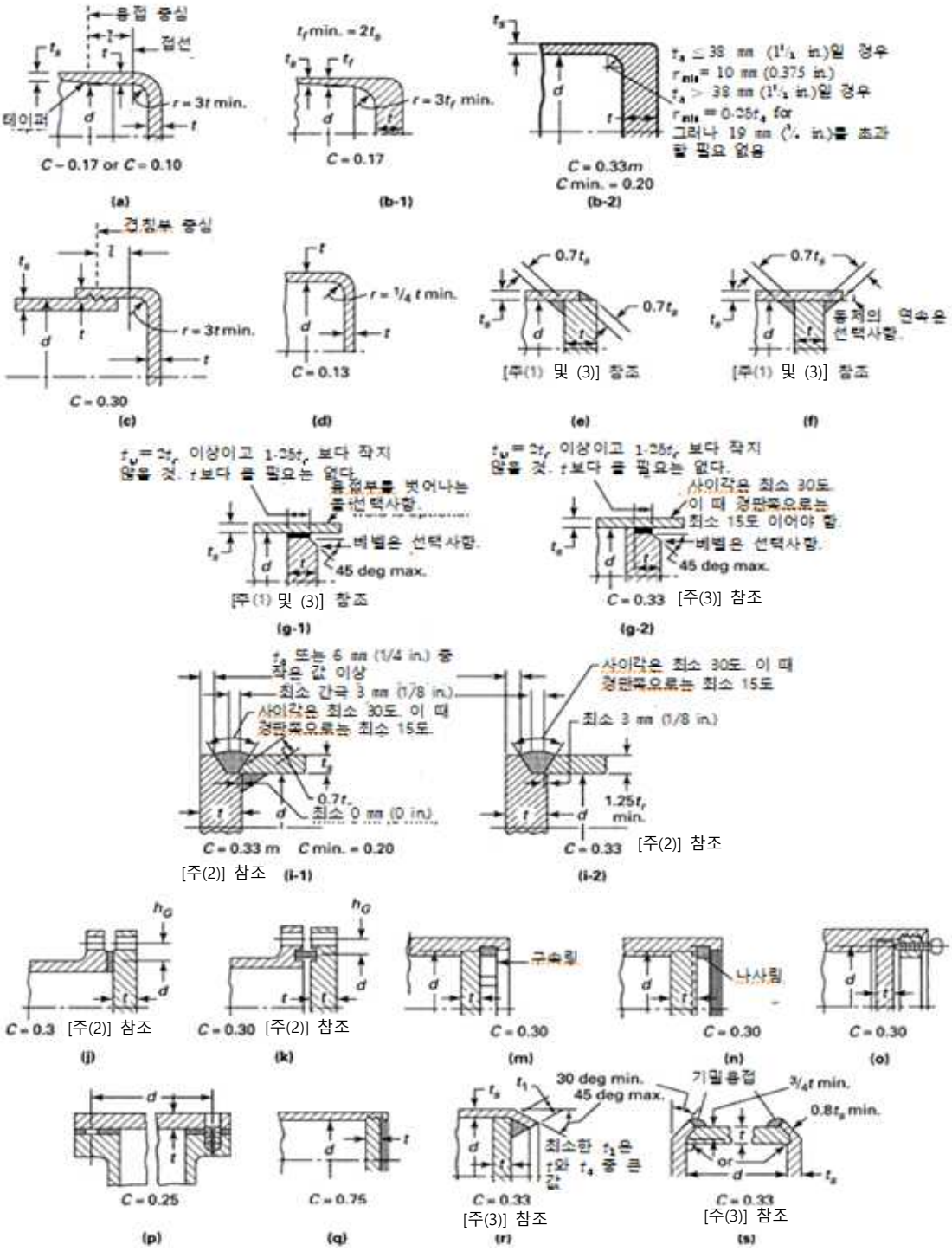
P = 최대 허용사용압력, ㎫(정압수두 하중은 포함할 필요가 없다)

L = 경판의 오목한 면에서 측정한 반지름, ㎜

S = 최대 허용응력, ㎫, (ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에 주어진 값을 사용)
w = KEPIC MBB KG-26에 따른 용접이음부 강도감소계수
t = 경판의 최소두께

605.12 스테이로 지지되지 않는 평경판 및 덮개

605.12.1 그림605.12과 같은 스테이로 지지되지 않은 평경판, 덮개 판, 및 블라인드(blind) 플랜지의 최소두께는 다음의 주어진 요건을 만족하여야 한다. 이러한 요건은 원형 및 비원형 경판 및 덮개 양쪽 모두에 적용된다. 그림605.12에 여러 가지 사용 가능한 형태의 평경판과 덮개가 나타나 있다. 이 그림에서 용접치수는 부식 및/또는 침식에 대한 어떠한 여유도 포함하지 않으므로, 여유값이 해당하는 경우 추가용접이 요구된다.



[그림 605.12] 스테이로 지지되지 않은 평경판 및 덮개의 형태

비고 1. (e), (f), 및 (g-1)의 원형 덮개, C = 0.33 m, 최소 C = 0.20; 비원형 덮개, C = 0.33

2. 605.12.3 식(2) 또는 식(5) 사용

3. 그림 (e), (f), (g-1), (g-2), (i-1), (i-2), (r), (s)에 표시된 용접 이음부에는 체적검사가 필요하지 않다.

4. 파이프 나사산을 사용할 시, 표 605.20 참조

605.12.2 그림605.12에서 사용되는 기호의 정의는 다음과 같다.

C = 경판의 부착 방법과 동체, 관, 또는 헤더 치수에 따른 계수 및 605.12.4에 열거한 바와 같이 다른 항목에 따른 무차원 계수, 용접된 덮개에 대한 계수는 구조에 대해 허용응력을 1.5S로 효과적으로 증가시키는 0.667의 계수를 포함한다.

D = 짧은 스팬에 대해 수직으로 측정한 비원형의 경판 또는 덮개의 긴 스팬, ㎜

d = 그림 605.12에 나타난 바와 같이 측정된 지름 또는 짧은 스팬, ㎜

h_G = 그림 605.12 (j) 및 (k)에 나타난 대로 볼트 중심선에서 개스킷 반력선까지의 반지름방향 거리와 동일한 개스킷 모멘트 암(moment arm), ㎜

L = 볼트 체결형 비원형경판의 볼트 구멍 중심을 따라 측정한 둘레길이, ㎜

l = 그림 605.12의 (a) 및 (c)에 나타난 대로 너클의 접선(tangent line)으로부터 측정한 플랜지붙이 경판의 플랜지 길이, ㎜

m = t_r/t_s의 비

P = 최대 허용사용압력, ㎫

r = 플랜징(flanging) 또는 단조에 의해 성형된 경판의 내부 모서리의 반지름, ㎜

S = ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에 주어진 값을 사용한 최대 허용응력, ㎫

t = 평경판 또는 덮개의 최소요구두께, ㎜

t_f = 그림 605.12의 (b)와 같이 대단부(large end)에서 단조 경판에 대한 플랜지의 공칭두께, ㎜

t_h = 평형한 경판 또는 덮개의 공칭두께, ㎜

t_r = 압력을 받는 이음매 없는 동체, 관, 또는 헤더의 요구두께, ㎜

t_s = 동체, 관, 또는 헤더의 규정 최소두께, ㎜

t_w = 그림 605.12의 (g-1), (g-2)에 나타난 바와 같이 경판을 가장자리를 드럼, 관 또는 헤더의 내부에 용접시 용입부의 두께, ㎜

t_1 = 그림 605.12의 (r)에 나타난 바와 같이 마감 용접부의 목치수, ㎜

W = 605.12.3 제2호에 정의한 대로 총 볼트하중, N

Z = 605.12.3에 나타난 바와 같이 긴 스팬에 대한 짧은 스팬의 비율에 따라 결정되는 비원형의 경판 및 덮개의 무차원 계수

K = 그림 605.12의 영향계수, 그림(s)

605.12.3 스테이로 지지되지 않은 평평한 형태의 경판, 덮개 및 블라인드 플랜지의 두께는 다음 중 하나를 만족하여야 한다.

1. 부속서 4(ASME B16.5)에 따르는 철강재료의 원형블라인드 플랜지는 그림 1의 (j) 및 ((k)에 나타난 종류의 경우, 부속서 4(ASME B16.5)의 표 2에 있는 지름과 압력-온도 등급을 만족하여야 한다.
2. 스테이로 지지되지 않은 원형의 평평한 형태의 경판, 덮개 및 블라인드 플랜지의

최소 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{S}} \qquad (1)$$

다만, 경판, 덮개 또는 블라인드 플랜지가 가장자리 모멘트[그림 605.12의 (j) 및 (k)]를 일으키는 볼트로 체결하는 경우는 예외이며, 이 경우, 두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{S} + 1.9\frac{Wh_g}{Sd^3}} \qquad (2)$$

식 (2)를 사용하는 경우, 두께 t는 설계조건 및 개스킷 체결조건 모두에 대해서 계산하여야 하며, 두 값 중에서 큰 값을 사용하여야 한다. 설계조건에서 P의 값은 최대 허용사용압력이고, 설계온도에서의 S 값이 사용되어야 하며, W는 끝단부의 압력하중을 견디고 개스킷의 밀착성을 유지하기 위해 필요한 볼트 하중의 합이어야 한다. 개스킷 체결조건에서, P는 0이고, S는 대기온도에서의 값이 사용되어야 하며, W는 필요한 볼트하중과 실제로 사용되는 볼트면적에 대해 유효한 하중의 평균을 적용하여야 한다.

3. 스테이로 지지되지 않은 평평한 형태의 경판, 덮개 및 블라인드 플랜지의 형상은 정사각형, 직사각형, 타원형, 장원형, 세그먼트형(segmental) 또는 다른 비원형(noncircular) 일 수 있다. 이 경우 이들의 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{ZCP}{S}} \qquad (3)$$

여기에서,

$$Z = 3.4 - \frac{2.4d}{D} \qquad (4)$$

Z는 2.5이하여야 한다.

식 (3)은 가장자리 모멘트[그림 605.12의 (j) 및 (k)]를 일으키는 볼트로 체결하는 비원형의 경판, 덮개 및 블라인드 플랜지에는 적용하지 않는다. 이러한 형식의 비원형 경판의 경우, 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{ZCP}{S} + 6\frac{Wh_g}{SLd^2}} \qquad (5)$$

식 (5)를 사용할 경우, 두께 t는 식 (2)에서 규정한 것과 같은 방식으로 계산하여야 한다.

605.12.4 그림 605.12에 나타난 구조 형식에 대해, 위의 식 (1), (2), (3) 및 (5)에서 사용되는 C의 최소 값은 다음과 같다.

1. 그림 605.12의 (a)

C = 0.17 동체, 관, 또는 헤더와 일체로 단조되거나 맞대기 용접되는 플랜지붙이 원

형 및 비원형 경판으로서, 내부 모서리의 반지름이 경판 요구두께의 3배 이상이며, 플랜지 길이에 대한 특별한 요건이 없고, 용접은 160 발전설비 용접에 주어진 원주방향 이음부에 대한 모든 요건을 만족하는 경우

C = 0.10 위와 같이 설계된 경판으로서, 플랜지 길이가 다음 식으로 계산되는 값보다 큰 원형경판의 경우

$$l = (1.1 - 0.8\frac{t_s^2}{t_h^2})\sqrt{dt_h} \qquad (6)$$

C = 0.10이 사용될 경우, 테이퍼(tapered) 부분의 기울기는 1:3이하여야 한다.

2. 그림 605.12의 (b-1)

C = 0.17 동체, 관 또는 헤더와 일체로 단조되거나 맞대기 용접되는 단조된 원형 및 비원형 경판으로서, 내부모서리 반지름은 플랜지두께의 3배 이상이며, 용접은 원주방향 이음부에 대한 모든 요건을 만족하는 경우

그림 605.12의 (b-2)

C = 0.33m으로 0.20 이상인 값: 동체, 관 또는 헤더와 맞대기 용접일체로 단조되거나 원형 및 비원형 경판되는 단조된 허브 플랜지 두께는 동체 두께 이상으로서, 안쪽 모서리 반지름이 다음 식으로 주어지는 값 이상인 경우,

$r_{min} = t_s \leq 38$ mm인의 경우 10 mm

$r_{min} = t_s > 38$ mm인의 경우 $0.25t_s$ 단, 19 mm를 초과할 필요는 없다.

용접은 605.42~605.57의 원주방향 이음부에 대한 모든 요건을 만족하여야 한다.

3. 그림 605.12의 (c)

C = 0.30. 동체, 관 또는 헤더의 끝부분에 나사이음되고, 내부 모서리의 반지름이 3t 이상인 플랜지붙이 원형 평판의 경우. 압력으로 인한 끝부분의 힘에 의해 전단, 인장 또는 압축에 의한 파손을 방지하기 위한 나사 이음부의 설계는 최소 안전계수 4를 기준으로 해야 하며, 나사 부품의 강도는 최소한 동일 지름의 표준 배관에 있는 나사만큼의 강도를 가져야 한다. 필요한 경우 기밀용접 적용할 수 있다.

4. 그림 605.12의 (d)

C = 0.13 지름 d가 600 ㎜ 이하의 일체형 원형의 평평한 경판으로서, 경판의 두께와 치수 d의 비가 0.05 이상 0.25 이하이고, 경판의 두께 th가 동체 두께 ts 이상이고, 내부 모서리의 반지름이 0.25 t 이상인 경우, 그 구조는 헤더의 끝을 막는 것과 같은 방법으로 동체, 관 또는 헤더의 끝부분을 업세팅(upsetting) 및 스피닝(spinning)하는 특수 성형기법 등으로 제조할 수 있다.

5. 그림 605.12의 (e), (f), 및 (g-1)

가. C=0.33m 으로, 0.20 이상인 원형 평판 및 C=0.33인 비원형 평판의 경우: 드럼, 관 또는 헤더 내부에 용접되고 용접보일러 드럼의 각 형식에 대한 요건을 대해 만족시키는 경우에 적용한다.(용접 보일러) 드럼에 필요한 경우, 용접후열처리가 포함

되나 체적검사는 제외) t를 계산할 때 1 미만인 m 값을 사용할 경우, 동체두께 ts는 경판의 내부면에서 부터 내부쪽으로 최소한 $2\sqrt{dt_s}$와 같은 거리에 걸쳐 유지되어야 한다. 그림(e) 및 (f)의 필릿 용접부의 목두께는 최소한 0.7 ts 이상이어야 한다. 그림(g-1)의 용접부 tw의 크기는 이음매 없는 동체의 요구두께의 2배 이상이어야 하고, 동체의 공칭두께의 1.25배 이상이어야 하지만, 경판의 두께보다 클 필요는 없다. 용접부는 그림에서 나타난 바와 같이 경판의 내부 면에서 용접부의 루트(root)가 있는 용접 그루브(groove)내에 용착되어야 한다.

나. 그림 605.12의 (g-2)

C = 0.33 드럼, 관 또는 헤더의 내부에 용접되는 원형 평판으로서, 그 밖의 용접에 대해서는 용접된 드럼의 각 형식에 대한 요건을 만족하는 경우(용접 보일러 드럼에 필요한 경우, 용접후열처리가 포함되나 체적검사는 제외). 헤더의 내부면에 용접이 되지 않는 평판의 두께는 제3항제2호에 계산된 평판 두께에 추가하여야 한다. 드럼 또는 헤더는 NPS 4 이하로 제한한다.

다. C = 0.33. 드럼, 관 또는 헤더의 내부에 용접되는 비원형 평판으로서, 그밖의 용접에 대해서는 드럼에 필요한 경우 용접후열처리를 실시하여야 하지만 체적비파괴시험을 생략하여도 되는 용접 보일러 드럼의 각 형식에 대한 요건을 만족시키는 경우에 적용한다(용접 보일러 드럼에 필요한 경우, 용접후열처리가 포함되나 체적검사는 제외). 그림(e) 및 (f)의 필릿 용접부의 목두께는 최소한 0.7 ts 이상이어야 한다. 그림(g-1)의 용접부 tw의 크기는 이음매 없는 동체의 요구두께의 2배 이상이어야 하고, 동체 공칭두께의 1.25배 이상이어야 하지만, 경판두께를 초과할 필요는 없다. 용접부는 그림에서 나타난 바와 같이 경판의 내부면에서 용접부의 루트(root)가 있는 용접 그루브(groove)내에 용착되어야 한다.

6. 그림 605.12의 (i-1)

C = 0.33m 드럼, 관 또는 헤더의 끝단부에 용접되는 원형 평판의 경우 0.20이상. 내부 필렛용접의 최소 목 두께는 $0.7t_s$이어야 한다. 용접 그루브 바닥의 폭은 3 mm 이상이고 노출된 모서리는 t_s 또는 6 mm 중 작은 값 이상이어야 한다.

그림 605.12의 (i-2)

C=0.33 드럼, 관 또는 헤더의 끝단부에 용접되는 원형 평판의 경우. 두께(t_s)는 1.25 t_r 이상이어야 한다. 용접 그루브의 바닥 폭은 3 mm 이상이고 노출된 모서리는 t_s 또는 6 mm 중 작은 값 이상이어야 한다. 원형판은 드럼, 관 또는 헤더 끝에 3 mm 이상을 삽입하여야 한다.

7. 그림 605.12의 (j) 및 (k)

C = 0.3 그림에 나타난 바와 같이 동체, 플랜지 또는 측면판에 볼트로 체결된 원형 및 비원형 경판 및 덮개의 경우. 볼트로 체결된 덮개에 추가 모멘트가 작용하므로 그림605.12의 식 (2) 또는 (5)를 적용하여야 한다. 그림 605.12의(k)에 나타난 바와

같이 덮개 판에 개스킷을 위한 홈의 있는 경우, 홈 아래 또는 홈과 덮개 판의 외부 가장자리 와의 간격에 대한 덮개 판의 순두께는 다음의 식으로 계산된 값 이상이어야 한다.

- 원형 경판 및 덮개의 경우, $t = d\sqrt{1.9\frac{Wh_g}{Sd^3}}$

- 비원형 경판 및 덮개의 경우, $t = d\sqrt{6\frac{Wh_g}{SLd^2}}$

8. 그림 605.12의 (m), (n), 및 (o)

C = 0.3 동체, 관 또는 헤더의 끝부분에 삽입되고 확실한 기계적 잠금장치로 제 자리에 고정된 원형 평판의 경우, 압력과 서로 열팽창의 차이로 인한 전단, 인장, 압축 또는 플레어링(flaring)을 포함한 반지름 방향의 변형에 의한 모든 가능한 파손 형태에는 최소 안전계수 4를 기준으로 해야 한다. 필요한 경우 기밀용접을 적용할 수 있다.

9. 그림 605.12의 (p)

C = 0.25 동체, 플랜지 또는 측면 판에 전면 개스킷으로 볼트 체결된 원형 및 비원형 덮개의 경우.

10. 그림 605.12의 (q)

C = 0.75 안지름 d가 300㎜ 이하인 동체, 관 또는 헤더의 끝부분에 나사 이음되는 원형 평판 또는 안지름 d가 300㎜ 이하인 동체, 관 또는 헤더의 끝부분에 나사 이음되는 일체형 플랜지 경판의 경우, 압력과 열팽창의 차이로 인한 전단, 인장, 압축 또는 플레어링(flaring)을 포함한 반지름 방향의 변형에 의한 파손을 방지하기 위해 나사 이음부의 설계는 최소 안전계수 4를 기준으로 해야 한다. 필요한 경우 기밀용접을 적용할 수 있다.

11. 그림 605.12의 (r)

C = 0.33 지름 d가 450㎜ 이하인 동체, 관 또는 헤더에 삽입되고, 그림에 보는 바와 같이 용접하며, 그밖에, 용접후열처리를 실시하여야 하지만 체적 비파괴검사를 생략하여도 되는 용접 보일러 드럼에 대한 요건을 만족하는 원형 평판의 경우. 동체, 관 또는 헤더의 끝부분은 최소 30° 이상 45° 이하로 크림핑(crimping)하여야 한다. 크림핑 작업은 금속에 손상을 주지 않는 범위에서 냉간가공으로 할 수 있다. 용접의 목두께는 평평한 형태의 경판이나 동체, 관 또는 헤더 중 더 큰 쪽의 두께 이상이어야 한다.

12. 그림 605.12의 (s)

C = 0.33 지름 d가 450㎜ 이하이고 동체, 관 또는 헤더 내에 삽입하며, 동체, 관 및 헤더의 끝부분을 최소 30° 이상 45° 이하로 크림핑하고, 또한 베벨(bevel) 평판 설치를 위한 언더컷팅(undercutting) 후의 두께가 동체두께의 최소 80% 이상이어야

하는 원형 베벨 평판의 경우. 베벨링은 경판두께의 75% 이상이어야 한다. 크림핑은 원통의 전체 원주가 사용된 재료의 적절한 단조 온도로 균일하게 가열되었을 때 실시하여야 한다. 이 구조의 경우, ts/d의 비는 P/S의 비 이상이고 0.05 이상이어야 한다. 최대 허용사용압력은 P = SK/d 이하이어야 한다.

605.13 동체, 헤더 및 접시형 경판의 구멍

605.13.1 605.13부터 605.20에 있는 구멍 및 보강에 대한 규정은 605.11.1의 2, 605.11.1의 6, 605.11.3의 1 및 아래605.13.2, 605.13.4, 605.13.5에서 달리 규정한 경우를 제외하고는 동체, 헤더 및 경판의 모든 구멍에 적용하여야 하며, 605.13.2부터 사용되는 기호의 정의는 다음과 같다.

D = 구멍을 내포하는 동체, 헤더, 또는 접시형 경판의 바깥지름, mm (in.) d = 완성구멍의 지름, mm (in.) (605.14.3 참조)

dmax. = 비보강 구멍에 대해 최대 허용 완성구멍 지름, mm (in.) (아래 605.13.2 참조)

K = 가. 원통형 동체와 헤더와 접시형 경판에 있는 구멍의 경우, K = K1

나. 온반구형 경판에 있는 구멍의 경우, K = K2

K_1 = 0.990 또는 PD/(1.82St) 중 작은 값

K_2 = 0.990 또는 PD/(3.64St) 중 작은 값

P = 최대허용 사용압력

S = ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에서 취한 최대허용응력 값

t = 경판, 동체 또는 헤더의 호칭두께, mm (in.)

X = 용기 벽에 평행한 보강한계 (605.16.2 참조)

605.13.2 그룹 내에서 최대 완성구멍의 지름이 다음 식에서 허용하는 값을 초과하지 않을 경우, 구멍 그룹을 605.24 또는 605.25의 리거먼트 규정에 따라 설계해도 좋다.

(SI 단위) $d_{\max} = 8.08[Dt(1-k)]^{1/3}$

(미국 관습단위) $d_{\max} = 2.75[Dt(1-k)]^{1/3}$

리거먼트에 의해 설계하지 않은 다수 구멍들은 605.19에 따라야 한다.

605.13.3 단일 구멍 : 단일 구멍은 인접한 구멍들 간의 최소 중심-중심 거리가 L_{co} 이상인 구멍으로 정의한다.

여기에서,

$$L_{co} = X_1 + X_2$$

605.13.4 동체와 헤더 내 구멍

605.14.3에 정의한 완성구멍의 지름 d가 다음 둘 중 큰 값을 초과하지 않을 경우, 동체나 헤더에 있어서 605.19, 605.24 및 605.25에 의해 수용되지 않는 단일 구멍에 대해 보강의 유효성을 결정하는 계산을 할 필요가 없다.

1. 동체나 헤더 안지름의 1/4로써 60 mm (2 3/8 in.) 이하 또는

2. 위1.에 해당되지 않는 단일구멍으로 위 605.13.2에 의해 계산한 dmax. 값

605.13.5 접시형 경판의 단일구멍 대해 성형경판에 있는 구멍의 지름이 위 605.13.4에 허용하는 값을 초과하지 않을 경우 아래요구사항에 일치할 경우에는 보강계산을 하지 않아도 된다.

1. 온반구형 경판을 제외한 접시형 경판에 대해, 허용하는 최대 구멍지름은 동일한 재료와 바깥지름, 경판의 최대허용사용압력으로 제작된 동등 동체의 경우 K = K1를 사용하여 605.13.4에서 허용하는 값을 초과하지 않아야 한다.
2. 온반구형 경판에 대해서, 허용하는 최대 구멍지름은 동일한 재료와 바깥지름, 경판의 최대허용사용압력으로 제작된 동등 동체의 경우 K = K2를 사용하여 605.13.4에서 허용하는 값을 초과하지 않아야 한다.

605.13.6 구멍의 형상은 다음과 같아야 한다.

1. 압력용기의 원통부분 또는 성형 경판에 있는 구멍은 가능한 원형, 타원형 또는 비원형이어야 한다. 타원형 또는 비원형 구멍에 있어서 긴 축의 길이가 짧은 축의 길이보다 2배 이상으로 클 경우에는, 비틀림 모멘트에 의해서 발생되는 과도한 변형을 방지하기 위하여 짧은 축을 가로지르는 방향으로 필요한 만큼 보강을 하여야 한다.
2. 구멍은 위의 1항에 열거한 형상 이외의 다른 형상일 수 있지만, 그 경우에는 모든 모서리 부위에 적절한 크기의 반지름을 주어야 한다.
3. 구멍이 정확한 강도 계산을 할 수 없는 구멍 모양이거나 용기의 안전에 영향을 미치는 경우에는 실증수압시험을 실시하여야 한다.

605.13.7 원통형 및 구형 동체에 설치되는 구멍의 크기는 다음 1에 따라야 한다.

1. 동체에 설치하는 구멍의 최대 지름

가. 동체 안지름이 1,500㎜ 이하인 경우: 동체안지름의 1/2(최대 500㎜이하)

나. 동체 안지름이 1,500㎜ 초과의 경우: 동체안지름의 ⅓(최대 1000㎜이하)

2. 1에 표시하는 지름을 초과하는 경우, 구멍의 중심에서 측정하여 구멍의 양측에 605.17.2에 규정한 한계의 3/4의 거리 이내에, 필요 보강의 약 2/3를 있도록 하여야 한다.
3. 사용된 제작 세부사항과 중요 구멍에 대한 검사는 특별히 고려하여야 한다. 전체 용기 지름에 근접한 큰 구멍, 독특한 형상의 구멍 등의 극단적인 경우는 605.9.3의 요건을 따른다.

605.14 동체 및 접시형 경판의 구멍에 요구되는 보강

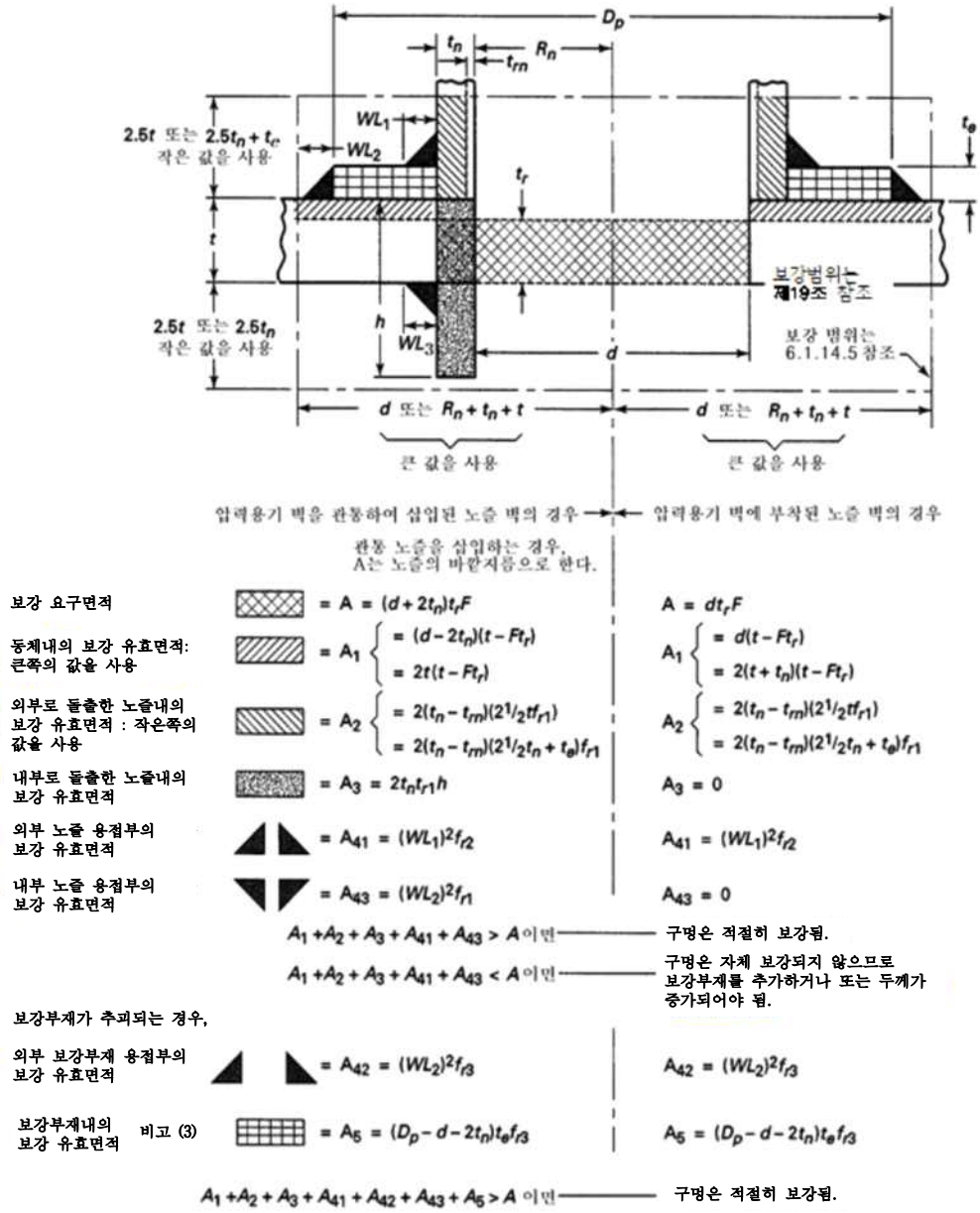
605.14.1 관, 용기의 동체 및 경판에 구멍을 설치하는 경우 다음의 경우를 제외하고는 보강하여야 한다.

1. 605.11.1의 2, 6 및 605.11.3의 1에 의해 설치되는 플랜지붙이 구멍의 경우

2. 605.16에 의해 설치되는 평 경판의 경우

3. 605.13.2, 605.13.4 및 605.13.5에 해당하는 경우

605.14.2 내부압력을 받는 용기에 대해 주어진 어떤 평면에서 요구되는 전체 보강 단면적은 그림 605.14에서 규정한 것처럼 A 값 이상이어야 한다.



[그림 605.14] 구멍 보강에 대한 기호 및 식

605.14.3 사용되는 기호의 정의는 다음과 같다.

te = 부착된 보강판의 두께나 압력용기 및 노즐의 바깥지름에 돌출된 표면내 있고 일체형 보강 면적 내에 완전하게 놓여있는 가장 큰 60° 직각 삼각형의 높이,(㎜,그림 4 참조)

t = 명시된 압력용기 벽의 두께, ㎜

tr = 지정된 압력에 대해 계산된 이 기준의 규정에 따라서 이음매 없는 동체 또는 경판의 요구두께, ㎜. 다만, 다음의 a) 및 b)는 예외로 한다.

a) 구멍과 그 구멍의 보강이 접시형(torispherical) 경판의 구형 부분에 완전히 포함되는 경우, tr 은 구형 부분에 있는 것과 동일한 반지름의 이음매 없는 반구형 경판의 요구두께이다. 여기에서 반구형 경판의 반지름은 접시형 경판 구형 부분의 반지름과 같은 값이다.

b) 구멍과 그 구멍의 보강이 타원형 경판(단축의 ½이 안지름의 ¼ 과 같은형상)에 있고, 경판의 중심과 일치하는 중심에서 지름을 갖는 동체 안지름의 80%인 원 내에 완전히 위치하는 경우, tr은 반지름이 동체 안지름의 90%인 이음매 없는 반구형 경판의 요구두께이다.

tn = 노즐 벽 두께, ㎜

trn = 이음매 없는 노즐 벽의 요구두께, (㎜). 동체에 대한 tr식을 사용하고 계수 C(trn을 결정하기 위해 사용하는 S 값은 노즐재료를 근거로 하여야 한다)를 제외한 식에 의해 구할 수 있다. 안쪽부에 덮개를 가지고 안쪽으로 돌출된 맨홀 및 핸드홀링의 벽두께에 대한 trn 값은 0으로 하여야 한다.

Dp = 보강 부재의 바깥지름, ㎜

d = 고려하고 있는 평면에서 마무리된 구멍의 지름, ㎜(그림3참조)

d = 고려하고 있는 평면에서 마무리된 구멍에서, 안쪽에 탭이 있는 NPT 관이음쇠에 대한 나사의 최대 지름, (㎜)

F = 그림 605.14-2의 계수. 이것은 원통형 동체의 길이방향 축에 대해 다른 평면에서 작용하는 압력에 의한 응력의 차를 보상한 것이다. 성형 경판 또는 평형한 경판의 경우, F = 1.0이다.

h = 압력용기 벽의 외부에서 내부로 돌출한 노즐 거리, ㎜

Rn = 고려되는 노즐의 안쪽 반지름, ㎜

S = ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B의 허용인장응력값, ㎫

Sn = 노즐의 허용응력, ㎫(위의 S 참조)

Sv =압력용기의 허용응력, ㎫(위의 S 참조)

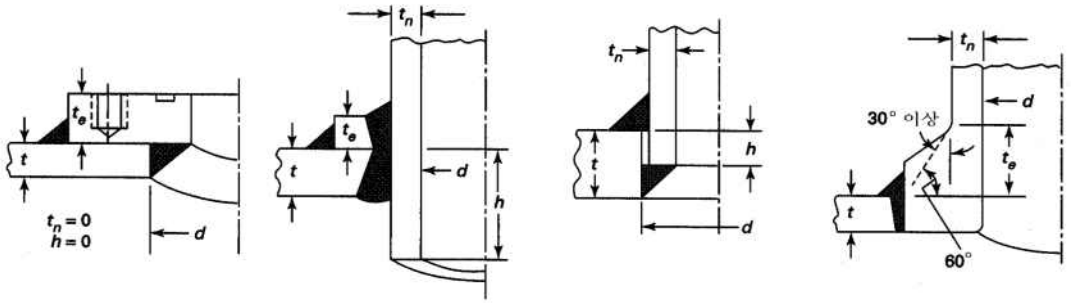
Sp = 보강 부재(판)의 허용응력, ㎫(위의 S 참조)

fr = 1.0을 초과하지 않는 강도 감소계수(그림3 참조)

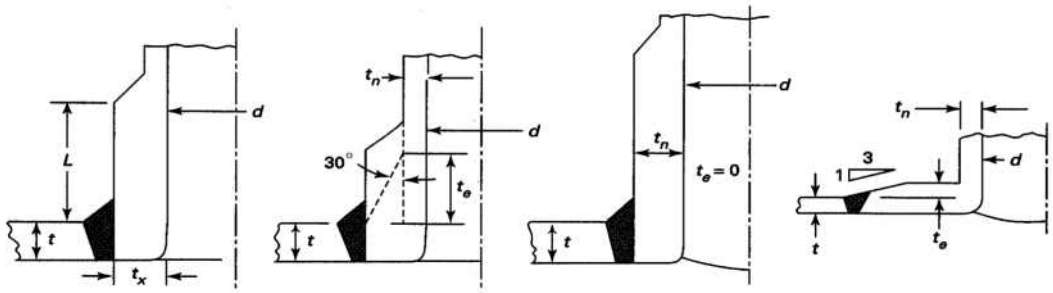
fr1 = <삭제> Sn/Sv

fr2 = (Sn 또는 Sp 중 작은 값)/Sv

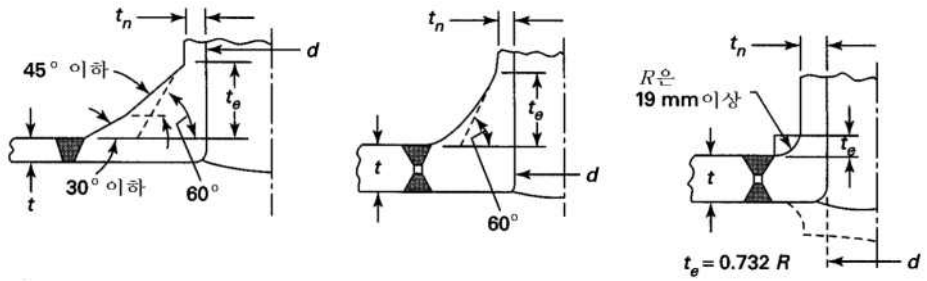
fr3 = Sp/Sv



(a) (b) (c) (d)



(e) (e-1) (e-2) (f)



(g) (h) (i)

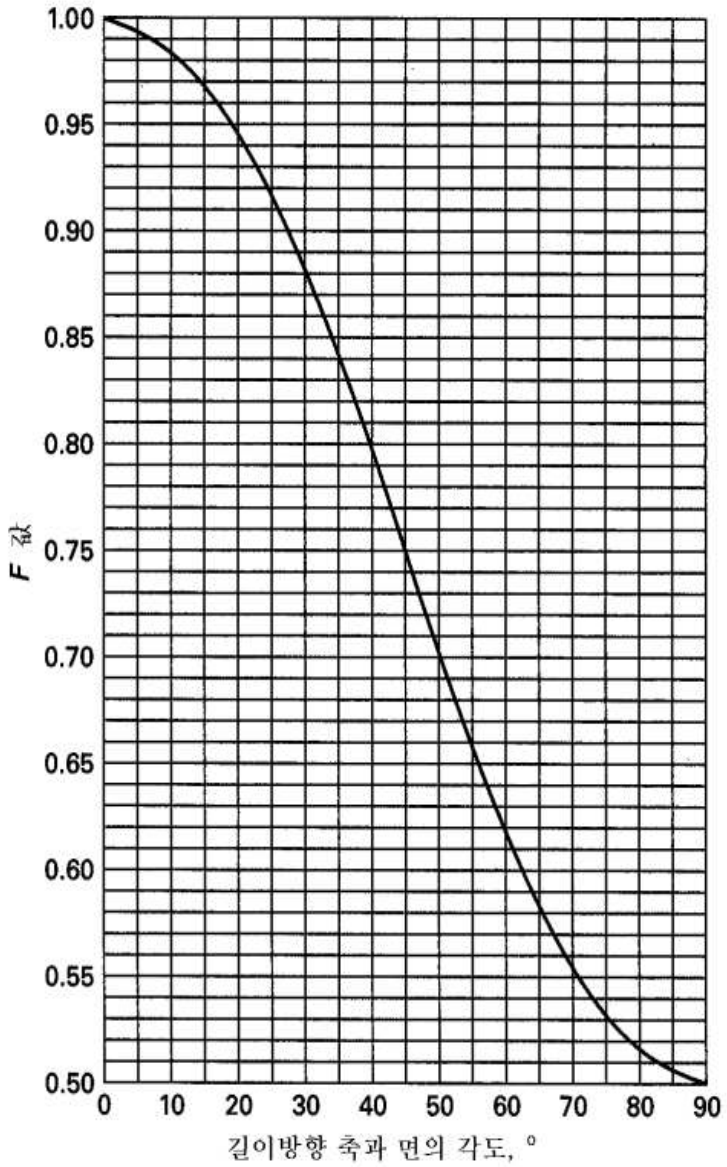
[그림 605.14-1] 치수 te, h 및 d를 설명하는 대표적인 형상

비고 (e-1) 또는 (e-2) 중 어떤 것을 적용할 지 결정하기 위해 (e)를 사용한다.

a) L < 2.5 tx 이면 그림 (e-1)를 사용한다.

b) L ≥ 2.5 tx 이면 그림 (e-2)를 사용한다.

c) 그림 e)에 보인 최소 30 도 기울기는 스케치 (e-1)과 (e-2)에도 같이 적용된다.



비고 : $F = 1-0.5\sin^2\theta$

[그림 605.14-2] F 값을 결정하기 위한 도표

605.15 성형 경판에 설치되는 플랜지붙이 구멍

605.15.1 접시형(torispherical), 타원형 및 반구형 경판에 있는 모든 구멍은 605.14에 따라 보강하여야 한다. 다만, 605.15.2, 605.11.1의 2, 605.11.1의 6 및 605.11.3 중 어느 하나의 요건을 만족하는 경우에는 보강하지 않아도 된다.

605.15.2 접시형 경판에 있는 플랜지붙이 맨홀 구멍은 두께가 38㎜ 이하인 판재의 경우 플랜지 깊이는 경판의 요구두께의 3배 이상이어야 한다. 또한 두께가 38㎜를 초과

하는 판재의 경우, 플랜지 깊이는 판재두께에 75㎜를 더하여야 한다.

605.16 스테이가 있거나 또는 없는 평 경판에 있는 구멍에 요구되는 보강

605.16.1 605.13.1의 1에 포함된 작은 구멍 이외의 평 경판에 설치하는 모든 구멍은 보강하여야 한다.

605.16.2 스테이가 없는 평 경판 : 지름이나 가장 짧은 스팬(span)의 1/2을 초과하지 않는 지름의 구멍이 있는 평 경판은 605.14.2에 규정한 요구면적의 0.5배 이상의 총 보강 단면적을 가져야 한다. 두께는 아래의 1 및 2와 같이 필요한 구멍 보강을 위해 증가시킬 수 있다.

1. 605.12.3의 경판 두께를 계산하기 위한 식(1) 또는 (3)에서 C 대신 2C 또는 0.75 중 작은 값 사용하거나 또는
2. 605.12.3의 식(2) 또는 (5)에서 제곱근 값을 2배하여 계산하여야 한다.

605.16.3 605.12.3에 규정한 스테이 없는 평 경판으로서 그 안에 있는 단일구멍의 지름이 경판 지름이나 가장 짧은 축 의 경판 폭(비원형 경판의 경우)의 1/2을 넘을 경우, 605.9.3에 주어진 방법으로 설계하여야 한다.

605.17 보강에 대한 금속의 유효범위

605.17.1 압력용기 벽에 수직이고 구멍의 중심을 통과하는 임의의 평면에 있어서 금속이 보강재로서 가치를 가지는 단면의 경계를 해당 평면에서의 보강한계로 정의한다.

605.17.2 압력용기 벽에 평행한 방향으로 측정한 보강의 한계는 구멍 축을 중심으로 좌우 각 방향으로 다음에 주어진 값 중에서 큰 값을 취한다.

1. 가공이 완료된 구멍의 지름.
2. 가공이 완료된 구멍의 반지름에 용기 벽의 두께와 노즐 벽의 두께를 더한 값

605.17.3 압력용기 벽에 수직인 방향으로 측정한 보강의 한계는 윤곽에 따라 각 면으로부터 다음에 주어진 값 중 작은 값으로 한다.

1. 동체 공칭두께의 2½배
2. 노즐 벽두께의 2½배에 모든 추가 보강두께의 합

605.17.4 보강의 범위 내에 보강에 유효한 것으로 간주되는 금속은 다음 사항을 포함하여야 한다.

1. 압력용기 벽에서 압력을 견디는데 필요한 두께를 초과하는 금속, 보강에 유효한 압력용기 벽의 면적은 그림 605.14의 식으로 구한 A1 값 중 큰 값으로한다.
2. 압력용기 벽 외부로 돌출된 노즐 부분에서 압력을 견디는데 필요한 두께를 초과하는 금속, 보강에 유효한 노즐 벽의 최대 면적은 그림 605.14의 식으로 구한 A2 값 중 작은 값으로 한다. 압력용기 벽의 외부면에서 내부로 돌출한 노즐벽의 모든 금속은 보강면적으로 포함해도 된다. 내부로 돌출한 노즐의 압력차에 의해 구멍 주위

의 동체 응력에 반대되는 응력을 발생시킬 수 있는 경우에는 보강면적으로 고려해서는 아니 된다.

3. 압력용기 및 노즐 양쪽 모두에 용접된 경우 보강(노즐에 대해 연속적으로)에 추가된 금속과 부착 용접으로 제공된 금속.

605.18 보강의 강도

605.18.1 보강에 사용하는 재료의 허용응력 값은 용기 벽의 허용응력값 이상이어야 한다. 다만, 보강의 낮은 허용응력값을 보상하기 위해 두 재료의 허용응력값의 비에 반비례하여 보강의 면적이 증가된다면, 낮은 강도의 재료도 사용할 수 있다. 압력용기 벽의 허용응력값 보다 높은 허용응력값을 가진 보강을 하더라도 추가적인 강도를 고려해서는 아니 된다. 압력용기 벽이나 보강을 위해 사용하는 보강판의 외부에 용착된 용접금속은 용접으로 접합된 재료 중 약한 쪽의 허용응력값과 동등한 허용응력값을 갖는 것으로 산정하여야 한다. 용기 벽 또는 보강판 내에 압력용기-노즐 또는 보강판-노즐 간 부착 용접금속은 각각 용기 벽 또는 보강판의 허용응력값과 동등한 허용응력값을 갖는 것으로 볼 수 있다.

605.18.2 용기 벽에 일체형이 아닌 보강부재를 부착하는 용접부는 다음 식으로 규정한 부재들에 의해 전달되는 하중 이상의 강도 W 값을 가져야 한다.

$$W = (A - A_1)\, S_v$$

여기에서, A, A1, 및 Sv는 605.14 및 그림 605.14을 참조한다.

605.19 다수 구멍의 보강

605.19.1 보강이 필요한 2개의 인접한 구멍의 간격이 605.17.2에서 규정한 거리의 2배 미만인 경우(그림 605.19-1), 구멍 2개는 각 구멍에 필요한 보강 결합 면적과 동일한 면적을 갖는 보강으로 605.14에 따라 구멍 중심을 연결하는 평면에서 보강하여야 한다.

단면의 어느 부분도 하나의 구멍에만 고려해야 하고 복합면적도 한번만 평가한다. 겹친 면적을 갖는 두 구멍들 사이의 경판 또는 동체의 유효면적은 두 구멍 사이의 지름의 비로 배분하여야 한다.

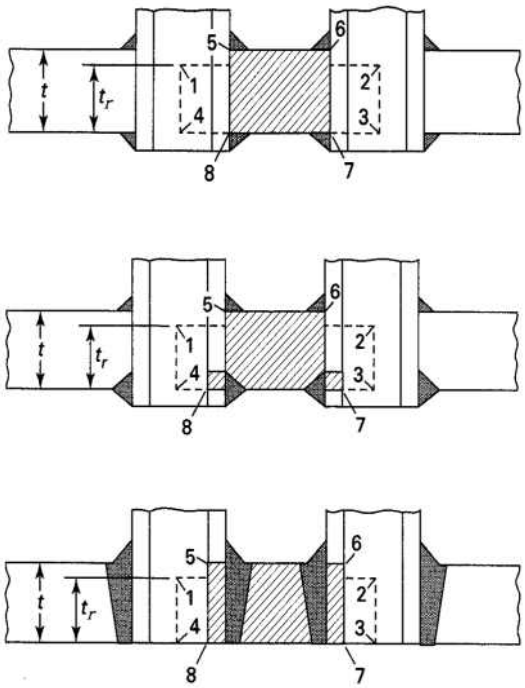
605.19.2 3개 이상의 구멍이 605.17.2에 정의한 거리의 2배 미만 간격으로 배치되어 보강한계가 서로 겹치고(그림 605.19-2) 조합 보강을 해야 하는 경우, 임의의 두 구멍 중심 사이의 최소 거리는 평균지름의 1⅓배 이상 이어야 하고, 두 구멍 사이의 보강 면적은 두 구멍에 대해 요구되는 총 보강면적의 50% 이상이어야 한다. 이 두 구멍간 중심거리가 이들 구멍 평균지름의 1⅓배 미만일 경우, 이들 구멍 간 재료의 어느 부분도 보강으로 인정해서는 아니된다. 이러한 구멍은 605.19.3에 따라 보강해야한다.

605.19.3 대안으로, 임의의 배열된, 임의의 수와 인접한 구멍들은 모든 구멍을 포함하

는 하나의 큰구멍으로 가정하여 보강할 수 있다. 가정한 구멍의 보강한계는 605.17.2의 1과 605.17.3의 1에 따라야 한다. 실제 구멍의 노즐벽은 보강에 유효한 것으로 간주해서는 아니된다. 동체와 헤더의 경우, 가정한 구멍의 지름이 605.13.7의 1의 한계를 초과할 경우, 605.13.7의 2의 권고사항을 고려할 수 있다.

605.19.4 동체 또는 드럼에 일정한 형태로 일련의 구멍(3개 이상)가 있는 경우, 어떤 두 개의 인접한 마무리된 개구부의 중심 간 거리는 평균 지름의 1⅓배보다 작지 않아야 하고, 어떤 두 개의 마무리된 개구부에 대해 605.19.1에 따라 보강하여야 한다. 또한, 실제 동체 벽 내에 어떠한 2개의 마무리된 구멍사이의 순 단면적은(동체 벽에 용접되지 않는 보강부분을 제외하고) 이음매 없는 동체의 요구두께에 구멍 중심간의 거리를 곱하여 얻은 단면적에 0.7F를 곱한 값과 최소한 같아야 한다. 계수 F는 그림 605.14-2로부터 얻는다(그림 605.19 참조). 대체적으로 605.13.2에 따라, 구멍의 그룹은 605.24 또는 605.25에서 리거먼트에 대한 규정에 따라 설계해도 된다.

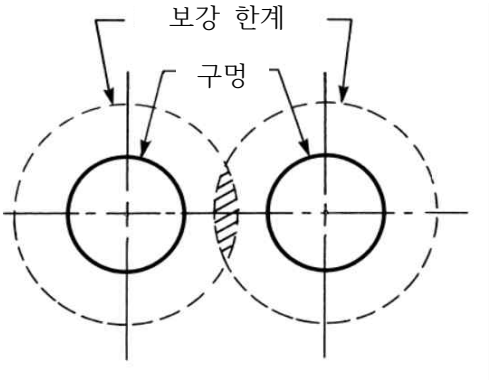
605.19.5 구멍의 지름이 더 두꺼운 단면에 의해 보강되고 동체 또는 경판에 맞대기 용접될 경우, 삽입된 부분의 가장자리는 최소한 3:1로 테이퍼(taper)가공하여야 한다.



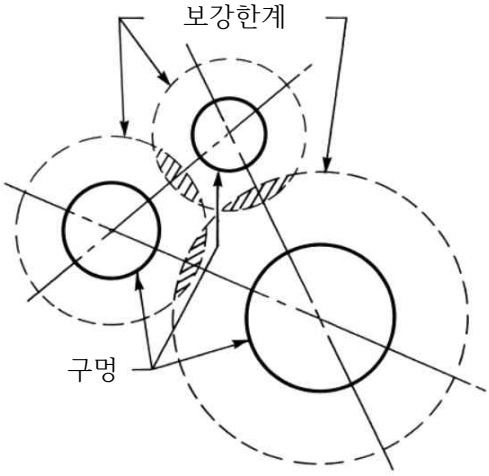
[그림 605.19] 605.19.4에 주어진 규정의 설명

비고 5, 6, 7 및 8에서 나타낸 단면적은 1, 2, 3 및 4에서 나타낸 사각형의 면적에 0.7F를 곱한 값과 최소한 같아야 한다. 여기에서, F는 그림 605.14-2에서의 값, tr은

이음매 없는 동체의 요구두께이다.



[그림 605.19-1] 보강한계가 겹치는 두 구멍 간격의 예



[그림 605.19-2] 보강한계가 겹치는 셋 이상 구멍 간격의 예

605.20 용기 벽에 관 및 노즐을 부착하는 방법

605.20.1 동체, 드럼 및 헤더에 부착하는 노즐 및 다른 연결부는 그림 605.14-1과 같이 한쪽 또는 양쪽에서 적용하는 완전 용입용접, 양쪽에서 적용하는 부분 용입용접, 양쪽에서 적용하는 필릿용접, 반대쪽에서 필릿용접 및 부분 용입용접으로 부착하여야 한다.

605.20.2 볼트 스터드를 이용한 연결

1. 용기는 동체, 빌트-업 패드(built-up pad) 또는 부착된 판재나 관 이음쇠에 가공된 평면이 있어야 한다.
2. 평행나사를 위해 탭 가공된 드릴 구멍은 압력용기의 안쪽표면으로부터 벽 두께의 1/4 이상 관통해서는 아니 된다. 그렇지 않을 경우 최소한 위에서 요구하는 최소요구 두께가 용기의 안쪽표면에 금속을 부착시켜 유지되도록 하여야 한다.
3. 탭 가공된 구멍이 스터드를 위해 제공되는 경우, 나사는 전 길이에 걸쳐 있어야 하고 결함이 없어야 하며, ds 또는 다음 값 중 큰 값 이상의 길이로 스터드를 체결하여야 한다.

$$0.75d_s \times \frac{\text{설계온도에서 스터드 재료의 최대허용응력값}}{\text{설계온도에서 탭 가공된 재료의 최대허용응력값}}$$

여기에서, ds는 스터드의 지름이며, 나사 물림이 1.5ds를 초과할 필요는 없다.스터드 연결은 보강의 요건을 만족하여야 하며, 스터드만으로 부착된 면적은 보강면적에 포함하지 않는다.

605.20.3 나사산을 이용한 연결

1. 보일러 기기에 나사 연결을 할 경우, 나사 구멍에 체결하여야 한다. 나사산은 ASME B1.20.1 요건을 준수하고, 용기의 벽 곡면에 여유를 주어 적어도 표 605.20에 주어진 최소 나사산 수와 맞물려야 한다. 금속 두께 및 표 605.20에서 필요로 하는 나사산 수를 확보하기 위해, 또는 필요시 보강을 하기 위해, 빌트-업 패드나 적절히 부착된 강판 또는 피팅을 사용해도 좋다.
2. 외부 배관에 대한 보일러 연결부의 나사 체결은 크기와 압력제한을 따라야하며 495℃를 초과해서 사용하면 안 된다.

파이프 최대 공칭크기 DN (NPS)	최대 압력, MPa (psi)
80 (3)	3 (400)
65 (2 1/2)	3.5 (500)
50 (2)	4 (600)
40 (1 1/2)	6 (900)
32 (1 1/4)	7 (1,000)
25 (1)	8 (1,200)
20 (3/4) 이하	10 (1,500)

[표 605.20 연결부의 나사산 최소 수]

압력	파이프 체결 크기 DN(NPS)	나사산 수	최소 판 두께, mm(in.)
2 MPa(300 psi) 이상	25 및 32(1 및 1 1/4) 40 및 50(1 1/2 및 2) 65~100(2 1/2~4) 125 및 150(5 및 6) 200(8) 250(10) 300(12)	4 5 7 8 10 12 13	9(0.348) 11(0.435) 22(0.875) 25(1.0) 32(1.25) 38(1.5) 41(1.625)
2 MPa (300 psi) 초과	15 및 20(1/2 및 3/4) 25~40(1 및 1 1 1/2) 50(2) 65 및 80(2 1/2 및 3) 100 및 150(4~6) 200(8) 250(10) 300(12)	6 7 8 8 10 12 13 14	11(0.43) 16(0.61) 18(0.70) 25(1.0) 32(1.25) 38(1.5) 41(1.625) 44(1.75)

605.21 관이음쇠, 플랜지 및 밸브

605.21.1 아래의 규격은 플랜지 및 관이음쇠에 사용할 수 있다. 압력-온도 등급은 해당 규격에 따라야 한다.

1. KS B 1511 철강제관 플랜지의 기본치수
2. ASME B16.1, Cast Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings Classes 25, 125 and 250
(주철관 플랜지 및 플랜지식 관이음쇠 클래스 25, 125 및 250)(부속서-1)
3. ASME B16.3, Malleable Iron Threaded Fittings, Classes 150 and 300
(가단 주철 나사식 관이음쇠, 클래스 150 및 300)(부속서-2)
4. ASME B16.4, Gray Iron Threaded Fittings Classes 125 and 250
(회주철 나사식 관이음쇠 클래스 125 및 250) (부속서-3)
5. ASME B16.5, Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS 1/2 through NPS24
(관 플랜지와 플랜지식 관이음쇠(부속서-4)
6. ASME B16.9, Factory-Made Wrought Steel Buttwelding Fittings
(단강재의 맞대기용접 이음쇠)(부속서-5)
7. ASME B16.11, Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded
(소켓 용접 및 나사식 단조이음쇠)(부속서-6)
8. ASME B16.15, Case Copper Alloy Threaded Fittings, Classes 125 and 250
(주조 구리합금 나사식 이음쇠, 클래스 125 및 250)(부속서-7)
9. ASME B16.20, Metallic Gaskets for Pipe Flanges
(관 플랜지용 금속 개스킷 - 링 조인트, 스파이럴 무늬 및 재킷형)(부속서-8)
10. ASME B16.24, Cast Copper Alloy Pipe Flanges and Flanged Fittings Class 150, 300, 400, 600, 900, 1500, and 2500
(주조 구리합금 관 플랜지 및 플랜지관 플랜지식 이음쇠, 클래스 150, 300, 400, 600, 900, 1500 및 2500)(부속서-9)
11. ASME B16.25, Buttwelding Ends
(맞대기 용접 끝단부)(부속서-10)
12. ASME B16.34, Valves—Flanged, Threaded, and Welding End
(플랜지, 나사 이음 및 용접 밸브)(부속서-11)
13. ASME B16.42, Ductile Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings, Classes 150 and 300
(덕타일 주철 관 플랜지 및 플랜지 식이음쇠, 클래스 150 및 300)(부속서-12)
14. ASME B16.47 Large Diameter Steel Flanges NPS 26 Through NPS60
(대 구경 강재 플랜지)(부속서-13)

605.21.2 플랜지는 이 기준에서 허용하는 재료 또는 위에서 기술한 해당 제품표준에

열거한 재료로 제작하여야 한다. 다만, 특별히 사용을 금지하거나 이 기준에서 열거한 사용한계를 벗어나는 재료를 사용해서는 아니 된다. 압연 또는 단조 플랜지는 이렇게 허용된 재료 중에서 임의의 단조 규격에 따르는 재료로 제조할 수도 있다. 다만, SA-181은 압력 등급이 클래스 300 이상이 되는 플랜지에 사용해서는 아니 된다. 허브(hub)형 플랜지는 판재로부터 절단하거나 기계가공해서도 아니 된다.

605.21.3 이 기준에서 허용하는 다른 재료로 제작된 플랜지는 최소한 해당 규격의 강도요건을 만족하여야 한다. 또한, 플랜지의 면 치수 및 볼트 원(circle)은 별도로 요구하는 표준에 따라야 한다.

1. 압력을 받는 모든 관 이음쇠 및 밸브 몸체의 두께는 사용 재료에 해당하는 최대 허용사용압력 및 온도에 대해 위에 열거한 해당 표준에서 요구하는 것 이상이어야 한다.
2. 부속서 4(ASME B 16.5) 또는 부속서 11(B 16.34)에 따르는 주강제 용접형 밸브 및 관이음쇠의 원통형 끝단부는, 이들 부위가 내부 및 외부 양쪽 모두 다듬질 가공되고, 또한 용접 끝단 천이부의 윤곽이 605.21.3의 3을 만족한다면, 100%의 주물 품질계수를 적용하여도 된다.
3. 관이음쇠 및 밸브와 같은 부품 몸체의 용접 끝단부는 인접한 관에서 부품 몸체에 이르기까지 두께가 점진적으로 변하도록 하여야 한다. 그림605.22에 나타내는 포락선에 완전히 놓이는 용접 끝단 천이부의 형상이 다음 사항을 만족한다면 허용된다.

가. 천이구역의 벽두께는 605.21.3의 1 및 605.21.3의 2에서 요구되는 관이음쇠 및 밸브두께는 그림 605.22에서 정의한 관 두께 t_{min}의 최소값 중 작은 값 이상이 되어야 한다.

나. 용접 이음부를 포함한 두께변화 구역은 예리한 홈과 기울기의 급격한 변화를 피하여야 한다. 경사진 부위와 만나는 임의의 표면이 이루는 인접각이 150° 미만인 경우, 교차부 또는 구석(용접덧은 제외)은 최소한 $0.05t_{min}$의 반지름으로 둥글게 해야 한다. 용접부 끝단 관련표준에서 제시하는 형상과 공차는 완성제품과 용접이음부가 605.21.3의 3의 요건을 만족하는 경우에 한해서 허용된다. 그림 7에 나타난 바와 같이 피팅 또는 밸브 끝부분의 두께는 t_{min}이상이 되어야 하고 다음 중 최대값을 초과해서는 안된다.

(1) 최소벽두께 기준으로 지시한 경우 : [t_{min} + 4 ㎜ (0.15 in.)]와 $1.15t_{min}$ 중 큰 값

(2) 호칭벽두께 기준으로 지시한 경우 : [t_{min} + 4 ㎜ (0.15 in.)]와 $1.10t_{nom}$ 중 큰 값

4. 부속서 4(ASME B 16.5)의 요건을 만족하는 플랜지 및 플랜지붙이 관이음쇠나 (부속서 11)(ASME B 16.34)의 요건을 만족하는 밸브는 이들 표준에서 설정한 압력-온도 등급에서 사용할 수 있다. 표준 클래스, 특수 클래스 또는 제한된 클래스의 밸브는 그것이 사용되는 곳에서 모든 밸브의 부품이 압력-온도 조건에 적합하다면 사용하여도 된다. 중간 등급 또는 클래스의 밸브는 부속서 11(ASME B 16.34)에 규정한 대

로 허용된다.

5. 사용요건이 부속서 4(ASME B 16.5) 또는 부속서 11(ASME B 16.34)에서 주어진 허용 값을 초과하는 경우, 부속서 4(ASME B 16.5) 또는 부속서 11(ASME B 16.34)의 가장 근접한 압력 등급 클래스보다 처짐 한계가 더 크지 않고, 안전계수가 작지 않도록 볼트재료, 플랜지 두께 및 몸체 두께가 증가되었다면, 이 기준 요건을 만족하는 것으로 한다.
6. 강재 맞대기 용접 관이음쇠는 최소한 부속서 5(ASME B 16.9)의 요건과 같다면 사용하여도 된다.
7. ASME 표준 삽입 플랜지는 DN 100을 초과해서는 아니 된다. 삽입 플랜지는 양면 필릿용접으로 부착하여야 한다. 필릿용접부의 목두께는 플랜지가 부착되는 부품 두께의 0.7배 이상 되어야 한다.
8. ASME 표준 소켓용접 플랜지는, 플랜지 치수가 클래스 600 이하의 경우 DN 80을 초과하지 않고, 클래스 900 및 1,500의 경우 DN 65를 초과하지 않으면, 배관 또는 보일러 노즐에 사용하여도 된다.
9. 클래스 125, 150, 250 및 300에 대한 ASME 표준 요건을 만족하는 주철 또는 가단주철재의 나사붙이 관이음쇠는 별도로 사용을 금지하거나 특별히 플랜지붙이 관이음쇠가 요구되는 경우를 제외하고는 사용할 수 있으나 230℃를 초과하는 온도에서 사용해서는 아니 된다.
10. 별도로 요구되는 ASME 표준 관이음쇠의 강도요건에 최소한 동일한 주강품 또는 단강품 나사 붙이 관이음쇠 또는 밸브는 플랜지붙이 관이음쇠가 특별히 요구되는 경우를 제외하고 모든 경우에 사용할 수 있다.
11. 605.9.3 및 605.9.10을 만족하는 클램프 커넥터는 보일러 제작에 사용될 수 있다. 운전 중 기본 볼트체결부의 파손을 대비하여 독립적으로 클램프를 잡아주는 이중화 장치가 적용되지 않는 한 각 클램프 러그에는 2개 이상의 볼트가 사용되어야 한다. 클램프 허브의 마찰력은 2중화 장치라고 볼 수 없다. 이중화 장치란 연결부에 압력이 가해지거나 유체의 정압이 걸리는 상태에서,
    가. 연결부가 열리거나 누출되지 않도록 해야 한다.
    나. 다른 체결부에 허용응력의 50%를 초과한 응력을 증가시키지 않아야 한다.

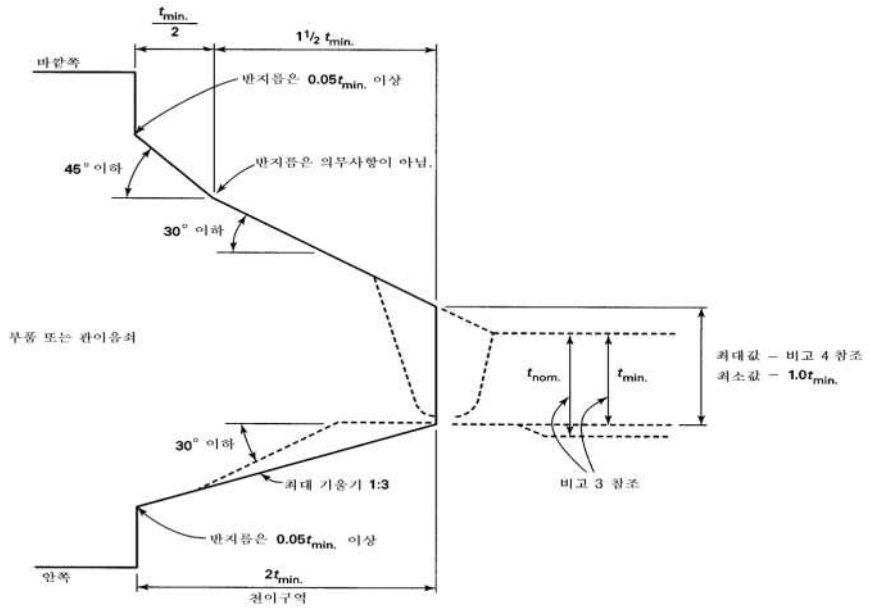
605.22 노즐 넥 두께

적용 가능한 경우, 모든 노즐 넥의 최소두께, 출입구, 및 검사용 구멍은 부식과 침식 여유를 포함하여 모든 적용 가능한 하중에 대해 요구된 두께보다 작아서는 안 된다. 출입구와 검사용 구멍을 제외하고, 노즐 넥의 최소두께는 다음 중 값 중에서 작은 것보다 커야 한다.

1. 노즐 넥이 부착되는 이음매 없는 동체 또는 경판의 최소요구두께에 부식 또는 침식

여유를 추가(해당하는 경우)

2. ASME B 36.10M의 표2에 열거된 표준관의 최소 벽 두께에 부식 및 침식여유를 추가(해당하는 경우)



비고 1. 용접 베벨(bevel)은 참조용이다.

2. 보강 덧살은 허용되는 천이부의 최대범위 밖에 있어도 된다.

주 (1) tmin. 값은 다음 값 중 하나로 한다.

가. 주문한 관의 최소 벽두께

나. 주문한 튜브의 최소 벽두께

다. -12.5%의 공차를 갖는 관 스케줄 벽두께로 주문한 관 공칭 벽두께의 0.875배

라. 이음부가 두 부재 사이에 있는 경우, 부재 또는 관이음쇠(또는 둘 중 얇은 쪽)의 원통형 용접 끝단부의 주문한 최소 벽두께

주 (2) 부재의 끝단에서의 최대 두께는 다음 중 하나로 한다.

가. 최소 벽두께로 주문한 경우, (tmin. + 4 ㎜) 또는 1.15tmin. 중 큰 값

나. 공칭 벽두께로 주문한 경우, (tmin. + 4 ㎜) 또는 공칭벽두께 1.10배 중 큰 값

[그림 605.22] 용접 끝단 천이부의 최대범위

605.23 검사 구멍

605.23.1 보일러 또는 부품은 시험 또는 청소를 하기 위한 맨홀, 핸드홀 또는 다른 검사 구멍이 있어야 한다. 다만, 구멍이 명백하게 필요 없거나 사용되지 않는 특별한 형

태의 보일러는 검사구멍이 없어도 된다.

1. 타원형 맨홀 구멍의 크기는 300㎜ × 400㎜ 이상이어야 한다.
2. 원형 맨홀 구멍의 지름은 380㎜ 이상이어야 한다.
3. 보일러 드럼 또는 동체에 있는 핸드홀 구멍은 70㎜ × 89㎜ 이상이어야 한다.

605.23.2 맨홀 및 핸드홀의 덮개판과 요크는 압연, 단조, 또는 주강을 사용하여야 한다. 다만, 압력이 1.7 ㎫을 초과하지 않는 경우 또는 온도가 230℃를 초과하지 않는 경우, 핸드홀 덮개판과 요크 둘 중 하나는 SA-278에 적합한 주철로 제조해도 된다. 볼트와 요크를 포함한 부품(사용하는 경우)의 강도는 이 부품이 사용되는 조건에 맞아야 한다.

605.23.3 맨홀 구멍에 개스킷을 위한 지지면의 최소 폭은 17㎜ 이상이어야 한다. 보일러의 맨홀 또는 핸드홀에 사용하는 어떠한 개스킷도 압축할 때 두께가 6㎜를 초과해서는 아니 된다.

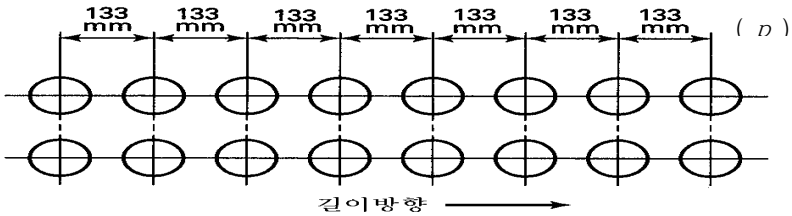
605.24 규칙배열 리거먼트(ligament)

605.24.1 605.13.2에 만족하면, 압력부품에 규칙적으로 배열되는 튜브 구멍사이의 리거먼트 효율은 다음과 같이 계산하여야 한다.

1. 용기 축에 평행한 구멍

가. 그림 605.24에서와 같이 모든 튜브 열에서 튜브구멍의 피치가 동일한 경우에는 다음의 식으로 한다.

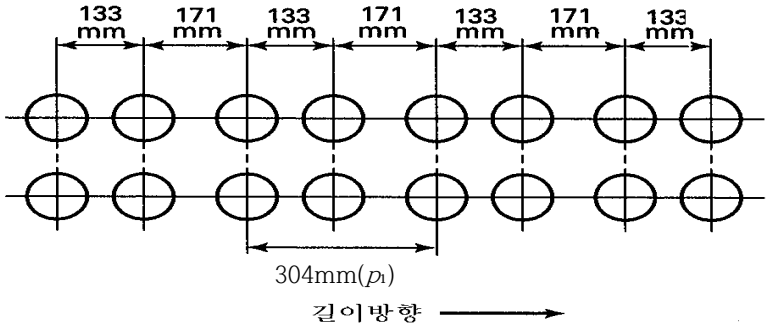
$$E(\text{리거먼트효율}) = \frac{p-d}{p}$$



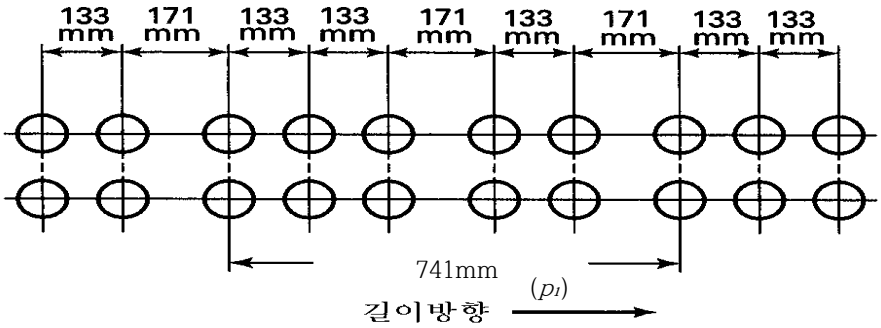
[그림 605.24] 모든 열에서 구멍의 피치가 동일한 튜브 간격의 예

나. 그림 605.24-1 또는 그림 605.24-2에서와 같이 어느 한 열에서 튜브 구멍의 피치가 동일하지 않는 경우에는 다음의 식으로 한다.

$$E(\text{리거먼트 효율}) = \frac{p_1 - nd}{p_1}$$



[그림 605.24-1] 매 2열마다 구멍의 피치가 다른 튜브

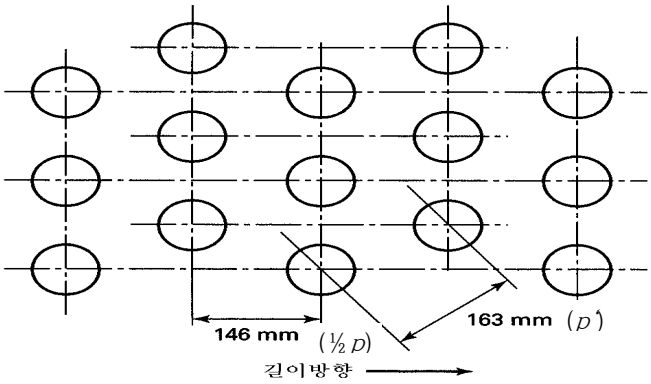


[그림 605.24-2] 2열 및 3열에서 구멍의 피치가 변하는 튜브

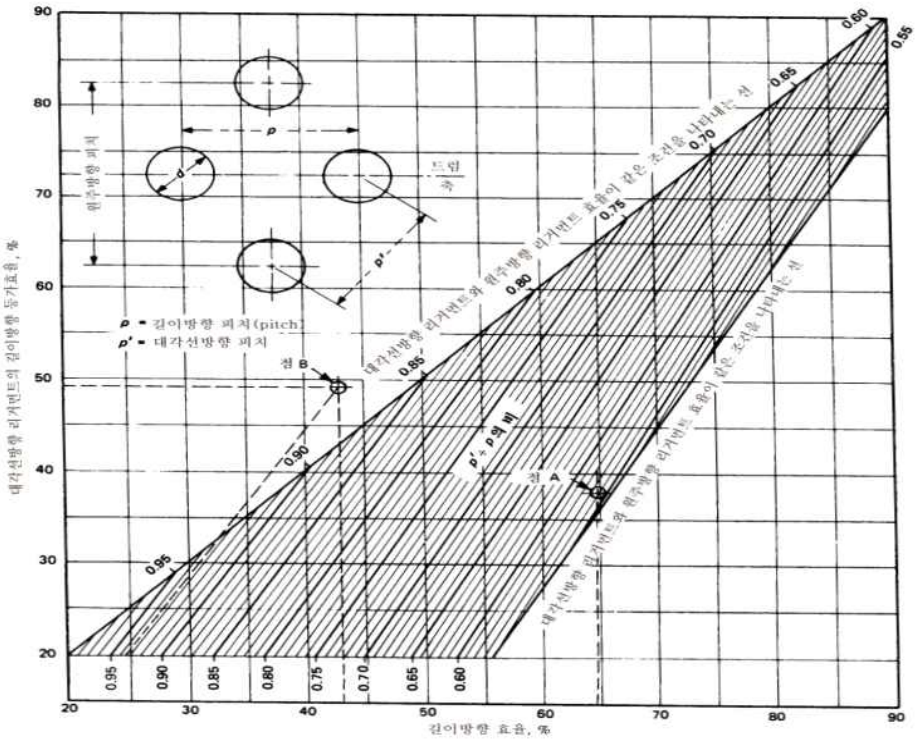
605.24.2 용기의 축에 수직인 구멍의 경우, 길이방향 응력을 받는 튜브 구멍 사이의 리거먼트 강도는 최소한 원주방향 응력을 받는 튜브 구멍 사이에 요구되는 리거먼트 강도의 1/2배로 하여야 한다.

605.24.3 그림 605.24-3에서 나타낸 것처럼 동체 또는 드럼에 대각선 방향으로 튜브 구멍을 드릴 가공하는 경우, 리거먼트 효율은 그림 605.24-4의 도표 값으로 하여야 한다. 가로좌표 값 $(p-d)/p$ 및 p'/p의 비율(ratio)를 계산 한다. 이러한 값을 이용하여 리거먼트 효율은 세로좌표로부터 읽는다. 만일 교차점이 대각선 및 길이방향의 리거먼트에 대해 동일한 효율 곡선 위에 있다면, 길이방향의 리거먼트가 대각선방향의 리거먼트보다 더 약하다. 이러한 경우 효율은 다음의 식으로 계산한다.

$$\frac{p-d}{p}$$



[그림 605.24-3] 대각선 방향에 튜브 구멍이 있는 튜브



[그림 605.24-4] 원통형 동체에 있는 구멍 사이의 길이방향 및 대각선방향의 리거먼트 효율을 결정하기 위한 도표

비고 1. 다음의 비고 2, 3, 및 4의 식은 사용자의 선택에 따라 도표 대신 사용하여도 된다. 이들 식은 이 도표의 범위를 벗어나는 경우에도 적용할 수 있다.

2. 대각선방향 효율, $\% = \dfrac{J + 0.25 - (1 - 0.01E_{길이방향})\sqrt{0.75 + J}}{0.00375 + 0.005J}$

여기에서, $J = (p'/p_1)^2$

3. 대각선방향 및 원주방향의 리거먼트 효율이 동일한 조건의 곡선

대각선방향 효율, $\% = \dfrac{200M + 100 - 2(100 - E_{길이방향})\sqrt{1 + M}}{(1 + M)}$

여기에서, $M = [(100 - E_{길이방향})/(200 - 0.5E_{길이방향})]^2$

4. 길이방향 효율, $\% = E_{길이방향} = [(p_1 - d)/p_1] \cdot 100$

605.24.4 튜브 또는 구멍이 드럼 또는 동체의 축에 평행한 선을 따라 대칭인 그룹을 이루어 드럼 또는 동체에 배열되고, 각 그룹의 간격이 동일한 경우, 그룹 중 하나의 효율은 최대허용사용압력을 근거로 한 효율 이상이어야 한다. 모든 튜브-구멍 패턴 배열의 경우, 대각선방향과 원주방향 리거먼트에 대해 등가 길이방향 리거먼트 효율(equivalent longitudinal ligament efficiency)을 계산하고 길이방향 리거먼트 효율과 비교하여야 한다. 관련된 원통형 단면에 대한 최소 요구 두께와 최대허용사용압력을 계산하기 위해 길이방향 리거먼트 효율값 또는 등가길이방향 리거먼트 효율값 중 작은 값을 사용하여야 한다.

605.24.5 605.24.1부터 605.24.4까지의 식에서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

p = 인접 구멍의 길이방향 피치, ㎜

p′ = 인접 구멍의 대각선방향 피치, ㎜

pl = 일련의 대칭적인 구멍 그룹에서 해당 구멍 사이의 피치, ㎜

d = 구멍의 지름, ㎜

n = 길이 pl내에 있는 구멍의 수

E = 리거먼트 효율

피치는 원통의 평균 반지름으로 결정하여야 한다.

605.25 불규칙 배열 리거먼트

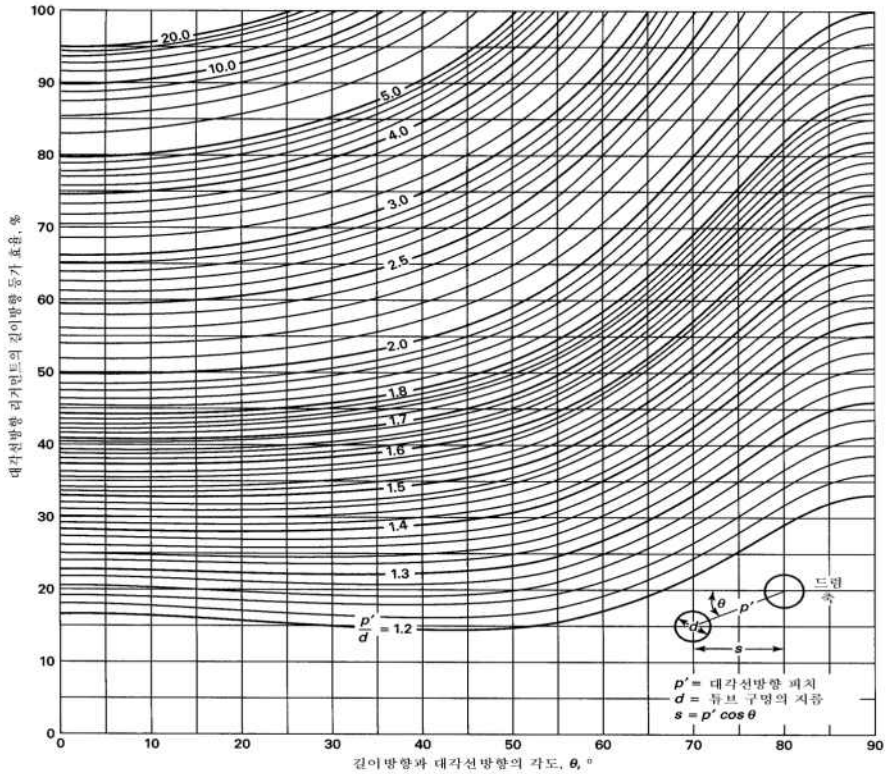
605.25.1 압력 부품에 불규칙적으로 배열되는 3개 이상의 구멍에 적용한다.(605.24 규칙배열 리거먼트 참조).

1. 튜브 구멍간의 리거먼트 효율은 아래의 ‘가’와 ‘나’에 따라 결정하여야 한다.

가. 최소효율을 보이는 위치에서 길이가 드럼의 안지름 이하인 경우, 평균 리거먼트, 효율은 최대 허용사용압력을 근거로 한 효율보다 작아서는 아니 된다. 드럼의 지름이 1500㎜를 초과하는 경우, 이 규정에 적용하는 길이는 1500㎜로 하여야 한다.

나. 최소효율을 나타내는 위치에서 길이가 드럼의 안쪽 반지름이하인 경우, 평균 리거먼트 효율은 최대 허용사용압력을 근거로 한 효율의 80% 이상이어야 한다. 드럼의 반지름이 750㎜를 초과하는 경우, 이 규정을 적용하는 길이는 750㎜로 하여야 한다.

<삭제>



[그림 605.25] 원통형 동체에 있는 구멍 사이의 대각선방향 리거먼트에 대한 길이방향 등가효율을 결정하기 위한 도표

비고 1. 다음의 비고 2의 식은 사용자의 선택에 따라 도표 대신 사용하여도 된다. 이 식은 도표의 가로좌표 및 세로좌표의 범위를 벗어나게 사용하여서는 아니 된다.

2. 대각선방향 리거먼트의 길이방향 등가효율,

$$\% = \frac{\sec^2\theta + 1 - \left(\frac{\sec\theta}{p'/d}\right)\sqrt{3+\sec^2\theta}}{0.015 + 0.005\sec^2\theta}$$

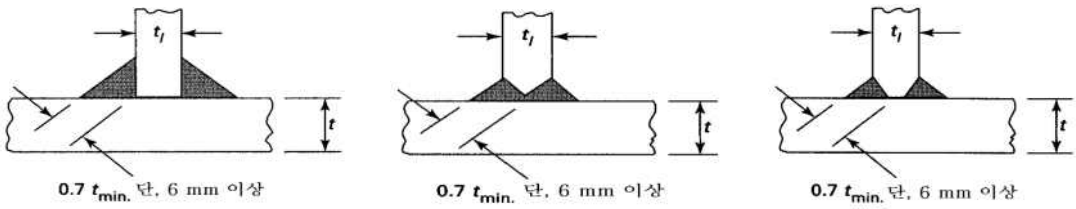
605.26 지지물 및 부착 러그

605.26.1 동체, 드럼, 헤더에 용접되는 러그, 행거 또는 브래킷(bracket)은 완전 용입용접, 그루브 및 필릿의 조합용접 또는 전 둘레 또는 접촉 가장자리를 따라 필릿 용접으로 부착하여야 한다.

605.26.2 필릿 용접에 대한 허용 하중은 최소 다리(Leg) 치수를 근거로 한 용접면적, 용접된 재료의 허용인장응력값 및 계수 0.55를 곱한 값 이상이어야 한다.

605.26.3 DN50 이하이고 두께가 6mm이하인 동체, 드럼, 헤더에 용접되는 러그, 행거

또는 브래킷에 대해 허용 가능한 형상 및 목두께는 그림 605.26과 같이 하여야 한다.



[그림 605.26] 동체, 드럼, 헤더에 용접되는 러그, 행어 및 브래킷의 허용형태

비고 1. tmin 은 필릿, 단일베벨, 단일 J형 용접으로 이음한 용접부품의 어느 한쪽 두께 또는 19mm 중 작은 값

605.27 판재 및 기타 자재의 절단

605.27.1 판재는 기계가공, 펀칭(punching), 전단(shearing), 전기아크 또는 가스로 절단할 수도 있다. 다만, 605.28을 만족하기 위한 충분한 가공여유가 있어야 한다.

605.27.2 완성된 압력용기에서 노즐 또는 맨홀 넥(neck)이 끝 면은 적어도 3mm의 여분의 금속을 매끄럽게 마무리하여 제거하지 않는 한 전단가공으로 절단해서는 아니된다.

605.28 튜브 구멍의 가공

605.28.1 튜브구멍은 평판으로부터 드릴 가공하여 최종치수를 맞추어야 한다.

605.28.2 지름은 최종크기보다 최소한 13㎜ 작게 펀칭(punching)한 다음 드릴링(drilling), 리밍(reaming) 또는 회전 절삭기로 최종크기를 마무리하여야 한다.

605.28.3 열-아크 또는 플라즈마-아크 절단 방법으로 구멍을 내는 경우에는 절단 시 발생하는 기계적 및 금속적 성질에 영향을 받은 모든 부분을 후속 기계가공에 의해 완전히 제거되도록 구멍지름을 최종치수에 비해 충분히 작게 뚫어야 한다.

605.28.4 재료두께가 튜브 확관에 의해 적절한 지지력을 얻는데 필요한 두께보다 큰 경우, 튜브 끝이 적절히 확관 되도록 좁은 폭의 튜브자리를 만들기 위해 튜브구멍을 카운터보링(counterboring)하여도 된다. 다만, 이 경우 튜브 끝에 적절한 양의 플레어(flare)를 주기 위한 공간이 있어야 한다.

605.29 원통형 동체의 허용 진원도

605.29.1 드럼, 헤더, 동체의 원통형 단면과 유사한 부품은 어떤 단면의 최소평균지름과 최대 평균지름 사이의 차이를 기준으로 어느 단면에서든지 평균지름의 1% 이내이

어야 한다. 지름에서 이 차이를 결정하기 위한 측정은 안지름 또는 바깥지름을 측정할 수 있고 그 부품이 동일하지 않은 두께로 만들 경우 그 측정은 그들이 적용한데서 그 판재의 중간선을 결정하도록 판재 두께를 보정하여야 한다.

1. 이 기준을 만족하기 위해 필요하다면 재가열, 재압연(롤링) 또는 재성형 하여도 된다.
2. 지름간의 차이 측정은 원통형동체의 안쪽이나 바깥쪽에서 측정하여도 된다.
3. 두께가 다른 판재로 제작된 경우, 판 두께 중심선에서 지름을 구하는 경우에는 판 두께에 대해 보정하여야 한다.

605.29.2 외부압력을 받는 용접된 원통형 로(Furnace) 및 기타 원통형 부품은 (+) 및 (−) 최대 편차가 다음 값을 초과하지 않는 실질적인 진원이 되도록 압연하여야 한다.

1. 바깥지름이 600㎜를 초과하는 부재의 경우, 최대 허용편차 “e“는 그림 605.29로부터 구한다.
2. 바깥지름이 600㎜ 이하인 부재의 경우, 최대 허용편차는 바깥지름의 1%를 초과해서는 아니 된다.
3. 기호의 정의는 아래와 같다.

Do = 원통형 로 또는 튜브의 바깥지름, ㎜

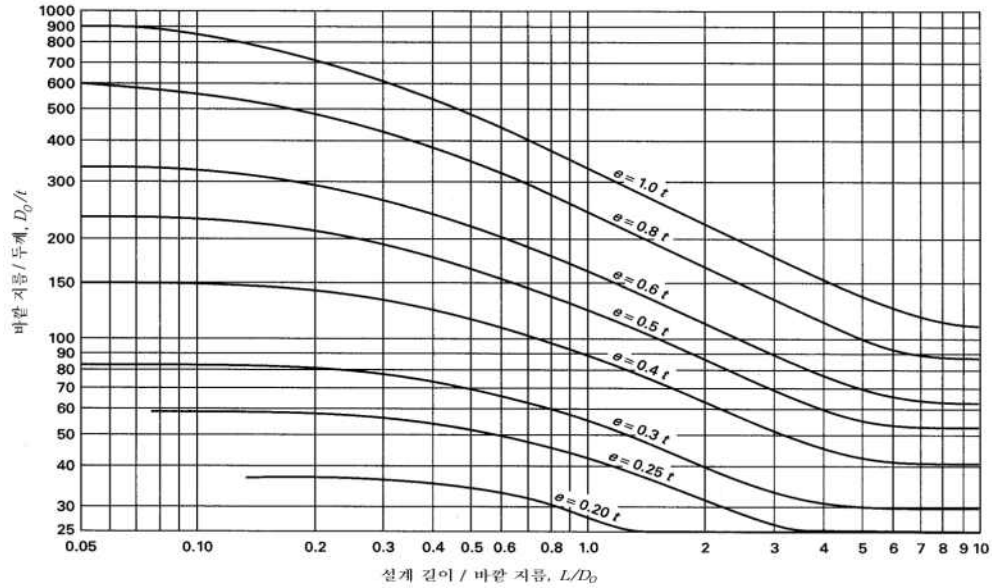
L = 튜브시이트 사이의 로 또는 튜브의 총 길이 또는 다음 중 가장 큰 값을 취하는 로의 설계 길이, ㎜

가. 임의의 근접한 두 개의 보강링 사이의 중심에서 중심까지의 최대 거리

나. 튜브시이트와 첫 번째 보강 링의 중심사이의 거리 (아담슨 또는 링 보강의 경우)

다. 첫 번째 보강링의 중심에서 경판 접선으로부터 깊이의 ⅓ 로 성형된 경판의 원주선까지의 거리

tS = 원통형 로 또는 튜브의 공칭 두께, ㎜



[그림 605.29] 외부압력을 받는 원통체의 진원에 대한 최대 허용편차

비고 1. 위의 도표(chart)는 바깥지름이 600㎜를 초과하는 원통에 적용한다.

2. 이 곡선을 벗어나 위 · 아래에 있는 점에 대해서는 각각 곡선 e = 1.0 ts 또는 e = 0.2 ts를 사용한다.

605.30 성형 경판의 공차

경판을 타원형으로 만들 경우, 경판의 안쪽 면은 타원의 큰지름이 경판 안지름과 같고 짧은 지름의 1/2이 경판 깊이와 같게 그린 진 타원의 바깥쪽에 있도록 하여야 한다. 진 타원과의 최대 편차는 경판 안지름의 0.0125배를 초과하여서는 아니 된다.

605.31 안전밸브

기술기준 제 75 조에서 요구하는 안전밸브의 요건은 605.32부터 605.37까지 규정한 사항에 만족하는 것을 말한다.

605.32 안전밸브의 요건

605.32.1 보일러에는 최소한 하나의 압력방출밸브를 설치하여야 한다. 나관의 가열 면적이 47 m2이상인 보일러는 2개 이상의 압력방출밸브를 설치하여야 한다. 나관과 연장부의 가열 면적이 47 m2를 초과하고, 보일러의 최대 설계증기량이 1800 kg/h를 초과하는 보일러는 2개 이상의 압력방출밸브를 설치하여야 한다.

605.32.2 각 보일러의 배출용량총합(605.3.4에 기술된 사항은 제외)은 그 보일러에서 생산가능한 모든 증기를 가장 높게 설정된 밸브의 압력보다 6% 이상 상승하지 않고 최대허용사용압력(MAWP)보다 6%를 초과하지 않아야 한다.

1. 모든 보일러에 대한 안전밸브 또는 압력방출밸브의 최소요구 방출용량은 보일러 제조자가 결정한 최대설계 증기발생량 이상이어야 한다.
2. 폐열 보일러에 대한 최소요구 방출용량은 보일러 제조자가 결정하여야 한다. 보조연소가 폐열회수와 조합하여 사용될 경우, 보일러 제조자가 결정한 최대출력은 전체 요구용량에서 보조연소의 영향을 포함하여야한다. 보조 연소가 폐열회수를 대신하여 사용될 경우, 최소요구 방출용량은 보조 연소나 폐열회수 중 높은 것을 기준으로 하여야 한다.
3. 보일러로부터 차단되어 화염 압력용기가 될 수 있는 절탄기는 한 개 이상의 압력방출밸브가 있어야 한다. 여기에서, 압력방출밸브 총 방출용량kg/hr(lb/hr)은 보일러제조자가 결정한 예상 최대흡수열량 W(Btu/h)를 646(1000)으로 나누어 계산한 것이다.
4. 과열기 또는 재열기 표면 유로의 하류에 증기 발생 표면이 위치하는 보일러에 설치된 모든 압력방출밸브를 전 양정에서 방출시킬 경우 증기발생량은 최고허용사용압력(MAWP)에서의 최대설계증기용량을 초과하여도 된다. 이 경우 제조자는 아래 방법 중 하나로 조치하여야 한다.
   가. 모든 압력방출밸브의 최소 방출용량은 전 양정에서 방출할 때 발생할 수 있는 증기의 양 이상이어야 한다. 1차 열원과 함께 보조연소를 사용하는 보일러는 제조자가 총 요구용량에 이러한 연소의 영향을 포함시켜야 한다.
   나. 모든 압력방출밸브의 최소요구방출용량은 보일러의 최고허용사용압력에서의 최대증기발생용량 이상이어야 하며, 그 보일러는 증기압에 따라 제어되는 다음기능을 상회하는 장치를 설치하여야 한다.
      (1) 증기발생량이 보일러의 최고허용사용압력에서 최대증기발생용량을 초과하지 않도록 보일러의 총 열입력을 감소시키는 제어장치
      (2) 증기 압력이 보일러 최고허용사용압력의 106%에 도달하면, 보일러의 열입력을 차단하는 제어장치

605.32.3 보일러 본체에 있는 한 개 이상의 안전밸브는 최대 허용사용압력 이하로 설정하여야 한다.(605.32.4에 기술된 사항은 제외) 추가 밸브가 사용되면, 최고 설정압력은 최대 허용사용압력의 3%이상 초과해서는 아니 된다. 보일러에 있는 모든 포화증기 안전밸브의 전체 압력 설정범위는 밸브 설정압력 중 최고압력의 10% 이상 초과해서는 아니 된다.

1. 605.32.2의 3에 의해 요구되는 절탄기 압력방출장치는 절탄기의 최대허용사용압 력을 이용하여 이보다 더 높게 설정하여야 한다.

605.32.4 증기압력에 따라 움직이는 자동제어 및 보호 인터록(interlock) 장치가 장착된 관류보일러의 안전밸브는 605.32.1부터 605.32.3까지에서 기술한 내용에 따라 설치하거나 또는 아래와 같은 보호 장치를 하여야 한다.

1. 동력작동(power actuated) 압력방출밸브

가. 한 개 이상의 동력작동 압력방출밸브는 보일러압력부와 직접 교신할 수 있어야 하며, 과열기 출구에서 최대 허용사용압력을 초과하는 경우, 밸브를 개방하기 위한 제어 임펄스(impulse) 신호를 받도록 하여야 한다. 동력작동 압력방출밸브의 총 방출용량은 보일러제조자가 결정한 모든 작동조건하에서 보일러의 최대설계 증기발생량의 10% 이상이어야 한다. 밸브는 과압을 방출시킬 수 있는 압력부 계통에 설치하여야 한다.

나. 동일한 용량의 대체 동력작동 압력방출밸브가 가의 기준에 따라 보일러와 직접 통신하도록 설치된다면, 수리가 가능하도록 바깥나사-요크형 또는 볼형태의 격리용 스톱밸브(stop valve)를 동력작동 압력방출밸브와 보일러 사이에 설치하여도 된다.

다. 격리용 스톱밸브의 배출구 면적은 동력작동 압력방출밸브의 입구 면적과 최소한 같아야 한다. 격리용 스톱밸브가 볼형태인 경우, 밸브의 개폐 위치를 확실히 식별할 수 있도록 하여야 한다. 격리용 스톱밸브가 동력작동형(공압, 모터, 유압 등)인 경우, 수동으로도 작동 가능한 기구가 제공되어야 한다.

라. 안전밸브 기능을 가진 고압바이패스 장치는 동력작동 압력방출밸브 용량으로 산정할 수 있으며, 아래 마목에 모두 만족하는 경우에는 동력작동 압력방출밸브 만으로 최대설계 증기발생량의 100% 이상이 되도록 할 수 있다.

마. 동력작동 압력방출밸브는 아래와 같은 기능을 가져야 한다.

(1) 전기, 압축공기, 증기, 가압수, 압력유의 동력원에 의하여 밸브를 개폐하는 것으로서 검출부의 증기압력이 규정분출압력에 도달할 때에 즉시 열리는 것이어야 할 것.

(2) 밸브는 증기 압력의 변화만을 검출하는 장치를 별개로 가지는 것이어야 할 것.

(3) 압력릴리프장치에 있어서는 대기에, 안전밸브 기능을 가진 바이패스장치에 있어서는 대기 또는 저압용기에 공기배출을 방출하는 구조이어야 할 것.

2. 압력방출밸브

가. 1호에 의해 설치된 동력작동 압력방출용량의 값을 포함하여 총 조합방출용량은 보일러제조자가 결정한 최대설계 증기발생량의 100% 이상이 되도록 하여야 한다. 이러한 총합에서, 실제 설치된 동력작동 압력방출밸브에 대해 총 요구 방출용량의 30%를 초과하도록 허용해서는 아니 된다. 다만, 1호 라목에 따라 설계되는 경우에는 그러하지 아니하며, 아래 다목의 대체 기준을 만족하는 경우는 제외한다.

나. 압력방출밸브의 일부 또는 전부는 그들이 연결된 부품의 최대 허용사용압력을 초과하여 설정하여도 되지만, 그러나 설정 압력은 동력작동 압력방출밸브와 함께 이들 밸브의 전부가 작동할 때 압력이 보일러의 모든 부분에서 최대 허용사용압력의 20% 이상 상승하지 않도록 하여야 한다.

다. 압력방출밸브의 총 설치 용량은 다음 조건 전부를 만족한다면 위의 가목의 요건

보다 작아도 된다.

(1) 보일러의 증기 발생량이 450,000㎏/hr 이상이어야 하고 동력발생이 단일시스템으로 되어 있을 것(1대의 보일러와 1대의 터빈발전기로 구성)

(2) 보일러는 증기 압력의 변화에 대응하는 다음을 포함하는 자동 장치가 있을 것.

(가) 원하는 작동범위에서 증기압력을 유지 할 수 있고, 변화하는 증기출력에 비례하여 연소량 및 급수 유량을 조정 할 수 있어야 한다.

(나) 증기압력이 최대 허용사용압력의 10%를 초과할 때, (가)의 제어와 관계없이 연료량 및 급수유량을 감소시킬 수 있어야 한다.

(다) 독립적인 압력 감지장치를 사용하여 위 (나)의 설정 압력보다 높은 압력에서 보일러로 유입되는 연료 및 급수의 흐름을 차단하는 과압방지 작동기구를 설치하여야 한다.

(3) 압력방출밸브가 2개 이상이고, 압력방출밸브의 총 정격 방출용량이 제조자가 결정한 보일러의 최대설계 증기발생량의 10% 이상일 때.(압력방출밸브는 그것이 연결된 부품의 최대 허용사용압력을 초과하여 설정하여도 되지만, 최대 허용사용압력을 초과하여 20% 보다 높지 않은 압력에서 열리도록 설정하여야 한다)

(4) 최소한 2개의 압력방출밸브가 보일러로 유입되는 연료 및 급수의 흐름을 차단하는 제어기에 직접 밸브 스템(stem)의 개방 동작을 전달할 수 있는 장치를 설치한 때.

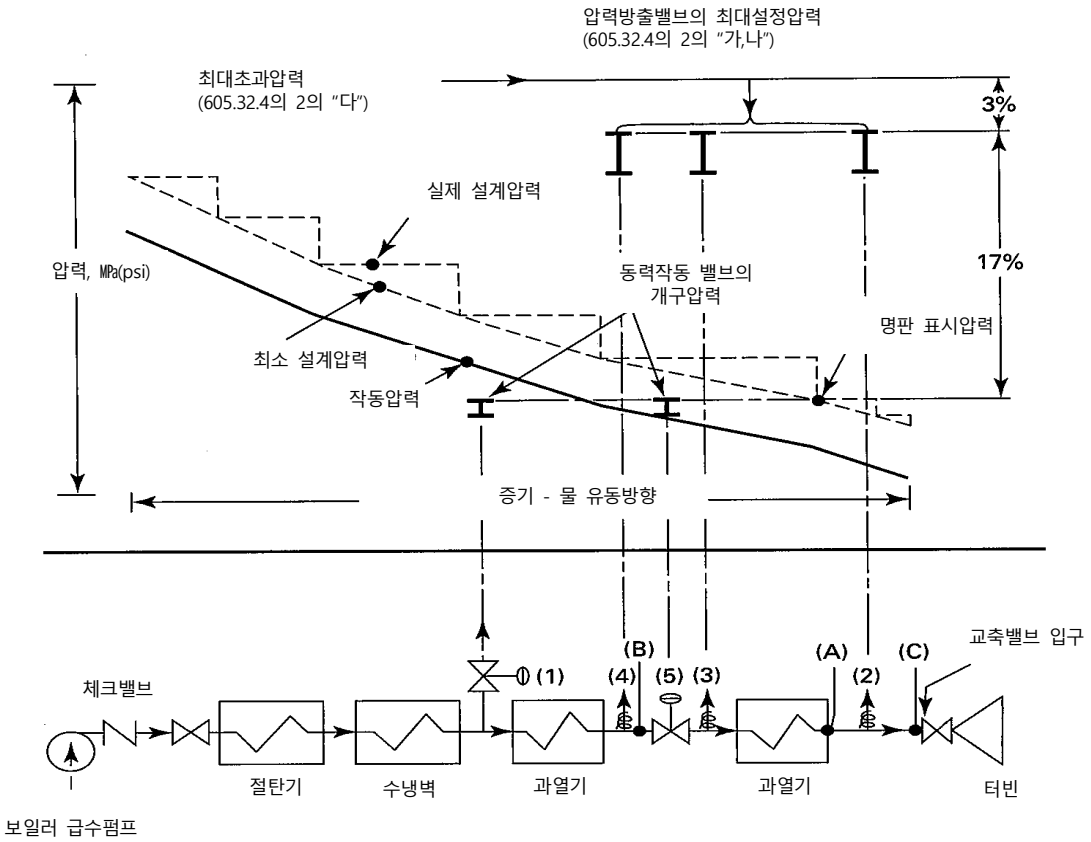
(5) 나목에서 요구하는 모든 제어기 및 장치에 대한 동력공급이 보일러와 동일한 설비 내에 있고, 다른 동력원의 파손이나 중단에도 제어기와 장치를 지속적으로 작동하도록 하는 동력원이 있을 때.

라. 스톱밸브가 고정 증기나 수위가 없는 강제유동 증기발생기의 두 부분사이의 증기-물 흐름 경로에 설치되는 경우, 다음 사항을 모두 만족하여야 한다.

(1) 제1호에서 요구되는 동력작동 압력방출밸브는, 스톱밸브의 상류에서 최저 압력수준을 갖는 기기의 최대 허용사용압력이 초과할 때, 개방을 위한 제어 임펄스를 수신할 것.

(2) 압력방출밸브는 제2의 “가” ~ “다” 의 압력보호 요건에 맞게 설치할 것.

3. 강제유동 증기발생기(관류형 보일러)에 대한 안전밸브의 요건은 아래 그림 605.32를 참조하여야 한다.



[그림 605.32] 강제순환 증기발생기에 대한 과압보호 조건

비고

1.압력
(A) = 최대허용사용 압력
(B) = 입구에서 스톱밸브 (5)까지의 기기 설계 압력 [**605.32.4** 2.라.(1)]
(C) = 터빈 교축 밸브 입구 압력
2.압력방출밸브
(1) = 동력작동 밸브[**605.32.4** 1.]
(2), (3) 및 (4) = 스프링식 안전밸브[**605.32.4** 2.가]
(5) = 과열기 스톱 밸브[**605.32.4** 2.라]
3.방출밸브 흐름 용량(보일러의 정격 용량에 근거한 최소 값)
(1) = 10~30%][**605.32.4** 1.]
(2) = 한 개 밸브의 최소 값(**605.33.1**)
(2) + (3)[스톱밸브 (5) 방향으로 흐를 때] = 독립적으로 연소되는 과열기에 필요한 양 (**605.33.3**)
(2) + (3) + (4) = 100% - (1)[**605.32.4** 2.가]
4.방출밸브 개방 압력(최대)
(1) = (A) 및 스톱밸브 (5)가 있을 때 (B)[**605.32.4** 1.]
(2), (3) 및 (4) = (A) + 17%[**605.32.4** 2.가]]
(5) = (A)[**605.32.4** 1.]
5.안전밸브 흐름 용량(보일러의 정격 용량에 근거한 최소 값)
(1) = 10~30%[**605.32.4** 1.]
(2) = 한 개 밸브의 최소 값(**605.33.1**)
(2) + (3)[스톱밸브 (5) 방향으로 흐를 때] = 독립적으로 연소되는 과열기에 필요한 양(**605.33.3**)
(4) = 스톱밸브 (5)가 있을 때 2개의 밸브 최소 값의 총 10%(605.32.4의 2의 "다"(3))
(2) + (4) = 스톱밸브 (5)가 없을 때 2개의 밸브 최소 값의 총 10%[**605.32.4** 2. 다. (3)]
6.방출밸브 개방 압력(최대)

(1) = (A) 및 스톱밸브 (5)가 있을 때 (B)[605.32.4 1.]
(2), (3) 및 (4) = (A) + 20 %[605.32.4 2. 다 (3)]
(5) = (A)[605.32.4 1.]
7.자동 압력 제어[7.1.4 b) 2)]
(a) (C)에서 부하상태에서의 정상운전 [605.32.4 2. 다. (2) (가)]
(b) (A) + 10%에서 (a)의 제어를 무시 [605.32.4 2. 다 (2) (나)]
(c) (A) + 20%에서 연료 및 급수의 흐름 차단 [605.32.4 2. 다 (2) (다)]
(d) (4)에서 안전밸브가 "페일-세이프" 동력 회로에 의해 연료 및 급수의 흐름 차단 [605.32.4 2. 다 (4)]

605.33 과열기 및 재열기

605.33.1 관련 표준에서 허용된 경우를 제외한 모든 과열기는 과열기 출구와 첫 번째 스톱밸브 사이의 증기 흐름경로에 한 개 이상의 압력방출밸브가 있어야 한다. 밸브의 위치는 사용 목적에 적합하여야 하고, 필요한 과압 보호를 하여야 한다. 각 압력방출밸브의 작용시 배출되는 증기는 밸브의 압력설정과 방출용량 설정시 고려되어야 한다. 만일 과열기 출구 헤더(header)가 끝에서 끝까지 전 구간 증기 자유통로이고, 과열기 튜브와 헤더를 통해 증기가 균일한 흐름이 되도록 헤더의 전 길이에 걸쳐 실제로 같은 간격으로 증기가 공급되도록 구성되어 있다면, 압력방출밸브 또는 다른 밸브는 헤더 길이 내의 어느 곳에 설치하여도 된다.

605.33.2 과열기에 부착되어 있는 안전밸브 또는 다른 밸브의 방출 용량은 보일러에 대한 안전밸브의 수량과 크기를 정하는데 포함하여도 된다. 다만, 과열기 안전밸브와 보일러 사이에 중간 밸브가 없어야 하고, 과열기와는 별도로 보일러에 있는 안전밸브 또는 다른 밸브의 방출용량이 최소한 요구되는 총 밸브 용량의 75% 이상이어야 한다.

605.33.3 보일러로부터 차단되어 화염 압력용기로 될 수 있는 모든 독립 화염식 과열기는, 방출용량이 고온 가스에 노출된 부분에서 측정된 과열기 표면적(㎡)당/시간당 29 kg의 증기를 방출하는 한 개 이상의 안전밸브가 있어야 한다. 대안으로, 제조자가 결정한 예상최대흡수열W(Btu/h)을 646(1000)으로 나누어 계산해도 좋으며 설치한 안전밸브의 개수와 총용량은 방출증기용량보다 커야 하며, 분리형 직화식 과열기에 사용되는 안전밸브는 605.33.1의 규정에 따라 위치를 정하고, 605.35에 따라 설치하여야 한다.

605.33.4 모든 재열기는 총 방출 용량이 재열기 설계시에 최대 증기 흐름량과 최소한 같도록 한 개 이상의 안전밸브가 있어야 한다. 재열기 안전밸브의 용량은 보일러 및 과열기에 대한 요구 방출 용량을 포함해서는 아니 된다. 조합한 방출 용량이 총 요구량의 15% 이상이 되는 한 개 이상의 밸브는 재열기 출구와 첫 번째 스톱밸브사이의 증기 흐름경로를 따라 설치하여야 한다.

605.33.5 수트블로어(soot blower) 연결부는 안전밸브 연결부로 사용되는 과열기나 재열기의 출구와 동일한 출구에 부착하여야 한다.

605.33.6 230℃를 초과하는 온도에서 과열된 증기를 방출하는 과열기와 재열기에 사용되는 모든 안전밸브는 강, 합금강 또는 이와 동등한 내열재료로 제작되어야 하며, 밸

브의 입구는 플랜지붙이 연결 또는 맞대기용접 연결로 되어야 한다. 동력구동 압력방출밸브는 605.35.2 압력방출입구면적 크기 요건에 적합한 다른 입구 연결 형태를 가질 수 있다. 또한 밸브는 적절한 열 침식 및 부식 저항 재료로 된 시트(seat)나 디스크(disk)가 있어야 하고, 스프링은 배출 증기와의 접촉으로부터 보호되도록 밸브 케이싱의 외측으로 완전히 노출되어야 한다.

605.34 안전밸브의 용량

605.32.1에서 요구되는 최소 수량을 조건으로 하여, 필요한 안전밸브 및 압력방출밸브의 개수는 보일러 제조자가 결정한 최대설계 증기발생량과 제조자의 밸브에 표시되는 방출용량을 기준으로 계산하여야 한다.

605.35 안전밸브의 설치

605.35.1 한대의 보일러에 2개 이상의 안전밸브가 사용되는 경우, 그것을 분리하여 설치하거나, Y-형체에 개별 밸브를 설치하여 만든 트윈(twin)밸브 또는 동일한 몸체 케이싱에 2개 밸브가 있는 복식 밸브로 설치하여도 된다. Y-형체에 개별 밸브를 설치하여 만든 트윈밸브나 동일 몸체 케이싱에 2개 밸브가 있는 복식 밸브는 동일한 용량이어야 한다. 크기가 다른 2개의 밸브를 설치하는 경우, 작은 밸브의 방출용량은 큰 밸브 방출용량의 50% 이상이어야 한다.

605.35.2 안전밸브 또는 압력방출밸브는 다른 연결부와는 독립적으로 보일러에 연결하여야 하고, 불필요한 중간 관 또는 관 이음쇠를 거치지 않고 보일러 또는 정상적인 증기 흐름경로에 가능한 한 가깝게 부착하여야 한다. 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브는 스핀들(spindle)이 수직이 되도록 연결하여야 한다.

605.35.3 보일러와 안전밸브 또는 압력방출밸브 사이의 연결부 출구면적은 최소한 밸브 입구의 면적과 같아야 한다.

1. 안전밸브 또는 압력방출밸브와 보일러 사이에 어떤 종류의 밸브도 설치해서는 안되며 또한 안전밸브 또는 압력방출밸브와 대기사이 방출관에도 밸브를 설치해서는 아니 된다.
2. 방출관이 사용되는 경우, 그 단면적은 밸브 출구의 전체면적이나 그 안에서 방출하는 여러 개 밸브 출구의 총 면적 이상이어야 한다.
3. 방출관은 가능한 한 짧고 직선이어야 하며, 밸브에 과도한 응력을 주지 않도록 배치하여야 한다.

605.35.4 소음기가 안전밸브 또는 압력방출밸브에 사용된다면, 밸브의 적절한 작동과 방출용량을 방해함으로써 발생하는 배압을 방지하기 위해 소음기의 출구 면적을 충분히 크게 하여야 한다.

1. 소음기 판 또는 소음기의 다른 장치는 침전물에 의해 증기통과를 제한하지 않도록

제작하여야 한다.

2. 안전밸브 또는 압력방출밸브는 그것의 작동에 영향을 줄 수 있는 옥외형 기기에 노출되는 경우, 적절한 덮개로 밸브를 보호하여야 하며, 보호물 또는 덮개는 벤트(vent)가 잘되고, 밸브의 기능 발휘 및 정상 운전이 잘 되도록 배치하여야 한다.

605.35.5 보일러가 한 개의 연결부에 2개 이상의 안전밸브 또는 압력방출밸브가 연결되는 경우, 이 보일러의 연결부는 그것이 연결되는 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브의 입구 연결부의 면적 이상의 단면적을 가져야 한다.

605.35.6 모든 보일러는 다른 외부 증기 연결부와 독립적인 안전밸브 또는 압력방출밸브를 위한 적절한 출구 연결부가 있어야 하며, 출구면적은 부착되는 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브 입구 연결부의 총 면적과 최소한 같아야 한다.

605.35.7 안전밸브가 별개의 증기 드럼 또는 돔(dome)에 부착되는 경우, 보일러 본체 및 증기 드럼 또는 돔 사이의 구멍은 605.35.6에서 요구되는 것 이상이어야 한다.

605.36 안전밸브의 작동

605.36.1 안전밸브 또는 압력방출밸브는 접점진동이 없고, 최소배출압력 15 kPa 또는 설정압력의 2% 중 큰 쪽의 배출압력으로 작동되고, 밸브설정압력의 3% 보다 높지 않은 압력에서 완전히 개방되어지고 작동되는 구조로 설계, 제작 되어야 한다. 다만 압력방출밸브는 견본제품 2개를 선정하여 용량인증시험을 하여야 한다. 이 견본들의 최대 블로우다운은 다음 표 605.36에 명시된 값을 초과하지 말아야 한다.

[표 605.36] 안전밸브의 최대 블로우다운

설정압력, kPa(psi)	최대방출
〈 500(67)	30 kPa(4 psi)
≥ 500(67)과 ≤ 1700(250)	설정압력의 6%
〉1700(250)과 〈 2500(375)	100 kPa(15 psi)
≥ 2500(375)	설정압력의 4%

605.36.2 압력방출밸브의 최대블로우다운은 다음 표 605.36-1에 명시된 값을 초과하지 말아야 한다.

[표 605.36-1] 안전밸브의 분출점 허용공차

설정압력MPa(psi)	설정압력의 (+) 또는 (-) 허용공차
≤ 0.5(70)	15 ㎪(2 psi)
〉 0.5(70) 및 ≤ 2.1(300)	설정압력의 3%
〉(300) 2.1 및 ≤ 7.0(1000)	70 ㎪(10 psi)
〉 7.0(1000)	설정압력의 1%

605.36.3 고정된 수증기와 수위가 없는 강제순환식 증기발생기나 고온 온수 보일러에

사용하도록 설계된 밸브의 블로우다운은 설정압력의 10%를 초과하지 말아야 한다.

605.37 허용 가능한 안전밸브 및 압력방출밸브

605.37.1 밸브의 설계는 확실한 작동 및 기밀을 확보하는데 필요한 안내 정렬구조를 적용하여야 한다.

605.37.2 스프링은 완전 리프트 스프링 압축량이 공칭 밀착(solid) 변형량의 80% 이하가 되도록 설계하여야 한다. 스프링의 영구변형(스프링 자유높이와 스프링이 실온에서 미리 설정한 후 3회 밀착 압출한 다음 10분 후에 측정한 높이와의 차로 정의함)은 자유높이의 0.5%를 초과해서는 아니 된다.

605.37.3 밸브 부품이 자유로이 움직이는지를 확인하기 위한 방법으로서, 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브는 실질적인 리프팅(lifting) 장치가 있어야 한다. 밸브가 최소한 설정압력의 75% 압력을 받을 때 디스크의 닫힘력(seating force)이 이완되도록 작동해야 한다. 리프팅 장치는 외부 리프팅 힘이 제거되었을 때 밸브 디스크가 올라간 위치에서 고정되거나 유지되지 않도록 하여야 한다.

605.37.4 안전밸브의 시트(seat)는 리프팅 될 가능성이 없도록 밸브 몸체에 고정시켜야 한다.

605.38 급수장치

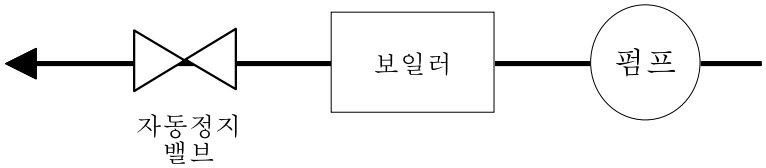
605.38.1 기술기준 제76조는 보일러 손상을 방지할 수 있는 충분한 용량의 급수공급을 요구하는 조항으로 605.38.2에 지정하는 것을 제외하고는 아래와 같이 보일러에는 최대증발량을 발생시키는데 필요한 최소한 2가지 방법을 가져야 한다.

1. 각 급수원은 보일러에 설치된 안전밸브의 최고 설정압력보다 3% 높은 압력으로 보일러에 물을 공급할 수 있어야 한다.
2. 비 부유상태의 고체연료를 연소하는 보일러의 경우와 급수가 차단되면 보일러를 손상시킬 정도의 충분한 열을 계속 공급할 수 있는 환경 또는 열원을 가진 보일러의 경우에는 한 쪽의 급수장치는 다른 쪽에서와 같이 동일한 급수 차단이 생기지 않아야 하며, 또한 각각의 급수장치는 보일러의 손상을 방지 할 수 있도록 충분한 물을 공급할 수 있어야 한다.

605.38.2 가스, 액체 또는 부유상태의 고체연료로 연소되거나 연소터빈엔진 공기배출로 가열되는 보일러는 급수펌프를 1대만 설치하여도 된다. 다만, 이 경우에는 수위가 최저설정 허용위치에 도달하기 전에 입열을 차단하는 장치를 설치하여야 한다.

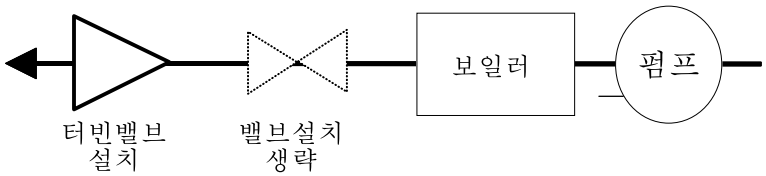
605.39 증기 및 급수의 차단

605.39.1 기술기준 제77조제1항은 보일러의 증기출구(안전밸브로부터의 증기출구 및 재열기로부터의 증기출구를 제외)는 보일러를 계통으로부터 분리할 수 있도록 아래 그림 605.39에 나타낸 것처럼 증기의 유출을 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다.



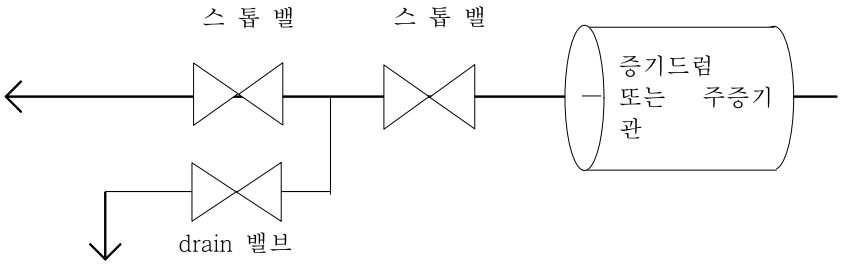
[그림 605.39] 보일러 출구를 차단하는 구조

1. 그림 605.39-1에 나타낸 것처럼 1대의 보일러만으로 발생시킨 증기를 공급하는 경우에는 공급을 받는 설비 측에 증기의 유입을 차단할 수 있는 구조로 되어 있는 경우에는 해당 보일러의 스톱밸브를 설치하지 않아도 된다.



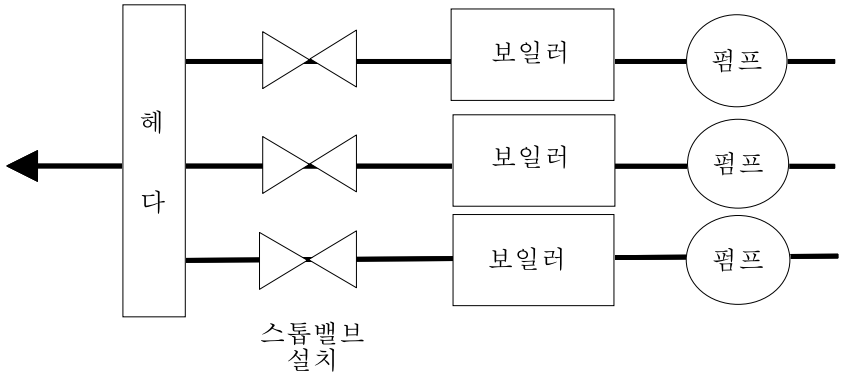
[그림 605.39-1] 공급을 받는 설비의 입구 차단기능을 가진 구조의 경우

2. 2대 이상의 보일러가 공통 증기 헤더에 연결되거나, 단일 보일러를 다른 증기발생원이 있는 헤더에 연결하는 경우(예를 들어, 터빈 추출 관), 맨홀 구멍이 있는 각 보일러의 연결부는 2개의 스톱밸브를 설치하여야 하며, 두개의 밸브사이에는 충분한 용량의 자유분출 드레인(free-blow drain)밸브를 설치하여야 한다.



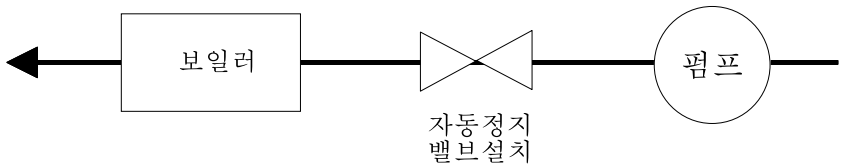
[그림 605.39-2] 2대 이상의 보일러가 공통 증기헤더에 연결되는 경우

3. 그림 605.39-3에 나타낸 것처럼 여러 대의 보일러를 공통헤더에 연결하여 독립 연소・운전 제어를 실시해 각각의 보일러에서 발생시킨 증기를 출구에서 공통의 증기관에 합류시키고 이 공통 증기관으로부터 그 밖에 곳에 공급하는 경우에 있어서는 해당 각 보일러의 증기출구에 증기 유출을 차단할 수 있는 밸브를 설치하여야 한다.



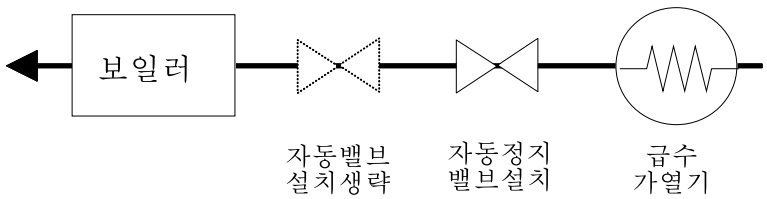
[그림 605.39-3] 여러대의 보일러(관마다 독립된 연소운전 제어)의 경우

605.39.2 기술기준 제77조제2항은 보일러 급수의 입구는 보일러를 계통으로부터 분리할 수 있도록 그림 605.39-4와 같이 급수의 유로를 신속하게 자동으로 확실히 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다.



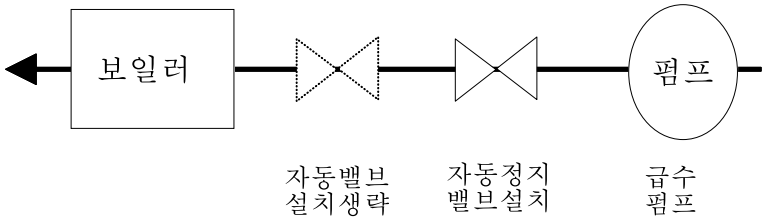
[그림 605.39-4] 보일러 입구로부터 차단하는 구조(자동정지 밸브 설치)

1. 그림 605.39-5에 나타낸 것 같이 보일러에 가장 가까운 급수가열기의 출구에 설치 시 보일러 입구측에는 자동정지밸브를 설치하지 않아도 된다.



[그림 605.39-5] 급수가열기의 출구에 자동정지 밸브를 설치하는 경우

2. 그림 605.39-6에 나타낸 것 같이 급수장치의 출구에 자동 스톱밸브가 설치되어 있는 경우에는 보일러입구의 자동 스톱 밸브는 설치하지 않아도 된다.



[그림 605.39-6] 급수펌프의 출구에 자동정지 밸브를 설치하는 경우

3. 고정 증기 및 수위가 없는 강제유동 증기발생기의 급수관은 보일러에 인접한 스톱 밸브까지를 포함하여 연결하여도 되며, 보일러에 인접한 체크 밸브는 없어도 된다. 단 보일러 입구 설계압력 이상인 압력등급을 가진 체크 밸브는 보일러 급수펌프의 배출 측이나 급수 펌프 및 급수 스톱밸브사이의 급수관 어딘가에 설치하여야 한다.

605.40 보일러 수 배출장치

605.40.1 순환보일러에는 아래와 같이 보일러 수의 농축을 방지하거나 수위를 조정하기 위하여 보일러 외부배관에 밸브를 설치하여 보일러 내의 물이 압력을 받은 상태에서 이 외부배관을 통하여 방출되도록 하여야 한다.

1. 응축수 배출 배관치수는 DN 65 이하이어야 하며, 내부관 및 그것과 외부관을 이어주는 연결관은 연속통로가 되어야 한다. 이때, 이들 끝단 간에는 여유를 두어 어느 한 쪽이 제거 되어도 다른 쪽에 방해를 주지 않도록 하여야 한다.
2. 보일러내 드레인을 할 수 없는 모든 수냉벽과 수냉막, 그리고 보일러와 일체로 된 구조의 모든 절탄기에는 블로오프 관이나 드레인관을 위한 출구 연결부를 설치하여야 한다.
3. 모든 보일러에는 DN 25 이상, DN 65 이하의 블로오프 연결관을 붙여야 한다. 다만, 전열면적이 9.3㎡ 이하의 보일러는 블로오프 연결관의 최소 치수를 DN 20로 할 수 있다.
4. 응축수 회수관은 여기에서 규정한 크기와 동일하거나 그 보다 큰 치수를 사용하여도 좋으며, 여기에 블로오프 관을 연결하여도 된다. 이 경우 블로오프 관은 연결부가 완전히 배수될 수 있도록 적당한 위치에 설치하여야 한다.
5. 하부 블로오프 관이 로의 열에 직접 노출되어 있을 경우에는 내화벽돌(firebrick)이나 기타 내열재로 보호하여야 하며, 관 검사가 가능하도록 설치하여야 한다.

605.41 계측장치

기술기준 제79조에서 언급된 “운전상태를 계측하는 장치”는 다음과 같은 것을 말한다.

1. 순환 보일러의 계측장치 설치는 아래와 같이 하여야 한다.

가. 수위(증기 및 물의 경계)가 일정한 모든 보일러는 최소한 하나의 유리 수면계(육안으로 수위 측정이 가능한 투명한 장치)를 설치하여야 한다. 유리 수면계의 본체를 강화하기 위하여 가로의 구조물이 있는 수면계, 즉 수직길이 전체가 연속적으로 표시되지 않은 유리수면계는 사용하지 않는다.

(1) 유리수면계에 전체 작동 수위 범위가 표시되어야 한다. 유리 수면계의 최저 가시 수위는 보일러 제조사가 정한 최저 허용 수위보다 50 mm 이상이고 75 mm 이하이어야 한다.

(2) 여러 튜브 부분으로 된 유리수면계는 수위가 식별되는 연결부분에 최소한 25 ㎜ 이상을 중첩하여야 한다. 수위의 결정에 도움이 되는 포트형 게이지 또는 빛의 굴절을 이용한 반사형 게이지는 수위 측정을 위한 중첩부분을 생략해도 된다.

나. 최대허용사용압력이 3 MPa 이하의 보일러는 최소한 한 개 이상의 유리수면계를 설치하고 항상 사용가능하도록 되어야 한다. 최대허용사용압력이 3 ㎫를 초과하는 보일러는 두 개의 유리 수면계를 설치해야 한다. 요구된 두 개의 유리수면계 중 하나를 대신하여, 두 개의 독립적인 원격 수위표시기(수위를 연속적으로 측정, 전송 및 표시할 수 있는 두 개의 분리된 시스템)를 사용할 수 있다. 유리 수면계는 차단하여도 되지만, 사용 가능한 상태로 유지하여야 한다. 전기식 보일러는 최대허용사용압력과 관계없이 하나의 유리 수면계만 설치한다. 강제유동 증기발생기와 강제순환식 고온수 보일러같이 수위가 일정하지 않은 보일러는 유리 수면계를 설치하지 않아도 된다.

(1) 최소한 하나의 유리 수면계의 수위가 제어장소에서 운전원이 쉽게 확인할 수 없는 경우, 광섬유 케이블(광신호의 전기적인 변경이 없는 것) 또는 영상으로 제어장소에 수위 정보를 전송하여야 한다. 대안으로 다음의 두 가지 사항을 조합하여야 한다

(가) 독립적인 원격 수위표시기

(나) 유리 수면계 수위의 영상을 연속적으로 전송 및 표시

(2) 원격 수위표시기의 표시는 보일러 제조자가 정한 최저허용수위보다 최소 50mm 높게 확실히 표시하여야 한다.

(3) 비강자성 원형 압력챔버 내부의 자기적으로 결합된 플로트(float)를 포함하여 감지장치가 있는 독립 원격 수위계는 벽을 통과해 플로트 위치를 감지하기 위해 관련 표준의 요건으로 제한하여야 한다. 이 장치의 설계와 조립은 세척과 유지보수가 용이하도록 해야 한다. 수면계 외에 다른 어떠한 제어장치도 부착하는 것을 금지한다.

다. 각각의 유리 수면계는 청소를 용이하게 하기위해 지름이 6㎜ 이상의 자유 배수구를 가진 드레인 콕(cock) 또는 밸브를 함께 설치하여야 한다. 보일러 최대 허용사

용압력이 700 ㎪을 초과하는 경우, 유리 수면계는 안전 배출구에 밸브가 부착된 드레인을 설치하기 위한 연결부가 있어야 한다. 각각의 유리수면계 또는 외부에 부착한 수위감지 또는 수위조절장치에는 침전물의 잔류로 막히는 것을 방지하기 위해 관통 구조의 차단밸브를 상단과 하단에 설치하여야 한다. 허용가능한 밸브구조의 예는 관련 표준 참조. 하단 밸브가 바닥에서 2 m 이상에 위치할 때, 밸브의 개폐 여부가 표시되어야 한다. 바닥의 운전지점에서 수동으로 밸브 개폐가 되도록 방법을 마련하여야 한다. 밸브, 피팅, 및 배관의 압력-온도 등급은 보일러 최대허용사용압력 및 해당 포화증기온도와 동등이상이어야 한다. 직선관용 글로브 밸브는 이 연결부에 사용하면 안된다. 자동 차단밸브는 유리 수면계가 고장일 경우 인위적인 조작없이 유출을 자동으로 방지하기 위한 것이다.

라. 자동차단밸브는 유리 수면계를 일시적으로 차단하기 위해 전기적, 공압 또는 유압으로 작동하는 것을 말한다. 이 장치의 개폐 시퀀스는 운전원에 의해 수동으로 시작한다. 자동차단밸브는 아래와 같은 조건에서 사용할 수 있다.

(1) 유리수면계와 보일러 사이, 또는 유리 수면계와 수주(water column) 사이의 모든 배관과 피팅은 내부검사 및 청소가 되도록 하거나, 회전식 청소장치가 통과하도록 설계한다. 밸브는 침전물의 잔류로 막히는 것을 방지하는 관통 구조로 되어야 한다.

(2) 밸브는 밸브를 운전하는 바닥이나 플랫폼에서 쉽게 볼 수 있도록 개폐 표시기가 있어야 하고, 개폐의 오작동을 방지하도록 설계되어야 한다.

(3) 밸브를 조작하는 바닥이나 플랫폼에서 수동으로 밸브 개폐가 되도록 방법을 마련한다.

(4) 자동 차단밸브는 현재 상태에서 페일세이프(fail-safe)가 되도록 설계가 되어야 한다.

마. 압력계

각각의 보일러는 다음과 같이 압력계를 설치하여야 한다.

(1) 압력계는 보일러의 압력을 항상 표시할 수 있도록 설치하여야 한다.

(2) 각 증기보일러에는 증기구역 또는 수주(water column) 또는 증기 연결부에 연결된 압력계가 있어야 한다.

(3) 밸브 또는 콕은 압력계에 인접한 게이지 연결부에 설치하여야 한다.

(4) 추가적인 밸브 또는 콕이 개방 상태에서 잠그거나 밀봉된 경우 보일러 근처에 설치해도 된다.

(5) 압력계와 보일러 사이에 다른 차단밸브를 설치해서는 안된다.

(6) 관 연결부는 충분한 크기이어야 하고 불어서(blowing out) 청소될 수 있도록 배치하여야 한다.

(7) 증기보일러의 경우, 게이지 또는 연결부에 게이지 튜브의 입구에서 증기가 유

입되는 것을 방지하는 수밀을 형성 및 유지하기 위해 사이폰 또는 동등한 장치가 있어야 한다.

(8) 압력계 연결부는 최대허용사용압력과 온도에 적합하여야만 하지만, 온도가 208℃를 초과하는 경우, 황동 또는 구리로 제작한 관 또는 튜브는 사용하지 않아야 한다.

(9) 사이펀을 제외한 보일러 연결부는 NPS 1/4이상이어야 하지만, 강철 또는 단조로 제작한 관 또는 튜브를 사용하면 내부지름이 13 mm 이상이어야 한다.

(10) 사이펀을 사용할 경우, 내부지름은 6 mm 이상이어야 한다.

(11) 압력계의 눈금범위는 안전밸브 설정압력의 약 2배가 되어야 하지만, 어떠한 경우에도 설정압력의 1.5배 이상이 되어야 한다.

바. 수위가 변동하는 강제순환 증기발생기에 다음(1)~(3)항의 위치에 압력계 또는 압력측정장치를 설치하여야 한다.

(1) 보일러 또는 과열기의 출구(마지막 열 흡수 구역 다음)

(2) 보일러 또는 절탄기의 입구(열 흡수 구역 이전)

(3) 열 흡수 표면의 임의의 두 부분사이에 사용될 수 있는 차단 밸브의 상류

사. 보일러 운전 중, 각 보일러에는 테스트 게이지를 부착하기 위해 DN8 이상의 밸브 연결부가 있어야하며, 이는 보일러 압력계의 정확도를 확인하기 위한 것이다.

아. 각 고온수 보일러는 온도계가 있어야하며, 쉽게 읽을 수 있는 곳에 설치되어야 한다. 온도계는 출구 또는 출구 근처에 설치하여 보일러 수의 온도를 항시 표시할 수 있게 하여야 한다.

자. 자동 수면계

파손된 수면계로 인한 유출을 방지하기위한 자동차단밸브는 아래의 요건을 만족해야 한다.

(1) 상, 하부의 체크밸브는 견고하고 비부식성의 금속 볼 타입(Ball type) 이어야 한다.

(2) 상, 하부의 볼 체크밸브는 중력에 의하여 개방되고, 하부의 볼 체크밸브는 시트에 수직으로 동작되는 것 이어야 한다.

(3) 체크 볼은 직경이 13 mm(1/2 in.) 이상이 되어야하고, 시트에 접촉되는 원의 직경은 체크 볼 직경의 2/3 이하 이어야 한다. 각각의 볼 주위의 스페이스(Space)는 3.0 mm(1/8 in.) 이상 이어야하고, 정상위치와 시트 간의 거리는 6 mm(1/4 in.) 이상 이어야 한다.

(4) 상부 밸브의 볼 시트는 사각 또는 육각의 평면 시트 이거나, 그렇치 않으면 스팀 통로가 이 밸브에 의하여 완전히 막히지 않도록 되어야 한다.

(5) 상부의 차단밸브는 밸브가 닫혔을 때 시트에서 6 mm(1/4 in.) 이상으로 볼을 잡을 수 있도록 돌출부가 있어야 한다.

(6) 볼은 검사를 할 수 있어야 한다. 즉, 보일러에 증기압력이 가해져 있을 때, 하부 볼 체트밸브를 제거하여 검사할 수 있는 방법이 제시되어야 한다. 상기의 검사는 외부적인 방법으로 밸브를 닫는 것이 아니어야 한다.

605.42 용접부의 형상

기술기준 제 164 조에서 규정한 "안전한 형상"이란 보일러 등에 관한 605.43부터 605.46까지에 적합한 것을 말한다.

605.43 용접부의 설계

605.43.1 보일러 등에 관계된 용기 또는 관의 길이이음 및 둘레이음의 용접부는 맞대기 양쪽면 용접, 받침쇠를 사용한 맞대기 한쪽면 용접 또는 초층 텅스텐 불활성 아크 용접으로 설계하여야 한다. 다만, 앞에 언급된 이음 이외의 용접부는 모양과 형상에 따라 아래에 열거하는 방법으로 하여야 한다.

1. 관대 또는 관과 펌프, 밸브 및 그 밖에 이들에 유사한 것에 속하는 맞대기 용접에 의한 이음 용접부는 KECS-1101의 제4장 그림 46과 같아야 한다.
2. 플랜지를 설치하는 이음 용접부는 별도그림 46의 (1)에서 (7)까지와 같아야 한다.
3. 동체, 드럼 및 헤다에 용접으로 부착하는 노즐 및 기타 연결부의 이음 용접부는 별도그림 47. (1)~(3), (5)~(18), (21)~(29)까지와 같아야 한다.

605.43.2 길이방향 용접부에 사용되었던 받침쇠는 제거되어야 하며, 필요하다면 방사선투과 시험을 할 수 있도록 준비되어야 한다.

605.44 정렬공차

보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 맞대기용접에 의한 이음면의 어긋남은 아래 표 605.44에 주어진 값을 초과해서는 아니된다. 여기에서 t는 이음부에서 얇은 쪽의 공칭 두께이다.

[표 605.44] 모재의 두께 및 이음 종류의 구분에 따른 어긋남의 값

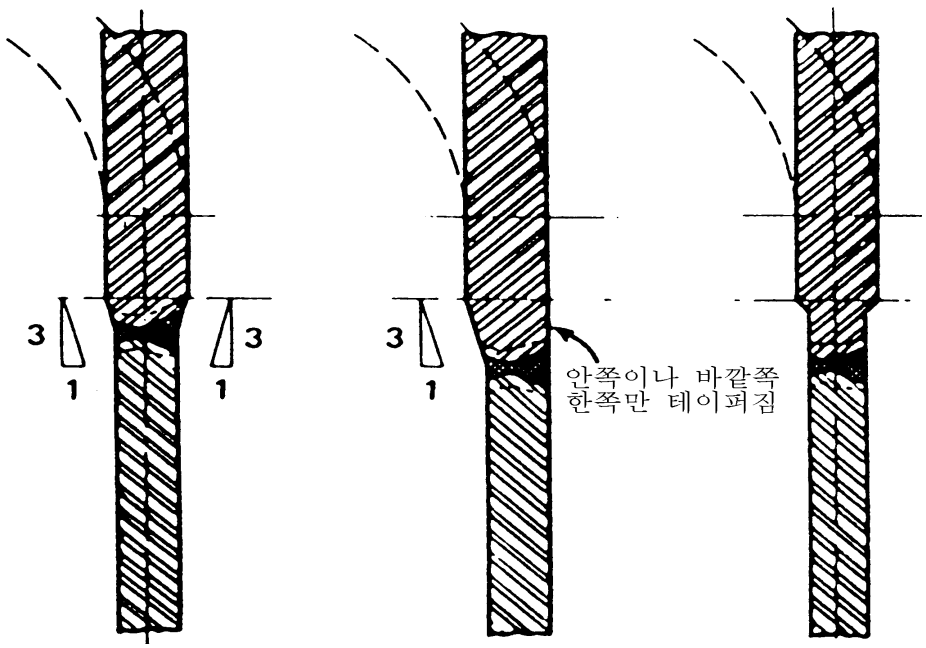
단면 두께,㎜	원통형 동체 내의 이음방향	
	길이방향	원주방향
13 이하	1/4 t	1/4 t
13 초과 19 이하	3㎜	1/4 t
19 초과 38 이하	3㎜	5㎜
38 초과 50 이하	3㎜	1/8 t
50 초과	1/16 t 또는 10㎜ 중 작은 값	1/8 t 또는 19㎜ 중 작은 값

605.45 두께가 다른 모재의 맞대기 용접

605.45.1 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 두께가 다른 모재의 맞대기 용접단면은 아래 그림 605.45의 (1)또는 (2)에 의하여야 한다. 이 경우 재료 이음매의 단면 두께차가 얇은 쪽 재료 두께의 1/4을 넘거나 3mm를 넘는 경우, 아래 그림에서와 같이 테이퍼 천이부의 길이는 연결면 간 두께차의 3배 이상이 되어야 한다. 이와 같은 천이부는 균일한 테이퍼가 만들어지는 한 어떠한 공정으로 성형하여도 된다.

605.45.2 용접은 아래그림에서와 같이 천이부 또는 전부를 테이퍼 부분 안이나 그 인근에 두어야 한다.

605.45.3 동체의 길이 방향 이음인 경우 용접하는 재료두께의 중앙선은 표 605.44에 있는 범위의 제작공차 내에 있어야 한다.



(1)
추천되는방법
(중심선일치)

(2)
허용(원주면 접합의 경우)
한 면에만 테이퍼 허용

(3)
허용 안됨

[그림 605.45] 두께가 다른 맞대기용접 강판의 이음

605.46 이음부의 다듬질

605.46.1 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 용접부로서 비파괴시험을 실시하는 표면은 매끈하고 모재의 표면보다 낮아서는 아니 된다. 또한, 모재의 표면과 층이 생기지 아니하도록 다듬질을 하여야 한다. 이 경우에 비파괴시험을 필요로 하는 맞대기용접부의 용접 덧살 높이는 아래 표 605.46에 정하는 모재두께(모재의 두께가 다를 경우에

는 얇은 모재의 두께)의 구분에 따라 각각 표의 용접 덧살 높이의 값 이하가 되어야 한다.

605.46.2 맞대기 용접은 완전용입 되어야 하며 용접부는 모든 부위에서 표면이 인접 모재의 표면보다 낮으면 안 된다. 용접부의 표면에 덧살을 용착하여도 무방하며, 용접 상태 그대로의 표면도 허용된다. 그러나, 용접부 표면은 거친 파형, 그루브, 오버랩, 급격한 돌출 및 파인 곳이 없어야 한다. 또한, 언더컷이 0.8㎜ 또는 벽두께의 10% 중 작은 값을 초과하여서는 안 되며, 최소단면 두께를 잠식하여서도 안 된다.

[표 605.46] 용접 덧살 허용두께

재료의 공칭두께, mm	용접 덧살 최대 두께, mm	
	관 및 튜브의 원주방향 이음	기타 용접부
3 이하	2.5	2.5
3 초과 5 이하	3.0	2.5
5 초과 13 이하	4.0	2.5
13 초과 25 이하	5.0	2.5
25 초과 50 이하	6.0	3.0
50 초과 75 이하	*	4.0
75 초과 100 이하	*	5.5
100 초과 125 이하	*	6.0
125 초과	*	8.0

* 6mm 또는 용접폭의 1/8중 큰 값

605.47 용접부의 균열

기술기준 제165조에서 규정한 "용접에 의한 균열이 없게"하기 위해서는 보일러 등에 관한 605.48부터 605.52까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

605.48 용접면의 청결

보일러 등에 관계된 용기 또는 관 용접부의 개선면 및 인접부는 용접에 앞서 수분, 도료, 유지, 먼지, 유해한 녹, 용입찌거기 및 그 밖에 유해한 이물을 제거하여야 하며, 용접부의 뒷면 치핑을 실시하는 경우는 용입불량부를 완전히 제거하여야 한다.

605.49 비파괴검사 범위

605.49.1 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 비파괴검사 해당 용접부는 표 605.49의 용접형식 및 압력부품운전조건에 따라 각각 표의 규정검사에 언급한 비파괴검사을 실시하고, 요구조건에 적합하여야 한다.

[표 605.49] 맞대기 용접 이음부에 요구되는 체적 비파괴검사

맞대기 용접형식	압력부품 운전조건[주(1)]		
	로의 복사열을 받는 부품[주(2)]	로의 복사열을 받지 않는 부품[주(2)]	
	증기 및/또는 물 함유	물함유	증기함유
길이방향용접	모든 크기와 두께	모든 크기와 두께	모든 크기와 두께
드럼 및 동체의 원주방향용접	〉DN 250 또는 〉두께 29 ㎜	〉DN 250 또는 〉두께 29 ㎜	〉DN 250 또는 〉두께 29 ㎜
관,튜브 및 헤다의 원주용접	〉DN 100 또는 〉두께 13 ㎜	〉DN 250 또는 〉두께 29 ㎜	〉DN 400 또는 〉두께 41 ㎜

비고:(a) 이 표에 의해서 면제되지 않는 한, 모든 길이방향 및 원주방향 맞대기 용접 이음부는 그 전 길이에 걸쳐 체적 비파괴검사에 의해 검사되어야 한다.

(b) 체적 비파괴검사(방사선투과검사 또는 초음파탐상검사)는 크기 또는 벽두께의 한계가 초과되었을 때(즉, 지름과 두께의 제한들이 독립적으로 적용된다) 요구된다.

(c) 방사선투과검사의 기하학적 불선명도가 1.8 mm를 초과하는 촬영 조건인 경우에는 초음파탐상검사를 시행하여야 한다.

(d) 체적비파괴검사가 요구되는 용접 이음부가 DN 100을 초과하고 두께가 13 mm 미만인 곳에서는 방사선투과검사를 사용하여야 한다.

(e) 일렉트로슬래그용접을 한 페라이트계 재료들의 용접부에 대해서는 방사선투과검사와 초음파탐상검사 모두를 시행하여야 한다. 만일 결정립 미세화(오스테나이트화) 열처리가 일렉트로슬래그용접부에 사용된다면, 초음파탐상검사는 열처리가 완료된 후에 실시해야 한다. 만일 오스테나이트화 열처리가 사용되지 않으면, 초음파탐상검사는 중간 용접후열처리 또는 최종 용접후열처리가 완료된 후에 실시해야 한다.

(f) 관성 또는 연속구동 마찰용접을 사용하는 재료의 용접부에는 방사선투과검사와 초음파탐상검사 모두를 실시하여야한다.

주: (1) 운전조건과 압력부품의 내용물은 설계자의 결정에 따른다.

(2) 압력부품의 일부와 가열로 사이에 5열 이상의 튜브가 있는 경우 용접부는 가열로로부터 복사열을 받지 않는다고 간주한다.

605.49.2 두께 13㎜를 초과하는 평판이 평경판 연소실보일러의 워터레그 같은 모서리 이음부를 만들기 위해 다른 압력부품에 용접되는 경우, 용접 후 자분탐상검사나 침투탐상검사를 하여야 하며, 판재가 비자성체인 경우에는 침투탐상검사로 한다.

605.49.3 기기 등의 구조상 체적비파괴검사를 시행하는 것이 현저하게 곤란할 경우에는 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여 기준에 적합하여야 한다.

605.49.4 비파괴검사원 자격요건은 170.1.2에 따른다.

605.50 비파괴검사 절차

605.50.1 방사선투과검사 절차는 171에 따른다. 다만, 실시간 방사선투시검사절차는 KECS-1201의 1.5에 따르며, 이들 검사에 대한 디지털 영상수집, 영상표시 및 저장절차는 KECS-1201의 1.6에 따른다.

605.50.2 초음파탐상검사

1. 초음파탐상검사 절차는 KECS-1201의 2.10에 따른다.
2. 대안으로, KECS-1201의 2.13에 따른 초음파탐상검사를 적용해도 된다.

605.50.3 자분탐상검사는 173에 따른다.

605.50.4 침투탐상검사는 174에 따른다.

605.51 비파괴검사 합격기준

605.51.1 방사선투과검사

용접부의 방사선 투과검사 및 투시검사결과 불완전으로 구별된 지시(indication)는 다음 조건에 해당될 경우 불합격으로 한다.

1. 균열, 융합불량 또는 용입부족으로 판정된 지시.
2. 그밖에 방사선 투과사진 상에 길게 나타난 지시로서, 길이가 다음 값보다 긴 경우.
   가. t가 19㎜ 이하인 경우 : 6㎜
   나. t가 19㎜ 초과 57㎜ 이하인 경우 : 1/3t
   다. t가 57㎜를 초과하는 경우 : 19㎜ 여기에서, t는 얇은 쪽 용접두께이다.
3. 12t 범위 내에서 일렬로 늘어선 지시군(indication Group)의 총 길이가 두께 t보다 긴 경우
   다만, 지시군 내에서 가장 긴 불완전지시 길이를 L이라 할 때, 연속된 불완전지시 사이의 거리가 6L을 초과하는 것은 제외한다.
4. KECS-1201의 1.5(원형지시 합격기준) 기준치를 초과하는 원형지시.

605.51.2 초음파탐상검사

1. 605.50.2의 1에 대한 합격기준은 다음과 같다.

대비레벨(reference level)의 20%를 초과하는 지시를 보이는 불완전부에 대한 검사는, 초음파탐상 검사원이 그 형태, 종류 및 위치를 파악하고 아래 가 및 나에 따라 판정한다.

가. 균열, 용융불량, 또는 용입부족은 길이에 관계없이 불합격.
나. 기타 불완전부 중 지시가 대비레벨을 초과하고 그 길이가 다음 값을 초과하는 경우는 불합격.
   (1) t가 19㎜ 이하인 경우 : 6㎜
   (2) t가 19㎜ 초과 57 ㎜ 이하인 경우 : 1/3 t
   (3) t가 57㎜를 초과하는 경우 : 19㎜. 여기에서, t는 검사하고 있는 용접부 두께이며,

서로 다른 두께의 부재를 연결하는 용접인 경우 t는 얇은 쪽 두께이다.

2. 605.50.2의 2에 대한 합격기준은 KECS-1201의 2.13에 따른다.

605.51.3 자분탐상검사하는 모든 표면에 다음의 지시는 허용되지 않는다.

1. 선형지시
2. 5㎜를 초과하는 원형지시
3. 원형지시의 간격이 1.5㎜이하로, 동일선상에 독립된 4개 이상의 원형지시.

605.51.4 침투탐상검사하는 모든 표면에 다음의 지시는 허용되지 않는다.

1. 선형지시
2. 5㎜를 초과하는 원형지시
3. 원형지시의 간격이 1.5㎜이하로, 동일선상에 독립된 4개 이상의 원형지시.

605.51.5 비파괴검사절차에 다른 규격을 적용시에는 해당규격의 합격기준에 따른다.

605.52 용접후열처리

605.52.1 두 개의 서로 다른 P-No. 그룹의 압력부를 용접하는 경우, 605.52.1의 2에 명시된 경우를 제외하고, 둘 중 높은 용접후열처리 온도를 필요로 하는 재료를 적용하며 605.52.2의 P-No. 별 요건 및 주석의 내용에 따라 열처리를 수행해야 한다.

1. 비압력부를 압력부에 용접하는 경우, 압력부의 용접후열처리를 적용하여야 한다. 용접되는 재료 중의 하나가 용접후열처리에서 면제되는 경우, 용접후열처리가 필요한 재료의 용접후열처리 시간과 온도 요건에 따라야 한다. 용접후열처리가 면제되는 용접의 경우, 각 재료는 605.52.2의 각 P-No. 및 그룹 번호에 적용되는 면제조건을 만족하여야 한다. 크롬함량이 3% 이상인 페라이트 용가재를 사용한 압력부 용접 및 부착물 용접부는 용접후열처리를 하여야 한다. 적용할 용접후열처리 시간과 온도는 605.52.2에 표기된 동등한 재료의 요구치 이상이어야 한다.
2. P-No. 4 또는 P-No. 5A의 튜브와 관을 P-No.가 이보다 낮은 재료의 헤더에 필릿용접, 부분용입용접 및 완전용입용접으로 부착하는 경우, 용접후열처리 온도는 P-No.가 낮은 재료에 따라도 좋다. 다만, 이 경우 튜브와 관은 다음의 모든 조건에 만족하여야 한다.
   가. 최대 크롬함유량 : 3.0%
   나. 최대치수 : DN 100 (NPS 4, 바깥지름 100mm)
   다. 최대두께 : 13mm
   라. 최대 탄소함유량 : 0.15% 이하
3. 용접물은 605.52.2의 P-No.별로 규정한 온도까지 서서히 가열하여 규정시간 동안 유지시켜야 하며, 425℃까지로 서서히 냉각후 정적인 대기 중에서 냉각시켜야 한다.
4. 두께가 각기 다른 용접물을 같은 로 내에서 동시에 용접후열처리를 하여도 된다.
5. 605.52.2에서 공칭두께는 용접두께, 압력유지부 두께, 이음 단면의 얇은 쪽 두께 중

가장 작은 값이다. 필릿용접에서의 공칭두께는 목두께이며, 부분용입 용접 및 재료 보수용접에서의 공칭두께는 용접그루브 또는 가공부의 깊이를 말한다. 그루브 및 필릿 조합용접에서의 공칭두께는 그루브 깊이와 필릿 목치수를 더한 용착금속의 전체 조합두께이다.

6. 605.52.2에서 정한 바와 같은 규정 온도에서의 유지시간은 연속적이지 않아도 되며, 여러 번 용접후열처리를 한 경우 각 사이클의 시간의 합으로 하여도 좋다.
7. 용접물의 용접후열처리는 다음 중 한 가지 방법으로 실시하여야 한다.
   가. 건조품 전체를 동시에 가열
   나. 용접 제조물을 부분별로 용접후열처리 하는 경우 마지막 용접 이음부의 열처리는, 이음부의 각 방향으로 강판두께 3배 이상의 폭을 갖는 원주영역을 균일하게 가열하되, 원주영역 전체를 제2항에서 지정한 온도까지 상승시켜 규정 시간동안 유지시키는 방법으로 하여야 한다.
8. 용접후열처리를 필요로 하는 노즐 또는 기타 용접부착물은 부분적으로 용접후열처리를 하여도 좋으며, 이 경우 원주영역 폭의 중간에 위치한 용접 연결부와 함께 용기 둘레전체에 걸친 원주영역를 가열하는 방법으로 하여야 한다. 원주영역의 폭은 노즐이나 기타 용접 부착물에 비해 용기두께의 3배 이상 넓어야 한다.
9. 관, 튜브 및 헤더의 용접이음부를 부분적으로 용접후열처리하는 경우, 605.52.2에서 규정한 최소 온도까지 가열하고 해당 시간 동안 유지하는 원주영역의 폭은 용접그루브에서 가장 넓은 폭의 3배 이상으로 하되 용접덧살 폭의 2배보다 커야 한다.
10. 이음부 두께가 38mm를 넘는 페라이트계 재료의 일렉트로슬래그 용접부는 결정립 미세화(오스테나이트화) 열처리를 하여야 한다.

605.52.2 재질별 열처리 요건은 아래와 같다.

1. P-No. 1

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과125mm 이하	125mm 초과
P-No. 1 Gr.No1,2,3	595	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)

가. P-No.1 그룹 1 재료에 대해 용접후열처리는 다음과 같은 조건에서 요구되지 않는다.
   (1) 605.52.1의 3~6에서 정의한 공칭두께는 25 mm 이하
   (2) 605.52.1의 3~6에서 정의한 공칭두께가 25 mm를 초과할 경우, 용접부의 각 모재에 아래 식에 따라 계산된 탄소당량(CE)이 0.45 이하이고 최소예열온도가 95℃를 적용할 때 용접후열처리는 요구되지 않는다.

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

비고: 재료 규격을 적용한 화학성분 최대치 또는 재료를 실제 분석한 화학성분 또는 자재성적서를 적용하여 탄소당량(CE)을 계산한다. 마지막 두 항에 필요한 화학성분을

구할 수 없으면 두 항을 대신하여 다음과 같이 0.15%를 적용해야 한다.

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + 0.15$$

나. 다음 조건에 해당하는 경우 P-No.1 그룹 2와 3 재료에 대한 용접후열처리는 요구되지 않는다.

(1) 605.52.1의 3~6에서 정의한 공칭두께 19 mm 이하

(2) 605.52.1의 3~6에서 정의한 공칭두께가 19 mm를 초과하고 25 mm 미만이며, 각 모재에 대해 "가"의 (2)식을 사용하여 탄소당량(CE)을 계산 결과 그 값이 0.45 이하일 때.

(3) 605.52.1의 3~6에서 정의한 공칭두께가 19 mm 초과하고 38 mm 미만 이고,

(가) 용접부에서 각 모재의 "가"의 (2)식에 따라 계산된 탄소 당량(CE)이 0.45 이하인 경우

(나) 최소예열온도는 120℃를 적용한 경우

(다) 각 용접패스 두께가 6 mm를 초과하지 않은 경우

(4) 튜브에 확장된 열 흡수면을 부착 및 압력부에 단열재 부착을 위한 핀을 용접한 경우,

(5) 두께 25 mm 초과 압력부에 95℃ 이상 예열하여 스터드를 용접한 경우.

(6) 파이프 또는 튜브에 내식성 재료로 용접 오버레이 크래딩 하는 경우 다음 조건 만족 시 열처리 면제 가능;

(가) 오버레이 크래딩 두께가 6 mm 이하

(나) 압력부 두께가 19 mm를 초과하고 95℃ 이상으로 예열한 경우

(다) 파이프 또는 튜브 자재가

1) 외경 DN125 이하이고

2) 드럼이나 동체에 적용하지 않은 경우

(7) 부하전달 용도가 아니고 직경이 13 mm 이하인 스터드를 자동아크 스터드 용접법이나 자동 저항 스터드 용접으로 한 경우

(8) 피복이 없는 상태의 열전대선을 커패시터 방전용접 또는 전기저항 용접법으로 하고,

(가) 방전 용량이 최대 125W-sec 이하 및 605.52.2의 각 면제조건을 만족하는 경우

(나) 최소 벽두께가 5 mm 이상인 경우

다. 위 표에 규정한 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 어려운 경우, 아래 8에 따라 좀더 낮은 온도에서 유지시간을 길게 하여 용접후열처리를 하여도 된다.

2. P-No. 3

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 3 Gr.1,2,3	595	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25mm (* 50 mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25mm (* 50 mm 초과분에 적용)

가. P-No.3 Gr.3 재료를 제외하고, 다음 조건에 해당되는 경우 P-No.3 재료에 대한 용

접후열처리는 하지 않아도 된다.(P-No.3 Gr.3 재료는 두께에 상관없이 용접후열처리를 하여야 한다.)

(1) 관, 튜브, 헤더의 원주방향 맞대기 용접부로서, 관, 튜브, 헤더의 공칭두께가 16mm 이하이고, 최대 탄소함유량이 0.25% 이하.

(2) 소켓용접 피팅에 사용하는 필릿 용접으로서 다음 조건들을 만족하는 경우.

(가) 모재두께에 관계없이 필릿 용접의 목두께 13mm 이하.

(나) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하.

(다) 압력부의 용접두께가 16mm를 초과하는 경우 95℃ 이상으로 예열.

(3) 목두께가 13mm 이하인 필릿용접이나 용접두께가 13mm 이하인 그루브와 필릿 조합용접으로 비압력부를 부착하는 것으로서, 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하이며. 압력부의 두께가 16mm 를 초과하는 경우 95℃ 이상으로 예열.

나. 위 표에 규정한 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 어려운 경우, 아래 8에 따라 좀더 낮은 온도에서 유지시간을 길게 하여 용접후열처리를 하여도 된다.

다. 관성 · 연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

3. P-No. 4

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 4 Gr. 1,2	650	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + *15분/25mm (* 125mm 초과분에 적용)

가. 다음 조건에 해당되는 경우 P-No. 4 재료에 대한 용접후열처리는 하지 않아도 된다.

(1) 관 및 튜브의 원주방향 맞대기용접으로서 관 및 튜브가 다음의 조건을 모두 만족하는 경우.

(가) 최대 두께 16mm

(나) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하.

(다) 최저 예열온도가 120℃, 이러한 최소 예열온도는 다층 GTAW 공정을 사용하여 맞대기 용접하는 경우, 최대 바깥지름이 38㎜ 까지 그리고 최대 두께가 4.2㎜까지의 SA-213 Gr T11 튜브 재료에 대해서는 요구되지 않는다.

(2) 소켓용접 피팅에 사용되는 필릿 용접으로서 다음 조건들을 만족하는 경우.

(가) 모재두께에 관계없이 필릿 용접의 목두께 13mm 이하.

(나) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하.

(다) 최저 예열온도가 120℃.

(3) (1) (가)부터 (다)까지의 요건을 만족하는 관 및 튜브로서 다음 조건 중 하

나에 해당되는 경우.

(가) 비압력부를 관 및 튜브에 부착하는 필릿 용접으로서 필릿 용접 목두께가 13mm 이하이고 예열온도가 120℃ 이상.

(나) 비압력부를 압력부에 부착하는 그루부와 필릿 조합용접으로서 용접두께가 13mm 이하이고 예열온도가 120℃ 이상.

나. 관성 · 연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

4. P-No. 5A와 5B

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm초과
P-No. 5AGr.1, P-No. 5BGr.1	675	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + *15분/25mm (* 125 mm 초과분에 적용)

가. P-No. 5B Gr.2 재료를 제외하고, 다음 조건에 해당되는 경우 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 관, 튜브의 원주방향 맞대기용접으로서 관, 튜브가 다음의 조건을 모두 만족하는 경우.

(가) 최대 크롬함유량이 3.0%.

(나) 최대두께가 16mm

(다) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하.

(라) 최소 예열온도가 150℃

(2) 소켓용접 피팅에 사용되는 필릿 용접으로서 다음 조건들을 만족하는 경우.

(가) 최대 크롬함유량이 3.0%.

(나) 모재두께에 관계없이 필릿 용접의 목두께가 13mm 이하.

(다) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하.

(라) 최소 예열온도가 150℃

(3) (1) (가)에서 (라)까지의 요건을 만족하는 관 및 튜브로서 다음 조건 중 하나에 해당되는 경우.

(가) 비압력부를 관 및 튜브에 부착하는 필릿 용접으로서 필릿 용접 목두께가 13mm 이하이고 예열온도가 150℃ 이상.

(나) 비압력부를 압력부에 부착하는 그루부와 필릿 조합용접으로서 용접두께가 13mm 이하이고 예열온도가 150℃ 이상.

나. 관성 · 연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

5. P-No. 15E

재료	최저유지온도℃ [주(1) 및 (2)]	최고유지온도℃ [주(3) 및 (4)]	(공칭) 용접두께에 대한 정상온도에서 최소유지시간	
			125 mm까지	125 mm초과
P-No. 15E Gr. No. 1	705	785	1시간/25mm, 최소 30분	5 시간 + *15분/25mm (*125mm 초과분에 적용)

주: (1) 공칭용접두께가 13 mm 미만이면, 최저유지온도는 675℃이다

(2) 이종 금속의 용접(즉, P-No. 15E 그룹 1과 기타 크롬함량이 적은 페라이트, 오스테나이트 또는 니켈 계열)인 경우, 용가재의 크롬량이 3% 미만 또는 용가재가 니켈계열 또는 오스테나이트이면 최소유지온도는 705℃가 되어야 한다.

(3) 니켈계열 용가재 또는 Ni+Mn 함량이 1% 이하인 Grade 91 용가재를 사용할 경우, 최대 유지온도는 800℃까지 높일 수 있다. 그러나 다음 중 한 가지라도 해당되면 용접후열처리 온도는 785℃이하로 낮추어야 한다.

(가) 동일 열처리에 다수 용접부가 포함되고 이 중에 하나라도 Grade 91 용가재의 Ni+Mn 함량이 1% 초과 1.2%이하인 경우

(나) 용가재의 Ni+Mn 함량을 알 수 없는 경우

위 (3)에 대한 설명 : 용가재 재료에 대한 낮은 변태온도는 주로 Ni+Mn의 총계인 합금함량에 따라 영향을 받는다. 최대유지온도는 내부 임계구역에서 열처리를 피하기 위해 설정한다.

(4) 구성부품의 일부가 허용된 열처리 온도를 초과하여 가열되면, 다음 중 하나를 수행하여야 한다.

(가) 그 구성부품 전체를 다시 노멀라이징과 템퍼링을 하여야 한다.

(나) 만약 위의 표 또는 주(3)에 있는 최고유지온도를 초과하지만 800℃ 이하이면, 용접금속을 제거하고 교체하여야 한다.

(다) 800℃를 초과하고 과열된 영역이 양쪽으로 75 mm 이상을 제거한 구성품의 일부는 다시 노멀라이징 및 템퍼링하거나 교체하여야 한다.

(라) 설계온도에서 Grade 9 자재(SA-313-T9, SA-335-P9 또는 동등한 재료)의 최종 허용응력은 요구된 최고 열처리유지온도를 초과하여 가열한 부분에 대해서 요구된 온도범위와 시간동안 최종열처리를 한 후의 물성값을 적용해야 한다.

6. P-No. 6

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 6 Gr.1,2,3	760	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5 시간 + 125mm 초과 25mm당 15분

가. P-No. 6 재료로서 재료 및 제작이 다음 조건을 만족하는 타입 405 재료의 경우, 용접후열처리는 하지 않아도 된다.

(1) 최대 탄소함유량이 0.08% 이하.

(2) 사용한 용접봉이 오스테나이트 크롬-니켈 용착물 또는 비-공냉경화(non-air-hardening) 니켈-크롬-철 용착물을 생성하여야 하며, 다음 추가요건을 만족하는 경우.

(가) 용접이음부의 재료 두께가 10mm 이하.

(나) 재료두께가 10mm 초과 38mm 이하인 경우, 용접 중에 230℃의 예열온도를 유지하고 용접이음부는 전체길이에 걸쳐 체적 비파괴시험을 한 것.

나. 관성 · 연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

7. P-No. 7

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 7 Gr.1,2	730	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5 시간 + 125mm 초과 25mm당 15분

가. P-No.7 재료에 대한 용접후열처리는 제1항제3호부터 제6호까지에 명시한 바와 같이 시행하여야 한다. 다만, 650℃를 넘는 온도 범위에서는 냉각률을 최대 55℃/hr로 하고, 그 이하의 온도 범위에서는 취성화를 방지하기 위해 냉각속도를 충분히 빠르게 하여야 한다.

나. P-No.7 재료로서 재료 및 제작이 다음 조건을 만족하는 타입 405 재료의 경우, 용접후열처리는 하지 않아도 된다.

(1) 최대 탄소함유량이 0.08% 이하.

(2) 사용한 용접봉이 오스테나이트 크롬-니켈 용착물 또는 비-공냉경화(non-air-hardening) 니켈-크롬-철 용착물을 생성하여야 하며, 다음 추가요건을 만족하는 경우.

(가) 용접이음부의 재료 두께가 10mm 이하.

(나) 재료두께가 10mm 초과 38mm 이하인 경우, 용접 중에 230℃의 예열온도를 유지하고 용접이음부는 전체길이에 걸쳐 체적 비파괴시험을 한 것.

8. P-No. 10H

재료	최저 유지온도, ℃ (°F)	호칭 용접두께에 대한 최소 유지시간 (호칭두께)		
		50mm(2 in.) 이하	50mm(2 in.)초과 125 mm (5 in.)이하	125mm(5 in.) 초과
P-No. 10H Gr. No. 1	없음	없음	없음	없음

주: 아래에 명시한 오스테나이트-페라이트계 듀플렉스 스테인레스강에 대하여, 용접후열처리는 요구되지도 않고 금지되지도 않는다. 그러나 어떠한 열처리라도 적용할

경우, 아래와 같이 실시해야 하며 급속 냉각을 시켜야 한다.

합금	용접후 열처리, 온도, ℃(°F)
S31803	1,020-1,100(1,870-2,010)

9. P-No. 10I

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 10I Gr.1	675	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	1시간/25mm

가. P-No. 10I 재료 (ASME SA-268 TP 446에 한함)에 대한 용접후열처리는 제1항제3호부터 제6호까지에 명시한 바와 같이 시행하여야 한다. 다만, 650℃ 이상에서는 냉각속도를 55℃/hr 이하로 하고, 그 이후에는 취화(embrittlement)를 방지하기 위해 냉각속도를 충분히 빠르게 하여야 한다.

10. 탄소강과 저합금강에 대한 용접후열처리 대체 요건

최저 규정 온도로부터 감소되는 온도량 ℃	감소된 온도에서의 최소 유지시간(1), (시간/25mm 두께)	비고
28	2	
56	4	
83	10	(2)
111	20	(2)

가. 제2항에서 허용하는 경우에만 적용한다.

주(1) 두께 50mm 이하에서 25mm 당의 최소 유지시간이며, 50mm 초과분에 대해서는 25 mm 당 15분씩 추가한다.

(2) P-No. 1 Gr.1, 2 재료에 한해 감소온도로 용접후열처리가 허용된다.

605.53 완전한 용접시공을 위한 조치

기술기준 제166조에서 “용입이 충분하게” 하기 위해서는 “161 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), “605.43 용접부의 설계” 및 “605.48 개선면의 청결”에 적합하여야 한다.

605.54 용접부의 결함

605.54.1 “언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게” 하기 위해서는 “161 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), “605.46 이음부분의 다듬질” 및 “605.49 비파괴검사”에 적합하여야 한다.

605.54.2 결함의 보수

1. 육안검사, 누설검사 또는 605.49에 규정한 시험으로 검출되고, 불합격으로 판정된 균열, 기공, 융합불량과 같은 용접 결함부는 기계적 방법이나 열 그루빙(grooving) 방법으로 제거하여야 하고, 그 이음부는 재용접 및 재시험되어야 한다.

2 튜브-헤더 또는 튜브-드럼의 용접 이음부에 605.52.2에서 요구하는 용접후열처리가 이미 실시되었을 경우, 이음부의 재작업 또는 필릿 용접부 형상을 개선하기 위해 부분적으로 실시한 추가 용접부에는 아래의 나.에 열거한 재료에서는 용접후열처리를 반복하지 않아도 된다. 이 경우, 다음의 모든 제한 조건을 만족하여야 한다.

가. 표면아래로부터 재작업 용접 깊이는 드럼 또는 헤더 두께의 10 %나 튜브 벽두께의 50 % 중 작은 값 이하이어야 한다.

나. 재작업 용접을 할 부위는 재료에 나타낸 최소온도 이상으로 예열하여야 한다.

재료	최소예열온도℃(°F)
P-No.3, Gr. No.1 및 2	95(200)
P-No.4	120(250)
P-No.5A	150(300)

다. 튜브의 바깥지름이 100 ㎜를 초과하지 않아야 한다. <삭제>

라. 재작업 용접에 사용하는 용접절차서는 “160 발전설비 용접”의 요건에 따라 인정된 것이어야 한다.

마. P-No.1의 경우, 모든 그룹의 용접후열처리 면제는 605.52.2의 1을 참조한다.

3. P-No. 3 Gr. No. 1 및 2 재료의 결함과 이들 재료의 용접 접합부의 결함은 최종 용접후열처리 후에 재용접 보수 하여도 되지만, 최종 수압시험 이전에 실시되어야 한다. 용접 보수는 아래의 요건을 만족하여야 한다.

가. 모재의 결함 제거 : 결함은 제거되거나 허용크기 이하로 줄여야 한다. 용접 수리 전에, 이음부의 결함이 허용크기로 감소되었는지를 확인하기 위해 자분탐상법 또는 침투탐상법을 이용하여 검사하여야 한다. 재료가 비자성인 경우, 침투탐상법만을 사용하여야 한다. 자분탐상 및 침투탐상의 방법은 아래 제4호와 제5호를 따라야 한다. 그러나 검사에 대한 합격 기준은 원래의 모재규격 요건에 따라야 한다.

나. 용접부 및 용접 보수부의 결함 제거 : 결함은 제거되어야 하고, 이음부는 결함의 제거를 확인하기 위해 자분탐상법 또는 침투탐상법을 이용하여 검사하여야 한다. 재료가 비자성인 경우, 침투탐상시험 만을 사용하여야 한다. 자분탐상시험 및 침투탐상시험의 방법은 아래 4 와 5를 따라야 한다.

다. 총 보수 깊이는 모재 두께의 10 %를 초과해서는 안 된다. 용접 보수의 총 깊이는 주어진 위치에서 용접부의 양쪽면에서 용접 보수한 깊이의 합으로 취하여야

한다. 이 경우 보수부의 총 면적은 0.065㎡를 초과해서는 안 된다.

라. 그루브 용접에 대해 용접절차시방서의 인정을 위한 기준의 요건에 추가하여, 다음 요건을 적용하여야 한다.

(1) 용접절차시방서 인정은 보수할 재료와 동일한 P-No. 및 Gr. No.의 재료를 이용하여 실시한 것이어야 한다. 사용된 특정 용접기법 또는 용접기법의 조합은 용접 비드밑의 열영향부가 적절한 뜨임 되도록 개발되고 시험된 것이어야 한다.

(2) 용접 금속은 수동 SMAW으로 용착되어야 하며, 저수소계 용접봉만이 사용되어야 한다. 또한 용접봉은 ASME SecⅡ, Part C, SFA-5.5의 부속서 A 6.12의 요건에 적합한 것이어야 한다.

(3) 각 용접 층에 대한 최대 입열량은 용접절차시방서 인정시험에 사용된 것을 초과해서는 안된다.

(4) 최대 용접 비드폭은 용접봉 심선 지름의 4배 이하로 하여야 한다.

(5) 그루브의 어느 한쪽면에서, 폭이 100 ㎜ 또는 용접 보수부 두께의 4배 중 큰 값과 (동일한 구역(band)을 포함한) 보수부위는 용접하는 동안 최소 175 ℃로 예열 및 유지되어야 한다. 층간 최대 온도는 230 ℃이어야 한다.

(6) 용접보수 방법은 다음과 같이 하프비드 용접보수 기법으로 제한하여야 한다. 용착금속의 첫 층은 최대 지름이 3 ㎜ 이내의 용접봉을 이용하여 전 면적에 걸쳐 용착시켜야 한다. 다음 층 두께의 약 ½은 용접층을 용착시키기 전에 연삭으로 제거하여야 한다. 그 다음 용접층은 최대 지름이 4 ㎜ 이내인 용접봉을 이용하여 이전의 용접 비드 및 열 영향부를 뜨임을 할 수 있는 방법으로 용착시켜야 한다. 최종 템퍼 용접 비드는 모재와의 접촉 없이 보수되는 표면 위쪽까지 적용하여야 하지만, 모재 열영향부의 뜨임을 확인하기 위해 용접비드 밑의 가장자리까지 충분히 밀착시켜야 한다.

마. 두께가 25 ㎜를 초과하는 재료의 경우, 모든 용접을 완료한 후, 보수 부위를 230 ℃～290 ℃까지 가열하고 최소 4시간 동안 그 온도로 유지하여야 한다.

바. 모든 최종 템퍼비드 덧살은 실질적으로 모재의 표면과 같은 높이로 제거하여야 한다.

사. 보수 용접 완료 후 상온에 도달하면 그루브를 검사하는데 사용된 것과 동일한 비파괴시험기법을 이용하여 나.의 요건에 따라 검사하여야 한다.

아. 용접보수 후에는 용접된 모든 드럼 및 기타 압력부품에 대해 최대허용사용압력의 1.5배 이상의 압력으로 수압시험을 하여야 한다.

4. 자분탐상검사

가. 지시의 평가

지시는 자분의 응집 형태로 나타난다. 그러나 이와 같은 모든 지시가 반드시 결함

이라고 할 수는 없다. 표면이 아주 거칠거나 열영향부의 모서리와 같은 부위에서 투자율의 변화 등으로 인해 결함과 유사한 지시를 만들 수 있다. 어떤 결함에 대한 지시는 실제 결함보다 클 수 있지만, 지시의 크기는 합격 평가에 대한 기준이 된다. 1.5mm를 초과하는 치수의 지시는 아래를 참조하여 결함이 있는 것으로 간주하여야 한다.

(1) 선형지시는 길이가 폭의 3배를 초과하는 경우

(2) 원형지시는 길이가 폭의 3배 이하인 원형 또는 타원형의 경우

(3) 의심스러운 지시는 결함과 관련한 것인지 판단하기 위하여 재검사하여야 한다.

5. 침투탐상검사

가. 지시의 평가

어떤 결함에 대한 지시는 실제 결함보다 클 수 있지만, 지시의 크기는 합격 평가에 대한 기준이 된다. 1.5mm를 초과하는 치수의 지시는 아래를 참조하여 결함이 있는 것으로 간주하여야 한다.

(1) 선형지시는 길이가 폭의 3배를 초과하는 경우

(2) 원형지시는 길이가 폭의 3배 이하인 원형 또는 타원형의 경우

(3) 의심스러운 표시는 결함과 관련한 것이지 판단하기 위하여 재검사하여야 한다.

605.55 용접부의 강도

기술기준 제167조에서 “충분한 강도”란 보일러 등에 관계된 용기 또는 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 “161 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), “605.56 기계시험”, “605.57 재시험” 및 “605.58 내압시험“에 적합하여야 한다.

605.56 기계시험

605.56.1 용기 시험판

드럼이나 동체와 같이 용융용접에 의해 제작된 내압을 받는 원통형 및 비원통형 용기의 압력부는 605.56.2부터 605.56.9까지의 요건에 만족하여야 한다. 다음 사항은 이 요건에서 제외한다.

1. 내압을 받는 원통형 관, 헤더 및 튜브(이 압력부에 용접하여 부착한 경판 포함)
2. 모든 부착 용접부

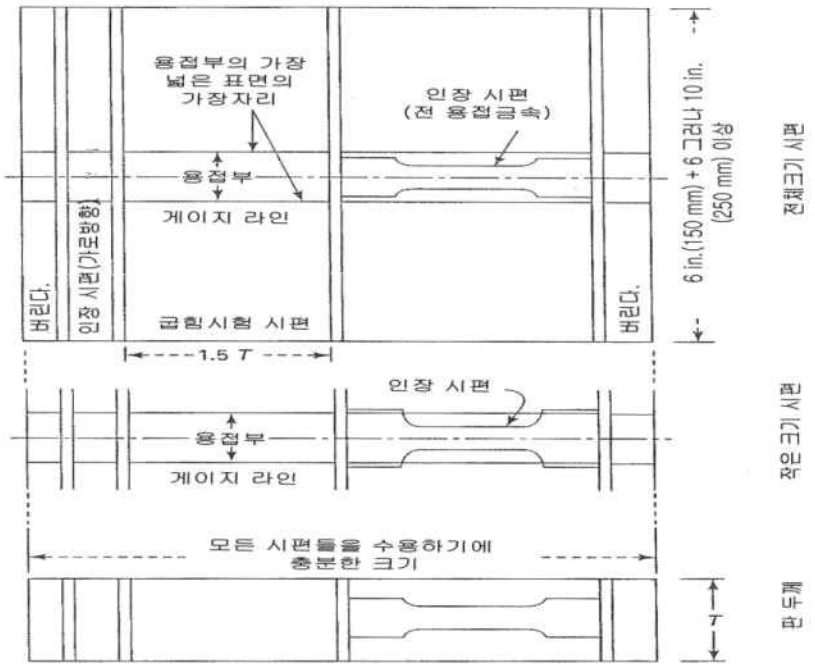
605.56.2 용접 시험판 : 그림 605.56과 같은 치수의 용접된 시험판을 용접부와 같은 재료규격(용접되는 강과 동일한 규격으로 하기 위해 화학성분은 규격한계 및 제강지침 내에 있어야 한다. 예를 들어, 킬드강, 세미킬드강, 또는 림드강은 동일하여야 한다.)

및 용접부와 같거나 큰 두께의 강판으로, 그리고 동체 판에 사용하는 것과 같은 용접 절차를 이용하여 준비하여야 한다. 용접된 시험판에 사용되는 용접 소모품은 생산 시에 각 용접공정에서 사용되는 것과 동일한 제조사 및 로트번호, 관리 또는 히트번호이어야 한다. 강판의 용접은 다음의 방법 중 하나로 용접하여야 한다.

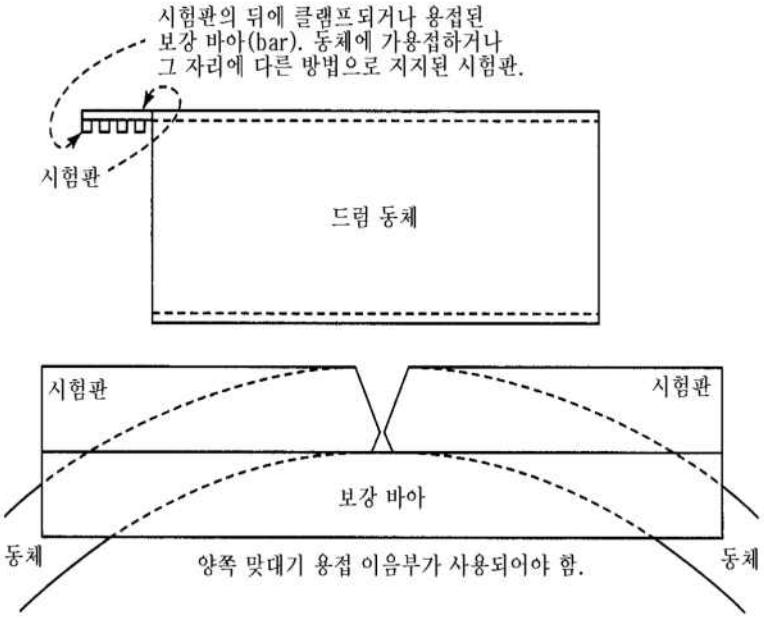
1. 용접할 가장자리가 대응하는 길이방향 이음부 가장자리에 연속되도록 시험판을 각 압력 용기의 한 쪽 길이방향 이음부의 한쪽 끝에 그림 605.56-1에 나타난 대로 부착한다. 이러한 경우에, 용착금속은 동체 이음부의 용착금속과 연속적으로 시험판의 용접 이음부에 용착되어야 한다. 이러한 방법은 원주방향 이음부만 있는 압력용기에는 적용하지 않는다.
2. 시험판 내의 이음부를 동체 판의 이음부에 연속으로 부착하지 않고 용접한다.

605.56.3 비원통 압력부품이 압력용기와 일체형이 아닌 경우, 시험판의 두께는 압력부품의 두께 이상인 것으로 준비하여야 한다.

605.56.4 동일한 설계의 압력부 여러 개를 연속하여 용접하는 경우, 그 판이 같은 용접절차에 포함되는 동일한 재료일 때, 주 용접이음 최대 60m 마다 한 개의 시험판을 만들어야 한다. 본체의 용접부에 대하여 용접후열처리를 하는 경우에는 시험판은 이와 동등한 용접후열처리를 하여야 한다.



[그림 605.56] 길이방향 용접부 시험편 채취위치 및 형상

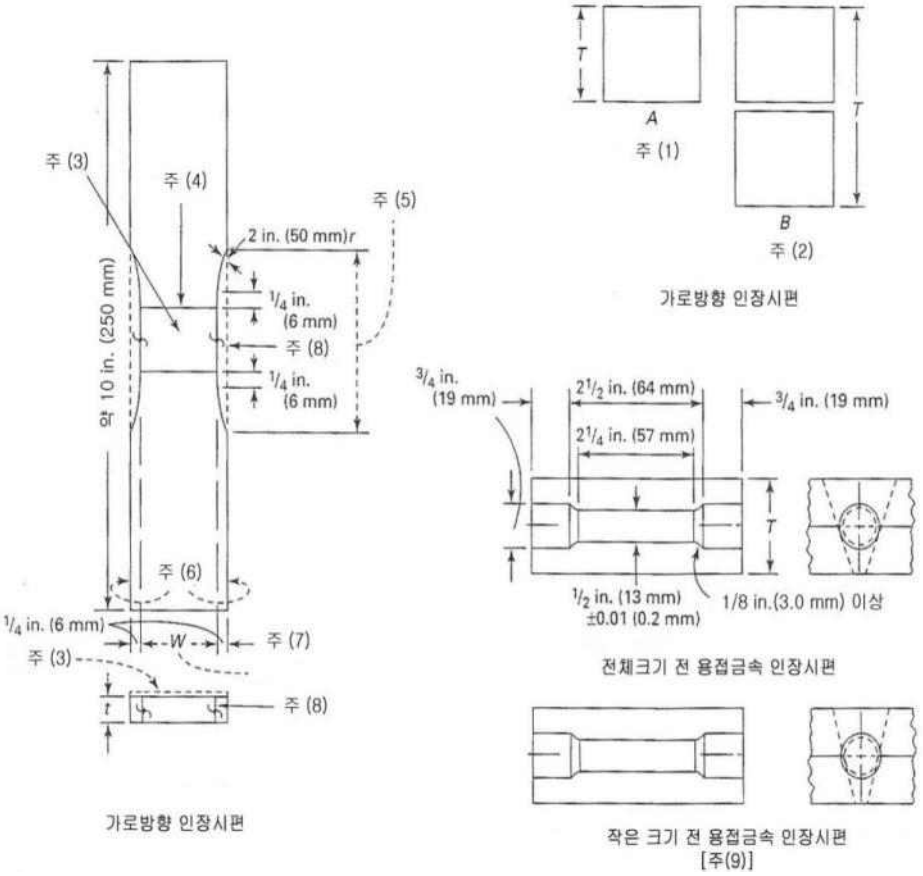


[그림 605.56-1] 시험판의 부착방법

605.56.5 하나의 압력용기에 1명 이상의 용접사 및 자동용접사가 작업할 때, 검사원은 필요한 시험판을 만들어야 할 용접사 또는 자동용접사를 지정할 수 있다.

605.56.6 용접으로 인해 시험판이 기준선에서 5° 를 초과하지 않도록 시험판을 지지하여야 하며 시험판은 발생된 모든 휘어짐이 제거되도록 용접후열처리 전에 평평하게 하여야 한다. 시험판은 그것을 대표하는 압력용기와 동일한 예열처리와 동일한 용접후열처리를 하여야 한다. 어떠한 경우에도 예열 또는 용접후열처리의 온도가 압력용기에 적용하는 온도보다 높아서는 아니 된다.

605.56.7 인장시험과 굽힘시험을 위한 시험편은 그림 605.56과 같이 채취하여야 하며, 그림 605.56, 그림 605.56-2 및 그림 605.56-3 같은 치수로 가공하여야 한다.



[그림 605.56-2] 인장시험편의 상세치수

(1) A - 인장시험편의 단면

(2) B - 매우 두꺼운 판의 인장시험편의 단면

(3) 용접 덧살은 모재와 동일평면이 되게 기계가공을 하여야 한다.

(4) 용접부의 가장 넓은 면의 가장자리

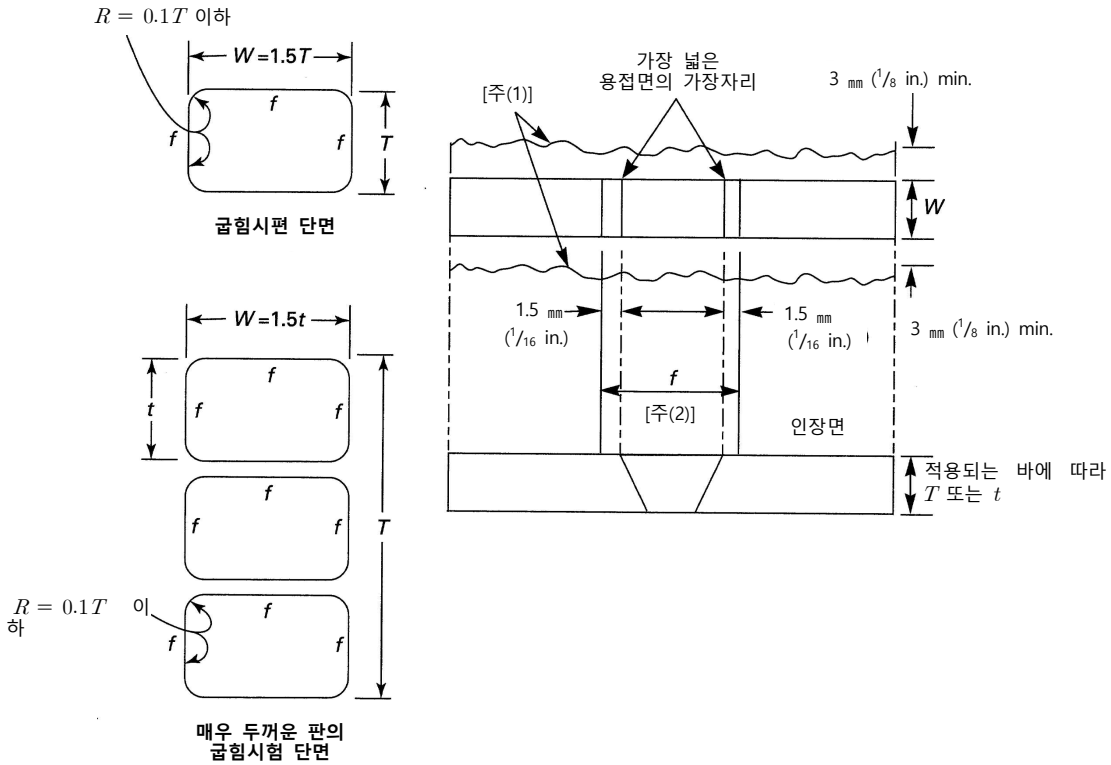
(5) 이 부분은 가급적이면 밀링으로 기계가공을 한다.

(6) 이 가장자리는 화염절단을 해도 된다.

(7) 만일 *t*가 1 in.(25mm)를 초과하지 않으면, *W* = 1½ in.(38mm) ± 0.01 in.(0.2mm). 만일 *t*가 1 in.(25mm)를 초과하면, *W* = 1 in.(25 mm) ± 0.01 in.(0.2mm) 단, 시험을 위해 모재두께의 시험편을 분할하는 경우 t는 분할한 후 시험편의 두께를 의미한다.

(8) "f"는 가볍게 다듬질한 절단부를 나타낸다.

(9) 시험편 치수는 SA-370에 따른다.



[그림 605.56-3] 굽힘시험편의 상세치수

605.56.8 인장시험은 이음부 및 용착금속에 대하여 시험을 하여야한다.

1. 이음부의 인장시험편은 용접이음의 가로방향으로 채취하여야 하며, 그 두께는 용접판 두께와 같아야 한다. 여기서 용접판 두께는 용접부 앞·뒷면을 강판 면과 평평하게 기계가공한 후의 두께이다. 사용할 시험장비의 용량이 용접판과 같은 두께의 시험편으로 시험하기 어려운 경우에는 시험편의 두께를 얇은 톱으로 필요한 수만큼 나누어도 되며, 나누어진 각각을 시험하여 해당 요건에 만족하여야 한다.
2. 그림 2와 같이 가로방향 인장시험 시험편이 용접부에서 파단 된다면, 그 인장강도는 모재의 규정인장범위의 최소 미만이 되어서는 아니 된다. (여기서 규정하는 이음시험편의 인장시험은 판재가 아닌 용접된 이음의 시험을 목적으로 하는 것이다.) 그 시험편이 그 모재의 규정인장강도의 95% 이상에서 그 용접부의 밖에서 파단하고 그 용접부가 아무런 약한 표시를 보이지 않는다면, 그 시험은 요건을 충족시키는 것으로 합격처리를 하여야 한다. 시험편이나 그 한 부분이 부분적 결함 때문에 그 강도 허용오차 아래에서 모재가 파단 될 때는, 시험편 하나를 추가적으로 시험하고 그 요건을 충족시켜야 한다.
3. 용착금속에 대한 인장시험편은 시험편 전체를 용착금속에서 채취하여야 하고, 다음 요건을 만족하여야 한다.

가. 인장강도 = 모재의 최소 인장강도 이상

나. 최소 연신율(%), 50㎜ 길이내 = 20 또는, 4,820/U + 10, 중 작은 값
여기서, U = 모재의 적용 규격상 최소 인장강도 값, ㎫

4. 강판 두께가 16㎜ 미만인 판의 경우 용착금속의 인장시험은 하지 않아도 된다.

605.56.9 굽힘시험 : 시험편은 용접판과 같은 두께로서, 용접이음의 가로방향으로 채취하여야 하며, 폭이 시험편두께의 1.5배인 직사각형 단면이어야 한다.

1. 사용할 시험장비의 용량이 용접판과 같은 두께의 시험편을 시험하기 어려운 경우에는 시험편의 두께를 얇은 톱으로 필요한 수만큼 나누어도 되며, 나누어진 각 부분은 각각 시험하여 해당 요건에 만족하여야 한다.

가. 용접부의 앞·뒷면은 시험편의 면과 평평하게 가공하여야 한다. 이 면의 가장자리는 반지름이 시험편 두께의 10% 이하로 둥글게 가공하여야 한다.

나. 시험편은 굽힘 시험편의 바깥쪽 섬유조직에서 대략 전체 용접부 이내 또는 전체 용접부에 걸쳐 측정한 최소 연신율이 30% 또는 4,820/U + 20% 중 작은 값에 이를 때까지 자유굽힘 상태에서 냉간 굽힘되어야 한다. 여기서 U=모재의 적용 규격 상 최소 인장강도 값, MPa

2. 제1호에 규정한 연신율에 이르기 전에 시험편 양끝 사이의 볼록면에 균열이 나타나면, 시험편을 불합격으로 판정하고 시험을 중단하여야 한다. 다만 시험편 모서리의 균열 및 볼록면에 나타나는 작은 불완전부는 그 크기가 3.0㎜ 이하인 경우 불합격으로 간주하지 않는다.

3. 시험편의 채취수량 및 시험 종류는 표 161.10에 의하며 합격기준은 161.13.1을 준용한다.

605.57 재시험

605.57.1 시험편이 10% 초과하여 해당 요건을 만족시키지 못한 경우에는 재시험은 허용되지 않는다. 다만, 허용 가능한 형태의 불완전부로 인해 자유굽힘 시험편이 파손된 경우에는 재시험을 할 수 있다.

605.57.2 시험편이 10% 이내에서 해당요건을 만족시키지 못한 경우에는 재시험이 허용된다. 2번째 시험판의 용접작업은 앞서 불합격된 시험판을 용접했던 작업자가 하여야 하며, 재시험은 2번째 판에서 채취한 시험편으로 하여야 한다.

605.57.3 재시험은 이전의 요건을 만족하여야 한다. 인장 재시험을 하는 경우 2개의 시험편은 2번째 판에서 채취되어야 하며, 2가지 모두 해당요건에 만족하여야 한다.

605.57.4 같은 종류의 시험편이 2개 이상이고, 1개 이상의 시험편이 10% 이내에서 해당요건을 만족시키지 못한 경우, 고려하고 있는 용접에 대해 필요로 하는 각 시험편마다 재시험을 실시하여도 된다. 이 경우에도 각 시험편은 해당요건에 만족하여야 한다.

605.57.5 용착금속 인장시험편의 연신율이 규정 값 미만이고 임의의 파괴부분이 시험

편 표점거리 50㎜의 중심에서 19㎜ 초과하여 떨어져 있다면 재시험이 허용된다.

605.58 수압시험

605.58.1 보일러를 완성한 후(605.58.3에 따르는 것 제외)에는 물로써 수압시험을 하여야 하며, 물의 온도는 <삭제> 반드시 20℃ 이상이어야 한다. 또한, 수압시험을 실시하는 동안 보일러의 어느 부분이든 그 응력이 시험온도에서 항복강도(0.2% offset)의 90%를 초과하지 않아야 한다.

605.58.2 수압시험 방법 : 시험은 다음의 순서에 따라 2단계로 실시한다.

1. 1단계 : 수압시험 압력은 최대허용사용압력(MAWP)의 1.5배까지 서서히 올려야 한다.
2. 2단계 : 수압시험 압력을 최대허용사용압력까지 낮추고, 누수확인을 위한 육안검사를 실시한다. 보일러를 상세 검사할 동안 그 압력을 유지하여야 하며 근접 검사를 하는 동안 금속온도는 50℃를 초과하지 않아야 한다.

605.58.3 관류형 보일러 수압시험 : 증기와 물의 경계선이 고정되지 않은 강제유동 증기발생기(관류형 보일러)로서 압력부가 물-증기 유동경로에 따라 서로 다른 압력으로 설계된 경우, 완성된 보일러의 수압시험은 다음 조건하에서 제2항에 따른다.

1. 수압시험 압력은 과열기 출구 최대 허용사용압력의 1.5배 이상이 되어야 하나, 보일러의 어느 부분에 대해서든 최대 허용사용압력의 1.25배보다 낮지 않아야 한다.
2. 수압시험 압력은 과열기 출구의 최대 허용사용압력보다는 높아야 한다.

605.58.4 제3항의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 위항에서 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과시험, 초음파탐상시험, 자분탐상시험 또는 침투탐상시험중 적합한 한가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

605.58.5 시험 계기 지시계기는 압력부에 연결하여야 하며, 게이지의 정수두압은 요구되는 시험 압력이 보일러의 상부에서 가해지도록 고려하여야 한다.

1. 시험에 사용하는 다이얼식 압력계기는 의도한 최대시험압력의 전체 범위에 걸쳐 눈금이 있어야 한다. 게이지의 범위는 의도한 최대 시험압력의 2배를 권장하지만, 해당 압력의 1.5배 이상 4배 이하이어야 한다.
2. 측정값이 다이얼식 압력계로 얻는 것 이상의 정확도를 가지면, 압력 범위가 넓은 디지털식 압력계를 사용하여도 된다.

(610 압력용기 및 부속설비)

610 압력용기 및 부속설비

610.1 압력용기 및 부속설비의 재료

610.1.1 기술기준 제73조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적강도를 가지는 것”이란 용접성, 인장강도, 연성, 인성 및 경도 등이 동등 이상의 것을 말하며, 압력용기에 적합한 재료는 610.2부터 610.6까지 만족하는 것을 말한다.

610.1.2 기술기준 제73조에서 규정하는 “압력을 받는 부분”은 용기의 내면 또는 외면에 0.1MPa을 초과하는 압력을 받는 부분을 말한다.

610.2 재료사용의 일반

610.2.1 압력에 의하여 응력을 받는 재료는 달리 허용된 경우를 제외하고는 KS B 6750 부표 1, 부표 2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에서 열거한 재료규격 중의 하나를 사용하여야 한다.

610.2.2 KS B 6750 부표 1, 부표 2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에서 확인되지 않은 재료의 허용응력 값은 KS B 6750 부표 1, 부표 2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에서 사용되는 재료와 유사한 재료에서 허용된 최대허용응력 값의 80% 이하이어야 한다.

1. 이 기준에서 규정한 재료는 재료규격의 요건에 만족하는 한 제작 방법에 대해서는 규제하지 않는다.
2. 이 기준에서 언급되지 않은 재료에 대해서도 안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지면 사용할 수 있다.
3. 이 기준에서 사용이 허용된 재료규격의 제목 및 적용범위에 규정된 크기 또는 두께에 대한 제한조건을 벗어나는 재료는 해당 재료규격의 다른 모든 요건에 적합하고 허용응력표에 크기 또는 두께에 대한 제한이 없으면 사용할 수 있다.

610.3 판재

압력을 받는 부품 제작에 사용되는 판재는 달리 규정된 경우를 제외하고, KS B 6750 부표 1, 부표 2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B의 재료규격 중 하나를 사용하여야 한다.

610.4 단조품

610.4.1 단조재료는 충분히 단련 가공하고 거친 강괴(ingot) 부분을 제거하면 압력용기의 제작에 사용할 수 있다. 단조재료에 대한 재료규격 및 최대허용응력값은 KS B

6750 부표 1, 부표 2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에 따른다.

610.4.2 단조 로드(rod)나 바(bar)는 제한범위 내에서 사용될 수 있다.

610.5 주조품

주조재료는 압력용기 및 압력용기부품의 제작에 사용할 수 있다. 사용할 수 있는 주조재료에 대한 재료규격 및 최대허용응력값은 KS B 6750 부표 1, 부표 2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에 따른다. 이들 허용응력값은 주철을 제외한 모든 재료에 대해서는 610.7.4에 주어진 주조품질계수를 곱하여야 한다.

610.6 관 및 튜브

610.6.1 이음매 없는 관 및 튜브는 또는 용접관 및 튜브는 압력용기의 동체 및 다른 부품에 사용할 수 있다.

610.6.2 일체형 핀붙이 튜브는 이 기준에서 주어진 재료규격을 만족하는 튜브를 사용하여 제작할 수 있다. 이러한 튜브는 다음의 조건에서 사용할 수 있다.

1. 핀을 부착시킨 튜브는 적용 재료규격에서 뜨임하거나 또는 적용 재료규격에서 규정된 것 중 하나의 조건을 만족하는 것이어야 한다. 또한 별도로 규정된 경우에는 제작된 상태(as-fabricated condition)로 공급할 수 있다. 여기에서 ”제작된 상태“란 튜브에서 핀이 부착된 부분은 냉간 성형 가공된 상태이고 핀이 없는 부분은 핀 성형 전 뜨임 상태에 있는 것을 말한다.
2. 핀 붙이 튜브에 대한 최대허용응력값은 핀 성형가공전의 튜브에 대하여 주어진 값을 사용하여야 한다.
3. 튜브 내·외의 최대허용사용압력은 핀이 부착된 부분의 골지름 및 최소 벽두께를 사용하여 구하거나 또는 핀이 부착되지 않은 부분의 바깥지름 및 벽 두께를 사용하여 구한 압력 중에서 작은 값을 선택하여야 한다.
4. 핀 가공 후 각각의 튜브는 아래의 시험 중 하나를 실시하여야 한다.

가. 누출 흔적 없이 5초 동안 1,7 ㎫ 이상의 내부기압시험

나. 튜브의 누출을 완벽하게 검출할 수 있도록 610.53에 따른 개별 수압시험

610.7 압력용기 재료의 최대허용응력

610.7.1 기술기준 제74조에서 규정하는 “최대허용응력”가운데 허용인장응력은 KS B 6750 부표 1, 부표 2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에서 규정하는 값으로 한다.

610.7.2 610.7.1에 규정되어 있지 않은 재료로서 크리프영역에 이르지 않은 철강재료(주조품 및 용접관 제외) 및 비철금속재료(용접관 제외)의 허용인장응력 값은 아래에 기재된 값 중 최소의 것으로 한다.

1. 실온 이상의 설계온도에서의 기본허용응력은 다음의 값 중 최소값 이하로 한다.
가. 상온에서 규정 최소 인장강도의 1/3.5
나. 설계 온도에서의 인장강도의 1/3.5
다. 상온에서의 규정최소 항복강도 또는 0.2% 내구력의 2/3
라. 설계 온도에서의 항복강도 또는 0.2% 내구력의 2/3
단 오스테나이트계 스텐레스강 강재로서 사용장소에 따라 약간 큰 변형이 허용되는 부재에 대해서는 설계온도에서의 0.2% 내구력의 0.9 배까지 취할 수 있다.
2. 실온 미만의 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 제1호가목 또는 나목의 값 중 작은 값 이하로 한다.

610.7.3 철강 재료 및 비철금속 재료 용접관의 기본 허용 응력은 다음과 같다.
1. 실온 이상의 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 다음 값 중 최소값 이하로 한다.
가. 상온에서의 규정 최소 인장 강도의 0.85/3.5
나. 설계 온도에서의 인장 강도의 0.85/3.5
다. 상온에서의 규정 최소 항복점 또는 0.2% 내구력의 0.85/1.5
라. 설계 온도에서의 항복점 또는 0.2% 내구력의 0.85/1.5 또는 0.85×0.9
2. 실온 미만의 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 제1호가목 또는 나목의 값 중 작은 값 이하로 한다.

610.7.4 주강품 및 비철 금속 주조품의 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 제2항에 따라 구한 값에 다음의 주조 품질 계수를 곱한 값으로 한다.
1. 비파괴시험을 할 정적주조품(static casting)의 경우에는 0.8 이하
2. 모든 표면이 열처리 후에 기계가공에 의해서 6.35μm의 평균조도보다 거칠지 않게 표면가공되는 원심주조품의 경우에는 0.85 이하
3. 비철금속 및 구상흑연주철 재료의 경우에는 제1호 및 제2호의 요건에 추가하여 다음의 조건이 만족된다면, 0.9 이하
가. 각각의 주조품의 모든 표면, 특히 기계가공이나 드릴링에 의해서 노출되는 표면을 면밀히 검사했을 때 어떠한 결함도 있어서는 아니 된다.
나. 새로운 설계나 변경된 설계로부터 제조된 5개의 주조품으로 이루어진 첫 번째 로트를 대표하는 최소한 3개의 파일럿 주조품(새로운 주형을 사용하여 주조한 최초의 주조품 중 임의의 1개)에 대해서는, 모든 취약부분을 절단하거나 또는 방사선투과검사를 했을 때 어떠한 결함도 있어서는 아니 된다.
다. 그 다음의 5개로 이루어진 각각의 로트로부터 임의로 선택하여 추가한 1개의 주조품에 대해서 모든 취약부분을 절단하거나 또는 방사선투과검사를 했을 때 어떠한 결함도 있어서는 아니 된다.
라. 방사선투과검사를 실시하는 주조품 이외의 모든 주조품은 모든 단면에 대해서 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여야 한다.

4. 비철금속과 구상흑연주철 재료의 경우, 모든 단면에 대해서 방사선투과검사를 하고 결함이 없음을 확인한 단일 주조품에 대해서는 0.9 이하
5. 비철금속과 구상흑연주철 재료의 경우, 주조품의 벽두께보다 작은 간격으로 구멍을 낸 관판(tube sheet)에서와 같이 모든 단면이 전체적인 벽두께에 걸쳐서 검사가 가능하게 노출되도록 기계 가공되는 주조품에 대해서는 0.9 이하

610.7.5 회 주철품 및 가단 주철품의 기본 허용 응력은 다음과 같다.

1. 실온 이상의 설계 온도에서 기본 허용응력은 다음의 값 중 최소값 이하로 한다.

가. 상온에서의 규정 최소 인장강도의 1/6.25

나. 설계 온도에서의 인장강도의 1/6.25

다. 상온에서의 규정 최소 항복강도 또는 0.2% 내구력의 1/1.5

라. 설계 온도에서의 항복강도 또는 0.2% 내구력의 1/1.5

2. 실온 미만인 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 제1호가목 또는 나목의 값 중 작은 값 이하로 한다.

610.7.6 구상 흑연 주철품 및 흑심 가단 주철품의 기본 허용응력은 설계 온도에서의 인장 강도의 1/8이하로 한다.

610.7.7 크리프 영역의 설계 온도에서의 기본 허용응력은 다음의 값 중 최소값 이하로 한다. 단 주철품, 가단 주철품, 덕타일 철주조품, 맬리어블 철주조품 및 구조용 품질의 재료에는 적용하지 않는다.

1. 설계 온도에서 1000시간에 0.01%의 크리프 변형이 생기는 응력 평균값의 100%
2. 설계 온도에서 100000시간에서의 크리프 파단 응력 평균값의 67%
3. 설계 온도에서 100000시간에서의 크리프 파단 응력 최소값의 80%

610.8 압력용기 및 부속설비의 구조

610.8.1 기술기준 제74조에서 “안전한 것”이란 610.8.2요건 외 610.9부터 610.29까지에 규정한 구조로 되어 있고, 610.30부터 610.36까지에 따라 제작되고, 610.53의 요구조건에 따라 내압시험에 합격한 것을 말한다.

610.8.2 설계온도

1. 최고온도 : 설계에 사용되는 최고온도는 고려하는 부품의 운전조건하에서 예상되는 두께에 따른 평균 금속온도보다 낮아서는 아니 된다. 필요시 금속온도는 계산 또는 동등한 운전조건하에서 사용되는 기기의 온도 측정에 의하여 구해져야 한다.
2. 최저온도 : 설계에 사용되는 최저금속온도는 사용중 예측되는 가장 낮은 온도로 한다. 최저운전온도, 운전조건의 급격한 변화(upset), 자동냉동, 대기온도 및 기타 냉각원을 고려하여야 한다.
3. ASME Sec. Ⅱ Part D Table 1A, 1B, 2A, 2B, 3, 4, U의 규정에 있는 적용한도를 초과하는 설계온도는 허용되지 않는다. 또한, 외압을 받는 압력용기의 설계온도는 외

압곡선에 주어진 최고온도를 초과해서는 아니 된다.

4. 압력용기 각부의 금속온도가 다를 경우 각각의 온도에 근거하여 그 부분을 설계할 수 있다.

610.8.3 설계 압력 :

1. 각각의 압력용기 부품은 통상 운전시 예견되는 압력과 온도에 일치하는 가장 가혹한 조건으로 설계 되어야 한다.
2. 압력용기는 정상적인 운전상태의 운전압력으로 운전온도에서 가장 엄격한 조건에 대해서 설계하여야 한다. 이러한 조건에 있어서 압력용기의 내 · 외 또는 2실 이상으로 구분되는 압력용기에 대해서는 두 압력실 사이의 최대 압력 차를 고려하여야 한다.

610.8.4 하중 : 압력용기 설계에서 고려할 하중에는 다음의 하중을 포함하여야 한다.

1. 내압 또는 외압의 설계압력
2. 운전조건 또는 시험조건 하에서의 압력용기 및 내용물의 중량
3. 전동기, 기계장치, 압력용기, 배관, 라이닝, 단열재와 같은 부착물의 중량에 의하여 중첩되는 정하중
4. 내장품, 러그, 링, 스커트, 새들(saddle) 및 레그(leg)와 같은 압력용기의 지지 구조물과 같은 부착물에 의한 하중
5. 압력변동 및 온도변화 혹은 압력용기에 부착된 장비 및 기계적 하중에 의해 반복되는 동하중
6. 필요한 경우 바람, 눈 및 지진에 의한 하중
7. 유체의 충격과 같은 충격하중
8. 온도 변화 및 열팽창의 차이
9. 폭연에 의한 압력과 같은 비정상적인 압력
10. 시험압력과 시험 중 동시에 작용하는 정수두

610.8.5 특수 설계 및 제작

1. 복합 용기

복합용기는 두개 이상의 독립되거나 독립되지 않은 압력실로 구성되고 압력 및 온도가 동일하거나 다른 조건으로 운전되는 압력용기이다. 공통부재(common element)란 각각을 독립된 압력실로 분리하는 부품을 말하며, 공통부재를 포함한 모든 부재는 정상 운전 중 동시에 발생할 수 있는 압력과 온도 변화에 가장 가혹한 조건으로 설계되어야 한다.

가. 공통부재의 설계

공통부재는 인접한 압력실 설계압력의 최고값보다 낮은 차압과 설계온도의 최고값보다 낮은 평균 금속온도로(평균 금속온도 설계) 설계하는 것이 허용된다. 이 경우 용기는 공통부재 설계조건을 조절하는 계통 내에 설치되어야 한다.

나. 차압설계(종속 압력실)

차압설계 시 공통부재의 설계압력은 인접한 압력실 사이의 예상되는 최대 설계압력 차이어야 하며, 차압은 공통부재 설계압력을 초과하지 않도록 조절되어야 한다.

다. 평균금속온도설계(종속 압력실)

평균금속온도설계 시 위 610.8.2의 1에 따라서 정해진 최고 공통부재설계온도는 그 인접한 압력실의 최고설계온도 중 가장 높은 온도보다 낮을 수는 있으나 가장 낮은 온도보다 높아야 된다. 필요하다면 유체의 온도, 유량과 압력은 공통부재 설계압력을 초과하지 않도록 조절되어야 한다.

2. 특수한 형상

원통형 및 구형 이외의 압력용기는 일반적으로 주어진 조건하에서 설계할 수 있다.

3. 압력용기 및 부품의 강도를 정확히 계산할 수 없을 경우, 완성된 압력용기의 최대 허용사용압력을 결정하기 위해 적합한 시험을 하여야 한다.

610.8.6 설계 일반

1. 압력을 받는 동체 및 경판의 최소두께

성형 후의 동체 및 경판에 허용되는 최소두께는 제품의 형태나 재질에 관계없이 부식여유를 제외하고 1.5 ㎜이어야 한다. 다만, 아래에 열거한 특별한 경우는 이 최소두께 규정을 적용하지 않는다.

가. 판형 열교환기의 열전달판

나. 이중관형 열교환기의 안쪽 관 및 기계적 손상으로부터 동체, 케이싱 또는 덕트에 의해 보호되는 관 및 튜브로 공칭지름이 DN 150 이하의 것. 이 규정에 따라 제조되는 열교환기의 다른 모든 압력부품은 최소두께 1.5 ㎜를 만족하여야 한다.

다. 비직화식 증기보일러의 동체 및 경판의 최소두께는 부식여유를 제외하고 6 ㎜ 이상 이어야 한다.

2. 가공 하한공차

판재는 설계두께보다 두껍게 구매하여야 한다. 판재로 제작되는 용기의 구매 두께는 0.25mm 또는 6% 중 작은 값의 하한을 허용하고 구매된 판재는 모든 설계압력에서 사용할 수 있다.

3. 관의 하한허용오차

관 또는 튜브를 공칭 벽두께로 주문하는 경우에는 610.19 및 610.22에 따른 노즐벽의 보강범위에 대한 요건을 제외하고 그 벽두께에 대한 제작상의 하한허용오차를 고려하여야 한다. <삭제>

4. 설계식의 부식여유

이 규정에서 쓰인 모든 설계식의 치수는 부식된 상태에서의 치수를 나타낸다.

610.8.7 <삭제>

610.9 내압을 받는 원통체의 두께

610.9.1 내압을 받는 동체의 두께는 다음 식에 의해서 계산된 값 이상이어야 한다.

1. 원통형동체의 최소두께 또는 최대 허용사용압력은 아래 가 또는 나에 따른다.

가. 원주방향 응력(길이방향 이음) 원통형동체의 두께가 안쪽 반지름의 1/2을 초과하지 않거나 또는 P가 0.385 SE을 초과하지 않을 경우에는 다음 식을 적용하여야 한다.

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$$

나. 길이방향응력(원주방향 이음) 원통형동체의 두께가 안쪽 반지름의 1/2을 초과하지 않거나 또는 P가 1.25 SE를 초과하지 않을 경우에는 다음 식을 적용하여야 한다.

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{R - 0.4t}$$

2. 완전한 구형 압력용기의 동체 두께가 0.356 R 초과하지 않거나 또는 P가 0.665 SE를 초과하지 않을 경우에는 다음 식을 적용하여야 한다.

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$$

610.9.2 바깥반지름을 기준으로 하는 경우에는 제1항의 식 대신 다음의 식을 사용하여야 한다.

1. 원통형동체 및 구형동체의 두께

가. 원통형동체(원주방향 응력)의 경우,

$$t = \frac{PRo}{SE + 0.4P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{SEt}{Ro - 0.4t} \qquad (1)$$

여기에서, Ro = 동체 바깥반지름, ㎜

나. 구형동체의 경우,

$$t = \frac{PRo}{2SE + 0.8P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{Ro - 0.8t} \qquad (2)$$

2. 두꺼운 원통형동체

가. 길이방향 이음에 내부압력을 받는 원통형동체의 두께가 안쪽반지름의 1/2을 초과하는 경우 또는 P가 0.385SE를 초과하는 경우에는 다음의 식을 적용하여야 한다.

(1)P를 알고 t를 계산할 경우 :

$$t = R\left(\exp\left[\frac{P}{SE}\right] - 1\right) = R_0\left(1 - \exp\left[\frac{-P}{SE}\right]\right) \qquad (1)$$

(2) t를 알고 P를 계산할 경우 :

$$P = SE\log_e\left(\frac{R+t}{R}\right) = SE\log_e\left(\frac{R_o}{R_o - t}\right) \qquad (2)$$

나. 원주방향 이음에 내부압력을 받는 원통형동체의 두께가 안쪽반지름의 1/2을 초과하는 경우 또는 P가 1.25SE를 초과하는 경우에는 다음의 식을 적용하여야 한다.

(1) P를 알고, t를 구하는 경우,

$$t = R(Z^{\frac{1}{2}} - 1) = Ro\left(\frac{Z^{\frac{1}{2}} - 1}{Z^{\frac{1}{2}}}\right) \qquad (3)$$

여기에서,

$$Z = \left(\frac{P}{SE} + 1\right)$$

(2) t를 알고, P를 구하는 경우,

$$P = SE(Z - 1) \qquad (4)$$

여기에서,

$$Z = \left(\frac{R+t}{R}\right)^2 = \left(\frac{R_0}{R}\right)^2 = \left(\frac{Ro}{Ro - t}\right)^2$$

3. 두꺼운 구형동체

가. 내부압력을 받는 완전 구형인 압력용기의 동체 또는 반구형경판의 두께가 0.356R을 초과하는 경우 또는 P가 0.665SE를 초과하는 경우에는 다음의 식을 적용하여야 한다.

(1) P를 알고 t를 계산할 경우 :

$$t = R\left(\exp\left[\frac{0.50P}{SE}\right] - 1\right) = R_0(1 - \exp\left[\frac{-0.50P}{SE}\right]) \qquad (1)$$

(2) t를 알고 P를 계산할 경우 :

$$P = 2.0\,SE\log_e\left(\frac{R+t}{R}\right) = 2.0\,SE\log_e\left(\frac{R_o}{R_o - t}\right) \qquad (2)$$

610.9.3 610.9.1 및 610.9.2에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

t = 동체의 최소요구두께, ㎜

P = 설계 내압, ㎫

R = 동체의 안쪽 반지름(관에서의 안쪽 반지름 R은 공칭바깥반지름에서 공칭 벽두께를 뺀 값)mm

S = 최대허용응력값, ㎫

E = 원통이나 구형동체의 이음효율 또는 구멍 사이의 리거먼트 효율 중에서 작은 효율로서 용접으로 제작되는 압력용기의 이음효율은 그림 610.9의 용접이음의 분류에 따라 표 610.9에서 규정한 효율, 구멍사이의 리거먼트에 대해서는 610.29에 주어진 규정으로부터 계산한 효율을 말한다.

[표 610.9] 용접 이음에 대한 최대 허용 이음효율

형식 번호	이음의 방법	제한조건	이음의 분류	방사선투과검사 또는 초음파탐상검사의 정도[주(4),(5),(6)]		
				(a) 완전	(b) 부분	(c) 해당없음
(1)	내,외부 용접면상에 용착된 용접금속과 동일한 성질을 얻을 수 있는 양면용접 또는 다른 방법으로 이루어진 맞대기 이음.(위치를 고정시키는 금속받침쇠를 사용하는 용접은 제외된다)	없음	A, B, C, D	1.00	0.85	0.70
(2)	형식에 포함되지 않는 받침쇠를 갖는 한면용접 맞대기 이음	(a) 아래 (b)를 제외하고는 없음 (b) 단일판 옵셋을 갖는 원주맞대기 이음; 그림30의 (k) 참조	A, B, C, D A, B, C	0.90 0.90	0.80 0.80	0.65 0.65
(3)	받침쇠를 사용하지 않는 한면 용접 맞대기 이음	두께 16 ㎜ 및 바깥지름 600 ㎜이하의 원주 맞대기 이음에만 적용	A, B 및 C	해당없음	해당없음	0.60
(4)	전길이 양면필릿 겹치기 이음	(a) 두께 10㎜ 이하의 길이방향 이음 (b) 두께 16㎜ 이하의 원주방향 이음	A B 및 C(3)	해당없음 해당없음	해당없음 해당없음	0.55 0.55
(5)	플러그 용접으로 된 전체 한면 필릿 겹치기 이음	(a) 두께 13㎜ 이하의 동체에 바깥지름 600㎜를 넘지 않는 경판부착을 위한 원주방향 이음(1) (b) 플러그 용접중심에서 판 가장자리까지의 거리가 플러그 용접을 위한 구멍 지름의 1.5배거리를 갖고 공칭두께 16㎜를 넘지 않는 재킷의 동체에 부착을 위한 원주방향 이음	B C	해당없음 해당없음	해당없음 해당없음	0.50 0.50
(6)	플러그 용접을 사용하지 않는 전체 한면 필릿 겹치기 용접	(a) 동체 내부에 필릿용접만을 사용하고, 요구두께 16㎜ 이하인 동체에 압력을 받게 하기 위해 볼록한 경판을 부착하는 경우 (b) 단지, 경판 플랜지 외부에 필릿용접한 요구두께 6㎜ 및 안지름 600㎜ 이하인 동체에 대하여 둘중에서 어느 한쪽이 압력을 받는 동체를 부착하는 경우	B C	해당없음 해당없음	해당없음 해당없음	0.45 0.45

주 (1) 반구형 경판을 동체에 부착시키는 이음은 제외된다.

(2) 압축상태에 있는 맞대기 이음의 경우는 E=1.0

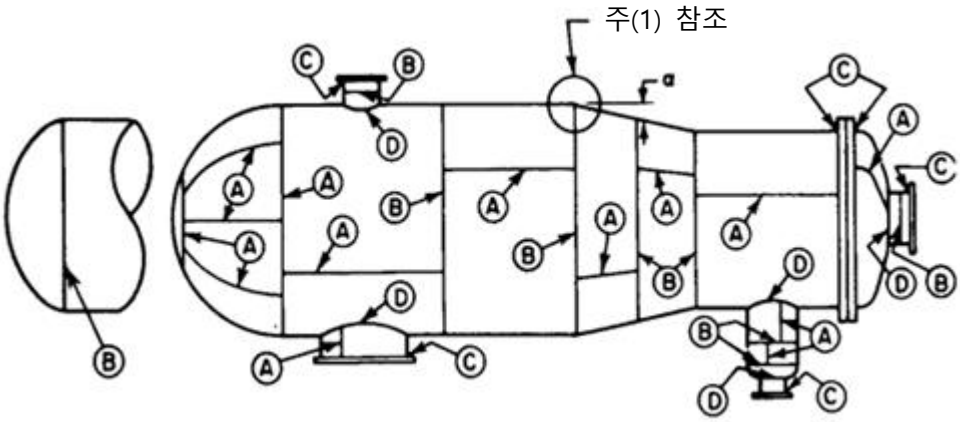
(3) 형식번호 (4) 분류 C이음은 볼트조임 플랜지연결에는 적용하지 않는다.

(4) 일부 용접 방법은 방사선투과검사 외에 초음파탐상검사가 필요하며 방사선투과검사가 구조적으로 불가능한 경우, 방사선투과검사 대신 초음파탐상검사를 필요로 한다. 적용가능한 일부 추가조건 및 제한사항은 다음의 (5), (6)을 참조한

다.

(5) 610.9.6와 610.9.7의 이음효율지정 요건을 고려해야 하며 필요한 두께 계산에 사용되는 이음효율을 추가로 줄일 수 있다.

(6) 610.9.8의 요건은 제조자의 선택에서 표 610.9 대신 사용할 수 있다.



[그림 610.9] 용접 이음부의 분류(A, B, C 및 D의 위치의 일반적인 예)

주 (1) 맞대기 용접이음이 분류 B에서 원통부에 지름변화부를 연결하는 앵글 이음각도 α는 30° 이내이다.

610.9.4 표 610.9의 (a)칸에 주어진 값보다 크지 않은 E 값은 전체길이에 대해 방사선투과검사를 필요로 하는 맞대기 용접이음[610.44.1 참조]에 대한 설계계산에 사용하여야 한다. 다만, 610.44.1.10의 요건을 만족하지 않을 경우에는 표 610.9의 (b)칸에 주어진 값보다 크지 않은 값을 사용하여야 한다.

610.9.5 표 610.9의 (c)칸에 주어진 값보다 크지 않은 E 값은 방사선투과탐상검사를 전혀 하지 않는 용접이음의 설계 계산에 사용하여야 한다[610.44.7참조].

610.9.6 이음매 없는 용기의 동체부 또는 경판은 모든 이음부 분류 A의 용접이 형식 (1)인 동일 형상의 용접부와 동등하다고 간주하여야 한다. 이음매 없는 용기부에 원주응력을 포함하는 계산이나 이음매 없는 경판의 두께에 대한 계산은 610.44.1.10.나의 부분 방사선투과검사 요건이 만족될 때 E=1.0이다. 610.44.1.10.나의 부분 방사선투과검사 요건이 만족되지 않을 때, 또는 이음매 없는 용기 동체부나 경판을 연결하는 이음부 분류 A나 B의 용접이 표 610.9의 형식번호 (3), (4), (5), (6) 및 (8)일 경우에는 E = 0.85이다.

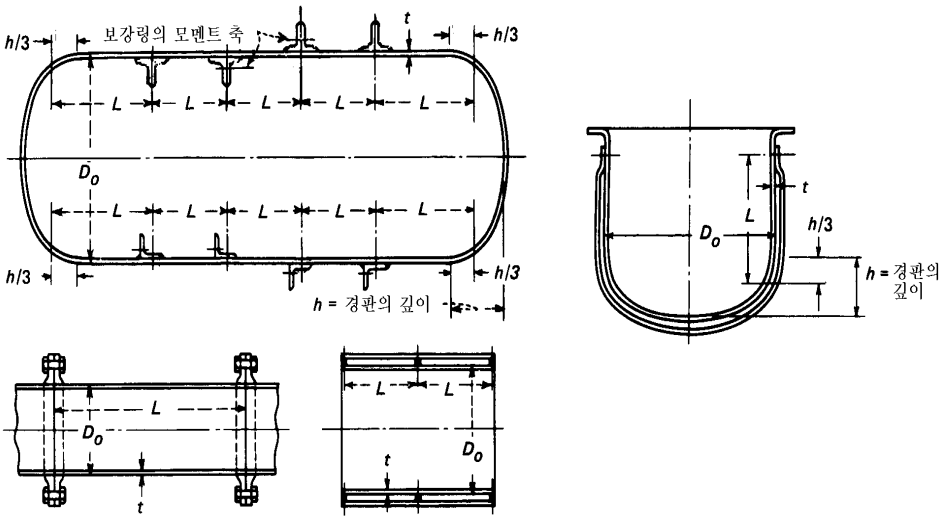
610.9.7 용접된 배관이나 튜브는 이음매 없는 것과 같은 종류로 취급하여야 한다. 그러나 응력표의 용접제품에 대한 응력값으로부터 얻은 허용인장응력을 사용하고, 610.9.6의 요건에 따라야 한다.

610.9.8 전기저항용접을 제외하고 압력적용을 포함하는 645.32.3의 허용된 용접 공정에 의해 완성된 이음부는 0.8보다 크지 않은 E값을 사용할 수 있다. 용접 공정에 사용되

는 용접재료는 KEPIC-MGB의 해당요건을 만족해야 한다. 용기 또는 그 부품에 사용된 용접 품질은 다음과 같이 입증되어야 한다: 시편들은 각 용기의 생산용접을 대표해야 한다. 시편은 동체에서 샘플링하거나 동체의 길이방향 이음을 포함하는 연장부에서 샘플링할 수 있고 길이방향 이음을 갖지 않은 압력용기인 경우에는 동일한 용접절차시방서를 적용하여 용접한 동일 재질 및 동일 두께의 시험편에서 샘플링할 수 있다. 하나의 축소된 단면의 인장시험과 두개의 측면 굽힘시험을 KEPIC-MQW QW-150 및 QW-160의 요건에 따라 수행하여야 하고 규정된 요건을 만족하여야 한다.

610.10 외압을 받는 동체와 튜브의 두께

외압을 받는 동체 또는 튜브에 대한 설계 규정은 그림 610.10과 같이 보강링이 있거나 없는 원통형동체, 튜브 및 구형동체에만 적용한다. 이들 구성품의 최소요구두께 결정은 KS B 6750 부도를 사용한다.



[그림 610.10] 외압을 받는 원통형 용기의 설계 변수를 나타내는 개략도

1. 원통형동체 및 튜브 : 이음부가 없거나 또는 길이방향으로 맞대기이음이 있고, 외압을 받는 원통형동체의 최소요구두께는 다음의 절차에 따른다.

가. $Do/t \geq 10$인 원통

순서 1. t 를 가정하고 L/Do 및 Do/t 를 구한다.

순서 2. 순서 1에서 구한 L/Do 을 부도의 세로축에서 찾는다. $L/Do > 50$인 경우에는 $L/Do = 50$을 사용하고, $L/Do < 0.05$인 경우에는 $L/Do = 0.05$를 사용한다

순서 3. 순서 1에서 구한 Do/t 에 대한 선까지 수평으로 이동한다. Do/t 의 중간값에 대해서는 보간법을 사용할 수 있다. 그러나 외삽법은 허용되지 않는다. 이 교차점으로부터 아래 방향으로 수직이동하여 계수 A 를 구한다.

순서 4. 순서 3에서 계산된 A를 부도의 해당 재료에 대한 곡선의 가로축에서 찾는다. 수직 이동하여 설계온도에 대한 재료-온도 곡선과의 교차점을 구한다. 중간 온도에 대해서는 곡선들 사이에서 보간법을 사용할 수 있다. A가 재료-온도 곡선의 오른쪽을 벗어나는 경우에는 재료-온도 곡선의 오른쪽의 끝으로부터 수평으로 연장한 선과의 교차점을 구한다. A 가 재료-온도 곡선의 왼쪽을 벗어나는 경우는 순서 7로 간다.

순서 5. 순서 4에서 구한 교차점으로부터 왼쪽으로 수평 이동하여 계수 B 를 읽는다.

순서 6. B 를 가지고 다음 식을 사용하여 최대허용사용외압 Pa 를 계산한다.

$$Pa = \frac{4\ B}{3(Do\ /\ t)}$$

순서 7. A 가 해당 재료-온도 곡선의 왼쪽을 벗어나는 경우에는 다음의 식을 사용하여 Pa 를 계산할 수 있다.

$$Pa = \frac{2\ AE}{3(Do\ /\ t)}$$

순서 8. 순서 6 또는 순서 7에서 계산된 Pa 와 P 를 비교한다. Pa 가 P 보다 작으면 보다 큰 t 를 선택하여 Pa 가 P 이상이 될 때까지 계산절차를 반복한다.

나. $Do/t < 10$인 원통

순서 1. 가에 주어진 것과 같은 절차를 사용하여 B 를 구한다. Do/t 가 4보다 작은 경우에는 계수 A 를 다음 식을 사용하여 계산할 수 있다. $A = \frac{1.1}{(Do/\ t)^2}$

A 가 0.10보다 크면 0.10을 사용한다.

순서 2. 순서 1에서 얻은 B 를 가지고 다음 식을 사용하여 Pa_1 을 계산한다.

$$Pa_1 = \left(\frac{2.167}{Do/\ t} - 0.0833\right)B$$

순서 3. 다음 식을 사용하여 Pa_2 를 계산한다.

$$Pa_2 = \frac{2\ S}{Do/\ t}\left(1 - \frac{1}{Do/\ t}\right)$$

여기에서, S 는 설계금속온도에서 최대허용응력의 2배 또는 설계온도에서 재료 항복강도의 0.9배 중에서 작은 값이다. 항복강도는 다음과 같이 적용외부압력으로부터 구한다.

ⓐ 주어진 온도곡선의 왼쪽 끝점에 해당하는 B 를 구한다.

ⓑ 항복강도는 위의 ⓐ에서 구한 B 의 2배로 한다.

순서 4. 순서 2에서 계산된 Pa_1 또는 순서 3에서 계산된 Pa_2 중에서 작은 값을 최대 허용사용외압 Pa 로 사용하여야 한다. Pa 와 비교해서 Pa 가 P 보다 작으면 보다 큰 t 를 선택하여 Pa 가 P 이상이 될 때까지 계산절차를 반복한다.

2. 구형동체 : 이음부가 없거나 맞대기 이음구조로 제조하고 외압을 받는 구형동체의

최소 요구두께는 다음의 절차에 따라서 결정하여야 한다.

순서 1. t 를 가정하고 다음 식을 사용하여 계수 A 를 구한다.

$$A = \frac{0.125}{(Ro\ /\ t)}$$

순서 2. 순서 1에서 계산된 A 를 부도의 해당 재료곡선의 가로축에서 찾는다. 수직이동하여 설계온도에 대한 재료-온도 곡선과의 교차점을 구한다. 중간 온도에 대해서는 곡선 사이에서 보간법을 사용할 수 있다. A가 재료-온도 곡선의 오른쪽을 벗어나는 경우에는 재료-온도 곡선의 오른쪽 끝에서부터 수평으로 연장한 선과의 교차점을 구한다. A가 재료-온도 곡선의 왼쪽을 벗어나는 경우에는 순서 5로 간다.

순서 3. 순서 2에서 구한 교차점으로부터 오른쪽으로 수평 이동하여 계수 B 를 읽는다.

순서 4. 순서 3에서 얻은 B 를 다음 식에 대입하여 최대 허용외압 Pa 를 계산한다.

$$Pa = \frac{B}{(Ro\ /\ t)}$$

순서 5. A가 해당 재료-온도 곡선의 왼쪽을 벗어나는 경우에는 다음 식을 사용하여 Pa를 계산할 수 있다.

$$Pa = \frac{0.0625\ E}{(Ro\ /\ t)^2}$$

순서 6. 순서 4 또는 순서 5에서 얻은 Pa와 P를 비교한다. Pa가 P보다 작으면 보다 큰 t를 선택하여 Pa가 P 이상이 될 때까지 계산절차를 반복한다.

3. 설계외압 또는 최대허용사용외압은 어떤 경우에도 압력용기의 운전압력에 따라 용기의 외측과 내측사이에 발생하는 예측 최대차압 이상이어야 한다.

A = 부도로부터 결정되는 계수로서, 부도의 해당 재료에 대한 곡선을 이용하는데 사용된다. 원통형의 경우에 Do/t의 값이 10보다 작을 때에는 1. 가 를 참조한다.

B = 동체 또는 보강링에 사용되는 재료의 최고설계금속온도에 대하여 부도의 해당 재료에 대한 곡선으로부터 결정되는 계수, ㎫

Do = 원통형동체 또는 튜브의 바깥지름, ㎜

E = 설계온도에서 재료의 탄성계수, ㎫. 기준에 따라 외압설계를 할 경우에 사용 할 탄성계수는 부도의 해당 재료에 대한 도표로부터 선택하여야 한다.(중간 온도에 대해서는 곡선들 사이에는 보간법을 사용할 수 있다.)

L = 원뿔 또는 원뿔 부분의 축방향 길이(그림 610.10-1 참조)

관판 사이의 튜브의 전체 길이(㎜) 또는 압력용기부분에서 지지선 사이의 설계길이(㎜). 여기에서 지지선이란 다음을 말한다.

(1) 그림 610.10에 표시된 것과 같이 경판(원뿔경판은 제외)의 탄젠트라인

(tangent line)으로부터 경판 깊이의 1/3에 위치한 경판의 원주방향의 선

(2) 610.11의 요건을 만족하는 보강링

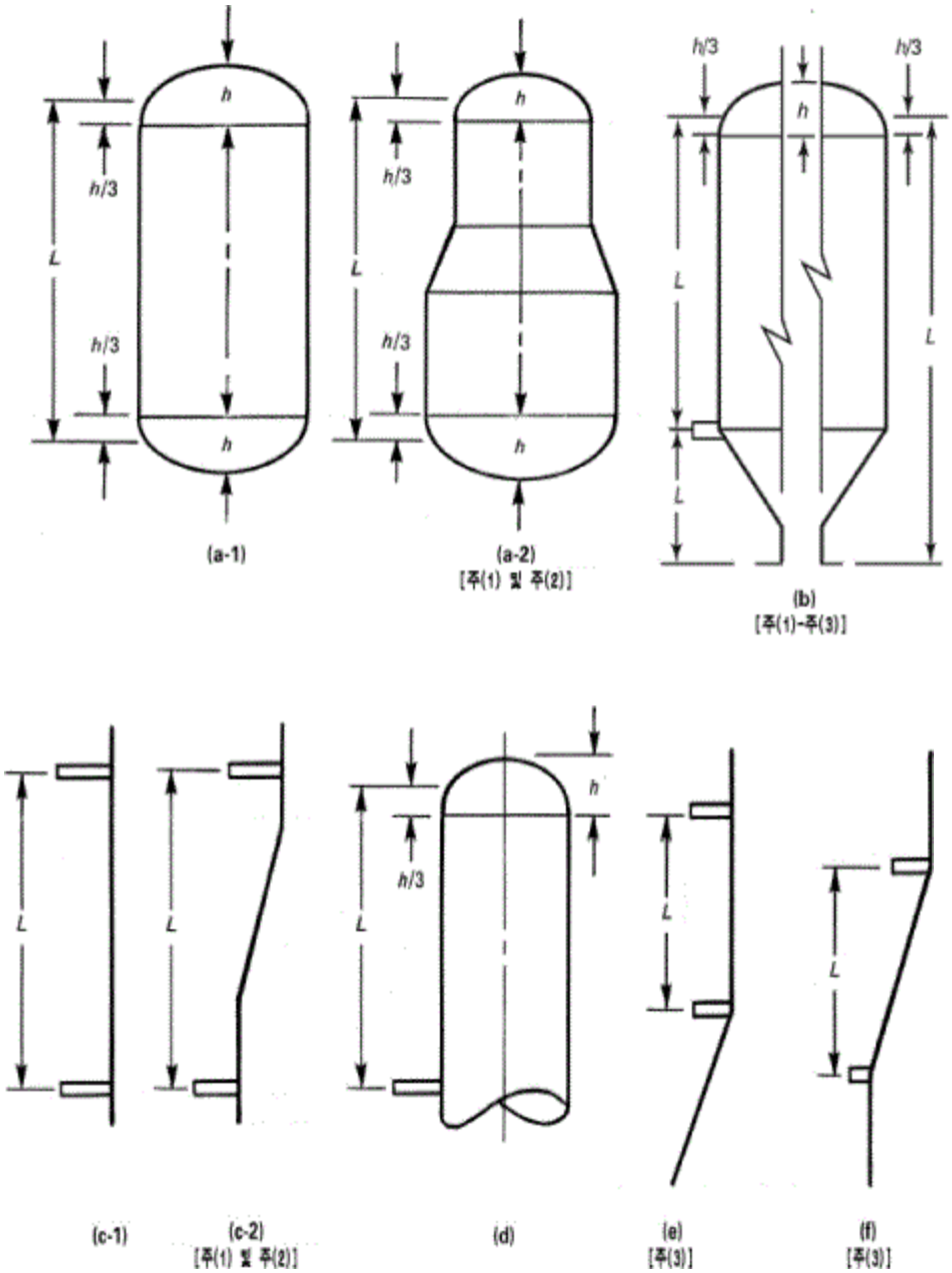
P = 설계외압, MPa

Pa = 가정된 t에 대해서 계산된 허용사용외압, MPa

Ro = 구형동체의 바깥 반지름, mm

t = 원통형동체, 튜브 또는 구형동체의 최소요구두께, mm

t_s = 원통형동체 또는 튜브의 공칭두께, mm



[그림 610.10-1] 외압을 받는 원통형 압력용기의 설계에서 지지선을 나타내는 개략도

주 (1) 원뿔와 원통의 접합부 또는 너클과 원통의 접합부가 지지선(line of support)이 아닌 경우에는 원뿔, 너클 또는 접시원뿔형 부분의 공칭두께는 이웃하는 원통

형동체의 최소요구두께 이상이어야 한다.

(2) 치수 L로 표시된 각부의 지름과 이 지름에 대응하는 두께를 사용하여 계산하여야 한다.

(3) 원뿔-원통의 접합부 또는 너클-원통의 접합부가 지지선인 경우에는 관성모멘트를 적용하여야 한다.(610.15.5 참조)

610.11 외압을 받는 원통형동체의 보강링

610.11.1 610.11.6에서 면제되는 경우를 제외하고 원주방향 보강링의 관성모멘트는 다음 두 가지 식 중 하나에 의해 구해지는 값 이상이어야 한다.

$I_s = [\ Do^2 L_s(t + A_s / L_s)A] / 14$

$I_s' = [\ Do^2 L_s(t + A_s / L_s)A] / 10.9$

I_s = 동체의 축과 평행한 중립축 주위의 보강링 단면의 요구되는 관성모멘트, ㎜^{4}

I_s' = 동체 축과 평행한 중립축 주위의 조합된 링-동체단면의 요구되는 관성모멘트, ㎜^{4}

I = 동체 축과 평행한 중립축 주위와 보강링 횡단면의 사용될 수 있는 관성모멘트, ㎜^{4}

I' = 동체의 축과 평행한 중립축 주위의 조합된 링-동체횡단면의 사용될 수 있는 관성모멘트, ㎜^{4} 공칭 동체 두께 t_s가 사용되어야 하고, 조합된 단면의 관성모멘트에 영향을 미치는 것으로 생각되는 동체의 폭은 $1.10\sqrt{Do\ t_s}$보다 작아야 하며, 링 중심의 양쪽에 1/2씩 놓여야 한다.

1. 최대허용유효동체부분이 보강재의 한면 혹은 양면에 중첩되도록 보강재가 위치되어야 한다면, 이 보강재의 유효동체부분은 각 중첩의 0.5배로 짧게 하여야 한다.

A_s = 보강링의 단면적, ㎟

A = 아래의 계수 B 와 고려중에 있는 동체에 대한 설계온도에 해당하는, 보강링에서 사용되는 재료에 대해 부도에 있는 적용곡선으로부터 구해진 계수

B = 보강링에 대해 사용되는 재료에 대해 부도에 있는 적용곡선으로부터 구해진 계수, ㎫

L_s = 보강링의 중심으로부터 한면 위에 있는 지지물의 다음 선까지 거리의 1/2에 보강링의 다른면 위에 있는 지지물의 다음 선까지의 중심선거리의 1/2을 추가한 값, ㎜

P, Do, E, t 와 t_s 는 제54조에 정의된 바와 같다. 보강링을 위한 관성모멘트의 적합성은 다음 절차에 의해 결정되어야 한다.

순서 1. 동체의 설계가 완료되어 Do, L_s 및 t 를 알고 있다고 가정하고, 보강링에

사용할 부재를 선택하고 보강링의 단면적 A_s 를 결정한다. 이후에 다음 식을 사용하여 계수 B 를 계산한다.

$$B = \frac{3}{4}\left(\frac{PDo}{t + A_s / L_s}\right)$$

순서 2. 순서 1에 의해서 구한 B를 사용하려는 재료에 대한 부도의 해당 적용곡선의 오른쪽에서 찾는다. 만약 동체와 보강링에 상이한 재료를 사용할 경우에는 아래 순서 4에서 더 큰 A 를 얻는 적용곡선을 사용한다.

순서 3. 왼쪽으로 수평 이동하여 설계금속온도에 대한 재료-온도 곡선과의 교차점을 구한다. B 가 재료-온도 곡선의 왼쪽 끝을 벗어나는 경우에는 순서 5로 옮겨간다.

순서 4. 적용곡선의 아래 방향으로 수직 이동하여 A 를 읽는다.

순서 5. B 가 설계온도에 대한 재료-온도 곡선의 왼쪽 끝을 벗어나는 경우에 A 는 다음 식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$A = \frac{2B}{E}$$

순서 6a. 단지 보강링만 고려하는 경우에는 위의 610.11.1에 주어진 I_s 에 대한 식을 사용하여 요구관성모멘트를 계산한다.

순서 6b. 보강링과 동체를 동시에 고려하는 경우에는 위의 610.11.1에 주어진 I_s' 에 대한 식을 사용하여 요구관성모멘트를 계산한다.

순서 7a. 단지 보강링만 고려하는 경우에는 순서 6a에서 사용한 단면에 대응하는 보강링의 단면을 사용하여 유효관성모멘트 I 를 계산한다.

순서 7b. 보강링과 동체를 동시에 고려하는 경우에는 순서 6b에서 사용한 단면에 대응하는 보강링과 동체의 단면을 이용하여 유효관성모멘트 I' 를 계산한다.

순서 8. 보강링이 부착되어 있지 않거나 또는 보강링과 동체의 복합 강도를 고려하지 않는 경우로서 요구관성모멘트가 선정된 단면의 유효관성모멘트보다 큰 경우에는 더 큰 관성모멘트를 갖는 새로운 단면을 선정하거나 보강링을 동체에 확실히 부착시키고 복합 강도를 고려하거나 또는 전에 고려하지 않았던 보강링과 동체의 복합강도를 고려하여야 한다. 보강링과 동체를 동시에 고려하는 경우로서 요구관성모멘트가 유효관성모멘트보다 큰 경우에는 더 큰 관성모멘트를 갖는 새로운 보강링 단면을 선정하여야 한다. 새로운 단면이 사용될 때에는 보강링 또는 보강링과 동체를 조합한 새로운 단면 특성을 사용하여 모든 계산을 반복하여야 한다. 요구관성모멘트가 보강링 또는 보강링과 동체의 조합 단면에 대해 실제의 관성모멘트보다 작다면 보강링 단면 또는 조합 단면은 만족스러운 것으로 본다.

610.11.2 보강링은 원통의 원주 전체에 걸쳐서 제4항에서 허용하는 경우를 제외하고 완전히 둘러싸여 있어야 한다. 그림 610.11 Ⓐ 및 Ⓑ와 같이 보강링의 양단 또는 부분 사이의 이음 및 그림 610.11 Ⓒ와 같이 동체의 안쪽 또는 바깥쪽에 있는 보강링의 인

접 부분 사이의 연결은 어떠한 이음이나 연결에서도 보강링과 동체의 결합된 조합 단면에 의한 요구관성모멘트가 유지 되어야 한다.

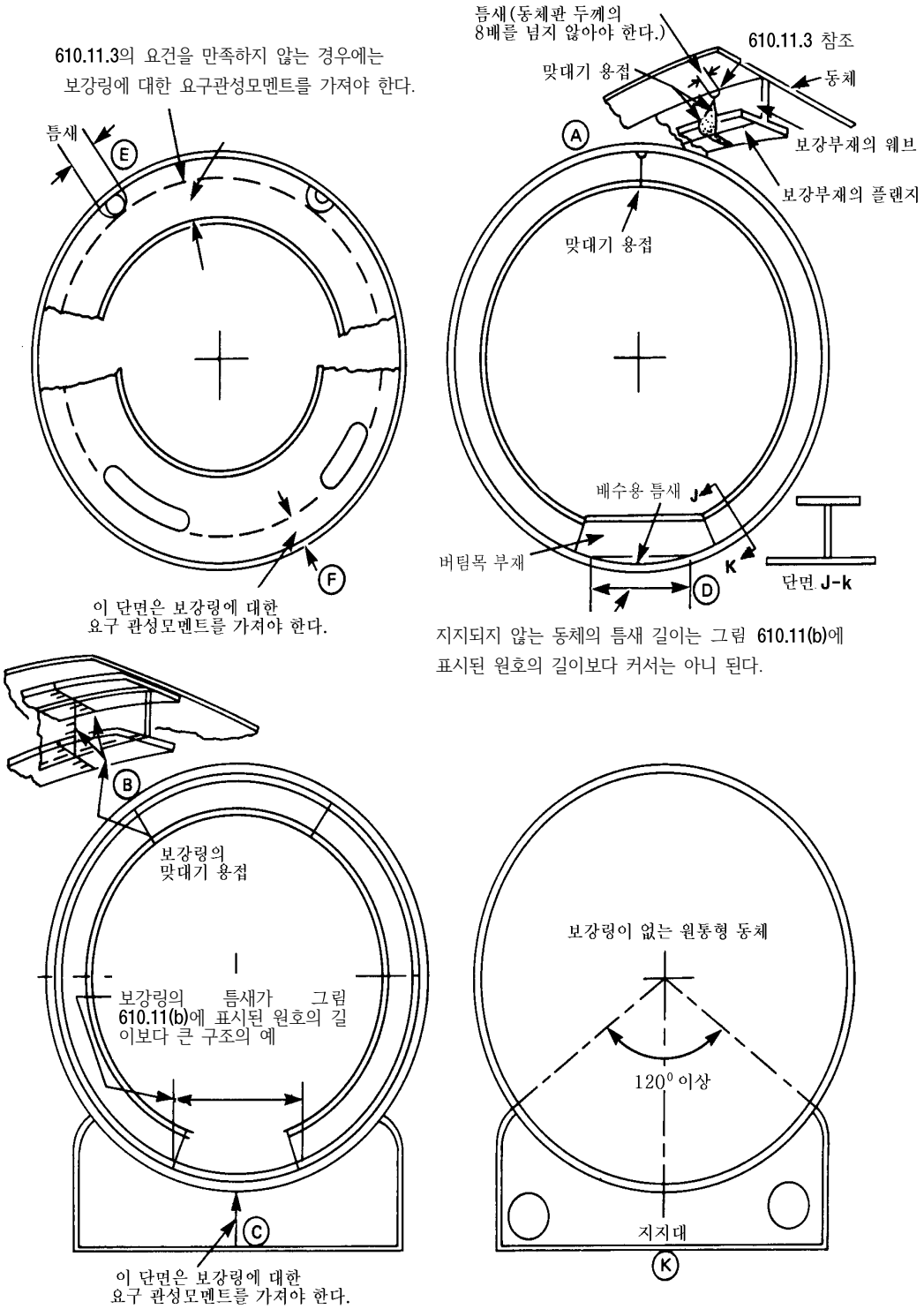
610.11.3 그림 610.11 Ⓔ와 같이 보강링의 요구관성모멘트 또는 그림 610.11 Ⓕ와 같이 보강링과 동체 조합 단면의 요구관성모멘트가 표시된 단면 내에 유지된다면 압력용기의 안쪽에 놓이는 보강링은 그림 610.11 Ⓔ와Ⓕ와 같이 배치할 수 있다. Ⓐ또는 Ⓔ에서의 간격이 동체 판 두께의 8배를 넘지 않는 경우에는 동체와 강화 부재의 복합관성모멘트를 이용할 수 있다. 그림 610.11 Ⓓ 및 Ⓔ와 같이 동체를 지지하는 보강링 부분에 있는 어떠한 간격도 그림 610.11-1에 주어진 원호의 길이를 초과해서는 아니 된다. 다만, 그림 610.11 Ⓒ처럼 추가 보강을 하는 경우 및 다음 조건을 모두 만족하는 경우에는 예외로 한다.

1) 지지되지 않는 동체 원호는 보강링당 하나만이 허용되는 경우
2) 지지되지 않는 동체 원호의 중심각이 90˚를 초과하지 않는 경우
3) 이웃하는 보강링에서 지지되지 않는 동체 원호가 180˚ 엇갈려 있는 경우
4) 제54조에서 정의한 치수 L 을 다음 중에서 큰 값을 선택한 경우
4.1) 하나 거른 보강링사이의 거리 또는
4.2) 경판의 탄젠트라인으로부터 두번째 보강링까지의 거리에 경판 깊이의 ⅓을 더한 거리

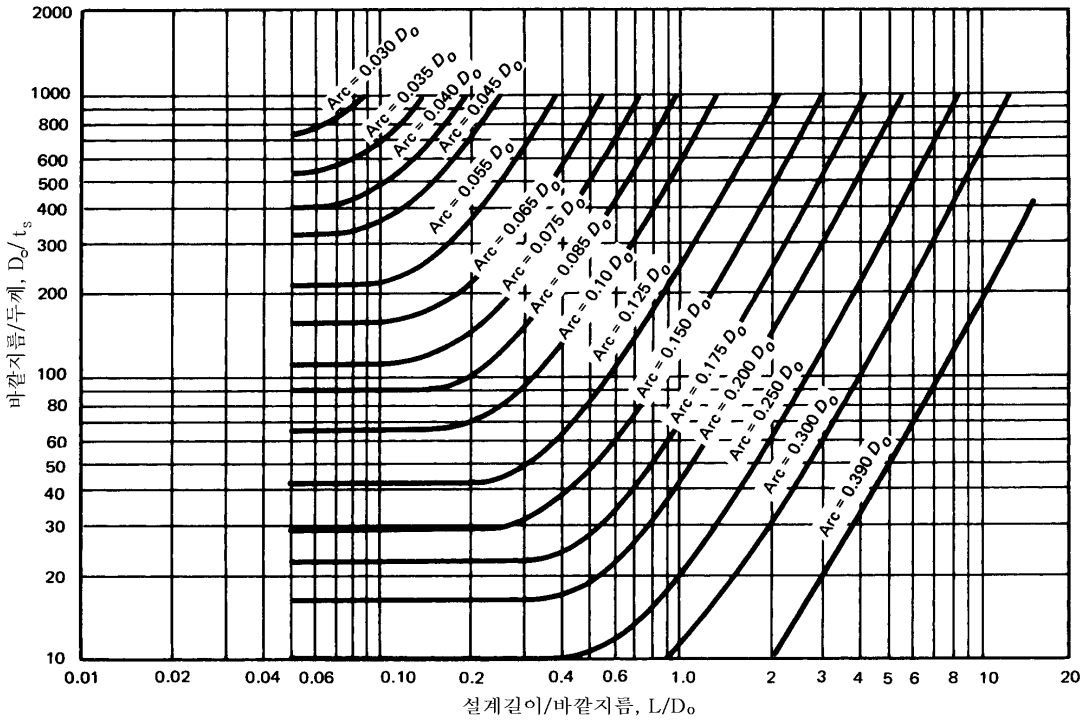
610.11.4 버블(bubble) 트레이 또는 배플판(baffle plates)과 같은 원통의 길이방향 축에 수직인 내부 평면 구조물을 압력용기에 사용할 경우에는 그 구조물이 보강링의 기능을 갖도록 설계한다면 구조물이 보강링으로서 역할을 한다고 본다.

610.11.5 동체의 보강링으로 사용되는 내부 스테이나 지지물은 실질적으로 연속적인 링을 매개로 하여 압력용기의 동체를 지지하여야 한다.

610.11.6 봉합봉(closure bar)이나 또는 다른 링재가 압력용기의 동체 안쪽 및 바깥쪽 재킷에 부착되는 경우로서 재킷과 동체 내부 사이의 공간에 압력이 걸리는 구조는 적절한 자체의 강도를 가지고 있으므로 위의 규정들을 적용하지 않는다.



[그림 610.11] 외압을 받는 원통형동체에 대한 보강링의 배열 방법

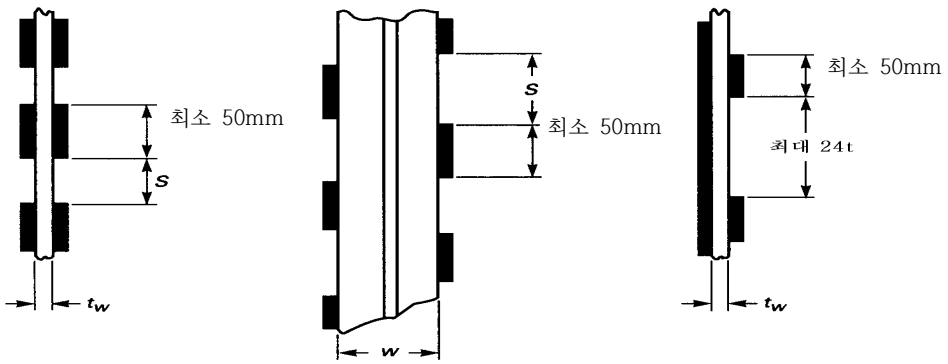


[그림 610.11-1] 외압을 받는 원통형동체에서 보강링의 틈새로 인한 지지되지 않는 동체 원호의 최대 길이

610.12 보강링의 부착

610.12.1 보강링은 압력용기의 안쪽이나 바깥쪽에 설치할 수 있고 용접으로 동체에 부착시켜야 한다. 보강링은 반드시 동체와 결합시켜야 하고 610.11.2 및 610.11.3에 만족하여야 한다.

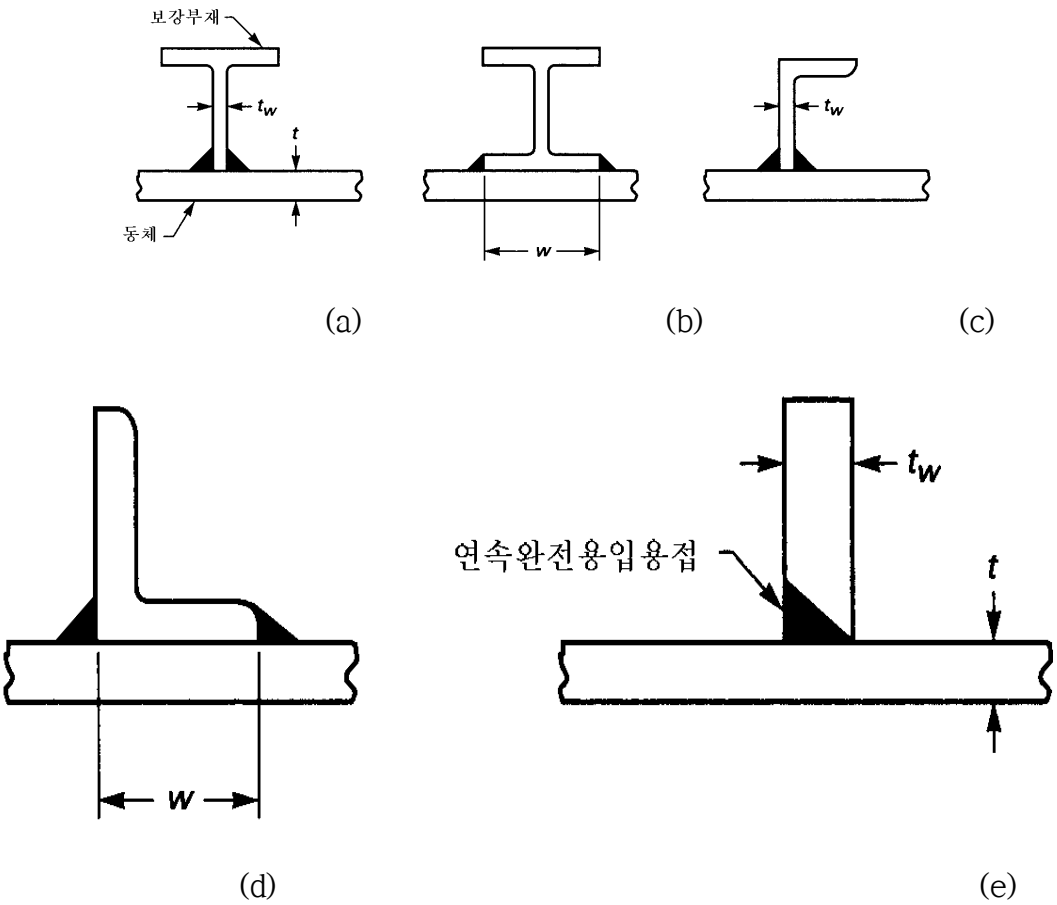
610.12.2 보강링은 연속, 단속 또는 연속과 단속의 조합 용접으로 동체에 부착할 수 있다. 보강링을 부착하는 방법은 그림 610.12와 같이 하여야 한다.



평행한 단속용접 엇갈린 단속용접 한쪽은 연속필릿용접 다른 한쪽은 단속용접

s ≤ 8t 바깥쪽 보강 부재

s ≤ 12t 안쪽 보강 부재



[그림 610.12] 허용하는 보강링 부착 방법의 예

610.12.3 단속 용접은 보강 부재의 양쪽에 실시하여야 하며, 병렬식이나 지그재그식으로 하여도 좋다. 각 필릿용접 세그먼트(segments)의 길이는 50㎜ 이상이고, 인접한 용접 세그먼트(segments)의 끝단부 사이의 최대 간격은 외부링의 경우에는 $8t$, 내부링의 경우에는 $12t$ 이하이어야 한다. 여기에서 t 는 부착 동체의 두께이며, 보강링의 각각 편측 용접부 길이의 합은 다음과 같이 하여야 한다.

1. 바깥쪽에 설치하는 보강링은 최소한 압력용기의 바깥 원둘레의 1/2 이상이어야 한다.
2. 안쪽에 설치하는 보강링은 최소한 압력용기의 원둘레의 1/3 이상이어야 한다.

610.12.4 연속적으로 완전용입 용접하는 것은 그림 28 (e)에서와 같이 허용된다. 그림 28 (a), (b), (c) 및 (d)에서 보는 바와 같은, 보강부재의 한쪽을 연속적으로 필릿용접 또는 단속 용접 하는 것은 허용된다. 다만, 이때에 튀어나온 보강부재의 두께 t_w [그림 28 (a) 및 (c)] 또는 동체에 접하고 있는 보강부재의 폭 w [그림 28 (b) 및 (d)]

가 25㎜보다 커서는 아니 된다. 용접 세그먼트의 길이는 50㎜ 이상이어야 한다. 인접한 용접 세그먼트의 끝점 사이의 최대 간격은 24 t가 되어야 한다.

610.12.5 부착 용접의 강도.

보강링 부착 용접의 치수는, 보강재들 사이에서 동체로부터 작용하는 반지름 방향의 전체 압력하중과, 보강재(있을 경우)가 전달하는 외부 설계하중으로 생기는 보강재 반지름 방향의 전단하중과, 보강링 압축하중의 2%로 계산된 반지름 방향의 전단력을 견딜 수 있도록 결정하여야 한다.

1. 동체로부터 작용하는 반지름 방향의 압력하중은 PL_s와 같다.
2. 반지름 방향의 전단하중은 $0.01PL_sD_o$ 와 같다.
3. P, L_s, D_o 는 610.11에서 정의한다.

610.12.6 부착용접의 최소 필릿용접의 다리길이는 다음에 주어진 값 중에서 제일 작은 값 이상이어야 한다.

1. 6㎜
2. 용접부 위치에서의 압력용기 두께
3. 용접부 위치에서의 보강재의 두께

610.13 튜브 또는 동체로 사용되는 튜브 및 관

610.13.1 내압을 받는 튜브와 관의 요구되는 벽두께는 610.9의 동체에 대한 규정에 따라서 결정 한다.

610.13.2 외압을 받는 튜브와 관의 요구 벽두께는 610.10에 따라서 결정 한다.

610.13.3 610.13.1 및 610.13.2에 의해서 결정된 두께는 다음 요건을 만족하기 위하여 필요하다면 증가 시켜야 한다.

1. 부식, 침식, 세척작업 등에 의해서 마모가 예상될 경우 벽두께를 증가시켜야 한다.
2. 튜브 끝부분에서 나사이음이 될 경우 증가시킬 벽두께는 20/ n ㎜ 이다[여기에서 n 은 25.4㎜당의 나사산의 수를 말한다]

610.14 내압을 받는 성형경판 및 용기

610.14.1 내압을 받는 타원형, 반구형, 원뿔형, 접시형 및 접시원뿔형경판에서 성형 후에 가장 얇은 부분의 요구두께는 다음의 식으로 계산하여야 한다. 다만 볼트체결형 플랜지를 가진 경판은 제61조 요건에 따른다.

1. 타원형경판

가. ts/L ≥0.002의 타원형 경판 : 경판의 안쪽 깊이에서 스커트 길이를 뺀 길이, 즉 단축의 1/2이 경판 스커트 안지름의 1/4이 되는 반타원형 형태의 접시형경판의 요구두께는 다음 식에 의해서 결정 한다.

$$t = \frac{PD}{2\ SE - 0.2\ P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2\ SE\ t}{D + 0.2\ t} \qquad (1)$$

나. 2:1의 타원형경판으로 근사화할 수 있는 것은 너클 반지름이 0.17 D 이고, 구형 부분의 반지름이 0.90 D 인 경판을 말한다.

2. 접시형경판

가. ts/L ≥0.002의 접시형 경판 : 너클 반지름이 크라운 안쪽 반지름의 6% 이상이고, 크라운 안쪽 반지름이 스커트의 바깥지름과 같은 접시형경판의 요구두께는 다음 계산식에 의해서 결정하여야 한다.

$$t = \frac{0.885\ PL}{SE - 0.1\ P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{SE\ t}{0.885\ L + 0.1\ t} \qquad (2)$$

나. 규정 최소 인장강도가 500㎫을 초과하는 재료로 제작할 접시형 경판은 실내온도인 경우에는 S 값을 150㎫로 하고 실온이 아닌 경우에는 KS B 6750 부표1, 부표2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D 1A, 1B 에서 해당 온도의 최대허용응력값이 감소하는 비율로 줄인 S 값을 사용하여 설계하여야 한다.

3. 반구형경판

반구형경판의 두께가 0.356 L 이상이거나 또는 P 가 0.665 SE 이하인 경우에는 다음의 식을 적용하여야 한다.

$$t = \frac{PL}{2\ SE - 0.2\ P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2\ SE\ t}{L + 0.2\ t} \qquad (3)$$

4. 원뿔형경판과 그 부분(천이 너클이 없는 경우)

가. 반꼭지각의 α 가 30° 보다 작은 원뿔형경판 또는 원뿔형동체 부분의 요구두께는 다음 식에 의하여 결정하여야 한다.

$$t = \frac{PD}{2\cos\alpha\,(SE - 0.6\ P)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2\ SE\ t\cos\alpha}{D + 1.2\ t\cos\alpha} \qquad (4)$$

나. 반꼭지각의 α 가 30° 보다 큰 원뿔형경판 또는 원뿔형동체부분(천이 너클이 없는 부분)의 요구두께는 위의 가에 주어진 식과 빔-탄성-기초해석과 같은 특별한 해석에 기초하여 설계한다면 불연속부에서 계산된 국부응력은 다음 값 이하이어야 한다.

(1) (원주방향 멤브레인 응력)+(원주방향 평균 불연속 응력)은 1.5SE 이하. 여기에서, “원주방향 평균 불연속 응력”이란 표면에서의 길이방향 응력에 포아송 비를 곱한 효과를 무시한 접속부에서 불연속에 기인한 벽 두께에 걸친 평균 원주방향 응력이다.

(2) [길이방향 멤브레인 응력]+[굽힘에 기인한 길이방향 불연속 응력]은 4SE 이하 원뿔 및 원통 사이의 앵글이음은 양면 맞대기 용접 이음과 동등하게 설계하여야 하고, 높은 굽힘응력 때문에 앵글이음의 주위에는 취약한 구역이 있어서는 아니 된다. 원통의 두께는 앵글이음이 완만한 곡면을 갖도록 두께

차이를 줄이기 위하여 증가시킬 수 있다. 이음효율 E는 표9에 따라야 한다.

5. 접시원뿔형경판

가. 너클 반지름이 경판 스커트 바깥지름의 6% 이상이며, 또한 너클 두께의 3배보다 작지 않은 접시형 원뿔경판에서 원뿔 부분의 요구두께는 위의 4에 주어진 식에 의해서 결정하여야 한다. 이 경우 D대신에 D_i를 사용한다.

나. 너클의 요구두께는 610.14.2의 식(3)에 의해서 결정하여야 한다. 이 때 L은 다음 식으로 정의한다.

$$L = \frac{D_i}{2\cos\alpha}$$

다. 접시원뿔형경판은 $\alpha \leq 30^\circ$일 경우에도 사용할 수 있으며, 원뿔형경판의 설계에 있어서 α가 30° 를 초과할 경우에는 610.14.1 제4호 나목에 따르는 경우를 제외하고는, 반드시 접시원뿔형경판으로 설계하여야 한다.

6. 제1호부터 제5호까지의 식에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

t = 성형후 경판의 최소요구두께, ㎜

t_s = 성형 후 경판의 최소규정두께, t_s는 t 이상이어야 한다.

P = 설계 내압, ㎫

D = 경판 스커트의 안지름(㎜) 또는 타원형경판 장축의 안쪽길이(㎜) 또는 원뿔형경판에서 길이방향 축에 수직으로 측정한 해당부위에서의 안쪽 반지름, ㎜

D_i = 접시원뿔형경판에서 원뿔의 축에 수직으로 측정한 너클과의 접촉점에서의 원뿔 부분의 안쪽 반지름 [D-2r(1-cos α)], ㎜

r = 너클안쪽 반지름, ㎜

S = 인장시의 최대허용응력, ㎫

E = 경판에 있는 이음의 최저효율; 구형경판에 대해서 이것은 경판과 동체이음을 포함하고 용접된 압력용기에 대해서는 표 610.9에 규정된 효율을 사용하여야 한다.

L = 구 또는 크라운에서의 안쪽 반지름, ㎜

α = 경판의 중심선에 있는 원뿔 사이각의 1/2

610.14.2 그림 610.14에서 주어진 것 이외의 비율을 갖는 성형경판의 설계는 다음에 따른다.

1. 타원형경판(t/L ≥0.002의 타원형 경판)

가. K>1.0 으로 설계된 타원형경판 및 규정최소인장강도가 485 ㎫를 초과하는 재료로 만들어진 모든 접시형경판은 KS B 6750 부표1, 부표2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D 1A, 1B에서 나타낸 재료에 대한 실내온도에서 138 ㎫와 동등한 S 값을 사용하여 설계되어야 하고, 그리고 KS B 6750 부표1, 부표2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D 1A, 1B 해당온도에서 최대허용응력값이 감소하는 것에 비례하여 줄여야 한다.

$$t = \frac{PDK}{2SE - 0.2P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{KD + 0.2t} \qquad (1)$$

$$t = \frac{PDoK}{2SE + 2P(K - 0.1)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{KDo - 2t(K - 0.1)} \qquad (2)$$

여기에서

$$K = \frac{1}{6}\left[2 + \left(\frac{D}{2h}\right)^2\right]$$

나. 계수 K의 수치는 아래 표 610.14에 주어져 있다.

[표 610.14] 계수 K의 값 (D/2h의 가장 근사치를 사용한다 : 보간법은 필요없음)

D/2h	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0
k	1.83	1.73	1.64	1.55	1.46	1.37	1.29	1.21	1.14	1.07	1.00
D/2h	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	...
k	0.93	0.87	0.81	0.76	0.71	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50	...

2. 접시구형경판(t/L ≥0.002의 접시형 경판)

가. K>1.0 으로 설계된 타원형경판 및 규정최소인장강도가 485 ㎫를 초과하는 재료로 만들어진 모든 접시형경판은 KS B 6750 부표1, 부표2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D 1A, 1B에서 나타낸 재료에 대한 실내온도에서 138 ㎫와 동등한 S 값을 사용하여 설계되어야 하고, 그리고 KS B 6750 부표1, 부표2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D 1A, 1B에서의 해당온도에서 최대허용응력 값이 감소하는 것에 비례하여 줄여야 한다.

$$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{LM + 0.2t} \qquad (3)$$

$$t = \frac{PLoM}{2SE + P(M - 0.2)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{MLo - t(M - 0.2)} \qquad (4)$$

여기에서,

$$M = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{L}{r}}\right)$$

나. 계수 M의 수치는 아래 표 610.14-1에 주어져 있다.

[표 610.14-1] 계수 M 값 (L/r의 가장 근사치를 사용한다 : 보간법은 필요없음)

L/r	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39
L/r	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16⅔	
M	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77	

3. 원뿔형경판

$$t = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE-0.6P)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SE\,t\cos\alpha}{D+1.2\,t\cos\alpha} \qquad (5)$$

$$t = \frac{PDo}{2\cos\alpha(SE+0.4P)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SE\,t\cos\alpha}{Do-0.8\,t\cos\alpha} \qquad (6)$$

4. 제1호부터 제3호까지의 식에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

t = 성형후 경판에 대한 최소요구두께, ㎜.

P = 내부설계압력, ㎫

D = 경판 스커트의 안지름 또는 타원형경판의 장축 내부길이 또는 길이방향 축에 수직하게 측정한 원뿔형경판의 안지름, ㎜.

Do = 경판 스커트의 바깥지름, 타원형경판의 장축 외부길이 또는 길이방향 축에 수직하게 측정한 원뿔형경판의 바깥지름, ㎜.

S = 최대허용사용응력, ㎫

E = 경판에 있는 분류 A 이음의 최저이음효율(반구형경판의 경우, 이것은 경판-동체 이음을 포함한다). 용접 압력용기의 경우는 표 610.9에 규정한 효율을 사용한다.

r = 너클 안쪽반지름, ㎜.

L = 접시형 및 반구형경판에 대한 구형 또는 크라운의 안쪽반지름, ㎜.

= 타원형 경판의 경우 K_1D이며, K_1은 표 610.19에서 구함

Lo = 구형 또는 크라운의 바깥반지름, ㎜

L/r = 표 610.14-1에서 사용된 크라운 안쪽반지름을 너클 안쪽반지름으로 나눈 비율

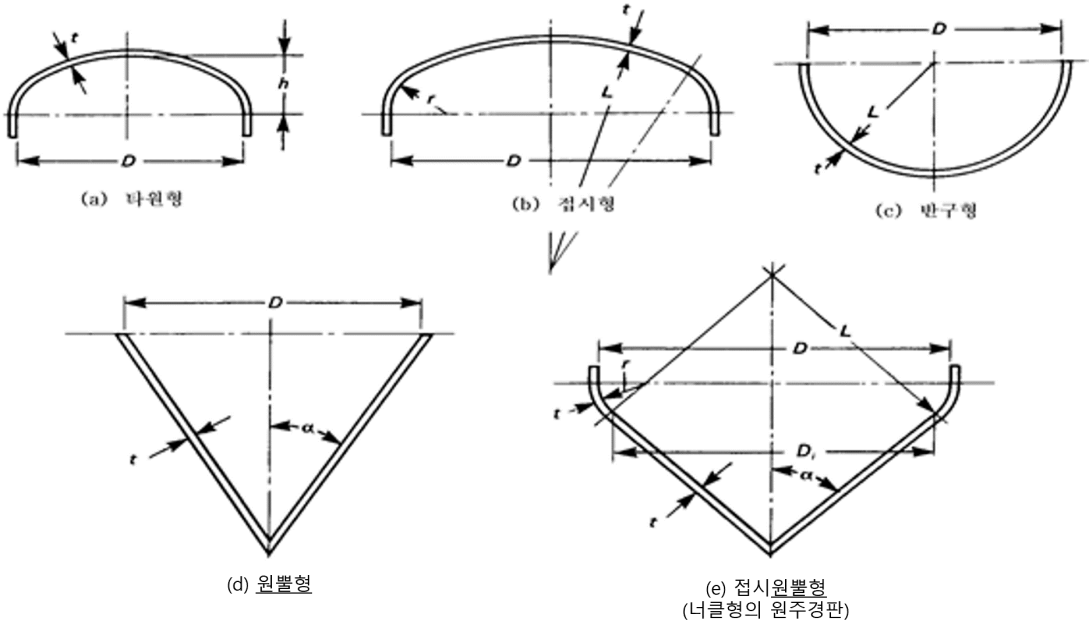
M = 경판 비율 L/r에 좌우되는 접시형경판에 대한 식에서의 계수

h = 타원형경판의 단축 길이의 1/2 또는 탄젠트라인(경판-굽힘선)으로부터 측정된 타원형경판의 내부깊이, ㎜

K = 경판 비율 D/2h에 좌우되는 타원형경판에 대한 식에서의 계수

D/2h = 경판 내부깊이(높이)의 2배로 나누어지는 경판 스커트의 안지름과 동일하고, 또한 표 610.14에서 사용되는 타원형경판 장축에 대한 단축의 비율

α = 경판의 중심선에서 원뿔 꼭지각의 1/2

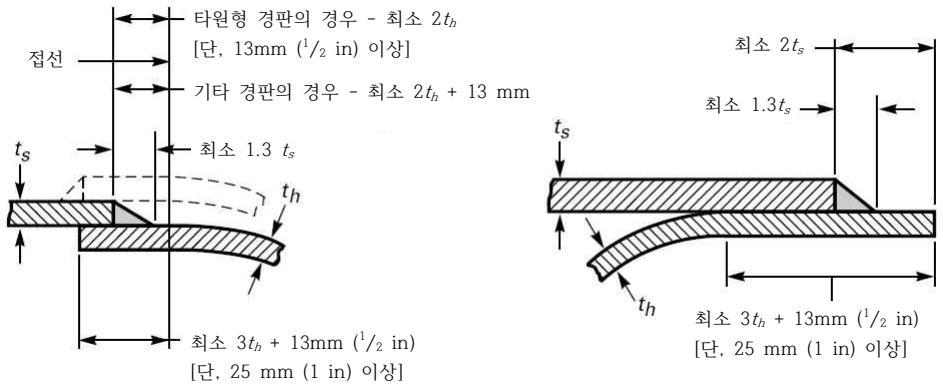


[그림 610.14] 일반적인 경판의 주요 치수

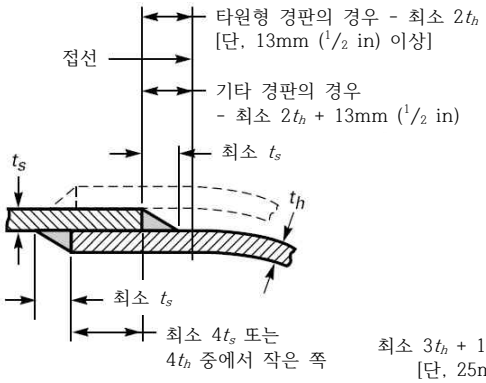
610.14.3 타원형, 접시형, 반구형, 원뿔형 또는 접시원뿔형경판이 610.14에 따라서 구한 요구두께보다 작은 경우에는 평판으로 간주하여 브레이스 또는 스테이로 지지되는 평판에 대한 규정에 따라서 스테이로 지지하여야 한다.

610.14.4 접시형경판으로서 스테이로 지지되지 않는 경우에 안쪽 크라운 반지름은 경판 스커트의 바깥쪽 지름보다 커서는 아니 된다. 접시형경판의 너클 안쪽 반지름은 경판 스커트의 바깥쪽 지름의 6% 이상, 경판 두께의 3배 이상이어야 한다.

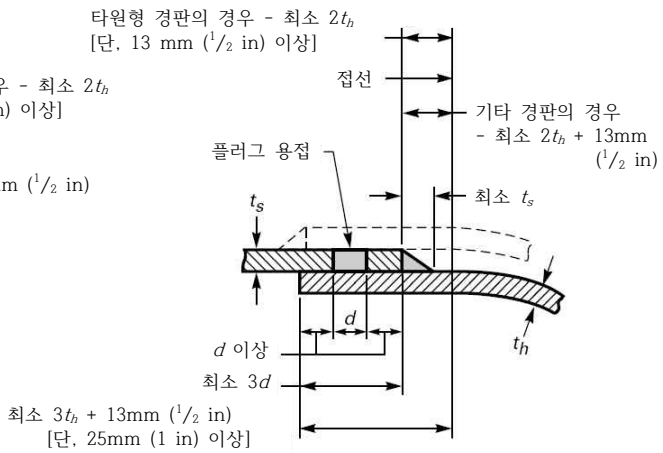
610.14.5 동체보다 두껍고 내압을 받으며 맞대기 용접으로 부착하는 모든 성형경판들은 테이퍼에 의한 두께 변화부가 필요할 경우 그림 610.14-1의 요건을 만족시키기에 충분한 길이의 스커트를 가져야 한다. 경판의 두께가 동체의 두께 이하인 경우 내압을 받으며 맞대기 용접으로 부착하는 모든 성형경판은 일체형 스커트를 가질 필요가 없다. 스커트를 줄 경우, 스커트의 두께는 최소한 같은 지름의 이음매 없는 동체에 대한 요구두께와 같아야 한다.



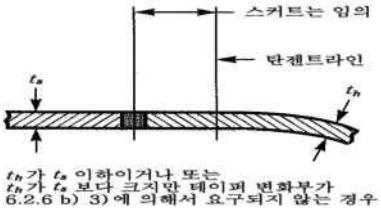
(a) 한쪽면 필릿 겹치기 용접

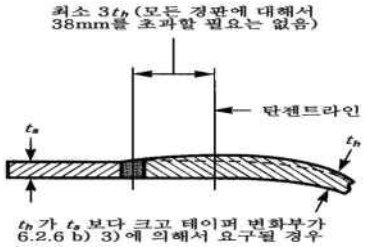


(b) 양면 필릿 겹치기 용접겹치기

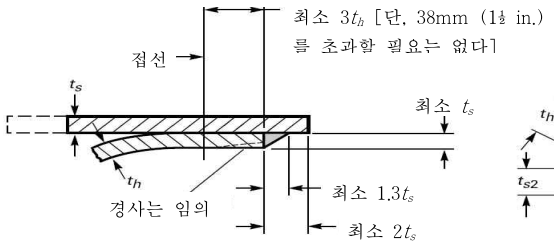


(c) 플러그 용접이 있는 한쪽면 필릿용접

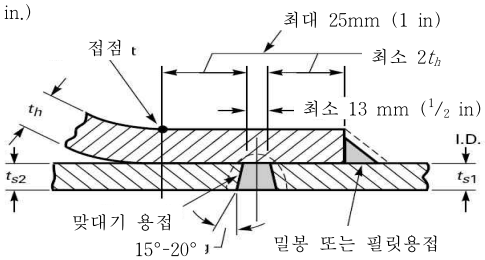




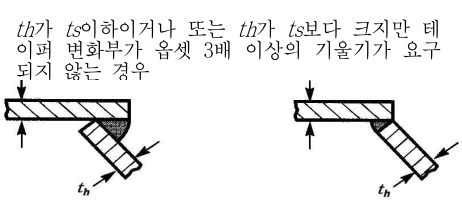
(d) 맞대기 용접



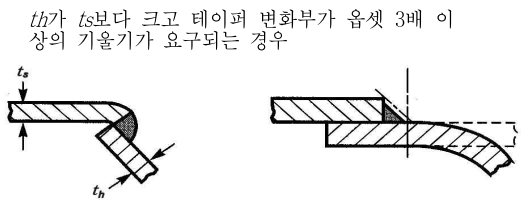
(e) 한쪽면 필릿 겹치기 용접



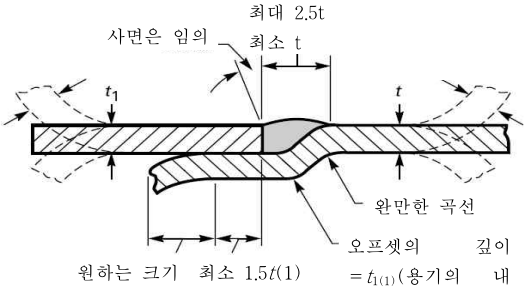
(f) 중간경판



(g-1) (g-2)



(h) (j)



t 또는 t_1 = 최대 16 mm (⅝ in.)

(k) 한쪽판 가장자리 치우침을 가진 맞대기 용접

주 (1) t 또는 t_1 = 최대 16㎜ 다만, 반구형경판을 동체에 연결하는 이음에 대해서는 다음을 적용하여야 한다.

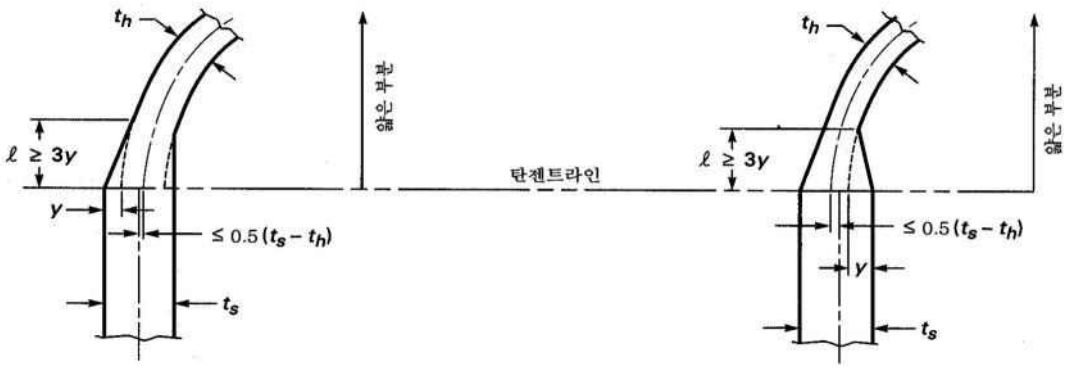
a) t 또는 t_1 = 최대 10㎜

b) t 또는 t_1 의 최대 두께 차이 = 2.4㎜

비고 1. 그림 (f)에서, 맞대기 용접 및 필릿용접이 사용될 경우에는 존재할 수 있는 차압의 1.5배에 해당하는 전단응력을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

2. 그림 (f)에서 t_{s1} 과 t_{s2} 는 다를 수 있다.

3. 그림 (g-1), (g-2), (h) 및 (j)는 허용되지 않는 형태이다.

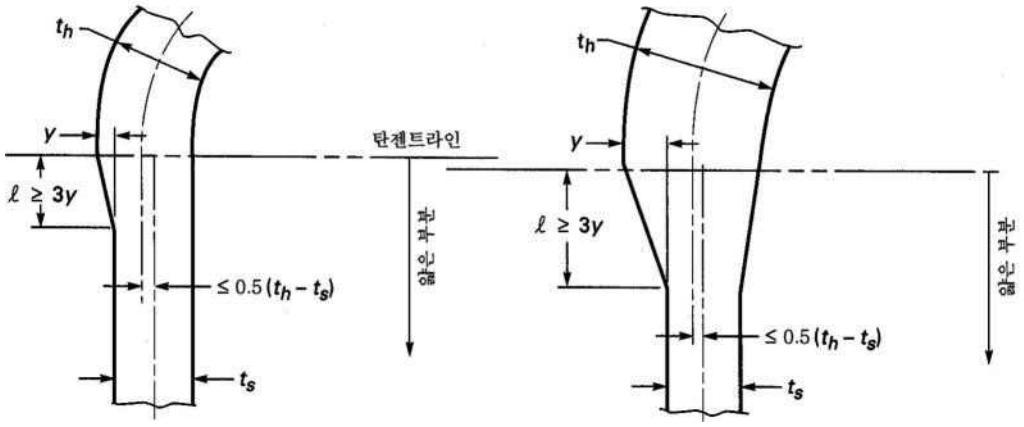


(l) (m)

비고 1. 요구되는 테이퍼의 길이, ℓ 은 용접의 폭을 포함할 수 있다.

2. 어떠한 경우에도 테이퍼된 길이 ℓ 은 3y 이상이어야 한다.

3. 동체 판 중심선은 경판 중심선의 내, 외부 어느 쪽으로 하여도 좋다.



(n) (o)

비고 1. t_h 가 t_s 보다 클 때에는 어떠한 경우에도 길이 ℓ 은 3y 이상이어야 한다. 스커트의 최소 길이는 3 t_h 이다. 그러나 요구되는 테이퍼의 길이를 제공하기에 필요한 경우를 제외하고는 38㎜를 초과할 필요가 없다.

2. t_h 가 1.25 t_s 이하인 경우에도 스커트의 길이는 요구되는 어떠한 테이퍼에 대해서도 충분하여야 한다.

3. 요구되는 테이퍼의 길이, ℓ 은 용접부의 폭을 포함할 수 있다. 동체 판 중심선은 경판 중심선의 내, 외부 어느 쪽으로 하여도 좋다.

[그림 610.14-1] 동체에 부착되는 경판 (제한사항은 표 610.9 참조)

610.14.6 접시형, 타원형 또는 반구형의 경판이 평평한 곳이나 표면을 갖게 성형되는 경우에 평평한 곳의 지름은 610.16의 식(1)에서 C = 0.25를 사용하여 구한 평경판에 대해서 허용되는 값을 초과해서는 아니 된다.

610.14.7 내압을 받는 성형경판 구멍들은 610.18부터 610.28까지의 요건을 만족하여야 한다.

610.15 볼록면이 압력을 받는 성형경판

610.15.1 볼록면이 압력을 받는 타원형, 접시형, 반구형, 접시원뿔형 그리고 원뿔형경판과 원뿔형부분에 있어서 성형 후 가장 얇은 부분의 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다. 다만, 볼트체결형 플랜지를 가진 경판은 610.17 요건에 따른다.

1. 타원형경판과 접시형경판의 경우, 요구두께는 아래 가 와 나 중에서 큰 값이어야 한다. 타원형경판 또는 접시형경판의 볼록한 면에 대한 최대허용사용압력을 결정할 경우 가목 및 나목의 절차를 역순으로 구한 압력 중에서 작은 값을 사용하여야 한다.

가. 볼록면에 대한 설계압력의 1.67배한 값을 설계압력으로 사용하여 오목면에 압력

을 받는 경우에 대한 제58조의 절차로 계산한 두께. 이때에는 모든 경우에 있어서 이음효율, E = 1.0으로 가정한다.

나. 610.15.3 및 610.15.4에 주어진 절차로 계산한 두께

2. 반구형경판의 요구두께는 610.10.1 제2호에 주어진 절차에 따라 결정하여야 한다.

3. 원뿔형경판과 접시원뿔형경판 그리고 원뿔부분의 요구두께는 610.15.5에 주어진 규정에 따라서 결정하여야 한다.

610.15.2 볼록면이 압력을 받는 반구형경판의 요구두께는 610.10.1 제2호에 주어진 구형동체의 두께를 결정하는 방법에 따라서 결정하여야 한다.

610.15.3 이음부가 없거나 맞대기 이음으로 제작되는 타원형경판으로 외면에 압력을 받는 경우의 요구두께는 다음 절차에 따라 구한 값이상 이어야 한다.

순서 1. t 를 가정하고 다음 식을 사용하여 계수 A를 계산한다.

$$A = \frac{0.125}{(Ro/t)}$$

순서 2. 순서 1에서 계산된 A를 사용하여, 610.10.1 제2호에 주어진 구형 동체에 대한 순서 2에서 순서 6까지의 절차와 동일한 절차를 따른다.

610.15.4 이음부가 없거나 또는 맞대기 이음으로 제작되는 접시형경판으로 외면에 압력을 받을 경우의 요구두께는 610.15.3에 주어진 타원형경판의 설계절차에 적당한 Ro을 사용하여 구한 값 이상이어야 한다.

610.15.5 원뿔-원통 접합부가 지지선이 아닌 경우에는 외면에 압력을 받는 원뿔형 경판 또는 원뿔부분의 요구두께는 이음부가 없거나 맞대기이음부로 제작되어도 인접한 원통형 동체의 최소요구두께 이상이어야 하며, 원뿔-원통 접합부가 지지선인 경우의 요구두께는 다음의 절차에 따라서 결정하여야 한다.

1. $\alpha \le 60°$ 인 경우

가. $D_L/t_e \ge 10$인 원뿔

순서 1. t_e 를 가정하고 L_e/D_L과 D_L/t_e 의 비율을 계산한다.

순서 2. 순서1에서 계산된 L_e/D_L과 같은 L/Do 을 부도1에 넣는다. L_e/D_L 이 50보다 큰 경우에는 L_e/D_L = 50을 사용한다.

순서 3. 순서 1에서 계산된 D_L/t_e와 같은 Do/t 에 대응하는 선까지 수평선을 연장한다. 그러나 외삽법은 허용되지 않는다. 이 교차점에서 아래 방향으로 수직선을 내려서 계수 A를 결정한다. D_L/t_e의 중간값에 대해서는 보간법으로 계산할 수 있다.

순서 4. 순서 3에서 계산된 A를 부도의 해당 재료곡선에 넣는다. 설계온도에 대한 재료-온도 선까지 수직선을 긋고 그 교차점을 구한다. 중간 온도에 대해서는 선들 사이에서 보간법을 사용할 수 있다. A가 재료-온도 선의 우측 끝을 벗어나는 경우에는 재료-온도 선의 상단에서부터 수평으로 연장한 선과의 교차점을 가정

한다. 재료-온도 선의 좌측을 벗어나는 A에 대해서는 순서 7을 참조한다.

순서 5. 순서 4에서 구한 교차점에서 우측으로 수평 이동하여 계수 B를 읽는다.

순서 6. 순서 5에서 구한 B를 다음 식에 대입하여 최대 허용외압 Pa를 계산한다.

$$Pa = \frac{4B}{3(D_L/t_e)}$$

순서 7. A가 해당 재료-온도 선의 좌측을 벗어나는 경우의 Pa는 다음 식을 사용하여 계산 할 수 있다.

$$Pa = \frac{2AE}{3(D_L/t_e)}$$

순서 8. 순서 6 또는 7에서 구한 P_a와 P를 비교한다. 만약 Pa가 P보다 작다면, 더 큰 t를 선택하여 Pa가 P 이상의 값이 구해질 때까지 계산 절차를 반복한다.

순서 9. 원뿔-원통의 접합부에는 충분한 관성모멘트를 고려하여 보강하여야 한다. 너클이 있는 접합부는 보강 계산이 필요 없으며, 관성모멘트는 너클의 존재를 고려하여 계산하거나, 존재하지 않지만 그 원뿔가 인접 원통과 교차한다고 가정하여서 계산을 한다.

나. D_L/t_e 〈 10 인 원뿔

순서 1. 위의 가. 에서와 같은 절차를 사용하여 B를 구한다. D_L/t_e 가 4보다 작은 경우의 계수 A 는 다음 식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$A = \frac{1.1}{(D_L/t_e)^2}$$

A가 0.10보다 큰 경우에는 0.10을 사용한다.

순서 2. 순서 1에서 구한 B 를 사용하여 다음 식으로 Pa_1 을 계산한다.

$$Pa_1 = \left(\frac{2.167}{D_L/t_e} - 0.0833\right)B$$

순서 3. 다음 식을 사용하여 Pa_2를 계산한다.

$$Pa_2 = \frac{2S}{D_L/t_e}\left(1 - \frac{1}{D_L/t_e}\right)$$

여기에서, S는 부도에 참조된 곡순서 6. ~ 순서 8. (생략)

선으로부터 구한 설계금속온도에서의 최대 허용응력의 2배 또는 설계온도에서 재료의 항복강도의 0.9배 중에서 작은 값, ㎪. 항복강도의 값들은 해당 곡선으로부터 다음과 같이 구한다.

(1) 주어진 온도 곡선에 대해서 곡선의 오른쪽 방향의 끝점과 일치하는 B를 결정한다.

2) 항복강도는 위의 1) 에서 구한 B의 2배이다.

순서 4. 순서 2에서 계산한 Pa_1과 순서 3에서 구한 Pa_2중에서 작은 값을 최대허용외압 Pa로 사용하여야 한다. Pa와 P를 비교하여, Pa가 P보다 작으면 더 큰 값의 t

를 선택하여, Pa가 P이상으로 될 때까지 계산 절차를 반복한다.

순서 5. 원뿔-원통의 접합부에는 충분한 관성모멘트를 고려하여 보강하여야 한다. 너클이 있는 접합부는 그 보강을 계산이 필요 없으며, 관성모멘트는 너클의 존재를 고려하여 계산하거나, 존재하지 않지만 그 원뿔가 인접 원통과 교차한다고 가정하여 계산 한다.

2. 원뿔의 α가 60° 보다 클 경우, 원뿔 두께는 그 지름이 원뿔의 최대 지름과 같은 외압을 받는 평경판의 요구두께와 같아야 한다.
3. 편심원뿔의 두께는 가장 작은 α를 사용하여 구한 두께와 가장 큰 α를 사용하여 구한 두께 중에서 큰 값을 선택하여야 한다.

610.15.6 이음부가 없거나 맞대기 이음으로 제작된 접시원뿔형경판의 외면에 압력을 받는 경우의 요구두께는 610.15.5로부터 결정되는 두께 이상이어야 한다. 그러나 이 경우 610.15.5에서 요구두께 계산에 사용될 L_e 는 다음 식으로 결정하여야 한다.

1. 그림 31 (c)의 경우

$$L_e = r_1 \sin\alpha + \frac{L_c}{2}\left(\frac{D_L + D_s}{D_{Ls}}\right)$$

2. 그림 31 (d)의 경우

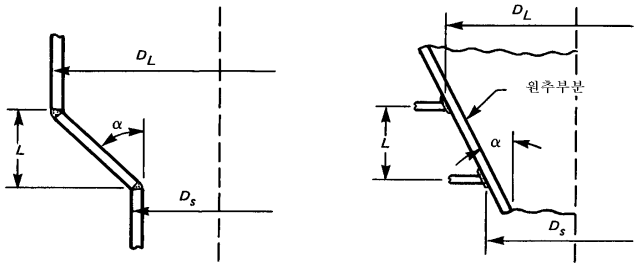
$$L_e = r_2 \frac{D_{ss}}{D_L} \sin\alpha + \frac{L_c}{2}\left(\frac{D_L + D_s}{D_L}\right)$$

3. 그림 31 (e)의 경우

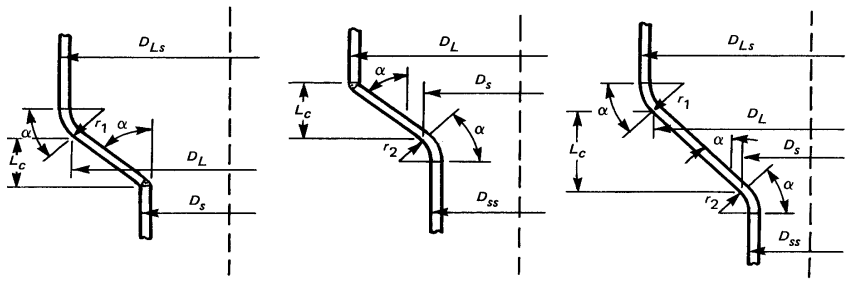
$$L_e = \left(r_1 + r_2 \frac{D_{ss}}{D_{Ls}}\right)\sin\alpha + \frac{L_c}{2}\frac{(D_L + D_s)}{D_{Ls}}$$

4. 그림 31 (a) 및 (b)의 경우

$$L_e = (L_c/2)(1 + D_s/D_L)$$



(a) (b)



(c) (d) (e)

[그림 610.15] 외압을 받는 원뿔부분의 길이 L_c에 대한 정의

610.15.7 610.15.1부터 610.15.6까지의 식에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다. A, B, E 와 P는 610.10과 같다. 대표적인 경판의 주요 치수는 그림 610.14와 같다.

Do = 경판 스커트의 바깥지름, ㎜

$Do/2ho$ = 타원형경판의 단축에 대한 장축의 비. 경판 스커트의 바깥쪽 지름을 경판 높이의 2배로 나눈 것과 같다(표12 참조).

t_e = 원뿔 부분의 유효 두께 (= t cos α), ㎜

L_c = 접시원뿔형경판 또는 부분에서 너클을 제외한 원뿔 부분의 축방향 길이(그림 610.15 참조), ㎜

L_e = 원뿔 또는 원뿔부분의 축 방향 길이

L= 원뿔 또는 원뿔부분의 축방향 길이 (그림 610.15 참조)

D_{ss} = 해당 원뿔부분 소단부의 바깥지름, ㎜

D_L = 해당 원뿔부분의 대단부 바깥지름, ㎜

ho = 타원형경판의 바깥쪽 단축 길이의 반 또는 탄젠트라인에서 측정한 타원형경판의 바깥쪽 높이, ㎜

Ko = 타원형경판에 대한 형태의 비율 $Do/2ho$에 의존하는 계수[표 610.15 참조]

Ro = 반구형경판의 경우에는 바깥 반지름, 타원형경판의 경우에는 $Ko\,Do$로서 구해지는 구의 바깥쪽 동등 반지름 또는 접시형경판의 경우에는 경판의 크라운 부분의 바깥 반지름, ㎜

t = 성형 후 경판의 최소요구두께, ㎜

α = 원뿔형경판과 원뿔 부분에서의 반꼭지각

[표 610.15] 볼록면에 압력을 받은 타원형경판에 대한 구의 반지름 계수 Ko의 값
(중간값에 대해서는 보간법을 사용한다)

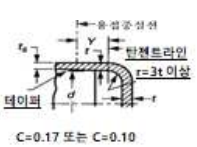
Do / 2 ho	…	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
Ko	…	1.36	1.27	1.18	1.08	0.99	0.90	0.81	0.73	0.65	0.57	0.50

610.15.8 외압을 받는 성형경판 구조 또는 원뿔형경판의 세로 이음에 겹치기 이음을 사용할 경우에 경판의 두께는 위에서 서술한 규정에 의해서 결정하여야 한다. 다만, 요구두께를 구하기 위해서 P 대신에 $2P$ 를 사용하여야 한다

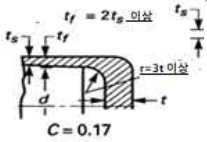
610.15.9 외면에 압력을 받는 경판에 설치한 구멍들은 610.18부터 610.28까지의 요건을 만족하여야 한다.

610.16 스테이로 지지되지 않은 평평한 형태의 경판과 덮개

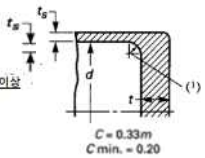
610.16.1 <삭제> 그림 610.16과 같은 스테이로 지지되지 않는 평평한 형태의 경판과 덮개 및 블라인드 플랜지의 최소두께는 다음의 요건에 따라야 한다. 이 요건은 원형 및 비원형의 경판과 덮개에도 적용된다. 그림 610.16에 여러 가지 평평한 형태의 경판과 덮개가 나타나 있다.



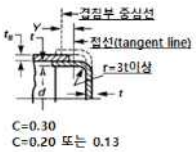
(a)



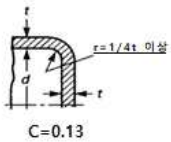
(b-1)



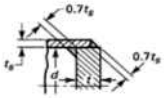
(b-2)



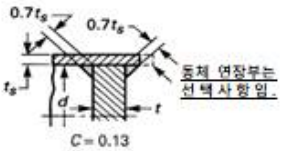
(c)



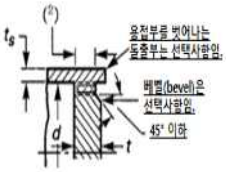
(d)



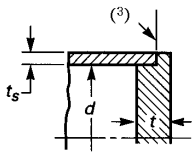
(e)



(f)

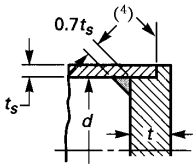


(g)



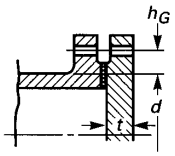
C=0.33

(h)



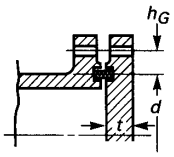
C=0.33m
C_{min}=0.20

(i)



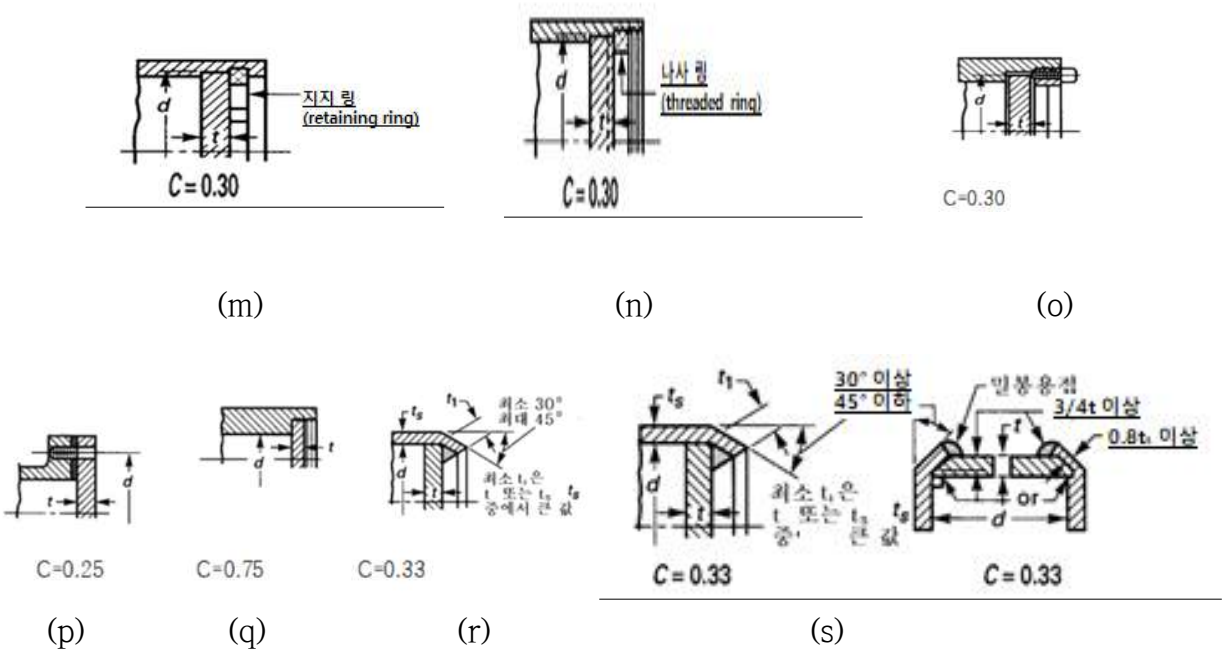
C=0.3

(j)주(6)



C=0.3

(k)주(6)



[그림 610.16] 스테이로 지지되지 않는 여러 가지 평평한 형태의 경판과 덮개

주 (1) $t_s \leq$ 38㎜인 경우 r_{min} = 10㎜, t_r 〉38㎜인 경우 r_{min} = 0.25 t_s 단, 19㎜보다 초과할 필요는 없음.

(2) t_w=2t_r 또는 1.25t_s 중 큰 값 이상일 것. 단, t를 초과할 필요는 없음.

(3) t_s는 1.25 t_r 이상이어야 한다.

(4) 바깥쪽 용접이음에 대한 상세 사항은 그림 33 (a) ~ (g)를 참조할 것.

(5) 원형 덮개의 경우에 C = 0.33m, C_{min} = 0.2

(6) 식 (2) 또는 (5)를 사용할 것.

1. 스테이로 지지되지 않는 평평한 형태의 경판과 덮개 및 블라인드 플랜지의 두께는 다음 3가지 요건 중의 하나를 만족하여야 한다.

가. 원형 블라인드 플랜지가 그림 610.16의 (j) 및 (k)에 있는 형식일 경우에는 해당되는 플랜지 규격에 규정된 지름과 압력-온도 등급을 만족하여야 한다.

나. 스테이로 지지되지 않는 원형의 평평한 형태의 경판과 덮개 및 블라인드 플랜지의 최소 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{SE}} \qquad (1)$$

다만, 경판, 덮개 또는 블라인드 플랜지가 가장자리 모멘트[그림 610.16 (j) 및 (k)]를 일으키는 볼트로 체결하는 경우는 예외하며, 이 경우의 두께는 다음 식으로 계

산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{SE} + \frac{1.9\ Wh_G}{SEd^3}} \qquad (2)$$

식 (2)를 사용할 경우, 두께 t는 운전조건 및 개스킷 체결조건 모두에 대해서 계산하여야 하며, 두 값 중에서 큰 값을 사용하여야 한다. 운전조건에서 P는 설계압력이고, S는 설계온도에서의 최대 허용인장응력값이다. 개스킷 체결조건에서, P는 0이고, S는 대기 온도에서의 최대 허용인장응력값이며, W는 운전조건에서 요구되는 최소 볼트하중을 사용하여야 한다.

다. 스테이로 지지되지 않는 평평한 형태의 경판과 덮개 및 블라인드 플랜지의 형상은 정사각형, 직사각형, 타원형, 장원형, 세그먼트형(segmental) 또는 기타 비원형(noncircular) 일 수 있다. 이 경우, 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다

$$t = d\sqrt{\frac{ZCP}{SE}} \qquad (3)$$

여기에서,

$$Z = 3.4 - \frac{2.4\ d}{D} \qquad (4)$$

Z는 2.5 이하여야 한다.

식 (3)은 가장자리 모멘트를 일으키는 볼트로 체결한 비원형경판, 덮개 또는 블라인드 플랜지에는 적용하지 않는다. 이러한 형식의 비원형 경판에 대한 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다

$$t = d\sqrt{\frac{ZCP}{SE} + \frac{6\,Wh_G}{SELd^2}} \qquad (5)$$

식 (5)를 사용할 경우<삭제> 두께 t는 위의 식 (2)에서 규정한 것과 같은 방식으로 계산하여야 한다.

2. 그림 610.16에 나타난 각 구조 형식에 대한 위의 식 (1), (2), (3), 및 (5)에서 사용되는 C의 최소값은 다음과 같다.

가. 그림 (a)

(1) C = 0.17 : 압력용기와 일체로 단조 되거나, <삭제> 맞대기 <삭제> 용접되는 플랜지붙이 원형 및 비원형경판으로서, 안쪽 모서리의 반지름이 경판의 요구두께의 3배 이상이며, 플랜지의 길이에 대해서는 특별한 요건이 없고, 용접은 160 발전설비 용접에 주어진 원주방향 이음부에 대한 모든 요건을 만족하는 경우

(2) C = 0.10 : 위의 (1)과 같이 설계된 경판으로서, 플랜지 길이가 다음 식으로 계산되는 값보다 큰 원형경판

$$Y = \left(1.1 - 0.8\frac{t_s^2}{t_h^2}\right)\sqrt{dt_h} \qquad (6)$$

(3) C = 0.10 : 플랜지 길이 Y 가 식 (6)에 주어진 요건보다 작지만, 최소한 압력용기의 길이 $2\sqrt{dt_s}$에 걸쳐서 동체의 두께가 다음 식으로 계산되는 값 이상인 원형경판

$$t_s = 1.12\ t_h \sqrt{1.1 - \frac{Y}{\sqrt{dt_h}}} \qquad (7)$$

C = 0.10 이 사용될 경우 테이퍼(tapered) 부분의 기울기는 1:3 이하이어야 한다.

나. 그림 (b-1)

C = 0.17 : 압력용기와 일체로 단조되거나 <삭제> 맞대기 <삭제> 용접되는 단조된 원형 및 비원형경판으로서, 경판의 플랜지 두께가 동체 두께의 2배 이상이며, 안쪽 모서리의 반지름은 플랜지 두께의 3배 이상이며, 용접은 원주방향 이음부에 대한 모든 요건을 만족하는 경우

다. 그림 (b-2)

C = 0.33 m으로 0.20 이상인 값 : 압력용기와 일체로 단조되거나 <삭제> 맞대기 <삭제> 용접되는 단조된 원형 및 비원형경판으로서, 경판의 플랜지 두께가 동체 두께 이상이며, 용접은 160 발전설비 용접에 주어진 원주방향 이음부에 대한 모든 요건을 만족하고, 안쪽 모서리의 반지름이 다음 식으로 주어지는 값 이상인 경우.

$t_s \leq$ 38㎜인 경우 r_{min} = 10.0㎜

$t_s >$ 38㎜인 경우 r_{min} = 0.25 t_s

단, 19㎜를 초과할 필요는 없다.

라. 그림 (c)

(1) C = 0.13 : 동체에 겹치기 이음으로 용접되는 원형경판으로서, 모서리 부분의 반지름이 3 t 이상이며, 플랜지의 길이 Y가 식(6)에 의해서 요구되는 값 이상이고 이 기준을 만족하는 경우

(2) C = 0.20 : 위의 (1)과 같은 겹치기 이음으로 용접되는 원형 및 비원형경판으로서, 길이 Y에 관한 특별한 요건이 없는 경우

(3) C = 0.30 : 압력용기 끝 부분의 외부에 나사이음 되고, 안쪽 모서리의 반지름이 3t 이상인 플랜지붙이 원형 평판의 경우, 압력이 끝부분에 미치는 힘 때문에 발생하는 전단, 인장 및 압축에 의한 파손을 방지하기 위한 나사 이음부의 설계는 최소 안전계수 4를 기준으로 주어야 하며, 나사부의 강도는 최소한 동일 지름의 표준 배관에 있는 나사만큼의 강도를 가져야 한다. 필요한 경우 밀봉용접(seal welding)을 적용할 수 있다.

마. 그림 (d)

C = 0.13 : 지름 d가 600mm 이하의 일체형 원형 평평한 형태의 경판으로서. 경판 두께와 치수 d의 비가 0.05 이상 0.25 이하이고, 경판 두께 t_h가 동체 두께 t_s 이상, 안쪽모서리의 반지름이 0.25 t 이상인 경우. 그 구조는 헤더의 끝을 막는 것과 같은 방법

으로 동체의 끝부분을 업세팅(upsetting) 및 스피닝(spinning)하는 특수 성형기법 등으로 제조할 수 있다.

바. 그림 (e), (f) 및 (g)

(1) C = 0.33 m으로 0.2 이상인 원형 평판의 경우: 압력용기의 내부에 용접되고 그 밖에 용접압력용기의 각 형식에 대한 요건을 만족하는 경우. 만약 t 를 계산할 때 1 미만인 m이 사용된다면, 동체두께 t_s는 경판의 안쪽 면에서부터 안쪽으로 최소한 $2\sqrt{dt_s}$와 같은 거리에 걸쳐 유지되어야 한다. 그림 610.16의 (e) 및 (f)에 있는 필릿용접의 목 두께는 최소한 0.7 t_s이상이어야 한다. 그림 610.16 (g)에 있는 용접부 t_w의 크기는 이음매 없는 동체의 요구두께의 2배 이상이어야 하고, 또한 동체의 공칭두께의 1.25배보다 이상이어야 하지만, 경판의 두께보다 클 필요는 없다. 용접부는 그림 610.16에서 나타난 바와 같이 경판의 안쪽 면에서 용접부의 루트(root)가 있는 용접 그루브(groove) 내에 용착되어야 한다.

(2) C = 0.33 : 압력용기의 내부에 용접된 비원형 평판으로서, 그 밖의 용접에 대해서는 용접압력용기의 각 형식에 대한 요건을 만족시키는 경우에 적용한다. 그림 610.16 (e)및 (f)에 있는 필릿용접의 목 두께는 최소한 0.7t_s이상이어야 한다. 그림 610.16 (g)에 있는 용접부 t_w의 크기는 이음부 없는 동체의 요구두께의 2배 이상이어야 하고, 또한 동체의 공칭두께의 1.25배 이상이어야 하지만, 경판 두께보다 클 필요는 없다. 용접금속은 그림 610.16에서 나타난 바와 같이 경판의 안쪽 면에서 용접부의 루트(root)가 있는 그루브(groove)내에 용착되어야 한다.

사. 그림 (h)

C = 0.33 : 동체의 끝 부분에 용접되는 원형평판으로서, t_s가 최소한 1.25 t_r이고, 용접에 대한 상세한 사항들이 그림 610.16-1 (a) ~ (g)까지의 요건에 따르는 경우

아. 그림 (i)

C = 0.33 m으로 0.2 이상인 값 : 원형평판으로서, 안쪽 필릿용접의 최소 목두께가 0.7 t_r이고, 바깥쪽 용접에 대한 상세 사항은 그림 610.16-1 (a)에서 (g)의 요건을 따르는 경우, 안쪽 용접은 치수 a와 b의 합계에 의해서 t_s와 같은 양만큼 기여하는 것으로 생각할 수 있다

자. 그림 (j) 및 (k)

C = 0.3 : 압력용기에 볼트로 체결된 원형 및 비원형경판과 덮개의 경우, 볼트로 체결된 덮개에 추가 모멘트가 작용하므로 식(2) 또는 (5)를 적용하여야 한다.

그림 610.16의 (k)에서 나타난 바와 같이, 덮개판에 개스킷을 위한 홈이 있는 경우, 홈의 아래 또는 홈과 덮개판의 바깥쪽 가장자리와의 간격에 대한 덮개판의 순두

께는 다음의 주어진 값 이상이어야 한다.

(1) 원형경판 및 덮개의 경우

$$d \sqrt{\frac{1.9\,W\,h_G}{Sd^3}}$$

(2) 비원형경판 및 덮개의 경우

$$d \sqrt{\frac{6\,W\,h_G}{SLd^2}}$$

차. 그림 (m), (n) 및 (o)

C = 0.30 : 압력용기의 끝 부분에 삽입되고, 확실한 기계적 잠금장치로 제자리에 고정된 원형평판의 경우, <삭제> 압력과 열팽창의 차이로 인한 전단, 인장, 압축 또는 플레어링(flaring)을 포함한 반지름 방향의 변형에 의한 모든 가능한 파손형태에는 최소 안전계수 4를 기준으로 해야 한다. 필요한 경우 밀봉용접(seal welding)을 적용할 수 있다.

파. 그림 (p)

C = 0.25 : 동체, 플랜지 또는 측면판에 전면 개스킷으로 볼트 체결된 원형 및 비원형 덮개의 경우

하. 그림 (q)

C = 0.75 : 안지름 d 가 300 ㎜ 이하인 압력용기의 끝 부분에 나사이음 되는 원형평판 또는 안지름 d 가 300 ㎜ 이하인 압력용기의 끝 부분의 외부에 나사이음 되는 일체형 플랜지를 갖는 경판, 압력과 열팽창의 차이로 인한 전단, 인장, 압축 또는 플레어링을 포함하는 반지름 방향의 변형에 의한 파손을 방지하기 위한 나사이음부의 설계는 최소 안전계수 4를 기준으로 해야 한다. 필요한 경우 밀봉용접(seal welding)을 적용할 수 있다.

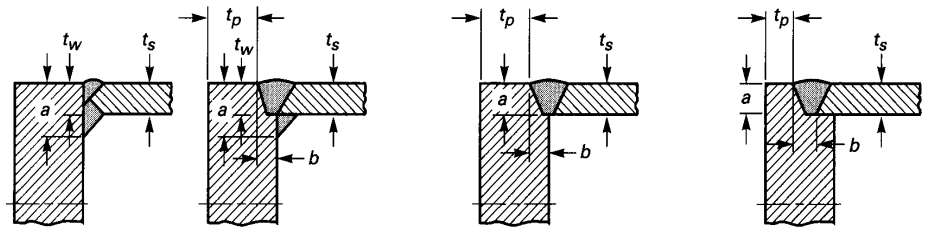
거. 그림 (r)

C = 0.33 : 지름 d 가 450㎜ 이하인 압력용기에 삽입되고, 그 밖에 용접압력용기의 각 형식에 대한 요건을 만족하는 원형평판의 경우, 압력용기의 끝 부분은 최소 30 ˚ 이상 45 ˚ 이하로 크림핑(crimping) 하여야 한다. 크림핑 작업은 금속에 손상을 주지 않는 범위에서 냉간가공으로 할 수 있다. 용접의 목 두께는 평평한 형태의 경판과 동체 중 더 큰 쪽의 두께 이상이어야 한다.

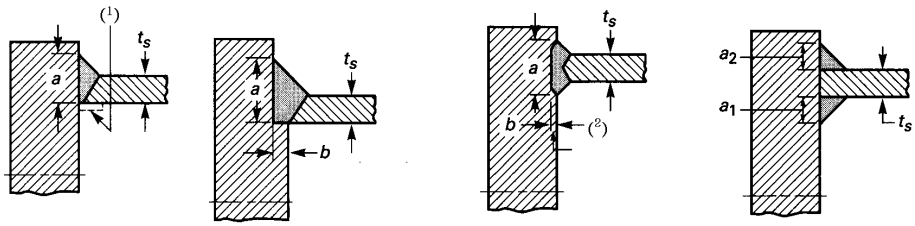
너. 그림 (s)

C = 0.33 : 지름 d 가 450㎜ 이하이고 <삭제> 압력용기의 끝부분을 최소 30 ˚ 이상 45 ˚ 이하로 크림핑(crimping)하고, 또한 베벨(bevel) 평판 설치를 위한 언더컷팅(undercutting) 후의 두께가 동체 두께의 최소 80% 이상이어야 하는 원형 베벨 평판의 경우, 베벨링(beveling)은 경판 두께의 75% 이상이어야 한다. 크림핑은 원통의 전체원주가 사용된 재료의 적절한 단조 온도로 균일하게

가열되었을 때 실시하여야 한다. 이 구조의 경우 비 t_s/d 는 비 P/S 이고, 0.05보다 작아서는 아니된다. 최대 허용압력 $P = S/5d$ 이하이어야 한다. 이 구조는 압연판으로부터 가공하는 경우에는 허용되지 않는다.

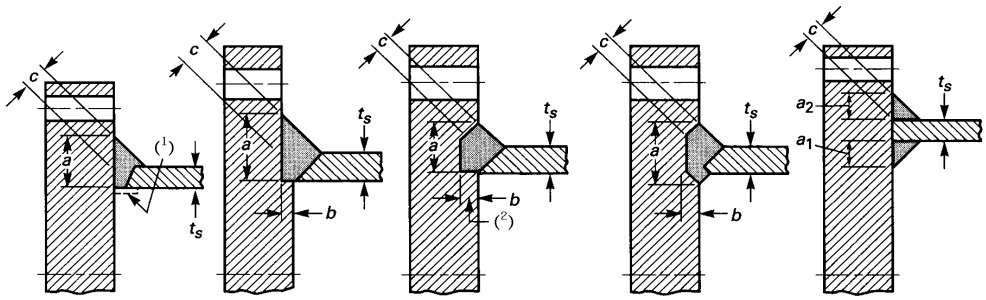


(a) (b) (c) (d)



(e-1) (e-2) (f) (g)

대표적인 스테이로 지지되지 않는 평경판 및 볼트조임 플랜지가 없이 지지되거나 지지되지 않는 관판 또는 직사각형 압력용기의 측면판



(h) (i) (j) (k) (l)

대표적인 볼트이음 플랜지를 가진 지지되는 또는 지지되지 않는 관판

[그림 610.16-1] 모서리 이음의 평판과 압력부품의 부착

주 (1) 받침쇠를 사용할 수 있다.

(2) 이 용접금속은 이음을 완성하기 전에 용착되어도 좋다

610.16.2 그림 610.16.1에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

C = 경판의 부착 방법과 동체의 치수 및 610.16.1 제2호에 열거된 다른 항목들에 따

른 계수로서 무차원 상수이다.

D = <삭제> 짧은 스팬에 대해 수직으로 측정한 비원형의 경판 또는 덮개의 긴 스팬, ㎜

d = 그림 610.16에 나타난 바와 같이 측정된 지름 또는 짧은 스팬, ㎜

E = 그림 610.9에서 정의한 분류 A의 용접에 대해서 표 610.9로부터 구하는 이음효율

h_G = 볼트 중심선에서 개스킷 반력선까지의 반지름방향와 동일한 개스킷 모멘트 암 (moment arm), ㎜

L = 볼트 체결형 비원형경판의 볼트 구멍 중심을 따라 측정한 <삭제> 둘레 길이, ㎜

m = <삭제> t_r / t_s <삭제> 의 비

P = 설계 내압, ㎫

r = 플랜징(flanging) 또는 단조에 의해 성형된 경판의 안쪽 모서리의 반지름, ㎜

S = 최대허용응력값, ㎫

t = 평경판 또는 덮개의 최소요구두께, ㎜

t_f = 그림 610.16 (b)에 나타난 바와 같이 대단부(large end)에서 단조 경판에 대한 플랜지의 공칭 두께, ㎜

t_h = 평평한 형태의 경판 또는 덮개의 공칭 두께, ㎜

t_r = 압력을 받는 이음매 없는 동체의 요구두께, ㎜

t_s = 동체의 공칭두께, ㎜

t_w = 그림 610.16 (g)에 나타난 바와 같이 경판을 압력용기의 내부에 용접시 용입부의 두께, ㎜

t_1 = <삭제> 그림 610.16 (r)에 나타난 바와 같이 마감 용접부의 목치수, ㎜

W = 총 볼트하중, N

Y = 너클의 탄젠트라인으로부터 측정한 플랜지 경판에서의 플랜지 길이로, 그림 610.16 (a)와 (c)에 표시된 것과 같은 길이, ㎜

Z = 610.16.1.1에 나타나 바와 같이 긴 스팬에 대한 짧은 스팬의 비율에 따라 결정되는 비원형의 경판과 덮개의 계수 <삭제>

K = 영향계수

610.17 볼트체결 접시형 경판

610.17.1 내압 및 외압을 받는 그림 34와 같은 볼트체결 플랜지붙이 구형 접시형경판은 다음의 식에 따라서 설계하여야 한다.

1. 그림 610.17 (a) 형식의 경판

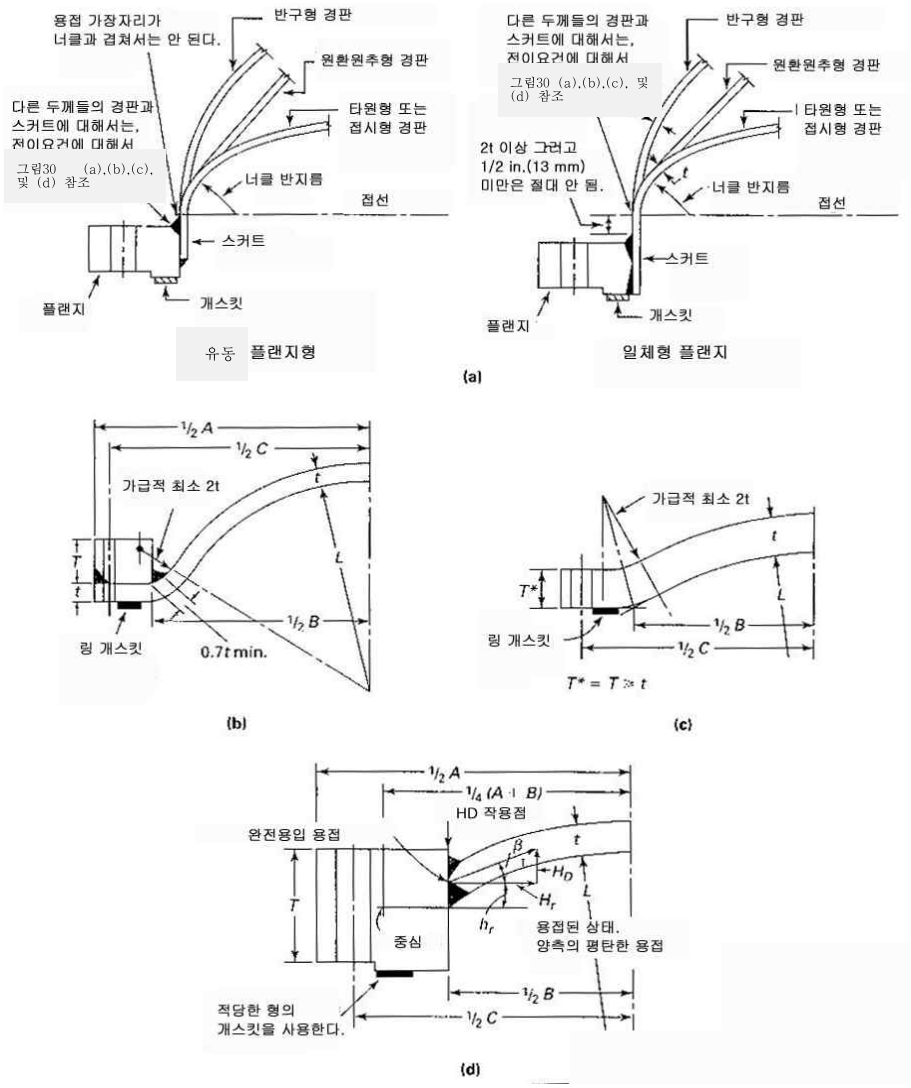
가. 경판의 두께 t는 내면에 압력을 받는 경우 610.14의 적당한 식으로 계산하여야 하고, 외면에 압력을 받는 경우 610.15.1 제1호의 방법에 따라 계산하여야 한다. 스커트의 두께는 오목 면에 작용하는 압력에 대해서는 610.9, 볼록 면에 작용하는

압력에 대해서는 610.10에 있는 원통형 동체에 대한 공식으로 산정하여야 한다.

나. 경판의 반지름 L 또는 너클의 반지름 r은 610.14에 주어진 제한조건에 따라야 한다.

2. 그림 610.17 (b) 형식의 경판 (이음효율계수는 필요 없음)

가. 경판의 두께



[그림 610.17] 볼트체결 플랜지를 갖는 접시형 경판

(1) 오목한 면에 압력을 받는 경우

$$t = \frac{5PL}{6S} \qquad (1)$$

(2) 볼록한 면에 압력을 받는 경우, 경판의 두께는 구형경판 부분의 바깥 반지름을 사용하여 610.15.1 제2호의 방법에 따라 계산하여야 한다.

3. 그림 610.17 (c) 형식의 경판(이음효율계수는 필요 없음)

가. 경판의 두께

(1) 오목한 면에 압력을 받는 경우

$$t = \frac{5PL}{6S} \qquad (2)$$

(2) 볼록한 면에 압력을 받는 경우, 경판의 두께는 구형경판 부분의 바깥 반지름을 사용하여 610.15.4 제2호의 방법에 따라 계산하여야 한다.

4. 그림 610.17 (d) 형식의 경판 (이음효율계수는 필요 없음)

가. 경판의 두께

(1) 오목한 면에 압력을 받는 경우

$$t = \frac{5PL}{6S} \qquad (3)$$

(2) 볼록한 면에 압력을 받는 경우, 경판의 두께는 구형경판 부분의 바깥 반지름을 사용하여 610.15.1 제2호의 방법에 따라 계산하여야 한다.

610.17.2 위 식에서 사용되는 용어는 다음과 같다

A = 플랜지 바깥지름, B = 플랜지 안지름, C =: 볼트 중심원(mm)

t = 성형 후 경판의 최소요구두께, ㎜.

L = 구형 또는 크라운 부분의 안쪽 반지름, ㎜.

r = 너클의 안쪽 반지름, ㎜.

P = 오목한 면에 압력을 받는 경우에는 내압, 볼록한 면에 압력을 받는 경우에는 외압, ㎫.

S = 최대허용응력값, ㎫

T = 플랜지 두께, ㎜.

Mo = 총모멘트, N · m

Hr = 접시형 덮개의 두께 중앙선과 플랜지링 내면교차점에서 작용하는 구형부분의 멤브레인 하중의 반지름방향 성분, N

hr = 플랜지 링의 중심에 대한 힘 Hr의 모멘트 암길이, mm

HD = 플랜지 링의 내면에 작용하는 구형부분에서 멤브레인 하중의 축방향 성분, N

= $0.785B^2$ P

hD = 볼트 원에서부터 플랜지 링의 내면까지의 반지름방향 길이, mm

$\beta 1$ = 플랜지 링과 교차되는 지점에서 접시형 덮개의 두께 중앙선이 접시형덮개 축에 수직인 선의 법선과 만들어지는 각도

$= \arc\sin\left(\frac{B}{2L+t}\right)$

610.18 압력용기의 구멍

610.18.1 압력용기의 원통 또는 원뿔부분이나 성형경판에 설치하는 구멍은 가능한 원형이나 타원형 또는 장원형이어야 한다. 타원 또는 비원형 구멍에 있어서 긴 축의 길

이가 짧은 축의 길이보다 2배 이상으로 클 경우에는 비틀림 모멘트에 의해서 발생되는 과대한 변형을 방지하기 위하여 짧은 축을 가로지르는 방향으로 필요한 만큼 보강을 하여야 한다. <삭제>

610.18.2 구멍의 형상은 제1항에 열거한 형상 이외의 다른 형상일 수 있지만, 그 경우에는 모든 모서리 부위에 적절한 크기의 반지름을 주어야 한다. 구멍이 정확한 강도 계산을 할 수 없는 구멍 모양이거나 구멍으로 인해 용기의 안전이 의심스러울 경우에는 실증수압시험(proof hydrostatic test)을 실시하여야 한다.

610.18.3 구멍의 크기

1. 원통형 및 원뿔형 동체에 있는 적절히 보강된 구멍은 다음의 규정을 제외하고는 그 크기를 제한하지 않는다. 610.18에서 610.25까지의 규정은 다음의 크기보다 작은 구멍에 적용한다.

가. 안지름이 1520㎜ 이하인 압력용기의 경우에는 압력용기 지름의 1/2 이하이고 510㎜ 이하인 구멍

나. 안지름이 1520㎜를 초과하는 압력용기의 경우에는 압력용기 지름의 1/3 이하이고 1020㎜ 이하인 구멍

2. 성형경판 및 구형동체에 있는 보강된 구멍은 크기에 제한을 받지 않는다. 한쪽 끝의 덮개(end closure)에 있는 구멍이 동체 안지름의 1/2보다 클 경우에는 다음 방법 중 하나를 사용함으로써 보강을 대체할 수 있다.

가. 그림 610.18 (a)와 같은 원뿔 부분

나. 그림 610.18 (b)와 같은 대단부에 너클 반지름이 있는 원뿔

다. 그림 610.18 (c) 및 (d)와 같은 역방향으로 구부러진 부분

라. 그림 610.18 (d)와 같이 소단부의 플레어 반경을 사용

이와 같은 경우, 설계는 리듀서 부분에 대한 모든 요건[제6항 참조]에 따라야 한다.

3. 원통형동체에서 큰 구멍에 대한 조치는 다음과 같이 하여야 한다.

가. 610.18.3 제1호에 주어진 치수한계를 초과하는 원통형동체에서의 큰 구멍은 다음 조항을 만족하는 보강을 하여야 하며 요구되는 보강의 2/3 는 다음 한계 이내에 있어야 한다.

(1) 압력용기 벽에 평행한 범위 : 610.22.2 제1호에 주어진 제한 값의 3/4배 또는 610.22.2 제2호의 제한 값과 같은 것 중에서 큰 것.

(2) 압력용기 벽에 직각인 범위 : 610.22.3 제1호 또는 제2호의 제한 값 중에서 작은 것

나. 610.18.3 제1호에 규정된 제한 값을 초과하는 반지름방향 노즐의 구멍 및 다음의 제한사항에서 규정된 범위 이내의 것은 아래 다 및 라의 요건을 만족하여야 한다.

(1) 압력용기 안지름이 1500㎜보다 크거나

(2) 노즐 안지름이 1000㎜를 초과하고, 또한 $3.4\sqrt{Rt}$를 초과할 경우 ; 용어 R

및 t는 그림 35.1 및 그림 35.2를 참조한다.

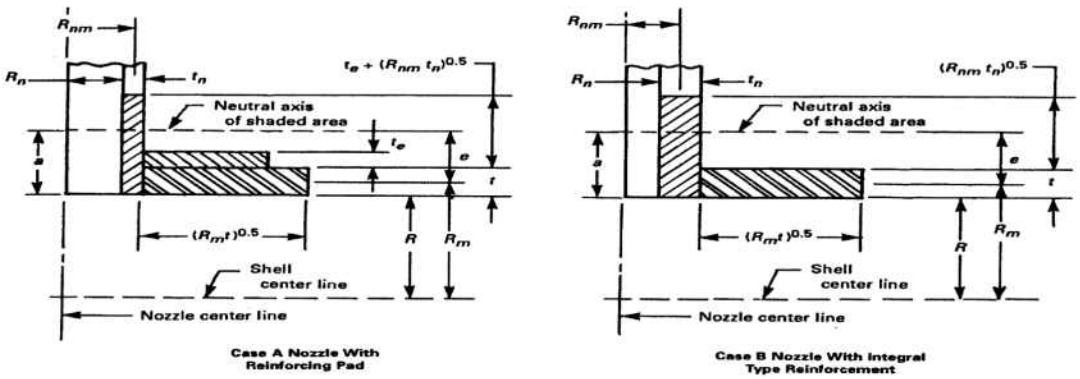
(3) R_n/R의 비율이 0.7 이하일 경우 ; R_n/R이 0.7을 초과하는 노즐 구멍의 경우에는 아래 바.를 참조한다.

이 조항은 내부에 돌출되지 않고, 외부로 적용된 기계적인 하중으로부터 응력 결과에 대한 분석을 포함하지 않는 원통형동체에 있는 반지름 방향 노즐에 한정된다.

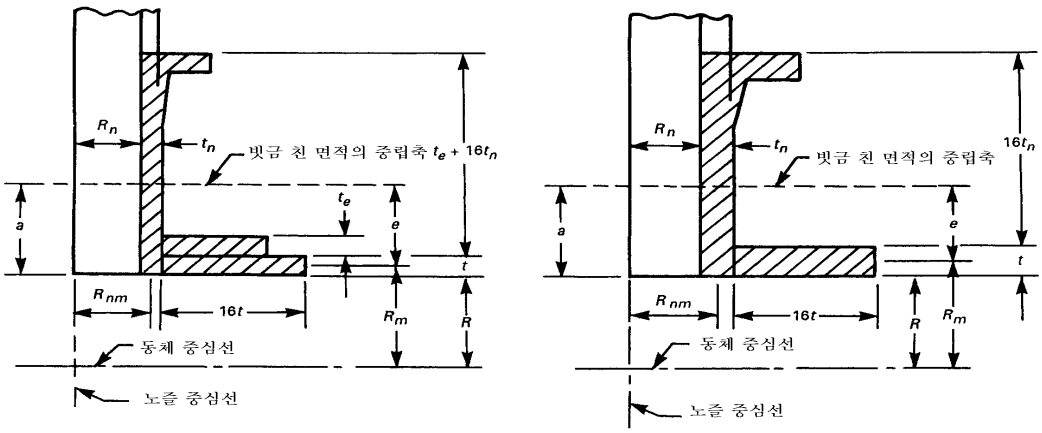
다. 아래 라.(1)의 식 (1) 또는 (2)에 의해 계산되는 멤브레인 응력 S_m은 사용재료의 설계조건에서 610.19에 정의된 S 이하이어야 하고, 최대 조합 멤브레인 응력 S_m 및 굽힘응력 S_b는 설계조건에서 1.5S 이하이어야 하며, S_b는 아래 라. (3)의 식(5)에 의해 계산하여야 한다.

라. 멤브레인 응력 계산의 경우에는 그림 610.18-1에 규정한 한계 값을 사용하고 보강의 강도와 610.19의 요건을 만족하여야 한다. 굽힘 응력 계산의 경우에 그림 610.18-1 및 그림 610.18-2 에 규정한 한계 값 중에서 보다 큰 것을 사용할 수 있다. 강도 감소비의 610.23의 요건은 동체의 재료 허용응력으로 세분된 노즐 넥, 노즐 단조품, 보강패드 및 노즐 플랜지에서 재료의 허용응력비가 최소한 0.80 인 경우에는 적용하지 않아도 된다.

비고. 식 (5)에 따라 계산된 굽힘 응력 S_b는 단지 노즐넥-동체 접속부에서만 효과가 있고 또한 적용할 수 있다. 최초굽힘응력은 보강의 측정이 식 (3)에 의해 계산된 굽힘 모멘트에 의하여 노즐-동체 교차부의 길이방향 축 접속부에서 평형을 유지하도록 요구되기 때문이다.



[그림 610.18-1]



A의 경우 : 보강 패드를 한 노즐　　B의 경우 : 일체형으로 보강된 노즐

[그림 610.18-2]

비고. 플랜지의 어떤 부분이라도 그림 610.18-1 또는 610.18-2의 ‘ 경우 A’ 에서 나타낸 한계값 $\sqrt{R_{nm}t_n}+t_e$ 또는 $16t_n+t_e$ 중 큰 값 내에 있거나, 그림 610.18-1 또는 그림 610.18-2의 ‘경우 B’ 에서 $\sqrt{R_{nm}t_n}$ 또는 $16t_n$ 중 큰값 내에 있을 경우, 플랜지는 굽힘 모멘트에 저항하는 부분의 부품으로 포함할 수 있다

(1) 경우 A (그림 610.18-1 참조)

$$S_m = P\left(\frac{R(R_n+t_n+\sqrt{R_m t})+R_n(t+t_e+\sqrt{R_{nm}t_n})}{A_s}\right) \quad (1)$$

(2) 경우 B (그림 610.18-2 참조)

$$S_m = P\left(\frac{R(R_n+t_n+\sqrt{R_m t})+R_n(t+\sqrt{R_{nm}t_n})}{A_s}\right) \quad (2)$$

(3) 경우 A 및 B (그림 610.18-1 또는 그림 610.18-2 참조)

$$M = \left(\frac{R_n^3}{6}+R\,R_n e\right)P \quad (3)$$

$$a = e+\frac{t}{2} \quad (4)$$

$$S_b = \frac{Ma}{I} \quad (5)$$

마. 그림 610.18-1 및 그림 610.18-2에 사용된 용어의 정의는 610.19 및 다음의 정의와 같다.

A_s = A 또는 B의 경우, 그림 610.18-1의 빗금친 면적 , ㎟

I = 중심축에 대하여 그림 610.18-1 또는 그림 610.18-2의 빗금친 면적의 관성모멘트, mm^4

a = 610.18-1 또는 610.18-2의 빗금친 면적의 중립축과 압력용기의 안쪽 벽사이의 거

리,

R_m = 동체의 중간 반지름, ㎜.

R_{nm} = 노즐넥의 중간 반지름, ㎜.

e = 빗금친 면적의 중립축과 동체의 두께 중심 사이의 거리, ㎜.

S_m = 식 (1) 또는 (2)에 의해서 계산된 멤브레인 응력, ㎫

S_b = 압력용기 동체의 길이방향 축을 따라 노즐넥의 내면 및 압력용기 동체 내면의 교차부 굽힘응력, ㎫

Sy = 시험온도에서 재료의 항복강도, KS B 6750 부도2 참조, ㎫

바. 제작 세부사항과 큰 구멍에 대한 검사는 특별한 주의를 하여야 한다. 압력용기 원둘레방향(course)에 대하여 좀더 두꺼운 동판을 사용하거나 또는 국부적으로 구멍 주위에만 두꺼운 판을 사용하여 요구되는 보강을 하여야 하며, 용접부는 오목하게 갈아내고 구멍의 내부 모서리는 응력 집중을 줄일 수 있도록 완만한 곡률로 둥글게 하여야 한다.

용접부에 대한 방사선투과검사가 비현실적인 경우, 비자성체 재료는 침투탐상검사를 사용할 수 있고 자성체 재료는 침투탐상검사 또는 자분탐상검사를 사용할 수 있으며, 자분탐상검사를 사용하는 경우에는 프로드법을 사용한다.

610.18.4 완성된 구멍의 강도와 설계

1. 그림 610.19에서의 치수는 부식여유를 제외한 최종 치수이다. 설계 목적을 위하여 부식여유로 포함된 재료는 보강재로 고려해서는 아니 된다.
2. 원통형 및 원뿔형동체 또는 성형경판에 있는 구멍은 아래 4의 규정에 의한 경우를 제외하고는 610.19의 요건을 만족하도록 보강하여야 한다.
3. 평경판에 있는 구멍은 610.21의 요건을 만족하도록 보강하여야 한다.
4. 급격한 압력 변동을 받지 않는 압력용기에 있는 구멍은 다음과 같은 조건을 만족할 경우 원래 형성된 구멍 구조 외에 추가보강은 하지 않아도 된다.

가. 해당 규정에 따라 용접, 경납땜, 플루우(flued)연결로서 완성된 구멍의 크기가 다음보다 크지 않은 경우

(1) 최소요구두께가 10㎜ 이하인 압력용기 동체 또는 경판에 있는 지름 89㎜의 구멍

(2) 최소요구두께가 10㎜를 초과하는 압력용기 동체 또는 경판에 있는 지름 60㎜의 구멍

나. 동체나 경판의 절단면 직경이 60㎜ 이하인 나사연결, 스터드 연결 또는 확관 연결

다. 위의 가 및 나에 따른 독립된 보강되지 않은 임의의 두 구멍 중심 사이의 거리는 두 구멍의 지름의 합 보다 더 커야 한다.

라. 세 개 이상의 구멍 집단에 있어서, 위의 가 및 나에 따른 보강되지 않은 임의의

두 구멍의 중심 사이의 거리는 다음에 주어지는 거리 이상이어야 한다.

(1) 원통형 및 원뿔형동체의 경우

$L=(1+1.5\cos\Theta)(d_1+d_2)$

여기에서, L= 임의의 두 구멍의 중심거리이다.

(2) 2중 곡선의 동체 또는 경판의 경우

$L=2.5(d_1+d_2)$

여기에서, Θ = 구멍들의 중심을 연결하는 선과 동체의 길이방향 축 사이의 각도

d_1, d_2 = 인접하는 두 구멍의 최종 지름

610.18.5 용접이음부를 관통하는 구멍의 경우, 방사선투과시험을 하고 이에 합격한 경우에는 구멍을 설치할 수 있다.

610.18.6 내압을 받는 리듀서 부분

1. 이 조항에서의 식과 규정은 동심의 리듀서 부분에 적용되며, 이 때 길이방향의 모든 하중은 전부 리듀서의 동체를 통해서 전달된다. 만일 하중의 일부 또는 전부가 다른 요소(내부 동체와 스테이 또는 튜브)에 의해서 전달된다면 이 규정들은 적용하지 않는다.
2. 제4호에서 정의하는 내압을 받는 리듀서 각 요소의 두께는 해당 식에 의해서 계산한 것 이상이어야 한다. 추가로 다른 하중이 작용하는 경우에는 이들 하중에 대해서 고려하여야 한다.
3. 이 조항에서 사용하는 용어는 610.14 및 아래와 같다.(그림 610.17 참조)

t = 성형후 최소요구두께, ㎜

R_s = 작은 원통의 안쪽 반지름, ㎜

R_L = 큰 원통의 안쪽 반지름, ㎜

r_L = 큰 쪽 원통에서 너클의 안쪽 반지름, ㎜

α = 원뿔 또는 원뿔 부분의 반꼭지각,

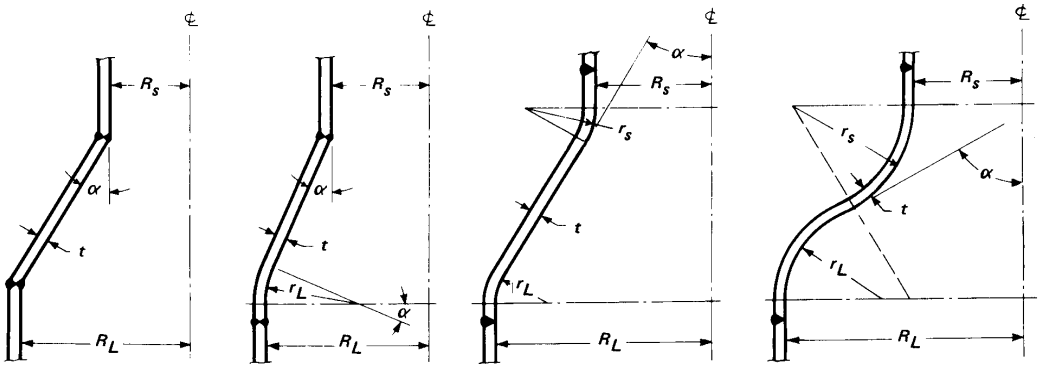
r_s = 작은 끝에서 플래어(flare) 내면에 대한 반경, ㎜

4. 아래 조항의 요건을 만족하면 공통의 축을 갖는 지름이 다른 두 개의 원통형동체 부분을 연결하기 위하여 하나 이상의 요소로 이루어진 지름이 변화하는 리듀서를 사용할 수 있다.

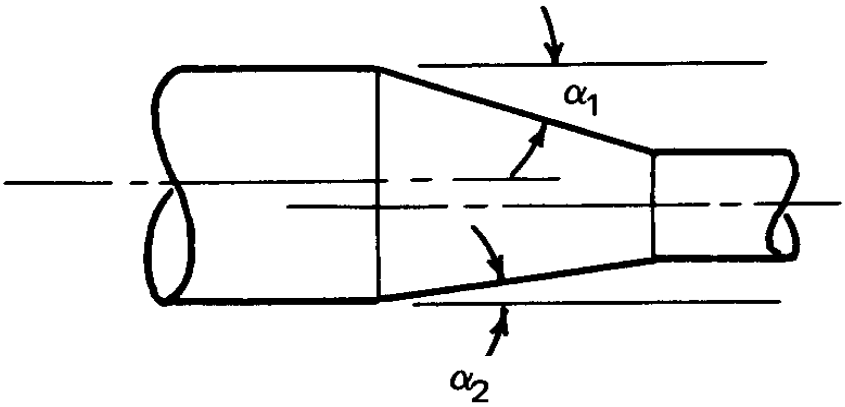
가. 원뿔형동체의 요구두께 또는 주어진 두께의 원뿔 부분에 대한 허용사용압력은 610.14.1 제4호에 주어진 식에 따라서 결정하여야 한다.

나. 너클을 리듀서 부분의 대단부에 사용하는 경우에 연결부의 모양은 타원형, 반구형, 접시형경판의 부분과 같은 형상이어야 한다. 두께 및 기타 치수는 610.14에 주어진 해당 식과 규정들의 요건을 만족시켜야 한다.

5. 다른 두께를 갖는 제4호에 주어진 요소를 조합해서 리듀서를 형성할 경우에는 용접이음 설계요건을 적용받는 판 테이퍼를 포함한 이음들은 결합되는 요소 중에서 얇은 쪽의 제한범위 내에 있어야 한다.



(a) (b) (c) (d)



(e)

[그림 610.18] 경판의 큰 구멍 - 역방향 굴곡 리듀서 및 원뿔동체 리듀서 부분

비고1. 그림 (a)-(d)에서 r_L의 치수는 0.12 (R_L+t) 또는 $3t$중에서 큰 값보다 커야된다. r_s에 대한 치수요건은 없다.

2. 그림 (e)에서 $\alpha_1 > \alpha_2$인 경우에는 설계식에서는 α_1을 사용한다.

5.1) 반꼭지각 α가 30° 보다 크지 않은 경우, 그림 610.18 (a)와 같은 너클이 없는 단순 원뿔형동체 부분을 리듀서로 사용할 수 있다. 특별히 요구하는 경우에는 리듀서의 양쪽 단부나 또는 한쪽 단부에 보강링을 설치하여야 한다.

5.2) 반꼭지각 α가 30° 보다 크지 않은 경우, 그림 610.18 (b)의 접시형원뿔 리듀서는 610.14.1제5호의 접시형원뿔경판의 일부분으로, 반구형경판의 일부분에 원뿔경판의 부분을 합친 모양 또는 타원형 경판의 일부분에 원뿔경판의 부분을 합친 모양으로 만들 수 있다. 특별히 보강링이 요구되는 경우에는 리듀서 원뿔 요소의 소단부에 보강링을 설치하여야 한다.

5.3) 그림35 (c) 및 (d)와 같은 역방향 굴곡 리듀서도 사용할 수 있다,

610.18.7 외압을 받는 리듀서의 설계는 610.15.5를 만족하여야 한다.

610.18.8 내압을 받는 경사진 원뿔형동체 부분은 다음의 요건을 만족한다면 지름과 축이 각각 다른 2개의 원통형동체 부분을 연결하기 위하여 경사진(oblique) 원뿔동체 부분으로 이루어진 지름이 변화하는 리듀서를 사용할 수 있다.

1. 요구두께는 610.14.1 제4호의 식에 따라서 결정하여야 한다.
2. 비대칭 원뿔와 접속된 원통 부분 사이의 최대 내각을 각도 α로 사용하여야 하며, 610.14.1의 4.나에서 규정한 경우를 제외하고 이 각도는 30° 보다 커서는 아니 된다.
3. 설계식에서 사용하는 지름은 원뿔가 접속되는 원통의 축에 직각으로 측정하여야 한다.

610.19 동체 및 성형경판의 구멍에 요구되는 보강

610.19.1 원통형동체 및 성형경판에 있는 구멍의 보강은 다음과 같은 구멍을 제외한 모든 경우에 적용한다.

1. 610.18.4 가목에서 규정하는 소형 구멍
2. 610.21에서 규정하는 평경판의 구멍
3. 610.18.6에서 규정하는 리듀서 부분으로 설계하는 구멍
4. 610.18.3 제2호에서 규정하는 경판의 큰 구멍
5. 610.29에 따르는 구멍들 사이에 리가먼트를 갖는 튜브 구멍

610.19.2 보강면적에 대한 요건이 구멍의 중심을 통과하고 압력용기의 표면에 직각인 모든 평면에서 만족하도록 보강의 양과 분포를 가지고 보강을 하여야 한다. 원통형동체에 있는 원형 구멍의 경우에는 동체의 축을 포함하는 면이 압력에 의해서 가장 큰 하중을 받는다. 요구보강량의 1/2 보다 적지 않은 보강을 단일 구멍 중심선의 양측에 적용하여야 한다.

610.19.3 내압을 받는 동체 또는 성형경판의 구멍을 통과하는 임의의 평면에 있어서 총 요구보강 단면적 A는 최소한 다음 식에 의해서 구해지는 값 이상이어야 한다.

$$A = dt_r F + 2t_n t_r F(1 - f_{r1})$$

610.19.4 외압에 대한 설계

1. 외압을 받는 단일 벽의 압력용기에 있는 구멍에 대한 보강은 610.19.3에서 규정한 내압에 대한 보강량의 50%만을 필요로 한다. 여기에서, t_r은 외압을 받는 압력용기에 대한 규정에 따라서 구한 압력용기벽의 요구두께이며, 모든 외압에 대한 F 값은 1.0을 사용하여야 한다.
2. 여러 개의 벽으로 이루어진 압력용기의 각 동체에 있는 구멍에 대한 보강은 그 동체가 외압을 받을 경우에는 위 1의 요건을 따라야 하며, 동체가 내압을 받을 경우에는 610.19.3의 요건에 따라야 한다. 이때, 1개 이상의 동체에 강도용접으로 부착

된 공통 노즐의 존재여부는 관계되지 않는다.

610.19.5 내압과 외압이 교대로 작용하는 압력용기를 보강하는 경우에는 내압에 관해서는 610.19.3의 요건을, 외압에 관해서는 610.19.4의 요건을 따라야 한다.

610.19.6 용기의 바깥쪽에 부착하는 노즐의 보강판과 새들에는 직선 또는 테이퍼 나사로 탭 가공한 누설검지공[최대 지름 11㎜(7/16 in.)]을 적어도 1개 이상 구비하여야 한다. 이 누설검지공은 그 용기를 사용하는 중에 열어 두거나 플러그를 채워 둘 수 있다. 만일 그 구멍을 플러그를 채우면, 이에 사용하는 플러그 재료는 보강판과 용기 벽 사이에 압력을 유지할 수 없어야 한다.

610.19.7 <삭제> 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다

A = 고려하고 있는 평면에 대한 총 요구보강 단면적 (그림 610.19 참조)
(Sn/Sv < 1.0이면 동체를 관통하는 노즐면적을 고려한다), ㎟

A_1 = 보강에 이용될 수 있는 압력용기벽의 초과두께 면적 (그림 610.19 참조)
(Sn/Sv < 1.0이면 동체를 관통하는 노즐면적을 고려한다), ㎟

A_2 = 보강에 이용될 수 있는 노즐벽의 초과두께 면적 (그림 610.19 참조), ㎟

A_3 = 노즐이 압력용기벽 안쪽까지 돌출된 경우에 보강으로 이용될 수 있는 면적(그림 610.19 참조), ㎟

A_{41}, A_{42}, A_{43} = 보강에 이용될 수 있는 여러 용접부분의 단면적(그림 610.19 참조), ㎟

A_5 = 보강용으로 추가된 재료의 단면적 (그림 610.19 참조), ㎟

c = 부식여유, ㎜

D = 동체의 안지름, ㎜

D_p = 보강부재의 바깥지름, ㎜

d = 원형 구멍의 완성된 지름 또는 고려하고 있는 평면에서의 구멍중심축이 용기 중심축을 따르지 않는 구멍의 완성된 치수(보강에 유효한 초과두께를 제외한 두께 중간 면에서의 현의 길이)(그림 610.19 참조), ㎜

E = t_r과 t_{rn}의 정의 참조 (= 1.0)

E_1 = 일체판(solid plate) 이나 분류 B의 맞대기 이음이 있는 경우에는 1.0을 적용한다.

= 0.85, 구멍이 ERW 또는 무용가제 용접의 관이나 튜브에 있는 경우. 만일 ERW 또는 무용가제 용접 이음이 분명히 확인가능하고 구멍이 용접 이음을 통과하지 않음을 알 수 있으면, E1은 이 절의 다른 규정을 이용하여 결정할 수 있다. 또는,

= 구멍의 임의의 부분이 다른 용접이음을 지날 경우, 표 610.9에서 구하는 이음효율

F = 압력용기의 축에 대해 다른 평면에 작용되는 압력에 의한 응력의 차를 보상하기 위한 보정계수. 원통형동체 및 원뿔에 있는 일체형으로 보강된 구멍에 대해서는 그림 610.19-1을 적용할 수 있고, 그 외의 경우에는 모든 형상에 대해서 1.0을 사용하여야 한다.

f_r = 1.0을 초과하지 않는 강도감소계수

f_{r1} = 압력용기벽을 관통하여 삽입된 노즐벽에 대한 경우, S_n / S_v 이다.

f_{r1} = 압력용기벽에 맞대어진(관통하지 않은) 노즐벽에 대한 경우에는 1.0을 적용한다.

f_{r2} = S_n / S_v

f_{r3} = (S_n 또는 S_p 중 작은 값) / S_v

f_{r4} = S_p / S_v

h = 압력용기벽의 안쪽 면에서 돌출한 노즐거리 (압력용기벽의 안쪽 면으로 돌출한 치수에는 제한이 없다. 그러나, 보강을 계산할 때에는 제한범위를 벗어난 부분은 보강면적에 포함하여서는 아니 된다)

K_1 = 구형일 경우 반지름 계수 (t_r에 대한 정의 및 표 13 참조)

[표 610.19] 타원형경판의 구형 반지름 계수 K_1의 값

$D/2h$	-	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
K_1	-	1.36	1.27	1.18	1.08	0.99	0.90	0.81	0.73	0.65	0.57	0.50

비고 1. $K_1 D$ = 등가 구형 반지름

2. $D/2h$ = 축비

3. 사용되는 용어의 정의는 610.14.2 2를 참조할 것.

4. 중간값에 대해서는 보간법을 사용할 수 있다.

P = 설계압력, ㎪

R = 동체의 안지름, ㎜

R_n = 고려되는 노즐의 안쪽 반지름, ㎜

S = 해당 별표(또는 ASME Section Ⅱ)로부터 구하는 재료의 허용응력, ㎫ 용접 관 또는 튜브의 경우 이음매 없는 제품 형태에 해당하는 허용응력. 해당하는 이음매 없는 제품 형태이 없는 경우, 용접 제품 형태에 대한 허용응력을 0.85로 나누어 적용한다.

S_n = 노즐의 허용응력, MPa (위의 S <삭제> 참조) <삭제>

S_v = 압력용기의 허용응력, MPa (위의 S <삭제> 참조) <삭제>

S_p = 보강부재의 허용응력, MPa (위의 S <삭제> 참조) <삭제>

t = 명시된 압력용기벽두께. ㎜

t_r = 지정된 압력에 대해, 이 기준의 규정에 따라서 계산된 <삭제> 이음매 없는 동체에서의 원주방향 응력에 근거한 요구두께 또는 성형경판의 요구두께(㎜), <삭제> E=1.0를 이용하여 계산. 용접 관 또는 튜브로 제작하는 동체는 이음매 없는 제품 형태에 해당하는 허용응력. 해당하는 이음매 없는 제품 형태가 없는 경우, 용접 제품 형태에 대한 허용응력을 0.85로 나누어 적용하며, 다음 사항은 예외로 한다.

1) 구멍과 그 구멍의 보강이 접시형(torispherical)경판의 구형부분에 완전히 포함되는 경우에는 t_r은 $M=1.0$을 사용하여 구하는 610.14.2 제2호에 따른 요구두께이다.
2) 구멍이 원뿔에 있는 경우에는 t_r은 지름이 D인 이음매 없는 원뿔의 요구두께이다. 이때, 지름 D는 노즐 축이 원뿔 안쪽 벽을 관통하는 곳에서 측정한 값이다.
3) 구멍과 그 구멍의 보강이 타원형경판에 있고 경판의 중심과 일치하는 중심에서 동체 지름의 80%인 지름을 갖는 원내에 완전히 위치하는 경우, t_r은 반지름 K_1D를 갖는 이음매 없는 구형동체에 대한 요구두께이다. 이때 D는 동체 지름이며, K_1은 표 13에 주어진 계수이다.

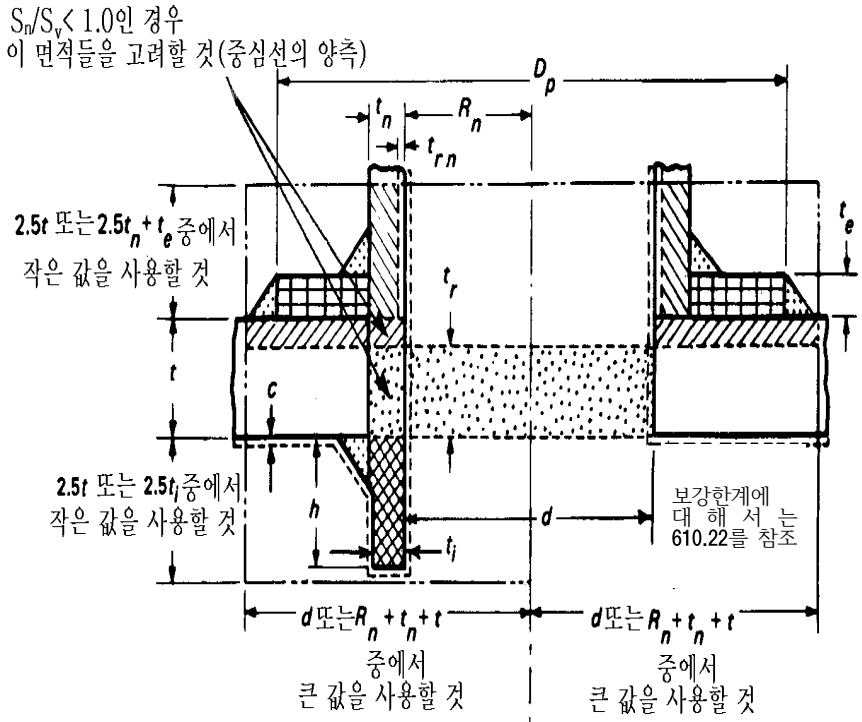
t_n = 노즐벽 두께(관의 경우 공칭두께, 그 외는 성형감소여분을 제외한 두께), ㎜

t_{rn} = 이음매 없는 노즐 벽의 요구두께로 $E=1$을 이용. 용접 관 또는 튜브로 제작하는 노즐의 경우 이음매 없는 제품 형태에 해당하는 허용응력. 해당하는 이음매 없는 제품 형태가 없는 경우, 용접 제품 형태에 대한 허용응력을 0.85로 나누어 적용한다., ㎜.

t_e = 보강부재의 두께 또는 높이, ㎜

t_i = 노즐벽 내부 돌출부의 두께, ㎜

W = 접합된 용접부가 받는 총 하중, kN

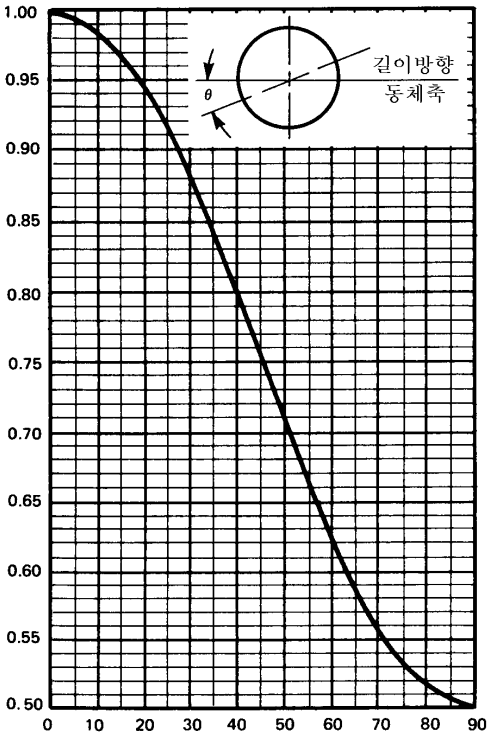


압력용기벽을 관통하여 삽입된 노즐 벽의 경우 ⟷ 압력용기벽에 부착된 노즐 벽의 경우

보강부재가 없는 경우		
	$= A = dt_rF + 2t_n t_rF(1 - f_{r1})$	보강 요구면적
	$= A_1 = d(E_1t - Ft_r) - 2t_n(E_1t - Ft_r)(1 - f_{r1})$ $= 2(t + t_n)(E_1t - Ft_r) - 2t_n(E_1t - Ft_r)(1 - f_{r1})$	동체내의 보강 유효면적 : 큰쪽의 값을 사용
	$= A_2 = 5(t_n - t_{rn}) f_{r2}t$ $= 5(t_n - t_{rn}) f_{r2} t_n$	외부로 돌출한 노즐내의 보강 유효면적 : 작은 쪽의 값을 사용
	$= A_3 = 5\,t\,t_i f_{r2} = 5\,t\,t_i f_{r2} = 2hti\,f_{r2}$	내부 노즐내의 보강 유효면적
	$= A_{41}$ = 외부 노즐 용접부 = 용접부 = $(\text{leg})^2 f_{r2}$	외부 노즐 용접부의 보강 유효면적
	$= A_{43}$ = 내부 노즐 용접부 = $(\text{leg})^2 f_{r2}$	내부 노즐 용접부의 보강 유효면적
$A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} \geq A$ 인 경우		구멍이 적절히 보강됨
$A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} < A$인 경우		구멍은 자체 보강되지 않으므로 보강부재를 추가하거나 또는 두께가 증가되어야됨.
〈삭제〉 보강부재가 추가되는 경우		
	A = 위의 A와 같다.	보강 요구면적
	A_1 = 위의 A_1와 같다.	보강 유효면적
	$= A_2 = 5(t_n - t_{rn}) f_{r2}t$ $= A_2 = 2(t_n - t_{rn})(2.5\,t_n + t_e) f_{r2}$	외부로 돌출한 노즐내의 보강 유효면적 : 작은 쪽의 값을 사용
	$= A_3$ = 위의 A_3와 같음	내부 노즐내의 보강 유효면적
	$= A_{41}$ = 외부 노즐 용접부 = $(leg)^2 f_{r3}$	외부 용접부의 보강 유효면적(노즐부)
	$= A_{42}$ = 외부 노즐 용접부 = $(leg)^2 f_{r4}$	외부 용접부의 보강 유효면적(동체부)
	$= A_{43}$ = 내부 노즐 용접부 = $(leg)^2 f_{r2}$	내부 노즐 용접부의 보강 유효면적
	$= A_5 = (D_p - d - 2\,t_n)\,t_e\,f_{r4}$	보강 부재 내의 보강 유효면적
$A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + A_5 \geq A$인 경우		구멍이 적절히 보강됨

[그림 610.19] 구멍에 대한 기호 및 식

비고 1. 이 식은 보강 한계내에 있는 직사각형 단면적의 부재에 대해서 적용할 수 있다.



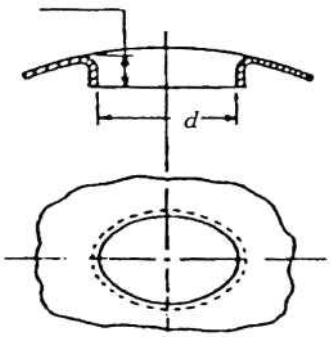
길이방향 축과 면의 각도. θ

[그림 610.19-1] F 값을 결정하기 위한 도표

610.20 동체 및 성형경판에 있는 안쪽으로 오므린 구멍

610.20.1 동체 및 성형경판에 있는 안쪽으로 오므린 구멍은 610.19의 보강에 대한 규정을 만족하여야 한다. 안쪽으로 오므린 플랜지의 두께에 대해서는 경우에 따라 610.9 또는 610.10의 요건을 만족하여야 한다. 610.10에서 사용된 길이 L은 그림 38에 표시된 플랜지 최소 깊이이다. 외압 및 내압 모두를 받는 압력용기에 있는 안쪽으로 오므린 플랜지의 최소 두께는 위에서 구한 2개의 두께 중에서 큰 쪽을 선택하여야 한다.

플랜지의 최소 깊이 :d가 150㎜를 초과할 경우, $3t_r$ 또는 t_r + 75㎜ 중에서 작은 값



[그림 610.20] 구멍에서 안쪽으로 오므린 플랜지의 최소 깊이

610.20.2 임의의 내부 치수가 150㎜를 초과하는 구멍에 있는 끼워 맞춤 플랜지의 최소 깊이는 $3t_r$ 또는 (t_r + 75 ㎜)중에서 작은 값과 같아야 한다. 이때, 플랜지는 부착된 관 또는 안쪽으로 오므린 스테이로 지지되지 않는 경우이며, t_r은 동체 또는 경판의 요구두께이다. 플랜지의 깊이는 안쪽으로 오므린 구멍의 반대쪽에서 장축에 따라 직선자를 대고 이 직선자로부터 플랜지 구멍의 가장자리까지를 측정하여야 한다.(그림 610.20 참조)

610.20.3 안쪽으로 오므린 플랜지의 최소 깊이에 대한 요건은 없다.

610.20.4 자기누출방지형(self-sealing)의 안쪽으로 오므린 플랜지 구멍의 개스킷 패킹에 필요한 지지면은 최소 폭 17mm의 개스킷 폭을 가져야 한다.

610.21 평평한 형태의 경관 및 덮개의 구멍 보강

610.21.1 단일 소형 구멍의 크기가 610.18.4 제4호 가목의 규정 이하인 것과 경판 지름의 1/4 또는 가장 짧은 스팬(span) 이하인 것을 제외한 평평한 형태의 경판 내의 모든 구멍에 적용한다.

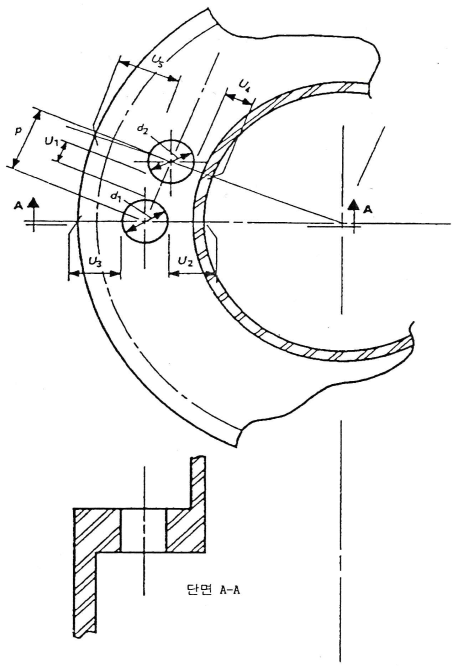
610.21.2 경판 지름의 1/2이하인 지름을 갖는 평 경판의 단일 및 다수의 구멍은 다음과 같이 보강할 수 있다.

1. 경판 지름의 1/2 또는 가장 짧은 스팬 이하인 지름의 단일 구멍이 있는 610.16에서 규정한 평 경판은 구멍의 중심을 지나는 모든 평면에 대하여 다음 식으로 구해지는 값 이상인 보강 총 단면적을 가져야 한다.

$$A = 0.5dt + tt_n(1 - f_{r1})$$

   다만, d, t_n 및 f_{r1}의 정의는 610.19를 참조하고, t의 정의는 610.16을 참조한다.

2. 각각의 구멍 지름이 경판 지름의 1/2을 초과하지 않으며 인접한 한 쌍의 두 구멍 평균지름이 경판 지름의 1/4보다 작은 다수의 구멍은 임의의 인접한 한 쌍의 두 구멍 사이의 간격이 그 두 구멍의 평균지름의 2배 이상인 경우에는 제1호에서 요구하는 것과 같이 개별적으로 보강할 수 있다. 인접한 두 구멍 사이의 간격이 두 구멍 평균지름의 2배보다 작고 1 1/4배 이상인 경우에는 각각의 구멍에 대해서 제1호에 의하여 결정된 요구 보강량을 함께 합산하여야 하고, 그 합의 50%가 두 구멍사이에 위치하도록 분포시켜야 한다.
3. 인접한 두 구멍사이의 리거먼트 폭은 어떠한 경우에도 두 구멍 중에서 작은 구멍 지름의 1/4 이상이어야 한다. 그림 39의 U3와 U5에서와 같이 평경판의 가장자리와 한 구멍의 가장자리 사이의 리거먼트의 폭은 그 한 구멍 지름의 1/4 이상이어야 한다.



p =구멍 중심과 구멍 중심 사이의 간격
U_1, U_2 … = 리거먼트 폭
(d_1+ d_2)/2 = 한 쌍의 구멍 평균 지름

[그림 610.21] 중앙에 큰 구멍이 있는 경판 가장자리의 여러개의 구멍

610.21.3 경판 지름의 1/2 또는 가장 짧은 스팬을 초과하는 지름의 구멍이 있는 610.16에서 규정한 평경판은 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 경판-동체의 접합부는 그림 610.16 (a), (b-1), (b-2), (d) 및 (g)에서 보는 것과 같이 일체형으로 할 수 있다. 또한 경판은 맞대기 용접 또는 그림 33 (a), (b), (c), (d) (e) 또는 (f) 와 같은 이음들과 유사한 완전용입 모서리용접에 의해서 부착할 수 있다. 경판과 동심인 큰 구멍에는 일체로 성형하거나 또는 완전 용입용접에 의해서 일체로 부착된 노즐이 있을 수도 있고 또는 노즐이나 허브를 부착하지 않은 상태일 수 있다.
2. 구멍이 그림 610.21에서 보는 것과 같이 경판과 동심인 중앙 구멍주위의 가장자리(rim) 공간에 위치할 수 있다. 이러한 구멍들은 610.21.2 제1호의 규정을 만족하는 경판의 요구두께를 사용하여 610.21.2 제1호의 식에 따라서 면적 대체법에 의해서 보강할 수 있다. 다수의 가장자리 구멍들은 610.21.2 제2호 및 제3호의 간격에 관한 규정을 만족하여야 한다.
3. 큰 구멍의 형상이 610.21.3 제1호에서 설명한 것과 다를 경우에는 제조자가 안전한 설계를 입증하여야 한다.

610.21.4 610.21.2 제1호에 대한 대안으로서 필요한 보강을 하기 위하여 경판 지름의 1/2이하인 지름을 갖는 단일 구멍을 가진 평경판 및 덮개의 두께를 다음과 같이 증가시킬 수 있다.

1. 610.16.1 제1호의 식 (1) 또는 (3)에서, C 대신 $2C$ 또는 0.75중 작은 값 사용. 다만, 그림 610.16 (b-1), (b-2), (e), (f), (g) 및 (i)에 대해서는 $2C$ 또는 0.50 중에서 작은 값을 사용한다.
2. 610.16.1 제1호의 식 (2) 또는 (5)에서 제곱근 안의 값을 2배하여 계산한다.

610.21.5 각각의 구멍 지름이 경판 지름의 1/2을 초과하지 않으며 인접한 한 쌍의 두 구멍 평균지름이 경판 지름의 1/4배보다 작은 다수의 구멍들은 아래와 같이 보강할 수 있다.

1. 임의의 인접한 한 쌍의 두 구멍 사이의 간격이 그 두 구멍 평균지름의 2배 이상인 경우에는 경판의 두께를 610.21.4에 의해서 결정할 수 있다.
2. 인접한 두 구멍 사이의 간격이 두 구멍 평균지름의 2배보다 작고 1 1/4배 이상인 경우에는 경판의 요구두께는 610.21.4에 의해서 결정되는 두께에 아래의 계수 h를 곱하여 산출하여야 한다. 여기에서,

$$h=\sqrt{\frac{0.5}{e}}$$

$$e=\left[\frac{(p-d_{ave})}{p}\right]\text{최소}$$

e = 경판에 있는 인접한 두 구멍의 최소 리거먼트 효율

p = 인접한 두 구멍 중심사이의 간격

d_{ave} = 고려하고 있는 인접한 두 구멍의 지름

3. 인접한 두 구멍 중심사이 간격이 두 구멍 평균지름의 1 1/4배보다 작은경우 제조자가 설계의 안전성을 입증하여야 한다.
4. 인접한 두 구멍사이의 리거먼트 폭은 어떠한 경우에도 두 구멍 중에서 작은 구멍 지름의 1/4이상이어야 한다.
5. 그림 610.21의 U3 도는 U5와 같은 임의의 한 구멍의 가장자리와 평경판의 가장자리 사이의 리거먼트 폭은 그 구멍지름의 1/4이상이어야 한다.

610.22 보강의 유효범위

610.22.1 압력용기 벽에 수직이고 구멍의 중심을 통과하는 임의의 평면에 있어서 금속이 보강재로서 가치를 갖는 단면의 경계를 해당 평면에서의 보강한계로 정의한다(그림 610.19 참조). 그림 610.22은 두께 t, t_e 와 t_n 또는 t_i 와 지름 d를 사용하여 보강의 한계를 결정하는 것을 보여준다. 모든 치수는 부식된 상태이며, 용어의 정의는 610.19를 참조한다.

610.22.2 압력용기 벽에 평행한 방향으로 측정한 보강의 한계는 구멍 축을 중심으로 좌우 각 방향으로 다음에 주어진 값 중에서 큰 값을 취한다.

1. 가공이 완료된 구멍 지름 d

2. 완성된 구멍의 반지름 R_n 에 압력용기 벽의 두께 t 와 노즐 벽의 두께 t_n 를 더한 길이

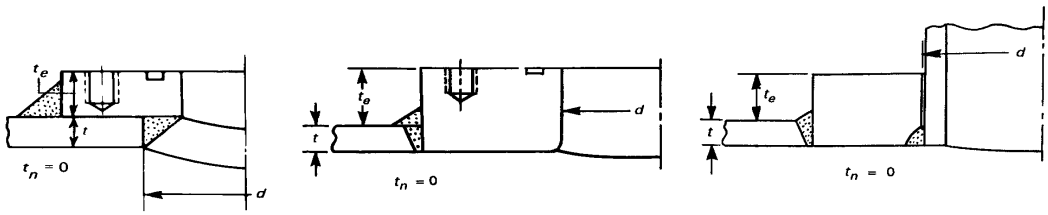
610.22.3 압력용기 벽에 수직인 방향으로 측정한 보강의 한계는 각 면으로부터 윤곽에 따라 다음에 주어진 값 중에서 작은 값으로 한다.

1. 압력용기 벽두께 t 의 2 1/2배
2. 노즐벽 두께 t_n 의 2 1/2배에 여기에서 정의한 t_e를 더한 길이

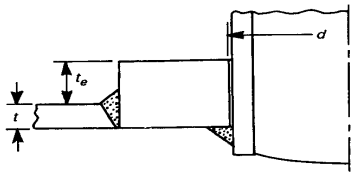
610.22.4 보강의 범위 내에 <삭제> 보강에 유효한 것으로 간주되는 금속은 다음 사항을 포함하여야 한다.

1. 압력용기 벽에서 압력을 견디는데 필요한 두께와 부식여유로 규정된 두께를 초과하는 금속. 보강에 유효한 압력용기 벽의 면적은 그림 610.19의 식으로 구한 A_1중 큰 값으로 한다.
2. 압력용기 벽 외부로 돌출된 노즐 부분에서 압력을 견디는데 필요한 두께와 부식여유로 규정된 두께를 초과하는 금속. 보강에 유효한 노즐 벽의 최대 면적은 그림 610.19의 식으로 구한 A_2 값 중 작은 값으로 한다.
3. 압력용기벽 내부로 돌출한 노즐 벽의 모든 금속 A_3는 노출되어 있는 모든 표면에서 부식여유를 적절히 뺀 후에 포함시킬 수 있다. 내부로 돌출한 노즐의 압력차에 의해 구멍 주위의 동체 응력에 반대 응력을 발생시킬 수 있는 경우에는 이를 보강 면적으로 고려하여서는 아니 된다.
4. 부착용접의 금속 A_4 및 보강으로 추가된 금속 A_5

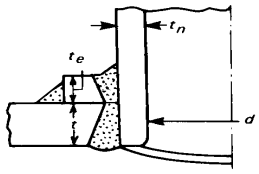
610.22.5 보강한계 내에 있는 볼트조임 플랜지 재료는, 스터드 출구형 플랜지를 제외하고는, 보강에 유효한 것으로 고려해서는 아니 된다. 일체형 허브의 범위 내에 포함되는 재료 이외에, 관판 또는 평경판의 어떠한 재료도 동체나 경판 부근의 구멍에 대한 보강으로 신뢰해서는 안 된다.



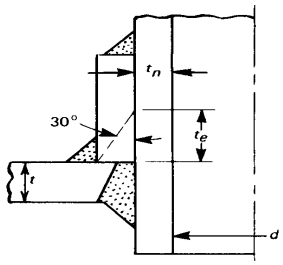
(a-1) (a-2) (a-3)



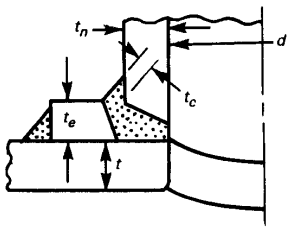
(a-4)



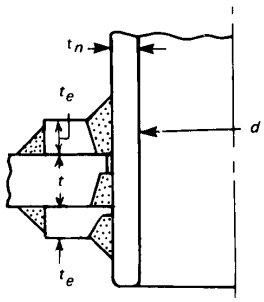
(b-1)



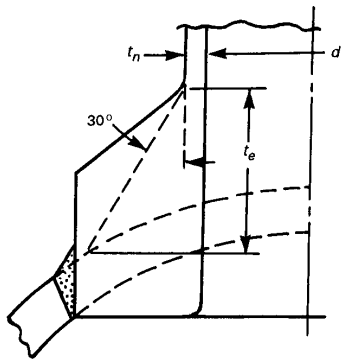
(b-2)



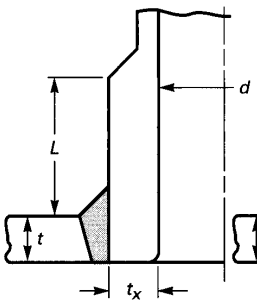
(b-3)



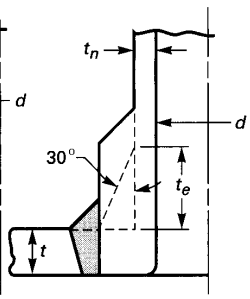
(c)



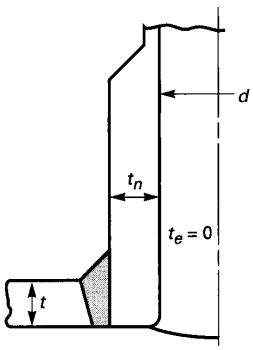
(d)



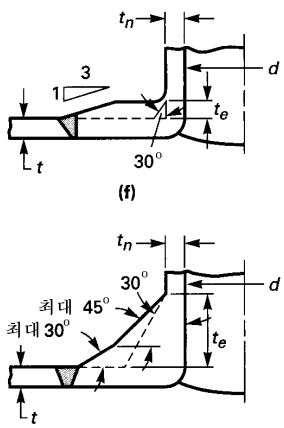
(e)



(e1)



(e-2)

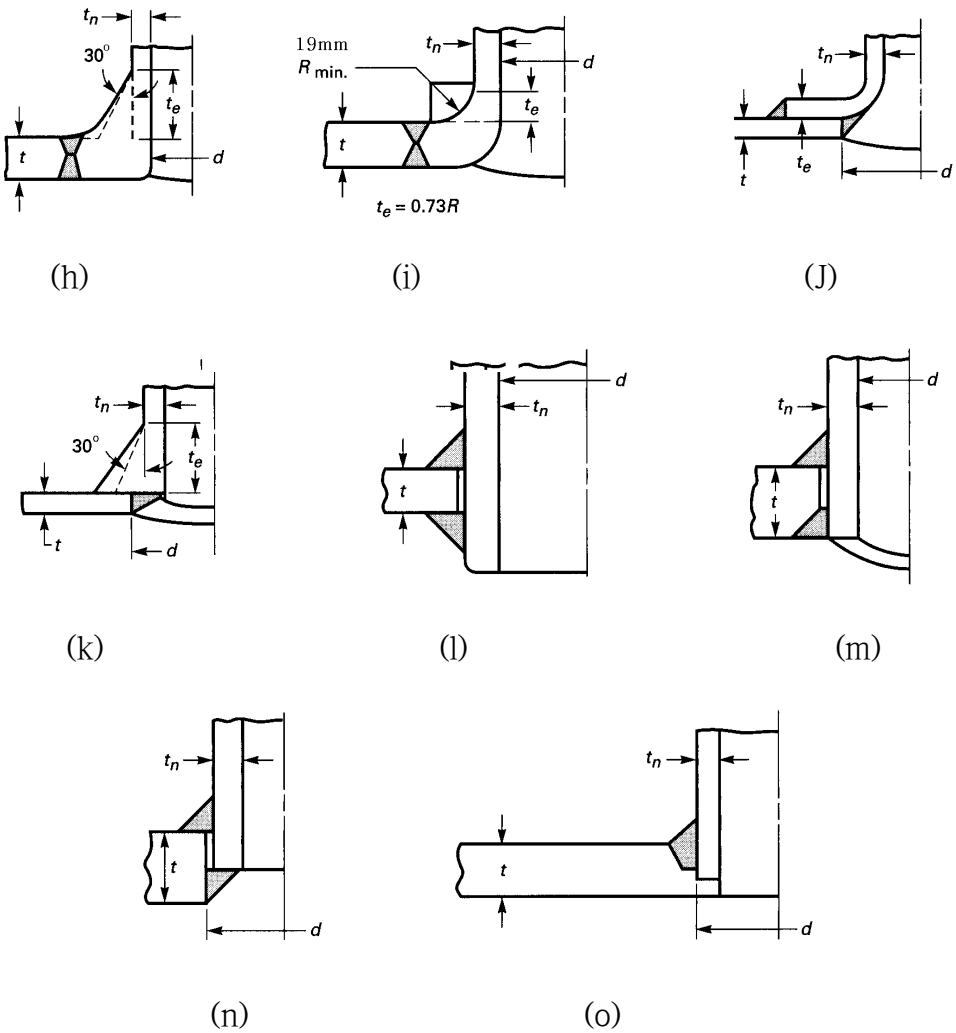


(g)

그림 [(e),(e-1) 및 (e-2)]

L 〈 2.5tx 이면 그림 (e-1) 사용

L ≥ 2.5tx 이면 그림 (e-2) 사용



[그림 610.22] 보강치수 t_e 및 구멍치수 d 를 설명하는 대표적인 형상

610.23 보강의 강도

610.23.1 보강에 사용되는 재료의 허용응력은 압력용기 벽 재료의 허용응력과 같거나 큰 값을 가져야 한다. 다만, 이러한 재료를 구입하기 어려운 경우에는 낮은 강도의 재료를 사용하여 보강할 수 있으나 이 경우에는 그 재료의 낮은 허용응력을 보상하기 위해서 두 금속의 허용응력 비율에 반비례하여 보강재의 면적을 증가시켜야 한다.

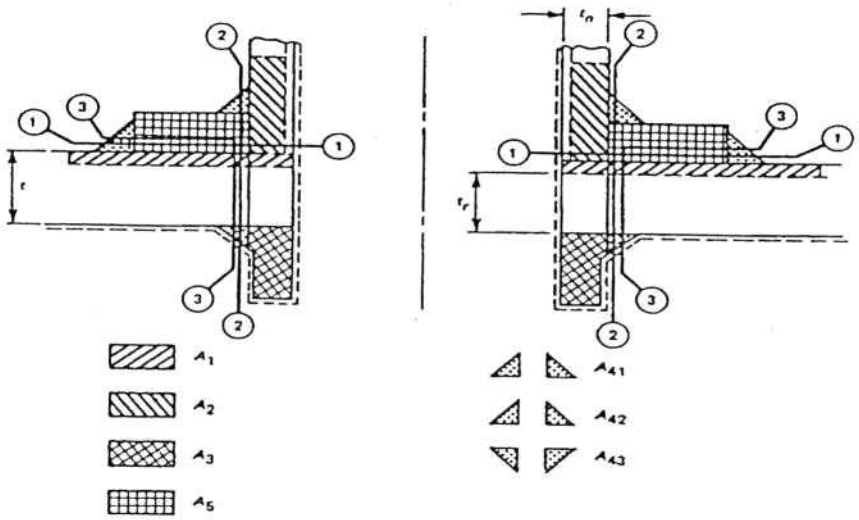
610.23.2 610.22.1에서 정의한 평면의 각 방향에서, 압력용기 벽과 보강재 또는 부착되는 보강재의 임의의 두 부분을 연결하는 부착부의 강도는 다음 중 작은 값 이상이어야 한다.

1. 계산하고 있는 보강요소에 대한 단면의 인장강도(그림 610.23의 W_{1-1}, W_{2-2}, W_{3-3} 참조)

2. 610.22.4에 의해서 허용되는 것과 같이 압력용기 벽과 일체인 보강면적의 인장강도를 뺀 610.19에서 정의한 면적의 인장강도

610.23.3 부착이음의 강도는 610.22에 정의된 보강면적 평면의 각 방향에서 부착이음의 전체 길이에 대해서 고려하여야 한다. 비원형 구멍의 경우에는 구멍의 평행한 변을 가로지르고 구멍 반원의 중심을 통과하는 평면의 한 변에서의 부착이음 강도에 대해서도 고려하여야 한다.

(a) 압력용기벽에 관통하여 삽입된 노즐넥을 갖는 노즐부 상세



W = 총 용접하중[② 2.]

= $\{A - A_1 + 2t_n f_{r1}(E_1 t - Ft_r)\} S_v$

W_{1-1} = 강도 단면 1-1에 대한 용접하중 [② 1.]

= $(A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$

W_{2-2} = 강도 단면 2-2에 대한 용접하중 [② 1.]

= $(A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2t_n tf_{r1}) S_v$

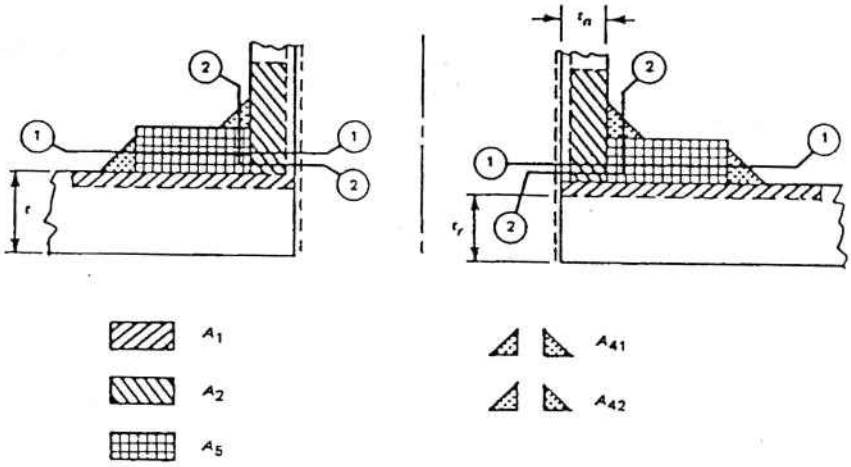
W_{3-3} = 강도 단면 3-3에 대한 용접하중 [② 1.]

= $(A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2t_n tf_{r1}) S_v$

비고1. A_1, A_2, A_3, A_5 및 A_{4i}는 계수 f_{rx}에 의해서 보정된다.

2. 용어의 정의는 610.19 및 그림 610.19에서 설명한 것과 같다.

(b) 압력용기벽에 맞대기 용접된 노즐넥을 갖는 노즐부 상세



W = 총 용접하중 [② 2.]

= $(A - A_1) S_v$

W_{1-1} = 강도 단면 1-1에 대한 용접하중 [② 1.]

= $(A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$

W_{2-2} = 강도 단면 2-2에 대한 용접하중 [② 1.]

= $(A_2 + A_{41}) S_v$

비고1. A_1, A_2, A_5 및 A_{4i}는 계수 f_{rx}에 의해서 보정된다.

2. 용어의 정의는 610.19 및 그림 610.19에서 설명한 것과 같다.

[그림 610.23] 노즐 부착 용접에서의 하중과 용접강도

610.24 다수 구멍의 보강

610.24.1 임의의 두 구멍이 보강한계가 겹칠 정도의 간격으로 위치해 있으면[그림 610.24(a) 참조] 두 구멍은 중심을 연결하는 평면에서 610.19, 610.20, 610.22 및 610.23에 따라, 그리고 각각의 해당 규정 및 각각의 구멍에 대해서 요구되는 보강 면적의 합계 이상의 면적을 갖는 조합된 보강면적으로 보강하여야 한다. 단면의 어느 부분도 하나 이상의 구멍 보강에 기여하는 것으로 생각해서는 안 되며, 또한 조합 면적도 한 번 이상 고려해서는 아니 된다.

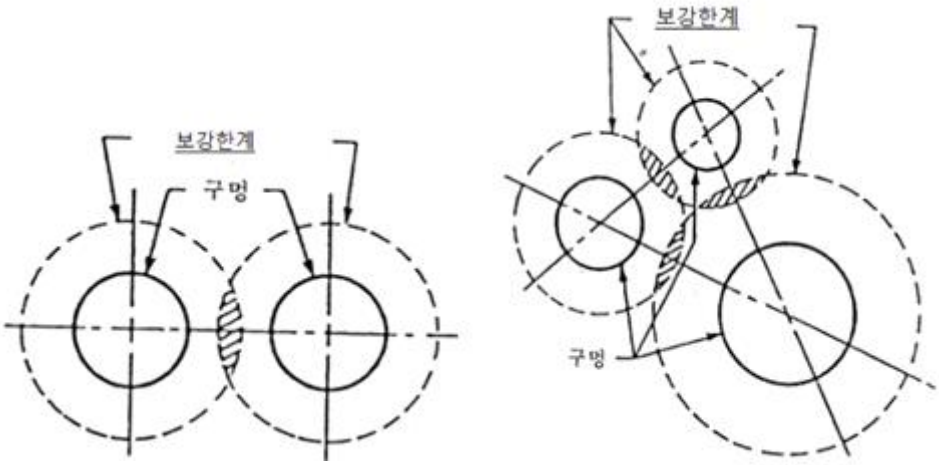
1. 겹친 면적을 갖는 두 구멍들 사이의 경판 또는 동체의 유효 면적은 두 구멍 사이의 지름의 비로 배분하여야 한다.
2. 원통형과 원뿔형에 대해서는 두 구멍사이의 보강면적이 두 구멍에 대해서 요구되는 전체면적의 50% 미만이면 610.18.3 제3호가목의 규정을 따라야 한다.
3. 동일 중심선 상에 있는 일련의 모든 구멍은 연속적으로 짝을 이루는 구멍으로 취급하여야 한다.

610.24.2 3개 이상의 구멍이 610.24.1과 같이 배치되어 있고[그림 610.24(b) 참조], 조합 보강을 해야 하는 경우, 임의의 두 구멍 중심 사이의 최소 거리는 평균 지름의 1⅓배 이상이어야 하고, 두 구멍 사이의 보강 면적은 두 구멍에 대해 요구되는 총 보강면적의 50% 이상이어야 한다. 이 두 구멍간 중심거리가 이들 구멍 평균 지름의 ⅓ 배미만일 경우, 이들 구멍 간 재료의 어느 부분도 보강으로 인정해서는 아니 된다. 이러한 구멍은 610.24.3에 따라서 보강하여야 한다.

610.24.3 대안으로, 임의로 배열된 임의의 수의 인접한 구멍들은 모든 구멍을 포함하는 하나의 큰 구멍으로 가정하여 보강할 수 있다. 가정한 구멍의 보강한계는 610.22.2 제1호 및 610.22.3 제1호에 따라야 한다. 실제 구멍의 노즐 벽은 보강에 유효한 것으로 간주해서는 안 된다. 가정한 구멍의 지름이 610.18.3 제1호의 한계를 초과할 경우에는 610.18.3 제3호 가목의 규정을 따라야 한다.

610.24.4 다수의 구멍이 동체 또는 경판 내에 맞대기 용접된 두꺼운 부분으로 보강할 경우에는 삽입하는 부분의 가장자리는 최소한 3:1로 테이퍼(taper)가공하여야 한다.

610.24.5 원통형 또는 원뿔형동체에 2개 이상의 연속된 구멍이 규칙적으로 배치되어 있는 구멍들에 대해서는 610.29의 리거먼트에 대한 규정에 따라서 보강할 수 있다.



(a) 보강한계가 겹치는 2개 이상의 구멍　　(b) 보강 한계가 겹치는 3개 이상의 구멍

[그림 610.24] 다수 구멍의 예

610.25 압력용기벽에 관과 노즐넥을 부착하는 방법

압력용기벽에 관과 노즐넥을 부착하는 방법은 605.20을 준용한다.

610.26 플랜지 및 관이음쇠

610.26.1 아래의 규격은 플랜지 및 관이음쇠에 사용할 수 있다. 압력-온도 등급은 해

당 규격에 따라야 한다. 다만, 부속서 5(ASME B 16.9) 및 부속서 6(ASME B 16.11)의 이음쇠에 대한 압력-온도 등급은 해당 재료의 최대허용응력을 사용하여 이 규격의 규정에 따라서 이음매 없는 직선관으로 계산하여야 하며 ASME 규격에서의 두께에 대한 허용공차를 적용하여야 한다.

1. 부속서 4(ASME/ANSI B 16.5), 관 플랜지와 플랜지식 관이음쇠
2. 부속서 5(ASME B 16.9), <삭제> 단강재의 맞대기 용접이음쇠
3. 부속서 6(ASME B 16.11), 소켓용접 및 나사식 단조이음쇠
4. 부속서 7(ANSI/ASME B 16.15), 청동 주조 구리 합금 나사식 이음쇠, 클래스 125 및 250
5. 부속서 8(ASME B 16.20), 관플랜지용 금속 개스킷 - 링 조인트, 나선형감김 및 재킷형
6. 부속서 9(ASME B 16.24), 주조 구리 합금 관 플랜지 및 플랜지식 이음쇠, 클래스 150, 300, 400, 600, 900, 1500 및 2500
7. 부속서 12(ASME/ANSI B 16.42), 덕타일주철 관 플랜지 및 플랜지식 이음쇠, 클래스 150 및 300
8. 부속서 13(ASME B 16.47), 대구경 강재 플랜지, 공칭지름 DN 650부터 DN 1500까지

610.26.2 단조된 노즐 플랜지는 다음 사항의 모든 것을 만족할 때 부속서 4(ASME B 16.5) 및 부속서 13(B 16.47)의 플랜지 재료 사용의 압력-온도 등급을 사용할 수 있다.

1. 단조된 노즐 플랜지는 안지름을 제외하고 부속서 4(ASME B 16.5)의 플랜지이음의 모든 치수 요구사항에 적합하여야 한다. 단조된 노즐 플랜지의 안지름은 부속서 4(ASME B 16.5)에 주어진 분류 랩조인트 플랜지 안지름이나, 그와 같은 크기의 안지름을 초과하지 않아야 한다.
2. 단조 노즐넥의 바깥지름은 부속서 4(ASME B 16.5)에 분류된 랩조인트 플랜지와 허브 지름과 같은 크기와 최소한 같아야 한다. 더 큰 허브 지름은 멈춤장치의 지름에 제한되어져야 한다.

610.26.3 외부 하중(외력 및 굽힘 모멘트)은 위 610.26.1.1, 610.26.1.8 및 610.26.2에 따라 선택한 용접 넥 플랜지의 플랜지 조인트에 대해 다음 요건을 사용하여 평가할 수 있다.

1. 설계 온도에서 용기의 최대허용사용압력[플랜지에 작용하는 정압에 대해 보정됨]은 플랜지의 압력-온도 등급을 초과할 수 없음
2. 볼트의 실제 조립하중은 KEPIC-MMB, 부록O를 따라야 한다.
3. 볼트 재료는 명시된 볼트 크기 및 온도에서 SA-193 B8 Cl.2와 같거나 그 이상의 허용 응력을 가져야 한다.
4. 외부 모멘트 및 외부 축방향 힘과 용기의 최대허용사용압력[플랜지에 작용하는 정압에 대해 보정됨]의 조합은 다음의 식을 만족해야 한다(이 식의 변수 단위는 압력

등급과 일치해야 한다).

$$16M_E + 4F_E G \le \pi G^3 \left[(P_R - P_D) + F_M P_R \right]$$

F_E = 외부 인장축방향 힘

F_M = 표 610.26에 따른 모멘트 계수

G = 가스켓 반력 지름

M_E= 외부모멘트

P_D= 설계온도에서 용기의 최대허용사용압력[플랜지에 작용하는 정압에 대해 보정됨)

P_R = 설계온도에서 플랜지압력등급

[표 610.26 모멘트 계수, F_M]

플랜지 압력등급(Class)							
표준	크기범위	150	300	600	900	1500	2500
ASME B16.5	≤ NPS 12	1.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	> NPS 12 and ≤ NPS 24	1.2	0.5	0.5	0.3	0.3	-
ASME B16.47							
Series A	모든크기	0.6	0.1	0.1	0.1	-	-
Series B	< NPS 48	주(1)	주(1)	0.13	0.13	-	-
	≥ NPS 48	0.1	주(2)	-	-	-	-

비고:

1. 표 610.26에서 모멘트 계수 값을 제공하지 않는 크기 범위와 플랜지 압력등급의 조합은 이 표의 범위를 벗어난다.
2. 설계자는 하중이 기본적으로 유지되고 가스켓의 크리프/이완이 예상되는 온도에서의 운전되는 볼트 체결 플랜지 조인트의 경우, 모멘트 계수의 축소를 고려해야 한다.

주:

(1) $F_M = [0.1 + (48 - NPS)]/56$

(2) $F_M = 0.1$(NPS 60, 등급300을 제외한 경우에는 $F_M = 0.03$)

610.27 노즐넥의 두께

610.27.1 출입 및 검사용 구멍의 경우, 노즐 넥의 최소벽두께는 아래와 같이 결정한다.
노즐넥의 두께 $= t_a$
610.27.2 기타 구멍의 경우, 노즐 넥의 최소벽두께는 아래와 같이 결정한다.
$t_b = \min[t_{b3},\ \max(t_{b1},\ t_{b2})]$
노즐넥의 두께$= \max(t_a,\ t_b)$
여기서
t_a = 610.9 및 610.10에서와 같이 내압과 외압을 받는 최소 노즐 넥 두께(부식 및 나사 가공 여유 포함). 추가하중은 610.8.4와 같은 기타하중으로부터의 외력과 모멘트의 영향을 고려하여야 한다. 610.8.4에 의해 발생되는 전단응력은 그 노즐 재료의 허용인장응력의 70%를 초과하지 않아야 한다.
t_{b1} = 내압을 받는 용기의 경우
노즐 넥 또는 다른 연결부가 압력용기에 부착되는 위치에서 동체, 또는 경판의 압력(E=1.0으로 가정)에 요구되는 두께(부식여유 포함), 그러나 어떠한 경우에도 610.8.6 제1호에서 그 재료는 규정된 최소두께 이상.
t_{b2} = 외압을 받는 용기의 경우
노즐 넥 또는 다른 연결부가 압력용기에 부착되는 위치에서 동체 또는 경판에 대한 공식에서 등가설계내압(E=1.0으로 가정)으로서 설계외압을 사용하여 얻는 요구되는 두께(부식여유 추가), 그러나 어떠한 경우에도 610.8.6 제1호에서 그 재료에 대해서 규정된 최소두께 이상.
t_{b3} = 아래 표의 두께 + 부식여유

[표] 노즐 최소두께 요건

공칭크기	최소벽두께 [610.8.6 제3호 참조]
	mm
DN 6 DN 8 DN 10 DN 15 DN 20	1.51 1.96 2.02 2.42 2.51
DN 25 DN 32 DN 40 DN 50 DN 65	2.96 3.12 3.22 3.42 4.52
DN 80 DN 90 DN 100 DN 125 (DN 150	4.80 5.02 5.27 5.73 6.22
(DN 200 DN 250 DN 300	7.16 8.11 8.34

비 고 : 표준 DN의 바깥지름과 동일하지 않은 특정 바깥지름을 가진 노즐의 경우, 표로부터 선택한 DN는 노즐 바깥지름보다 큰 바깥지름을 가진 것이어야 한다.

610.28 검사용 구멍

610.28.1 압축공기용으로 사용되는 모든 압력용기 및 침식 또는 기계적 마모가 되는 부품을 갖거나 내부가 부식되는 압력용기에는 검사나 청소를 위하여 맨홀, 핸드홀 또는 다른 검사용 구멍을 설치하여야 하며, 검사용 구멍은 610.28.2에 규정된 압력용기, 그리고 고정 관판식, U-튜브, 부동튜브(floating tube)와 같이 구조상 접근을 허용하지 않는 열교환기의 동체 쪽에는 생략할 수 있다.

610.28.2 감지구멍을 둘 경우 용기의 안지름이 900㎜를 넘지 않으며 오직 부식만이 문제가 되는 압력용기에는 610.28.1에서 요구하는 검사용 구멍을 설치하지 않아도 좋다. 다만, 부식이 예상되는 압력용기 내부 표면적의 0.9㎡당 1개의 비율로 구멍을 배치하고 또한, 압력용기당 균일하게 배치된 감지구멍이 최소한 4개 이상 있어야 한다. 이항은 압축공기를 내장하는 용기에는 적용하지 않는다.

610.28,3 고유의 운전조건 때문에 부식을 방지하는 물질을 포함하고 공기압을 받는 안

지름이 300㎜ 이상인 압력용기는 검사용만으로 한정된 구멍은 필요하지 않다. 다만, 압력용기에는 검사를 용이하게 할 수 있는 적당한 구멍이 있고, 또한 그 구멍이 610.28.6의 검사용 구멍에 대한 요건과 동등한 치수와 수량인 경우에 한한다.

610.28.4 안지름이 300㎜ 또는 그 이하인 압력용기는, 분리가 가능한 공칭지름 DN 20 이상인 관 연결부가 최소한 두 개 이상 있는 경우에는 검사전용 구멍은 생략할 수 있다.

610.28.5 용기의 안지름이 300㎜ 초과 400㎜ 미만인 압력용기에는 최소한 두 개의 핸드홀 또는 공칭지름 DN 40 이상인 나사식 관마개 검사용구멍이 최소한 두 개 있어야 한다. 다만, 다음에서 허용하는 경우에는 예외이다. 안지름이 300㎜ 초과 400㎜ 미만까지의 압력용기를 검사할 때 압력용기를 조립체로부터 분리하지 않고는 검사할 수 없도록 되어 있을 경우에는 분리 가능한 공칭지름 DN 40 이상인 관 연결부가 최소한 두 개 있으면 검사전용 구멍은 생략할 수 있다.

610.28.6 출입용 또는 검사용 구멍을 필요로 하는 압력용기에는 다음과 같은 것을 설치하여야 한다.

1. 안지름이 300㎜ 초과 450㎜ 미만인 모든 압력용기는 최소 두 개의 핸드홀 또는 공칭지름이 DN 40이상인 두 개의 나사식 관마개가 있는 검사용 구멍을 설치하여야 한다.
2. 안지름이 450㎜에서 900㎜까지의 모든 압력용기는 한 개의 맨홀 또는 최소한 두 개의 핸드홀 또는 공칭지름 DN 50 이상인 최소한 두 개의 나사식 관마개가 있는 검사용 구멍을 설치하여야 한다.
3. 안지름이 900㎜를 초과하는 모든 압력용기는 한 개의 맨홀이 있어야 한다. 다만, 압력용기의 모양 또는 용도에 의해서 맨홀의 설치가 곤란한 경우에는 최소한 두 개의 100㎜ × 150 ㎜ 크기의 핸드홀 또는 동등한 면적을 갖는 최소한 2개의 구멍을 설치하여야 한다.
4. 맨홀을 대신하여 핸드홀이나 나사식 관마개 구멍이 검사용 구멍으로 사용할 수 있도록 허용되는 경우에는 1개의 핸드홀 또는 한 개의 나사식 관마개 구멍을 각각의 경판 또는 각 경판 근처의 동체에 설치하여야 한다.
5. 다른 목적으로 사용하는 분리가 가능한 경판이나 덮개판의 구멍이 최소한 요구되는 검사용 구멍의 크기와 동일하다면, 이 구멍을 검사용 구멍 대신으로 사용할 수 있다.
6. 분리가 가능한 경판이나 덮개판의 단일 구멍이 최소한 검사용 구멍과 동등한 정도로 내부점검이 가능한 위치와 크기를 갖는다면 이 단일 구멍을 모든 소형 검사용 구멍 대신 사용할 수 있다.
7. 배관, 기기류 또는 이와 비슷한 부착물들과 연결되는 분리가 가능한 플랜지 연결부 또는 나사연결부가 다음을 만족한다면, 이들 연결부를 요구되는 검사용 구멍 대신

으로 사용할 수 있다.

가. 연결부는 요구되는 구멍의 크기와 최소한 동등하여야 한다.

나. 연결부가 요구되는 검사용 구멍과 동등하게 내부점검이 가능하도록 위치하고 적절한 크기를 가져야 한다.

610.28.7 검사용 및 출입용 구멍이 필요할 경우 구멍은 최소한 다음 요건에 따라야 한다.

1. 타원형 또는 장원형 맨홀은 300㎜ × 400㎜보다 커야하고 원형 맨홀은 안지름이 400㎜ 이상이어야 한다.
2. 핸드홀용 구멍은 50㎜ × 75㎜ 이상이어야 하나, 구멍의 위치와 압력용기의 크기에 부합하는 크기이어야 한다.

610.28.8 동체 또는 스테이로 지지되지 않는 경판의 모든 출입용과 검사용 구멍은 이 기준의 규정에 따라서 설계하여야 한다.

610.28.9 나사식 구멍이 검사용 또는 청소용으로 사용될 경우, 누출방지용 플러그나 캡은 압력을 견딜수 있는 적합한 재료로 제작하여야 하고, 어떠한 재료도 이 기준에서 허용하는 최고온도를 초과하는 온도에서 사용해서는 안 된다. 나사는 표준 테이퍼관이나사이어야 한다. 다만, 누출을 방지하는 다른 누출방지 수단을 사용하는 경우에는 최소한 동일 강도의 곧은 나사를 사용할 수 있다.

610.28.10 내압이 덮개판을 평판 개스킷 쪽으로 눌러 붙이는 형태의 맨홀은 최소 17㎜의 개스킷 지지폭을 가져야 한다.

610.29 리거먼트

610.29.1 규칙배열 리거먼트는 “605 보일러 및 부속설비” 605.24를 준용한다.

610.29.2 불규칙배열 리거먼트는 “605 보일러 및 부속설비” 605.25를 준용한다.

610.30 판재 및 기타 자재의 절단

610.30.1 판, 경판의 가장자리 및 기타 부품은 기계가공, 전단 및 연삭 등의 기계적인 방법과 산소절단 또는 아크절단에 의해서 소정의 형상 및 치수로 절단할 수 있다. 산소절단 또는 아크절단 후에, 모든 슬래그 또는 용해된 재료의 유해한 변색부분은 다음 제작공정 또는 사용 전에 기계적인 방법으로 제거하여야 한다.

610.30.2 완성된 압력용기에서 노즐 또는 맨홀 넥(neck)의 끝 면이 용접되지 않은 상태로 남아있는 경우, 노즐 및 맨홀 넥의 끝 부분의 여분의 재료를 다른 방법으로 매끄럽게 제거한다면, 전단가공으로 절단할 수 있다.

610.30.3 노출된 안쪽 가장자리는 모따기를 하거나 곡면으로 가공하여야 한다.

610.31 동체부분 및 경판의 성형

610.31.1 열처리에 의해서 인장성능이 향상된 모든 탄소강과 저합금강, 비철합금, 고합

금강 및 페라이트강의 냉간가공은 아래의 요건에 따라야 한다.

1. 탄소강 및 저합금강 판은 타격에 의하여 냉간 성형해서는 아니 된다.
2. 탄소강 및 저합금강 판은 타격에 의한 성형이 판에 해로운 변형을 주지 않고 용접 후열처리를 실시하는 경우에는 단조온도에서 타격으로 성형할 수 있다.
3. 원통형 압력용기의 길이방향 이음부 가장자리는 완성된 이음부를 따라 좋지 않은 평평한 부분이 발생되지 않도록 하기 위해 예비 압연 또는 성형에 의해서 먼저 적당한 곡률로 성형하여야 한다.

610.31.2 냉간 성형으로 제작되는 탄소강판 및 저합금 강판의 압력용기 동체 부분, 경판, 기타 압력을 받는 부재는 냉간 성형 결과로 최대 신장율(extreme fiber elongation)이 압연상태를 기준하여 5%를 초과하고 다음 조건 중의 어느 하나라도 해당하는 경우에는 냉간 성형 이후에 열처리를 하여야 한다.

1. 압력용기가 액체 또는 기체상태의 치사적 물질을 저장할 때
2. 재료의 충격시험이 요구될 때
3. 냉간 성형 전 부품의 두께가 16㎜를 초과할 때
4. 압연상태의 두께를 기준으로 냉간 성형에 의한 두께감소가 10% 이상 일 때
5. 성형 중에 재료의 온도가 120℃～480℃의 범위 일 때
6. P-No. 1, Gr No. 1 및 2의 재료는 제1호부터 제5호까지에 열거한 조건에 해당되지 않아도 최대 신장율이 40% 초과하면 열처리를 실시하여야 한다.

가. 재료의 최대신장율은 다음의 식으로 계산하여야 한다.

(1) 단일 곡면의 경우 (예 : 원통)

최대 신장율(%) = $\frac{50t}{R_f}\left(1-\frac{R_f}{R_o}\right)$

(2) 이중 곡면의 경우 (예 : 경판)

최대 신장율(%) = $\frac{75t}{R_f}\left(1-\frac{R_f}{R_o}\right)$

여기에서, t = 판 두께, ㎜

R_f = 최종 중심선의 반지름, ㎜

R_o = 최초 중심선의 반지름(평판의 경우는 무한대), ㎜

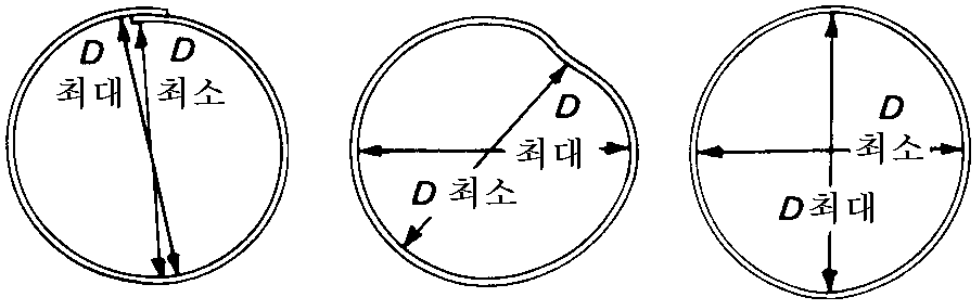
610.32 원통형, 원뿔형 및 구형동체의 허용진원도

610.32.1 내압을 받는 완성된 압력용기의 동체는 실질적으로 둥근 형상이어야 하고, 그림 610.32과 같이 임의의 단면에서 최대 및 최소 안지름의 차이는 해당 단면에서 내면 또는 외면 측정 어느 경우라도 공칭지름의 1% 이하이어야 한다.

1. 단면이 구멍이 만들어진 곳을 통과하거나 또는 단면이 구멍 중심으로부터 측정하여 구멍 안지름의 1배까지는 위에 주어진 안지름의 허용오차는 구멍안지름의 2%

만큼 늘일 수 있다.

2. 경판과 동체의 이음부를 포함한 다른 임의의 단면이 압력용기의 축에 수직으로 통과하는 경우, 그 임의 단면에서의 지름의 차이는 1% 이하이어야 한다.
3. 길이방향 겹치기 이음을 하는 압력용기에 대해서, 안지름의 허용오차는 판의 공칭 두께 만큼 크게 할 수 있다.



[그림 610.32] 원통형, 원뿔형 및 구형 동체의 최대 및 최소 안지름의 차이

610.32.2 외압을 받는 압력용기의 동체는 임의의 단면에서 다음 요건들을 만족하여야 한다.

1. 610.32.1에서 규정하는 진원도에 대한 값
2. 압력용기 내 · 외면에서 반지름 방향으로 측정한 진원형상으로부터의 양 또는 음의 최대 편차는 “605 보일러 및 부속설비” 그림 605.29로부터 얻어지는 최대 허용편차 e 이하여야 한다.

가. 곡선의 위쪽 또는 아래쪽에 오는 점들에 대해서는 각각 다음의 값을 사용하여야 한다.

e = 1.0 t 또는 e = 0.2 t

나. 측정은 설계 안쪽반지름 또는 바깥반지름(측정하는 곳이 어딘가에 따라)을 갖고 그림 610.11-1에서 구한 원호길이의 2배와 같은 현의 길이를 갖는 활꼴의 원형평판을 가지고 실시하여야 한다. 그림 610.11-1 및 “605 보일러 및 부속설비” 그림 605.29에 있는 L 및 Do 의 값은 다음과 같이 결정하여야 한다.

다. 원통형의 경우에는 610.10에서 정의한 L 및 Do

라. 원뿔형 또는 원뿔형 단면의 경우에는 그림에서 사용되는 L 및 Do 값은 610.15에 정의된 용어로서 아래에 주어진다.

아래의 모든 경우에 대해서,

$$Le = 0.5L\left(1+\frac{D_s}{D_L}\right)$$

(1) 큰 지름 단부에서는

L = Le

Do = DL

(2) 작은 지름 단부에서는

$$L = Le\left(\frac{D_L}{D_s}\right)$$

Do = Ds

(3) 중간 지름에서는

$$L = Le\left[\frac{2D_L}{(D_L + D_s)}\right]$$

Do = 0.5(DL + Ds)

(4) 바깥지름이 Dx 인 임의의 단면에서는

$$L = Le\left(\frac{D_L}{D_x}\right)$$

Do = Dx

마. 구형 동체의 경우에 L 은 바깥지름 Do 의 1/2이다.

3. 원통 및 구형의 경우 t 값은 다음과 같이 결정한다.

가. 맞대기 이음을 하는 압력용기의 경우, t 는 판의 공칭두께에서 부식여유를 제외한 두께이다.

나. 길이방향 겹치기 이음을 하는 압력용기의 경우, t 는 판의 공칭두께이고, 허용편차는 t + e 이다.

다. 임의의 단면에서 동체가 두께가 다른 판으로 제작되는 경우, t 는 가장 얇은 판의 공칭두께에서 부식여유를 제외한 두께이다.

4. 원뿔형 및 원뿔형 단면부의 경우, t 값은 610.32.2 제3호에 따른다. 다만, 이 경우 610.32.2 제3호가목부터 다목까지의 t 값은 610.15에서 정의한 te 값으로 대체하여야 한다.

5. 610.32.2 제2호의 요건은 원통 및 원뿔에 대해서 회전축에 직각인 임의의 평면에서 그리고 구형에 대해서 임의의 큰 원을 형성하는 평면에서 만족하여야 한다. 원뿔 및 원뿔부의 경우, 610.32.2 제2호 라목 (1), 610.32.2 제2호 라목 (2) 및 610.32.2 제2호 라목 (3) 위치에서 확인하여야 한다.

6. 측정은 용접선 위나 또는 다른 돌출부가 아닌 모재의 표면에서 실시하여야 한다.

7. 원통형 압력용기의 실제 사용 철판의 공칭두께가, 610.10에 따라 외압으로 설계된 최소 요구 두께를 초과하고 그 초과 두께에 부식여유와 압축력을 유발하는 하중이 요구되지 않을 경우, 공칭두께를 사용하여 결정한 최대 허용 편차 e는 공칭 두께의 B값을 최소 요구두께의 B값으로 나눈 비율만큼 증가시킬 수 있으며, 최대 e값을 측정하기 위한 현의 길이는 실제 사용한 철판의 공칭두께를 이용한 Do/t에 의해 결정하여야 한다.

8. 내압 또는 외압을 받는 관 또는 튜브로 제작된 용기와 구성부품은 제작 표준의 허용 범위에 따라 지름(측정된 바깥지름)의 변동이 있을 수 있다.

610.33 성형경판의 허용오차

610.33.1 접시형, 접시원뿔형, 반구형 또는 타원형 경판의 내면은 규정된 형상으로부터 바깥쪽으로 D 의 1.25%를 초과하거나 또는 안쪽으로 D 의 0.625%를 초과하는 오차가 생겨서는 아니 된다. 여기에서 D 는 부착 부분에서 압력용기 동체의 공칭 안지름이다. 이러한 오차는 규정된 형상에 대하여 수직으로 측정하여야 하고 급격한 변화가 있어서는 아니 된다. 너클의 반지름은 규정 값 이상이어야 한다.

610.33.2 외압에 대하여 설계된 반구형 경판 또는 접시형 경판의 임의의 구형부분 또는 타원형 경판은, 제1항을 만족함과 동시에, L/Do 에 대해서 0.5의 값을 사용하여 610.32.2의 구형 동체에 대하여 규정한 허용오차를 만족하여야 한다.

610.33.3 610.33.1에서 규정한 오차를 구하기 위한 측정은 모재의 표면에서 하여야하고 용접부에서 측정해서는 아니 된다.

610.33.4 경판 스커트는 최대 및 최소 안지름의 차이가 공칭지름의 1% 이하가 되도록 충분한 진원이 되어야 한다.

610.33.5 스테이로 지지되지 않는 임의의 성형경판의 스커트를 동체의 안쪽 또는 바깥쪽으로 억지끼워 맞춤하기 위하여 기계가공을 하는 경우에는 그 두께는 본래 경판두께의 90% 보다 또는 부착부분의 동체 두께보다 얇아서는 아니 된다. 이러한 기계가공을 한 경우에는 가공두께로부터 경판의 처음 두께까지 치수변화가 급격해서는 안 되며, 최소한 그 두께 차이의 3배 이상 거리로 경사지게 하여야 한다.

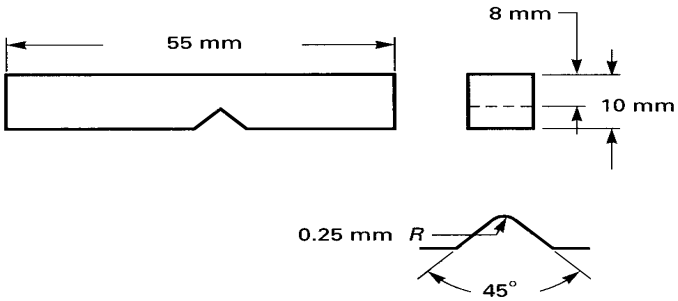
610.34 샤르피 충격시험

610.34.1 사용재료의 종류와 관련한 규정에서 요구되는 경우, 압력에 의하여 응력을 받는 동체, 경판, 노즐 및 기타 압력용기 부품 재료에 대하여 실시하여야 한다.

610.34.2 충격시편은 샤르피 V-노치 형식으로 하고, 1조는 3개로 구성하여야 하며, 그림 610.34에 있는 모든 치수를 만족하여야 하며, 충격시험의 절차와 장치는 SA-370 또는 ISO 148 (파트 1, 2 ,3)의 해당 규정을 만족하여야 한다.

1. 채취가 가능한 경우, 표준시편(10㎜×10㎜)은 제2호에서 달리 허용된 경우를 제외하고 공칭두께가 11㎜ 이상인 재료를 사용하여야 한다.
2. 규정된 시험온도에서 10㎜×10㎜의 표준규격 시편을 사용하여 시험할 때, 흡수 에너지가 일반적으로 240J을 넘는 재료의 경우에는 표준규격 시편 대신에 소형시편(10㎜ × 6.7㎜)을 사용할 수 있다. 다만, 소형시편을 선택한 경우에는 각 시편에 대한 합격 값을 100J로 하여야 하고, 또한 횡 팽창량을 mm 단위로 측정하여야 한

다.



[그림 610.34] 단순 빔의 충격시편 (샤르피 V노치형 충격시험)

610.35 최대 허용사용압력

610.35.1 압력용기의 최대 허용사용압력이란, 그 압력에 규정된 지정 온도에서 압력용기가 정상운전 상태일 때의 압력용기 최상부에서 허용되는 최대압력을 말한다. 이것은 610.35.2에 주어진 원칙에 의해서 압력용기 주요 부분 중 임의 부분에 허용되는 최대 허용사용압력값 및 압력용기의 고려된 부분과 최정상부의 사이에 존재할 수 있는 정수두압의 차이를 조정한 값 중에서 최소값이다.

610.35.2 압력용기부품의 최대허용사용압력이란, 지정된 온도에서 이 기준의 규정 또는 식에 의해서 결정되는 해당 부분의 정수두압을 포함한 최대내압 또는 외압이고, 임의의 하중 조합의 영향을 고려한 것을 말한다. 다만, 부식여유로 지정된 금속두께는 제외한다.

610.35.3 최대허용사용압력은 각각의 온도에서 해당 허용응력값을 사용하여 한개 이상의 지정된 운전온도에 대하여 결정될 수 있다.

610.36 압력방출장치

610.36.1 비직화식 증기보일러 이외의 모든 압력용기는 크기나 압력에 상관없이 610.36.4부터 610.36.7까지의 요건에 부합하는 과압보호장치를 설치하여야 한다.

1. 요구되는 과압보호장치가 최초로 운전하기 전에 적절히 설치되어 있다는 것을 확인하는 것은 사용자의 책임이다.
2. 그 의도된 사용에 근거하여 과압보호장치의 크기를 정하고 선택하는 것은 사용자의 책임이다. 의도된 사용에 대한 고려는 다음 가. 나 다.를 포함하되 반드시 이에 국한돼서는 아니 된다.

가. 정상운전 및 혼란상태

나. 유체

다. 유체의 상

3. 이 과압보호장치는 용기 제조자가 공급하여야 할 필요는 없다.

4. 별도로 정의되어 있지 않으면, 부속서 18(ASME PTC 25의 Section 2) 의 압력방출장치에 관한 정의를 적용하여야 한다.
5. 각 밸브의 압력유지부품은 설계압력의 최소 1.5배로 수압시험을 하여야 한다.

610.36.2 비직화식 증기보일러 이외의 모든 압력용기는 다음 각 호의 어느 하나에서 허용되는 경우를 제외하고는 압력용기내의 압력이 최대허용사용압력보다 10% 또는 20㎪ 이상의 값 중 큰 값을 초과하지 않도록 압력방출장치에 의해서 보호되어야 한다.

1. 다중의 압력방출장치가 설치되고 610.36.8 제1호에 따라서 압력이 설정되어 있는 경우, 이 압력방출장치들은 최대허용사용압력보다 16% 또는 30㎪이상의 값 중 큰 값을 초과하지 않도록 압력상승을 방지하는 경우
2. 화염 또는 예상 못한 다른 외부 열원에 노출되어 부가적인 재해가 발생될 수 있는 곳에 설치된 압력용기의 보조 압력방출장치가 최대허용사용압력의 21% 이상 상승하는 일이 없도록 압력상승을 방지할 수 있도록 한 경우

610.36.3 압력용기 또는 압력용기 계통에 접속되는 압력방출장치들의 총 용량은 압력방출장치가 동작되어 분출하고 있을 때에 최대허용사용압력의 16% 이상으로 압력용기 내의 압력이 상승하지 않도록 부착된 장치에서 생성되거나 공급되는 최대 용량을 처리하는데 충분한 것이어야 한다.

1. 610.36.2 제2호에서 허용된 압력방출장치와 같이 화염 또는 다른 외부 열원에 노출되어 발생되는 과압으로부터 보호하기 위한 압력방출장치는 모든 압력방출장치가 동작하고 있는 경우의 압력이 최대허용사용압력의 21% 이상을 상회하지 않도록 충분한 방출용량을 가져야 한다.

610.36.4 압력방출밸브(*)

1. 안전밸브, 압력방출밸브 및 릴리프밸브는 모두 직접 스프링식 이어야 한다.
2. 파일럿이 자력구동식이고, 주 밸브가 설정압력 이하에서 자동적으로 열리며, 파일럿의 주요부품이 고장난다하더라도 그것의 전체 정격용량을 방출할 경우에는 파일럿 구동식 압력방출밸브를 사용할 수 있다.

3. 압력방출밸브 설정압력의 ±허용오차는 설정압력이 500 ㎪이하인 경우에는 15 ㎪을, 설정압력이 500 ㎪을 초과하는 경우에는 3%를 초과해서는 아니 된다.

주(*) 안전밸브는 입구 측의 정압력으로 작동되고, 급속 개방 또는 순간적인 작동(pop action)의 특성이 있는 압력방출밸브이다. 릴리프밸브(relief valve)는 입구 측의 정압력으로 작동되는 압력방출밸브로서, 개방압력을 초과하는 압력증가에 비례하여 개방된다. 압력방출밸브는 적용에 따라 급속 개방 또는 순간적인 작동의 특성을 가지는 또는 개방압력을 초과하는 압력증가에 비례하여 개방을 하는 특성을 가지는 압력방출밸브이다. 파일럿 구동식 압력방출밸브는 그 주요 방출장

치가 자력구동식 보조압력방출밸브와 결합되어 자력구동식 보조 압력방출밸브에 의해 제어되는 압력방출밸브를 말한다.

610.36.5 파열판장치

1. 파열판장치는 규정된 파열판 온도에서 파열압력의 허용오차는 표시 파열압력이 300㎪이하인 경우 ±15 ㎪를 초과해서는 안 되고, 표시되는 파열압력이 300 ㎪보다 큰 경우 ±5%를 초과해서는 아니 된다.
2. 파열판장치를 단독 방출장치로 사용하는 압력방출계통의 정격 용량은 다음 요건에 따라 결정하여야 한다.

가. 파열판장치는 압력용기 노즐 입구로부터 관지름의 8배 이내에 설치하고, 방출관의 길이는 파열판장치를 연결하는 관지름의 5배 이하이어야 한다.

나. 입구 및 방출 배관의 호칭지름이 핀장치에 스탬핑한 호칭지름 [DN(NPS)] 이상인 경우, 압력방출시스템의 계산된 방출용량은 여러 매체에 해당되는 이론적인 유동방정식에 의해 계산된 값에 방출계수 K = 0.62를 곱한 값보다 커서는 안된다.

3. 각 파열판 홀더의 압력유지 부품은 설계압력의 최소 1.5배로 수압시험을 하여야 한다.

610.36.6 핀장치(Pin Device)

1. 모든 핀장치 설정압력 허용오차는, 표시되는 설정압력이 300 kPa(40 psi) 이하에서는 ± 15 kPa(± 2 psi)를 초과해서는 안 되고, 표시되는 설정압력이 300 kPa(40 psi)보다 큰 경우에는 ± 5 %를 초과해서는 안된다.
2. 방출용량. 핀장치는 아래 가.의 요건에 따라 유동저항법을 이용하여 하거나, 나.의 요건에 따라 방출계수법을 이용하여 인증해야한다.

가. 핀장치를 단독 방출장치로 사용하는 압력방출계통의 정격 용량은 아래 1) 또는 2) 요건에 따라 결정하여야 한다.

(1) 대기로 직접 방출하는 파열판

가) 핀장치가 용기노즐 입구로부터 관지름의 8배 이내에 설치되며

나) 방출관의 길이가 핀장치로부터 관지름의 5배 이하이고

다) 입구 및 방출 배관의 호칭지름이 핀장치에 스탬핑한 호칭지름[DN(NPS)] 이상인 경우, 압력방출시스템의 계산된 방출용량은 여러 매체에 해당되는 이론적인 유동방정식에 의해 계산된 값에 방출계수 K = 0.62를 곱한 값보다 커서는 안된다.

(2) 임의의 압력방출계통의 계산 용량은 전체 계통에 대한 유동저항을 해석하여 결정하여도 된다. 이러한 해석에서는 핀장치, 배관, 그리고 용기의 출구노즐, 엘보우, 티, 리듀서 및 밸브를 포함한 배 관요소의 유동저항을 고려하여야 한다.

나. 핀장치를 단독 방출장치로 사용하는 압력방출계통의 방출용량은 장치에 표시된

인증용량과, 계통유체 및 핀장치 상하단 계통부품의 특성을 고려하여 결정해야 한다.

3. 핀장치의 적용

가. 핀장치는 하나의 용기에 대하여 단독의 압력방출장치로 사용할 수 있다.

나. 다음을 만족하는 경우, 핀장치는 압력방출밸브와 용기 사이에 설치 할 수 있다.

(1) 압력방출밸브와 핀장치와의 조합이 610.36.3의 요건을 만족시키기에 충분한 용량인 경우.

(2) 압력방출밸브와 핀장치의 조합용량은, 장치의 해당하는 저항계수K_{RG}, K_{RGL} 또는 K_{RL}가 0.6 보다 작을 경우 밸브의 정격용량에 0.90을 곱해야 한다.

(3) 핀장치와 압력방출밸브 사이에는 압력계, 검출코크, 프리 벤트 또는 적절한 알림지시구를 설치하여야 한다.

(4) 작동 후에 핀장치에 생기는 구멍은 밸브의 용량[위의 (2)]과 같은 유량을 확보할 수 있는 충분한 크기의 것이고, 또한 밸브의 정상적인 기능을 방해하지 않아야 한다.

(5) 핀장치의 설정압력은 압력방출밸브의 설정압력의 90 % 이상으로 한다.

다. 핀장치는 용기에서 압력의 직접 작용에 의해 개방되는 압력방출장치의 출구 측에 설치해서는 안 된다.

라. 핀 작동 파일럿 구동 압력방출장치는, 파일럿 구동 압력방출밸브에 관한 610.36.2, 610.36.4, 610.36.5, 610.36.8, 610.36.9, 610.36.10의 요건을 만족하는 경우, 과압 보호요건을 만족시키기 위해 사용할 수 있다.

[표 610.36] 파괴핀의 정격압력

정격압력, KPa		± 허용오차 KPa
최소	최대	
200	1000	35
1000	1900	70
1900	2600	100

610.36.7 스프링식 되닫힘되지 않는 압력방출장치

1. 장치의 스프링 하중을 받는 부분이 규정된 설정압력에서 열려 수동으로 리셋(reset)될 때까지 개방된 상태로 있는 스프링식 되닫힘되지 않는 압력방출장치가 그 구동수단이 고장날 경우, 설정압력 또는 그 이하의 압력에서 완전 개방되도록 설계되어 있다면 이것을 사용할 수 있다. 이러한 장치는 다른 압력방출장치와 함께 사용할 수 없으며, 개방압력의 허용오차는 ±5%를 초과해서는 아니 된다.

2. 스프링식 되닫힘되지 않는 압력방출장치의 계산 정격용량은 여러 매체에 대한 해당 이론식에 근거하는 값에 계수 K = 0.62를 곱한 값을 초과해서는 아니 된다. 이 론식에서 면적 A ㎟는 스프링식 되닫힘되지 않는 압력방출장치의 최소구멍을 통과하는 유동단면적이어야 한다.

610.36.8 압력방출장치의 압력설정

1. 1개의 압력방출장치를 사용할 경우, 압력방출장치에 표시되는 설정압력은 압력용기의 최대허용사용압력을 초과하지 않도록 하여야 한다. 필요한 용량을 2개 이상의 압력방출장치로서 확보하는 경우에는 1개의 압력방출장치는 최대허용사용압력 이하로 설정할 필요가 있다. 추가의 압력방출장치는 이것보다 높은 압력에서 개방되도록 설정할 수 있지만, 제2호에서 규정하는 경우를 제외하고는 어떠한 경우에도 최대허용사용압력의 105% 보다 높은 압력에서 개방되도록 설정해서는 아니 된다.
2. 화염 또는 다른 외부 열원에 노출되어 발생되는 과압을 방지하기 위해서 제2항제2호에서 허용하는 압력방출장치의 경우, 장치에 표시되는 설정압력은 압력용기의 최대허용사용압력의 110%를 넘지 않도록 하여야 한다.
3. 압력방출밸브의 설정압력 허용오차는 500 ㎪ 이하의 압력에 대해서는 ±15 ㎪, 500 ㎪를 초과하는 압력에 대해서는 ±3%를 초과해서는 아니 된다.
4. 규정된 파열판 온도에서 되닫침되지 않는 압력방출장치의 파열압력 허용오차는, 300 kPa (40 psi) 이하에서는 ±15 kPa(2 psi)을, 그리고 300 kPa(40 psi)을 초과하는 압력에 대해서는 표시된 파열압력의 ±5 %를 각각 초과해서는 안 된다.
5. 특정 핀 온도에서 핀장치의 설정압력 허용오차는, 300 kPa(40 psi) 이하에서는 ±15 kPa (2 psi)을, 그리고 300 kPa(40 psi)을 초과하는 압력에 대해서는 표시된 설정압력의 ±5 %를 각각 초과해서는 안 된다.

610.36.9 설치 : 압축 유체용으로 사용되는 압력방출장치는 수용된 액체 상부의 증기 공간내의 압력용기에 연결하거나 또는 보호하고자 하는 압력용기 내의 증기 공간에 접속된 관에 연결하여야 한다. 액체용으로 사용되는 압력방출장치는 정상상태에서의 액면보다 아래 쪽 위치에 연결하여야 한다.

610.36.10 재료의 선택

1. 주철재 시트 및 디스크의 사용은 허용되지 않는다.
2. 안내부 및 디스크 또는 디스크 홀더 같이 서로 인접한 미끄럼 면은 양쪽 모두 내식성 재료로 제작되어야 하고, 스프링은 내식성 재료 또는 내식 코팅을 한 것이어야 한다. 압력방출밸브의 디스크 및 시트는 사용 유체에 의한 부식에 견디는 적합한 재료이어야 한다.
3. 밸브 몸통, 보닛(bonnets) 또는 요크(yoke), 몸통에 보닛 또는 요크를 연결하는 볼트 재료는 KS 및 ASME Section Ⅱ의 규격에 열거된 재료이어야 한다. 탄소강 및 저합금강 밸브 몸통, 보닛, 요크와 볼트는 밸브의 사용중 온도가 -30℃ 미만인 경우,

ASME Div.1 Subsection C의 요건을 만족해야 한다. 밸브 몸체 및 보닛 또는 요크는 KEPIC-MGB, KCS-66의 요건을 만족해야 한다.

4. 압력방출밸브의 외부 구조에 포함되어 노즐, 디스크 및 기타 부품에 사용하는 재료는 다음 범주 중의 하나이어야 한다.

가. 이 규격에 주어진 재료 또는 ASME Section Ⅱ에 주어진 재료

나. ASTM 규격에 주어진 재료

다. 최소한 ASTM 규격과 동등한 화학적 성질, 물리적 성질 및 품질의 관리를 보장하는 재료규격에 의해서 압력방출밸브의 제조자가 관리하는 재료

610.36.11 개방형 유로 또는 공기배출

1. 대기중으로 직접 또는 간접적으로 개방된 유로나 공기배출을 용기에서 단독 압력방출장치로 사용할 수 있다.
2. 압력방출계통의 계산 용량은 유동에 대한 총 계통저항의 해석에 의해 결정할 수 있다. 이 해석에는 용기, 엘보, 티, 리듀서, 밸브의 출구 노즐을 포함하여 배관과 배관부품의 유동저항을 고려해야 한다. 계산은 배관계통을 통한 유체 유량을 결정하는데 허용되는 공학적 경험을 이용하여 수행해야 한다. 이 방법이 가지고 있는 불확실도를 고려하기 위해 이 계산된 방출 용량에 0.90 이하의 계수를 곱해야 한다.
3. 개방형 유로 또는 공기배출의 총 용량은 610.36.2에서 규정한 압력을 초과하는 과압을 예방하는데 충분해야 한다. 최대 허용 사용압력이 105kPa(15 psi) 이하일 때, 어떠한 경우에도 압력이 최대 허용 사용압력의 21%를 초과하여 상승하는 것은 허용해서는 안 된다.

610.37 용접부의 형상

기술기준 제164조에서 규정한 “안전한 형상”이란 압력용기에 관해서는 610.38부터 610.41까지에 적합한 것을 말한다.

610.38 용접부의 설계

610.38.1 압력용기의 길이이음 및 둘레이음의 용접부는 1 및 2를 제외하고는 맞대기 양쪽면 용접, 받침쇠를 사용한 맞대기 한쪽면 용접 또는 초층 불활성가스아크용접으로 설계하여야 한다.

1. 바깥지름이 600㎜ 이하이며 모재의 두께(모재의 두께가 다른 경우는 두꺼운 쪽의 두께)가 16㎜이하인 이음의 용접부 맞대기 한쪽면 용접. 다만, 모재의 구분이 별표2에 언급한 P-No.1 또는 P-No.3(Gr.1 및 Gr.2에 한한다) 이외의 것으로 만들어진 길이이음은 제외한다.
2. 모재의 두께가 16mm이하인 용기의 둘레이음의 용접부로서 양측 전두께 필릿 겹

치기 이음용접[이 경우에 있어서 모재 겹침부의 길이는 모재 두께의 4배(25 mm 이하의 경우는 25mm) 이상이 되어야 한다.]

610.38.2 610.38.1이외는 모양과 형상에 따라 아래에 열거하는 방법으로 하여야 한다.

1. 관대 또는 관과 펌프, 밸브 및 이들과 유사한 맞대기 용접에 의한 이음 용접부는 KECS-1101 그림 46과 같다.
2. 플랜지이음 용접부는 KECS-1101 그림 47의 (1)에서 (7)까지와 같다.
3. 동체, 드럼 및 경판에 용접으로 부착되는 노즐 및 기타 연결부의 이음용접부는 KECS-1101 그림 48 (1)에서 (30)까지와 같다.

610.39 정렬공차

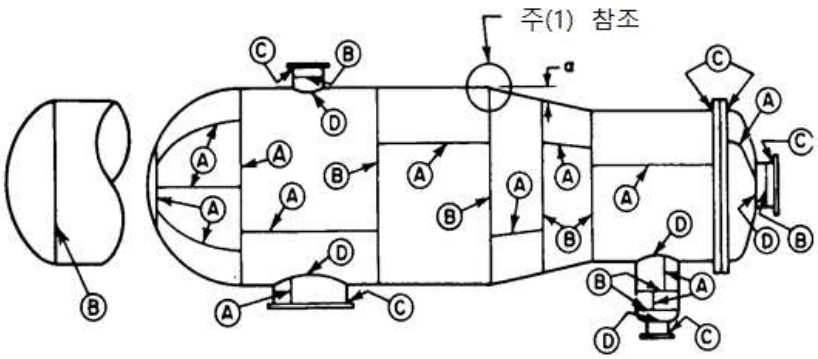
610.39.1 압력용기의 맞대기용접에 의한 이음면의 어긋남은 그림 610.39의 용접이음부 분류 및 아래 표 610.39의 <삭제> 정하는 값을 초과해서는 아니 된다. <삭제> 단면두께 t는 이음부에서 얇은 쪽의 공칭두께이다.

[표 610.39] 모재의 두께 및 이음 종류의 구분에 따른 어긋남의 값(mm)

단면 두께	이음의 분류에 따른 어긋남 값	
	A	B, C 및 D
13 이하	1/4 t	1/4 t
13 초과 19 이하	3㎜	1/4 t
19 초과 38 이하	3㎜	5㎜
38 초과 51이하	3㎜	1/8 t
51 초과	1/16 t 또는 10㎜ 중 작은 값	1/8 t 또는 19 ㎜ 중 작은값

610.39.2 원형동체 압력용기의 허용진원도는 임의의 단면에서 최대 및 최소 안지름의 차이가 해당 단면에서 공칭지름의 1%이하이어야 한다.

610.39.3 원주방향 용접이음에 있어서 선단각(half-apex angle) α가 30° 이하이면 맞대기 용접이며, α가 30°를 초과하면 앵글이음으로 한다.



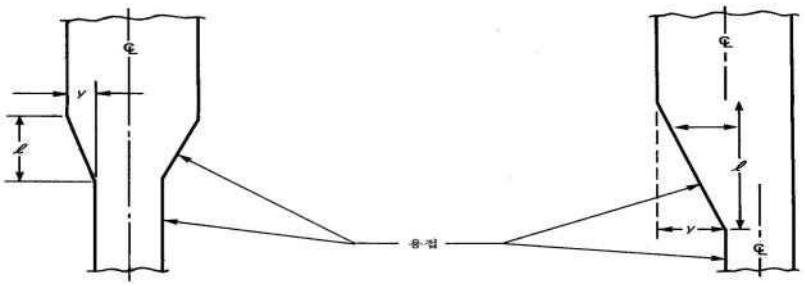
[그림 610.39] 분류 A, B, C 및 D의 용접 이음부 위치의 일반적인 예

주(1) 원통부에 지름변화부를 연결하는 맞대기 용접이음분류 B의 허용 이음각도 α는 30° 이내이다.

610.40 두께가 다른 모재의 맞대기 용접

610.40.1 압력용기의 두께가 다른 모재의 맞대기 용접은 아래 그림 610.40에 따라야 한다. 이 경우 재료 이음매의 단면 두께 차가 얇은 쪽 재료두께의 1/4을 넘거나 3mm를 넘는 경우, 그림 6에서와 같이 테이퍼 천이부의 길이는 연결 면간두께 차의 3배 이상이 되어야 한다. 이와 같은 균일한 테이퍼 천이부가 만들어지는 한 어떠한 공정으로 성형하여도 좋다.

610.40.2 동체의 길이 방향 이음인 경우 용접하는 재료 두께의 중앙선은 표 610.39에 있는 어긋남 제작공차 내에 있어야 한다.



(1) (2)

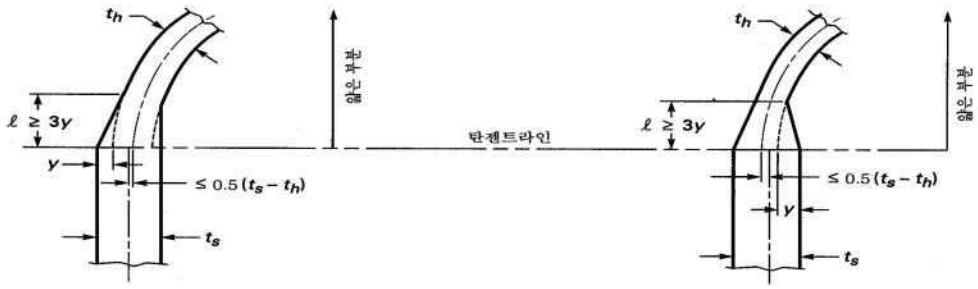
[그림 610.40] 두께가 다른 맞대기용접 강판의 이음

비고 1. 어떠한 경우에도 l ≥3y이어야 한다. 여기서 l는 테이퍼의 길이이고, y는 두 부재 사이의 두께차이다.

2. 테이퍼의 길이 l은 용접폭을 포함할 수 있다.

3. 테이퍼는 내부 또는 외부에 들 수 있다.

610.40.3 성형경판 및 동체 사이의 이음에 있어서 두께차이가 얇은 쪽 단면 두께의 1/4 또는 3㎜ 중에서 작은 값보다 큰 경우에는 그림 610.40-1 (1) 및 (2)에서와 같이 맞대기 이음부분의 옵셋의 3배 이상 길이를 갖는 기울기 변화부를 가져야 한다. 그림 610.40-1 (3) 및 (4)에서처럼 맞대기용접으로 부착되는 동체보다 두꺼운 성형경판에 기울기가 요구되는 경우에는 기울기 변화부의 요구길이가 탄젠트라인을 넘지 않도록 스커트는 충분한 길이로 한다. 동체와 경판의 중심선 어긋남은 그림 610.40-1 (1), (2), (3) 및 (4)에 나타난 것과 같이 실제 동체두께와 경판두께 차의 1/2보다 커서는 아니 된다.

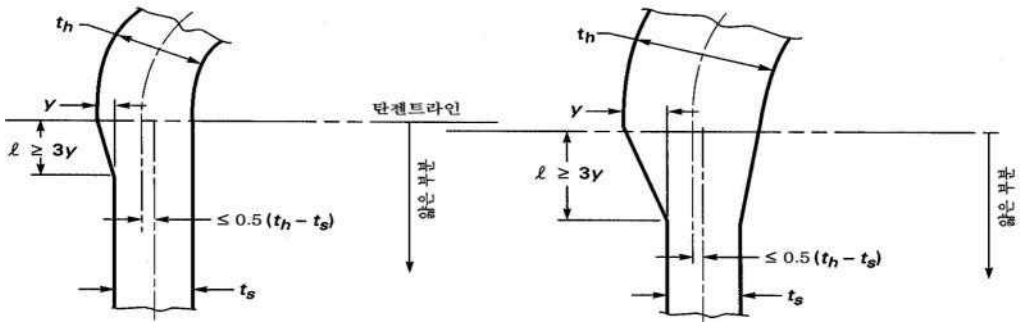


(1) (2)

비고 1. 요구되는 테이퍼의 길이 ℓ은 용접의 폭을 포함할 수 있다.

2. 어떠한 경우에도 테이퍼된 길이 ℓ은 3y 이상이어야 한다.

3. 동체 판 중심선은 경판 중심선의 어느 쪽에도 올 수 있다.



(3) (4)

[그림 610.40-1] 두께가 다른 맞대기용접 경판

비고 1. t_h 가 t_s 보다 클 때에는 어떠한 경우에도 길이 ℓ은 3y 이상이어야 한다. 스커트의 최소길이는 $3\,t_h$ 이다. 그러나 요구되는 테이퍼의 길이를 제공하기에 필요한 경우를 제외하고는 38㎜를 초과할 필요는 없다.

2. t_h 가 1.25 t_s 이하인 경우에도 스커트의 길이는 요구되는 어떠한 테이퍼에 대해서도 충분하여야 한다.

3. 요구되는 테이퍼의 길이, ℓ은 용접부의 폭을 포함할 수 있다. 동체 판 중심선은 경판 중심선의 어느 쪽에도 올 수 있다.

610.41 이음부의 다듬질

압력용기의 용접부로서 비파괴시험을 실시하는 표면은 매끈하고 모재의 표면보다 낮아서는 아니 된다. 또한, 모재의 표면과 층이 생기지 않도록 다듬질 하여야 한다. 이 경우에 비파괴시험을 필요로 하는 맞대기용접부의 용접 덧살 높이는 아래 표 610.41에 정하는 모재의 두께(모재의 두께가 다를 경우에는 얇은 모재의 두께)의 구분에 따라

각각 표의 용접 덧살 높이의 값 이하가 되어야 한다.

[표 610.41] 용접 덧살 허용 두께(mm)

재료 공칭두께	최대 용접 덧살	
	분류 B 및 C의 맞대기 용접부	기타 용접부
2.4 미만	2.4	0.8
2.4 이상 4.8 이하	3.2	1.6
4.8 초과 13 이하	4.0	2.4
13 초과 25 이하	4.8	2.4
25 초과 51 이하	5	3.2
51 초과 76 이하	6	4
76 초과 102 이하	6	6
102 초과 127 이하	6	6
127 초과	8	8

* 분류 B 및 C 는 그림 610.19-1를 참조한다.

610.42 용접부의 균열

기술기준 제165조에서 규정한 "용접에 의한 균열이 없게"하기 위해서 압력용기에 관해서는 610.43부터 610.47까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

610.43 용접면의 청결

압력용기 용접부의 개선면 및 인접부는 용접에 앞서 수분, 도료, 유지, 먼지, 유해한 녹, 용입찌거기 및 그 밖에 유해한 이물을 제거하여야 한다.

610.44 비파괴검사 범위

610.44.1 압력용기 중 다음의 용접이음에는 전체길이에 대하여 방사선투과검사를 하여야 한다.

1. 인체에 치명적인 물질을 포함하는 용기의 동체와 경판의 모든 맞대기 용접
2. 용접이음에서의 공칭두께가 38 mm를 초과하는 압력용기의 동체와 경판의 모든 맞대기용접
3. 탄소강 및 저합금강, 고합금강, 비철금속, 클래드 용기 및 열처리로 인장특성을 향상시킨 페라이트강의 용접이음으로서 판두께 또는 벽두께 중에서 얇은 쪽이 표 610.44에 주어진 두께의 한계를 초과하는 모든 맞대기 용접

[표 610.44] 맞대기용접의 완전 방사선투과검사를 하여야 하는 두께

재료의 분류		재료의 공칭두께(㎜)
P-No.	Gr. No.	
1	1, 2, 3	32
3	1, 2, 3	19
4	1, 2	16
5A	1, 2	0
5B	1, 2	0
5C	1	0
9A	1	16
9B	1	16
10A	1	19
10B	1	16
10C	1	16
10F	1	19

4. 38 mm 이상의 두께를 가진 구조물을 단일패스로 일렉트로 가스용접으로 이음되는 모든 맞대기용접 또는 일렉트로 슬래그용접으로 이음되는 모든 맞대기용접을 하는 경우
5. 비철금속중 티타늄, 지르코늄, 티타늄과 지르코늄합금으로 된 압력용기 중 그림 610.39의 용접이음 분류 A와 B
6. 비철금속중 합금 200(UNS No. N02200), 201(UNS No. N02201), 400(UNS No. N04400), 401(UNS No. N04401), 600(UNS No. N06600)을 제외한 별표2에 제시된 재료로 된 맞대기 용접 이음은 판이나 또는 용접이음에서 압력용기의 외벽두께 중 얇은 쪽이 10㎜를 초과할 경우
7. 고합금강재료의 압력용기 중 크롬 용접봉으로 용접되는 스테인리스강 계열과 기타 임의의 용접봉으로 용접되는 430 계열의 재료로 제조되는 압력용기의 모든 두께의 맞대기용접 이음. 다만, 이들 용접부에 대한 중요 보수부위를 포함하여 크롬 페라이트 용접부에 대한 최종 방사선투과검사는 용접후열처리를 수행한 후에 실시하여야 한다.
8. 다음의 설계압력을 가지는 비직화식 증기보일러의 동체와 경판의 모든 맞대기용접;
   가. 설계압력이 350 kPa(50 psi) 초과하는 경우
   나. 설계압력이 350 kPa(50 psi) 초과하지 않지만, 용접이음에서의 두께가 위의 610.44.1.2에서 규정한 두께를 초과하는 경우
9. 용접이음부의 공칭두께가 상기의 610.44.1.2에 규정한 두께 이상인 노즐, 연결실 등의 모든 맞대기 용접 또는 상기의 610.44.1.1, 610.44.1.8에 따라 용기의 동체 또는 경

판에 부착된 모든 맞대기 용접은 전체길이 방사선투과검사을 해야 한다. 단, 하기의 가.에서 요구하는 경우를 제외하고, NPS10(DN250) 이하이거나 또는 벽두께가 29 mm 이하인 노즐과 연결실의 이음부 분류 B와 C의 맞대기 용접은 방사선투과검사이 요구되지 않는다.

가. 방사선투과검사. 표 610.9의 형식번호(1)의 모든 용접이음부에 대하여 KEC 171, 605.51에 따른 용접 전체길이에 대한 방사선투과검사가 요구된다. 요구된 방사선투과검사는 내식 합금을 덮는 용접부가 용착된 후에 실시하여야 한다.

10. 이음 또는 부품이 610.9.4에 의해서 허용된 이음효율에 근거하여 설계된 용기의 동체와 경판의 모든 이음부 분류 A 및 D의 맞대기용접:

가. 용기의 동체 또는 경판을 연결하는 이음부 분류 A 및 B의 용접은 표 610.9의 형식번호(1) 또는 (2)이어야 한다;

나. 이음부 분류 A 맞대기 용접부가 용기 동체 또는 경판에서 교차하거나 이음매 없는 용기 동체 또는 경판을 연결하는 이음부 분류 B 또는 C의 맞대기 용접[단, 위 610.44.1.9에서 요구한 경우를 제외하고 노즐과 연결실에 있는 용접은 제외]은 최소한 610.46.2.1 ~ 610.46.2.5에 따른 부분 방사선투과검사의 요건을 만족해야 한다. 여기서 요구하는 부분 방사선투과검사을 다른 용접 길이에 적용되는 부분 방사선투과검사의 규정을 만족시키기 위하여 사용해서는 안된다.

11. 튜브시트의 모든 이음부 분류 A용접.

튜브시트의 모든 이음부 분류 A용접은 표 610.9의 형식번호(1)이어야 한다.

12. 위 610.44.1.2, 610.44.1.9 및 610.44.1.10에 기술된 노즐 및 연결실의 특정 용접에 대한 방사선투과검사 면제하는 요건은 방사선투과검사에 관한 요건보다 우선한다.

610.44.2 다음의 용접이음에는 부분 방사선투과검사를 하여야 한다.

1. 그림 610.39의 용접이음 분류 A, B, C, D에서 용접이음효율을 0.85로 설계한 내,외부 용접면상에 용착된 용접금속과 동일한 성질을 얻을 수 있는 양쪽면용접 또는 다른 방법으로 이루어진 맞대기이음(위치를 고정시키는 금속받침쇠를 사용하는 용접은 제외)
2. 그림 610.39의 용접이음 분류 A, B, C, D에서 용접이음효율을 0.80으로 설계한 1.의 형식에 포함되지 않는 받침쇠를 갖는 한쪽면 용접 맞대기이음
3. 위의 610.44.1.10.나에 의한 이음부 분류 B 또는 C 맞대기 용접에 대해 부분 방사선투과검사를 요구되는 경우를 제외하고, 위의 610.44.1.1에 따라 전체길이 방사선투과검사가 요구되지 않는 표 610.9의 형식번호(1) 또는 (2)에 따른 맞대기용접이음은 부분 방사선투과검사를 수행할 수 있다. 부분 방사선투과시험은 610.46.2를 따라야 한다. 부분 방사선투과검사가 전체 용기에 대해서 규정되는 경우에는, 호칭지름 DN 250(NPS 10) 또는 벽두께가 29 mm(1⅛ in.)를 초과하지 않는 노즐 및 연결실에

서의 이음부 분류 B 및 C의 맞대기용접에 대한 방사선투과검사가 요구되지 않는다.

비고 : 이 요건은 용기에 이용된 형식번호(1) 또는 (2)의 맞대기 용접에 대한 부분 방사선투과검사를 규정하고 있지만, 부분 방사선투과검사가 필요하지 않은 노즐 및 맨홀 부착물, 용접스테이, 평경판 등에 대한 것처럼, 다른 요건에서 허용하는 필릿 및(또는) 모서리 용접을 사전에 배제하는 것은 아니다.

610.44.3 기기 등의 구조상 방사선투과검사를 시행하는 것이 현저하게 곤란할 경우에는 방사선투과검사 대용으로, 초음파탐상검사를 할 수 있다. 이 경우 초음파탐상검사 방법은 KECS-1201의 2.9(파괴역학에 기반한 합격기준의 초음파탐상검사 요건)에 따르며, 합격기준은 645.46.5에 따른다.

610.44.4 다음의 경우에는 추가적으로 초음탐상검사를 하여야 한다.

1. 전체길이 및 부분 방사선투과검사에 주어진 요건에 추가하여 EBW 또는 LBW에 의하여 이루어진 모든 용접이음에 대하여는 그 용접이음의 전체 길이에 대하여 초음파탐상검사를 하여야한다. 단, 645.45.3 가 1) ~ 3) 요건에 해당되는 경우 초음파탐상검사를 하지 않아도 된다.
2. 방사선투과검사가 요구되는 용접이음으로서 관성 · 연속구동 마찰용접으로 용접이 이루어질 경우에는 그 용접이음의 전체 길이에 대하여 초음파탐상검사를 하여야한다.

610.44.5 다음의 경우에는 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여야 한다.

1. 열처리로 인장특성을 향상시킨 페라이트강 압력용기의 경우, 50mm이하의 안지름을 갖는 별도그림 47의 (1),(2),(3),(8),(9),(10)의 형상을 갖는 노즐
2. 저온 압력용기의 경우 모든 접합용접 및 용접이음부가 압력을 받는 곳이라면 수압시험 이전 또는 이후 침투탐상검사
3. UNS N06625(SB-443, SB-444, SB-44 중 Gr.2, 6) 및 UNS N10001, UNS N10665에 포함되는 재료로 된 압력용기의 그루브 용접부나 필릿용접부는 열처리 후에 균열을 찾기 위한 침투탐상검사
4. 티타늄, 지르코늄, 티타늄과 지르코늄합금으로 된 압력용기의 모든 이음은 침투탐상검사
5. 합금 200 (UNS No. N02200), 201(UNS No. N02201), 400 (UNS No. N04400), 401 (UNS No. N04401), 600 (UNS No. N06600)을 제외하고 별표2에 제시된 비철금속재료로 된 압력용기나 압력용기 부품의 용접 이음은 완전방사선검사를 요하지 않는 경우 침투탐상검사
6. 열처리에 의해서 인장특성을 향상시킨 페라이트 강은 자분탐상검사 다만, 용착금속이 비자성체이기 때문에 자분탐상검사를 사용할 수 없는 경우에는 침투탐상검사
7. SA-333 Gr.8, SA-334 Gr.8, SA-522 Gr. A, B 및 SA-645의 재료로 제조되는 압력용기에 있어서 방사선투과검사로 검사하지 않은 용접부는 수압시험 전 또는 후에 침

투탐상검사

610.44.6 비피과검사원 자격요건은 170.3을 따른다.

610.44.7 방사선투과검사를 실시하지 않는 경우. 위의 610.44.1에서 요구된 사항을 제외하고는, 용기 또는 용기부품이 외압에 대해서만 설계될 경우 또는 용접이음이 610.9.5에 따라서 설계될 경우에는 용접이음에 대해서 방사선투과검사는 요구되지 않는다.

610.44.8 38 mm(1½ in.)보다 큰 단일 패스로 용접된 페라이트계 재료의 일렉트로슬래그(EGW)과 페라이트계 재료의 일렉트로슬래그용접(ESW)은 전체길이에 걸쳐 초음파탐상검사를 하여야 한다. 이 초음파탐상검사는 결정립 미세화(오스테나이징) 열처리 또는 용접후열처리를 한 다음에 수행하여야 한다.

610.44.9 맞대기용접의 방사선투과검사 및 초음파탐상검사의 경우에, 용접 이음부에서 공칭두께의 정의는 이음된 두 부품 중 얇은 쪽의 공칭두께여야 한다.

610.45 비파괴검사

610.45.1 방사선투과검사 절차는 171에 따른다.<삭제>

610.45.2 초음파탐상검사는 172에 따른다.

610.45.3 자분탐상검사는 173에 따른다.

610.45.4 침투탐상검사는 174에 따른다.

610.45.5 비피괴 검사원 자격요건은 170.1.2을 따른다.

610.46 비파괴검사 합격기준

610.46.1 완전방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 합격기준은 605.51을 따른다.

610.46.2 부분 방사선투과검사 시 방사선투과검사의 최소길이는 150㎜ 이며, 판정기준은 아래와 같다.

1. 지시가 균열, 융합불량의 부위 또는 용입부족의 부위로 판정되는 용접은 불합격
2. 슬래그가 있거나 공동(cavity)으로서 판정되는 지시가 있는 용접부는 지시의 길이가 ⅔t보다 큰 경우 불합격으로 처리한다. 여기서, t 는 허용된 용접 덧살을 제외한 용접두께이다. 용접부에서 두께가 서로 다른 2개의 부재를 이음하는 맞대기용접의 경우에는 t 를 이 두개의 두께 중에서 얇은 쪽으로 택하여야 한다. 완전용입 용접부가 필릿용접을 포함하는 경우에는 필릿의 목두께를 t 에 포함시켜야 한다. 위의 제한범위에 복수의 지시가 일직선상으로 존재하는 경우, 6t 의 길이 범위에 있는 이러한 복수지시 각각의 최대치수(각 지시마다 가장 긴 쪽의 치수)의 합계가 t 미만이고(6t보다 짧은 방사선투과검사에 대해서는 비율을 적용한다) 주목할 만한 각각의 최대지시가 허용할 수 있는 용접금속 길이의 최소한 3L의 간격으로 떨어져 있

는 경우에는 그 용접부를 합격으로 한다. 여기서, L은 최대지시(지시 중에서 가장 큰 지시)의 길이이다. 허용할 수 있는 지시의 최대 길이는 19㎜ 이며, 길이가 6㎜ 미만인 지시는 판 두께와 상관없이 허용된다. 원형지시는 완전방사선투과검사가 요구되지 않는 용접의 합격여부를 좌우하는 요소가 되지 못한다.

3. 제1호 및 제2호에 따라서 합격으로 판정한 경우에는 이 부분 방사선투과검사이 대표하는 용접길이 전체를 합격으로 하며, 제1호 및 제2호에서 요구되는 부분 방사선투과검사를 실시한 부분에서 최소품질 요건에 적합하지 않은 용접이 발견된 경우에는 이 부분 방사선투과검사가 대표하는 용접 길이내의 본래 검사 부분에 인접한 2개의 부위에서 추가로 부분 방사선투과검사를 하여야 한다.
4. 이들 2개의 추가 부분검사가 제1호 및 제2호에서 규정한 최소품질요건에 적합한 것으로 판정되는 경우에는 이들 3회의 방사선투과검사가 대표하는 용접 길이는 합격으로 한다. 다만, 최초의 부분 방사선투과검사에서 발견된 결함은 제거하여야 하고, 그 부분은 용접에 의해서 보수되어야 한다.
5. 2개의 추가부분 시험 중에서 하나라도 제1호 및 제2호에서 규정한 최소품질 요건에 적합하지 않은 용접으로 판정되는 경우에는 이 탐상검사들이 대표하는 용접 길이 전체를 허용하여서는 아니 된다.

610.47 용접후열처리

610.47.1 이 기준의 세부요건 및 예외사항을 적용하기 위해서는 용접절차시방서에 따라 용접작업이 수행되어야 하며 아래의 설명을 제외하고는 610.47.2 및 해당 비고란의 내용에 따라야 한다.

1. 전자빔 용접법으로 3㎜보다 두꺼운 페라이트계 재료를 용접할 경우 또는 관성ㆍ연속구동마찰 용접법으로 임의 두께의 P-No 3, P-No 4, P-No 5A, 5B, 및 5C, 그리고 P-No. 15E의 재료를 용접할 경우에는 예외사항은 허용되지 않는다.
2. 이음부의 두께가 38㎜보다 큰 페라이트계 재료의 일렉트로슬래그 용접부는 결정립 미세화(오스테나이징) 열처리를 하여야 한다. 임의의 단일 패스의 크기가 38㎜보다 큰 페라이트계 재료의 일렉트로가스 용접부는 결정립 미세화(오스테나이징) 열처리를 하여야 한다.
3. 탄소강 및 저합금강의 용접후열처리 공정은 다음 요건들에 따라서 수행하여야 한다.
   가. 제조물 또는 부품을 연소실 내부속에 놓을 때 연소실 내부의 온도는 425℃를 초과해서는 아니 된다.
   나. 425℃를 초과하는 온도에서 가열속도는 222℃/hr를 동체 판 또는 경판 최대금속두께의 계수(이 계수는 최대금속두께를 25㎜로 나눈값 임)로 나눈 값으로, 어떠한 경우에도 222℃/hr보다 커서는 아니 된다. 가열되는 동안에는 제조물 전체에 걸쳐

서 4.6 m 간격 내에서 140℃ 보다 큰 온도 변화가 있어서는 아니 된다.

다. 제조물 또는 부품은 열처리를 하는 동안 최고 및 최저온도 차는 특별히 제한된 경우를 제외하고는 83℃ 이하이여야 한다.

라. 가열 및 온도유지기간 동안에 연소실 내부의 대기는 제조물 표면에 과대한 산화를 피할 수 있도록 제어되어야 한다. 연소실 내부는 제조물에 화염이 직접 닿지 않도록 설계된 것이어야 한다.

마. 425℃보다 높은 온도에서는, 냉각은 밀폐된 연소실 내부 또는 냉각실에서 280℃/hr를 동체판 또는 경판의 최대 금속두께(이 계수는 최대금속두께를 25㎜로 나눈 값 임)로 나눈 것보다 크지 않은 속도로 하여야 하며, 어떠한 경우에도 280℃/hr보다 커서는 아니 된다. 425℃를 초과하는 온도에서 가열된 부분의 냉각 중 온도 변화는 4.6m 간격 내에서 140℃를 초과해서는 아니 된다. 425℃ 이하에서는 대기 속에서 냉각할 수 있다.

4. 본체의 용접부에 대하여 용접후열처리를 하는 경우는 시험판에 이와 동등한 용접후열처리를 하여야 한다.

5. 냉간 성형으로 제작되는 탄소강판 및 저합금 강판의 압력용기 동체 부분, 경판, 기타 압력경계 부품은 주어진 조건에서 610.31.2.6에 따라 최대연신율(extreme fiber elongation)이 5%를 초과할 때는 열처리를 하여야 한다. 열처리 방법이 관 또는 튜브를 완전하게 가열함이 입증되면 열처리는 610.47을 따라 적용하여야 한다. 단, 1/4 in.(6 mm) 이하의 공칭두께를 가지는 성형배관 및 튜브에 대체 가열 및 냉각속도, 유지시간을 적용하는 경우에는 제외한다.

610.47.2 재질별 열처리 요건은 아래와 같다.

1. P-No. 1

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과125mm 이하	125mm 초과
P-No. 1 Gr.No,1,2,3	595	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25 mm (* 50mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) 공칭두께가 38㎜를 초과하는 재료

(2) 공칭두께가 32㎜ 이상이고 38㎜ 이하인 재료로서 용접하는 동안에 최저온도 95 ℃에서 예열하지 않는 경우

나. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리가 곤란한 경우에는 14에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간에 걸쳐 용접후열처리를 할 수 있다.

2. P-No. 3

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과125mm 이하	125mm 초과
P-No. 3 Gr.1,2,3	595	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) 공칭두께가 16㎜를 초과하는 P-No. 3, Gr. 1 및 P-No. 3, Gr. 2의 재료

(2) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우.

나. P-No. 3, Gr. 3의 재료에 대해서는 두께에 관계없이 용접후열처리를 실시하여야 한다.

다. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품 또는 용접치수가 13㎜ 이하의 그루브용접 혹은 목두께가 13㎜ 이하의 필릿용접으로 비압력부품에 부착시킬 경우로서, 최저 95℃의 예열을 할 경우.

(2) 공칭 벽두께가 13㎜ 이하이고, 또한 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 관이나 튜브의 원주방향 맞대기 용접.

(3) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품에 용접되는 스터드로서 최저95℃의 예열을 할 경우

(4) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품에 용접될 경우의 내식성 용접금속 육성 클래딩 또는 내식성 라이닝을 부착시키는 용접으로서 초층을 용접할 때에 최저 95℃의 예열온도를 유지한 경우.

(5) 기계적 방법(튜브확관, 걸림구조, 나사가공 등)과 밀봉용접(목두께가 10㎜이하인 경우, 어느 한 부품의 두께가 16㎜ 초과 시 최소 95° C로 예열을 한 경우)으로 연결한 "튜브 또는 압력을 받는 핸드홀"과 "검사 플러그 및 피팅류일 경우"

라. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리가 곤란한 경우에는 14에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간에 걸쳐 용접후열처리를 할 수 있다.

3. P-No. 4

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 4 Gr.1,2	650	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + *15분/25mm (* 125mm 초과분에 적용)

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) 공칭두께가 16㎜를 초과하는 SA-202 Gr. A 및 B의 재료

(2) P-No. 4, Gr. 1 및 2의 재료

(3) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 아래의 모든 조건을 만족하는 P-No. 4 재료의 관이나 튜브에서의 원주방향 맞대기용접의 경우.

(가) 최대 공칭지름이 DN 100

(나) 최대 공칭두께는 16㎜

(다) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하

(라) 최저 120℃이상 예열할 경우

(2) 위의 (가)에서 (다)까지의 조건을 만족하는 P-No. 4의 관이나 튜브의 재료로서, 필릿용접에 의한 비압력 부착물을 포함한 것으로 아래사항을 만족하는 경우.

(가) 필릿용접부의 최대 목두께가 13㎜

(나) 최저 121℃ 이상의 예열을 할 경우

4. P-No. 5

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm초과
P-No. 5AGr.1 P-No. 5BGr.1 P-No. 5CGr.1	675	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + *15분/25mm (* 125mm 초과분에 적용)

가. 아래 나의 경우를 제외하고는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 아래의 조건을 모두 만족하는 관이나 튜브에서의 원주방향 맞대기용접의 경우.

(가) 최대 크롬함유량이 3.00%

(나) 최대 공칭지름이 DN 100

(다) 최대 공칭두께가 16㎜

(라) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하인 것

(마) 최저 예열 온도가 150℃이상

(2) 위의 (가)에서 (라)까지의 조건을 만족하는 관이나 튜브의 재료로서, 필릿용접에 의하여 비압력 부착물을 포함하는 것으로서 아래사항에 만족하는 경우.

(가) 필릿용접의 최대 목두께가 13㎜

(나) 최저 예열온도가 150℃이상

다. 위의 표에 규정된 온도에서 P-No. 5A, P-No. 5B Gr P-No. 1 및 P-No. 5C Gr No. 1의 재료를 용접후열처리 하는 것이 곤란할 경우에는 최저 650℃의 온도에서 용접후열처리 할 수 있으나, 공칭두께가 50㎜ 이하의 재료일 경우에는 유지시간을 최소 4시간 또는 두께의 4시간/25㎜ 중에서 큰 쪽의 값으로 증가시킬 수 있으며,

공칭두께가 50㎜를 넘을 경우에는 규정의 유지시간에 4배로 할 수 있다.

4.1 P-No. 15E Gr. No. 1

재료	최저유지온도	최고 유지온도	공칭용접두께에 대한 최저유지온도에서의 최소 유지시간	
			125mm 까지	125mm 초과
P-No. 15E Gr. No. 1	705℃	아래 다 및 라	1시간/25㎜ 최소 30분	5 시간 + 125mm 초과 25mm당 15분

가. 공칭두께가 13mm(0.5 in.) 이하일 때 최소 유지온도는 675℃

나. 이종금속 용접에 대해서는 (용접이 P No. 5 그룹 No. 2와 다른 금속 저 크롬 페라이 트, 또는 오스테나이트 또는 니켈포함 강재), 용가재 크롬 함량이 3% 미만이거나. 또는 용가 재가 니켈이나 오스테나이트를 바탕으로 한다면 최소 유지 온도는 750℃ 이어야 한다.

다. 상기 최고 유지 온도는 실제의 화학성분을 모르는 용가재인 경우 사용된다. 용접되는 용가재가 알려진 경우에는 최고 유지 온도는 아래와 같이 하여야 한다.

(1) Ni+Mn ≤ 1.0% 최고 PWHT 유지온도는 790℃

(2) 1.0% < Ni+Mn ≤ 1.2% 이면 최고 PWHT 유지온도는 780℃

(3) 용가재의 Ni+Mn 함량이 1.2% 이상일 경우, 최대 PWHT온도는 ASTM A1033에 따른 용가재의 특정 열의 온도에서 측정에 의해 결정되어진 하부 임계변태온도(Ac1) 보다 적어도 10℃이하여야 한다.

(가) ASTM A1033에 따라 측정된 용가재의 하부 임계변태온도(Ac1)는 제조자의 건조기록서에 포함되어야 한다.

(나) Ni+Mn의 함량이 1.2%를 초과하는 용가재를 사용하여 건조된 용기의 최대 운전온도는 525℃이다.

(4) 압력부품 및 압력용기의 등급 91에 매치된 용가재로 만들어진 다중용접부가 동시에 용접후열처리 될 경우, 최대 PWHT 온도는 Ni+Mn 최대함량에 따른 용접부에 의해 결정되어진다.

라. 부품이 위에 허용된 유지온도 이상 가열되었다면 다음 중 하나의 방법을 취하여야 한다.

(1) 그 부품 전체적으로 재 불림 및 뜨임 열처리가 되어야 한다.

(2) 최고 유지온도가 상기 및 3(1) 을 초과 하고 800℃ 미만이라면 그 용접금속은 제거 하고 교체되어야 한다.

(3) 800℃ 를 초과하여 가열된 부분은 과열구역의 양쪽 부분은 최소 75 mm 범위를 포함하여 재 불림 및 뜨임하거나 또는 교체하여야 한다.

(4) 허용 응력은 설계온도 및 상기 허용온도로 재 열처리된 것보다 높은 온도로 열처리 된 부분에서 등급 9 자재(즉, SA-213-T9, SA-335-P9, 또는 제작

규격과 동등)에 대한 것이어야 한다. 이 조항을 적용하려면 제조자는 제조 부품의 온도이력을 정확하게 시뮬레이트하는 대표시험편으로 WPS 인정을 보증해야 한다. 특히, 인정된 시험편은 최대 유지 온도한계를 위반하는 동일시간에 대한 동일온도에서 열처리를 한 후, 위 표에 의해 규정된 온도범위 내에서 요구되는 시간에 대해 최종 열처리를 해야 한다.

마. 용접 후열처리는 열 흡수 확산을 위하여 아래조건을 충족하는 때 관과 튜브에 부착하기 위해 사용된 전기저항 용접은 필수요건이 아니다.

(1) 관 및 튜브 최대 규격 100mm

(2) 최대 카본 함량 이 15% 미만.

(3) 최고 두께 3mm(1/8 in.)

(4) 용접절차 사용 전 제조자는 최소 벽두께까지는 열영향을 받지 않았다는 것을 증명하여야 한다.

5. P-No. 6

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 6 Gr.1,2,3	760	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25mm (*50mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25mm (*50mm 초과분에 적용)

가. 아래 나의 경우를 제외하고는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

나. 탄소함유량이 0.08% 이하인 SA-182 Gr. F6a, SA-240, SA-479 및 SA-268에 대한 410계열 재료로 제작되고, 오스테나이트 계 크롬-니켈 용착금속 또는 비공냉 경화성 니켈-크롬-철의 용착금속을 생성하는 용접봉으로 용접된 압력용기에 대해서는 용접후열처리를 하지 않아도 된다. 다만, 이 경우에는 용접이음에서의 판두께가 10㎜를 초과하지 않아야 한다. 또한 두께 10㎜ 초과 38㎜ 이하의 판두께의 경우, 용접 중에 230℃의 예열을 유지하고 이음부 전체에 대해 방사선투과검사를 실시하면 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

6. P-No. 7

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 7 Gr.1	730	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25mm (*50mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25mm (*50mm 초과분에 적용)

가. 아래 나.의 경우를 제외하고는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

나. 탄소함유량이 0.08% 이하인 SA-1010 UNS S41003, SA-240, SA-268의 Type 405, Type 410S 또는 Type 430Ti 재료로 제작되고, 오스테나이트계 크롬-니켈 용착금속 또는 비공냉 경화성 니켈-크롬-철의 용착금속을 생성하는 용접봉으로 용접된 압력용기에 대해서는 용접후열처리를 하지 않아도 된다. 다만, 이 경우에는 용접이음에서의 판두께가 10㎜를 초과하지 않아야 한다. 또한 두께 10㎜ 초과 38㎜ 이

하의 판두께의 경우, 용접 중에 230℃의 예열을 유지하고 이음부 전체에 대해 방사선투과검사를 실시하면 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

7. P-No. 9A

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 9A Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) 공칭두께가 16㎜를 넘는 재료

(2) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 아래의 조건을 모두 만족하는 관이나 튜브에서의 원주방향 맞대기용접의 경우.

(가) 최대 공칭지름이 DN 100

(나) 최대 공칭두께가 13㎜

(다) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하인 것

(라) 최저 예열온도가 120℃

(2) 위의 (가)에서 (다)까지의 조건을 만족하는 관이나 튜브의 재료로서, 필릿용접 의한 부착물을 포함하는 경우에 아래사항을 만족하는 경우

(가) 필릿용접의 최대 목두께가 13㎜ 이하

(나) 재료를 최저 121 ℃에서 예열되고 필릿용접의 최대 목두께가 13㎜ 이하인 경우

다. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 곤란한 경우에는 제14호에 따라서 더 낮은 온도(최소 538℃)에서 더 긴 시간으로 용접후열처리를 할 수 있다.

8. P-No. 9B

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 9B Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) 공칭두께가 16㎜를 넘는 재료

(2) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 비압력부품을 압력부품에 부착하기 위한 용접치수가 13㎜ 이하인 그루브용접 또는 목두께가 13㎜ 이하의 필릿용접으로서 최저 95℃의 예열을 할 경

우

(2) 압력부품에 용접된 스터드로서 최저 95℃의 예열을 할 경우

다. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 곤란한 경우에는 제14호에 따라서 더 낮은 온도(최소 540℃)에서 더 긴 시간으로 용접후열처리를 할 수 있다.

9. P-No. 10A

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10A Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) SA-487 Gr. 1Q 재료의 모든 두께

(2) 공칭두께가 16㎜ 이상인 그 밖의 P-No. 10A 재료

(3) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품 또는 용접치수가 13㎜ 이하인 그루브용접 혹은 목두께가 13㎜ 이하의 필릿용접으로 비압력부품에 부착시킬 경우로서, 최저 95℃의 예열을 할 경우

(2) 공칭두께가 13㎜ 이하이고, 또한 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 관이나 튜브의 원주방향 맞대기용접으로서 최저 95℃의 예열을 하는 경우

(3) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품에 용접되는 스터드로서 최저 95℃의 예열을 할 경우

다. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 곤란할 경우에는 제14호에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간으로 용접후열처리를 할 수 있다.

라. 425℃와 유지온도 사이에서의 가열속도가 28℃/hr 미만인 경우, 또는 최저온도가 그 두께 전체에 걸쳐 도달 되었다는근거를 제조자가 제공할 수 있는 경우, 추가적인 15분/25㎜ 유지시간은 요구되지 않는다.

10. P-No. 10B

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10B Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. P-No. 10B 재료는 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

11. P-No. 10C

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10C Gr.1	540	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) 공칭두께가 38㎜를 초과하는 재료 또는 공칭두께가 32㎜ 이상이고 38㎜ 이하인 재료로서 용접시에 최저 95℃의 예열을 하지 않는 경우

(2) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 최종 안지름이 50㎜ 이하인 노즐 접속부를 부착시키기 위한 용접치수가 13㎜ 이하인 그루브용접 혹은 목두께가 13㎜ 이하인 필릿용접으로서, 접속부에서 동체 및 경판의 두께를 증가시키는 리가먼트를 형성하지 않으며 최저 95℃의 예열할 경우

(2) 비압력부품을 압력부품에 부착시키기 위한 용접치수가 13㎜ 이하인 그루브용접 또는 목두께가 13㎜ 이하인 필릿용접으로서, 압력부품의 두께가 32 ㎜ 이상인 때에는 최저 95℃의 예열할 경우

다. 가열속도가 425℃와 유지온도 사이에서 28℃/hr 미만인 경우, 또는 최저온도가 그 두께 전체에 걸쳐 도달 되었다는근거를 제조자가 제공할 수 있는 경우, 추가적인 15분/25 ㎜ 유지시간은 요구되지 않는다.

12. P-No. 10I

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 10I Gr.1	730	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25mm	1시간/25mm

13. 탄소강 및 저합금강의 선택적인 용접후열처리 요건

최저규정온도로부터 감소되는 온도량 ℃	감소된 온도에서의 최소 유지시간(1), hr	비고
28	2	...
56	4	...
83	10	(2)
111	20	(2)

주(1) 두께 25 ㎜ 이하의 최소 유지시간, 두께가 25㎜를 초과하는 경우에는 25㎜ 당 15분을 더한다.

(2) 낮은 용접후열처리 온도는 P-No. 1, Gr. 1 및 2 재료에만 허용된다.

610.48 완전한 용접시공을 위한 조치

기술기준 제166조에서 “용입이 충분하게“ 하기 위해서는 “161 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), “610.38 용접부의 설계” 및 “610.43 개선면의 청결”에 적합하여야 한다.

610.49 용접부의 결함

언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀 등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게”하기 위해서는 “161 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), “610.41 이음부분의 다듬질” 및 “610.44 비파괴 시험”에 적합하여야 한다.

610.50 용접부의 강도

기술기준 제167조에서 “충분한 강도”란 압력용기의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로서 “161 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), “610.51 기계시험”, “610.52 재시험” 및 “610.53 내압시험”에 적합하여야 한다.

610.51 기계시험

압력용기의 기계시험은 “605 보일러 및 부속설비” 605.56.2부터 605.56.9까지를 준용한다. 다만 용착금속 인장시험은 제외한다.

610.52 재시험

압력용기 기계시험의 재시험은 “605 보일러 및 부속설비” 605.57을 준용한다.

610.53 내압시험

610.53.1 표준 수압시험은 압력용기의 각 부위에서 압력용기에 표시된 최대허용사용압력에 설계온도의 응력값 S에 대한 압력용기 시험온도의 응력값 S′의 최소비(압력용기의 제작에 사용되는 재료)를 곱한 값에 최소한 1.3배의 수압시험 압력을 가하여야 한다.

1. 수압시험압력을 적용한 후에는 모든 이음부 및 접속부에 대하여 누출검사를 실시하여야 한다. 이 검사는 시험압력을 1.3으로 나눈 값 이상인 압력에서 실시되어야 한다. 용접 접속을 위한 개구부의 임시 시험 마감부에서 발생할 수 있는 누출을 제외하고는 요구되는 육안검사부위에서 누출은 허용되지 않는다.
2. 시험상태에서 압력용기의 모든 최상부에는 압력용기를 충수할 때 생기는 공기 포켓(Air Pocket)을 피하기 위해서 공기배출구를 설치하여야 한다.
3. 가압하기 전 시험압력에 영향을 미쳐서는 안 되는 모든 저압 충수배관 및 기타 부

속품이 분리되어 있는지를 확인하여야 한다.

610.53.2 기압시험 압력은 압력용기에 표시되는 최대허용사용압력에 설계온도에서의 응력 S에 대한 시험온도에서의 응력 S의 비에서 제일 작은 값(압력용기의 제작에 사용되는 재료에 대해서)을 곱한 값의 1.1배 이상이어야 한다.

1. 기압시험 중의 금속온도는 취성파괴의 위험을 피하기 위해서 최저금속설계온도보다 최소한 17℃ 높게 유지하여야 한다.
2. 압력시험 절차 및 누출검사

가. 압력용기내의 압력을 시험압력의 1/2까지 서서히 증가시킨 후, 요구되는 시험압력에 도달할 때까지 시험압력의 약 10%씩 단계적으로 증가시켜야 한다.

나. 시험압력을 1.1배로 나눈 압력까지 감압시키고 압력용기에 대한 검사를 충분히 할 수 있는 시간동안 압력을 유지하여야 한다. 용접 접속을 위한 개구부의 임시 시험 마감부에 발생할 수 있는 누출을 제외하고는 요구되는 육안검사부위에서의 누출은 허용되지 않는다. 임시 밀봉으로부터의 누출을 즉시 제거하여 다른 이음부로부터의 누출감지를 방해하지 않도록 하여야 한다.

610.53.3 610.53.1 및 610.53.2의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사 또는 침투탐상검사 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한

(615 배관 및 부속설비)

615 배관 및 부속설비

615.1 배관 및 부속설비의 재료

615.1.1 기술기준 제73조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”이란 용접성, 인장강도, 연성, 인성 및 경도 등이 동등 이상의 것을 말하며, 배관에 적합한 재료는 615.2를 만족하는 것을 말한다.

615.1.2 기술기준 제73조에서 규정하는 “압력을 받는 부분”은 관의 내면에 0.1 MPa을 초과하는 압력을 받는 부분을 말한다.

615.2 재료사용의 일반

615.2.1 압력에 의하여 응력을 받는 재료는 달리 허용된 경우를 제외하고는 KS B 6750 부표 1 및 ASME B31.1 Appendix A의 표에 열거한 재료, 또는 ASTM 재료규격과 같은 규격번호를 가지는 ASME 재료도 허용되나 주어진 응력 값 이상의 설계 온도에서 사용해서는 아니 된다.

615.2.2 설계 시 저온 사용 온도에서의 취성 파괴 가능성을 고려하여야 한다.

615.2.3 ASME B31.T의 배관에 대한 표준 인성요건을 만족하여야 한다.

615.2.4 탄소 함유량이 0.35%를 초과하는 탄소강 또는 합금강은 용접 구조물로 사용되어서는 아니 되며, 산소 절단법(oxygen cutting process) 또는 기타 열 절단법(thermal cutting process)으로 형상을 성형해서도 아니 된다.

615.2.5 저합금 2¼% 크롬강이 454℃를 초과하는 온도에서 사용되는 경우, 모재와 용가재의 탄소 함유량은 0.05% 이상이어야 한다.

615.2.6 탄소강 및 저합금강은 가속 또는 난류 단상 또는 2상 유동, 낮은 pH, 저산소 농도, 및 약 93℃~260℃ 온도범위의 특정조건하에서 유동가속부식(FAC)에 취약할 수 있다. 0.1% 이상의 크롬을 포함한 재료는 FAC에 덜 취약한 것으로 간주되고, 이 강재는 크롬량이 증가하면 FAC에 대한 견디는 성질이 증가한다.

615.3 배관 및 부속설비의 구조

615.3.1 기술기준 제74조에서 “안전한 것”이란 615.4부터 615.10까지 규정한 구조로 되어 있고 615.28부터 615.30까지의 내압시험에 합격한 것을 말한다.

615.3.2 <삭제>

615.4 내압을 받는 직선관의 두께

615.4.1 내압을 받는 직선관의 최소 두께는 기계적 강도에 대한 여유값을 포함하여 허

용응력표에 기재된 재료의 온도범위를 넘지 않은 설계온도 및 설계압력에 대해 아래 식 (3) 또는 (3-1)에 의해서 구해진 값 이상이어야 한다.

$$t_m = \frac{PDo}{2(SEW+Py)} + A \qquad (3)$$

$$t_m = \frac{Pd + 2SEWA + 2yPA}{2(SEW + Py - P)} \qquad (3\text{-}1)$$

615.4.2 설계압력은 다음 식에서 구한 값을 초과해서는 아니 된다.

$$P = \frac{2SEW(t_m - A)}{Do - 2y(t_m - A)} \qquad (4)$$

$$P = \frac{2SEW(t_m - A)}{d - 2y(t_m - A) + 2t_m} \qquad (4\text{-}1)$$

615.4.3 여기에서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

t_m : 최소 두께, mm

P : 설계내압, MPa

D_o : 관의 바깥지름, mm

d : 관의 안지름, mm

SE 또는 SF : 설계온도에서 내압 및 이음 효율계수(또는 주조 품질계수)에 대한 재료의 최대 허용응력, MPa

A : 추가 두께, mm

y : 표 615.4에 주어진 계수

W : 용접강도감소계수(615.4.4 참조)

이음매없는 관 또는 크리프범위 이하에 사용하는 심용접 관은 1.0

615.4.4 용접강도감소계수

고온에서 길이방향 용접관 또는 나선형 용접관의 심용접은 모재보다 더 낮은 크리프 강도를 가질 수 있다. 이 강도감소는 자재규격서에 따른 제작 또는 이 기준에 따른 제작에 관계없이 길이방향 용접관 또는 나선형 용접관(즉, 이음매 없는 관은 아님)의 최소 벽두께를 결정하는 요소이다. 용접강도감소계수(W)는 [표14-1]에 주어져 있다. 설계자는 길이방향 및 나선형외의 용접(예를 들어, 원주방향 용접)에 대한 용접강도감소계수의 적용을 평가할 책임이 있다.

[표 615.4] y 값

온 도 ℃ / 재료	482 이하	510	538	566	593	621	649	677 이상
- 페라이트강	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
- 오스테나이트강	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
- 니켈 합금 UNS No. N08800, N08810, N08825	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
- 주 철	0.0	-	-	-	-	-	-	-
- 기타 재료<1>	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

비고 1. y값은 28℃ 증분 간격이며 그 사이값은 보간법으로 계산한다.

2. $\frac{Do}{t_m}$값이 6보다 작은관에 대해서, 480℃ 이하 온도에서 설계되는 페라이트 및 오스테나이트강의 y값은 아래와 같이 구한다.

$$y = \frac{d}{d + D_o} \qquad (5)$$

주<1> ASME B31.1 Appendix A에 있는 재료 중 위에 열거되지 않은 재료

[표 615.4-1] 길이방향 심용접으로 제작된 구성품의 최소 벽두께 또는 허용설계압력을 계산할 때 적용하는 용접강도감소계수

강 그룹	온도에 따른 용접강도감소계수, ℃(°F) [비고 (1)~(7)]										
	371 (700)	399 (750)	427 (800)	454 (850)	482 (900)	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)
Cr-Mo [비고(8),(9),(10)]	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64
CSEF(N+T) [비고(8),(11),(12)]	...	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77
CSEF(Sub Crit) [비고(8),(13)]	...	...	...	...	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
오스테나이트계 스테인리스 (800H & 800HT 포함) [비고(14),(1	...	...	...	...	...	1.00	1.00	0.91	0.86	0.82	0.77

5)]											
오스테나이트계 스테인리스 용접 [비고(16)]	...	...	...	...	...	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

비고

(1) NP = 허용하지 않음

(2) 크리프영역에서 운전하며 이 표에서 포함되지 않은 재료에 대한 파이프의 길이방향 용접은 허용하지 않는다. 이 표의 목적 상, 모재에 대한 관련 코드 부록에서 이탤릭체로 표기되지 않은 응력값이 끝나는 곳에서의 최고온도가 크리프영역의 시작점이다.

(3) 이 표에서 모든 용가재의 최소 탄소량은 Cr-Mo와 CSEF의 경우 0.05%이고, 오스테나이트계 스테인리스의 경우 0.04%이다.

(4) 크리프 영역[비고(2) 참조]미만의 온도로 설계된 재료는 용접강도계수 또는 이 표의 규정을 고려하지 않고 사용해도 된다. 다른 모든 기준이 적용되어야 한다.

(5) Cr-Mo와 CSEF의 길이방향 심용접은 100% 체적검사(RT 또는 UT) 수행하여 합격하여야 한다. Cr-Mo와 CSEF 외의 재료 경우는 관련 코드를 참조한다.

(6) 용접강도감소계수는 표에 나타난 온도보다 낮은 온도에 대해 W계수(이 기준의 요건에 따른)를 1.0로 적용한다. 하지만, 이 표와 비고의 추가적인 규정은 적용하지 않는다.

(7) 탄소강 파이프와 튜브는 관련 코드와 이 표의 요건에서 제외한다.

(8) SAW 플럭스의 염기도 지수 ≥ 1.0.

(9) CrMo강은 ½Cr-½Mo, 1Cr-½Mo, 1¼Cr-1/2Mo-Si, 2¼Cr-1Mo 3Cr-1Mo, 및 5Cr-½Mo를 포함한다. 길이방향 용접은 합금에 대해 풀림, 풀림과 뜨임, 또는 적절한 임계점 이하에서 용접후열처리(PWHT)를 해야 한다.

(10) 크리프 영역에서 운전되는 C-½Mo강은 길이방향 심용접 제작을 허용하지 않는다[비고(2)와(4) 참조].

(11) 크리프 강도 강화 페라이트계(CSEF)강은 등급 91, 92, 911, 122와 23을 포함한다.

(12) N+T = 풀림 + 뜨임 용접후열처리

(13) 임계점 이하에서 용접후열처리(Subcritical PWHT)가 필요하다. 용접후열처리 면제는 허용하지 않는다. 용접후열처리 시간과 온도는 표 25의 요건을 만족해야 한다. 표 26의 대체 용접후열처리요건은 허용하지 않는다.

(14) 816℃(1,500°F)까지 길이방향 용접한 오스테나이트 스테인리스(800H와 800T를 포함) 파이프의 용접강도감소계수는 아래와 같다.

온도, ℃(°F)	용접강도감소계수
677(1,250)	0.73
704(1,300)	0.68
732(1,350)	0.64
760(1,400)	0.59
788(1,450)	0.55
816(1,500)	0.5

(15) 오스테나이트 스테인리스강의 특정 히트, 특히 내뜨임성 카바이드와 탄소 질화물의 석출로 크리프 강도가 강화된 등급의 경우, 상승된 온도에서 운전하는 용접 부품의 조기손상을 초래할 수 있는 용접 열영향부에서 취화현상이 일어날 수 있다. 용접 부위의 용체화 어닐링 열처리는 이 취약성을 완화한다.

(16) 스테인리스(용가재가 없는) 용접 파이프는 자재규격서(Material specification)에 따라 용접후 용체화 어닐링하고 비파괴전기시험(Nondestructive electric examination)을 받은 제품의 경우 816℃(1500°F)까지 용접강도감소계수를 1.00로 지정한다.

615.5 외압을 받는 직선관의 두께 및 보강

외압을 받는 직선관에 대한 두께 및 보강요건은 “610 압력용기 및 부속설비” 610.10, 610.11 및 610.12를 준용한다.

615.6 곡선관

관의 굽힘이 완료된 부분의 두께는 어느 부위에서도 615.4.1에서 구한 값 보다 작아서는 아니 된다.

615.7 굽힘 및 성형

615.7.1 설계자가 관을 주문하기 전 최소 두께를 결정하기 위한 기준은 표 615.7과 같다. 표 615.7에 기재된 직선관의 최소 두께는 공급자의 제조공정에 의한 경험 값이기 때문에 굽히는데 충분하다. 완성된 곡선관의 최소두께는 615.4.1의 최소두께 요건을 만족해야 한다.

615.7.2 곡선관을 만들 때에 곡선관 외곽부의 얇아짐에 대한 보상으로 표 615.7에 있는 여유값을 사용하면 유해한 결함 없이 굽힐 수 있다.

[표 615.7] 굽힘전 최소권장 두께

굽힘 반지름	굽힘전 최소 권장두께
관지름의 6배 이상	1.06 t_m
관지름의 5배	1.08 t_m
관지름의 4배	1.14 t_m
관지름의 3배	1.25 t_m

비고 1. 굽힘 반지름의 중간값은 보간법으로 구한다.

2. tm은 615.4.1에서 구한 값이다.

3. 관지름은 ASME B 36.10M 및 ASME B 36.19M에 수록한 공칭지름을 사용하며 이 표에 수록되지 않은 관지름을 갖는 배관 및 튜브의 공칭지름은 바깥지름과 일치한다.

615.7.3 관은 설계상에 명시된 검사방법으로 확인하였을 때 굽혀진 표면에 균열이 생기지 않고, 좌굴이 심하게 생기지 않는다면 열간 또는 냉간 방법을 사용하여 어떠한 반지름으로 구부려도 된다. 이러한 굽힘은 615.4.1의 설계요건을 만족하여야 한다.

615.7.4 성형된 표면이 균일하고 설계에 규정된 검사방법으로 확인하였을 때 균열이나 기타 결함이 없는 공정이라면 적절한 열간 또는 냉간가공 방법으로 배관부품을 성형[관 끝의 스웨이징(swedging), 겹치기, 업셋팅(upsetting) 및 목의 돌출 등]해도 된다.

615.7.5 성형 부품은 다음의 열처리조건을 만족하여야 한다.

1. 페라이트계 합금강(P-No. 15E)이 아닌 경우, 열간 굽힘이나 열간 성형은 T_{crit} - 56℃ 이상의 온도에서 수행되며, 냉간 굽힘이나 냉간 성형은 T_{crit} - 56℃ 미만의 온도에서 수행되어야 한다. 여기서 T_{crit}는 재료의 하부 임계온도를 말하며 하부 임계온도는 표 615.7-1과 같다. 페라이트계 합금강(P-No. 15E)인 경우, 열간 굽힘이

나 열간 성형은 705℃ 이상, 냉간 굽힘이나 냉간 성형은 705℃ 미만에서 수행되어야 한다.

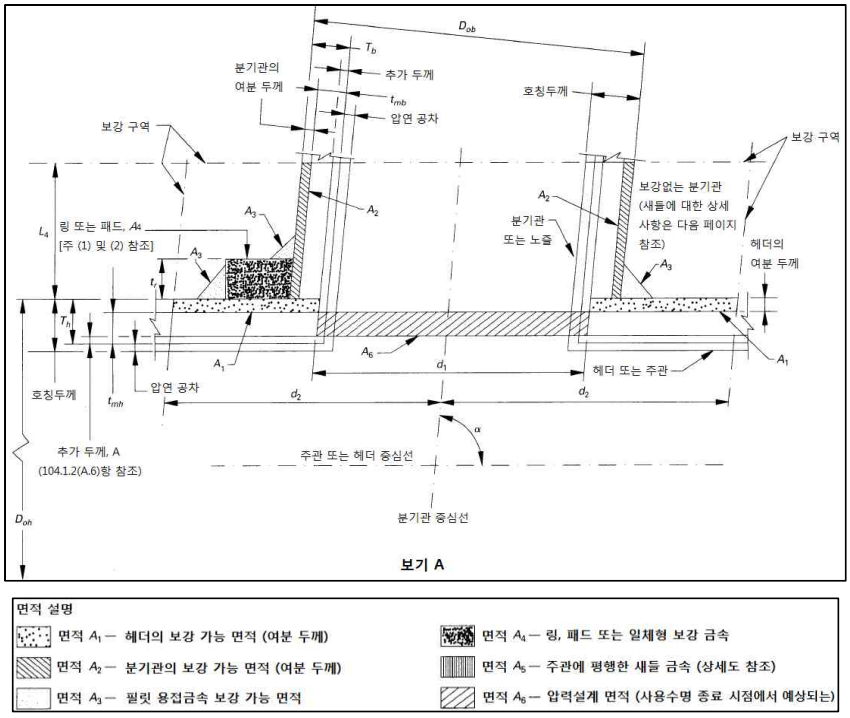
[표 615.7-1] 하부 임계온도

재 료	하부 임계온도(1), ℃
탄소강 (P-No. 1)	725
탄소 - 몰리브덴강 (P-No. 3)	730
1Cr - $\frac{1}{2}$Mo (P-No. 4, Gr. No. 1)	745
$1\frac{1}{4}$Cr - $\frac{1}{2}$Mo (P-No. 4, Gr. No. 1)	775
$2\frac{1}{4}$Cr - 1Mo, 3Cr - 1Mo (P-No. 5A)	805
5Cr - $\frac{1}{2}$Mo (P-No. 5B, Gr. No. 1)	820
9Cr	800
9Cr-1Mo-V, 9Cr-2W (P-No. 15E)	800

주1. 이 값은 단지 지침용으로 사용자는 이 값 대신에 특정 재료에 대해 얻어진 값을 적용할 수 있다
2. 900℃ 이상의 온도에서 굽힘 및 성형작업을 수행하지 않고 완성하지 않는 한, 공칭두께 19mm를 초과하는 모든 탄소강(P-No. 1) 재료는 615.19에 따라 열처리를 하여야한다.
3. DN 100 이상의 관 또는 공칭두께가 12.7mm 이상의 모든 페라이트계 합금강 (P-No. 1, P-No. 15E 제외) 재료에 대해서는 아래와 같은 성형 또는 굽힘 후 열처리를 하여야 한다.
가. 열간 굽힘 또는 성형을 수행할 경우, 그 재료는 설계자가 규정한 완전 어닐링, 풀림-뜨임 또는 뜨임 열처리를 받아야 한다.
나. 냉간 굽힘 또는 성형을 수행한 경우, 열처리는 615.19에 따라 열처리를 하여야한다.
4. 기타 재료의 굽힘 또는 성형 후 열처리는 요구사항도 금지사항도 아니나 굽힘 또는 성형 후 열처리를 수행한다면 ASME B31.1 129.3을 따라야 하며, 설계자는 사용될 절차를 완전히 기술하여야 한다.

615.8 분기관의 연결

615.8.1 내압을 받는 분기관 연결부품에 처음부터 보강에 대한 대비가 없고 분기관축과 주관축이 이루는 각이 45° ~90° 사이의 경우 그림 615.8과 같이 내압에 견딜 수 있는 보강을 하여야 한다.



[그림 615.8] 분기관 연결부의 보강

1. 주관의 길이방향 이음매가 분기관과 교차되지 않는 경우, 보강 계산을 위해 t_{mh}값을 구할 때에는 해당 등급의 이음매 없는 관의 응력값을 사용하여도 좋다.
2. 분기관이 주관의 길이방향 이음매와 교차할 경우 또는 분기관이 길이방향 이음매를 포함할 경우, 두 관 모두 또는 두 관 중 하나에 대해 용접이음 효율을 계산에 포함하여야 한다. 주관 및 분기관이 모두 길이방향의 용접부를 포함하면 각각의 용접부가 교차하지 않도록 주의하여야 한다.
3. 분기관 연결부의 요구 보강면적은 아래와 같아야 한다.

   $$A_7 = A_6(2-\sin\alpha) = (t_{mh} - A)\,d_1(2-\sin\alpha)$$

   직각 연결부의 요구 보강면적은,

   $$A_7 = A_6 = (t_{mh} - A)\,d_1$$

   보강구역은 평행사변형이며 그 폭은 분기관 중심선의 양측으로 각각 d_2 까지 이고, 높이는 주관의 내부 표면에서 시작되며, 주관의 외부 표면으로부터 L_4 거리까지의 범위이다.
4. 요구되는 보강은 그림 615.8에 나타난 면적 A_1, A_2, A_3, A_4 및 A_5의 조합에 의해서 계산되어야 하며, A_1, A_2, A_3, A_4 및 A_5는 아래와 같이 정의한다.

   A_1 : 주관의 여분 두께에 해당하는 면적, mm^2

   $= (2d_2 - d_1)\,(T_h - t_{mh})$

   A_2 : 주관에서 L4 거리에 있는 분기관의 여분 두께에 해당하는 면적, mm^2

$= \dfrac{2L_4(T_b - t_{mb})}{\sin\alpha}$

A_3 : 주관 및 분기관 바깥지름 밖의 용착금속 면적과 링, 패드 및 새들의 필릿용접부의 용착금속 면적, mm^2

A_4 : 보강링, 보강패드 또는 일체형 보강재에 의한 면적, mm^2

A_5 : 새들(saddle)에 의한 직각연결부 면적, mm^2

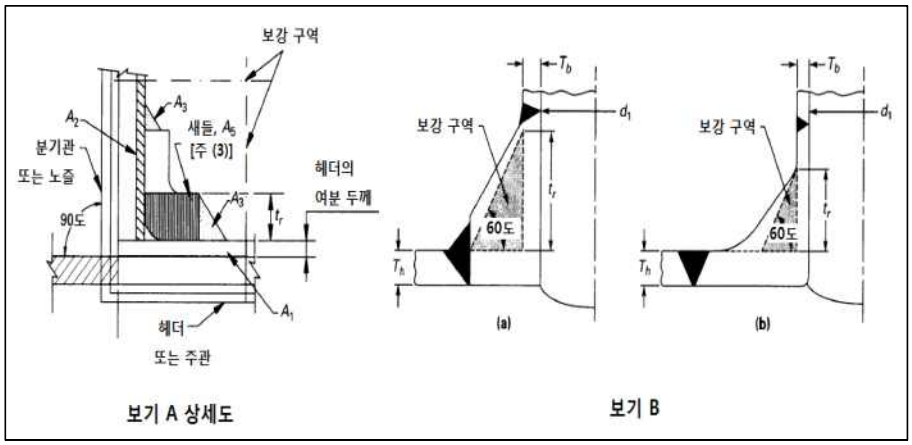
= (새들의 바깥지름 - D_{ob})t_r

A_6 : 사용수명 종료 시점에서 예상되는 압력설계 면적, mm^2

= $(t_{mh} - A)d_1$

요구 보강면적 = $t_{mh}\, d_1(2 - \sin\alpha) = A_7$

보강면적 = A_1, A_2, A_3, A_4 및 A_5



[그림 615.8-1] 분기관 연결부의 보강 (2)

일반 주:

(a) 이 그림은 615.8의 용어를 그림으로 표시함

(b) 요구 보강면적 = $A_7 = A_6(2-\sin\alpha) = (t_{mh} - A)d_1(2-\sin\alpha)$

(c) 유효 보강면적 = $A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$ (해당되는 면적만) 적용

(d) 유효 보강면적 ≥ 요구 보강면적

주(1) 보강 새들은 90° 분기관에만 사용한다.(그림 615.8-11 보기 A 상세도 참조)

(2) 링이나 패드가 보강용으로 사용될 때[그림 615.8-1], 보강 면적의 값은 용접 시 분기관, 주관 및 링이나 패드가 완전히 용융되는 경우, 주관의 여분두께를 고려할 때와 같은 방법으로 구하여도 된다.

(3) 링과 패드의 폭 대 높이의 비는 주관을 따라 보강구역 한계 내에서 가능한 수평공간과 맞추고 분기관의 바깥지름이 허용하는 범위 내에서 4대 1에 가까운 비율이 바람직하다. 그러나 그 비가 어떠한 경우에도 1대 1보다 작아서는 아니 된다.

위 그림에 사용된 용어의 정의는 아래와 같다.

α : 주관축과 분기관축이 이루는 각, °

b : 분기관을 나타내는 아래 첨자

D_{ob} : 분기관 바깥지름, mm

D_{oh} : 주관 바깥지름, mm

d_1 : 주관축에 대하여 길이방향의 분기관 구멍의 최종 안쪽치수, mm

d_2 : 보강구역 폭의 ½, mm

= d_1 또는 (T_b −A) + (T_h −A) + $\frac{d_1}{2}$ 중 큰 값. 다만, 어떠한 경우도 D_{oh} 를 초과해서는 안

됨.
h : 주관 및 헤더를 나타내는 아래 첨자
L_4 : 주관 외부의 보강구역 높이, mm
: 2.5 (T_b −A) + tr 또는 2.5 (T_h −A) 중 작은 값
t_r : 그림 615.8-1 보기 A에서 부착된 보강패드의 두께 또는 보기B에서 완전히 일체형 보강재 면적 내에 있고 주관 및 분기관의 바깥지름에 투영된 면에 의하여 지지 되는 각이 최대 60° 인 직각 삼각형의 높이, mm
T_b, T_h : 허용할 수 있는 분기관 또는 주관의 최소 두께 또는 실제로 측정된 두께, mm
t_{mb}, t_{mh} : 615.4.1의 식 (3) 또는 (3-1)에서 구한 주관 또는 분기관의 최소 두께, mm

5. 다수 구멍의 보강 시 필요에 따라 ASME B31.1 104.3.1(d)(2)(-e)을 따라야 한다.

615.8.2 외압을 받는 분기관 연결부에 대한 보강면적은 보강이 필요한 경우 다음의 계산식에 따른다.

$0.5\, t_{mh}\, d_1\, (2 - \sin\alpha)$

615.8.3 일체형보강 돌출 출구축이 주관축과 교차하고 또한 수직인 경우에는 그림 615.8-2와 같이 보강하여야 한다.

1. 요구 보강면적은 아래와 같으며 아래 2에 정의된 보강면적이 요구 보강면적 이상이 되어야 한다.

$$A_7 = K(t_{mh} - A)dc$$

K는 $\frac{D_{ob}}{D_{oh}}$ 가 0.60 을 초과할 때, K = 1.00

$\frac{D_{ob}}{D_{oh}}$가 0.15 를 초과하고 0.60 이하일 때, $K = 0.6 + \frac{2}{3}\frac{D_{ob}}{D_{oh}}$

$\frac{D_{ob}}{D_{oh}}$ 가 0.15 이하일 때, K = 0.70

2. 보강면적은 아래에 정의한 각 면적의 합이다.

$$A_1 + A_2 + A_4$$

가. 면적 A1 은 주관의 여분두께로 보강구역 내에 있는 면적

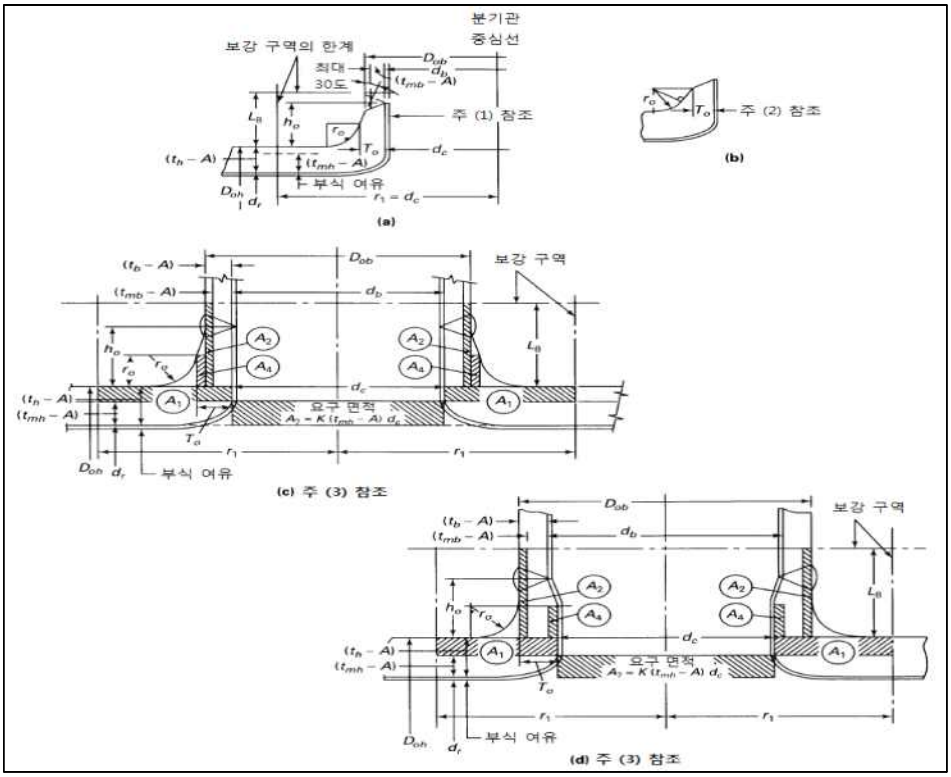
$A_1 = d_c\,(T_h - t_{mh})$

나. 면적 A2 는 분기관의 여분두께로 보강구역 내에 있는 면적

$A_2 = 2L_8\,(T_b - t_{mb})$

다. 면적 A4 는 돌출출구 립(lip)의 여분두께로 보강구역 내에 있는 면적

$A_4 = 2r_o\,[T_o - (T_b - A)]$



[그림 615.8-2] 보강된 돌출 출구

(1) 분기관과 일치시키기 위해 (필요시) 안지름을 최대 1:3 테이퍼 가공함.

(2) 테이퍼가 크로치(crotch) 반지름을 침범하였을 때 T_o 의 설정 방법을 나타내는 그림

(3) 상기 상세도는 K=1.00 인 경우

비고

D_{ob} : 분기관의 바깥지름.

D_{oh} : 주관의 바깥지름.

d_b : 부식 여유를 제외한 분기관의 안지름.

d_r : 부식 여유를 제외한 주관의 안지름.

d_c : 부식 여유를 제외한 주관의 외부표면에서 측정된 돌출출구의 안지름.

h_o : 돌출 립(extruded lip)의 높이(r_o 보다 크거나 같아야 한다)

L_8 : 보강 구역의 높이. $0.7\sqrt{d_{ob}T_o}$

t_{mb} - A : 615.4.1 식 (3) 또는 (3-1)의 공식에 따라 요구되는 분기관의 두께. 단, 부식 여유는 제외한다.

t_b - A : 부식 여유가 포함되지 않은 분기관의 실제두께.

t_{mh} - A : 615.4.1 식 (3) 또는 (3-1)의 공식에 따라 요구되는 주관의 두께. 단, 부식 여유는 제외한다.

t_h - A : 부식 여유가 포함되지 않은 주관의 실제두께.

T_o : 부식 여유를 제외한 주관의 외부 표면으로부터 ro 되는 높이에서 측정한 돌출 출구의 가공두께.

r_1 : 보강구역 폭의 ½(dc와 같다).

r_o : 주관과 분기관의 축을 포함한 평면에서 측정한 출구 외곽의 곡률 반지름을 나타내고 다음과 같은 제한을 받는다.

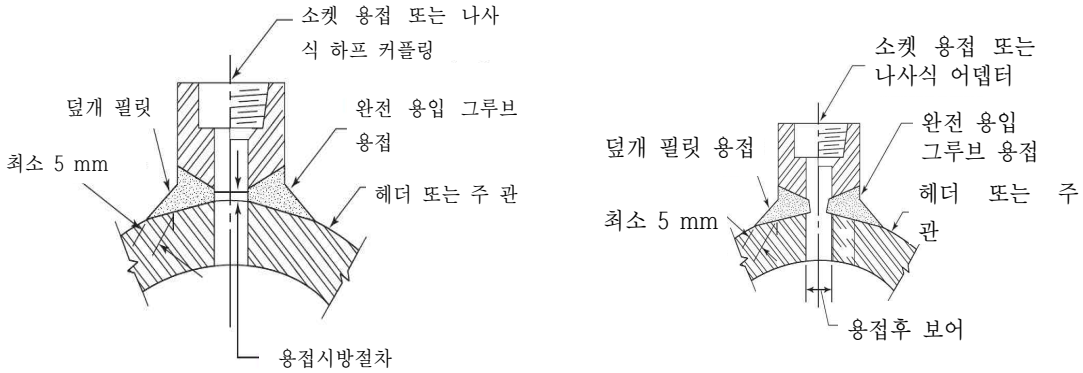
가. 최소 반지름 : 이 치수는 분기관이 DN 750 보다 큰 경우를 제외하고는 $0.05D_{ob}$보다 작아서는 안 되며, 38mm를 초과하지 않아도 된다.

나. 최대 반지름 : DN 150 이상인 출구관에 대해서는 $0.10D_{ob}$ + 12.7mm 를 초과 해서는 아니 된다. 관이 DN 150 미만인 출구관에 대해서는 32mm 보다 커서는 안 된다.

다. 분기관의 외곽이 2개 이상의 곡률 반지름을 가질 때 대략 45° 부채꼴 모양의 반지름은 위의 가 와 나의 요건을 따른다. 외곽선이 연속적으로 변하는 반지름을 가질 때, 외곽선의 모든 점의 곡률 반지름은 위의 가 와 나의 요건을 만족하여야 한다.

615.8.4 다음과 같은 분기관 연결부에 대해서는 보강을 생략할 수 있다.

1. KS B 6750 부표 1 및 ASME B 31.1 Appendix A 에 열거한 재료(호환성 ASTM 재료포함)로서 압력-온도정격의 제한범위 내에서 지정된 기준에 따라 제조된 티(tee), 경사티(lateral), 크로스(cross) 또는 용접형 분기관(branch weld-on) 등의 이음쇠를 사용하여 만든 분기관 연결부.
2. 분기관 DN 50 또는 주관 공칭지름의 1/4값 중 작은 값을 초과하지 않는 경우에 그림 615.8-3 (a) 및 (b)와 같이 커플링 또는 하프 커플링을 주관에 직접 용접하여 만든 분기관 연결부. 보강 구역 어느 곳에서나 커플링의 최소 두께는 나사가 없는 부위의 분기관 두께보다 작아서는 안 된다. 어떠한 경우에도 커플링의 두께는 ASME B16.11의 압력등급 3000보다 작아서는 안 된다. 그림 615.8-4와 같이 DN 50 이하인 분기관 연결부는 t_w가 분기관 크기의 스케줄 160의 두께 보다 작지 않다면 사용하여도 좋다.
3. 주관에 직접 용접된 일체형 보강 이음쇠(integrally reinforced fittings).

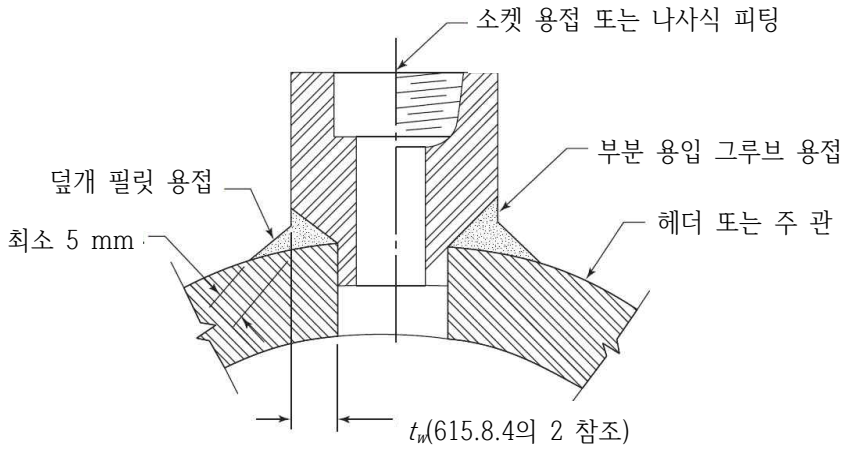


(a) ASME B16.11의 단조강 소켓 용접 또는 나사식 하프커플링의 분기관 연결부(1)

(b) ASME B16.11의 단조강 이음쇠에서 허용된 것보다 높은 압력 및 온도조건을 가지는 단조강 소켓용접 또는 나사식 어댑터의 분기관 연결부

주(1) 보강재 계산이 요구되지 않은 분기관 연결부에 대해서는 615.8.4의 2를 참조한다.

[그림 615.8-3] DN 80 이하의 하프커플링 또는 어댑터의 대표적인 완전 용입 분기관 용접연결부



[그림 615.8-4] DN 50 이하 이음쇠의 대표적인 부분용입 분기관 용접연결부

615.9 플랜지

615.9.1 “605 보일러 및 부속설비” 605.21을 준용한다.

615.9.2 부속서 4(ASME B 16.5)의 삽입식 플랜지는 압력등급 300 이하의 주 사용압력 정격범위 내에서만 사용한다.

615.10 증기배관

615.10.1 증기드럼 또는 과열기 입구측 헤더에 연결되는 첫 번째 스톱밸브까지의 증기배관에 대한 설계압력(P)은 드럼 안전밸브가 작동하도록 설정한 최저 압력값보다 높아

야 되며 허용응력(S)은 해당 포화증기 온도에서 허용하는 값을 초과해서는 아니 된다.

615.10.2 과열기 출구 헤더에서 첫 번째 스톱밸브사이의 증기배관에 대한 설계압력은 제4항에서 다르게 규정한 것 이 외에는 과열기의 안전밸브가 열리도록 설정된 최저 압력값 또는 드럼 안전밸브가 작동하도록 설정된 최저 압력값의 85% 보다 높아야 한다.

615.10.3 첫 번째 스톱밸브와 제 2의 스톱밸브사이의 증기배관에 대한 설계 압력값은 예상 최대 운전압력 또는 드럼 안전밸브가 작동하도록 설정된 최저 압력값의 85% 보다 높아야 한다. 그리고 사용된 재료에 대한 허용응력값은 예상되는 증기온도에 대한 허용값을 초과해서는 안 된다.

615.10.4 단위 계통(1대의 보일러와 1대의 터빈 또는 기타 주요 원동기)에 설치되고 증기헤더 압력에 연동되는 자동 연소 제어장치가 설치된 보일러에 대한 증기배관의 설계 압력 값은 입구 교축(throttle) 설계압력에 5%를 더한 값, 드럼 안전밸브가 작동하도록 설정된 최저 압력값의 85% 또는 배관계통 내 임의 지점상의 예상 최대 운전압력값 보다 높아야 한다. 그리고 사용된 재료에 대한 허용응력값은 과열기 출구에서 예상되는 증기온도에 대한 허용값을 초과해서는 안되며 관류형 보일러의 설계압력은 예상 최대연속운전압력보다 작아서는 안 된다.

615.10.5 어떠한 운전조건이나 재료에 대해서도 설계압력은 0.7 MPa 보다 높아야 한다.

615.11 급수배관

615.11.1 보일러에서 스톱밸브 및 체크밸브까지의 배관에 대한 최소 설계압력(P) 값은 보일러의 최대 허용 사용압력값의 1.25배 또는 보일러의 최대 허용 사용압력값 + 1.55 MPa중 작은 값보다 커야 한다. 다만, 보일러와 절탄기 사이에 밸브가 없는 일체형 절탄기로 설치된 경우에는 절탄기 입구측 헤더에서 스톱밸브 및 체크밸브까지의 배관에 대해서만 적용한다.

615.11.2 차단밸브까지의 바이패스 배관을 포함하여 체크밸브와 글로브밸브 또는 조정밸브사이의 배관에 대한 설계압력(P) 값은 보일러에 급수하기 위하여 필요한 압력보다 작아서는 아니 된다.

615.11.3 어떠한 운전조건이나 재료에 대해서 설계압력은 0.7 MPa보다 높아야 하며 또한, 보일러에 급수하는 압력보다 높아야 한다.

615.11.4 보일러와 첫 번째 밸브 또는 분기급수관 연결부사이 급수배관의 크기는 최소한 보일러 연결부와 같아야 한다.

615.12 용접부의 형상

기술기준 제164조에서 규정한 “안전한 형상”이란 배관에 대해서는 615.13부터

615.15까지에 적합한 것을 말한다.

615.13 용접부의 설계

615.13.1 관의 원주 및 길이방향 맞대기용접은 완전용입 용접으로 하여야 하고 용접이음부는 받침링이나 소모용 삽입물의 유무에 관계없이 V형, X형 또는 다른 적당한 형태의 그루브를 만들어 주어야 한다.

615.13.2 최종 용접부 외형(finished weld contour)의 급격한 변화를 피하기 위해 다음 사항을 따라야 한다.

1. 부품의 지름이 더 큰 용접부 끝은 용접분야 참조부속서 별도그림 45의 굵은선 범위 안에 있어야 한다.
2. 지름이 작은 부품과 지름이 큰 부품의 용접부 경사도가 30° 를 넘지 않도록 하여야 한다. 이러한 조건을 충족시키기 위해 필요하다면 용접부의 모서리에 용가재를 첨가시킬 수 있다.
3. 용접할 두 부품 중 두꺼운 단면으로부터 용접그루브 가공부까지 천이부가 있는 경우, 용접부 표면과 각 부품 표면사이의 각은 150° 이상이어야 한다.

615.14 이음부의 다듬질

615.14.1 용접부의 표면은 용접그대로의 상태도 허용되나, 용접부 표면은 거친 파형, 그루브, 오버랩 및 급격하게 돌출되거나 들어간 곳이 있어서는 아니 된다.

615.14.2 용접 덧살은 아래 표 615.14의 허용 값 이하이어야 한다.

[표 615.14]원주방향 및 길이방향 맞대기 용접부의 덧살 허용범위

모재의 두께, (mm)	설계온도에 대한 덧살의 최대 두께, (mm)	
	> 400℃	≤ 400℃
3.0 이하	2.0	2.5
3.0 초과 ~ 5.0 이하	2.0	3.0
5.0 초과 ~ 13.0 이하	2.0	4.0
13.0 초과 ~ 25.0 이하	2.5	5.0
25.0 초과 ~ 50.0 이하	3.0	6.0
50.0 초과	4.0	주(1)

비고 1. 양쪽면 홈용접의 경우, 위에 주어진 덧살허용범위는 용접이음의 안쪽면과 바깥쪽에 개별적으로 적용한다.
2. 받침쇠 또는 바가 남아있는 한쪽면 홈용접의 경우, 덧살허용범위는 바깥면에 적용해야 한다. 받침쇠 또는 바가 없는 한쪽면 홈용접의 경우, 허용범위는 바깥면에 적용해야 하며 안쪽면의 접근이 용이할 때 안쪽면에도 적용해야 한다.
3. 덧살 허용범위는 용접되는 두 재료의 얇은 쪽 두께를 기준으로 한다.
4. 용접덧살 두께는 인접한 두 용접부 중 높은 쪽으로 한다.
5. 필요한 경우, 용접덧살은 제거해도 된다.

주(1) 6 mm 또는 용접부 폭의 1/3 배 중 더 큰 것

615.14.3 원주방향 맞대기 용접부 표면의 언더컷은 0.8 mm를 초과하여서는 안 되며, 또한 최소 요구 단면두께를 잠식하여서도 아니 된다.

615.14.4 용접표면을 연삭하여야 하는 경우에는 용접부 또는 모재가 최소 두께 미만으로 감소되지 않도록 하여야 한다.

615.15 받침링의 사용

615.15.1 용접부의 영구부품이 되는 철강 받침링은 용접성이 좋고 모재와 부합하는 재료로 만들어져야 하며 황 함유량은 0.05%를 초과해서는 아니 된다.

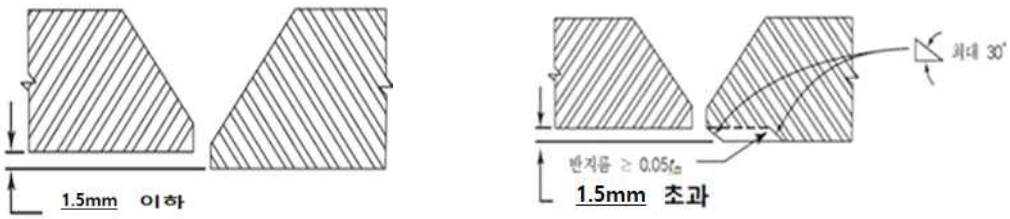
1. 받침링의 형태는 연속적으로 기계 가공된 것 또는 분할 밴드형
2. 두 개의 인접한 표면이 받침링으로 사용되는 세 번째 부재에 용접되는 경우, 세 개의 부재중 하나 또는 두 개가 페라이트계이고, 나머지 부재가 오스테나이트계의 경우에는 이들 재료의 사용상 적합여부는 “160 용접시공법” “161.5 용접절차시방서의 인정시험”을 실시하여 결정하여야 한다.
3. 길이방향 용접이음에 사용된 받침쇠는 제거되어야 한다.

615.15.2 비철금속 및 비금속 받침링을 사용할 수 있으나 비금속 또는 비용융성 받침링은 제거하여야 한다.

615.16 정렬

맞대기용접 될 배관부품의 안지름은 지름, 두께 및 진원도에 대한 허용차 내에서 가능한 한 정확하게 정렬하여야 하며, 용접을 하는 동안에도 정렬이 유지되어야 한다.

1. 이음될 배관부품 끝의 내부 정렬차는 아래 그림 615.16에서와 같이 1.5 mm를 초과해서는 아니 된다.
2. 내부 정렬차가 허용값을 초과한 경우에는, 부품의 튀어나온 안쪽면을 다듬질하여야 하고, 어떠한 경우에도 배관부품의 두께가 최소 설계두께보다 작아서는 안 되며, 외형선의 변화는 아래 그림 615.16에서와 같이 30° 를 초과해서는 아니 된다.



[그림 615.16] 맞대기 용접 내부정렬 허용범위

615.17 용접부의 균열

기술기준 제165조에서 규정한 “용접에 의한 균열이 없게”하기 위해서는 배관 등에 관해서는 615.18부터 615.22까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

615.18 용접면의 청결

관의 용접부 개선면 및 그 부근은 용접에 앞서 수분, 도료, 유지, 먼지, 유해한 녹, 용입 찌꺼기 및 그 밖에 유해한 이물을 제거하여야 한다.

615.19 용접후열처리

615.19.1 P-No. 그룹별 용접후열처리는 아래의 요건을 따른다.

[표 615.19] 용접후열처리

<table>
<tr><th rowspan="2">P-No. 와 그룹 No.</th><th rowspan="2">유지온도 범위 (℃)</th><th colspan="2">모재(용접부)두께*에 따른 최소 유지시간 [주(1)]</th></tr>
<tr><th>50 ㎜ 이하</th><th>50 ㎜ 초과</th></tr>
<tr><td>P-No.1, 그룹 1-3</td><td>595 ~ 650</td><td rowspan="12">1시간/25 ㎜, 최소 15분</td><td rowspan="12">2시간 + 15분/25 ㎜(50 ㎜ 초과두께)</td></tr>
<tr><td>P-No. 3, 그룹 1과 2</td><td>595 ~ 650</td></tr>
<tr><td>P-No. 4, 그룹 1과 2</td><td>650 ~ 705</td></tr>
<tr><td>P-No. 5A, 그룹 1</td><td>675 ~ 760</td></tr>
<tr><td>P-No. 5B, 그룹 1</td><td>675 ~ 760</td></tr>
<tr><td>P-No. 6, 그룹 1－3</td><td>760 ~ 800</td></tr>
<tr><td>P-No. 7, 그룹 1과 2 [주(2)]</td><td>730 ~ 775</td></tr>
<tr><td>P-No. 8, 그룹 1－4</td><td>용접시방절차서에서 요구하지 않는 경우, 용접후열처리는 요구되지 않음</td></tr>
<tr><td>P-No. 9A, 그룹 1</td><td>595 ~ 650</td></tr>
<tr><td>P-No. 9B, 그룹 1</td><td>595 ~ 635</td></tr>
<tr><td>P-No. 10H, 그룹 1</td><td>용접시방절차서에 요구하지 않는 경우, 용접후열처리는 요구되지 않음.
실시하는 경우[주(3)] 참조</td></tr>
<tr><td>P-No. 10I, 그룹 1 [주(2)]</td><td>730 ~ 815</td></tr>
<tr><td>P-No. 15E, 그룹 1</td><td>730 ~ 775
[주(4), 주(5)]</td><td>1시간/25 ㎜, 최소 30분</td><td>125 ㎜까지는 25 ㎜당 1시간
125 ㎜를 초과하면 초과하는 25 ㎜당 15분 추가</td></tr>
</table>

그 외 재료	용접시방절차서에서 요구되는 용접후열처리	용접시방절차서에 따라	용접시방절차서에 따라

비고. 용접후열처리의 면제에 대해서는 표615.19.3에 정의됨

주(1). 모재(용접부) 두께란 아래 (가)와 (나) 두께 중 작은 값을 말한다.

가. 모재(용접부)의 두께

나. 용접이음 모재 중 더 두꺼운 재료의 용접부 두께, 또는 압력유지부 재료에 비압력유지부 재료를 용접하는 경우 압력유지부 재료의 용접부 두께

주(2). 냉각속도는 650℃ 초과범위에서 55℃/hr를 초과해서는 안 되고 650℃미만에서는 취성의 방지를 위해 충분히 빨라야 한다.

주(3). 굽힘, 성형 또는 용접 후에 용접후열처리를 수행한다면, 특수한 합금에 대해 다음의 온도범위에서 빠른 냉각으로 실시하여야 한다.

합금 S31803, S322005 : 1020℃ ~ 1100℃

합금 S32250 : 1040℃ ~ 1120℃

합금 S32750 : 1025℃ ~ 1125℃

그 외 : 980℃ ~ 1040℃

주(4). 용접후열처리 최소 유지온도는 공칭두께 13 ㎜ 이하에서 720℃로 해도 된다.

주(5). 설계자가 별도로 규정하지 않으면 용가재의 Ni+Mn 함량이 1.2%를 초과하지 않아야 한다. 이런 경우 용접후열처리를 하는 동안 도달하는 최대온도는 해석과 계산 또는 시험에 의해 결정된 용가재의 A1(하부 변태온도 또는 저온 임계온도)가 되어야 하지만 800℃를 초과해서는 안 된다. 800℃를 초과하지 않았지만 용가재의 A1을 초과하거나 용가재의 성분을 알 수 없으면, 적합한 용가재로 다시 용접하고 적절한 용접후열처리를 수행하여야 한다. 800℃ 한계를 초과했으면 용접부와 용접후열처리 영향을 받은 전 부위를 제거하여야 하며, 만일 재사용하는 경우 재사용 전에 다시 풀림 및 뜨임을 하여야 한다.

[표 615.19.1] 탄소강 또는 저합금강의 대체 용접후열처리 요건(P-No.1과 3)

최소 규정온도로부터의 온도 감소값, ℃	감소된 온도에서의 최소 유지시간, hr[주(1)]
30	2
55	4
85[주(2)]	10
110[주(2)]	20

주(1). 위 표의 시간은 두께 ≤ 25 mm에 대해 적용한다. 모재(용접부) 두께 〉25 mm에 대해 25 mm마다 15분씩 추가한다.

(2). 최소 규정온도보다 56℃를 초과하는 온도의 감소는 단지 P-No.1의 그룹 1, 2에 대해서만 허용한다.

[표 615.19.2] P36/F36의 용접후열처리

등급	유지온도 ℃	유지시간
1	595~650	두께 50 ㎜ 이하 : 1시간/25 ㎜, 최소 15분 두께 50 ㎜ 초과 : 두께가 25 ㎜ 증가할 때 15분씩 추가
2	540~620	1시간/25 ㎜, 최소 30분

[표 615.19.3] 용접후열처리의 면제

P-No.와 그룹 No.	용접부두께 ㎜[주(1)]	용접종류	용접후열처리 면제에 필요한 추가 제한사항 [주(2),주(3)]
P-No. 모든 그룹	모든 두께	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 25 ㎜를 초과하는 경우 용접 전 95℃ 예열적용 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
P-No.3, 그룹 1, 2	≤16 ㎜	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 16 ㎜를 초과하는 경우 용접 전 95℃ 예열적용 - 모재의 규정 탄소 함유량이 0.25%이하 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
P-No.4, 그룹 1	≤16 ㎜	그루브 용접	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 모재의 규정 탄소 함유량이 0.25%이하 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
	≤16 ㎜ 단, 소켓용접의 이음쇠 두께나 플랜지 두께는 고려하지 않음	소켓용접, 필릿용접	- 예열을 의무조건으로 적용 - 필릿용접 또는 소켓용접의 목두께가 13㎜ 이하 - 배관재료의 규정 탄소 함유량이 0.20%이하 - 배관의 호칭두께가 16㎜ 이하 - 배관의 호칭두께가 5㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
	≤16 ㎜	실(seal)용접, 하중을 받지 않는 부착물[주(5)]	- 예열을 의무조건으로 적용 - 필릿용접 또는 소켓용접의 목두께가 13㎜ 이하 - 배관재료의 규정 탄소 함유량이 0.20이하 - 배관의 호칭두께가 16㎜ 이하 - 배관의 호칭두께가 5㎜를 초과하는 경우 다층용

			접을 사용한다. - 주(4). 참조

[표 615.19.3] 용접후열처리의 면제(계속)

P-No.와 그룹 No.	용접부두께 ㎜[주(1)]	용접종류	용접후열처리 면제에 필요한 추가 제한사항 [주(2),주(3)]
P-No.5A, 그룹 1	≤16 ㎜	그루브 용접	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 모재의 규정 탄소 함유량이 0.25%이하 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
	≤16 ㎜ 단, 소켓용접의 이음쇠 두께나 플랜지 두께는 고려하지 않음	소켓용접, 필릿용접	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 필릿용접 또는 소켓용접의 목두께가 13 ㎜이하 - 파이프 재료의 규정 탄소 함유량이 0.15%이하 - 파이프의 호칭두께가 16 ㎜ 이하 - 파이프의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
	≤16 ㎜	실(seal)용접, 하중을 받지 않는 부착물[주(5)]	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
P-No.5B, 그룹 1	면제되지 않음		-
P-No.6, 그룹 1~3	모든 두께	모든 용접	- 모재의 규정 탄소 함유량이 0.08%이하 - 재료의 호칭두께가 10 ㎜이하 - 용가제는 A-No.8, A-No.9 또는F-No.43
P-No.7, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 모재의 규정 탄소 함유량이 0.08%이하 - 재료의 호칭두께가 10 ㎜이하 - 용가제는 A-No.8, A-No.9 또는 F-No.43
P-No.7, 그룹 2	면제되지 않음		...
P-No.8, 모든 그룹	모든 두께	모든 용접	용접후열처리를 요구하거나 금지하지 않음

{표615.19.3} 용접후열처리의 면제(계속)

P-No.와 그룹 No.	용접부두께 ㎜[주(1)]	용접종류	용접후열처리 면제에 필요한 추가 제한사항 [주(2),(주(3)]
P-No.9A, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 파이프 재료의 규정 탄소 함유량이 0.15%이하 - 재료의 호칭두께가 13 ㎜ 이하
P-No.9B, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 16 ㎜ 이하이고, 용접시방절차서에서 제품용접에 사용한 두께 이상의 재료를 사용하여 인정한 경우
P-No.10H, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	용접후열처리를 요구하지도 금지하지도 않음
P-No.10I, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 13 ㎜ 이하인 경우 용접후열처리를 요구하지도 금지하지도 않음
P-No.15E	면제되지 않음		-

주(1) 모재(용접부) 두께란 아래 (가)와 (나) 두께 중 작은 값을 말한다.
가. 모재(용접부)의 두께
나. 용접이음 모재 중 더 두꺼운 재료의 용접부 두께, 또는 압력유지부 재료에 비압력유지부 재료를 용접하는 경우 압력유지부 재료의 용접부 두께
주(2) 재료의 호칭두께는 용접으로 이음하는 압력유지부의 재료 중 두꺼운 측 재료의 두께를 의미한다.
주(3) 설계자나 용접시방절차서에 의해 요구되는 용접후열처리에 대한 면제는 허용되지 않는다.
주(4) ±10% 입열 단일패스 용접으로 용접시방절차서를 인정하여 다른 모든 면제 조건을 만족한 경우, 단층이나 단일패스 용접은 용접후열처리를 면제해도 된다.
주(5) 하중을 받지 않는 부착물이란, 압력하중이나 유의미한 기계적 하중이 파이프나 압력부 재료에서 부착물을 통하여 전달되지 않는 것으로 정의한다.

615.19.2 315℃를 초과하는 온도에서 가열 및 냉각속도는 열처리하는 재료의 인치에 대한 최대두께의 1/2로 335℃/h를 나눈 값을 초과해서는 안 되며, 어떠한 경우에도 335℃/h를 초과해서는 안 된다.(P-No. 7 및 10I 재료에 대한 냉각속도의 요건은 위의 615.19.1에 따른다.)

615.19.3 P-No.가 다른 두 부품을 용접으로 이음할 때, 용접후열처리는 두 부품 중 더 높은 쪽의 용접후열처리 온도를 따라야 하며 그 온도가 해당재료의 하부 임계온도를 초과하지 않아야 한다. 비압력부품이 압력부품에 용접되고 용접후열처리가 어느 한 부품에 대하여 요구될 때, 최대 용접후열처리 온도는 압력부품에서 허용하는 최대 온도를 초과해서는 아니 된다.

615.20 완전한 용접을 위한 조치

기술기준 제166조에서 “용입이 충분하게“ 하기 위해서는 “160 용접시공법”(161.1부

터 161.15까지), “615.13 용접부의 설계” 및 “615.18 용접면의 청결”에 적합하여야 한다.

615.21 용접부의 결함

“언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀 등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게”하기 위해서는 “160 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), “615.14 이음부분의 다듬질” 및 “615.23 비파괴검사 범위”에 적합하여야 한다.

615.22 용접부의 강도

기술기준 제167조에서 “충분한 강도”란 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 “161 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), 615.26 “기계시험”, 615.27 “재시험” 및 615.28 “수압시험”에 적합하여야 한다.

615.23 비파괴검사 범위

배관의 비파괴검사 해당 용접부는 표 615.23의 배관사용조건에 따라 각각 표의 규정시험에 언급한 비파괴검사를 실시하고, 요구조건에 적합하여야 한다. 비파괴검사 방법으로 검출하는 결함의 종류는 [표615.2.3.1]에서 보여주고 있다.

615.23.1 비피과검사원 자격요건

비파괴검사원의 자격요건은 170.1.2을 따른다.

[표 615.23] 압력용접부 및 압력유지부품과의 용접부에 대한 비파괴검사 범위

용접부 형태	배관설계 조건에 따른 비파괴검사		
	모든 압력에서 400℃를 초과하는 온도	175~400℃의 온도와 7.075 MPa를 초과하는 압력	기 타
맞대기 용접부 (원주방향 및 길이방향)(1)	체적검사(RT 또는 UT) : DN 50을 초과하는 경우 표면검사(MT 또는 PT) : DN 50이하인 경우(2)	체적검사(RT 또는 UT) : DN 50을 초과하고 두께가 19 mm를 초과하는 경우 VT : 두께가 19 mm 이하의 모든 크기	모든 크기 및 두께에 대해 육안검사
분기관 연결용접부(표시한 크기는 분기관 크기임)(3)(4)	RT 또는 UT : DN 100을 초과하는 경우 MT 또는 PT : DN 100 이하인 경우(2)	체적검사(RT 또는 UT) : DN 100을 초과하고 두께가 19 mm를 초과하는 경우 표면검사(MT 또는 PT) : 두께가 19 mm를 초과하고 DN 100이하인 경우 VT : 두께 19 mm 이하의 모든 크기	모든 크기 및 두께에 대해 육안검사
필릿, 소켓, 부착물 및 누설방지용접부	PT 또는 MT : 모든 크기 및 두께(5)	VT : 모든 크기 및 두께	모든 크기 및 두께에 대해 육안검사

비고 1. 모든 용접부는 규정된 특정의 비파괴검사와 더불어 육안검사를 하여야 한다.
2. RT - 방사선투과검사, PT - 침투탐상검사, MT - 자분탐상검사, UT - 초음파탐상검사, VT는 - 육안검사를 말한다.
3. 표에서의 온도와 압력은 설계값
4. 압력유지부품의 비파괴검사에 대해서는 관련 코드 또는 제작 규격을 참조한다.
5. 크리프영역에서 지속적인 운전이 예정된 파이프의 모든 길이방향 용접 또는 나선방향 용접은 적용되는 재료규격 또는 171, 172에 따라 100% 체적검사(RT 또는 UT)를 수행하고 합격해야 한다.

주(1) 맞대기 용접부의 두께는 용접그루브 가공 후에 인접한 두 끝부분 중 더 두꺼운 부분을 말한다.
(2) 방사선투과검사는 172에 따라 수행될 때 침투탐상검사 또는 자분탐상검사 대신에 사용될 수 있다.
(3) 분기관 용접부의 체적검사(RT 또는 UT)는 비일체형 보강재를 사용하기 전에 수행하여야 한다.
(4) 위 표에서 요구될 때 분기 연결용접부의 체적검사(RT, UT) 대신에 표면검사(PT, MT)를 할 수 있으며, 이때는 용접부두께의 절반과 13 mm 중에서 작은 곳 및 접근할 수 있는 모든 최종 용접표면에 대하여 검사하여야 한다.
(5) 비압력유지 부품의 영구 부착을 위하여 필릿용접시에 용접목두께가 6 mm 이하인 것은 위 표에서 침투탐상검사 또는 자분탐상검사 요건은 면제할 수 있다.

[표 615.23.1] 비파괴검사 방법에 따라 검출되는 용접부 불완전의 종류

불완전 종류	육안검사	자분탐상 검사	침투탐상 검사	방사선투과 검사	초음파탐상 검사
표면균열	o<1>	o<1>	o<1>	o	o
내부균열	...	...	...	o	o
표면의 언더컷	o<1>	o<1>	o<1>	o	...
용접덧살	o<1>	...	...	o	...
기 공	o<1><2>	o<1><2>	o<1><2>	o	...
슬래그 혼합	o<2>	o<2>	o<2>	o	o
표면의 융합불량	o<1><2>	o<1><2>	o<1><2>	o	o
용입부족	o<3>	o<3>	o<3>	o	o

주 <1> 외면에 접근할 수 있을 경우 및/또는 내면에 쉽게 접근할 수 있을 경우 적용한다.
<2> 표면에 열려있는 불연속은 검출할 수 있다.
<3> 내면에 쉽게 접근할 수 있을 경우에만 적용한다.

615.24 비파괴검사

615.24.1 방사선투과검사는 171에 따른다. 기하하적 불선명도가 1.8 mm 를 초과하지 않는 한 171.4.2의 2(기하학적 불선명도의 제한)요건은 방사선 투과사진에 대한 가이드로 사용하며, 투과사진의 부적합으로 간주하지 않는다.

615.24.2 초음파탐상검사

가. 초음파탐상검사는 172에 따르며, 추가로 초음파탐상검사 데이터가 저장될 수 있는 장비를 사용하여야 한다. 만약 물리적 방해물 때문에 데이터 저장 장비 시스템을 적용할 수 없는 경우, 발주자의 승인을 받아 수동 초음파탐상검사를 적용해도 된다.

나. 대안으로 KECS-1201의 2.12(대체 초음파탐상검사 합격기준의 사용)에 따른 자동 또는 반자동 초음파탐상검사를 적용할 수도 있다.

615.24.3 자분탐상검사는 173에 따른다.

615.24.4 침투탐상검사는 174에 따른다.

615.24.5 육안검사는 175에 따른다.

615.24.6 P-No. 3, 4, 5A, 5B 및 15E 재료의 용접부에 대한 비파괴검사는 설계에서 별도의 지침이 없다면 용접후열처리 후에 시행한다. 다른 재료의 용접부에 대한 비파괴검사는 용접후열처리 전이나 후에 시행할 수 있다.

615.25 비파괴검사 합격기준

615.25.1 가. 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 합격기

준은 605.51을 따른다.

나. 615.24.2의 나에서 합격기준은 KECS-1201의 2.12(대체 초음파탐상검사 합격기준의 사용)에 따른다.

615.25.2 자분탐상검사와 침투탐상검사 시 결함의 평가와 관련하여 가장 열악한 위치로 선정된 긴 변의 길이가 150mm를 초과하지 않고 면적이 3870mm^{2}인 임의구역 내에 존재하는 10개 이상의 원형지시도 허용되지 않는다.

615.25.3 육안검사는 다음의 지시를 불합격으로 한다.

1. 외부표면의 균열
2. 깊이 0.8 mm를 초과하는 표면 언더컷, 또는 최소 단면두께의 침식
3. 길이방향 맞대기 용접 표면의 언더컷
4. 표 615.14에 규정한 값보다 큰 용접부의 덧살
5. 표면에서의 융합불량
6. 용입부족(내면에 쉽게 접근할 수 있을 때에만 적용)
7. 길이 5.0 mm 를 초과하는 선형지시
8. 치수가 5.0 mm를 초과하는 구형지시 또는 임의의 방향으로 지시의 간격이 1.5 mm 이하인 4개 이상의 구형지시를 가지는 표면기공. 구형지시는 길이가 폭의 3배 이하인 원형 또는 타원형 지시를 말한다.
9. 용접부 외부 표면의 아크 스트라이크

615.26 기계시험

배관에 대한 기계시험은 605.56.2부터 605.56.9까지를 준용한다. 다만 용착금속 인장시험은 제외한다.

615.27 재시험

배관에 속하는 기계시험의 재시험은 605.57을 준용한다.

615.28 수압시험

615.28.1 배관계통의 어느 위치에서도 수압시험 압력은 설계압력의 1.5배 보다 낮아서는 아니 된다. 그러나 용기, 펌프 또는 밸브 등과 같이 격리되지 않은 모든 기기의 최대 허용 시험압력을 초과해서는 아니 된다.

615.28.2 압력은 최소 10분간 계속 유지하여야 하며 누설확인을 위해 설계압력으로 줄여서 필요한 시간을 지속하여야 한다.

615.28.3 누설확인은 모든 이음부 및 연결부에 대하여 검사하여야 하며 펌프 또는 밸브 패킹에서와 같은 부분적인 경우를 제외하고는 배관계통에서 누설이 있어서는 아니 된다.

615.28.4 615.28.1 내지 615.28.3의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과시험, 초음파탐상시험, 자분탐상시험 또는 침투탐상시험 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

615.29 기압시험

615.29.1 기압시험은 배관계통이 물을 채울 수 없도록 설계되었을 경우 또는 배관계통이 운전 중에 시험매체의 잔류를 허용하지 않는 경우에만 수행할 수 있다.

615.29.2 시험매체로 사용되는 가스는 비발화성 및 비유독성이어야 한다.

615.29.3 기압시험 압력은 배관계통 설계압력의 1.2배 이상, 1.5배 이하이어야 한다. 시험압력은 용기, 펌프 또는 밸브 등과 같이 격리되지 않은 모든 기기의 최대 허용 시험압력을 초과해서는 아니 된다. 계통에서의 압력은 시험압력의 1/2을 넘지 않게 점차적으로 증가시켜야 하고 그 후에는 요구되는 시험압력에 도달할 때까지 시험압력의 대략 1/10 씩 단계적으로 증가시켜야 한다. 압력은 최소 10분 동안 계속 유지하여야 한다. 그 후에 압력은 설계압력 또는 700 kPa 중 작은 압력까지 줄여야 하며 누설시험을 위해서 필요한 만큼의 시간동안 유지되어야 한다. 비누거품 또는 동등한 방법을 통한 누설시험은 모든 이음부와 연결부를 대상으로 수행하여야 한다. 펌프나 밸브 패킹에서와 같은 부분적인 경우를 제외하고, 배관계통에서 누설이 있어서는 안 된다.

615.29.4 615.29.1 또는 615.29.3의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 않아야 하며 추가로 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사 또는 침투탐상검사 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

615.30 질량분석 및 할로겐 시험

615.30.1 수압시험 또는 기압시험으로 얻을 수 있는 감도보다 더 높은 시험을 요구하는 운전 및 설계조건을 갖는 계통은 요구 감도를 가지는 헬륨 질량분석 시험 또는 할로겐 시험과 같은 방법으로 시험하여야 한다.

615.30.2 질량분석 또는 할로겐 시험을 수행할 경우에는 시험 장비 공급자의 지침에 따라 수행하여야 한다. 모든 경우 계통의 최대 허용 누설 미만의 누설률을 가진 교정된 기준누설을 사용하여야 한다. 시험장비는 측정된 계통 누설이 기준누설의 누설률 미만으로 결정될 수 있도록 기준누설에 대비하여 교정하여야 한다.

(620 증기터빈 및 부속설비)

620 증기터빈 및 부속설비

620.1 증기터빈 및 부속설비의 재료

620.1.1 기술기준 제81조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”은 605.1.1을 준용한다.

620.1.2 기술기준 제81조에서 “압력을 받는 부분”에 대한 정의는 605.1.2를 준용한다.

620.1.3 “605 보일러 및 부속설비” 605.2부터 605.6까지, “610 압력용기 및 부속설비”610.2부터 610.6까지와 “615 배관 및 부속설비” 615.2는 해당되는 경우 증기터빈 및 부속설비에 준용한다.

620.2 증기터빈 및 부속설비의 구조

620.2.1 기술기준 제82조제1항 및 제4항에서 규정하는 “비상조속장치가 작동하였을 때 도달하는 회전속도”란 비상조속장치가 작동한 시점으로부터 관성에 의해 상승하는 경우의 회전속도를 포함하는 것을 말하며, 어떠한 원인으로 증기터빈이 정격회전속도를 초과하여 비상조속장치가 작동하였을 경우 상승한 속도에서도 기계가 손상되지 않아야 한다.

620.2.2 기술기준 제82조제2항의 “최대의 진동”이란 터빈의 기동 및 정지과정을 포함한 운전중 발생하는 진동값 중 최대의 것을 말하며, 증기터빈은 기동 및 정지과정을 포함한 모든 운전상태에서 발생하는 진동에 대하여 충분히 기계적으로 강하고 견고하여야 한다.

620.2.3 기술기준 제82조제3항에서 규정하는 “이상 마모, 변형 및 과열이 생기지 않는 것”이란 다음의 장치를 구비하는 것을 말한다.

1. 통상 운전시에 증기터빈에 급유를 행하기 위한 주 윤활유 펌프
2. 주 윤활유 펌프의 출구 압력이 현저하게 저하하였을 경우에 자동적으로 증기터빈에 급유하기 위한 보조윤활유 펌프
3. 주 윤활유 펌프 및 보조윤활유 펌프가 고장이 발생하는 경우에 증기터빈을 안전하게 정지하기 위한 비상용 윤활유 펌프 또는 수동 보조윤활유 펌프(단 10,000 kW 이하의 증기터빈에는 필요하지 않다)
4. 증기터빈의 정지 중에도 통상 운전시에 필요한 윤활유를 모아두기 위한 저장 탱크
5. 윤활유를 청정하게 유지하기 위한 장치
6. 윤활유의 온도를 조정하기 위한 장치

620.2.4 기술기준 제82조제4항의 “**속도조절기**에 의해 조정할 수 있는 회전속도 중 최

소의 것”이란 유도 발전기와 결합하는 증기터빈 이외의 증기터빈에서는 속도조정률로 정해지는 회전속도의 범위 중 최소의 것을 말하며, 유도 발전기와 결합하는 증기터빈에서는 유도 발전기가 접속되는 계통의 주파수로 발전할 수 있는 최소의 회전속도를 말하며, “충분한 대책을 강구하였을 경우”란 2차 이상의 진동모드의 진동에 대하여 회전기계의 위험속도 근처에서 불균형 변화를 하기 쉬운 정도 또는 그 불균형에 대한 진동감도의 평가치에 대해 일반적 지침을 제시하는 KS B 0704(기계적 진동-기계의 불평형변화감도 및 기계진동의 불평형민감도)에 준한 축계 설계로 공진배율을 낮추는 등 충분한 대책이 강구되어 안전성이 실증되어 있는 경우를 말한다.

620.2.5 기술기준 제82조제5항의 “안전한 것”은 아래에 열거하는 것을 말한다.

1. 증기터빈 및 그 부속설비{증기터빈 차실(turbine casing), 밸브본체(Valve box), 복수기본체condenser shell) 및 복수기 수실(condenser water box) 제외}에서는 605.10부터 605.30까지(보일러 등과 관련되는 부분을 제외)를 충족시키는 것을 말한다.
2. 증기터빈 및 그 부속설비의 “내압시험”은 610.53를 준용할 수 있다.

620.2.6 <삭제>

620.3 속도조절기

속도조절기는 그 기능으로서 증기터빈의 부하가 변동될 때 속도 또는 출력이 난조를 일으켜서는 안 되며, 정격부하에서의 부하 차단 시 회전속도 최대상승값은 비상속도조절기의 작동 회전속도 미만으로 하여야 한다. 다만, 발전기가 유도발전기인 경우에는 다음의 이유에 의해 속도조절기를 필요로 하지 않는다.

1. 유도 발전기는 그 자체로 회전 자계를 발생하는 기능이 없기 때문에 부하 변동에 대한 속도 조정은 필요하지 않다.
2. 동기 발전기와 병렬 운전 중 터빈출력(유도 발전기 출력)의 변동분은 동기 발전기에 흡수되므로 증기터빈의 속도 및 부하는 변동하지 않는다. 따라서 출력을 조정하는 장치는 필요가 없다.

620.4 경보 및 비상정지장치

620.4.1 기술기준 제84조제1항에서 “운전 중에 지장을 미칠 우려가 있는 진동”이란 증기터빈 또는 이것에 접속하는 그 외의 회전체를 동일한 축으로 결합한 것으로 주요한 베어링 또는 그 부근의 축에서 회전 중에 발생하는 진동에 대한 전진폭의 최대값이 다음 표 620.4에 명시된 측정 장소 및 정격회전속도에 대하여 경보값을 초과하는 경우를 말한다.

[표 620.4] 측정장소별 경보값

측정 장소	정격회전속도	경보값	
		회전속도가 정격 회전속도 미만일 때	회전속도가 정격 회전속도 이상일 때
베어링	매분 3,600회전 마다	0.075mm	0.075mm
	매분 1,800 회전 마다	0.105mm	0.087mm
축	매분 3,600회전 마다	0.15mm	0.125mm
	매분 1,800 회전 마다	0.21mm	0.175mm

620.4.2 기술기준 제84조제2항에서 규정하는 "과속도"란 증기터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우를 말하며, "그 외의 이상"이란 다음에 열거하는 경우를 말한다.

1. 용량이 10,000 kVA 이상의 발전기의 내부에 고장이 발생한 경우
2. 정격출력이 10,000 kW 를 넘는 증기터빈의 복수기 진공도가 현저하게 저하하였을 경우
3. 정격출력이 10,000 kW 를 넘는 증기터빈의 트러스트(thrust)베어링이 현저하게 마모되거나 또는 그 온도가 현저하게 상승하였을 경우

620.4.3 기술기준 제84조제2항에서 규정하는 "신속하게"란 증기터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우에는 정격 회전속도의 1.11배를 넘기 이전의 시점을 말하며, 그 외의 경우에는 이상이 발생한 시점을 말한다.

620.5 과압방지장치

620.5.1 기술기준 제85조에서 규정하는 "과압"이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

620.5.2 기술기준 제85조에서 규정하는 "적당한 과압방지장치"란 증기터빈에서는 그 배기 압력의 상승시에 과압을 방지할 수 있는 용량의 크기를 갖고 최고사용압력 이하로 작동하는 파열판장치 또는 파괴핀 장치를 말하며, 그 중 어느 쪽을 채용하여도, 안전성이 충분하다면 자동이 아니어도 된다.

620.5.3 증기터빈의 부속설비에서 파열판장치 또는 파괴핀 장치의 설치는 610.36을 준용 할 수 있다.

620.5.4 복수 터빈의 공기배출압력 또는 배압터빈의 배압의 이상 상승에 의한 차실, 용기, 관등의 파손의 위험을 방지하기 위해서 설치된 안전밸브 등은 여기에서 말하는 과압방지 장치로 인정 된다.

620.6 계측장치

기술기준 제87조에서 규정하는 “운전 상태를 계측하는 장치”란 다음에 열거하는 사항을 계측하는 것을 말한다.

1. 증기터빈의 회전속도
2. 주증기 스톱밸브, 재열증기 스톱밸브 앞의 증기압력 및 온도
3. 증기터빈의 공기배출 압력
4. 증기터빈 베어링 입구의 윤활유 압력
5. 증기터빈 베어링 출구의 윤활유 온도 또는 베어링금속 온도
6. 증기유량제어 밸브의 개도
7. 증기터빈 진동의 진폭

(625 가스터빈 및 부속설비)

625 가스터빈 및 부속설비

625.1 가스터빈 및 부속설비의 재료

625.1.1 기술기준 제88조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”은 605.1.1을 준용한다.

625.1.2 기술기준 제81조에서 “압력을 받는 부분”에 대한 정의는 605.1.2를 준용한다.

625.1.3 “605 보일러 및 부속설비” 605.2부터 605.6까지, “610 압력용기 및 부속설비”610.2부터 610.6까지와 “615 배관 및 부속설비” 615.2는 가스터빈 및 부속설비에 준용할 수 있다.

625.2 가스터빈 및 부속설비의 구조

625.2.1 기술기준 제89조제1항에서 규정하는 “비상속도조절기가 작동하였을 때에 도달하는 회전속도”란 비상속도조절기가 작동된 시점으로부터 관성에 의해 상승하는 경우의 회전속도를 포함하는 것을 말하며, 어떠한 원인으로 가스터빈이 정격회전속도를 초과하여 비상속도조절기가 작동하였을 경우 상승한 속도에서도 기계가 손상되는 일이 없어야 한다는 것을 말한다.

625.2.2 기술기준 제89조제2항은 가스터빈의 베어링 구조상의 안전성에 대하여 규정하고 있으며, “이상 마모, 변형 및 과열이 생기지 않는 것”이란 다음의 장치를 구비하는 것을 말한다.

1. 통상 운전시 가스터빈에 윤활유를 공급하기 위한 주 윤활유 펌프
2. 주 윤활유 펌프의 출구 압력이 현저하게 저하하였을 경우에 자동적으로 가스터빈에 급유하기 위한 보조윤활유 펌프
3. 주 윤활유 펌프 및 보조윤활유 펌프가 고장 났을 경우에 가스터빈을 안전하게 정지하기 위한 비상용 윤활유펌프 또는 수동 보조윤활유 펌프(단 10,000 kW 이하의 가스터빈에는 필요하지 않다)
4. 가스터빈 정지 중에도 통상 운전 시 필요한 윤활유를 모아 두기 위한 저장 탱크
5. 윤활유를 청정하게 유지하기 위한 장치
6. 윤활유의 온도를 조정하기 위한 장치

다만, 윤활유 펌프의 출구 압력이 현저하게 저하 할 경우에 연료의 유입을 자동적으로 차단하는 장치가 설치되고 안전하게 정지할 수 있는 경우에는 2의 보조윤활유 펌프를 설치하지 않아도 된다. 또한 보조윤활유 펌프 없이 안전하게 정지할 수 있는 베어링을 가지는 것에서는 3의 장치를 설치하지 않아도 된다.

625.2.3 기술기준 제89조제4항의 “속도조절기에 의해 조정할 수 있는 회전속도 중 최소의 것”이란 유도 발전기와 결합하는 가스터빈 이외의 가스터빈에서는 속도조정률로 정해지는 회전속도의 범위 중 최소의 것을 말한다.

1. 유도 발전기와 결합하는 가스터빈에서는 유도 발전기가 접속되는 계통의 주파수로 발전할 수 있는 최소의 회전속도를 말하며, “충분한 대책을 강구하였을 경우”란 2차 이상의 진동 모드에 대하여 공진 배율을 낮추는 등의 대책에 의해 충분한 안전성이 실증되고 있는 경우를 말한다.

625.2.4 기술기준 제89조제4항의 “안전한 것”은 아래에 열거하는 것을 말한다.

1. 가스터빈 및 그 부속설비에서는 605.10부터 605.30까지(보일러와 관련되는 부분을 제외)를 충족시키는 것을 말한다.
2. 가스터빈 및 그 부속설비의 “내압시험”은 610.53를 준용할 수 있다. 다만, 대기 개방의 가스터빈 차실(casing)은 다음의 어느 한쪽에 적합하다면 수압시험은 필요 없다.
   가. 해당 기종과 동일한 재료, 구조를 가지는 가스터빈 차실에 있어 610.53에 만족하는 수압시험의 실적이 있을 때
   나. 상온에서 수압시험 압력에 견디는 것이 강도 계산 등으로 확인 되었을 때
3. 가스터빈 본체는 구조적으로 단순한 압력 용기가 아니기 때문에 수압시험에 대해서는 육안으로 압력을 받는 부분의 영구 변형이 생기거나 용접부 등의 누락은 없는가를 확인하는 것만으로 충분하며, 볼트 체결부 및 기계적 연결부에서는 수압시험에 지장이 없는 정도의 누설이 있어도 지장이 없다. 또한 공기배출차실, 공기압축기 및 흡입 케이싱 등 항시 대기 개방된 곳은 수압시험의 대상이 되지 않는다.

625.2.5 <삭제>

625.3 속도조절기

속도조절기는 그 기능으로서 가스터빈의 부하가 변동될 때 회전속도 또는 출력의 난조를 방지하기 위하여 연료의 유입을 자동적으로 조정할 수 있고, 정격부하에서의 부하 차단 시 회전속도 최대상승 값을 비상속도조절기의 작동 회전속도 미만으로 할 수 있어야 한다.

625.4 비상정지장치

625.4.1 기술기준 제91조에서 규정하는 “과속도”란 가스터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우를 말한다.

625.4.2 그 외의 이상이란 다음에 열거하는 경우를 말한다.

1. 용량이 10,000 kVA 이상의 발전기 내부에 고장이 발생하는 경우
2. 가스의 온도가 현저하게 상승하는 경우

625.4.3 기술기준 제91조에서 규정하는 “신속하게”란 증기터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우에 있어서 정격 회전속도의 1.11배(항공 전용형의 가스터빈 등의 다축형 가스터빈과 발전기가 결합된 것은 1.16배, 발전기와 결합되지 않은 것은 그 강도에 대하여 충분한 검증을 실시하여 안전성이 실증된 최대의 회전속도)를 초과하기 이전의 시점을 말한다. 그 외의 경우에는 이상이 발생한 시점을 말한다.

625.5 과압방지장치

625.5.1 기술기준 제92조에서 규정하는 “과압”이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

625.5.2 기술기준 제92조에서 규정하는 “적당한 과압방지장치”는 605.32부터 605.37(보일러 등과 관련되는 부분을 제외)까지 및 610.36의 규정을 준용할 수 있다.

625.6 계측 장치

기술기준 제93조에 규정하는 “운전 상태를 계측하는 장치”란 다음에 열거하는 사항을 계측하는 것을 말한다.

1. 가스터빈의 회전속도
2. 가스터빈의 공기압축기 토출 압력
3. 가스터빈 입구의 가스온도(출구의 가스온도를 계측해 입구의 가스온도를 산출하는 방법에 따르는 것을 포함한다)
4. 가스터빈 베어링 입구의 윤활유 압력
5. 가스터빈 베어링 출구의 윤활유 온도 또는 베어링금속 온도

(630 내연기관 및 부속설비)

630 내연기관 및 부속설비

630.1 내연기관 및 부속설비의 재료

630.1.1 기술기준 제94조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”은 605.1.1을 준용한다.

630.1.2 기술기준 제94조에서 “압력을 받는 부분”에 대한 정의는 605.1.2를 준용한다.

630.1.3 “605 보일러 및 부속설비” 605.2부터 605.6까지, “610 압력용기 및 부속설비”610.2부터 610.6까지와 “615 배관 및 부속설비” 615.2는 해당하는 경우 내연기관 및 부속설비에 준용할 수 있다.

630.2 내연기관 및 부속설비의 구조

630.2.1 기술기준 제95조제1항에 규정하는 “비상속도조절기가 작동하였을 때에 도달하는 회전속도”란 620.2.1과 같다.

630.2.2 기술기준 제95조제2항에 규정하는 “이상마모, 변형 및 과열이 생기지 않는 것”이란, 다음에 열거하는 장치를 가지는 것을 말한다.

1. 통상 운전 시에 내연기관에 윤활유를 공급하기 위한 주 윤활유 펌프
2. 내연기관이 정지 중에도 통상 운전 시에 필요한 윤활유를 저장하기 위한 저장 탱크
3. 윤활유의 청정을 유지하기 위한 장치
4. 윤활유의 온도를 조정하기 위한 장치

630.2.3 기술기준 제95조제3항에 규정하는 “안전한 것”은 아래에 열거하는 것을 말한다.

1. 내연기관 및 그 부속설비는 605.10부터 605.30까지(보일러 등과 관련되는 부분을 제외)를 충족시키는 것을 말한다.
2. 내연기관 및 그 부속설비의 “내압시험”은 605.58을 준용할 수 있다. 다만, 다음 중 하나에 적합한 경우에는 수압시험을 필요로 하지 않는다.
   가. 해당 기종과 동일한 재료, 구조를 가지는 내연기관 케이싱에 대하여 610.53에 만족하는 수압시험의 실적을 가지고 있는 것
   나. 상온에서 수압시험 압력에 견디는 것이 강도 계산 등으로 확인 되었을 때

630.2.4 <삭제>

630.3 속도조절기

속도조절기는 그 기능으로서 가스터빈의 부하가 변동될 때 회전속도 또는 출력의 난조를 방지하기 위하여 연료의 유입을 자동적으로 조정할 수 있고, 정격부하에서의 부하 차단 시 회전속도 최대상승 값을 비상속도조절기의 작동 회전속도 미만으로 할 수 있어야 한다.

630.4 비상정지장치

630.4.1 기술기준 제97조에서 비상정지장치는 정격출력이 500㎾를 초과하는 내연기관에만 적용한다.

630.4.2 기술기준 제97조에서 "과속도"란 내연기관의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우를 말하며 "그 외의 이상"이란 냉각수의 온도가 비정상으로 상승하는 경우 또는 냉각수 공급이 정지되는 경우를 말한다.

630.4.3 기술기준 제97조에서 "신속하게"란 내연기관의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우는 정격 회전속도의 1.16배를 초과하기 이전의 시점을 말하며, 그 외의 경우는 이상이 발생한 시점을 말한다.

630.5 과압방지장치

630.5.1 기술기준 제98조에서 규정하는 "과압"이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

630.5.2 기술기준 제98조에서 규정하는 "과압이 발생할 우려가 있는 것"이란 내연기관의 실린더 지름이 230mm 를 초과하고 최고 사용 압력이 3.4 MPa 이상의 내연기관의 실린더 (다만, 가스 연료를 이용하는 가스엔진은 제외한다) 및 실린더의 지름이 250mm 를 초과하는 내연기관의 밀폐식 크랭크실을 말한다.

630.5.3 기술기준 제98조에서 규정하는 "적당한 과압방지장치"는 해당 실린더 또는 밀폐식 크랭크실의 압력이 상승할 때에 과압을 방지할 수 있는 용량을 가지고 또한, 최고 사용압력 이하로 동작하는 릴리프 밸브를 말하며 605.32부터 605.37(보일러 등과 관련되는 부분을 제외)까지 및 610.36의 규정을 준용할 수 있다.

630.6 계측장치

기술기준 제99조에 규정하는 "운전 상태를 계측하는 장치"란 다음에 열거하는 것을 계측하는 것을 말한다.

1. 내연기관의 회전속도 또는 주파수
2. 내연기관 출구의 냉각수 온도
3. 내연기관 입구의 윤활유 압력
4. 내연기관 출구의 윤활유 온도

(635 액화가스 연료연소설비)

635 액화가스 연료연소설비

635.1 액화가스 연료연소설비의 재료

635.1.1 기술기준 제100조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”이란 용접성, 인장강도, 연성, 인성 및 경도 등이 동등 이상의 것을 말하며, 액화가스 연료연소설비에 적합한 재료는 635.2부터 635.3까지의 규정을 만족하는 것을 말한다.

635.1.2 기술기준 100조에서 규정하는 “압력을 받는 부분”은 용기 및 관의 내면에 0.1MPa을 초과하는 압력을 받는 부분을 말한다.

635.2 재료의 허용응력

액화가스설비용 배관에 적용하는 “허용응력” 은 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에서 규정하는 수치로 한다.

635.3 재료사용의 일반

635.3.1 압력에 의하여 응력을 받는 재료는 달리 허용된 경우를 제외하고는 별표 2에 지정한 재료를 사용하여야 한다.

635.3.2 비 지정재료는 화학적, 물리적 및 기계적 성질, 제조방법과 공정, 열처리 및 품질관리를 다루는 출간된 규격에 적합하면 그리고 다른 방법으로 이 기준의 요건을 충족하면 사용할 수 있다.

635.3.3 알려지지 않은 규격의 재료는 내압 배관 구성부품에 사용하지 않아야 한다.

635.3.4 재생 관과 기타 배관구성부품은 지정되거나 635.3.1 또는 635.3.2에 적합한 것으로 적절히 식별되어 있거나 다른 방법으로 이 기준의 요건을 충족시킨다면 사용할 수 있다. 다만 최소벽두께와 사용목적에 사용할 수 없는 결함이 없다는 것을 판정하기 위하여 충분한 청소와 검사를 실시하여야 한다.

635.3.5 지정재료는 그 응력 값이나 등급이 나타나 있는 최고온도 이상에서 다음의 조건 하에서 사용할 수도 있다.

1. 별표 2 또는 그밖의 다른 규정에서 금지하지 않는 경우
2. 설계자가 그 재료의 사용성을 입증하는 경우

635.3.6 받침재료는 다음과 같아야 한다.

1. 영구적인 받침들과 억제장치들은 사용조건에 적합한 재료로 되어야 한다. 만일 강재가 그 두께의 2배 미만의 중심선 반지름으로 냉간 성형이 되었으면 그것은 성형 후에 어닐링을 하거나 풀림을 하여야 한다.
2. 주철, 연철과 가단철은 주로 압축하중을 받는 롤러, 롤러 베이스, 앵커 베이스 및

기타 받침요소들에 사용될 수 있다. 만일 배관이 맥동이나 진동으로부터 발생하는 충격형 하중을 받을 수 있으면 주철은 사용해서는 아니 된다 연철과 가단철은 관과 보의 클램프, 행거 플랜지, 클립, 브래킷과 스위블 링에 사용할 수 있다.

3. 알려지지 않은 규격의 강재는 내압 배관 구성요소에 직접 용접되지 않는 관 받침요소들에 사용할 수 있다. 인장이나 압축의 기본허용응력은 82MPa을 초과하지 않아야하며 받침의 온도는 -29℃부터 343℃의 범위내에 있어야 한다. 전단과 지지의 응력 값은 별표 5에 기록된 기본허용응력의 0.8배로 하며 지지의 허용응력은 그 값의 1.6배로 한다.
4. 목재나 다른 재료들은 받침요소가 온도, 강도 및 내구성을 고려하여 적절히 설계되었다면 관 받침요소들에 사용할 수 있다.
5. 배관에 용접하거나 접착하는 부착물은 배관과 그 사용에 융화성이 있는 재료로 되어야 한다.
6. 특정사용요건
   가. 연철(ductile iron). 연철은 -29℃ 미만(오스테나이트 연철은 제외) 또는 343℃를 넘는 온도에서는 내압 부품에 사용하지 않아야 한다. ASTM A 571에 적합한 오스테나이트 연철은 그 규격에 따라서 충격시험을 하는 온도까지 사용가능하나 -196℃ 미만의 온도에서는 사용할 수 없다. ASTM A 395에 적합하고 부속서 12(ASME B 16.42)의 요건과 부속서 11(ASME B 16.34) 표준 클래스, API 594, API 599 또는 API 609의 추가적 요건들을 충족시키는 재료들로 만든 몸통과 보닛 또는 덮개를 가진 밸브들은 부속서 12(ASME B 16.42)에서 주어진 압력-온도 등급 이내에서 사용할 수 있다. 연철 구성부품의 제작이나 보수 또는 배관계에 있는 연철부품을 조립시에는 용접을 해서는 안된다.
   나. 주철은 다음의 조건 하에서 사용하여서는 아니 된다.
      (1) 주철은 149℃를 넘는 온도 또는 1035 kPa을 초과하는 계기압력에서 탄화수소나 기타 인화성 유체 취급 용도로 공정단위 경계 내의 지상에서 사용해서는 아니 된다. 다른 구역에서의 압력제한은 2760kPa 이어야 한다.
      (2) 가단철은 -29℃ 미만 또는 343℃를 초과하는 온도에서 어느 유체용도에서나 사용해서는 안 되고, 149℃를 초과하는 온도 또는 2760 kPa를 초과하는 계기압력에서도 인화성 유체용도로 사용해서는 아니 된다.
      (3) 고실리콘철(14.5% 실리콘)은 인화성유체용도에서 사용해서는 아니 된다.

635.4 액화가스 연료연소설비의 구조

635.4.1 기술기준 제101조에서 “안전한 것”이란 635.5 및 635.6에 만족한 것을 말한다.

635.4.2 <삭제>

635.4.3 지하매설 및 건축물 내 배관

1. 지하매설배관의 매설깊이와 관련된 시공 및 설치와 관련하여 ASME 또는 동등이상의 배관설계기준에서 명시되지 않은 사항은 국토교통부 국가건설기준 “KDS 31 50 05(가스설비)” 를 적용한다.
2. 건축물 내 배관의 설치위치, 고정간격, 벽관통부 보호관, 피복상태 등과 관련된 시공 및 설치와 관련하여 ASME 또는 동등이상의 배관설계기준에서 명시되지 않은 사항은 국토교통부 국가건설기준 “KDS 31 50 05(가스설비)”, “KCS 31 50 05 05 (도시가스설비공사)” 를 적용한다. 다만, 전기설비와의 이격거리는 KEC 232.3.7과 KEC 342.1을 따른다.

635.5 직선관

635.5.1 관의 직선관부분의 요구두께는 아래 (1)식에 따라서 산정하여야 한다.

$$t_m = t + c \qquad (1)$$

1. 선택된 관의 최소두께 T는 제작자의 마이너스 허용오차를 고려하여 t_m보다 작아서는 아니 된다.
2. 다음의 기호가 직선관의 압력설계를 위한 방정식에서 사용된다.

   c = 기계적 여유(나사높이 또는 홈 깊이)에 부식 및 침식 여유를 더한 합. 나사가 있는 구성부품에 대해서는, 공칭나사높이(ASME B 1.20.1의 치수 h 또는 동등한 것)를 적용하여야 한다. 허용오차가 명시되지 않은 기계가공을 한 표면이나 홈에 대해서는, 허용오차는 명시된 절단깊이에 0.5mm를 추가한 것으로 가정하여야 한다.

   D = 표준이나 규격의 표에 기록되었거나 실측한 관 바깥지름

   d = 관의 안지름. 압력설계계산에 대해서는, 관의 안지름은 구매규격에서 허용되는 최대 값 이다.

   E = 별표 6.1 또는 별표 6.2로부터의 품질계수

   P = 내부설계계기압력

   S = 별표 4 재료의 응력 값

   T = 관 벽두께(실측값 또는 구매규격의 최소치)

   t = 내압에 대해서는 제2항에 따라 계산한, 외압에 대해서는 제3항에 따라 산정한 압력설계두께

   t_m = 기계적, 부식 및 침식 여유를 포함한 최소요구두께

   W = 용접이음강도감소계수

   Y = $t < D/6$인 경우 표 635.5에서 제시된 재로에 대해 유효한 계수. 중간온도에 대해서는 Y의 값을 보간법으로 할 수 있다.

[표 635.5] $t < D/6$에 대한 계수 Y의 값

재료	온도, ℃ (℉)					
	482이하 (900이하)	510 (950)	538 (1000)	566 (1050)	593 (1100)	621이상 (1150이상)
페라이트강	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
오스테나이트강	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
기타 연성금속	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
주철	0.0	…	…	…	…	…

$t \geq D/6$에 대해서는,

$$Y = \frac{d+2c}{D+d+2c}$$

635.5.2 내압을 받는 직선관

1. $t < D/6$에 대해서는, 직선관에 대한 내압설계두께는 방정식 (3a) 또는 (3b)에 따라서 계산한 것보다 작아서는 아니 된다.

$$t = \frac{PD}{2(SE+PY)} \quad (3a)$$

$$t = \frac{P(d+2c)}{2[SEW - P(1-Y)]} \quad (3b)$$

2. $t \geq D/6$ 또는 $P/SE > 0.385$에 대해서는, 직선관에 대한 압력설계두께의 계산은 파괴이론, 피로영향과 열응력과 같은 특별한 고려가 요구된다.

635.5.3 외압을 받는 직선관

외압을 받는 직선관의 벽두께와 보강요건을 결정하기 위해서는, 판단기준 "610 압력용기 및 부속설비" 610.10부터 610.12까지의 절차에 따르고, 판단기준 "610 압력용기 및 부속설비" 610.11에 따라서 보강한 어느 두 부분 사이의 직선으로 잰 중심선 길이를 설계길이 L 로서 사용하여야 한다. 한 가지 예외로서, $D_o/t < 10$인 관에 대해서는, P_{a2}를 계산하는데 사용하는 S의 값은 설계온도에 있는 관 재료에 대한 다음 값들 중 작은 것이 되어야 한다.

1. ASME Section II, Part D Table 1A, 1B응력 값의 1.5배
2. ASME Section II, Part D Table Y-1에 기록된 재료들에 대한 그 표에 있는 항복강도의 0.9배

635.6 관 곡선관

635.6.1 굽힌 후 완성된 형태의 곡선관의 최소요구두께tm은 635.5의 방정식 (1) 또는 아래 방정식(3c)에 따라서 산정하여야 한다.

$$t = \frac{PD}{2[(SEW/I) + PY]} \quad (3c)$$

여기서, 곡선관의 안쪽 반지름에서

$$I = \frac{4(R_1/D) - 1}{4(R_1/D) - 2} \quad (3d)$$

그리고 곡선관의 바깥 반지름에서는

$$I = \frac{4(R_1/D) + 1}{4(R_1/D) + 2} \quad (3d)$$

그리고 곡선관의 중심선 반지름에 있는 측벽에서는, I = 1.0

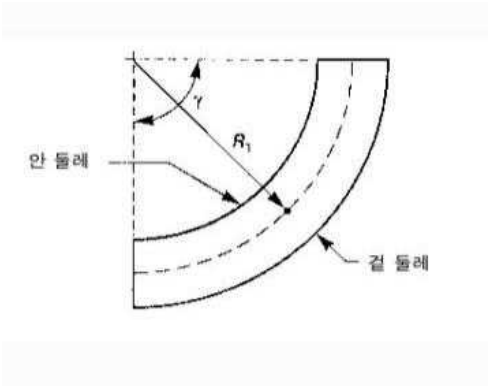
R_1 = 용접 엘보나 관 곡선관의 굽힘 반지름

1. 안쪽 반지름으로부터 바깥 반지름까지 그리고 곡선관의 길이에 따라 있는 두께의 변동은 점진적이어야 한다. 두께 요건은 곡선관의 중간 길이 γ/2의 안쪽 반지름, 바깥 반지름 및 곡선관 중심선 반지름에서 적용한다. 끝 접선에서의 최소두께는 곡선관에 대한 635.5.1의 요건보다 작아서는 아니 된다(아래 그림 참조).

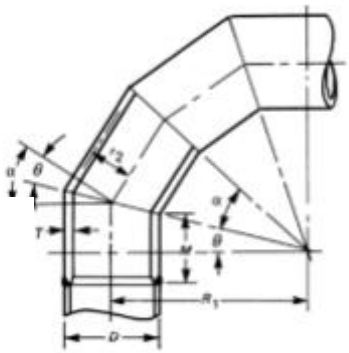
635.6.2 엘보

별표 2에 따르지 않게 제조되는 엘보는 부속서 5(ASME B 16.9)에서 규정된 것을 제외하고는 635.6.1에 따라서 설계하여야 한다.

635.6.3 마이터 곡선관 : 3° 이하의 각도 오프셋(그림 120-2.에서 각도 α)은 마이터 곡선관으로서 설계에 대한 고려를 요구하지 않는다. 복수와 단일 마이터 곡선관의 압력설계에 대한 방법들이 아래 (a)와 (b)에 주어져 있다.



[그림 635.5] 관 곡선관의 기호설명



[그림 635.5-1] 마이터 곡선관의 기호설명

가. 복수 마이터 곡선관. 최고허용내압은 방정식 (4a)와 (4b)로 계산한 값들 중 작은 것이어 야 한다. 이 방정식은 θ가 22.5° 를 초과할 때는 적용할 수 없다.

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2}\left(\frac{T-c}{(T-c) + 0.643\tan\theta\sqrt{r_2(T-c)}}\right) \quad (4a)$$

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2}\left(\frac{R_1 - r_2}{R_1 - 0.5r_2}\right) \quad (4b)$$

나. 단일 마이터 곡선관

(1) θ가 22.5° 이하인 단일 마이터 곡선관에 대한 최고허용내압은 방정식 (4a)로 계산하여야 한다.

(2) θ가 22.5° 를 초과하는 단일 마이터 곡선관에 대한 최고허용내압은 방정식 (4c)로 계산하여야 한다.

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2}\left(\frac{T-c}{(T-c)+1.25\tan\theta\sqrt{r_2(T-c)}}\right) \qquad (4c)$$

다. 방정식 (4a), (4b) 및 (4c)에서 사용하는 마이터 관 벽두께 T는 마지막 마이터 용접부의 안쪽 가랑이로부터 M 이상의 거리를 연장하여야 한다.

여기서 , $M = 2.5(r_2 T)^{0.5}$또는 $\tan\Theta(R_1 - r_2)$ 중 큰 값

마이터 관의 끝에서의 테이퍼의 길이는 거리 M에 포함될 수도 있다.

라. 다음과 같은 기호가 마이터 곡선관의 압력설계에 대한 방정식 (4a), (4b) 및 (4c)에서 사용된다.

c = 635.5.1에서의 정의와 같음.

E = 635.5.1에서의 정의와 같음.

P_m= 마이터 곡선관에 대한 최고허용내압

R_1= 관의 중심선으로부터 인접한 마이터 이음들의 평면들의 교차점까지의 최단거리로 정의되는 마이터 곡선관의 유효 반지름.

r_2 = 공칭 벽 T를 사용하는 관의 평균반지름

S = 635.5.1에서의 정의와 같음.

T = 마이터 관 벽두께(실측값 또는 구매규격의 최소치)

W = 635.5.1에서의 정의와 같음.

α = 마이터 이음에서 방향변화각도 = 2θ

θ = 마이터 절단각도

이 기준에 적합하기 위해서, R_1의 값은 방정식 (5)로 계산한 것보다 작아서는 아니 된다.

$$R_1 = \frac{A}{\tan\Theta} + \frac{D}{2} \qquad (5)$$

여기서 A는 다음의 경험치들을 갖는다.

1) SI 미터단위에 대해서,

$(T-c)$, mm	A
≤ 13	25
$13 < (T-c) < 22$	$2(T-c)$
≥ 22	$[2(T-c)/3]+30$

2) 미국관습단위에 대해서,

$(T-c)$, in	A
≤ 0.5	1.0
$0.5 < (T-c) < 0.88$	$2(T-c)$
≥ 0.88	$[2(T-c)/3]+1.17$

635.6.4 외압을 받는 관의 곡선 및 마이터 부분 : 외압을 받는 관의 곡선 및 마이터 부분의 벽두께는 635.5.3에서 직선관에 대해서 규정한 것과 같이 산정할 수 있다.

635.7 압력방출장치

635.7.1 기술기준 제102조에서 규정하는 "과압"이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

635.7.2 액화가스 연료연소설비에서 요구하는 압력방출장치 요건은 610.36.2부터 610.36.8까지의 요건에 부합하는 압력방출장치를 설치하여야 한다.

635.8 가스의 누설대책

기술기준 제103조에서 규정하는 "적절한 조치"란 다음과 같은 것을 말한다.

1. 가연성 가스(가스에 의한 압력이 0.1 MPa 미만의 것이며 지표면에 체류 할 우려가 없는 것은 제외)가 통과하는 배관설비 외면으로부터 화기를 취급하는 설비에 대하여 8m 이상의 거리를 가지도록 하는 것.
2. 가스의 잔류를 방지하기 위한 구조로 하는 것.
3. 해당 설비에서 누설된 가스가 잔류할 우려가 있는 장소에 해당 가스의 누설을 검출하여 경보하기 위한 설비를 설치하는 것.
4. 지하 매설관의 경우 환기장치를 설치하는 것.

635.9 경보 및 비상장치

635.9.1 액화가스 배관설비에는 압력이나 온도의 기준값을 벗어나는 즉시 경보하는 장치를 설치하여야 한다.

635.9.2 액화가스 사용 중에 이상이 발생시는 액화가스의 유입, 유출을 신속하고 안전하게 차단함으로서 재해의 확대를 방지하기 위한 긴급 차단장치를 설치하여야 하며

원격 및 수동으로 조작할 수 있어야 한다.

635.10 용접부 형상

기술기준 제164조에서 규정한 “안전한 형상”이란 액화가스연소 설비 등에 관해서는 635.11부터 635.13까지에 적합한 것을 말한다.

635.11 용접부 설계

635.11.1 액화가스 연료연소설비에 속하는 용기 또는 관의 길이이음 및 둘레이음의 용접부는 아래에 따라 설계하여야 한다.

635.11.2 압력-온도 설계기준

1. 규정된 등급이 있는 지정 구성부품

   별표 2에 명시된 배관 구성부품에 대한 표준 압력-온도의 등급은 이 기준에 따르는 설계온도와 압력에 대하여 허용할 수 있다.

2. 특정 등급이 없는 지정 구성부품

   별표 2에 명시된 구성부품에 대한 표준들의 일부{예. 부속서5(ASME B16.9), 부속서6(B16.11) 및 B16.28)는 이음매 없는 직선관을 기준으로 압력-온도의 등급을 결정한다. 관과 같이 동일 허용응력을 가진 재료로 만든 구성부품은 그 관이음쇠의 스케줄, 무게 또는 압력 등급에 해당하는 이음매 없는 관의 공칭두께에서 그 관에 적용된 모든 여유(예: 나사의 깊이 및/또는 부식여유)를 뺀 것의 87.5% 이하를 사용하여 등급을 결정하여야 한다.

3. 미등재 구성부품

   별표 2에는 없으나 기타 규격이나 표준에 따르는 구성부품은 다음의 제한 내에서 사용할 수 있다.

   가. 설계자가 이 기준에 따르는 지정 구성부품의 화학조성, 기계적 성질, 제조방법 및 품질관리가 해당 특성과 대등하다고 확신하는 경우

   나. 압력설계가 635.5 및 635.6에 따라서 입증되는 경우

4. 압력과 온도 변동에 대한 허용값

   압력 또는 온도의 우연한 변동이 배관계통에 발생할 경우 다음의 제한 전부에 충족되지 않으면, 동시에 발생될 수 있는 가장 가혹한 압력과 온도를 설계조건으로 결정하여야 한다.

   가. 배관계통에는 주철 또는 기타 비연성 금속으로 만든 내압 구성부품이 없어야 한다.

   나. 공칭응력은 그 온도에서의 항복강도를 초과하지 않아야 한다.(아래 635.11.3과 ASME Section II, Part D Table Y-1 내의 S_y 자료 참조)

   다. 설계조건을 초과하는 압력-온도 변동의 총 회수는 배관계통의 수명동안에 1,000

회를 초과하지 않아야 한다.

라. 어떠한 경우에도, 증가된 압력이 그 배관계통에 대해서 635.28에서 사용한 시험 압력을 초과하지 않아야 한다.

마. 계통 내 모든 구성부품의 사용상 성능은 일정하거나 주기적인 변동에 대해 복합적인 영향 평가가 되어야한다.

바. 밸브의 압력-온도 등급을 초과하는 압력이 가해질 경우 일부 조건에서는 밸브 시트의 기밀의 손실이나 운전의 어려움을 초래할 수 있다. 밸브 폐쇄에 대한 차압은 밸브 제조자가 정한 최대차압등급을 초과하지 않아야 한다.

5. 사용조건이 다른 접속점에서의 등급

다른 압력-온도 조건으로 운전되는 두 계통이 연결될 때, 두 계통을 분리하는 밸브는 더 가혹한 사용조건으로 등급을 정하여야 한다. 만일 그 밸브가 헤더나 기기로부터 떨어져 있기 때문에 다른 온도에서 운전되는 경우, 이 밸브 및 밸브와 접합하는 플랜지는 각각 요구되는 압력시험을 견딜 수 있다면 다른 온도 기준에서 선정하여야 한다. 그러나 그 밸브의 어느 한 쪽에 있는 배관의 경우, 각 계통은 그것이 연결되는 사용조건에 대해서 설계하여야 한다.

635.11.3 아래에서 정의된 허용응력은 이 기준의 다른 규정에 의하여 수정되지 않는 한 설계계산 시 사용하여야 한다.

1. 인장

각각 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B에 명시된 금속의 인장 기본허용응력 S와 볼팅재료의 설계응력 S는 635.11.4에 따라서 정해진다. S 값은 다음의 품질계수 중 하나를 곱한다.

가. 제5항에서 정의되고 KEPIC MBB KG-25에 여러 재료규격에 대해서 표로 만들어지고, 표 635.11의 여러 수준의 부가시험에 대한 주조품질계수 E_c,

나. 635.11.6에서 정의되고 KEPIC MBB KG-26에 여러 재료규격과 클래스에 대해서 표로 만들어지고, 표 635.11의 여러 종류의 이음매와 부가시험에 대한 길이방향 용접 이음매 품질계수 E_j. ASME Section II, Part D Table 1A, 1B의 응력 값들은 재료와 제품 형태에 따라 분류되었다.

2. 전단과지지

전단허용응력은 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B에 명시된 기본허용응력의 0.8배이어야 한다. 지지의 허용응력은 그 값의 1.6배이어야 한다.

3. 압축

압축의 허용응력은 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B에 기록된 인장허용응력보다 커서는 아니 된다.

635.11.4 설계응력의 기준

볼팅재료에 대한 설계응력 값들과 이 기준 내에서의 다른 재료들에 대한 허용응력 값

은 다음과 같다.

1. 볼팅재료: 설계 온도에서의 볼팅재료에 대한 설계응력 값은 다음 중 가장 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.
   가. 아래 다.에서 규정된 것을 제외하고는, 상온에서의 규정최소인장강도(S_T)의 1/4과 설계 온도에서의 인장강도의 1/4 중 낮은 것
   나. 아래 다.에서 규정된 것을 제외하고는, 상온에서의 규정최소항복강도(S_Y)의 2/3와 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 중 낮은 것
   다. 크리프 범위 아래 온도에서는, 열처리나 변형경화로 그 강도가 강화된 볼팅재료에 대해서는, S_T의 1/5, 설계 온도에서의 인장강도의 1/4, S_Y의 1/4, 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 중 가장 작은 것(이들 값들이 어닐링 한 재료에 대한 해당 값들보다 낮지 않은 경우이며, 낮은 경우에는 어닐링 한 값을 사용하여야 한다).
   라. 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 [635.11.4 제6호 참조]
   마. 1000 시간 당 0.01%의 크리프율에 대한 평균응력의 100%
   바. 100,000 시간 후 파열에 대한 평균응력의 67%
   사. 100,000 시간 후 파열에 대한 최소응력의 80%
2. 주철 : 설계 온도에서의 주철에 대한 기본허용응력 값은 다음 중 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.
   가. 상온에서의 규정최소인장강도의 1/10
   나. 설계 온도에서의 인장강도의 1/10
3. 가단철 : 설계 온도에서의 가단철에 대한 기본허용응력 값은 다음 중 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.
   가. 상온에서의 규정 최소인장강도의 1/5
   나. 설계 온도에서의 인장강도의 1/5
4. 기타 재료 : 설계 온도에서의 볼팅재료, 주철과 가단철 이외의 재료들에 대한 기본허용응력 값은 다음 중 가장 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.
   가. S_T의 1/3과 설계 온도에서의 인장강도의 1/3 중 낮은 것
   나. 아래 다.에서 규정하는 것을 제외하고는, S_Y의 2/3과 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 중 낮은 것
   다. 유사한 응력-변형 거동을 가진 오스테나이트 스테인리스강과 니켈합금에 대해서는, S_Y의 2/3와 설계 온도에서의 항복강도의 90 % 중 낮은 것 [아래5. 참조]
   라. 1000 시간 당 0.01%의 크리프율에 대한 평균응력의 100%
   마. 100,000 시간 후 파열에 대한 평균응력의 67%
   바. 100,000 시간 후 파열에 대한 최소응력의 80%

사. 구조물 등급의 재료들에 대해서는, 기본허용응력은 4. 가부터 바에서 정하는 최저값의 0.92배이어야 한다.

아. 이 기준의 적용에서, 상온에서의 항복강도는 $S_Y R_Y$이고 상온에서의 인장강도는 1.1 $S_T R_T$ 인 것으로 간주한다.

5. 적용한계 : 4. 다.에 따라서 정해진 응력 값들의 적용은 경미한 변형이 누설이나 기능장애를 일으킬 수 있는 플랜지붙이 이음매나 기타 구성부품에 사용하는 것을 권장하지 않는다. 그 대신에 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B의 응력 값의 75% 또는 ASME Section II, Part D Table Y-1에 기록된 온도에서의 항복강도의 2/3을 사용하여야 한다.

6. 미등재재료로 화학적, 물리적 및 기계적성질, 제조방법과 공정, 열처리 및 품질관리가 이루어진 재료에 대해서는, 설계 온도에서의 인장(항복)강도는 그 온도에서 예상되는 인장(항복)강도에 상온에서 예상되는 평균인장(항복)강도로 나눈 S_T(S_Y)의 비율로 곱해서 얻어야 한다.

635.11.5 주조품질계수, E_c 는 KEPIC MBB KG-25의 표준에 의하여 정해진 압력-온도 등급을 갖지 않는 주조 구성부품들에 대하여 사용하여야 한다.

1. 기본품질계수. 지정된 규격들에 적합한 회주철과 가단철의 주조품은 (그들의 보수적인 허용응력 기준으로 인해서) 1.00의 기본주조품질계수가 주어진다. 재료규격에 적합하고 MSS SP-55 밸브, 플랜지, 관이음쇠 및 기타 배관구성부품에 대한 주강제품 품질표준 - 육안검사방법(Quality Standard for Steel Casings for Valves, Flanges and Fittings and Other Piping Components - Visual Method)이 요구하는 대로 육안검사를 받은 대부분의 기타 재료 및 정적인 주조품에 대해서는, 0.8의 주조품질계수 E_c가 주어진다. 화학성분, 인장, 정수압 및 편평시험과 육안검사에 대한 규격요건을 충족하는 원심주조품은 0.8의 기본주조품질계수가 주어진다. 기본주조품질계수는 별표6.1에 기록된 규격들에 대해서 표에 기록되어 있다.

2. 품질계수의 증가(increased quality factors). 부가적 시험들이 각 주조품에 실시될 때 주조품질계수는 증가될 수 있다. 아래 표 635.11은 보조시험의 여러 조합에 대하여 사용할 수 있는 증가된 주조품질계수 E_c를 기술한다. 표 635.11-1은 표 635.11의 주에서 규정하는 시험방법에 대한 합격기준을 기술한다. 표 635.11에서 보는 것보다 높은 품질계수는 (2)(a)와 (2)(b) 또는 (3)(a)와 (3)(b)의 조합으로부터 생기지 않는다. 어떠한 경우에도 품질계수는 1.00을 초과해서는 아니 된다. 별표4.의 여러 규격들은 모든 표면의 기계가공과/또는 한 가지 또는 그 이상의 보조시험을 요구한다. 그런 경우의 해당하는 증가된 품질계수는 KEPIC MBB KG-25에 나타나 있다.

[표 635.11] 증가된 주조품질계수

주에 따른 보조시험	계수 E_c
(1)	0.85
(2)(a) 또는 (2)(b)	0.85
(3)(a) 또는 (3)(b)	0.95
(1)과 (2)(a) 또는 (2)(b)	0.90
(1)과 (3)(a) 또는 (3)(b)	1.00
(2)(a) 또는 (2)(b)와 (3)(a) 또는 (3)(b)	1.00

(1) 모든 표면을 6.3 μm R_a (ASME B46.1의 250 μm R_a)의 마무리로 기계가공을 하여, 표면검사의 효율을 증가시킨다.

(2) (a) 각 주조품(자성재료만)의 모든 표면을 자분탐상검사로 ASTM E 709에 따라서 검사한다. ASTM E 125의 기준사진들을 사용하여 MSS- SP-53에 따라서 합격여부를 판정한다.

(b) 각 주조품의 모든 표면을 침투탐상법으로 ASTM E 165에 따라서 검사한다. ASTM E 125를 표면 흠에 대한 기준으로 하여 MSS- SP-53에 따라서 흠과 용접보수의 합격여부를 판정한다.

(3) (a) ASTM E 114에 따라서 각 주조품을 초음파로 전부 검사하여, 벽 두께의 5 %를 초과하는결함 깊이의 증거가 없을 때에만 합격처리한다.

(b) ASTM E 142에 따라서 각 주조품을 전부 방사선투과시험을 한다. 표 77-2에서 기술한 합격수준에 따라서 판정한다.

[표 635.11-1] 주조품의 합격수준

검사한 재료 두께, T	해당 표준	합격수준 (또는클래스)	합격대상 불연속부
강 $T \leq 25$ mm	부속서16 ASTM E 446	1	A, B, C 형
강 T >25 mm, ≤51 mm	부속서16 ASTM E 446	2	A, B, C 형
강 T >51 mm, ≤114 mm	부속서14 ASTM E 186	2	카테고리 A, B, C
강 T >114 mm, ≤305 mm	부속서15 ASTM E 280	3	카테고리 A, B, C
알루미늄과 마그네슘	ASTM E 155	…	기준방사선 투과사진에 보임
구리, Ni-Cu	ASTM E 272	2	기준 A, Ba, Bb
청동	ASTM E 310	2	기준 A와 B

635.11.6 용접이음 품질계수, E_j

1. 기본품질계수. KEPIC MBB KG-26에 기록되어 있는 용접이음품질계수 E_j는 표 635.11-2의 내압 구성부품을 위한 직선 또는 나선형 길이방향 용접이음에 대한 기본계수이다.
2. 증가된 품질계수. 표 635.11-2의 제품규격이 요구하는 것보다 부가적 시험을 실시하는 경우의 용접에 대해서는 보다 높은 이음품질계수를 나타낸다.

[표 635.11-2] 길이방향 용접이음 품질계수

번호	이음의 유형		이음매의 유형	검사	계수, E_j
1	로내 맞대기 용접, 연속용접		직선	지정된 규격이 요구하는 대로	0.60
2	ERW		직선 또는 나선	지정된 규격이 요구하는 대로	0.85
3	전기용융용접				
	(a) 편면 맞대기용접 (용가재가 있거나 없이)		직선 또는 나선	지정된 규격 또는 이 코드가 요구하는 대로 (주1),(주2)에 따라 추가적으로 부분 방사선투과 시험. 635.19.4 및 표 635.22에 따라 100% 방사선투과시험 추가 검사	0.80 0.90 1.00
	(b) 양면 맞대기용접 (용가재가 있거나 없이)		직선 또는 나선 [아래 4(a)에서 규정한 것은 제외]	지정된 규격 또는 이 코드가 요구하는 대로 (주1),(주2)에 따라 추가적으로 부분 방사선투과 시험. 635.19.4 및 표 635.22에 따라 100% 방사선투과 추가 검사	0.85 0.90 1.00
4	특정 규격에 따라				
	(a) API 5L	서브머즈드 아크용접(SAW 가스금속아크용접(GMAW GMAW와 SAW의 조합 	한 두 이음매가 나선인 직선	규격이 요구하는 대로	0.95

(주1) 각 용접사나 자동용접사에 대해서 각 30m(100 ft)의 용접에 대해서 적어도 300 mm(1 ft)를 635.19.2에 따라 방사선투과검사 시행

(주2) 원주방향 맞대기용접과 기타 용접. 검사의 범위는 각 용접사이나 자동용접사에 대해서 매 20 용접 중 한 용접에 한 번 촬영

635.12 정렬

635.12.1 원주용접의 정렬은 아래에 따른다.

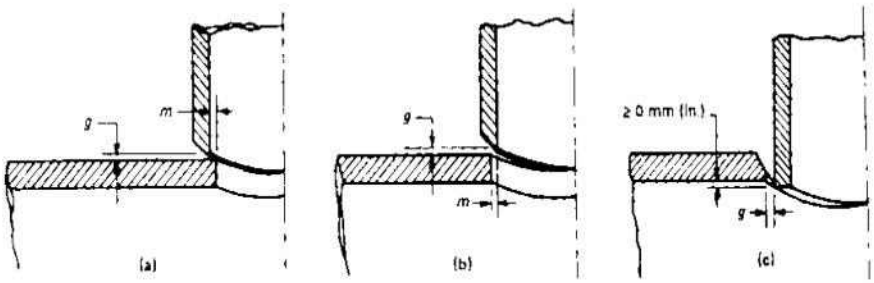
1. 원주방향이나 마이터 그루브 용접으로 연결되는 끝부분의 구성부품의 내부 표면은 WPS 및 설계도면의 치수한계 내에서 정렬되어야 한다.
2. 구성부품들의 외부표면이 정렬되지 않았다면, 그 부품을 접합하는 용접부는 테이퍼 지도록 용접하여야 한다.

635.12.2 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B 또는 별표 2에 명시된 표준에 따라서 제작되지 않은 길이방향 용접의 정렬은 635.12.1의 요건에 적합하여야 한다.

635.12.3 분기관연결 용접은 아래에 따른다.

1. 주관의 외부표면에 맞닿는 분기관 연결부는 WPS 요건을 충족하는 그루브 용접을 위해서 윤곽이 만들어져야 한다[그림 635.12 (a) 및 (b) 참조].
2. 주관의 구멍을 통하여 삽입되는 분기관 연결부는 모든 점들[그림 635.12 (c) 참조]에서 적어도 주관의 내부표면만큼 삽입하여야 하며, 그렇지 않으면 635.12.3 제1호에 따라야 한다.
3. 분기관 연결부의 주관의 구멍은 요구 윤곽에 비해 그림 635.12에서 치수 m을 초과하여 벗어나지 않아야 한다. 어떠한 경우에도, 구멍 형상의 편차가 WPS 내의 루트 간격 허용한계를 초과하게 해서는 아니 된다. 규정에 맞추기 위해 필요시 용접금속을 추가하거나 다시 마무리할 수 있다.

635.12.4 이음부의 루트간격은 WPS 내의 허용공차 한도 내에 있어야 한다.



[그림 635.12] 분기관 연결을 위한 준비

g = 용접규격에 따른 루트 간격

m = 3.2mm(1/8 in.) 또는 0.5 $\overline{T_b}$ 중 작은 것

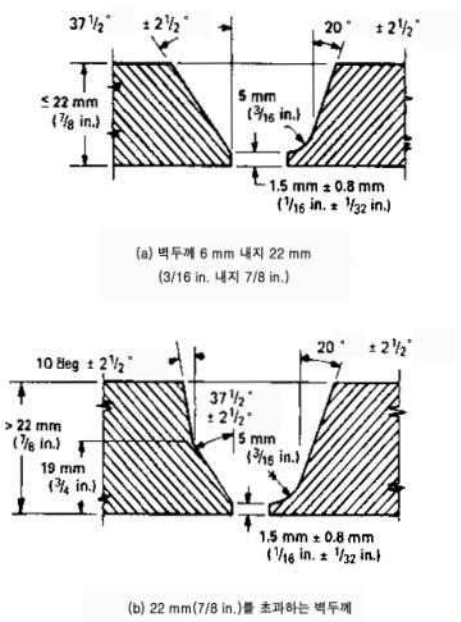
635.13 개선

635.13.1 개선(end preparation)은 그 표면이 매끄럽고 일정하며, 산소나 아크 절단시 슬래그가 절단표면에서 제거되어야 한다. 열 절단한 표면에 남아 있는 변색은 유해한 산화로 간주하지 않는다.

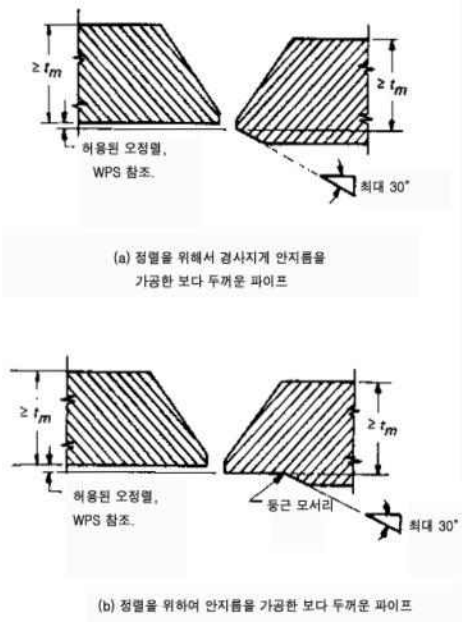
1. 부속서10(ASME B 16.25)에서 규정하는 그루브 용접을 위한 개선이나 WPS를 충족하는 것은 허용된다. 부속서10(ASME B 16.25)의 기본적인 베벨각도와 일부 추가적인 J 베벨각도는 아래 그림 635.13 (a)와 (b)에 나태내고 있다.

635.13.2 원주용접

1. 구성부품의 끝부분이 그림 635.14 (a) 또는 (b)에서 보는 것처럼 받침 링이나 삽입 용가재에 맞도록 또는 내부의 오정렬을 바로잡기 위해서 다듬어져 있으면, 다듬질이 마무리된 벽 두께를 요구최저벽두께 t_m 아래로 감소시켜서는 아니 된다.
2. 구성부품의 끝단부는 가공된 끝부분의 남은두께가 t_m보다 작지 않으면, 완전히 오목하게 들어가는 받침 링을 수용하도록 내면 가공할 수 있다.
3. 벽두께 요건이 유지된다면, 정렬을 보다 좋게 하기 위하여 같은 공칭 크기의 관 끝으로 치수를 정하는 것이 허용된다.
4. 필요하다면, 정렬을 위해서나 링이나 삽입물의 만족스러운 자리 잡기를 위해서 기계가공을 할 수 있도록, 용접금속을 구성부품의 안이나 밖에 용착할 수 있다.
5. 원주방향이나 마이터 그루브 용접이 두께가 같지 않은 구성부품을 연결하고 한 쪽의 두께가 다른 쪽의 두께의 1.5배를 초과할 때는, 그 개선과 형상은 부속서10(ASME B 16.25)의 불균등 벽 두께에 대해서 허용할 수 있는 설계에 따라야 한다.
6. 부속서5(ASME B 16.9)에 따라서 제조된 맞대기용접 관이음쇠는 연결된 두 부분들 사이에서 생긴 총 각도 옵세트가 3° 를 초과하지 않는다면 관이나 다른 관이음쇠의 연결에서 각도 이음 오프셋을 만들기 위해서 다듬을 수 있다.



[그림 635.13]전형적인 맞대기용접 개선



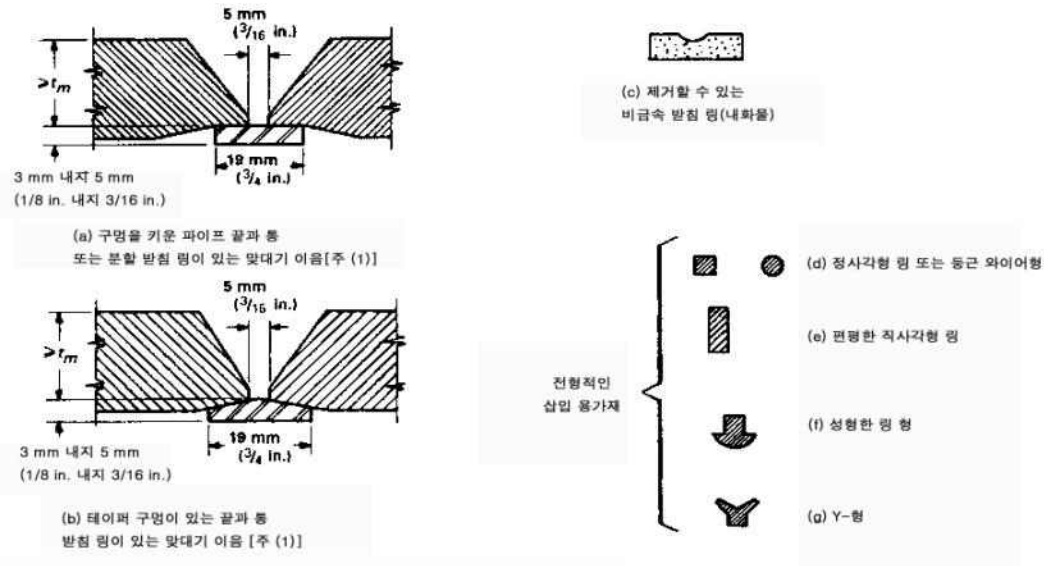
[그림 635.13-1]다듬기와 허용된 오정렬

635.14 용접받침재료

635.14.1 받침 링이 사용될 때는 다음에 적합하여야 한다.

1. 철 금속 받침 링은 용접이 가능한 품질이어야 하며 유황성분이 0.05%를 초과해서는 아니 된다.
2. 만일 두 개의 맞닿는 표면을 받침 링으로 사용되는 제3의 부재에 용접하려하고, 그 3개의 부재들의 하나 또는 둘이 페라이트이고 다른 부재나 부재들이 오스테나이트이면, 그러한 재료들의 성공적인 사용을 위해 161에 따라 증명하여야 한다. 받침 링은 연속된 기계가공을 한 형이나 분할된 밴드형일 수 있다. 보통 사용하는 일부 형들이 그림 635.14에 나타내고 있다.
3. 비철 및 비금속 받침 링은 설계자가 그 사용을 승인하고 그것을 사용하는 용접절차가 제2장이 요구하는 대로 인정된다면 사용할 수 있다.

635.14.2 삽입 용가재는 용가재와 같은 공칭 성분이고 용접금속과 유해한 합금이 아니면 사용할 수 있다. 보통 사용하는 일부 형들이 그림 635.14에 나타내고 있다.



[그림 635.14]전형적인 받침 링과 삽입 용가제

(1) 용접하는 끝에 대한 상세한 치수 정보에 대해서는 부속서10(ASME B 16.25)을 참조한다.

635.15 굽힘과 성형

635.15.1 열간 또는 냉간 방법으로 관을 굽히거나 구성부품을 성형할 수 있으며, 이것은 소재의 유체사용, 가혹한 굽힘 또는 성형공정에 적합하여야 한다. 완성된 표면은 균열이 없어야 하고 좌굴이 없어야 한다. 굽힘이나 성형 후의 두께는 설계시의 요구두께보다 작아서는 아니 된다.

635.15.2 굽힘의 편평도

어느 단면에서의 최대지름과 최소지름 사이의 차이인 굽힘의 편평도(flattening)는 내압에 대해서는 공칭바깥지름의 8%, 외압에 대해서는 3%를 초과하지 않아야 한다. 이 요건을 달성하기 위해서 재료를 다듬질해서는 아니 된다.

635.15.3 굽힘 온도

페라이트 재료의 냉간 굽힘은 변태범위 미만의 온도에서 하여야 한다.

1. 열간 굽힘은 변태범위를 초과하는 온도에서, 어떤 경우에도 그 재료의 온도범위와 목적된 용도에 맞는 온도에서 하여야 한다.

635.15.4 열간 굽힘과 성형 후에는, P-번호 3, 4, 5, 6 및 10A 재료에 대해서는 모든 두께에 대해서 열처리를 하여야 한다. 그 시간과 온도는 635.22에 따라야 한다.

635.15.5 냉간 굽힘과 성형 후에는, 다음의 조건들 중 어느 것이 존재할 때는, (모든 두께에 대해서 그리고 표 635.22에서 주어진 온도와 기간으로) 열처리가 요구된다.

1. 굽힘이나 성형 후, 최대 계산된 섬유 연신율(가장 심한 성형방향에서)이 해당 규격, 등급 및 두께에 대한 규정기본최저연신율의 50%를 초과하는P-번호 1 부터 6의 재료. 관의 선정과 굽힘이나 성형 공정의 선택이 완성된 상태에서 가장 심하게 변형된 재료가 적어도 10%의 연신율을 유지한다는 보장을 증명할 수 있으면, 이 요건은 적용하지 않을 수 있다.
2. 굽힘이나 성형 후에 계산된 최대섬유연신율이 초과하고 충격시험을 요구되는 재료
3. 기술설계에서 규정할 때

635.16 용접부의 균열

기술기준 제165조에서 규정한 “용접에 의한 균열이 없게” 하기 위해서 액화가스 연료연소설비 등에 대해서는 635.17부터 635.22까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

635.17 청결

열 절단이나 용접할 내부 및 외부 표면들은 청소를 하여 가열할 때 용접금속이나 모재에 유해하게 될 페인트, 기름, 녹, 스케일과 기타 물질이 없어야 한다.

635.18 비파괴검사 범위

635.18.1 정상유체로 운전되는 배관의 비파괴검사범위는 다음과 같다.

635.18.2 원주방향 맞대기용접 및 마이터 그루브 용접부는 635.19.2에 따라서 100% 방사선투과검사 또는 635.19.3에 따라서 초음파탐상검사로 100% 검사하여야 한다.

1. 길이방향 용접과의 교차점들이 최대로 선택되도록 하여야 한다.
2. 길이방향 용접과 교차하는 원주방향 용접을 검사할 때에는, 각 교차용접부에 인접한 적어도 38mm를 검사하여야 한다.

635.18.3 육안검사

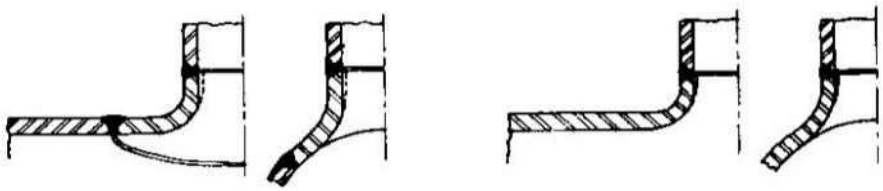
1. 육안검사는 175를 따른다.
2. 각 용접사 또는 자동용접사가 용접한 제작물의 용접부는 최소한 5%에 대해서는 검사되어야 한다.
3. 지정규격에 따라서 만든 구성부품의 용접부를 제외한 길이방향 용접부의 100 %. 0.90의 이음계수 E_j에 요구되는 길이방향 용접검사는 다음을 참조한다.
   가. 길이방향 용접 : 0.9의 용접이음품질계수 E_j를 갖기 위해서 요구되는 길이방향 그루브 용접에 대한 부분 방사선투과시험은 각 용접사나 자동용접사에 대해서 각 30m의 용접에 대해서 적어도 300mm를 635.19.2에 따라 검사하여야 한다.
4. 나사식, 볼트조임 및 기타 이음의 어셈블리들의 기밀시험을 하려 할 때는, 모든 나사식, 볼트조임 및 기타 기계식 이음들은 검사를 하여야 한다.
5. 정렬, 받침 및 콜드 스프링을 포함한 배관설치 중의 임의검사

635.19 비파괴검사

635.19.1 주조품의 방사선투과검사는 635.11.5를 따르며, 주조품 이외의 용접이나 구성부품의 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 방법 및 절차는 605.50에 따른다.

635.19.2 용접부의 방사선투과검사를 시행할 때에는 아래 요건을 만족해야한다.

1. 100% 방사선투과검사. 원주방향용접과 마이터 그루브용접 및 그림 635.19와 같이 제작한 분기관 연결용접에 적용한다.
2. 임의 방사선투과검사. 원주방향용접과 마이터 그루브용접에만 적용한다.
3. 부분 방사선투과검사. 규정된 용접범위 이내의 점에서 635.18.2에 따라서 단일 노출을 요구한다. 원주방향용접, 마이터 그루브용접 및 분기관 그루브용접에 대해서, 최소요건은 다음과 같다.
   가. DN 65 이하의 크기에 대해서는, 전체 용접 원둘레를 둘러싸는 단일 타원형 노출
   나. DN 65를 초과하는 크기에 대해서는, 안쪽 원둘레의 25% 또는 152mm중 작은 것. 길이방향 용접에 대해서는 최소요건은 용접길이의 152mm 이다.



[그림 635.19] 100% 방사선투과시험에 적합한 분기관 부착 상세

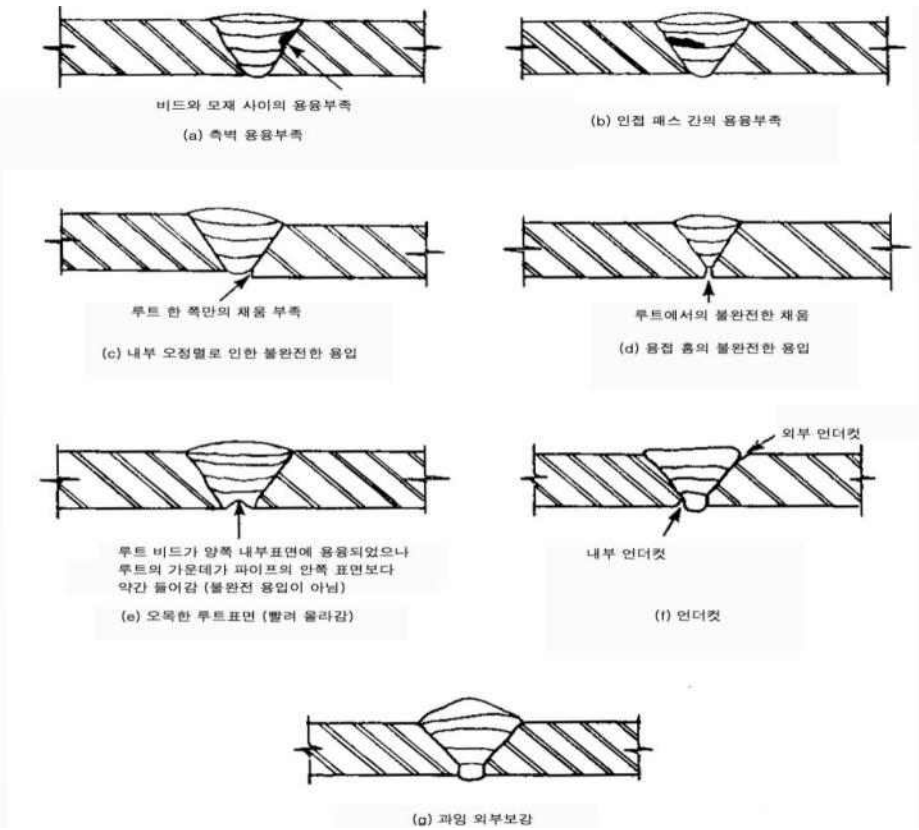
635.19.3 초음파탐상검사를 시행할 때에는 아래 1과 2에서 규정하는 대안이 허용된다.

1. 기본교정블록이 열처리를 안 할 경우, 기본교정블록과 구성부품으로부터의 응답을 대비하기 위해서 감도보상전이법을 사용하여야 한다. 감도보상전이법은 기본교정블록 내와 구성부품 내에 있는 같은 반사체로부터 받은 응답들 사이의 차이를 주목하고 그 차이에 대해서 수정하여서 이루어진다.
2. 기준반사체는 V-노치(뒤에 제거하여야만 한다), 반사체 역할을 하는 사각용탐촉자, 또는 전달을 달성하는데 도움이 될 다른 반사체일 수 있다.
3. 감도보상전이법이 한 대안으로서 선택되었을 때는, 최소한 다음과 같이 사용하여야 한다.
   가. DN 50 (NPS 2) 이하의 크기에 대해서는, 검사하는 매 10개 용접이음마다 1회
   나. DN 50 초과 DN 450 이하의 크기에 대해서는, 검사하는 용접의 매 1.5m 에서 1회
   다. DN 450을 초과하는크기에 대해서는, 검사하는 각 용접이음에 대해서 1회

635.20 비파괴검사 합격기준

635.20.1 비파괴검사의 합격기준은 635.20.2를 따른다.

1. 용접결함에 대해서는 그림 635.20을 참조한다.
2. 주조품에 대한 합격기준은 635.11.5에 규정되어 있다.



[그림 635.20] 결함의 모양

635.20.2 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 합격기준은 605.51을 따른다.

635.21 예열

635.21.1 예열은 열처리와 함께 고온 및 용접부 고유의 심한 열기울기에 따른 유해한 영향을 최소화하기 위해 사용하여야 하며 가용접, 보수용접과 나사이음의 밀봉용접을 포함하는 모든 종류의 용접에 적용한다.

1. 여러 P-번호 재료들에 대한 요구되고 권장되는 최저예열온도는 표 635.21에 따른다. 만일 주변온도가 0℃(32°F) 미만이면, 표 635.21 내의 권장사항은 요건이 된다. 표 635.21에서 의미하는 두께는 그 이음에서 측정한 보다 두꺼운 구성부품의 두께이다.

2. 미등재 재료에 대한 예열요건은 WPS에서 규정한 온도로 하여야 한다.

635.21.2 예열온도는 WPS에서 규정하는 온도가 용접 전에 도달되고 용접 중에 유지되는지 확인하기 위해서 온도를 지시하는 크레용, 열전대 고온계 또는 기타 수단으로 점검하여야 한다.

1. 열전대는 용접절차서나 검정없이 용접의 커패시터 방출 방법(capacitor discharge method)을 사용하여 내압용기에 임시적으로 직접 부착할 수 있다. 열전대를 제거한 후에는 보수할 결함의 증거를 찾기 위해서 그 부위를 육안으로 검사한다.

635.21.3 예열 부위는 용접의 각 가장자리를 지나 적어도 25mm를 넓게하여야 한다.

635.21.4 서로 다른 예열 요건을 가진 재료들이 함께 용접될 때는, 표 635.21에 있는 보다 높은 온도를 사용할 것을 권장한다.

635.21.5 만일 용접이 중단되면, 배관에 유해한 영향을 방지하도록 냉각속도를 제어하거나 다른 수단을 사용하여야 한다. 용접을 다시 시작하기 전에 WPS에 규정된 예열을 실시하여야 한다.

[표 635.21] 예열온도

P-번호 또는 S-번호 [주 (1)]	A-번호 [주(2)]	모재 그룹	공칭 벽두께		규정최소 인장강도, 모재		최소온도			
							요구		권장	
			mm	in.	MPa	ksi	℃	℉	℃	℉
1	1	탄소강	〈25 ≥25 모두	〈1 ≥1 모두	≤490 모두 〉490	≤71 모두 〉71	… … …	… … …	10 79 79	50 175 175
3	2, 11	합금강, $C_r \leq 1/2\%$	〈13 ≥13 모두	〈1/2 ≥1/2 모두	≤490 모두 〉490	≤71 모두 〉71	… … …	… … …	10 79 79	50 175 175
4	3	합금강, $1/2\% < C_r \leq 2\%$	모두	모두	모두	모두	149	300	…	…
5A, 5B, 5C	4, 5	합금강, $2¼\% < C_r \leq 10\%$	모두	모두	모두	모두	177	350	…	…
6	6	고합금강, 마르텐사이트	모두	모두	모두	모두	…	…	149[4]	300[4]
7	7	고합금강, 페라이트	모두	모두	모두	모두	…	…	10	50
8	8, 9	고합금강, 오스테나이트	모두	모두	모두	모두	…	…	10	50
9A, 9B	10	니켈합금강	모두	모두	모두	모두	…	…	93	200
10	…	Cr-Cu강	모두	모두	모두	모두	149-204	300-400	…	…
10I	…	27Cr강	모두	모두	모두	모두	149[3]	300[3]	…	…
11A SG 1	…	8Ni, 9Ni강	모두	모두	모두	모두	…	…	10	50
11A SG 2	…	5Ni강	모두	모두	모두	모두	10	50	…	…
21-52	…	…	모두	모두	모두	모두	…	…	10	50

주:

(1) “161 용접시공법” 별표 2.1로부터의 P-번호 또는 S-번호

(2) “161 용접시공법” 별표 4로부터 A-번호

(3) 패스 간 온도를 177 ℃ -232 ℃ (350 °F -450 °F)로 유지.

(4) 패스 간 최고온도 316℃ (600°F).

635.22 용접후열처리

635.22.1 용접후열처리는, 표 635.22 및 635.22.6부터 635.22.9까지 규정한 것을 제외하고는, 표 635.22의 재료그룹과 두께범위에 따라야 한다.

1. 생산용접 후에 수행되는 열처리는 WPS에 명시되어야 하고, 용접절차인정에 적용되어야 한다.

2. 굽힘과 성형에 대한 열처리는 표 635.22에 따라야 한다.

635.22.2 구성부품들이 용접으로 연결될 때는, 표 635.22의 열처리 규정의 적용에서 사용될 두께는 다음을 제외하고는 이음에서 측정한 보다 두꺼운 구성부품의 두께이어야 한다.

1. 분기관 연결부의 경우, 분기관 관이음쇠의 일체로 된 부분으로서 또는 보강 패드나 새들로서 부착되었든, 보강으로서 추가된 (용접금속 이외의)금속은 열처리 요건의 결정에서 고려하지 않아야 한다. 그러나 이음부에 있는 구성부품의 두께가 최소두께보다 작을 지라도, 분기관을 통과하는 어느 평면 내의 용접부를 통과하는 두께가 열처리를 요구하는 최소재료두께의 두 배보다 클 때는 열처리가 요구된다.

2. 삽입 또는 소켓용접 플랜지에서의 필릿용접과 DN 50(NPS 2)이하의 배관 연결부의 경우는, DN 50 이하의 배관에서 나사이음의 밀봉용접에 대해서는, 그리고 모든 관 크기의 러그나 관 받침요소와 같은 외부의 비압력부의 부착에 대해서는, (비록 이음에서의 구성부품의 두께가 그 최소두께 미만일 지라도) 어느 평면 내의 용접을 통과하는 두께가 열처리를 요구하는 최소재료두께의 2배를 초과할 때, 다음을 제외하고는, 열처리가 요구된다.

가. 모재의 두께에 상관없이 용접 목두께가 16mm 이하일 때, P-번호 1 재료에 대해서 요구하지 않는다.

나. 권장되는 예열 이상이 적용되고 모재의 규정최소인장강도가 490 MPa 이하라면, 모재의 두께에 상관없이 용접 목두께가 13mm 이하일 때, P-번호 3, 4, 5 또는 10A 재료에 대해서 요구하지 않는다.

다. 공랭경화하지 않는 용가재로 용접을 했을 때 페라이트 재료에 대해서 요구하지 않는다.

635.22.3 가열과 냉각 : 가열방법은 요구금속온도, 금속온도 균일성 및 온도제어를 규정하여야 하고, 밀폐된 연소실 내부, 국부화염가열, 전기저항, 전기유도 또는 발열화학반응을 포함할 수 있다. 냉각방법은 요구 또는 기대 냉각속도를 규정하여야 하고, 국부가열이나 단열을 통한 또는 다른 적당한 수단에 의한 연소실 내부 또는 공기 중 냉각을 포함할 수 있다.

635.22.4 열처리 온도는 WPS 요건들이 충족되는 것을 확인하기 위해서 열전대 고온계로 또는 다른 적당한 방법으로 점검하여야 한다. 용접의 커패시터 배출 방법에 의한 열전대의 부착은 내압부분에 직접 부착한다.

635.22.5 생산용접과 열간굽힘 또는 열간성형 배관은 경도시험을 하여야 한다.

1. 표 635.22에서 경도한계가 규정된 곳에서는, 각 연소실 내부의 열처리 배치(batch) 내의 용접, 열간굽힘 및 열간성형 구성부품의 적어도 10 %와 국부 열처리한 것의 100 %를 시험하여야 한다.

2. 이종 금속을 용접으로 연결한 곳에서는, 표635.22 내의 모재와 용접금속에 대하여 규정한 경도한계가 각 재료에 대해서 충족되어야 한다.

635.22.6 이종 페라이트 금속 간 또는 이종 페라이트 용가재를 사용하는 페라이트 금속 간의 용접이음의 열처리는 그 이음의 재료들에 대한 표 635.22내의 온도범위들 중 보다 높은 온도범위에서 실시하여야 한다.

위들 중 보다 높은 온도범위에서 실시하여야 한다.

1. 페라이트와 오스테나이트 구성부품들과 용가재를 포함하는 용접이음의 열처리는 설계에서 별도로 명시하지 않은 경우, 페라이트 재료의 요구에 따른다.

635.22.7 용접부가 열처리 전에 냉각되도록 허용된다면, 배관에 악영향을 방지하기 위해서 냉각속도를 제어하거나 다른 수단을 사용하여야 한다.

635.22.8 부분 열처리. 배관 조립품이 통째로 연소실 내부로 들어가지 못 할 때는, 두 번 이상으로 나누어 열처리를 하는 것이 허용된다. 이어지는 열처리에서 중첩부위는 적어도 300mm가 되어야하고 연소실 내부 밖에 있는 조립품 부분은 유해한 온도기울기로부터 보호하여야 한다.

635.22.9 국부 열처리. 열처리를 부분적으로 할 때에는, 주관과 분기관의 가열영역이 전체 관 단면에 걸쳐 규정된 온도범위가 될 때까지 가열하여야 한다. 그 영역은 용접부나 굽힌 부분이나 성형한 부분과 그 양끝에서 적어도 25mm를 포함하여야 하며, 그것을 넘어서는 온도가 점진적으로 낮아져야 한다.

[표 635.22] 열처리 요건

모재 P-번호 또는 S-번호 [주 (1)]	A-번호 [주(2)]	모재 그룹	공칭 벽두께	규정최소 인장강도, 모재		금속온도 범위	유지시간			브리넬 경도, 최고 [주(4)]
							공칭 벽 [주(3)]		최소시간, hr	
			mm	MPa	kpi	℃	min/mm	hr/in.		
1	1	탄소강	≤19 >19	모두 모두	모두 모두	없음 593-649	… 2.4	… 1	… 1	… …
3	2, 11	합금강, $C_r \leq 1/2\%$	≤19 >19 모두	≤490 모두 >490	≤71 모두 >71	없음 593-718 593-718	… 2.4 2.4	… 1 1	… 1 1	… 225 225
4[주(5)]	3	합금강, $1/2\% < C_r \leq 2\%$	≤13 >13 모두	≤490 모두 >490	≤71 모두 >71	없음 704-746 704-746	… 2.4 2.4	… 1 1	… 2 2	… 225 225
5A, 5B, 5C [주(5)]	4, 5	합금강($2\% < C_r \leq 10\%$) ≤3%Cr과≤0.15%C ≤3%Cr과≤0.15%C >3%Cr 또는 >0.15%C	≤13 >13 모두	모두 모두 모두	모두 모두 모두	없음 704-760 704-760	… 2.4 2.4	… 1 1	… 2 2	… 241 241
6	6	고합금강, 마르텐사이트 A 240 Gr.429	모두 모두	모두 모두	모두 모두	732-788 621-663	2.4 2.4	1 1	2 2	241 241
7	7	고합금강, 페라이트	모두	모두	모두	없음	…	…	…	…
8	8, 9	고합금강, 오스테나이트	모두	모두	모두	없음	…	…	…	…
9A, 9B	10	니켈합금강	≤19 >19	모두 모두	모두 모두	없음 593-635	… 1.2	… 1/2	… 1	…
10	…	Cr-Cu강	모두	모두	모두	760-816 [주(6)]	1.2	1/2	1/2	…
10H	…	이상스테인리스강	모두	모두	모두	주(7)	1.2	1/2	1/2	…
10I	…	27Cr 강	모두	모두	모두	663-704 [주(8)]	2.4	1	1	…
11A SG 1	…	8Ni, 9Ni강	≤51 >51	모두 모두	모두 모두	없음 552-585 [주(9)]	… 2.4	… 1	… 1	… …
11A SG 2	…	5Ni강	>51	모두	모두	552-585 [주(9)]	2.4	1	1	…
62	…	Zr R60705	모두	모두	모두	538-593 [주(10)]	주(10)	주(10)	1	…

주:

(1) “161 용접시공법” 별표 2.1로부터의 P-번호 또는 S-번호

(2) “161 용접시공법” 별표 4로부터 A-번호

(3) 유지시간에 대해서, SI단위에서는 min/mm(분/두께 mm), 미국단위에서는 hr/in.두께를 사용한다.

(4) 용접, 열간굽힘 및 열간성형 부품은 적어도 10% 시험하여야 한다.

(5) 일부 P-No. 4 및 No.5재료는 ASTM 규정 뜨임온도보다 높을 수 있다.

(6) 유지시간 후에 가능한 한 급속히 냉각한다.

(7) 용접후열처리는 요구되지도 금지되지도 않는다. 그러나 적용된 열처리는 재료규격에서 요구되는 것과 같아야 한다.

(8) 649℃(1200°F)로의 냉각속도는 56℃(100°F)/hr 미만이 되어야 한다. 그 뒤에는 냉각속도는 취성을 방지하기 위해서 충분히 빨라야 한다.

(9) 냉각속도는 167℃(300°F)/hr 초과 316℃(600°F)/hr까지 이어야 한다.

635.23 완전한 용접시공을 위한 조치

기술기준 제166조에서 “용입이 충분하기“를 위해서는 “161 용접시공법”(161.1부터 161.11까지), “635.11 용접부의 설계”, “635.12 정렬”, “635.13 개선”, “635.14 받침재료”, “635.15 굽힘과 성형” 및 “635.17 청결”에 적합하여야 한다.

635.24 용접부의 결함

언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀 등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게 하기 위해서는 “161 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), “635.11 용접부의 설계” 및 “635.18 비파괴시험 범위”에 적합하여야 한다.

635.25 용접부의 강도

기술기준 제167조에서 “충분한 강도”란 액화가스 연료연소설비 등에 관계된 용기 또는 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 “161 용접시공법”(161.1부터 161.15까지), “635.26 기계시험”, “635.27 재시험” 및 “635.28 내압시험”에 적합하여야 한다.

635.26 기계시험

635.26.1 액화가스 연료연소설비에 대한 기계시험은 605.56.2부터 605.56.9까지를 준용한다. 다만 충격시험은 아래 635.26.2에 따른다.

635.26.2 충격시험은 용접 금속부 및 열영향부에서 각각 3개의 시험편을 준비한다.

1. 액화가스용 연료연소설비에 속하는 용기 또는 관의 충격시험은 다음의 경우에는 하지 않아도 된다.
   가. 두께가 4.5㎜ 미만의 용접부
   나. 최저 사용온도가 -30℃보다 높은 용접부
   다. 가. 또는 나. 이외의 용접부로서 다음 (1) 또는 (2)에 해당하는 것
      (1) 열영향부로서 모재의 구분이 P-No. 8강재(탄소함유량이 0.10% 미만의 것에 한함) 또는 비철금속인 것.
      (2) 용접금속부로서 용접금속이 오스테나이트계 스테인리스합금, 니켈 크롬 철합금 또는 비철금속인 것.

635.27 재시험

액화가스 연료연소설비에 대한 기계시험의 재시험은 605.57을 준용한다.

635.28 내압시험

635.28.1 수압시험은 아래와 같이 수행하여야 한다.

1. 동결에 의한 손상의 가능성이나 배관이나 공정에 물의 악영향이 있지 아니하면, 사용유체는 물이어야 한다.

2. 아래 3에서 규정한 것을 제외하고는, 금속배관계통의 어느 점에서의 수압시험압력은 다음과 같아야 한다.

가. 설계압력의 1.5배 이상

나. 시험온도를 초과하는 설계온도에 대해서는, 최저시험압력은 아래 방정식으로 계산하여야 한다. 단, S_T/S의 값이 6.5를 초과하지 않아야 한다.

$$P_T = \frac{1.5PS_T}{S}$$

여기서

P = 내부설계계기압력

P_T = 최저시험계기압력

S = 설계온도에서의 응력 값 (표 A-1 참조)

S_T = 시험온도에서의 응력 값

다. 만일 위에서 정의한 시험압력이 시험온도에서의 항복강도를 초과하는 공칭응력이나 길이방향 응력을 생기게 하면, 그 시험압력은 시험온도에서의 항복강도를 초과하지 않을 최고압력으로 감소할 수 있다.

3. 용기와 용기에 부착된 배관의 내압시험을 동시에 할 수 있는 경우는 다음과 같다.

가. 배관의 시험압력이 그 용기의 시험압력 이하인 곳에서는, 그 배관과 용기를 배관시험압력으로 함께 시험할 수 있다.

나. 배관 시험압력이 용기의 시험압력을 초과하지만 용기에서 배관을 분리하는 것이 실용적이지 않을 때에는, 발주자가 승인하고 그 용기 시험압력이 635.28.2에 의해 계산한 배관시험압력의 77% 이상이라면, 그 배관과 용기를 용기시험압력으로 함께 시험할 수 있다.

635.28.2 기압시험은 아래와 같이 수행하여야 한다.

1. 압력방출장치를 설치하여야 하며, 그 설정압력은 시험압력에 345 kPa 또는 시험압력의 10% 중 낮은 값을 더한 것으로 한다.

2. 시험유체는 공기가 아니면 시험유체로 사용하는 가스는 비인화성 및 비 독성이어야 한다.

3. 시험압력은 설계압력의 110%이어야 한다.

4. 압력은 시험압력의 50% 또는 170 kPa 중 낮은 것의 계기압력에 도달할 때까지 점진적으로 증가시켜야 한다. 그 이후에는, 압력은 시험압력에 도달할 때까지 단계적으로 점진적으로 증가시켜야 하며, 각 단계에서는 배관변형을 균일화하기에 충분하게

10분 이상 유지한 후 누설에 대해서 검사하기 전에 압력을 설계압력으로 감소시켜야 한다.

635.28.3 수압-기압 조합시험은 아래와 같이 수행하여야 한다.

1. 수압-기압 조합시험을 사용하면, 635.28.2의 요건을 충족하여야 하고, 배관의 액체로 채워진 부분 내의 압력은 635.28.1 제2호에서 기술한 한계를 초과하지 않아야 한다.

635.28.4 635.28.1 내지 635.28.3의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사 또는 침투탐상검사 중 적합한 한 가지 검사를 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

(640 황산화물제거・질소산화물제거설비)

640 황산화물제거 · 질소산화물제거설비

640.1 황산화물제거, 질소산화물제거설비의 재료

640.1.1 황산화물제거, 질소산화물제거설비의 재료는 “605 보일러 및 부속설비” 605.2부터 605.6까지, “610 압력용기 및 부속설비” 610.2부터 610.6까지와 “615 배관 및 부속설비” 615.2에 해당하는 경우, 이를 준용할 수 있으나 연기 배출 가스에 의한 부식 및 마모발생이 적은 재료를 선정하여야 한다.

640.1.2 재료의 허용응력은 KS B 6750 부표 1, 부표 2 및 ASME Sec Ⅱ, Part D Table 1A, 1B에서 규정하는 값으로 한다. 다만 안전율을 적용하는 경우에는 610.7.2를 적용하여 계산할 수 있다.

640.2 황산화물제거, 질소산화물제거설비의 구조

640.2.1 황산화물제거, 질소산화물제거설비에 속하는 용기 및 관의 구조는 “605 보일러 및 부속설비” 605.10부터 605.30까지(보일러와 관련된 부분 제외), “610 압력용기 및 부속설비” 610.9부터 610.33까지와 “615 배관 및 부속설비” 615.4부터 615.11에 해당하는 경우, 이를 준용한다.

640.2.2 내압 부분중 최고 사용압력이 0.1MPa 이상의 부분으로 최고 사용압력의 1.5배의 수압(수압으로 시험을 실시하는 것이 곤란한 경우는 최고 사용압력의 1.25배의 기압)까지 가압하여 압력이 안정된 후 최소 10분간 유지하는 시험을 실시하였을 때 이것에 견디고 누설이 없어야 한다.

640.2.3 기밀시험을 할 경우에는 최고 사용압력의 1.1배의 기압으로 시험을 실시하였을 때 누설이 없어야 한다.

640.2.4 내압을 받는 용기 및 관은 보일러 등 가스발생설비의 기동정지, 부하변화 등 운전조건의 변화에 대해 안정된 연기 배출처리 성능을 유지하여야 하며 연료의 종류와 성질·상태, 연소방식에 따른 가스발생 내용을 설계에 반영하여야 한다.

640.2.5 가스터빈 플랜트에서의 황산화물제거, 질소산화물제거설비는 보일러 부하가 최대가 되는 지점에서 최저 배기온도 조건의 배기 가스량을 기초로 설정하여야 한다.

640.3 안전장치

황산화물제거, 질소산화물제거설비에 속하는 용기 및 관에는 과도한 압력을 분출하는 안전장치를 다음과 같이 설치하여야 한다.

1. 안전장치가 밸브인 경우에는 605.32부터 605.37까지 해당하는 부분을 준용하여 설치할 수 있다.
2. 기타 방출장치인 경우에는 610.36를 준용할 수 있다.

640.4 가스의 누설대책

황산화물제거, 질소산화물제거설비는 가스 누설의 방지를 위해 다음과 같은 대책을 수립하여야 한다.

1. 가스를 통하는 부분은 최고사용 압력에 대하여 기밀성을 가지는 것이어야 한다.
2. 가스가 누설 되었을 때 체류하지 않는 구조의 것이어야 한다.
3. 누설되는 가스가 체류 할 우려가 있는 장소에 해당 가스의 누설을 감지하고 경보하기 위한 설비를 설치하여야 한다.

640.5 비상정지 및 경보장치

황산화물제거, 질소산화물제거설비는 다음과 같은 비상정지 및 경보장치를 설치하여야 한다.

640.5.1 황산화물제거설비 비상정지장치(비상댐퍼 연동)

1. 황산화물제거설비 내부고장 또는 이상에 의한 Interlock Trip
2. 보일러 Master Fuel Trip

640.5.2 질소산화물제거설비 비상정지장치(암모니아 차단밸브 연동)

1. 질소산화물제거설비 내부고장 또는 이상에 의한 Interlock Trip
2. 보일러 Master Fuel Trip

640.5.3 황산화물제거설비 경보장치

1. 황산화물제거장치의 온도 고점
2. 황산화물제거장치 입구가스온도 고점

640.5.4 질소산화물제거설비 경보장치

1. 출구 농도 고점
2. 반응기 출입구 차압 최대치
3. 반응기입구 가스온도 저점

640.6 계측장치

황산화물제거, 질소산화물제거설비에서는 운전 상태를 측정하는 다음과 같은 계측장치를 설치하여야 한다.

640.6.1 황산화물제거설비

1. 배연황산화물제거설비 입, 출구 가스 온도
2. 배연황산화물제거설비 입, 출구 가스 압력
3. 배연황산화물제거설비 입, 출구 SO_x 농도
4. 처리가스 유량

640.6.2 질소산화물제거설비

1. 배연질소산화물제거설비 입, 출구 가스 온도 및 압력

2. 암모니아 희석 공기 유량
3. 암모니아 기화기 온도
4. 암모니아 탱크 압력 및 온도
5. 배연질소산화물제거설비 입, 출구 NO_x 농도
6. 배연질소산화물제거설비 출구 암모니아 농도

(645 가스화로설비 및 부속설비)

645 가스화로설비 및 부속설비

645.1 용기 부품의 제작에 허용되는 재료

645.1.1 가스화로설비 제작에 허용되는 재료는 645.2부터 645.12까지 만족하는 것을 말한다.

645.2 재료사용의 일반

645.2.1 압력을 받는 부분의 제작에 사용되는 재료는 161 별표 2 및 별표 2.1에 주어진 규격 중 하나에 적합하여야 하며, 달리 허용하는 경우를 제외하고는 표 645.2.1.A에 지정된 재료규격으로 제한되어야 한다.

645.2.2 재료규격(또한 645.2.1에서 허용하는)에서 규정하고 있는 크기, 두께 또는 무게의 제한범위를 벗어나는 재료는, 그 재료가 해당 재료규격의 다른 요건을 준수하고 있으며, 허용설계응력표(표 645.2.1.A) 또는 표 645.45.2-2에서 크기, 두께 또는 무게의 제한값을 제시하고 있지 않을 경우에는 사용해도 된다. 화학조성 또는 기계적 물성이 재료의 크기나 두께에 따라 변하는 재료규격일 경우, 가장 가까운 범위의 화학조성과 기계적 물성을 준수하여야 한다.

645.2.3 재료규격에서 요구하는 재료 제조자의 식별표시는 다음의 요건이 만족되지 않는다면 두께가 6 mm(1/4 in.) 미만인 판재에는 표시를 하여서는 안 된다.

1. 재료는 P-No.1 그룹No.1 및 2로 한정되어야 한다.
2. 최소공칭판재 두께가 5 mm(3/16 in) 이거나 최소공칭관벽 두께가 4 mm (0.154 in)이어야 한다.
3. 최소설계금속온도(MDMT)는 -29℃(-20°F) 이상이어야 한다.

645.2.4 용탕분석(heat analysis)으로 0.35%를 초과하는 탄소함량을 가진 탄소강과 저합금강은 달리 허용하는 경우를 제외하고는 용접구조에서 사용되거나 산소절단 하여서는 안된다.

645.3 용접재료

645.3.1 압력을 받는 부분의 제작에 사용되는 용접재료는 161 및 해당 인정된 용접절차시방서의 요건을 따라야 한다.

645.4 판재

645.4.1 판재는 설계두께보다 두껍게 구매하여야 한다. 재료규격이 설계 두께보다 0.3 mm (0.01 in) 또는 구매 두께의 6% 중 작은 값의 하한공차까지 허용한다면, 그 판재로

제작된 용기는 전 설계압력에 사용할 수 있다. 만일 구매한 판재 규격이 설계 두께보다 더 큰 하한공차를 허용하면, 0.3 mm 또는 설계 두께의 6% 중 작은 값의 하한공차를 가지기 위해 설계 두께보다 두꺼워야 한다.

645.4.2 판재의 초음파탐상검사 기준은 다음과 같다.

아래 1호에서 허용된 것을 제외하고는, 공칭두께가 50 mm(2 in) 이상인 모든 판재는 SA-578의 요건에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다. 합격기준은 SA-578의 수준 B가 되어야 한다.

1. 설계규정에서 SA-263, SA-264 및 SA-265를 준수하는 판재 위의 클래드 두께를 인정할 때에는, SA-578의 요건에 따라서 모재 판재 및 모재 판재와 클래딩 사이의 접합부는 초음파탐상검사를 하여야 한다. 합격기준은 최소한 SA-578의 수준 B가 되어야 한다. 대안으로 수준 C의 합격기준을 적용해도 된다.

645.5 관 및 튜브

관 또는 튜브를 공칭두께로 구매한다면, 벽 두께에 대한 제작 하한공차를 고려하여야 한다. 최소 요구 벽두께가 결정된 후, 구매 공칭두께는 관 및 튜브 규격에서 허용되는 제조 하한공차를 고려하여 충분히 증가시켜야 한다.

[표 645.2.1.A] 허용 설계응력

1. 볼트를 제외한 모든 재료에 대한 허용응력 기준

가. 모든 제품형태에 대해 이 규정(6. 발전용 화력설비)에서 허용하는 재료(볼트 제외)는 다음과 같다.

a) 탄소강 및 저합금강: [표 645.2.1.A.1]
b) 퀜칭-뜨임을 한 고장력강: [표 645.2.1.A.2]
c) 고합금강: [표 645.2.1.A.3]
d) 알루미늄 및 알루미늄합금: [표 645.2.1.A.4]
e) 구리 및 구리합금: [표 645.2.1.A.5]
f) 니켈 및 니켈합금: [표 645.2.1.A.6]
g) 티타늄 및 티타늄합금: [표 645.2.1.A.7]

나. 모든 제품형태에 대해 이 규정(6. 발전용 화력설비)에서 사용하는 허용응력(볼트 제외)은 다음과 같다.

a) 탄소강 및 저합금강: ASME Sec. II, Part D, Table 5A
b) 퀜칭-뜨임을 한 고장력강: ASME Sec. II, Part D, Table 5A
c) 고합금강: ASME Sec. II, Part D, Table 5A
d) 알루미늄 및 알루미늄합금: ASME Sec. II, Part D, Table 5B
e) 구리 및 구리합금: ASME Sec. II, Part D, Table 5B
f) 니켈 및 니켈합금: ASME Sec. II, Part D, Table 5B
g) 티타늄 및 티타늄합금: ASME Sec. II, Part D, Table 5B

2. 볼트 재료에 대한 허용응력 기준

가. 볼트에 대해 이 규정(6. 발전용 화력설비)에서 허용하는 재료는 다음과 같다.

a) 철 볼트재료: [표 645.2.1.A.8]
b) 알루미늄합금 및 구리합금 볼트재료: [표 645.2.1.A.9]
c) 니켈 및 니켈합금 볼트재료: [표 645.2.1.A.10]
d) 해석적인 방법에 의한 설계용 볼트재료: [표 645.2.1.A.11]

나. 볼트에 대해 이 규정(6. 발전용 화력설비)에서 사용하는 허용응력은 다음과 같다.

a) 철 볼트재료: ASME Sec. II, Part D, Table 3
b) 알루미늄합금 및 구리합금 볼트재료: ASME Sec. II, Part D, Table 3
c) 니켈 및 니켈합금 볼트재료: ASME Sec. II, Part D, Table 3
d) 해석적인 방법에 의한 설계용 볼트재료: ASME Sec. II, Part D, Table 4

[표 645.2.1.A.1] 탄소강 및 저합금강 재료

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-36	---	K02600	Carbon steel	Str.Plate
SA-105	---	K03504	Carbon steel	Forgings
SA-106	A	K02501	Carbon steel	Smls. Pipe
SA-106	B	K03006	Carbon steel	Smls. Pipe
SA-106	C	K03501	Carbon steel	Smls. Pipe
SA-178	C	K03503	Carbon steel	Wld. Tube
SA-181	60	K03502	Carbon steel	Forgings
SA-181	70	K03502	Carbon steel	Forgings
SA-182	F1	K12822	C-1/2Mo	Forgings
SA-182	F2	K12122	1/2Cr-1/2Mo	Forgings
SA-182	F3V	K31830	3Cr-1Mo-¼V-Ti-B	Forgings
SA-182	F5	K41545	5Cr-½Mo	Forgings
SA-182	F5a	K42544	5Cr-½Mo	Forgings
SA-182	F9	K90941	9Cr-1Mo	Forgings
SA-182	F12,Cl.1	K11562	1Cr-½Mo	Forgings
SA-182	F12,Cl.2	K11564	1Cr-½Mo	Forgings
SA-182	F11,Cl.1	K11597	1¼Cr-½Mo-Si	Forgings
SA-182	F11,Cl.2	K11572	1¼Cr-½Mo-Si	Forgings
SA-182	F21	K31545	3Cr-1Mo	Forgings
SA-182	F22,Cl.1	K21590	2¼Cr-1Mo	Forgings
SA-182	F22,Cl.3	K21590	2¼Cr-1Mo	Forgings
SA-182	F22V	K31835	2¼Cr-1Mo-¼V	Forgings
SA-182	F91	K90901	9Cr-1Mo-V	Forgings
SA-182	FR	K22035	2Ni-1Cu	Forgings
SA-203	A	K21703	2½Ni	Plate
SA-203	B	K22103	2½Ni	Plate
SA-203	D	K31718	3½Ni	Plate
SA-203	E	K32018	3½Ni	Plate
SA-203	F	---	3½Ni	Plate
SA-204	A	K11820	C-½Mo	Plate
SA-204	B	K12020	C-½Mo	Plate
SA-204	C	K12320	C-½Mo	Plate
SA-209	T1	K11522	C-½Mo	Smls.Tube
SA-209	T1a	K12023	C-½Mo	Smls.Tube
SA-209	T1b	K11422	C-½Mo	Smls.Tube
SA-210	A-1	K02707	Carbon steel	Smls.Tube
SA-210	C	K03501	Carbon steel	Smls.Tube
SA-213	T2	K11547	½Cr-½Mo	Smls.Tube
SA-213	T5	K41545	5Cr-½Mo	Smls.Tube
SA-213	T5b	K41545	5Cr-½Mo-Si	Smls.Tube

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-213	T5c	K41245	5Cr-½Mo-Ti	Smls.Tube
SA-213	T9	K90941	9Cr-1Mo	Smls.Tube
SA-213	T11	K11597	1¼Cr-½Mo-Si	Smls.Tube
SA-213	T12	K11562	1Cr-½Mo	Smls.Tube
SA-213	T21	K31545	3Cr-1Mo	Smls.Tube
SA-213	T22	K21590	2½Cr-1Mo	Smls.Tube
SA-213	T91	K90901	9Cr-1Mo-V	Smls.Tube
SA-216	WCA	J02502	Carbon steel	Castings
SA-216	WCB	J03002	Carbon steel	Castings
SA-216	WCC	K02503	Carbon steel	Castings
SA-217	C5	J42045	5Cr-½Mo	Castings
SA-217	C12	J82090	9Cr-1Mo	Castings
SA-217	WC1	J12524	C-½Mo	Castings
SA-217	WC4	J12082	1N-½Cr-½Mo	Castings
SA-217	WC5	J22000	¾Ni-1Mo-¾Cr	Castings
SA-217	WC6	J12072	1¼Cr-½Mo	Castings
SA-217	WC9	J21890	2¼Cr-1Mo	Castings
SA-225	C	K12524	Mn-½Ni-V	Plate
SA-234	WPB	K03006	Carbon steel	Fittings
SA-234	WPC	K03501	Carbon steel	Fittings
SA-234	WP1	K12821	C-½Mo	Fittings
SA-234	WP5	K41515	5Cr-½Mo	Fittings
SA-234	WP9	K90941	9Cr-1Mo	Fittings
SA-234	WP11,cl.1	---	1¼Cr-½Mo-Si	Fittings
SA-234	WP12,Cl.1	K12062	1Cr-½Mo	Fittings
SA-234	WP22,Cl.1	K21590	2¼Cr-1Mo	Fittings
SA-266	1	K03506	Carbon steel	Forgings
SA-266	2	K03506	Carbon steel	Forgings
SA-266	3	K05001	Carbon steel	Forgings
SA-266	4	K03017	Carbon steel	Forgings
SA-283	B	---	Carbon steel	Str.Plate
SA-283	D	---	Carbon steel	Str.Plate
SA-285	A	K01700	Carbon steel	Plate
SA-285	B	K02200	Carbon steel	Plate
SA-285	C	K02801	Carbon steel	Plate
SA-299	---	K02803	Carbon steel	Plate
SA-302	A	K12021	Mn-½Mo	Plate
SA-302	B	K12022	Mn-½Mo	Plate
SA-302	C	K12039	Mn-½Mo-½Ni	Plate
SA-302	D	K12054	Mn-½Mo-¾Ni	Plate
SA-333	1	K03008	Carbon steel	Smls.pipe
SA-333	3	K31918	3½Ni	Smls.pipe

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-333	4	K11267	¾Cr-¾Ni-Cu-Al	Smls.pipe
SA-333	6	K03006	Carbon steel	Smls.pipe
SA-333	9	K22035	2Ni-1Cu	Smls.pipe
SA-333	1	K03008	Carbon steel	Wld.Pipe
SA-334	1	K03008	Carbon steel	Wld.Pipe
SA-334	1	K03008	Carbon steel	Smls.Tube
SA-334	3	K31918	3½Ni	Smls.Tube
SA-334	9	K22035	2Ni-1Cu	Smls.Tube
SA-335	P1	K11522	C-½Mo	Smls.Pipe
SA-335	P2	K11547	½Cr-½Mo	Smls.Pipe
SA-335	P5	K41545	5Cr-½Mo	Smls.Pipe
SA-335	P5b	K51545	5Cr-½Mo-Si	Smls.Pipe
SA-335	P5c	K41245	5Cr-½Mo-Ti	Smls.Pipe
SA-335	P9	K90941	9Cr-1Mo	Smls.Pipe
SA-335	P11	K11597	1¼Cr-½Mo-Si	Smls.Pipe
SA-335	P12	K11562	1Cr-½Mo	Smls.Pipe
SA-335	P21	K31545	3Cr-1Mo	Smls.Pipe
SA-335	P22	K21590	2¼Cr-1Mo	Smls.Pipe
SA-335	P91	K90901	9Cr-1Mo-V	Smls.Pipe
SA-336	F1	K11564	1Cr-½Mo	Forgings
SA-336	F3V	K31830	3Cr-1Mo-¼V-Ti-B	Forgings
SA-336	F5	K41545	5Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F5A	K42544	5Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F9	K90941	9Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F11,Cl.2	K11572	1¼Cr-½Mo-Si	Forgings
SA-336	F11,Cl.3	K11572	1¼Cr-½Mo-Si	Forgings
SA-336	F12	K11564	1Cr-½Mo	Forgings
SA-336	F21,Cl.1	K31545	3Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F21,Cl.3	K31545	3Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F22,Cl.1	K21590	2¼Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F22,Cl.3	K21590	2¼Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F22V	K31835	2¼Cr-1Mo-¼V	Forgings
SA-336	F91	K90901	9Cr-1Mo-V	Forgings
SA-350	LF1	K03009	Carbon steel	Forgings
SA-350	LF2	K03011	Carbon steel	Forgings
SA-350	LF3	K32025	3½Ni	Forgings
SA-350	LF9	K22036	2Ni-1Cu	Forgings
SA-352	LCB	J03003	Carbon steel	Castings
SA-352	LC1	J12522	C-½Mo	Castings
SA-352	LC2	J22500	2%Ni	Castings
SA-352	LC3	J31550	3½Ni	Castings
SA-369	FP1	K11522	C-½Mo	Forged pipe

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-369	FP2	K11547	½Cr-½Mo	Forged pipe
SA-369	FP5	K41545	5Cr-½Mo	Forged pipe
SA-369	FP9	K90941	9Cr-1Mo	Forged pipe
SA-369	FP11	K11597	1¼Cr-½Mo-Si	Forged pipe
SA-369	FP12	K11562	1Cr-½Mo	Forged pipe
SA-369	FP21	K31545	3Cr-1Mo	Forged pipe
SA-369	FP22	K21590	2¼Cr-1Mo	Forged pipe
SA-372	A	K03002	Carbon steel	Forgings
SA-372	B	K04001	Carbon steel	Forgings
SA-372	C	K04801	Carbon steel	Forgings
SA-372	D	K10508	Mn-¼Mo	Forgings
SA-387	2,Cl.1	K12143	½Cr-½Mo	Plate
SA-387	2,Cl.2	K12143	½Cr-½Mo	Plate
SA-387	5,Cl.1	K41545	5Cr-½Mo	Plate
SA-387	5,Cl.2	K41545	5Cr-½Mo	Plate
SA-387	11,Cl.1	K11789	1¼Cr-½Mo-Si	Plate
SA-387	11,Cl.2	K11789	1¼Cr-½Mo-Si	Plate
SA-387	12,Cl.1	K11757	1Cr-½Mo	Plate
SA-387	12,Cl.2	K11757	1Cr-½Mo	Plate
SA-387	21,Cl.1	K31545	3Cr-1Mo	Plate
SA-387	21,Cl.2	K31545	3Cr-1Mo	Plate
SA-387	22,Cl.1	K21590	2¼Cr-1Mo	Plate
SA-387	22,Cl.2	K21590	2¼Cr-1Mo	Plate
SA-387	91	K90901	9Cr-1Mo-V	Plate
SA-420	WPL3	---	3½Ni	Fittings
SA-420	WPL6	---	Carbon steel	Fittings
SA-420	WPL9	K22035	2Ni-Cu	Fittings
SA-423	1	K11535	¾Cr-½Ni-Cu	Smls.Tube
SA-423	2	K11540	¾Ni-½Cu-Mo	Smls.Tube
SA-487	1,Cl.A	J13002	Mn-V	Castings
SA-487	4,Cl.A	J13047	½Ni-½Cr-¼Mo-V	Castings
SA-487	8,Cl.A	J22091	2½Cr-1Mo	Castings
SA-508	1	K13502	Carbon steel	Forgings
SA-508	1A	K13502	Carbon steel	Forgings
SA-508	2,Cl.1	K12766	¾Ni-½Mo-⅓Cr-V	Forgings
SA-508	2,Cl.2	K12766	¾Ni-½Mo-⅓Cr-V	Forgings
SA-508	3,Cl.1	K12042	¾Ni-½Mo-Cr-V	Forgings
SA-508	3,Cl.2	K12042	¾Ni-½Mo-Cr-V	Forgings
SA-508	3V	K31830	3Cr-1Mo-¼V-Ti-B	Forgings
SA-508	4N,Cl.3	K22375	3½Ni-1¾Cr-½Mo-V	Forgings
SA-508	22,Cl.3	K215909	2¼Cr-1Mo	Forgings
SA-515	60	K02401	Carbon steel	Plate

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-515	65	K02800	Carbon steel	Plate
SA-516	55	K01800	Carbon steel	Plate
SA-516	60	K02100	Carbon steel	Plate
SA-516	65	K02403	Carbon steel	Plate
SA-516	70	K02700	Carbon steel	Plate
SA-524	I	K02104	Carbon steel	Smls.Pipe
SA-524	II	K02104	Carbon steel	Smls.Pipe
SA-533	A,Cl.1	K12521	Mn-½Mo	Plate
SA-533	A,Cl.2	K12521	Mn-½Mo	Plate
SA-533	B,Cl.1	K12539	Mn-½Mo-½Ni	Plate
SA-533	B,Cl.2	K12539	Mn-½Mo-½Ni	Plate
SA-533	C,Cl.1	K12554	Mn-½Mo-¾Ni	Plate
SA-533	C,Cl.2	K12554	Mn-½Mo-¾Ni	Plate
SA-533	D,Cl.2	K12529	Mn-½Mo-¼Ni	Plate
SA-537	Cl.1	K12437	Carbon steel	Plate
SA-537	Cl.2	K12437	Carbon steel	Plate
SA-537	Cl.3	K12437	Carbon steel	Plate
SA-541	1	K03506	Carbon steel	Forgings
SA-541	1A	K03020	Cabon steel	Forgings
SA-541	2,Cl.1	K12765	¾Ni-½Mo-⅓Cr-V	Forgings
SA-541	2,Cl.2	K12765	¾Ni-½Mo-⅓Cr-V	Forgings
SA-541	3,Cl.1	K12045	½Ni-½MO-V	Forgings
SA-541	3,Cl.2	K12045	½Ni-½MO-V	Forgings
SA-541	3V	K31830	3Cr-1Mo-¼V-Ti-B	Forgings
SA-541	22,Cl.3	K21390	2¼Cr-1Mo	Forgings
SA-541	22V	K31835	2¼Cr-1Mo-¼V	Forgings
SA-542	B,Cl.4	---	2¼Cr-1Mo	Plate
SA-542	C,Cl.4a	---	3Cr-1Mo-¼V-Ti-B	Plate
SA-542	D,Cl.4a	---	2¼Cr-1Mo-¼V	Plate
SA-612	---	K02900	Carbon steel	Plate
SA-662	A	K10701	Carbon steel	Plate
SA-662	B	K02203	Carbon steel	Plate
SA-662	C	K02007	Carbon steel	Plate
SA-675	45	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	50	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	55	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	60	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	65	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	70	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-727	---	K02506	Carbon steel	Forgings
SA-737	B	K12001	C-Mn-Si-Cb	Plate
SA-737	C	K12202	C-Mn-Si-V	Plate

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-738	A	K12447	Carbon steel	Plate
SA-738	B	K12007	Carbon steel	Plate
SA-738	C	---	Carbon steel	Plate
SA-739	B11	K11797	1¼Cr-½Mo	Bar
SA-739	B22	K2139*0	2¼Cr-1Mo	Bar
SA-765	I	K03046	Carbon steel	Forgings
SA-765	II	K03047	Carbon steel	Forgings
SA-765	III	K32026	3½Ni	Forgings
SA-765	IV	K02009	Carbon steel	Forgings
SA-832	21V	K31830	3Cr-1Mo-¼V-Ti-B	Plate
SA-832	22V	K31835	2¼Cr-1Mo-V	Plate
SA-841	A, Cl.1	---	Carbon Steel	Plate
SA-841	B, Cl.1	---	Carbon Steel	Plate
SA/En10028-2	10CrMo9-10	---	2¼Cr-1Mo	Plate
SA/En10028-2	13CrMoSi5-5+QT	---	1¼Cr-½Mo-Si	Plate
SA/En10028-2	P355GH	---	Carbon steel	Plate
SA/En10022-2	P280GH	---	Carbon steel	Forgings
SA/En10022-2	P30SGH	---	Carbon steel	Forgings
SA/En10022-2	13CrMo4-5	---	1Cr-½Mo	Forgings
SA/En10022-2	11CrMo9-10	---	2¼Cr-1Mo	Forgings
SA/NF A36-215	P440 NJ4	---	Mn-V	Plate

비고: 위 표의 형식/등급/분류는 재료의 Type/Grade/Class를 말한다.

[표 645.2.1.A.2] 퀜칭-뜨임을 한 고장력강

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-333	8	K81340	9Ni	Smls.Pipe
SA-333	8	K81340	9Ni	Smls.Pipe
SA-334	8	K81340	9Ni	Smls.Tube
SA-334	8	K81340	9Ni	Smls.Tube
SA-353	---	K81340	9Ni	Plate
SA-372	D	K14508	Mn-¼Mo	Forgings
SA-372	E,Cl.70	K13047	1Cr-⅕Mo	Forgings
SA-372	F,Cl.70	G41350	1Cr-⅕Mo	Forgings
SA-372	G,Cl70	K13049	½Cr-⅕M0	Forgings
SA-372	H,Cl.70	K13547	½Cr-⅕M0	Forgings
SA-372	J,Cl.70	K13548	1Cr-⅕Mo	Forgings
SA-372	J,Cl.110	G41370	1Cr-⅕Mo	Forgings
SA-420	WPL8	K81340	9Ni	Smls.Pipe
SA-508	4N,Cl.1	K22375	3½Ni-1¾Cr-½Mo-V	Forgings
SA-508	4N,Cl.2	K22375	3½Ni-1¾Cr-½Mo-V	Forgings
SA-517	A	K11856	½Cr-¼Mo-Si	Plate
SA-517	B	K11630	½Cr-⅕Mo-V	Plate
SA-517	E	K21604	1¾Cr-½Mo-Ti	Plate
SA-517	F	K11576	¾Ni-½Cr-½Mo-V	Plate
SA-517	J	K11625	C-½Mo	Plate
SA-517	P	K21650	1¼Ni-1Cr-½Mo	Plate
SA-522	I	K81340	9Ni	Forgings
SA-533	B,Cl.3	K12554	Mn-½Mo-¾Ni	Plate
SA-533	D,Cl.3	K12529	Mn-½Mo-¼Ni	Plate
SA-543	B,Cl.1	K42339	3Ni-1¾Cr-½Mo	Plate
SA-543	B,Cl.2	K42339	3Ni-1¾Cr-½Mo	Plate
SA-543	B,Cl.3	K42339	3Ni-1¾Cr-½Mo	Plate
SA-543	C,Cl.1	---	2¾Ni-1½Cr-½Mo	Plate
SA-543	C,Cl.2	---	2¾Ni-1½Cr-½Mo	Plate
SA-543	C,Cl.3	---	2¾Ni-1½Cr-½Mo	Plate
SA-553	I	K81340	9Ni	Plate
SA-592	A	K11856	½Cr-¼Mo-Si	Forgings
SA-592	E	K11695	1¾Cr-½Mo-Cu	Forgings
SA-592	F	K11576	¾Ni-½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-645	A	K41583	5Ni-¼Mo	Plate
SA-723	1,Cl.1	K23550	2Ni-1½Cr-¼Mo-V	Forgings
SA-723	1,Cl.2	K23550	2Ni-1½Cr-¼Mo-V	Forgings
SA-723	2,Cl.1	K34035	2¾Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-723	2,Cl.2	K34035	2¾Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-723	3,Cl.1	K44045	4Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-723	3,Cl.2	K44045	4Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-724	A	K11831	Carbon steel	Plate
SA-724	B	K12031	Carbon steel	Plate
SA-724	C	K12037	Carbon steel	Plate

[표 645.2.1.A.3] 고합금강

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-182	FXM-11	S21904	21Cr-6Ni-9Mn	Forgings
SA-182	FXM-19	S20910	22Cr-12Ni-Mn	Forgings
SA-182	F6a,Cl.1	S41000	13Cr	Forgings
SA-182	F6a,Cl.2	S41000	13Cr	Forgings
SA-182	F51	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Forgings
SA-182	F58	S31266	24Cr-22.5Ni-5.7Mo-Cu-W	Forgings
SA-182	F60	S32205	22Cr-5.5Ni-3Mo-N	Forgings
SA-182	F304	S30400	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F304H	S30409	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F304L	S30403	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F310	S31000	25Cr-20Ni	Forgings
SA-182	F310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Forgings
SA-182	F316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-182	F316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-182	F316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-182	F321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-182	F321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-182	F347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F347H	S34909	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-213	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-213	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-213	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-213	TP304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Smls.Tube
SA-213	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Smls.Tube
SA-213	TP309H	S30909	23Cr-112Ni	Smls.Tube
SA-213	TP309S	S30908	23Cr-112Ni	Smls.Tube
SA-213	TP310H	S31009	25Cr-20Ni	Smls.Tube
SA-213	TP310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Smls.Tube
SA-213	TP310S	S31008	25Cr-20Ni	Smls.Tube
SA-213	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-213	TP316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-213	TP316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-213	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Smls.Tube
SA-213	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-213	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-213	TP347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-213	TP347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-213	TP348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-213	TP348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-213	XM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Smls.Tube
SA-217	CA15	J9115	13Cr	Castings
SA-240	XM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Plate
SA-240	XM19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Plate
SA-240	XM-29	S24000	18Cr-3Ni-12Mn	Plate
SA-240	XM-29	S24000	18Cr-3Ni-12Mn	Sheet&Strip
SA-240	201N	S20153	16Cr-4Ni-6Mn	Plate
SA-240	255	S32550	25Cr-5Ni-3Mo-2Cu	Plate
SA-240	302	S30200	18Cr-8Ni	Plate
SA-240	304	S30400	18Cr-8Ni	Plate
SA-240	304H	S30409	18Cr-8Ni	Plate
SA-240	304L	S30403	18Cr-8Ni	Plate
SA-240	304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Plate
SA-240	...	S30601	17.5Cr-17.5Ni-5.3Si	Plate
SA-240	...	S31266	24Cr-22.5Ni-5.7Mo-Cu-W	Plate
SA-240	309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Plate
SA-240	309H	S30909	23Cr-12Ni	Plate
SA-240	309S	S30908	23Cr-12Ni	Plate
SA-240	310H	S31009	25Cr-20Ni	Plate
SA-240	310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Plate
SA-240	310S	S31008	25Cr-20Ni	Plate
SA-240	316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Plate
SA-240	316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Plate
SA-240	316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Plate
SA-240	317	S31700	18Cr-13Ni-3Mo	Plate
SA-240	317L	S31703	18Cr-13Ni-3Mo	Plate
SA-240	321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Plate
SA-240	321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Plate
SA-240	347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Plate
SA-240	347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Plate
SA-240	348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Plate
SA-240	405	S40500	13Cr-1Al	Plate
SA-240	410	S41000	13Cr	Plate
SA-240	410S	s41008	13Cr	Plate
SA-240	429	S42900	15Cr	Plate
SA-240	430	S430	17Cr	Plate
SA-240	...	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Plate
SA-240	2205	S32205	22Cr-5.5Ni-3Mo-N	Plate

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-240	26-3-3	S44660	26Cr-3Ni-3Mo	Plate
SA-240	...	S32906	29Cr-6.5Ni-2Mo-N	Plate, Sheet, Strip
SA-249	TPXM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Wld.Tube
SA-249	TPXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Wld.Tube
SA-249	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-249	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-249	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-249	TP304N	S30451	18Cr-8N-N	Wld.Tube
SA-249	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Wld.Tube
SA-249	TP309H	S30909	23Cr-12Ni	Wld.Tube
SA-249	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Wld.Tube
SA-249	TP310Cb	S31040	25Cr-20Ni-Cb	Wld.Tube
SA-249	TP310H	S31009	23Cr-12Ni	Wld.Tube
SA-249	TP310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Wld.Tube
SA-249	TP310S	S31008	23Cr-12Ni	Wld.Tube
SA-249	TP316	S31600	16C12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-249	TP316H	S31609	16C12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-249	TP316L	S31603	16C12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-249	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Wld.Tube
SA-249	TP317	S31700	18Cr-3Ni-3Mo	Wld.Tube
SA-249	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Tube
SA-249	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Tube
SA-249	TP347	S34700	1810Ni-Cb	Wld.Tube
SA-249	TP347H	S34703	1810Ni-Cb	Wld.Tube
SA-249	TP348	S34800	1810Ni-Cb	Wld.Tube
SA-249	TP348H	S34809	1810Ni-Cb	Wld.Tube
SA-268	TP405	S40500	12Cr-1Al	Smls.Tube
SA-268	TP410	S41000	13Cr	Smls.Tube
SA-268	TP429	S42900	15Cr	Smls.Tube
SA-268	TP430	S43000	17Cr	Smls.Tube
SA-268	26-3-3	S44660	26Cr-3Ni-3Mo	Smls.Tube
SA-268	26-3-3	S44660	26Cr-3Ni-3Mo	Wld.Tube
SA-312	TPXM-11	S21904	21Cr-6Ni-9Mn	Smls.Tube
SA-312	TPXM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Smls.Tube
SA-312	TPXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Smls.Tube
SA-312	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Smls.Tube
SA-312	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TP309H	S30909	23Cr-12Ni	Smls.Tube

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-312	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP310H	S31009	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP310S	S31008	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-312	TP316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-312	TP316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-312	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Smls.Tube
SA-312	TP317	S31700	18Cr-3Ni-3Mo	Smls.Tube
SA-312	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-312	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-312	TP347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TP347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TP348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TP348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TPXM-11	S21094	21Cr-6Ni-9Mn	Smls.Tube
SA-312	TPXM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Smls.Tube
SA-312	TPXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Smls.Tube
SA-312	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Smls.Tube
SA-312	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TP309H	S30909	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP310Cb	S31040	25Cr-20Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-312	TP310H	S31009	23Cr-12Ni	Wld.Pipe
SA-312	TP310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Wld.Pipe
SA-312	TP310S	S31008	23Cr-12Ni	Wld.Pipe
SA-312	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Pipe
SA-312	TP316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Pipe
SA-312	TP316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Pipe
SA-312	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Wld.Pipe
SA-312	TP317	S31700	18Cr-3Ni-3Mo	Wld.Pipe
SA-312	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Pipe
SA-312	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Pipe
SA-312	TP347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-312	TP347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-312	TP348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-312	TP348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-336	FXM-11	S23904	21Cr-6Ni-9Mn	Forgings
SA-336	FXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Forgings

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-336	F6	S41000	13Cr	Forgings
SA-336	F304	S30400	18Cr-8Ni	Forgings
SA-336	F304H	S30409	18Cr-8Ni	Forgings
SA-336	F304L	S30403	18Cr-8Ni	Forgings
SA-336	F304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Forgings
SA-336	F310	S31000	25Cr-20Ni	Forgings
SA-336	F316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-336	F316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-336	F316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-336	F316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Forgings
SA-336	F321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-336	F321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-336	F347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-336	F347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-351	CF3	J92500	18Cr-8Ni	Castings
SA-351	CF8	J92600	18Cr-8Ni	Castings
SA-351	CF8C	J92710	18Cr-10Ni-Cb	Castings
SA-351	CF8M	J92900	18Cr-12Ni-2Mo	Castings
SA-351	CF10	J92590	19Cr-9Ni-0.5Mo	Castings
SA-351	CH8	J93400	25Cr-12Ni	Castings
SA-351	CH20	J93402	25Cr-12Ni	Castings
SA-351	CK20	J94202	25Cr-20Ni	Castings
SA-376	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Smls.Pipe
SA-376	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Smls.Pipe
SA-376	TP304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Smls.Pipe
SA-376	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Pipe
SA-376	TP316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Pipe
SA-376	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Smls.Pipe
SA-376	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Pipe
SA-376	TP321H	S32109	18CR-10Ni-Ti	Smls.Pipe
SA-376	TP347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Pipe
SA-376	TP347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Pipe
SA-376	TP348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Pipe
SA-403	XM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Fittings
SA-403	304	S30400	18Cr-8Ni	Fittings
SA-403	304H	S30409	18Cr-8Ni	Fittings
SA-403	304L	S30403	18Cr-8Ni	Fittings
SA-403	304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Fittings
SA-403	309	S30900	23Cr-12Ni	Fittings
SA-403	310	S31000	25Cr-20Ni	Fittings
SA-403	316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Fittings

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-403	316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Fittings
SA-403	316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Fittings
SA-403	317	S31700	18Cr-13Ni-3Mo	Fittings
SA-403	317L	S31700	18Cr-13Ni-3Mo	Fittings
SA-403	321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Fittings
SA-403	321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Fittings
SA-403	347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Fittings
SA-403	347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Fittings
SA-403	348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Fittings
SA-403	348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Fittings
SA-403	XM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Wld.Fittings
SA-403	304	S30400	18Cr-8Ni	Wld.Fittings
SA-403	304H	S30409	18Cr-8Ni	Wld.Fittings
SA-403	304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Wld.Fittings
SA-403	309	S30900	23CR-12Ni	Wld.Fittings
SA-403	310	S31000	25Cr-20Ni	Wld.Fittings
SA-403	316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Fittings
SA-403	316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Wld.Fittings
SA-403	321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Fittings
SA-403	321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Fittings
SA-403	347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Fittings
SA-403	347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Fittings
SA-403	348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Fittings
SA-403	348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Fittings
SA-479	...	S32906	29Cr-6.5Ni-2Mo-N	Bar
SA-479	XM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Bar
SA-479	309H	S30909	23Cr-12Ni	Bar
SA-564	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bar
SA-666	XM-11	S21904	21Cr-6Ni-9Mn	Plate
SA-688	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-688	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-688	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-688	TP316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-693	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Plate, Sheet, Strip
Sa-705	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Forgings
SA-789	...	S31500	18Cr-5Ni-3Mo-N	Smls.Tube
SA-789	...	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Smls.Tube
SA-789	...	S31500	18Cr-5Ni-3Mo-N	Wld.Tube
SA-789	...	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Wld.Tube
SA-789	...	S32205	22Cr-5.5Ni-3Mo-N	Smls..Tube
SA-789	...	S32205	22Cr-5.5Ni-3Mo-N	Wld.Tube

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-789	...	S32906	29Cr-6.5Ni-2Mo-N	Smls.Tube
SA-790	...	S32205	22Cr-5.5Ni-3Mo-N	Smls.Tube
SA-790	...	S32205	22Cr-5.5Ni-3Mo-N	Wld.Pipe
SA-790	...	S32906	29Cr-6.5Ni-2Mo-N	Smls.Tube
SA-790	...	S31500	18Cr-5Ni-3Mo-N	Smls.Pipe
SA-790	...	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Smls.Pipe
SA-790	...	S31500	18Cr-5Ni-3Mo-N	Wld.Pipe
SA-790	...	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Wld.Pipe
SA-790	...	S32906	29Cr-6.5Ni-2Mo-N	Smls.Pipe
SA-803	26-3-3	S44660	26Cr-3Ni-3Mo	Wld.Tube
SA-813	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-813	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Wld.Pipe
SA-813	TP310Cb	S31040	25Cr-20Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-813	TP310S	S31008	25Cr-20Ni	Wld.Pipe
SA-814	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-814	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Wld.Pipe
SA-814	TP310Cb	S31040	25Cr-20Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-814	TP310S	S31008	25Cr-20Ni	Wld.Pipe
SA-965	FXM-11	S21904	21Cr-6Ni-9Mn	Forgings
SA-965	FXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Forgings
SA-965	F6	S41000	13Cr	Forgings
SA-965	F304	S30400	18Cr-8Ni	Forgings
SA-965	F304H	S30409	18Cr-8Ni	Forgings
SA-965	F304L	S30403	18Cr-8Ni	Forgings
SA-965	F304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Forgings
SA-965	F310	S31000	25Cr-20Ni	Forgings
SA-965	F316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-965	F316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-965	F316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-965	F316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Forgings
SA-965	F321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-965	F321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-965	F347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-965	F347H	S34909	18Cr-10Ni-Cb	Forgings

[표 645.2.1.A.4] 알루미늄합금

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-209	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Plate,sheet
SB-209	3004	A93004	Al-Mn-Mg	Plate,sheet
SB-209	5052	A95052	Al-2.5Mg	Plate,sheet
SB-209	5083	A95083	Al-4.4Mg-Mn	Plate,sheet
SB-209	5086	A95086	Al-4.0Mg-Mn	Plate,sheet
SB-209	5454	A95454	Al-2.7Mg-Mn	Plate,sheet
SB-209	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Plate,sheet
SB-210	Allclad 3003	---	Al-Mn-Cu	Smls.drawn tube
SB-210	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Smls.drawn tube
SB-210	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Smls.drawn tube
SB-210	6063	A96063	Al-Mg-Si	Smls.drawn tube
SB-221	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Bar,rod,shapes
SB-221	5083	A95083	Al-4.4Mg-Mn	Bar,rod,shapes
SB-221	5454	A95454	Al-2.7Mg-Mn	Bar,rod,shapes
SB-221	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Bar,rod,shapes
SB-221	6063	A96063	Al-Mg-Si	Bar,rod,shapes
SB-241	Allclad 3003	---	Al-Mn-Cu	Smls.extr.tube
SB-241	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Smls.extr.tube
SB-241	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Smls.Pipe
SB-241	5083	A95083	Al-4.4Mg-Mn	Smls.extr.tube
SB-241	5454	A95454	Al-2.7Mg-Mn	Smls.extr.tube
SB-241	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Smls.extr.tube/pipe
SB-241	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Smls.drawn pipe
SB-241	6063	A96063	Al-Mg-Si	Smls.extr.tube/pipe
SB-308	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Shapes

[표 645.2.1.A.5] 구리합금

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-96	---	C65500	97Cu-3.3Si	Plate,sheet
SB-98	---	C65100	98.5Cu-1.5Si	Rod,bar&shapes
SB-98	---	C65500	97Cu-3Si	Rod,bar&shapes
SB-98	---	C66100	94Cu-3Si	Rod,bar&shapes
SB-111	---	C28000	60Cu-20Zn	Smls.Tube
SB-111	---	C44300	71Cu-28Zn-1Sn-0.06As	Smls.Tube
SB-111	---	C44400	71Cu-28Zn-1Sn-0.06Sb	Smls.Tube
SB-111	---	C44500	71Cu-28Zn-1Sn-0.06P	Smls.Tube
SB-111	---	C60800	95Cu-5Al	Smls.Tube
SB-111	---	C70600	90Cu-10Ni	Cond.Tube
SB-111	---	C71500	70Cu-30Ni	Cond.Tube
SB-169	---	C61400	90Cu-7Al-3Fe	Plate,sheet
SB-171	---	C46400	60Cu-39Zn-Sn	Plate
SB-171	---	C70600	90Cu-10Ni	Plate
SB-171	---	C71500	70Cu-30Ni	Plate
SB-187	---	C10200	99.95Cu-P	Rod&bar
SB-187	---	C11000	99.9Cu	Rod&bar
SB-395	---	C70600	90Cu-10Ni	Smls.U-bend tube
SB-395	---	C71500	70Cu-30Ni	Smls.U-bend tube

[표 645.2.1.A.6] 니켈 및 니켈합금

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-127	---	N04400	67Ni-30Cu	Plate
SB-160	---	N02200	99Ni	Bar,rod
SB-160	---	N02201	99Ni-LowC	Bar,rod
SB-161	---	N02200	99Ni	Smls.pipe&tube
SB-161	---	N02201	99Ni-LowC	Smls.pipe&tube
SB-162	---	N02200	99Ni	Plate,sheet,strip
SB-162	---	N02201	99Ni-LowC	Plate,sheet,strip
SB-163	---	N02200	99Ni	Smls.Tube
SB-163	---	N02201	99Ni-LowC	Smls.Tube
SB-163	---	N04400	67Ni-30Cu	Smls.Tube
SB-163	---	N06600	72Ni-15Cr8Fe	Smls.Tube
SB-163	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Smls.Tube
SB-163	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Smls.Tube
SB-163	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Smls.Tube
SB-164	---	N04400	67Ni-30Cu	Bar,rod
SB-164	---	N04405	67Ni-30Cu-S	Bar,rod
SB-165	---	N04400	67Ni-30Cu	Smls.pipe&tube
SB-166	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Bar,rod
SB-167	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Smls.pipe&tube
SB-168	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Plate
SB-333	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Plate,strip
SB-333	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Plate,strip
SB-335	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Rod
SB-335	---	N10665	62Ni-28Mo-5Fe	Rod
SB-366	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Smls.&wld.fittings
SB-366	---	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Smls.fittings
SB-366	---	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Smls.fittings
SB-366	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Smls.fittings
SB-366	---	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Wld.fittings
SB-366	---	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Wld.fittings
SB-366	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Wld.fittings
SB-407	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Smls.Pipe&tube
SB-407	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Smls.Pipe&tube
SB-408	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Bar,rod
SB-408	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Bar,rod
SB-409	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Plate
SB-409	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Plate

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-423	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Smls.pipe&tube
SB-424	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Plate,sheet,strip
SB-425	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Bar,rod
SB-434	---	N10003	70Ni-16Mo-7Cr-5Fe	Plate,sheet,strip
SB-435	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Sheet
SB-435	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Plate
SB-462	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Forgings
SB-462	---	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Forgings
SB-462	---	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Forgings
SB-462	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Forgings
SB-511	---	N08330	35Ni-19Cr-1.25Si	Bar
SB-514	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Welded pipe
SB-514	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Welded pipe
SB-515	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Welded tube
SB-515	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Welded tube
SB-516	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Welded tube
SB-517	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Welded tube
SB-535	---	N08330	35Ni-19Cr-1¼Si	Smls., welded pipe
SB-536	---	N08330	35Ni-19Cr-1¼Si	Plate, sheet, strip
SB-564	---	N04400	67Ni-30Cu	Forgings
SB-564	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Forgings
SB-564	---	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Forgings
SB-564	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Forgings
SB-564	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Forgings
SB-564	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Forgings
SB-564	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Forgings
SB-572	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Rod
SB-573	---	N10003	70Ni-16Mo-7Cr-5Fe	Rod
SB-574	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Rod
SB-574	---	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Rod
SB-574	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Rod
SB-574	---	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Rod
SB-575	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Plate,sheet&strip
SB-575	---	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Plate,sheet&strip
SB-575	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Plate,sheet&strip
SB-575	---	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Plate,sheet&strip
SB-581	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Rod
SB-582	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Plate,sheet,strip
SB-619	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Weded pipe

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-619	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Weded pipe
SB-619	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Weded pipe
SB-619	---	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Weded pipe
SB-619	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Weded pipe
SB-619	---	N10001	61Ni-28Mo-5Fe	Weded pipe
SB-619	---	N10276	54Ni-16Cr-16Mo-5.5Fe	Weded pipe
SB-619	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Weded pipe
SB-622	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Smls.pipe&tube
SB-622	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Smls.pipe&tube
SB-622	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Smls.pipe&tube
SB-622	---	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Smls.pipe&tube
SB-622	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Smls.pipe&tube
SB-622	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Smls.pipe&tube
SB-622	---	N10276	54Ni-16Cr-16Mo-5.5Fe	Smls.pipe&tube
SB-622	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Smls.pipe&tube
SB-626	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Welded tube
SB-626	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Welded tube
SB-626	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Welded tube
SB-626	---	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Welded tube
SB-626	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Welded tube
SB-626	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Welded tube
SB-626	---	N10276	54Ni-16Cr-16Mo-5.5Fe	Welded tube
SB-626	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Welded tube

[표 645.2.1.A.7] 티타늄 및 티타늄합금

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-265	1	R50250	Ti	Plate.sheet,strip
SB-265	2	R50400	Ti	Plate.sheet,strip
SB-265	3	R50550	Ti	Plate.sheet,strip
SB-265	7	R52400	Ti-Pd	Plate.sheet,strip
SB-265	16	R52402	Ti-Pd	Plate.sheet,strip
SB-265	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Plate.sheet,strip
SB-338	1	R50250	Ti	Smls.Tube
SB-338	2	R50400	Ti	Smls.Tube
SB-338	3	R50550	Ti	Smls.Tube
SB-338	7	R52400	Ti-Pd	Smls.Tube
SB-338	16	R52402	Ti-Pd	Smls.Tube
SB-338	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Smls.Tube
SB-338	1	R50250	Ti	Wld.Tube
SB-338	2	R50400	Ti	Wld.Tube
SB-338	3	R50550	Ti	Wld.Tube
SB-338	7	R52400	Ti-Pd	Wld.Tube
SB-338	16	R52402	Ti-Pd	Wld.Tube
SB-338	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Wld.Tube
SB-348	1	R50250	Ti	Bar,billet
SB-348	2	R50400	Ti	Bar,billet
SB-348	3	R50550	Ti	Bar,billet
SB-348	7	R52400	Ti-Pd	Bar,billet
SB-348	16	R52402	Ti-Pd	Bar,billet
SB-348	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Bar,billet
SB-381	F1	R50250	Ti	Forgings
SB-381	F2	R50400	Ti	Forgings
SB-381	F3	R50550	Ti	Forgings
SB-381	F7	R52400	Ti-Pd	Forgings
SB-381	F16	R52402	Ti-Pd	Forgings
SB-381	F12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Forgings
SB-861	1	R50250	Ti	Smls.Pipe
SB-861	2	R50400	Ti	Smls.Pipe
SB-861	3	R50550	Ti	Smls.Pipe
SB-861	7	R52400	Ti-Pd	Smls.Pipe
SB-861	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Smls.Pipe
SB-862	1	R50250	Ti	Wld.Pipe
SB-862	2	R50400	Ti	Wld.Pipe
SB-862	3	R50550	Ti	Wld.Pipe
SB-862	7	R52400	Ti-Pd	Wld.Pipe
SB-862	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Wld.Pipe

[표 645.2.1.A.8] 철 볼트재료

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
저합금강볼트				
SA-193	B5	K50100	5Cr-½Mo	Bolting
SA-193	B7	G41400	1Cr-⅕Mo	Bolting
SA-193	B7M	G41400	1Cr-⅕Mo	Bolting
SA-193	B16	K14072	1Cr-½Mo-V	Bolting
SA-320	L7	G41400	1Cr-⅕Mo	Bolting
SA-320	L7A	G40370	C-¼Mo	Bolting
SA-320	L7M	G41400	1Cr-⅕Mo	Bolting
SA-320	L43	G43400	1¾Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-325	1	K02706	Carbon steel	Bolting
SA-354	BC	K04100	Carbon steel	Bolting
SA-354	BD	K04100	Carbon steel	Bolting
SA-437	B4B	K91352	12Cr-1Mo-V-W	Bolting
SA-437	B4C	K91352	12Cr-1Mo-V-W	Bolting
SA-449	---	K04200	Carbon steel	Bolting
SA-449	---	K04200	Carbon steel	Bolting
SA-449	---	K04200	Carbon steel	Bolting
SA-508	5,Cl.2	K42365	3½Ni-1¾Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.1	K14073	1Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.2	K14073	1Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.3	K14073	1Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.4	K14073	1Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.5	K14073	1Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B23,Cl.1	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B23,Cl.2	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B23,Cl.3	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B23,Cl.4	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B23,Cl.5	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.1	K24054	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.2	K24054	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.3	K24054	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.4	K24054	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.5	K24054	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24V,Cl.3	K24070	2Ni-¾Cr-⅓Mo-V	Bolting
저합금강너트				
SA-194	2	---	---	Nuts
SA-194	2H	---	---	Nuts
SA-194	2HM	---	---	Nuts
SA-194	3	---	---	Nuts
SA-194	4	---	---	Nuts
SA-194	7	---	---	Nuts
SA-194	7M	---	---	Nuts
SA-194	16	---	---	Nuts

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-194	B21	---	---	Nuts
SA-194	B23	---	---	Nuts
SA-540	B24	---	---	Nuts
	B24V	---	---	Nuts
고합금강볼트				
SA-193	B6	S41000	13Cr	Bolting
SA-193	B8,Cl.1	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-193	B8,Cl.2	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-193	B8C,Cl.1	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-193	B8C,Cl.2	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-193	B8M,Cl.1	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8M2	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8M2	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8M2	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8MNA,Cl.1A	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Bolting
SA-193	B8NA,Cl.1A	S30451	18Cr-8Ni-N	Bolting
SA-193	B8P,Cl.1	S30500	18Cr-11Ni	Bolting
SA-193	B8P,Cl.2	S30500	18Cr-11Ni	Bolting
SA-193	B8S	S21800	18Cr-8Ni-4Si-N	Bolting
SA-193	B8SA	S21800	18Cr-8Ni-4Si-N	Bolting
SA-193	B8T,Cl.1	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-193	B8T,Cl.2	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-320	B8,Cl.1	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-320	B8,Cl.2	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-320	B8A,Cl.1A	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-320	B8C,Cl.1	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-320	B8C,Cl.2	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-320	B8CA,Cl.1A	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-320	B8F,Cl.1	S30323	18Cr-8Ni-S	Bolting
SA-320	B8FA,Cl.1A	S30323	18Cr-8Ni-S	Bolting
SA-320	B8M,Cl.1	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-320	B8M,Cl.2	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-320	B8MA,Cl.1A	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-320	B8T,Cl.1	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-320	B8T,CL.2	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-320	B8TA,Cl.1A	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-453	651,Cl.A	S63198	19Cr-9Ni-Mo-W	Bolting
SA-453	651,Cl.B	S63198	19Cr-9Ni-Mo-W	Bolting
SA-453	660,Cl.A	S66286	25Ni-15Cr-2Ti	Bolting
SA-453	660,Cl.B	S66286	25Ni-15Cr-2Ti	Bolting
SA-479	XM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Bolting
SA-564	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
SA-705	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting

[표 645.2.1.A.9] 알루미늄합금 및 구리합금 볼트재료

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-211	2014	A92014	---	Bolting
SB-211	2024	A92024	---	Bolting
SB-211	6061	A96061	---	Bolting
SB-98	---	C65100	98.5Cu-1.5Si	Rod
SB-98	---	C65500	97Cu-3Si	Rod
SB-98	---	C66100	94Cu-3Si	Rod
SB-150	---	C61400	90Cu-7Al-3Fe	Bar,
SB-150	---	C61400	90Cu-7Al-3Fe	Rod
SB-150	---	C62300	81Cu-10Al-5Ni-3Fe	Bar
SB-150	---	C63000	81Cu-10Al-5Ni-3Fe	Rod
SB-150	---	C63000	81Cu-10Al-5Ni-3Fe	Bar
SB-150	---	C64200	91Cu-7Al-2Si	Bar
SB-150	---	C64200	91Cu-7Al-2Si	Rod
SB-150	---	C10200	99.95Cu-P	Rod
SB-150	---	C11000	99.9Cu	Rod

[표 645.2.1.A.10] 니켈 및 니켈합금 볼트재료

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-160	---	N02200	99Ni	Bolting
SB-160	---	N02201	99Ni-LowC	Bolting
SB-164	---	N04400	67Ni-30Cu	Bolting
SB-164	---	N04405	67Ni-30Cu	Bolting
SB-166	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Bolting
SB-335	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Bolting
SB-335	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Bolting
SB-408	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Bolting
SB-408	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Bolting
SB-425	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Bolting
SB-446	1	N06625	60Ni-22Cr-9Mo-3.5Cb	Bolting
SB-572	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Bolting
SB-572	---	R30556	21Ni-30Fe-22Cr-18Co-3Mo-3W	Bolting
SB-573	---	N10003	70Ni-16Mo-7Cr-5Fe	Bolting
SB-574	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Bolting
SB-574	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Bolting
SB-574	---	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Bolting
SB-581	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Bolting
SB-581	---	N06030	40Ni-29Cr-15Fe-5Mo	Bolting
SB-581	---	N06975	49Ni-25Cr-18Fe-6Mo	Bolting
SB-621	---	N08320	26Ni-43Fe-22Cr-5Mo	Bolting
SB-637	---	N07718	53Ni-19Cr-19Fe-Cb-Mo	Bolting
SB-637	2	N07750	70Ni-16Cr-7Fe-Ti-Al	Bolting

[표 645.2.1.A.11] 볼트재료

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
저합금강볼트				
SA-193	B5	K50100	5Cr-½Mo	Bolting
SA-193	B7	G41400	1Cr-⅕Mo	Bolting
SA-193	B7M	G41400	1Cr-⅕Mo	Bolting
SA-193	B16	K14072	1Cr-½Mo-V	Bolting
SA-320	L43	G43400	1¾Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-437	B4B	K91352	12Cr-1Mo-V-W	Bolting
SA-437	B4C	K91352	12Cr-1Mo-V-W	Bolting
SA-540	B21Cl.1	K14073	12Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B21Cl.2	K14073	12Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B21Cl.3	K14073	12Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B21Cl.4	K14073	12Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B21Cl.5	K14073	12Cr-½Mo-V	Bolting
SA-540	B22Cl.1	K41420	1Cr-1Mn-¼Mo	Bolting
SA-540	B22Cl.2	K41420	1Cr-1Mn-¼Mo	Bolting
SA-540	B22Cl.3	K41420	1Cr-1Mn-¼Mo	Bolting
SA-540	B22Cl.4	K41420	1Cr-1Mn-¼Mo	Bolting
SA-540	B22Cl.5	K41420	1Cr-1Mn-¼Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.1	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.2	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.3	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.4	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.5	H43400	2Ni-¾Cr-¼Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.1	K24064	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.2	K24064	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.3	K24064	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.4	K24064	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.5	K24064	2Ni-¾Cr-⅓Mo	Bolting
SA-540	B24VCl.3	K24070	2Ni-¾Cr-⅓Mo-V	Bolting
고합금강볼트				
SA-193	B6	S41000	13Cr	Bolting
SA-193	B8Cl.1	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-193	B8CCl.1	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-193	B8MCl.1	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8MNACl.1A	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Bolting
SA-193	B8NACl.1A	S30451	18Cr-8Ni-N	Bolting
SA-193	B8S	S21800	18Cr-8Ni-4Si-N	Bolting
SA-193	B8SA	S21800	18Cr-8Ni-4Si-N	Bolting

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-193	B8TCl.1	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-193	B8R,Cl.1C	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Bolting
SA-193	B8RA	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Bolting
SA-453	651Cl.A	S63198	19Cr-9Ni-Mo-W	Bolting
SA-453	651Cl.B	S63198	19Cr-9Ni-Mo-W	Bolting
SA-453	660Cl.A	S66286	25Ni-15Cr-2Ti	Bolting
SA-453	660Cl.B	S66286	25Ni-15Cr-2Ti	Bolting
SA-564	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
SA-564	TemperH1100	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
SA-705	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
SA-705	TemperH1100	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
니켈합금볼트				
SB-164	---	N04400	67Ni-30Cu	Bolting
SB-164	---	N04405	67Ni-30Cu-S	Bolting
SB-637	---	N07718	53Ni-19Cr-19Fe-Cb-Mo	Bolting
SB-637	2	N07750	70Ni-16Cr-7Fe-Ti-Al	Bolting

645.6 단조품

645.6.1 단조품의 초음파탐상검사 기준은 다음과 같다.

1. 공칭두께가 50 mm(2 in) 이상인 모든 단조품은 SA-388에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다.

가. 링, 플랜지 및 기타 속이 빈 단조품은 사각탐상검사(angle beam technique)을 사용하여 검사하여야 한다. 다른 단조품에 대해서는 수직탐상검사(straight beam technique)을 사용하여야 한다.

나. 기준 시험편은 시험할 단조품과 동일한 공칭두께, 조성, P-No. 그룹이어야 한다.

2. 초음파탐상검사 결과가 다음과 같으면 불합격이다.

가. 수직탐상검사 결과, 기하학적 형상이 원인이거나 기하학적 형상과 무관한 후방반사(back reflection)의 완전한 손실이 동반되는 지시를 발생시키는 하나 이상의 불연속부가 나타난 경우.

나. 사각탐상검사 결과, 교정노치로부터의 지시를 초과하는 진폭의 지시를 발생시키는 하나 이상의 불연속부가 나타난 경우.

3. 사각탐상검사의 경우, 단조품의 선적 전에 다음의 조건을 구매자에게 검토와 승인을 위하여 보고하여야 한다.

가. 교정 블록 진폭의 50%를 초과하는 진폭을 가진 지시군

나. 교정 노치 진폭의 50% 미만의 진폭을 가진 단조품의 좁은 면적 내에 위치한 지시군. 지시군은 표준교정노치 진폭의 10%를 초과하고 한 변이 약 50mm(2in)이하인 작은 육면체 안에 위치한 3개 이상의 지시라고 정의한다.

645.6.2 단조품의 자분탐상검사와 침투탐상검사 기준은 다음과 같다.

1. 형단조를 하거나 기계가공하는 형상 노즐(contour nozzles), 두꺼운 관판, 플랜지 및 두껍고 복잡한 단조품은 최종 기계가공 후 열처리하기 전에 ASTM A 275/A 275M에 따른 자분탐상법 또는 ASTM E 165에 따른 침투탐상법으로 검사를 하여야 한다. 자분탐상검사 또는 침투탐상검사로 검출한 지시의 평가와 합격기준은 645.46을 따라야 한다.
2. 불합격 대상 결함은 제거하여야 하며 그 부위는 그 불합격 대상 결함의 완전한 제거를 확인하기 위하여 재시험을 실시하여야 한다. 재료규격이 허용하면, 단조품은 용기 제조자의 승인 하에서 보수용접을 할 수 있다. 보수는 161에 따라서 인정을 받은 용접절차를 사용하여 실시하여야 한다. 보수된 단조품은 이 규정(6. 발전용 화력설비)의 모든 요건을 만족시켜야 한다.

645.7 주조품

645.7.1 각 주조품은 제조자의 명칭, 상표 또는 다른 제조자의 추적 가능한 식별표시와 재료 지정을 포함하는 주조품 식별 표시를 하여야 한다. 주조품 제조자는 각 주조품이 주조규격과 이장의 모든 해당 요건에 적합하도록 하여야 한다. 주조품 보수시 보수부의 특징, 위치 및 범위를 표시하여야 하며, 용접을 하는 주조품은 용접 가능품이어야 한다.

645.7.2 철계 주조품에 대한 요건은 다음과 같다.

1. 원심 주조 주강품

   재료규격의 최소요건에 추가하여, 원심 주조품의 모든 표면은 열처리후 산술평균치 6.35μmm(250μin)이하의 거칠기로 마무리 되도록 기계 가공을 하여야 한다.
2. 철계 주조품의 비파괴검사

가. 일반사항

주조품은 방사선투과법, 초음파탐상법, 자분탐상법 및 침투탐상법으로 검사하여야 하고, 아래 나.부터 라.까지의 요건을 만족시켜야 한다. 주조품에 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사가 요구되는 경우, 적어도 한 번의 오스테나이트화 열처리 후에 실시하여야 하며, 열처리를 요구하지 않는 오스테나이트계 주조품은 제조과정 중 어느 단계에서나 방사선투과검사나 초음파탐상검사를 실시할 수 있다. 자분탐상검사 또는 침투탐상검사는 최종 열처리 후에, 기계 가공 부위는 최종 기계 가공 후에 실시하여야 한다.

나. 방사선투과검사

철계 주조품의 모든 부품은 두께에 관계없이 171에 따라서 전부분에 방사선투과검사를 하여야 한다. 방사선투과사진은 아래에 표시한 해당 방사선 표준사진과 비교하여야 하며, 결함에 대한 최고 허용 심각도 수준은 다음과 같아야 한다.

(1) 50 mm(2 in) 미만의 방사선투과 두께를 가진 주조품은 ASTM E446의 두께 50 mm(2 in)까지의 주강품에 대한 표준참고방사선사진과 표 645.7.2-1에 나와 있는 최고 심각도 수준

(2) 50 mm(2 in)부터 305 mm(12 in)까지의 방사선투과 두께를 가진 주조품에 대해서는, ASTM E186의 50 mm(2 in) 부터 115 mm(4.5 in)의 두꺼운 벽 주강품에 대한 표준참고방사선사진 또는 ASTM E280의 115 mm(4.5 in) 부터 305 mm(12 in)의 두꺼운 벽 주강품에 대한 표준참고방사선사진 중 적절한 것과 표 645.7.2-2에 나와 있는 최고 심각도 수준

[표 645.7.2-1] 두께 50 mm(2 in) 미만 주조품에 대한 최고 심각도 수준

결함의 종류	두께 < 25 mm (1 in)	두께 25 mm < 50 mm (1 in < 2 in)
A - 가스 다공성	1	2
B - 모래와 슬래그	2	3
C - 수축 (4 종류)	1	3
D - 균열	0	0
E - 열간 인열	0	0
F - 삽입물	0	0
G - 반점	0	0

[표 645.7.2-2] 두께 50~305 mm(2~12 in)인 주조품에 대한 최고 심각도 수준

결함의 종류	두께 50 mm - 115 mm (2 in - 4-1/2 in)	두께 >115 mm - 305 mm (>4-1/2 in - 12 in)
A - 가스 다공성	2	2
B - 모래와 슬래그	2	2
C - 수축, 1형	1	2
C - 수축, 2형	2	2
C - 수축, 3형	3	2
D - 균열	0	0
E - 열간 인열	0	0

다. 초음파탐상검사

두께 30 mm(12 in)를 초과하는 모든 철계 주조품의 부품은 172에 따라서 초음파탐상법으로 검사하여야 한다. 그 반사가 정상 후방 반사의 20%와 같은 높이를 초과하거나 변환기를 어떤 방향으로든 50 mm(2 in) 이동하는 동안에 후방반사의 높이가 30%를 초과하여 감소되는 불연속부로 나타나는 결함이 있는 주조품은, 방사선투과검사와 같은 다른 비파괴검사 방법의 지시가 검사원이 만족하지 못한다면 불합격 대상이다.

라. 자분탐상검사

자성재료의 주조품은 173에 따라서 자분탐상법으로 모든 표면 위에서 검사하여야 한다. 타입 1 지시나 ASTM E 125 자분 지시에 대한 기준 사진의 타입 II, III, IV 및 V의 1등급을 초과하는 지시에 의하여 보이는 결함을 가진 주조품은 불합격 대상이다.

마. 침투탐상검사

비자성재료의 주조품은 174에 따라서 침투탐상법으로 모든 표면 위에서 검사하여야 한다. 다음의 한계를 초과하는 균열과 선형 결함을 가진 주조품은 불합격 대상이다.

(1) 평가를 하는 지시와 관련하여 가장 형편이 나쁜 부분으로 40 mm×150 mm (1-1/2 in×6 in) 사각형 또는 지름 90 mm(3.5 in)의 원 내에 6 개를 넘는 지시로 나타나는 선형 지시

(2) 19 mm(3/4 in)까지의 두께의 경우, 길이가 6 mm(1/4 in)를, 19 mm(3/4 in)부터 57 mm (2.25 in)까지의 두께의 경우, 길이가 두께의 1/3을, 57 mm (2.25 in)를 초과하는 두께의 경우, 길이가 19 mm(3/4 in)를 초과하는 지시로 나타나는 선형 결함, 그러나 긴 쪽의 결함의 길이와 같은 거리로 서로 떨어져 있는 한 줄로 늘어서 있는 허용할 수 있는 결함은 합격 대상이다.

(3) 2.5 mm(0.0938 in)를 초과하는 치수를 가진 것으로 지시되는 모든 비선형 결함

3. 철계 주조품의 보수

가. 불합격 대상 결함이 있는 주조품은 보수할 수 있다. 한 결함이 제거되고 용접에 의한 보수가 필요하지 않을 때는 언제나 그 영향 부위는 날카로운 노치, 틈 또는 모서리가 없도록 그라인더 등으로 주위 표면과 조화되어야 한다.

나. 용접에 의한 철계 주조품의 보수

위 제2호에서 허용된 최대크기를 초과하는 결함을 가진 주조품은 그 결함이 제거되고 사전승인을 용기 제작자로부터 받았다면 보수할 수 있다. 보수를 하기 전에 결함의 완전한 제거를 확인하기 위하여, 그 모재는 자분탐상법이나

침투탐상법으로 검사하여야 한다.

(1) 주조품 보수의 검사 요건

10 mm(3/8 in) 또는 단면두께의 20% 중 작은 값을 초과하는 깊이의 모든 용접 보수는 방사선투과법, 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사하여야 한다. 보수의 깊이가 단면 두께의 20% 또는 25 mm(1 in) 중 작은 값 미만인 곳으로 보수된 단면을 효과적으로 방사선투과검사를 할 수 없는 곳에서는, 각 6 mm(1/4 in) 두께 용착금속의 초층을 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 하여야 한다. 마무리된 표면의 시험은 주조품에 실시하는 열처리 작업 후에 실시하여야 하며. 초음파탐상검사로 발견된 용접 보수부위는 동일한 초음파탐상검사 방법으로 검사하여야 한다.

(2) 보수된 주조품의 용접후열처리

주조품을 열처리 후 보수 용접을 하였을 경우에는 보수 용접 후에 재열처리를 하여야 한다.

(3) 필요한 용접절차 인정과 용접사 인정

모든 용접은 161에 따라서 인정된 용접절차로 실시하여야 한다. 절차인정 시험은 같은 규격의 주조재료 시험편으로 실시하여야 하며, 제품에 적용되는 것과 같은 종류의 용접 전후 열처리를 하여야 한다. 또한 용접을 하는 모든 용접사와 자동 용접사는 161에 따라서 자격이 부여되어야 한다.

(4) 용접 보수부 위치와 범위는 보수절차와 시험결과가 함께 증명서의 일부로서 기록, 보관되어야 한다.

645.7.3 비철 주조품에 대한 요건은 다음과 같다.

1. 모든 비철 주조품은 다음에 따라서 시험하여야 한다.

가. 각 주조품은 모든 표면을 100% 육안으로 검사하고 645.7.2 제2호 마.에 따라서 침투탐상검사를 실시하여야 한다. 이와 같은 검사는 주조품에 실시하는 최종 열처리 후에 실시하여야 한다.

나. 주조품의 모든 부분은 100% 방사선투과검사를 하여야 하며, 방사선투과사진은 “ASTM E272, 고강도 동 및 동-니켈 주조품의 검사를 위한 기준 방사선투과사진의 방사선투과 표준”과 비교하여야 한다. 합격 주조품은 ASTM 규격에서 규정하는 대로 벽 두께가 25 mm(1 in) 미만이면 클래스 1 표준, 그 벽 두께가 25 mm(1 in) 이상이면 클래스 2 표준을 만족시켜야 한다.

다. 두께가 305 mm(12 in)를 초과하는 주조품의 모든 부분은 ASTM SE-114에 주어진 절차에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다. 그 반사가 정상 후방반사의 20%와 같은 높이를 초과하지 않거나 변환기를 어떤 방향으로든 50 mm(2 in) 이동하는 동안에 후방반사의 높이가 30%를 초과하여 감소되지 않는 불연속부로 나타나는 결함은 합격으로 간주한다.

2. 용기 제조자의 승인이 있으면, 이 시험으로 불합격 대상인 주조품은 다음 요건에 따라서 보수할 수 있다.

가. 645.7.3 제1호에서 허용하는 최대크기를 초과하는 결함을 가진 주조품은 그 결함이 제거되고 사전승인을 그 용기 제작자로부터 받았다면 보수할 수 있다. 보수를 하기 전에 그러한 결함의 완전한 제거를 확인하기 위하여, 그 모재는 침투탐상법으로 검사하여야 한다.

나. 10 mm(3/8 in) 또는 단면두께의 20% 중 작은 것을 초과하는 깊이의 모든 용접 보수는 방사선투과법 그리고 침투탐상법으로 645.7.3 제1호에 따라서 검사하여야 한다. 보수의 깊이가 단면 두께의 20% 또는 25 mm(1 in) 중 작은 값 미만인 곳, 그리고 보수된 단면을 효과적으로 방사선투과를 할 수 없는 곳에서는, 각 6 mm(1/4 in) 두께의 용착금속의 초층과 마무리 용접 표면은 침투탐상법으로 검사하여야 한다. 작업이 완료된 표면의 시험은 주조품에 실시하는 열처리 작업 후에 실시하여야 한다. 초음파탐상검사로 발견되고 보수된 용접부는 초음파탐상법으로 검사하여야 한다.

다. 주조품을 열처리 후 보수 용접을 하였을 경우에는 보수 용접 후에 재열처리를 하여야 한다.

라. 모든 용접은 161에 따라서 인정된 용접절차로 실시하여야 한다. 그 절차인정시험은 같은 규격의 주조재료 시험편으로 실시하여야 하며, 제품에 적용되는 것과 같은 종류의 용접 전후 열처리를 하여야 한다. 이 용접을 하는 모든 용접사와 자동 용접사는 역시 161에 따라서 자격이 인정되어야 한다.

마. 용접 보수부 위치와 범위는 보수절차와 시험결과가 함께 증명서의 일부로서 기록, 보관되어야 한다.

645.8 크롬몰리브덴 강

645.8.1 크롬-몰리브덴강에 대한 제작과 시험에 대한 보충적 요건을 포함한다. 이 항에서 취급하는 재료와 해당 규격은 표 645.8.1-1을 참조한다.

645.8.2 최종 용접후열처리는 645.41의 요건을 따라야 한다.

645.8.3 시험편 열처리는 다음 기준을 따른다.

1. 인장시험편 두 조와 샤르피 충격시험편 한 조를 시험하여야 한다. 한 조의 인장시험편은 열처리 조건 A에 따라야 하고, 두 번째 조의 인장시험편과 한 조의 샤르피 충격시험편은 열처리 조건 B에 따라야 한다.

가. 조건 A

온도는 실제 최고 용기부분 온도에서 14℃(25°F)를 뺀 것보다 낮아서는 안 된다. 그 온도에서의 시간은 최고 용기부분 온도에 노출되는 용기부분의 실제 유지시간의 80% 이상이 되어야 한다.

나. 조건 B

온도는 실제 최저 용기부분 온도에서 14℃(25°F)를 더한 것보다 높아서는 안 된다. 그 온도에서의 시간은 최저 용기부분 온도에 노출되는 용기부분의 실제 유지시간의 120% 이하가 되어야 한다.

2. 시험편의 열처리 변수를 설정하기 위한 절차는 아래와 같다.

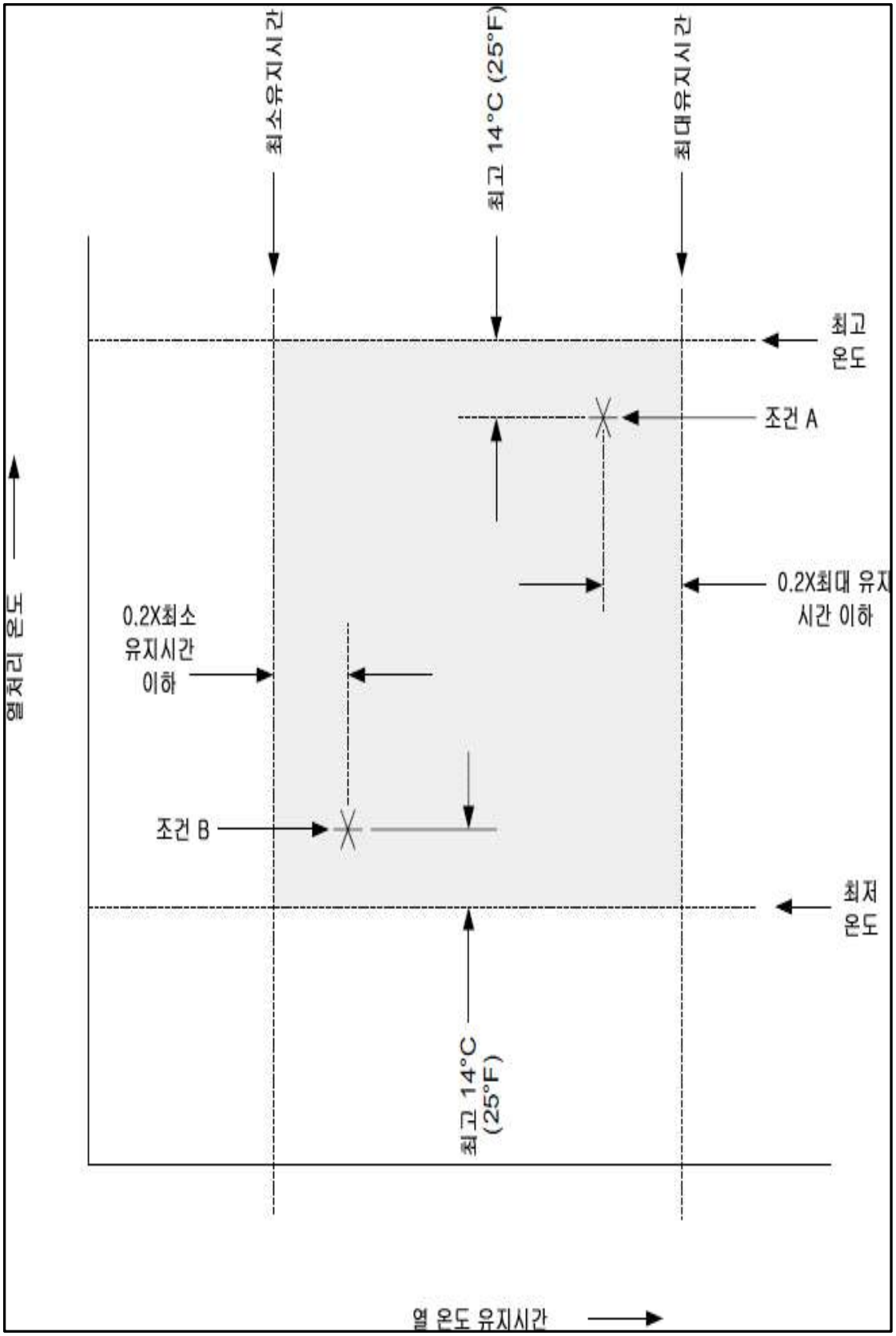
가. 경험과 기기에 근거하여 용기/구성부품에 대한 최고 및 최저 온도와 유지시간을 설정한다.

나. 시험편의 열처리를 위한 조건 A와 조건 B를 결정한다.

다. 용기 열처리 온도와 유지시간의 제한 및 시험편 조건 A와 조건 B는 그림 645.8.3-1과 같다.

[표 645.8.1-1] 재료규격

공칭 조성	타입/등급	규 격	제품 형식
2¼Cr-1Mo	등급 22, Cl.3	SA-508	단조품
	등급 22, Cl.3	SA-541	단조품
	B형, Cl.4	SA-542	판재
	등급 10CrMo9-10	SA/EN 10028-2	판재
2¼Cr-1Mo-¼V	등급 F22V	SA-182	단조품
	등급 F22V	SA-336	단조품
	등급 22V	SA-541	단조품
	D형, Cl.4a	SA-542	판재
	등급 22V	SA-832	판재
3Cr-1Mo-¼V-Ti-B	등급 F3V	SA-182	단조품
	등급 F3V	SA-336	단조품
	등급 3V	SA-508	단조품
	등급 3V	SA-541	단조품
	C형, Cl.4a	SA-542	판재
	등급 21V	SA-832	판재



[그림 645.8.3-1] 크롬-몰리브덴 열처리 기준

645.8.4 용접절차 인정과 용가재시험 기준은 다음과 같다.

1. 제작 용가재를 사용하는 용접절차의 인정은 그 자체 또는 다른 재료에 용접하는 재료에 대해서 실시하여야 한다. 그 인정은 161의 요건에 적합하여야 하며, 실온에서의 최대인장응력은 (열처리 조건 A와 B에 대해서) 760 MPa(110 ksi)가 되어야 한다. 용접은 3Cr-1Mo-1/4V-Ti-B 재료만에 대하여 서브머지드 아크 용접(SAW)과 피복아크용접(SMAW)으로 제한되어야 한다.
2. 용접봉과 용가 와이어 플럭스 조합의 각 히트나 로트로부터의 용접금속을 시험하여야 한다. 최소 및 최대 인장성질이 용접후열처리 조건 A와 B에서 만족되어야 한다. 최소 샤르피 V 노치 충격 성질이 용접후열처리 조건 B에서 만족되어야 한다. 시험은 피복 용접봉의 경우, 161 표 3A-1 SFA-5.5, 용가 와이어 플럭스 조합의 경우, 161 표 3A-1 SFA-5.23에 적합하여야 한다.
3. 용접후열처리 조건 A와 용접후열처리 조건 B(645.8.3 참조)의 이중시험이 요구된다. 모재에 대한 최소인장강도와 샤르피 충격성질이 만족되어야 하며, 샤르피 충격시험은 조건 B만 요구된다.
4. 2¼Cr-1Mo-¼V의 용접금속은 표 645.8.4-1에 표시된 조성의 요건을 만족시켜야 한다. 모든 다른 재료의 용접금속 최소탄소함량은 0.05%이다.
5. 2¼Cr-1Mo과 2¼Cr-1Mo-¼V 재료, 440℃(825°F)을 초과하는 설계온도에 범주 A에 추가하여, 제작에서 사용되는 용가 와이어와 플럭스 조합의 각 히트는 다음에 따라서 용접 축에 평행하게(모든 용접금속 시험편) 그리고 횡단하여(각 한 시험편) 기계 가공한 시험편에 용접금속 응력-파열 시험으로 인정되어야 한다.

가. 표점간의 거리 이내의 시험편 지름은 13 mm(1/2 in) 이상이어야 한다. 두께가 19 mm(3/4 in) 이상인 재료에 대해서는, 그 시험편의 중심선이 0.25-t 두께 위치(또는 중심에 더 가깝게)에 위치하여야 한다.

나. 가로방향 시험편에 대한 표점간의 거리는 용접부와 용융선에 인접한 모재의 적어도 19 mm(3/4 in)를 포함하여야 한다.

다. 시험재료는 조건 A로 용접후열처리가 되어야 한다.

라. 2¼Cr-1Mo 재료에 대한 응력-파열시험의 조건은 510℃(950°F)에서 210 MPa(30 ksi)이어야 한다. 파괴시간은 650 시간을 초과하여야 한다.

마. 2¼Cr-1Mo-¼V 재료에 대한 응력-파열시험의 조건은 540℃(1,000°F)에서 210 MPa(30 ksi)이어야 한다. 파괴시간은 900 시간을 초과하여야 한다.

645.8.5 모의 시험한 용접후열처리 조건 B에 노출된 후에, 모재, 용접금속 및 열영향부에 대한 최소인성 요건은 표 645.8.5-1에 나와 있다. 재료규격이나 이장의 다른 부분에서 보다 높은 인성 요구조건이 있으면, 그것을 만족시켜야 한다.

[표 645.8.4-1] 2.25Cr-1Mo-0.25V 용접금속의 조성 요건

용접 공정	C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S	V	Cb
SAW	0.05-0.15	0.50-1.30	0.05-0.35	2.00-2.60	0.90-1.20	최대 0.015	최대 0.015	0.20-0.40	0.010-0.040
SMAW	0.05-0.15	0.50-1.30	0.20-0.50	2.00-2.60	0.90-1.20	최대 0.015	최대 0.015	0.20-0.40	0.010-0.040
GTAW	0.05-0.15	0.30-1.10	0.05-0.35	2.00-2.60	0.90-1.20	최대 0.015	최대 0.015	0.20-0.40	0.010-0.040
GMAW	0.05-0.15	0.30-1.10	0.20-0.50	2.00-2.60	0.90-1.20	최대 0.015	최대 0.015	0.20-0.40	0.010-0.040

[표 645.8.5-1] 2.25Cr-1Mo 재료의 인성 요건

시험편의 개수	충격에너지, Joules (ft-lb)
평균 3	54(40)
한 조에 단 하나	48(35)
비고: 최저설계금속온도에서 시험되는 전체크기 샤르피 V-노치, 가로방향	

645.9 퀜칭-뜨임을 한 강재

645.9.1 퀜칭-뜨임으로 향상된 인장성질을 갖는 페라이트 계 강에 적용되며, 이장의 다른 요건과 연관하여 사용하여야 한다.

1. 이 강재에 대한 재료규격은 표 645.2.1.A.2를 참조한다.
2. 이 조의 요건은 더 얇은 단면을 풀림하여 얻을 수 있는 것과 비교할 수 있는 구조를 얻기 위하여 급냉과 액체 퀜칭을 포함하는 열처리를 한 표 645.2.1.A.1에 표시된 두께의 강재를 적용하는 것은 아니다.

645.9.2 표 645.2.1.A.2에 나오는 고강도의 퀜칭-뜨임을 한 강재는 이장의 요건과 제한하는 것에 따라서 용기 또는 다른 등급(grade)의 퀜칭-뜨임을 한 강재 또는 표 645.2.1.A.1, 645.2.1.A.3 및 645.2.1.A.6에 표시된 규격에 적합한 강재와 연결되는 용기의 개별 부품으로 사용될 수 있다.

645.9.3 구조적 부착물에 대한 기준은 다음과 같다.

1. 아래 제2호에서 허용된 것을 제외하고는 압력을 받는 부분에 직접 용접되는 모든 영구적 구조 부착물과 보강 링은 그 규정최소항복강도가 그것이 부착되는 재료의 규정최소항복강도의 ±20% 이내에 있는 재료로 제작되어야 한다.
2. SA-333 8등급, SA-334 8등급, SA-353, SA-522, SA-533 및 SA-645 등급 A에 일치하는 재료로 제작된 동체나 경판에 직접 용접되는 모든 영구적 구조 부착물은 동일한 재료 또는 니켈합금 UNS N06625, N10276 또는 단조 된 비경화성 오스테나이트 계 스테인리스강으로부터 제조되어야 한다. 오스테나이트 계 스테인리스강이 사용되면 부착물과 동체 사이에 부수적으로 발생하는 열팽창에 의한 용접응력을 고려하여야 한다.

645.10 비철금속 재료 요구조건

645.10.1 비철재료는 표 645.2.1.A.4, 645.2.1.A.5, 645.2.1.A.6 및 645.2.1.A.7에 표시된 규격의 하나에 적합하여야 하며, 이 규정(6. 발전용 화력설비)의 다른 요건과 연관하여 사용하여야 한다.

645.10.2 판재의 초음파탐상검사 기준은 다음과 같다.

공칭두께가 50 mm(2 in) 이상인 모든 판재는 아래에 표시한 ASTM 표준과 ASME 규격의 해당 요건에 따라서 초음파탐상검사를 실시하여야 한다.

1. ASTM SE-114 직접접촉으로 유발되는 길이방향 맥파를 사용하는 반사방법에 의한 초음파탐상검사(Ultrasonic Testing by the Reflection Method Using Pulsed Longitudinal Waves Induced by Direct Contact)
2. ASTM E214 길이방향 맥파를 사용하는 반사방법에 의한 침지 초음파탐상검사 (Immersed Ultrasonic Testing by the Reflection Method Using Pulsed Longitudinal Waves)
3. ASTM E127 알루미늄 합금 초음파 표준 기준 블록의 제작과 점검 (Fabricating and Checking Aluminum Alloy Ultrasonic Standard Reference Blocks)
4. ASME SB-548 알루미늄 판의 초음파탐상검사(Ultrasonic Testing of Aluminum Plate)

645.10.3 단조품의 초음파탐상검사 기준은 다음과 같다.

1. 사각형 단조품은 대략 직각에서 두 방향으로부터 수직탐상기법으로 검사하여야 한다. 공칭두께가 50 mm(2 in) 이상인 플랜지 또는 링과 같은 속이 빈 단조품은 접촉방법 또는 침지방법의 사각탐상기법을 사용하여 검사하여야 한다. 벽두께나 기하학적 형상에 의해 사각탐상검사를 할 수 없을 경우에는, 기준시험편과 합격기준은 원주방향에 있는 축에 직각인 한 면이나 표면으로부터 시험하여야 한다. 디스크 형 단조품은 한 편평한 면으로부터 그리고 원주 방향 표면으로부터 시험하여야 한다.
2. 제조공정 중 한 단계에서 금속의 전체 체적에 대해 초음파탐상검사를 하여야 한다. 열처리된 재료에 대해서는, 최종 열처리 후의 시험이 선호되지만, 단조물의 윤곽이 제조공정에서 시험을 방해한다면, 최종 열처리 후에 단조품의 가능한 최대 체적범위를 재시험하여야 한다.
3. 단조품의 시험에서 사용되는 방법은 다음의 요건에 적합하여야 한다.

가. 수직탐상검사에서, 그 변환기는 지름이 19 mm 부터 29 mm(3/4 in 부터 1-1/8 in)이거나 25 mm(1 in)의 정사각형이어야 한다. 공칭 주파수는 시험을 하는 재료에 적절하여야 한다. 그 계기는 변환기를 그 단조품의 지시가 없는 곳에 놓았을 때 처음 후방반사가 스크린 높이의 75±5%가 되도록 설정하여야 한다.

나. 접촉방법에 의한 사각탐상검사에서는, 25 mm×25 mm(1 in×1 in) 또는 25 mm×38 mm(1 in×1-1/2 in), 45° 변환기를 적절한 주파수에서 사용하여야 한다.

다. 침지 방법에 의한 사각탐상검사에서는, 대략적인 경사각도로 방위를 잡은 19 mm(3/4 in) 지름의 변환기를 대략적인 주파수에서 사용하여야 한다.

라. 사각탐상검사는 그 깊이가 10 mm(3/8 in) 또는 그 공칭단면두께의 3% 중 작은 것과 같고, 길이가 약 25 mm(1 in)이고, 폭이 깊이의 2배 이하인 노치로 교정하여야 한다.

4. 수직탐상검사 결과가 기하학적 형상과 연관되지 않거나 그것에 기인하지 않는 후방반사의 완전한 손실이 동반된 지시를 발생시키는 하나 이상의 불연속부를 나타낸다면, 또는 사각탐상검사 결과가 교정 노치의 지시를 능가하는 지시를 발생시키는 하나 이상의 불연속부를 나타내면, (이 규정(6. 발전용 화력설비)에 따라서 보수하지 않는다면,) 그 재료는 불합격 대상이다.

645.10.4 단조품의 침투탐상검사기준은 다음과 같다.

1. 형단조를 하거나 기계가공하는 형상 노즐(contour nozzles), 두꺼운 관판, 플랜지 및 두껍고 복잡한 단조품의 표면은 최종 기계가공후 열처리 하기 전에 ASTM E 165에 따른 침투탐상법으로 검사를 하여야 한다.
2. 침투탐상법으로 검출한 지시의 평가와 합격기준은 645.47.7을 따라야 한다.
3. 불합격 대상 결함은 제거하여야 하며, 그 부위는 불합격 대상 결함의 완전한 제거를 확인하기 위하여 재시험을 실시하여야 한다. 용접을 허용하면, 단조품은 용기 제조자의 승인 하에서 보수용접을 할 수 있다. 보수는 161에 따라서 인정을 받은 용접절차를 사용하여 실시하여야 한다. 보수된 단조품은 이장의 모든 요건을 만족시켜야 한다.

645.11 판재로부터 기계가공한 허브

645.11.1 판재는 재료규격에서 규정하는 것과 동등한 두께의 성질을 가진 재료를 제작하는 공정으로 제조되어야 한다. 이와 같은 판재는 일렉트로슬래그(electroslag: ESR)와 진공 아크 재용해(vacuum arc re-melt: VAR)와 같은 방법으로 제작된 것을 포함하나 그것에 국한되지는 않는다. 판재는 재료규격의 요건과 다음 항에서 규정하는 보충적 요건에 따라서 시험하고 검사하여야 한다.

1. 시험편은, 재료규격에서 요구하는 것에 추가하여, 그림 645.11.1-1에서 나타나는 것처럼 허브의 축에 평행한 방향에서 가능한 한 허브에 가깝게 채취하여야 한다. 적어도 두 개의 인장 시험편 중 한 개의 시험편은 압연된 판재의 폭의 중앙 1/3로부터, 그리고 두 번째 시험편은 다른 시험편으로부터 원주를 따라 90° 에서 취하여, 그 허브의 인근에 있는 판재로부터 채취해야 한다. 두

시험편은 모두 그 재료규격의 기계적 성질 요건을 만족시켜야 하며, 탄소강과 저합금강의 경우, 면적의 감소는 30% 이상이어야 하고, 그 재료규격이 30%를 초과하는 면적감소 값을 요구하는 재료에 대해서는 더 높은 값이 만족되어야 한다.

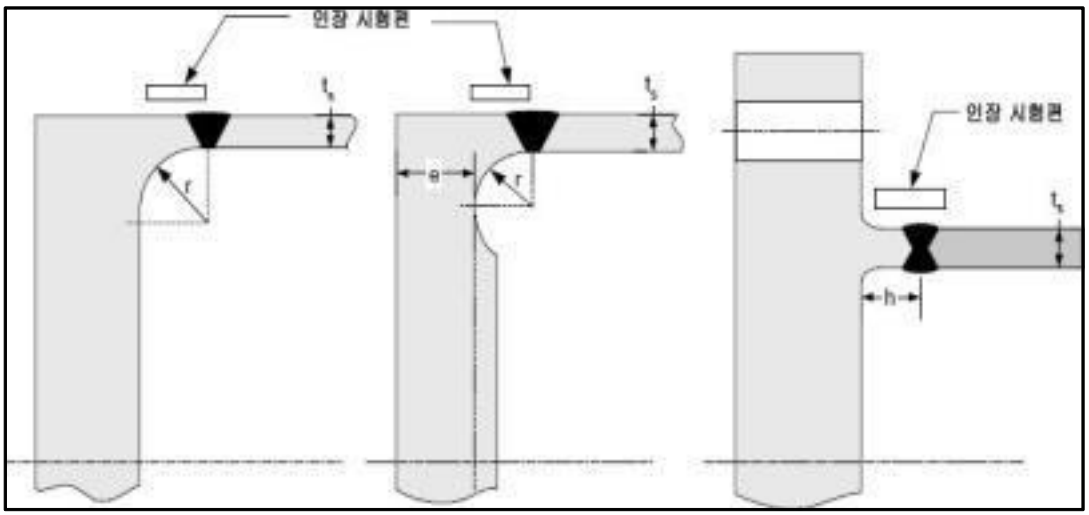
2. SA-370, 그림 5의 요건에 적합한 별개의 시험편을 사용할 수 있으며, 그 경우에 재료규격이 요구하는 50 mm(2 in) 내의 백분율 연신에 대한 값은 SA-370, 그림 5에서 규정된 표점간의 거리에 적용하여야 한다.
3. 인장 시험편의 위치는 그림 645.11.1-1에 나와 있다.

645.11.2 두께에 관계없이, 기계 가공한 부품은 SA-388에 따라서 수직탐상검사기법으로 초음파탐상검사를 하여야 한다. 시험은 대략 직각에 있는 두 방향, 즉 허브의 원통형 또는 편평한 사각형 평면으로부터 그리고 허브의 축 방향에서 하여야 하며, 다음과 같은 경우에 불합격 대상이다.

1. 시험결과가 기준 후방반사의 60%보다 큰 후방반사의 손실이 동반하는 하나 이상의 지시를 나타낸다.
2. 시험결과가 후방반사의 40% 손실이 동반될 때 기준 후방반사의 40%보다 큰 지시를 나타낸다.

645.11.3 관판 플랜지나 평 경판의 허브를 인접한 동체에 용접하기 전에, 그 허브는 173에 따른 자분탐상검사 또는 174에 따른 침투탐상검사로 검사하여야 한다.

645.11.4 용접을 한 후에, 그 용접부와 용접부의 가장자리로부터 적어도 13 mm(1/2 in)에 대한 허브 부위는 171에 따라서 100% 방사선투과검사를 하여야 한다. 한 대안으로서, 용접부와 인접한 허브 부위는 172에 따라서 초음파탐상검사를 할 수 있다.



비고: 645.11의 요건을 따르지 않고 판재를 기계가공 하였다면, 이 상세는 허용되지 않는다.

[그림 645.11.1-1] 인장시험편의 대표적인 채취 위치

645.12 샤르피 충격시험

645.12.1 이 조에 의해서 면제되지 않으면, 동체, 경판, 노즐 및 기타 압력 방호 부품과 용기의 구조적 건전성에 필수적인 구조 부재에 사용하는 재료에 샤르피 V-노치 충격시험을 실시하여야 한다.

1. 표 645.2.1.A.1에 표시된 재료(볼트 재료를 제외한 탄소강 및 저합금강)에 대한 인성 요건이 645.12.2에 나와 있다.
2. 표 645.2.1.A.2에 표시된 재료(퀜칭-뜨임을 한 고장력강)에 대한 인성 요건이 645.12.3에 나와 있다.
3. 표 645.2.1.A.3에 표시된 재료(볼트 재료를 제외한 고합금강)에 대한 인성 요건이 645.12.4에 나와 있다.
4. 표 645.2.1.A.4 부터 표 645.2.1.A.7에 표시된 재료(비철합금)에 대한 인성 요건이 645.12.5에 나와 있다.
5. 모든 볼트 재료에 대한 인성 요건이 645.12.6에 나와 있다.
6. 용접의 충격시험과 철재료의 용기 시험판에 대한 인성시험 절차와 요건에 대해 645.12.7 및 645.12.8에 각각 나와 있다.

645.12.2 볼트를 제외한 탄소강과 저합금강에 대한 인성 요건

1. 아래 제3호부터 제5호까지와 제8호에 의해서 면제되는 것을 제외하고는, 재료의 모든 조합과 최저설계금속온도에 대하여 충격시험을 표 645.2.1.A.1에 표시한 탄소강과 저합금강 재료에 실시하여야 한다. 아래 제3호부터 제5호까지의 충격시험 면제 규정은 SA/NF A36-215 등급 P440 NJ4에는 적용하지 않는다.

가. 충격시험이 필요할 때에는, 다음의 인성 값이 요구된다.

(1) 규정최소인장강도가 655MPa(95ksi) 미만이면, 모든 시험편 크기에 대한 요구되는 최소에너지요건은, 아래 645.12.7 제2호 나.에서 다르게 규정된 것을 제외하고는, 용접후열처리를 하지 않는 용기부품과 용접후열처리를 하는 용기 부품에 대해서 각각 그림 645.12.2-1과 그림 645.12.2-2에서 보는 것에 완전한 크기의 시험편 폭에 대한 노치에 연한 실제 시험편 폭의 비율을 곱한 것이어야 한다.

(2) 규정최소인장강도가 655 MPa(95 ksi) 이상이면, 모든 시험편 크기에 대한 노치의 반대 쪽 최소 횡팽창량(그림 645.12.2-3 참조)은 그림 645.12.2-4에서 보는 값보다 작아서는 안 된다.

2. 최저설계금속온도, 두께 및 항복강도에 근거하여 요구되는 충격시험

가. 용접이음 또는 비용접 부분의 적용 두께(아래 제3호 나. 참조)가 100 mm(4 in)를 초과하고 설계최저금속온도가 32℃(90°F)보다 저온이라면 충격시험이 요구된다.

나. 450 MPa(65 ksi)를 초과하는 규정최소항복강도를 가진 재료는 충격시험을 하여야 한다.

3. 최저설계금속온도, 두께 및 재료규격에 근거한 충격시험의 면제

가. 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 645.12.2-5 또는 용접후열처리를 하는 부품 그림 645.12.2-6은 재료규격과 등급 또는 강재의 클래스, 용접된 부품의 적용 두께에 대한 충격시험 면제곡선에 근거하여 충격시험 면제를 결정하기 위하여 사용하여야 한다. 그 금속에 대한 최저설계금속온도와 두께의 조합이 그림 645.12.2-5나 그림 645.12.2-6의 해당 충격시험 면제곡선 상이나 또는 그 이상에 있다면 용접금속과 열영향부는 645.12.8에서 요구하는 것을 제외하고는 충격시험이 요구되지 않는다.

나. 용접된 부품의 적용 두께 t_g는 다음의 기준을 사용하여 결정한다. 일부 대표적인 용기의 상세에 대한 적용 두께의 사례는 그림 645.12.2-7, 645.12.2-8 및 645.12.2-9에 나와 있다.

(1) 주조품을 제외한 모든 제품 형상

(가) 평 경판과 관판에 있는 것을 제외한 맞대기이음에 가장 두꺼운 용접이음의 공칭 두께 [그림 645.12.2-7 스케치 (a) 참조]

(나) 위 645.12.2 제1호에서 규정하는 부착물을 포함하는 모서리, 필릿 또는 겹치기 용접이음은 이어진 두 부품 중 더 얇은 쪽

(다) 평 경판이나 관판은 위 (나) 또는 편평한 구성부품의 두께를 4로 나눈 값 중에 큰 것

(2) 주조품의 적용 두께는 가장 큰 공칭두께로 한다.

(3) 볼트체결 플랜지, 관판 및 평 경판과 같이 편평한 비용접 부품의 적용 두께는 편평한 구성부품의 두께를 4로 나눈 값

(4) 비용접 접시형 경판의 적용 두께는 평 경판 두께를 4로 나눈 값 또는 접시형 부분의 최소두께 중 큰 것

다. 용기의 구조적 건전성에 필수적인 동체, 경판, 노즐, 통로, 보강 패드, 보강링, 플랜지, 관판, 평 경판, 받침쇠 및 부착물과 같은 구성부품을 압력유지 구성품에 용접할 때, 각 구성부품은 별개의 구성품으로 취급하여야 한다. 각 구성부품은 개별적 재료 분류, 적용 두께(위 제3호 나.참조) 및 최저설계금속온도에 근거하여 충격시험 요건에 대하여 평가되어야 한다. 두 개 이상의 부품으로 구성 용접된 조립체(예를 들어, 보강 패드가 있는 노즐-동체의 이음)는 그 조립품의 개별 용접이음 각 적용 두께와 허용 최저설계금속온도를 결정하고, 가장 높은 최저설계금속온도를 그 용접된 조립체의 허용 최저설계금속온도로서 사용하여야 한다.

라. 그림 645.12.2-5는 38mm(1-1/2in)까지의 용접후열처리를 하지 않는 용접된

부품의 최대 공칭 적용 두께의 한계이다. 어떤 용기는 그 두께가 38 mm (1-1/2 in)의 공칭 적용 두께를 초과하고 용접후열처리는 하지 않는 용접 압력부품일 수 있다. 그 예로서는 두꺼운 관판, 평 경판, 노즐 또는 하중을 지탱하는 구조적 부착물이 있는 두꺼운 삽입판이다. 이렇게 용접되고 용접후열처리를 하지 않는 압력부품은 충격시험을 받아야 하고, 이 규정(6. 발전용 화력설비)의 충격시험 요건을 만족시켜야 한다.

마. 두께가 2.5 mm(0.099 in)이하인 재료에는 충격시험이 요구되지 않는다. 이렇게 면제된 재료는 -48℃(-55°F)보다 저온의 설계금속온도에서는 사용하지 않아야 한다. DN100(NPS4)이하의 관으로 제작된 구성부품, P-No1 재료의 튜브와 동등한 크기는 -104℃(-155°F) 이상의 금속온도에 대한 그 재료의 규정최소항복강도의 함수로서, 다음과 같은 경우 충격시험을 면제한다.

(1) 140 MPa와 240 MPa(20 ksi와 35 ksi) 사이의 규정최소항복강도의 경우, 충격시험에 대한 면제두께는 6 mm(1/4 in)이다.

(2) 250 MPa와 310 MPa(36 ksi와 45 ksi) 사이의 규정최소항복강도의 경우, 충격시험에 대한 면제두께는 3.2 mm(1/8 in)이다.

(3) 314 MPa(46 ksi)이상의 규정최소항복강도의 경우, 충격시험에 대한 면제두께는 2.5 mm(0.099 in)이다.

4. 재료규격과 제품형상에 근거한 충격시험의 면제

가. 아래에 표시한 페라이트 계 강 플랜지가 열처리된 상태(풀림, 풀림-뜨임, 또는 퀜칭-뜨임)에서 공급되고 -29℃(-20°F)이상 그리고 -18℃(0°F)이하의 설계온도에서 사용될 때는 충격시험이 요구되지 않는다.

(1) ASME B16.5 플랜지

(2) ASME B16.47 플랜지

(3) ASME B16.5의 플랜지식 관 이음쇠의 치수 요건을 만족시키는 단조 된 노즐로서 정의되는 긴 용접 넥 플랜지, 넥의 안지름은 그 플랜지의 공칭크기 이상이어야 하며, 그 넥의 바깥지름과 노즐 보강은 ASME B16.5에 규정된 것처럼 허브의 지름을 초과하지 않아야 한다.

나. 아래에 표시된 규격의 요건에 따라서 제작되고 충격시험을 받는 재료는 그 규격이 요구하는 시험온도보다 3℃(5°F)이하 낮은 최저설계금속온도에서는 이장의 규정에 의해서 충격시험이 면제된다.

(1) SA-320

(2) SA-333

(3) SA-334

(4) SA-350

(5) SA-352

(6) SA-420
(7) SA-437
(8) SA-508 5 등급 2 클래스
(9) SA-540 (이 재료규격의 표 2 주 4에 따라 생산한 재료 제외)
(10) SA-723
(11) SA-765

5. 설계응력 값에 근거한 충격시험의 면제

가. 구성품에 대한 위 645.12.2 제2호 또는 제3호보다 낮은 최저설계금속온도는 아래 절차에 따라서 결정할 수 있다.

(1) 1 단계 - 용접된 부품은 위 645.12.2 제3호 나.에 따라서 그 부품의 공칭두께, t_n와 그 부품에 요구되는 적용 두께, t_g를 결정한다.

(2) 2 단계 - 용접후열처리를 하지 않는 부품은 그림 645.12.2-5에서, 용접후열처리를 하는 부품은 그림 645.12.2-6에서 해당 재료의 인성곡선을 결정한다. 인성곡선에 대한 재료지정은 목록은 그림 645.12.2-5, 645.12.2-5M, 645.12.2.6 및 645.12.26M의 면제곡선별 재료 지정 주에 나와 있다. 규정최저항복강도가 450 MPa(65 ksi) 이상인 재료는 645.12.2 제3호 나.를 참조한다.

(3) 3 단계 - 해당 인성곡선과 적용 두께, t_g에 근거하여, 용접후열처리를 하지 않는 부품은 그림 645.12.2-5에서, 용접후열처리를 하는 부품은 그림 645.12.2-6에서 최저설계금속온도를 결정한다. 규정최저항복강도가 450 MPa(65 ksi) 이상인 재료는 645.12.2 제3호 나.에 따라 충격시험을 실시하여 최저설계금속온도를 결정한다.

(4) 4 단계 - 최저설계금속온도에서의 설계하중조건에 근거하여, 아래의 계산식들 중 하나를 사용하여 응력비율, R_{ts}를 결정한다. 이 비율은 ASME/ANSI 압력-온도 등급 내의 설계규정에 근거하여, 요구되는 설계두께와 공칭두께, 적용응력과 허용설계응력, 또는 적용압력과 최고허용사용압력의 항으로서 계산될 수 있다.

$$R_{ts} = \frac{t_r E^*}{t_n - CA} \quad \text{(두께기준)} \qquad (3.1)$$

$$R_{ts} = \frac{S^* E^*}{SE} \quad \text{(응력기준)} \qquad (3.2)$$

$$R_{ts} = \frac{P_a}{P_{rating}} \quad \text{(압력-온도 등급기준)} \qquad (3.3)$$

(5) 5 단계 - 최종 최저설계금속온도 값의 결정과 결과의 평가

(가) 4 단계에서 R_{ts}비율의 계산 값이 0.24 이하이면, 최저설계금속온도를 -104℃(-155°F)로 설정한다.

(나) 4 단계로부터의 R_{ts}비율의 계산 값이 0.24를 초과하면, 온도감소 T_R을 결정한다. 규정최소항복강도가 450 MPa(65 ksi) 이하이면, 4 단계로부터의 R_{ts}비율에 근거하여, 용접후열처리를 하지 않는 부품은 그림 645.12.2-10 또는 용접후열처리를 하는 부품에 대해서는 그림 645.12.2-11로부터 T_R을 결정한다. 만일 규정최소항복강도가 450 MPa (65 ksi)를 초과하면, 계산식(3.4)로부터 온도감소 T_R을 결정한다. 최저설계금속온도의 최종 계산 값은 계산식(3.5)를 사용하여 계산한다. 계산식(3.5)로 주어진 최저설계금속온도의 감소는 55℃(100°F)를 초과하지 않아야 한다. 규정 최저설계금속온도가 계산된 최저설계금속온도보다 높으면, 충격시험은 요구되지 않는다. 그러나 규정 또는 계산 최저설계금속온도가 -48℃(-55°F)보다 낮다면, 충격시험이 요구된다.

$$T_R = \frac{\begin{pmatrix} -27.20656 - 76.98828R_{ts} + \\ 103.0922R_{ts}^2 + 7.433649(10)^{-3}S_y \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} 1 - 1.986738R_{ts} - 1.758474(10)^{-2}S_y + \\ 6.479033(10)^{-5}S_y^2 \end{pmatrix}} \text{ (°F.ksi)} \qquad (3.4)$$

$$MDMT = MDMT_{STEP3} - T_R \qquad (3.5)$$

나. 위의 645.12.2 제5호 가.의 절차는 각 용접된 부품마다 반복되고 모든 용접된 부품의 가장 높은 최저설계금속온도가 그 용기에 대한 최저설계금속온도이다.

다. 용접으로 부착된 플랜지는 그 플랜지가 부착되는 넥이나 동체에 대하여 결정한 것같이 온도감소를 결정하기 위해 위의 645.12.2 제5호 가.의 절차를 사용할 수 있다. 플랜지에 대하여 온도감소를 결정할 때는 볼트체결 조건을 고려하지 않아도 된다.

라. 평 경판, 덮개, 관판 및 플랜지(볼트와 너트 포함)와 같은 1차 막 인장응력에서 응력을 받지 않는 구성품에 대한 최저설계금속온도는 645.12.2 제3호에서 산출한 최저설계금속온도 또는 645.12.2 제5호 가.에서 결정된 온도감소를 뺀 충격시험온도보다 낮아서는 안 된다. 645.12.2 제5호 가.에서 사용하는 비율은 그 최저설계금속온도에서 그 구성품의 최고허용압력에 대한 최저설계금속온도에서 최고설계압력의 비율이어야 한다.

6. 충격시험을 한 재료에 대한 최저설계금속온도의 조정

가. 충격시험을 한 구성품의 경우, 645.12.2 제5호 가.의 4단계에서 응력비율이 1보다 작고 최저설계금속온도가 -104℃(-155°F)보다 낮지 않다면, 그 구성품을 충격시험온도보다 낮은 최저설계금속온도에 사용할 수 있다. 이러한 구성품에 대한 최저설계금속온도는 645.12.2 제5호(즉, 645.12.2 제5호 가.의 3단계에서 최저설계금속온도 계산을 위한 출발점이 충격시험 온도가 된다)에서 결정된 온도감소를 뺀 충격시험온도보다 낮아서는 안 된다.(645.12.2 제

4호 나. 참조)

나. 645.12.2 제5호 및 645.12.2 제6호의 면제 조항은 압력이 그 내용물의 증기압에 좌우되는 용기(예를 들어, 냉동공장 또는 탄화수소 처리공장의 용기로서, 즉각적인 재가압을 허용하지 않는 운전시스템을 가진 용기)에 일반적으로 적용한다. 이러한 용도에 대한 최초 두께는 일반적으로 설계(최저설계금속온도)에 상응하는 최고설계압력에 대해서 계산한다. 다음에 설계조건에 대한 645.12.2 제5호 가.의 4단계에 정의된 요구두께/공칭두께 비율을 계산한다. 또한 상응하는 온도에서의 다른 예상 압력에 대한 두께를 계산한다. 이때 최저설계금속온도와의 차이 ΔT(645.12.2 제5호 가.의 3단계 참조) 및 645.12.2 제5호 가.의 4단계에 정의된 두께 비율을 함께 계산한다. 그림 645.12.2-10(용접된 상태의 부품) 또는 그림 645.12.2-11(용접후열처리 부품)에 나와 있는 선상 또는 그 아래에 있는 비율/ΔT 점들이 적합하지만, 운전온도는 －104℃(-155°F) 이상이어야 한다. 645.12.2 제5호 가의 4단계에 나와 있는 바와 같이, 상응하는 압력-온도비율 또는 상응하는 응력비율을 비교할 수 있다.

7. 최저설계금속온도 아래에서 운전하는 용기 또는 구성부품

용기나 구성부품은 다음과 같은 경우에는 명판에 표시된 최저설계금속온도보다 낮은 온도에서 운전될 수 있다.

가. 최저설계금속온도와 같은 낮아진 운전온도를 사용할 때는 645.12.2의 규정은 만족되지만 어떤 경우에서도 그 운전온도는 -104℃(-155°F)보다 낮아서는 안 된다.

나. 그 두께가 압력하중을 기초로 한 용기나 구성부품은 그 압력에 상응하는 운전온도는 명판에 표시된 최저설계금속온도에서 645.12.2 제5호에서 결정된 허용 온도감소를 뺀 온도처럼 낮은 온도일 수 있다. 645.12.2 제5호의 4단계에서 사용된 비율은 그 표시된 최저설계금속온도에서의 그 용기의 설계압력에 상응하는 운전온도에서의 최고압력의 비율이지만, 어느 경우에서도 그 운전온도는 -104℃(-155°F)보다 낮아서는 안 된다.

8. 파괴역학 방법을 사용하는 최저설계금속온도의 설정

가. 645.12.2 제1호부터 제7호까지의 절차 대신에, 파괴역학(fracture mechanics)의 접근법을 사용하여 최저설계금속온도를 설정할 수 있다.

나. 최저설계금속온도를 결정하기 위하여 사용되는 평가는 취성파괴에 대한 민감도를 제어하는 모든 요인. 예를 들어, 열응력을 포함하는 적용하중으로부터의 응력, 결함 크기, 모재와 용접이음의 파괴인성, 열처리 및 부하율의 체계적인 평가를 포함하여야 한다.

다. 파괴역학 평가에서 사용되는 기준결함크기는 a = min[t/4, 25 mm(1 in.)] 의

깊이와 2c = 6a의 길이를 가진 표면결함이어야 한다. 사용자가 승인한다면, 용기의 인증을 위하여 사용되고 확인되는 용접이음형상과 비파괴검사에 근거하여 대안적인 기준결함크기를 사용할 수 있다.(645.46 참조)

라. 재료 파괴인성은 그 재료에 대한 면제곡선(그림 645.12.2-5와 그림 645.12.2-6의 주를 참조)을 사용하여 정해야 한다. 사용자가 승인한다면, 파괴인성 시험결과에 근거하여 대안적인 재료 파괴인성을 사용할 수 있다.

마. 파괴역학 접근법을 이용하여 정한 최저설계금속온도는 645.12.2 제1호 마.에서 주어진 것보다 낮아서는 안 된다.

9. 저온용도 재료의 용접후열처리 요건

가. 최저설계금속온도가 -48℃(-55°F)보다 낮고, 645.12.2 제5호 가.의 4단계에서 규정하는 응력비율이 0.24 이상이면, 용접이음은 645.41의 요건에 따라서 용접후열처리를 하여야 한다.

나. 위 가.의 요건은 645.12.2 제1호에 따라서 최저설계금속온도 또는 그 이하에서 충격시험을 한 P-No.1 재료로 제작한 용기나 용기부품에서 아래의 (1) 및 (2)에 표시된 용접이음에는 적용하지 않는다. 모재, 용접금속 및 열영향부에 대한 최소평균에너지요구는 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 645.12.2-1 또는 용접후열처리를 하는 부품 그림 645.12.2-2에서 보는 값 대신에 41 J (30 ft-lb)이어야 한다.

(1) 100% 방사선투과검사를 한 원뿔-원통 이음부를 제외한 타입 1 범주 A 및 B 이음부. 두께가 같지 않은 단면을 연결하는 범주 A 및 B 이음부는 3:1을 초과하지 않는 경사를 가진 천이부가 있어야 한다.

(2) 부착물의 용접이 645.12.2과 645.12.8의 요건을 만족한다면, 가벼운 하중이 걸리는 부착물은 10mm(3/8 in)를 초과하지 않는 각장을 가진 필릿용접 (여기에서, 가벼운 하중이 걸리는 부착물이란 그 부착물 용접부 내의 응력이 허용응력의 25%를 초과하지 않는 부착물로 정의한다.) 모든 용접부는 170에 따라서 침투탐상법 또는 자분탐상법으로 검사하여야 한다.

10. 용접절차의 충격시험

가. 용접 구조에 대한 용접절차 인정은 다음 규정에서 요구할 때 645.12.2 제1호에 따라 용접금속과 열영향부에 대한 충격시험을 포함하여야 한다.

나. 다음 중 어느 하나의 경우, 용가재가 투입되는 용접부는 충격시험을 포함하여 인정한 용접절차를 적용하여 용착시켜야 한다.

(1) 이 규정(6. 발전용 화력설비)에서 모재에 대한 충격시험을 요구할 때

(2) 개별 용접층의 두께가 13 mm(1/2 in)를 초과하고, 최저설계금속온도가 21℃(70°F) 보다 낮을 때

(3) 최저설계금속온도가 -48℃(-55°F)보다 낮을 때 645.12.2 제3호부터 제5호까

지에 의해서 충격시험이 면제되는 모재를 연결할 때

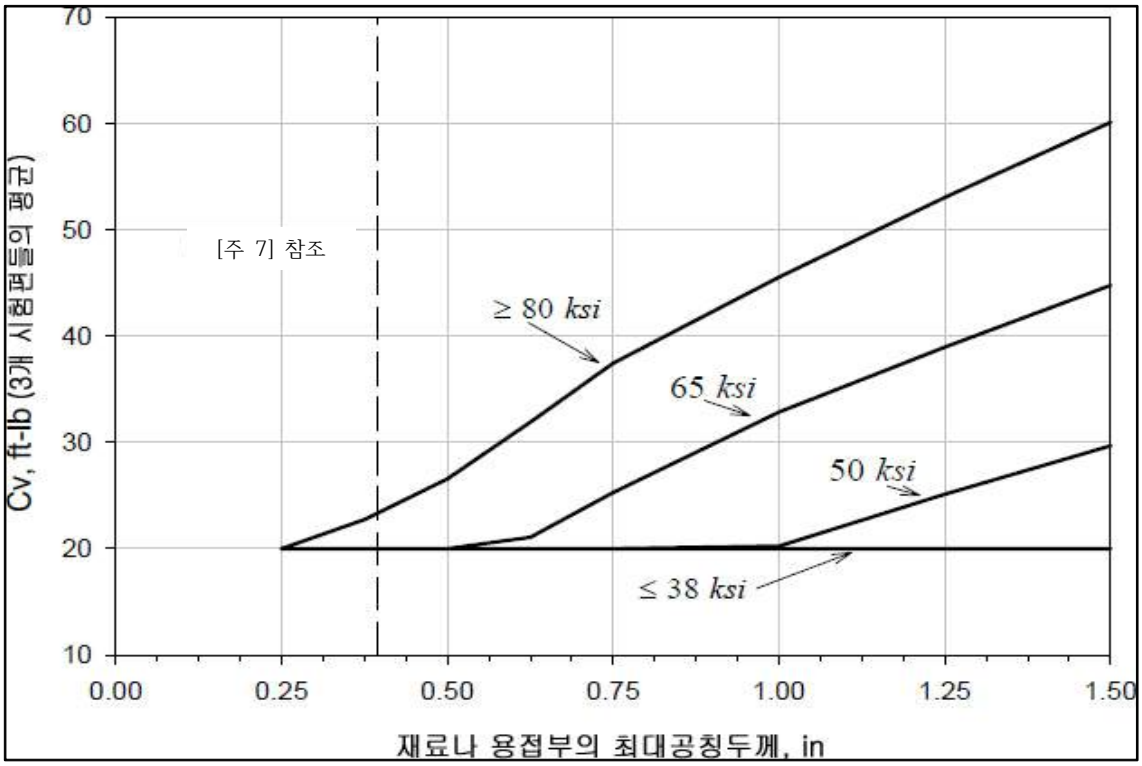
(4) 그림 645.12.2-5 또는 그림 645.12.2-6 곡선 C 또는 D에 의해 충격시험이 면제되는 모재를 연결하거나, 645.12.2 제4호 나.에 의해서 충격시험이 면제되는 금속을 연결할 때로서 그 최저설계금속온도가 -29℃(-20°F)보다 낮으나 −48(-55°F) 이상일 때. 제작 용접에서 개별 용접층의 두께가 6 mm(1/4 in.)를 초과하지 않으며, 용가재의 각 히트 및/또는 로트와 플럭스의 배치별로 제조자가 최저설계금속온도 이하에서 해당 SFA 규격에 따라 충격시험이 요구하자 않은 경우에는, 용접절차를 인정할 때 충격시험이 요구되지 않는다. 용가재 및/또는 플럭스의 제조자가 보다 넓은 온도 범위로 등급을 확장하기 위한 목적으로 해당 SFA 규격의 범위를 벗어나 추가 시험을 실시할 수 있다.

다. 다음과 같은 경우에는 용가재를 사용하지 않고, 인정할 때 충격시험이 포함된 용접절차를 적용하여 용접을 완료하여야 한다. 다만, 재료규격의 일부로 용접한 용접부는 제외한다.

(1) 이 규정(6. 발전용 화력설비)에서 모재에 대한 충격시험을 요구할 때

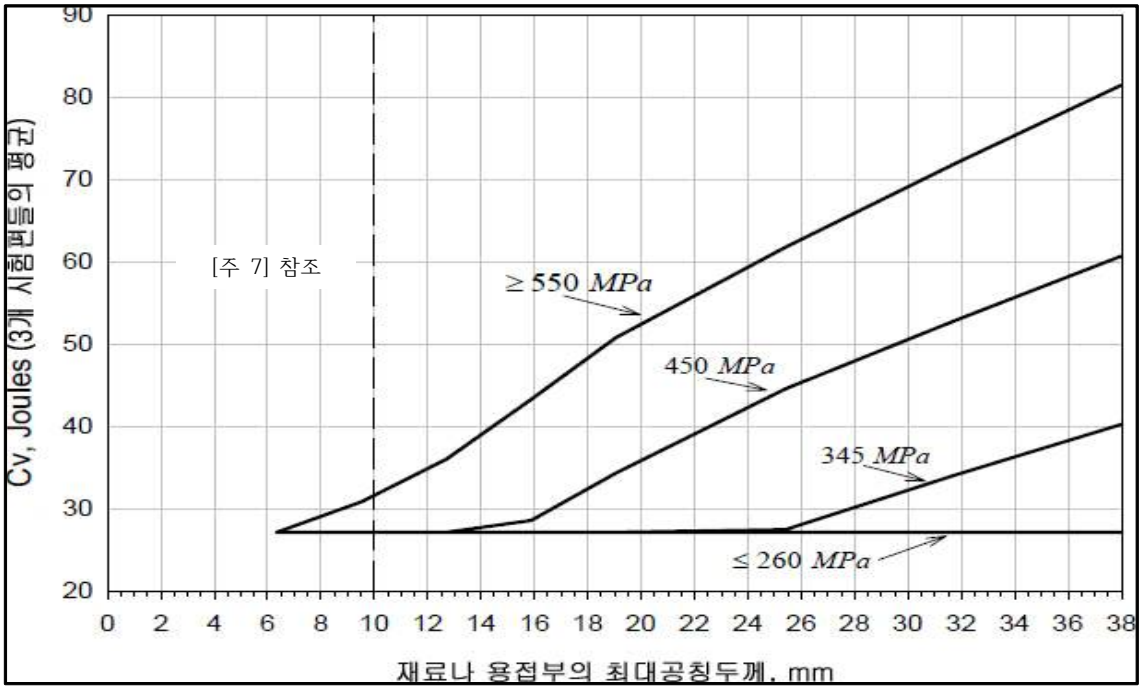
(2) 용접부의 두께가 13 mm(1/2 in.)(모든 최저설계금속온도에 대해) 또는 8 mm(5/16 in.)[최저설계금속온도가 10℃(50°F)보다 낮을 때]를 초과할 때

(3) 최저설계금속온도가 -48℃(-55°F)보다 낮을 때 645.12.2 제4호 나.에 의해서 충격시험이 면제되는 모재를 연결할 때

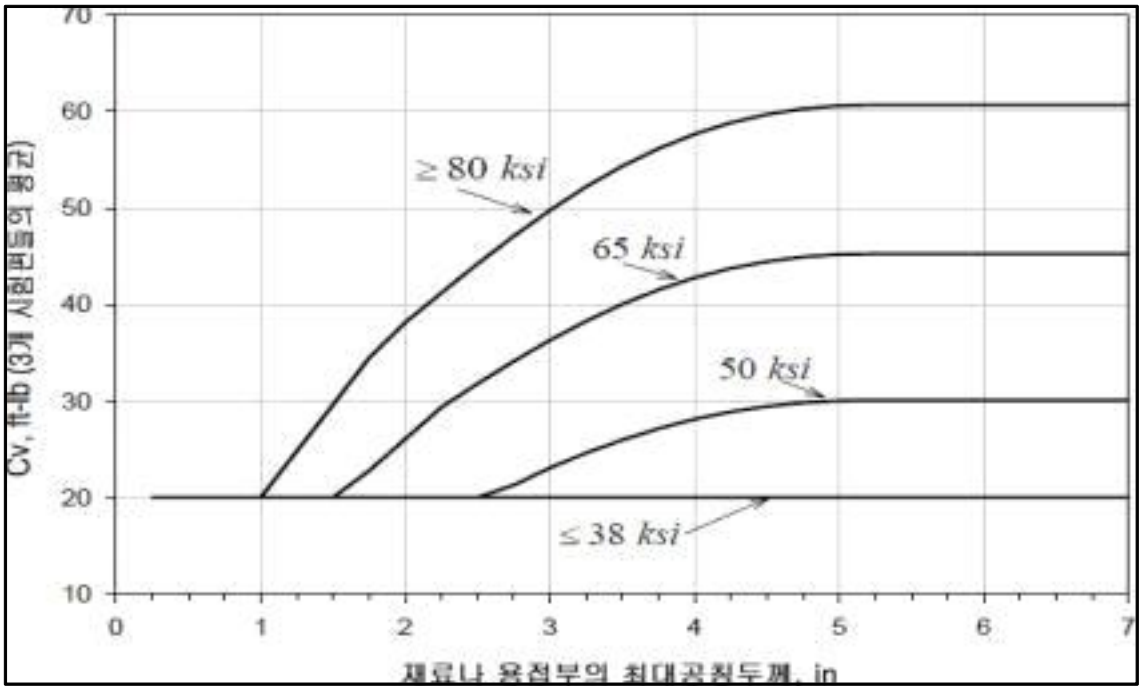


[그림 645.12.2-1] 규정최소항복강도의 함수로 나타낸 탄소강과 저합금강의 전체크기

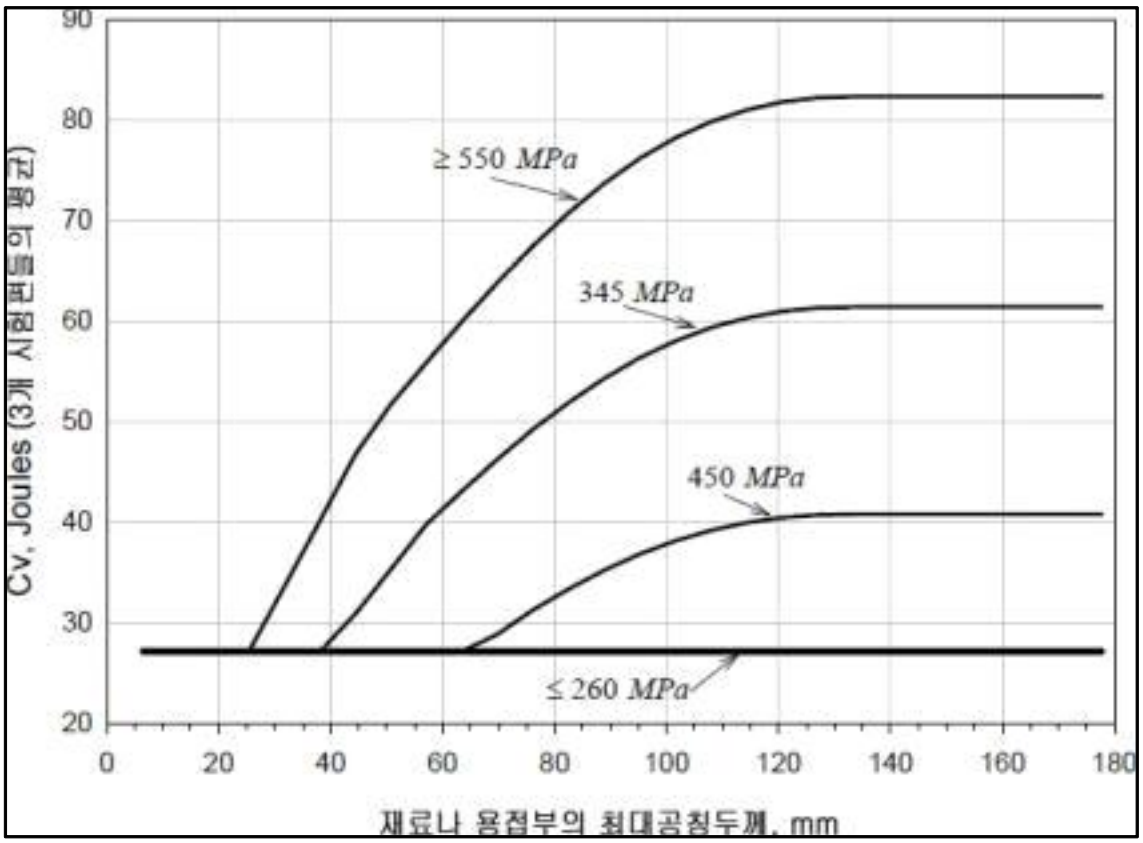
시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험 요건 - 용접후열처리를 하지 않는 부품



[그림 645.12.2-1M] 규정최소항복강도의 함수로 나타낸 탄소강과 저합금강의 전체크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험 요건 - 용접후열처리를 하지 않는 부품



[그림 645.12.2-2] 규정최소항복강도의 함수로 나타낸 탄소강과 저합금강의 전체크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험 요건 - 용접후열처리를 하는 부품



[그림 645.12.2-2M] 규정최소항복강도의 함수로 나타낸 탄소강과 저합금강의 전체크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험 요건 - 용접후열처리를 하는 부품 그림 645.12.2-1, 645.12.2-1M, 645.12.2-2 및 645.12.2-2M에 대한 주

주 1. 항복강도 값들 사이에 보간법 적용을 허용한다.

2. 시험편 한 개의 최소충격에너지는 시험편 세 개에 요구되는 평균충격에너지의 2/3 이상이어야 한다.

3. SA-320, SA-333, SA-334, SA-350, SA-352, SA-420, SA-437, SA-508 등급 5 클래스 2, SA-540(이 규격의 표 2, 주 4에 따라 생산한 재료는 제외), SA-723 및 SA-765에 따라 생산하여 충격시험을 실시한 재료는 이 에너지 값을 만족시켜야 하는 것은 아니다. 이 규격들에 따라 생산한 재료들이 해당 규격에서 요구하는 에너지 값들을 충족시킨다면 시험온도 이상의 최저설계금속온도용으로 사용할 수 있다.

4. 재료의 규정최소인장강도가 655 MPa(95 ksi) 이상인 재료의 인성 요건은 645.12.2 제1호 가.(2)를 따라야 한다.

5. 그림 645.12.2-1과 645.12.2-1M의 데이터는 표 645.12.2-1에 나와 있다.

6. 그림 645.12.2-2와 645.12.2-2M의 데이터는 표 645.12.2-2에 나와 있다.

7. 10 mm(0.394 in) 미만의 샤르피 V-노치 시험편 두께에 대해서는 645.12.2 제1호 가.(1)을 참조한다.

[표 645.12.2-1] 최소규정항복강도의 함수로 나타낸 탄소강 및 저합금강의 전체 크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험 요건 - 용접후열처리를 하지 않는 부품 (그림 645.12.2-1과 645.12.2-1M 참조)

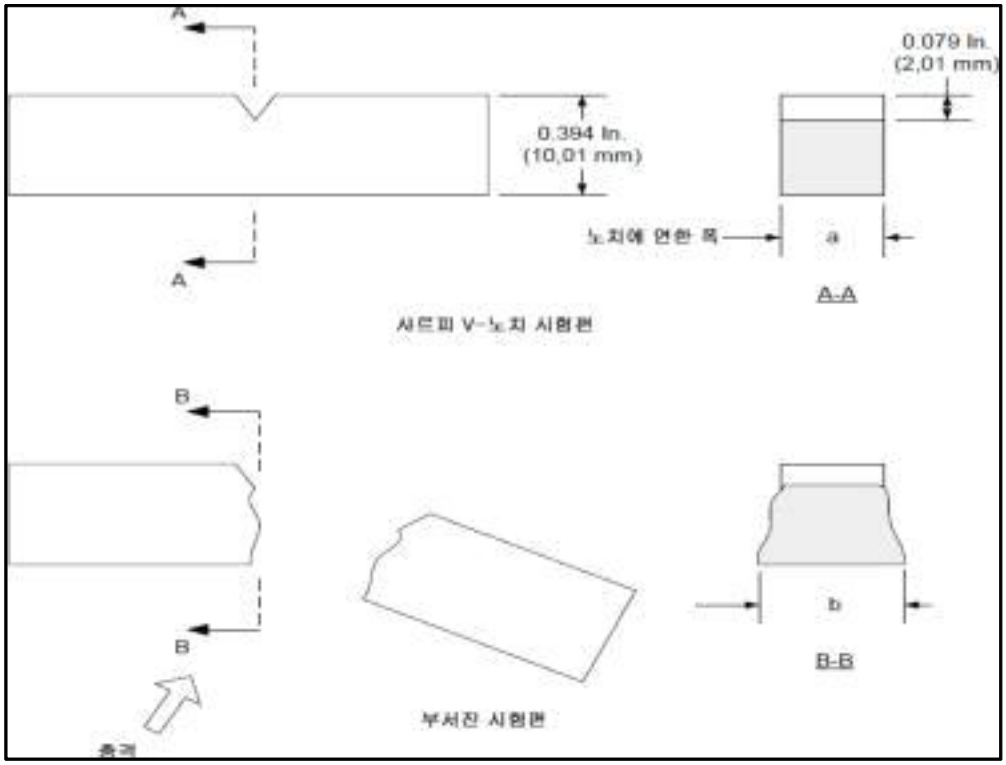
두께 (mm)	샤르피 V-노치 (J)					두께 (in)	샤르피 V-노치 (ft-lbs)				
	규정최소항복강도 (MPa)						규정최소항복강도 (ksi)				
	205	260	345	450	550		30	38	50	65	80
6	27	27	27	27	27	0.25	20	20	20	20	20
10	27	27	27	27	31	0.375	20	20	20	20	23
13	27	27	27	27	36	0.5	20	20	20	20	27
16	27	27	27	29	43	0.625	20	20	20	21	32
19	27	27	27	34	51	0.75	20	20	20	25	37
25	27	27	27	45	62	1	20	20	20	33	46
32	27	27	34	53	72	1.25	20	20	25	39	53
38	27	27	40	61	82	1.5	20	20	30	45	60

비고: 이 표에 주어진 샤르피 V-노치 값은 그림 645.12.2-1과 645.12.2-1M의 곡선을 대표하는 값이다.

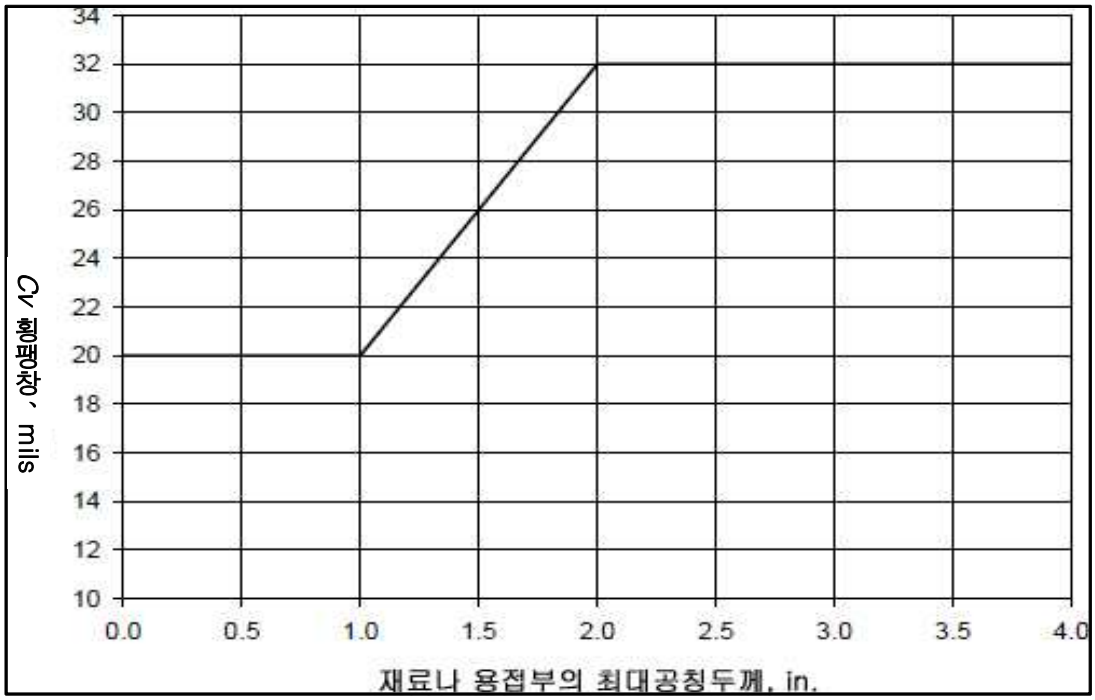
[표 645.12.2-2] 최소규정항복강도의 함수로 나타낸 탄소강 및 저합금강의 전체 크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험 요건 - 용접후열처리를 하는 부품
(그림 645.12.2-2와 645.12.2-2M 참조)

두께 (mm)	샤르피 V-노치 (J)					두께 (in)	샤르피 V-노치 (ft-lbs)				
	규정최소항복강도 (MPa)						규정최소항복강도 (ksi)				
	205	260	345	450	550		30	38	50	65	80
6	27	27	27	27	27	0.25	20	20	20	20	20
10	27	27	27	27	27	0.375	20	20	20	20	20
13	27	27	27	27	27	0.5	20	20	20	20	20
16	27	27	27	27	27	0.625	20	20	20	20	20
19	27	27	27	27	27	0.75	20	20	20	20	20
25	27	27	27	27	27	1	20	20	20	20	20
32	27	27	27	27	34	1.25	20	20	20	20	25
38	27	27	27	27	40	1.5	20	20	20	20	30
44	27	27	27	31	47	1.75	20	20	20	23	35
51	27	27	27	35	52	2	20	20	20	26	38
57	27	27	27	40	56	2.25	20	20	20	29	41
64	27	27	27	43	60	2.5	20	20	20	32	44
70	27	27	29	46	64	2.75	20	20	21	34	47
76	27	27	31	49	68	3	20	20	23	36	50
83	27	27	33	52	71	3.25	20	20	25	38	52
89	27	27	35	54	74	3.5	20	20	26	40	54
95	27	27	37	56	76	3.75	20	20	27	42	56
102	27	27	38	58	78	4.0	20	20	28	43	58
108	27	27	39	59	80	4.25	20	20	29	44	59
114	27	27	40	60	81	4.5	20	20	29	45	60
121	27	27	40	61	82	4.75	20	20	30	45	60
127	27	27	41	61	82	5	20	20	30	45	61
133	27	27	41	61	82	5.25	20	20	30	45	61
140	27	27	41	61	82	5.5	20	20	30	45	61
146	27	27	41	61	82	5.75	20	20	30	45	61
152	27	27	41	61	82	6	20	20	30	45	61
159	27	27	41	61	82	6.25	20	20	30	45	61
165	27	27	41	61	82	6.5	20	20	30	45	61
171	27	27	41	61	82	6.75	20	20	30	45	61
178	27	27	41	61	82	7	20	20	30	45	61

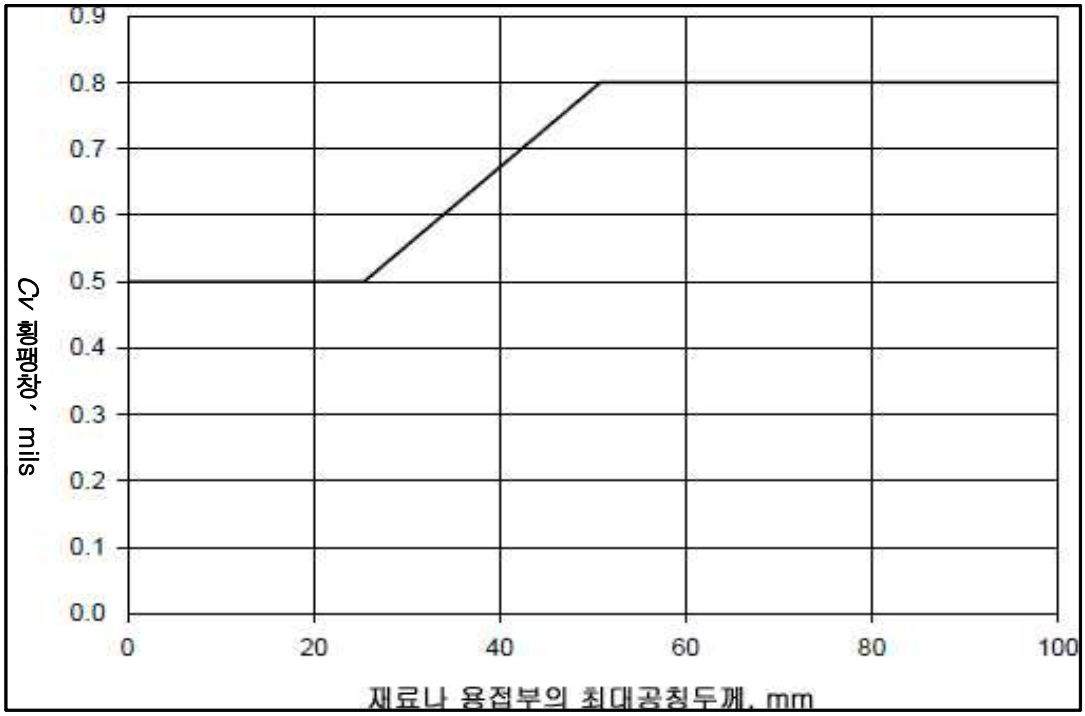
비고: 이 표에 주어진 샤르피 V-노치 값은 그림 645.12.2-2와 645.12.2-2M의 곡선을 대표하는 값이다.



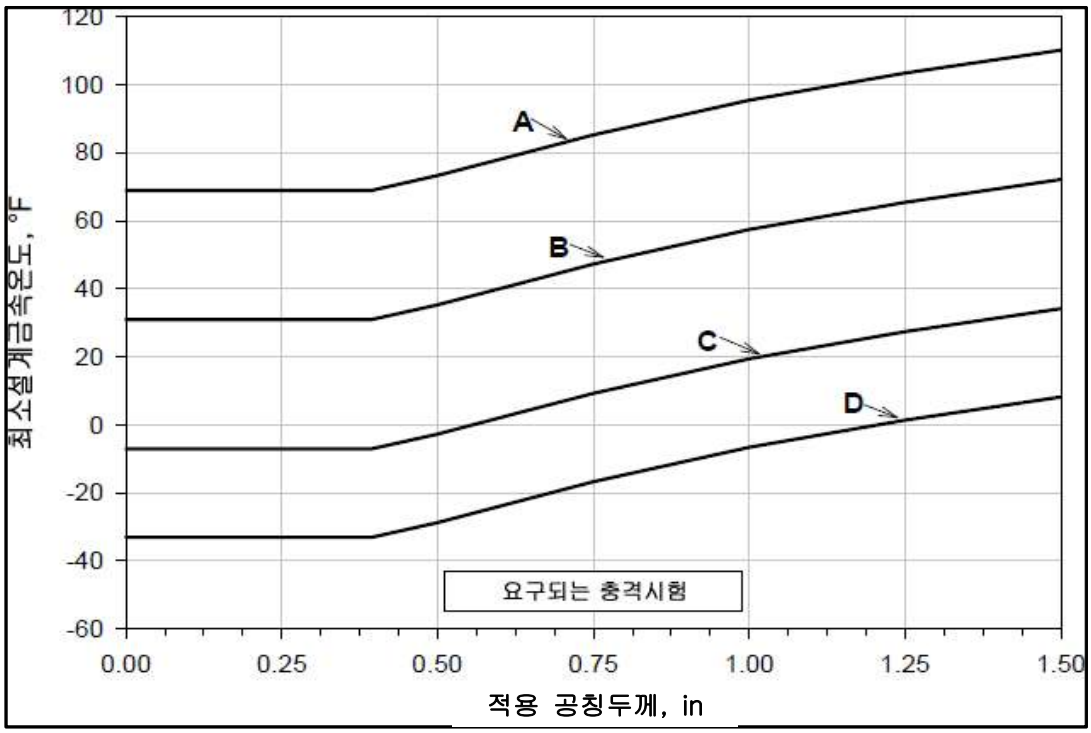
[그림 645.12.2-3] 부러진 샤르피 V-노치 시험편의 횡팽창 예시



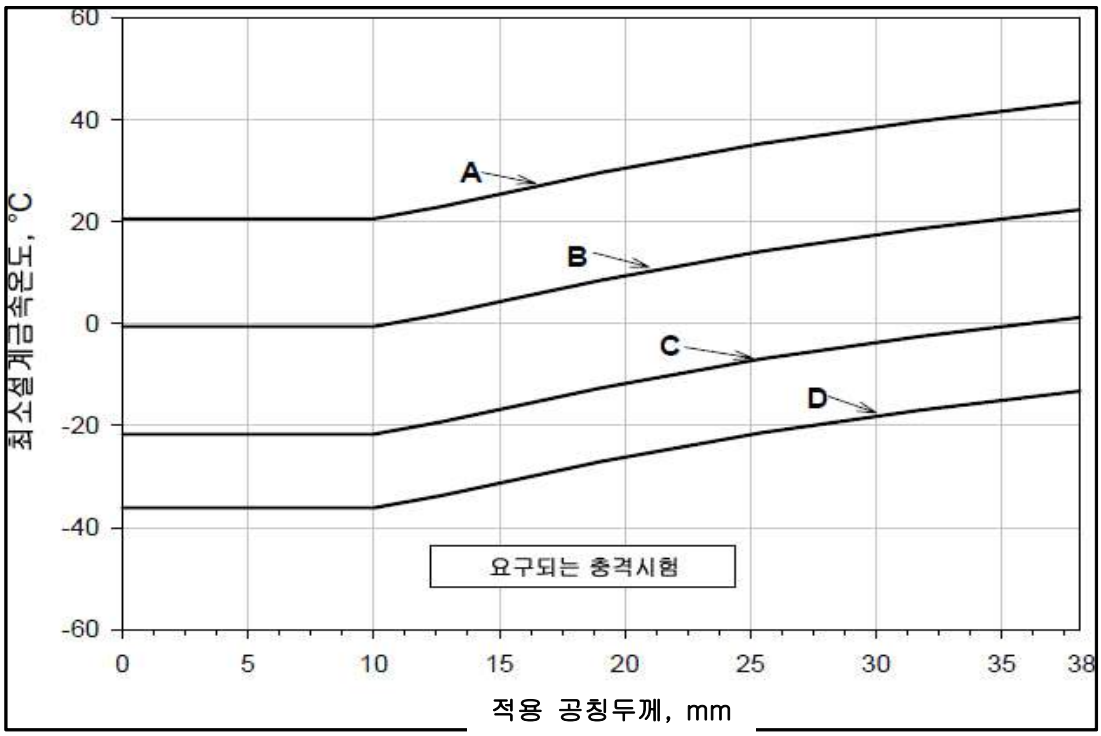
[그림 645.12.2-4] - 횡팽창 요건



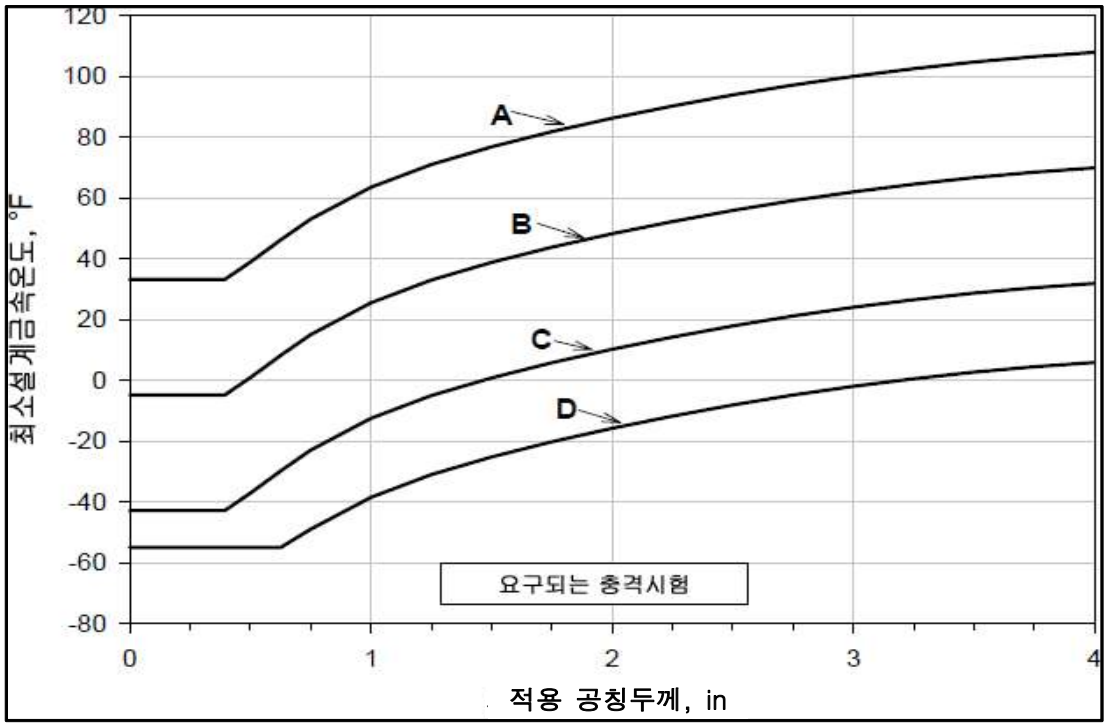
[그림 645.12.2-4M] 횡팽창 요건



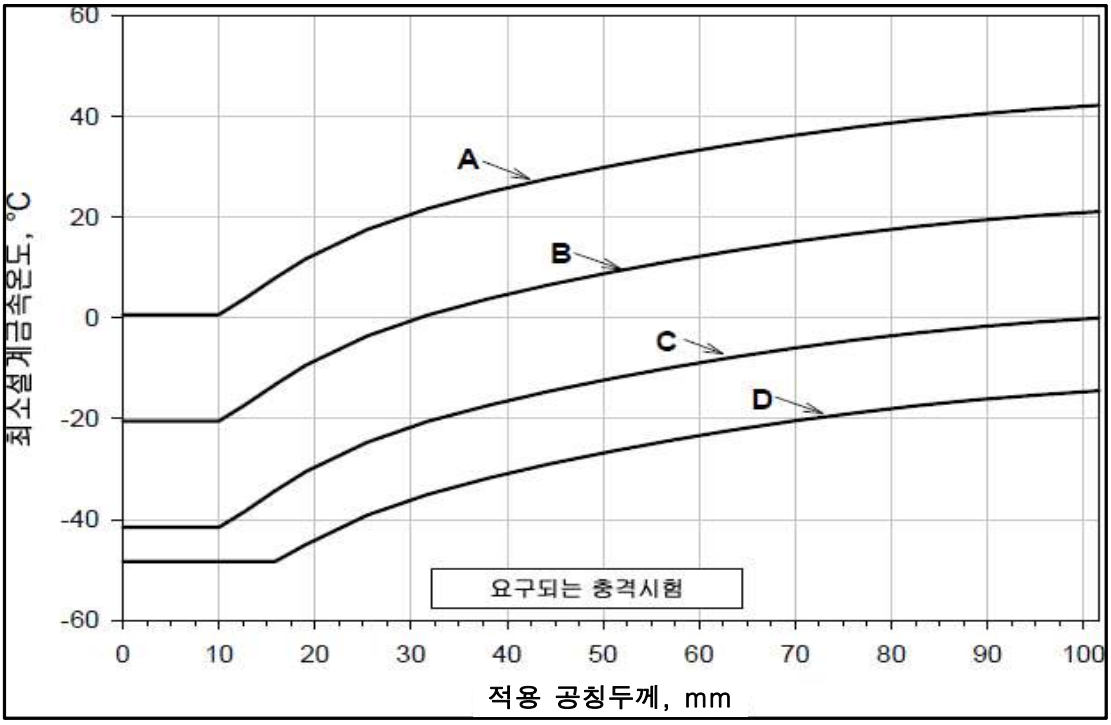
[그림 645.12.2-5] 충격시험 면제곡선 - 용접후열처리를 하지 않는 부품



[그림 645.12.2-5M] 충격시험 면제곡선 - 용접후열처리를 하지 않는 부품



[그림 645.12.2-6] 충격시험 면제곡선 - 용접후열처리를 하는 부품 및 비용접 부품



[그림 645.12.2-6M] 충격시험 면제곡선 - 용접후열처리를 하는 부품 및 비용접 부품

그림 645.12.2-5, 645.12.2-5M, 645.12.2.6 및 645.12.26M의 면제곡선별 재료 지정 주

곡선	재료 지정
A	a) 아래 곡선 B, C 및 D에 명시되지 않은 모든 탄소강과 모든 저합금강 강판, 형강 및 봉강 b) 풀림-뜨임 또는 물 퀜칭-뜨임이 된 SA-217 등급 WCB 및 WCC, 풀림-뜨임 또는 물 퀜칭-뜨임이 된 SA-217 등급 WC6
B	a) 풀림-뜨임 또는 물 퀜칭-뜨임이 된 SA-216 등급 WCA 및 두께 50 mm (2 in) 이하의 미세결정립 법으로 생산하여 물 퀜칭-뜨임이 된 등급 WCB 및 WCC b) 풀림-뜨임이 된 SA-217 등급 WC9 c) SA-285 등급 A 및 B d) SA-414 등급 A e) SA-515 등급 60 f) 풀림 하지 않은 SA-516 등급 65 및 70 g) 풀림 하지 않은 SA-662 등급 B h) 압연 상태의 SA/EN 10028-2 등급 P355GH i) 미세결정립 법으로 생산하여 풀림 된, 아래 곡선 C 및 D에 명시되지 않은 곡선 A의 모든 재료(단, 주강은 제외) j) 아래 곡선 C와 D에 명시되지 않은 관, 관이음쇠 단조품 및 튜브
C	a) 풀림-뜨임이 된 SA-182, 등급 F21 및 F22 b) SA-302 등급 C와 D c) 풀림-뜨임 또는 액체 퀜칭-뜨임이 된 SA-336 등급 F21 및 F22

곡선	재료 지정
	d) 풀림-뜨임 또는 액체 퀜칭-뜨임이 된 SA-387 등급 21과 22 e) 풀림 하지 않은 SA-516 등급 55와 60 f) SA-533 등급 B와 C의 클래스 1 g) SA-662 등급 A h) 풀림-뜨임한 SA/EN 10028-2 등급 10CrMo9-10 i) 해당 재료규격에서 허용하는 바에 따라, 미세결정립 법으로 생산하여 풀림, 풀림-뜨임 또는 액체 퀜칭-뜨임이 된 곡선 B의 a) ~ h) 및 j)에 명시된 모든 재료(단, 아래 곡선 D에 명시되지 않은 재료)
D	a) SA-203 b) SA-508 클래스 1 c) 풀림 된 SA-516 d) SA-524 클래스 1 및 2 e) SA-537 클래스 1, 2 및 3 f) 풀림 된 SA-612, 단, SA-20 표 1의 각주에 나와 있는 Nb 제한값의 증가가 허용되지 않는 경우는 제외한다. g) 풀림 된 SA-662 h) SA-738 등급 A i) 재료규격의 규정에 따라서 Nb와 V를 의도적으로 추가한, -29℃(-20°F) 이상의 SA-738 등급 A j) -29℃(-20°F) 이상의 SA-738 등급 B k) 풀림 된 SA/EN 10028-2 등급 P355GH [비고 d)3)] 참조

비고:

a) 곡선 A 및 B에 명시되지 않은 주조품은 충격시험을 하여야 한다.

b) 볼트에 대해서는 645.12.6을 참조한다.

c) 재료 지정에 특정 클래스나 등급이 명시되지 않은 경우, 모든 클래스와 등급들이 지정된다.

d) 다음은 모든 재료 지정 각주에 적용된다.

1) 재료규격에서 허용하는 대로 공냉보다 빠른 속도로 냉각 후 뜨임 하는 것은 풀림-뜨임 열처리와 동등한 것으로 간주한다.

2) 미세결정립법은 SA-20에 나와 있는 것처럼 미세한 오스테나이트 결정입자크기를 얻기 위해 필요한 절차이다.

3) 풀림 압연조건은 풀림과 동등한 것으로 간주하지 않는다.

e) 그림 645.12.2-5 및 645.12.2-5M의 데이터는 표 645.12.2-3에 나와 있다.

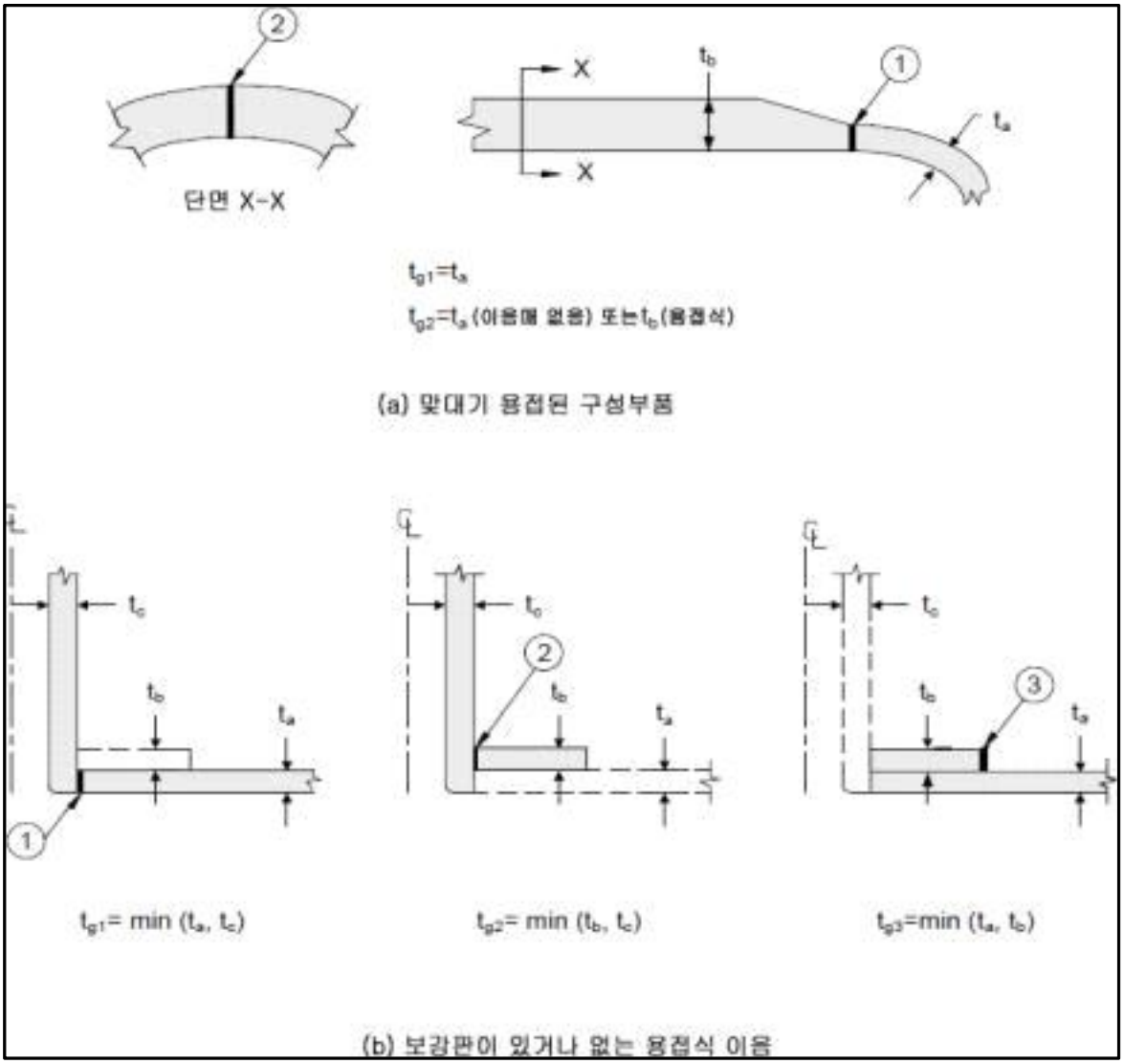
f) 그림 645.12.2-6 및 645.12.2-6M의 데이터는 표 645.12.2-4에 나와 있다.

[표 645.12.2-3] 충격시험 면제곡선 – 용접후열처리를 하지 않는 부품
(그림 645.12.2-5 및 645.12.2-5M 참조)

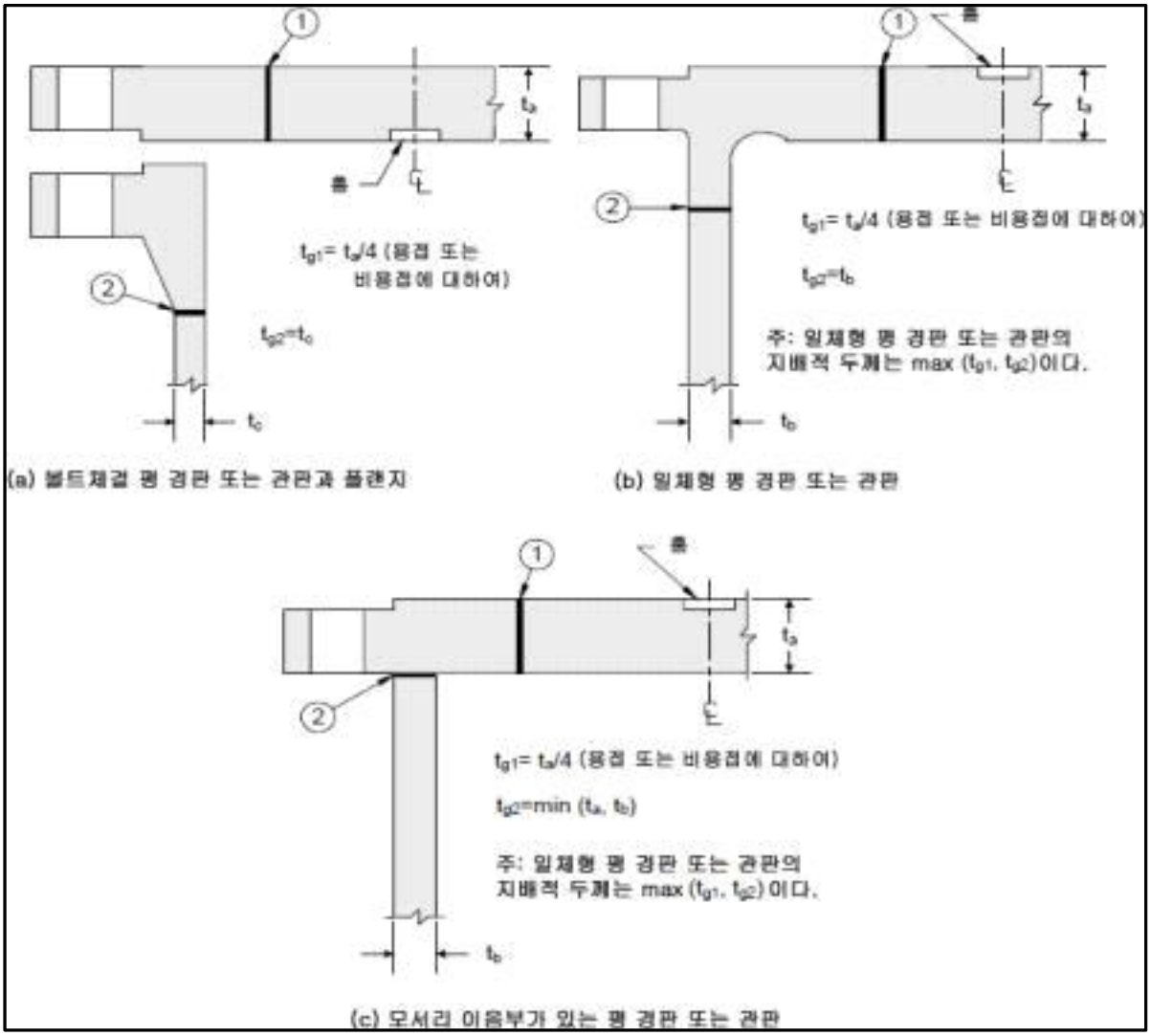
두께 (mm)	면제 곡선 (℃)				두께 (in)	면제 곡선 (°F)			
	A	B	C	D		A	B	C	D
0	20.5	-0.6	-21.7	-36.1	0	68.9	30.9	-7.1	-33.1
10	20.5	-0.6	-21.7	-36.1	0.394	68.9	30.9	-7.1	-33.1
13	22.9	1.8	-19.3	-33.7	0.5	73.3	35.3	-2.7	-28.7
16	26.3	5.1	-16.0	-30.4	0.625	79.3	41.3	3.3	-22.7
19	29.6	8.5	-12.6	-27.1	0.75	85.3	47.3	9.3	-16.7
25	35.2	14.1	-7.0	-21.4	1	95.4	57.4	19.4	-6.6
32	39.7	18.6	-2.6	-17.0	1.25	103.4	65.4	27.4	1.4
38	43.4	22.3	1.2	-13.2	1.5	110.2	72.2	34.2	8.2
비고: 이 표에 주어진 샤르피 V-노치 값은 그림 645.12.2-5와 645.12.2-5M의 곡선을 대표하는 값이다.									

[표 645.12.2-4] 충격시험 면제곡선 – 용접후열처리를 하는 부품 및 비용접 부품
(그림 645.12.2-6 및 645.12.2-6M 참조)

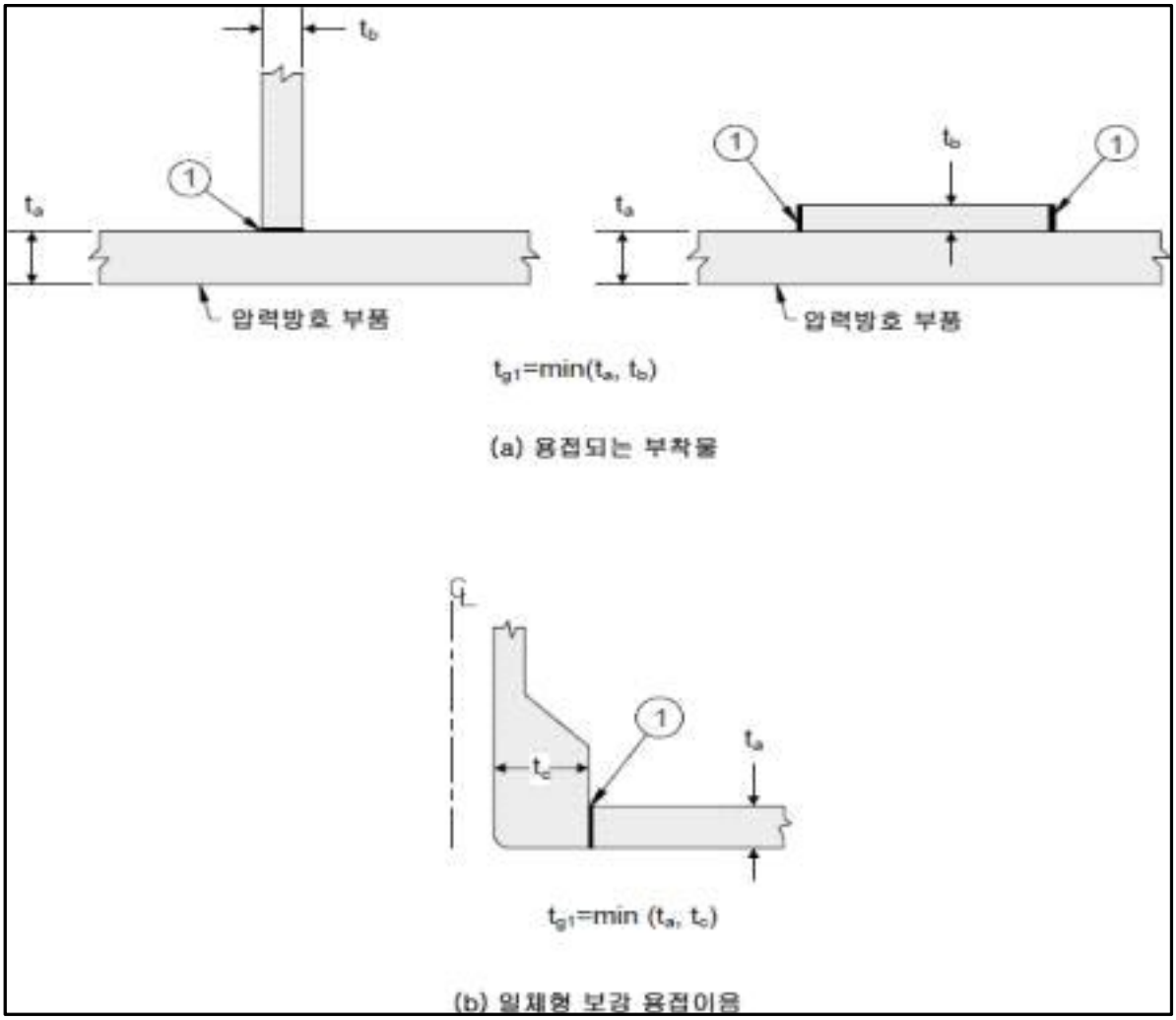
두께 (mm)	면제 곡선 (℃)				두께 (in)	면제 곡선 (°F)			
	A	B	C	D		A	B	C	D
0	0.6	-20.5	-41.6	-48.3	0	33.2	-4.8	-42.8	-55.0
10	0.6	-20.5	-41.6	-48.3	0.394	33.2	-4.8	-42.8	-55.0
13	3.8	-17.3	-38.4	-48.3	0.5	38.9	0.9	-37.1	-55.0
16	7.9	-13.2	-34.3	-48.3	0.625	46.2	8.2	-29.8	-55.0
19	11.7	-9.4	-30.5	-45.0	0.75	53.0	15.0	-23.0	-49.0
25	17.5	-3.6	-24.7	-39.2	1	63.5	25.5	-12.5	-38.5
32	21.7	0.5	-20.6	-35.0	1.25	71.0	33.0	-5.0	-31.0
38	24.9	3.8	-17.3	-31.8	1.5	76.8	38.8	0.8	-25.2
44	27.7	6.6	-14.6	-29.0	1.75	81.8	43.8	5.8	-20.2
51	30.1	9.0	-12.1	-26.5	2	86.2	48.2	10.2	-15.8
57	32.4	11.3	-9.9	-24.3	2.25	90.3	52.3	14.3	-11.7
64	34.4	13.3	-7.8	-22.3	2.5	93.9	55.9	17.9	-8.1
70	36.2	15.1	-6.0	-20.5	2.75	97.2	59.2	21.2	-4.8
76	37.8	16.7	-4.4	-18.9	3	100.0	62.0	24.0	-2.0
83	39.2	18.1	-3.0	-17.5	3.25	102.6	64.6	26.6	0.6
89	40.4	19.3	-1.8	-16.3	3.5	104.7	66.7	28.7	2.7
95	41.4	20.3	-0.8	-15.3	3.75	106.5	68.5	30.5	4.5
102	42.2	21.1	-0.1	-14.5	4	107.9	69.9	31.9	5.9
비고: 이 표에 주어진 샤르피 V-노치 값은 그림 645.12.2-5와 645.12.2-5M의 곡선을 대표하는 값이다.									



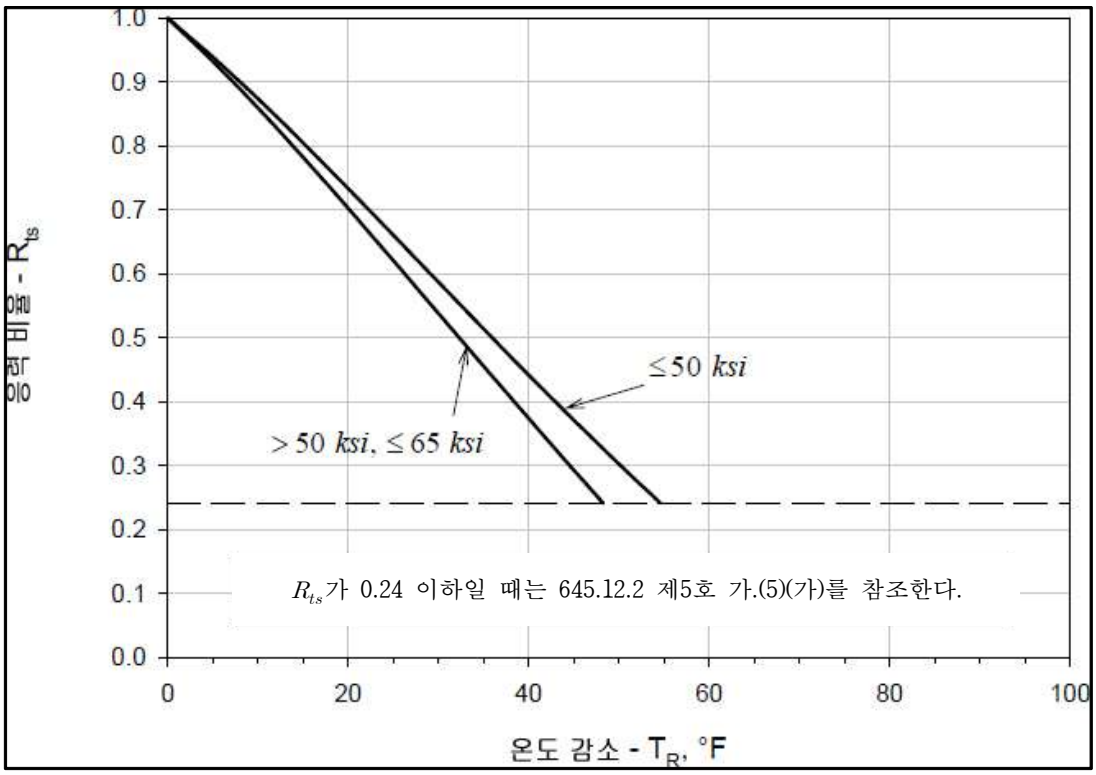
[그림 645.12.2-7] 적용 두께를 설명하는 대표적인 용기의 상세도



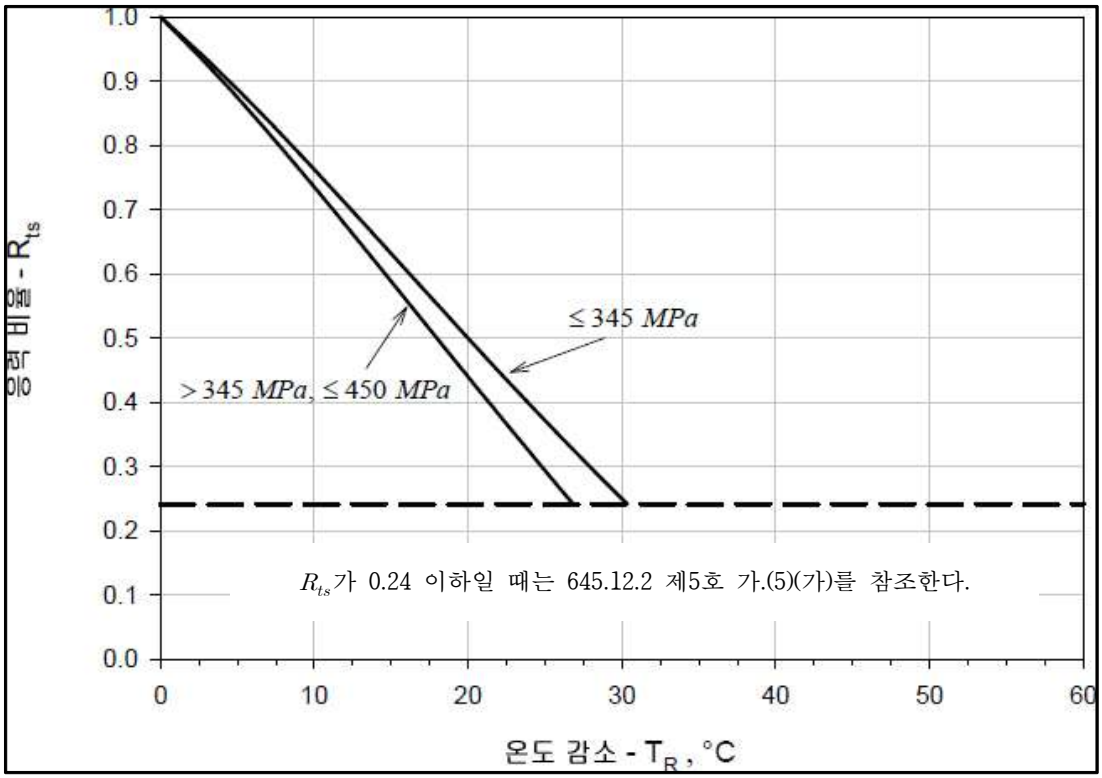
[그림 645.12.2-8] 적용 두께를 설명하는 대표적인 용기의 상세도



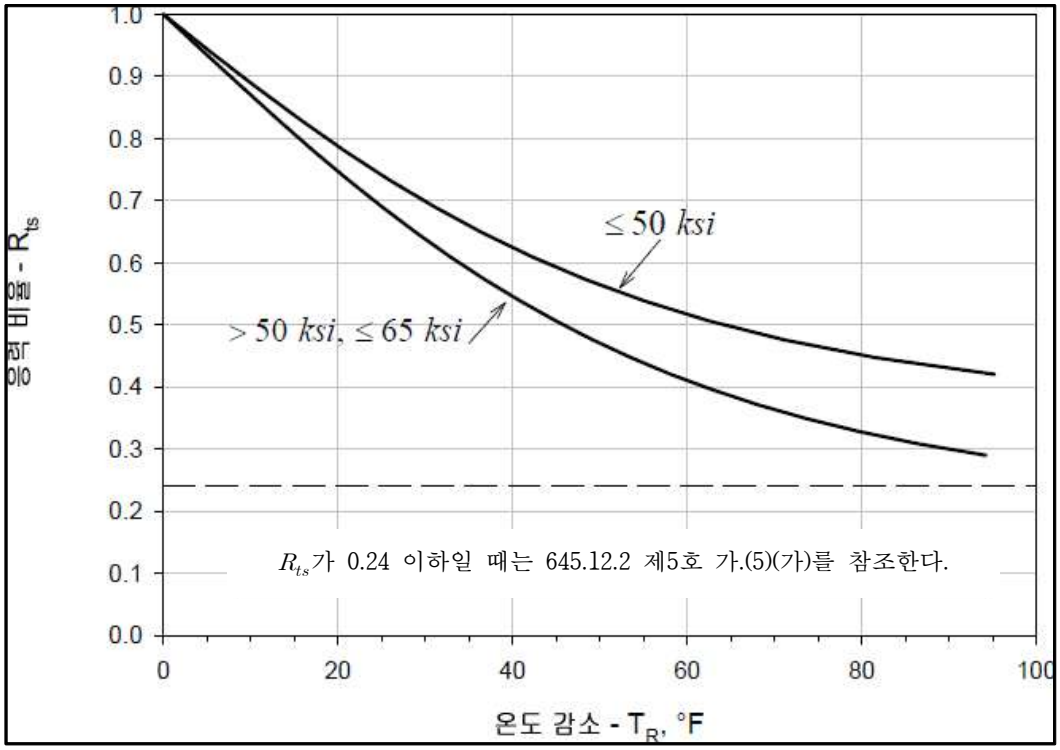
[그림 645.12.2-9] 적용 두께를 설명하는 대표적인 용기의 상세도



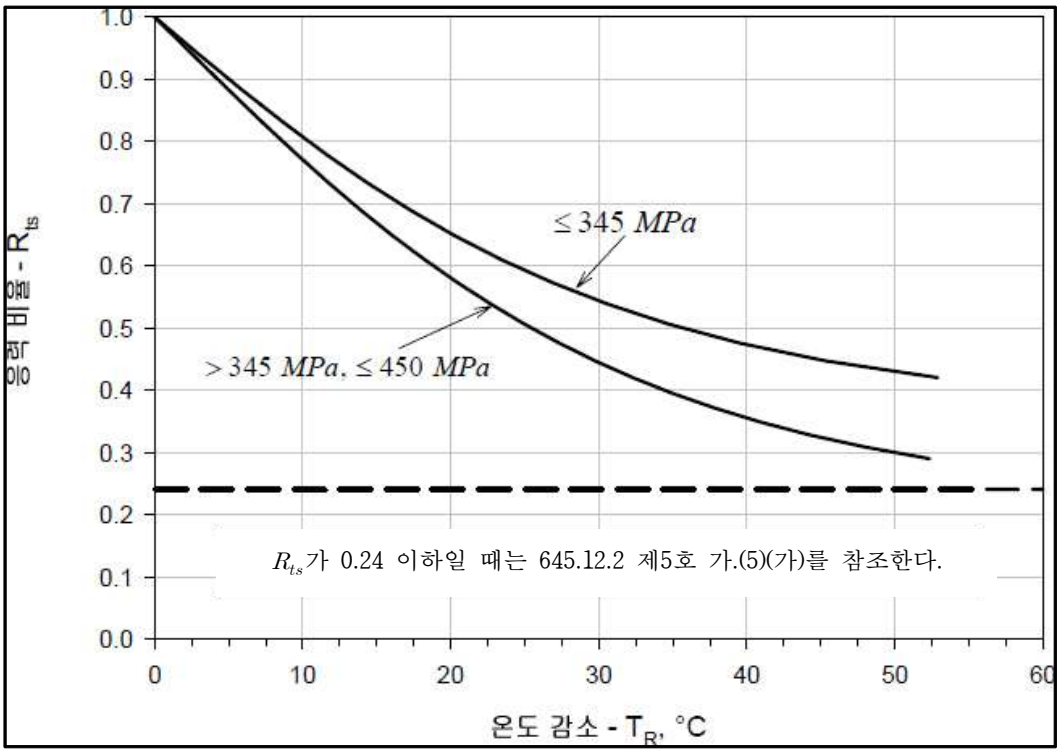
[그림 645.12.2-10] 충격시험 없이 최저설계금속온도의 감소 - 용접후열처리를 하지 않는 부품



[그림 645.12.2-10M] 충격시험 없이 최저설계금속온도의 감소 - 용접후열처리를 하지 않는 부품



[그림 645.12.2-11] 충격시험 없이 최저설계금속온도의 감소 - 용접후열처리를 하는 부품 및 비용접 부품



[그림 645.12.2-11M] 충격시험 없이 최저설계금속온도의 감소 - 용접후열처리를 하는 부품 및 비용접 부품

그림 645.12.2-10, 645.12.2-10M, 645.12.2-11 및 645.12.2-11M에 대한 주

a) 항복강도 값들 사이의 보간법 적용이 허용된다.
b) 645.12.2 제5호 가.(5).(나)에서 허용하는 경우 외에는, 최저설계금속온도 감소는 55℃ (100°F)를 초과하지 않아야 한다.
c) 그림 645.12.2-10 및 645.12.2-10M의 데이터는 표 645.12.2-5에 나와 있다.
d) 그림 645.12.2-11 및 645.12.2-11M의 데이터는 표 645.12.2-6에 나와 있다.

[표 645.12.2-5] 충격시험 없이 최저설계금속온도의 감소 - 용접후열처리를 하지 않는 부품 (그림 645.12.2-10 및 645.12.2-10M 참조)

응력 또는 두께 비율	T_R(℃)		T_R(°F)	
	규정최소항복강도(MPa)		규정최소항복강도(ksi)	
	≤345 MPa	>345 MPa ≤450 MPa	≤50 ksi	>50 ksi ≤65 ksi
1.000	0.0	0.0	0.0	0.0
0.940	2.7	2.5	4.9	4.5
0.884	5.2	4.7	9.3	8.4
0.831	7.3	6.6	13.2	11.9
0.781	9.3	8.4	16.7	15.1
0.734	11.1	10.0	20.0	18.1
0.690	12.8	11.5	23.0	20.8
0.648	14.3	13.0	25.8	23.3
0.610	15.8	14.3	28.5	25.7
0.573	17.2	15.5	31.0	27.9
0.539	18.5	16.7	33.3	30.0
0.506	19.7	17.7	35.5	31.9
0.476	20.9	18.8	37.6	33.8
0.447	22.0	19.7	39.6	35.5
0.421	23.1	20.6	41.5	37.1
0.395	24.0	21.5	43.3	38.7
0.372	25.0	22.3	45.0	40.1
0.349	25.9	23.1	46.6	41.5
0.328	26.7	23.8	48.1	42.8
0.309	27.5	24.5	49.6	44.0
0.290	28.3	25.1	50.9	45.2
0.273	29.0	25.7	52.2	46.3
0.256	29.7	26.3	53.5	47.3
0.241	30.4	26.8	54.6	48.3

비고: 이 표에 주어진 온도 감소 값은 그림 645.12.2-10 및 645.12.2-10M의 곡선을 대표하는 값이다.

[표 645.12.2-6] 충격시험 없이 최저설계금속온도의 감소-용접후열처리를 하는 부품과 비용접 부품
(그림 645.12.2-11 및 645.12.2-11M 참조)

응력 또는 두께 비율	T_R(℃)		T_R(°F)	
	규정최소항복강도(MPa)		규정최소항복강도(ksi)	
	≤345 MPa	>345 MPa ≤450 MPa	≤50 ksi	>50 ksi ≤65 ksi
1.000	0.0	0.0	0.0	0.0
0.940	3.0	2.6	5.4	4.6
0.884	5.9	5.0	10.6	8.9
0.831	8.7	7.3	15.6	13.1
0.781	11.5	9.5	20.7	17.2
0.734	14.3	11.7	25.8	21.1
0.690	17.3	13.9	31.1	25.0
0.648	20.3	16.1	36.5	29.0
0.610	23.5	18.3	42.2	32.9
0.573	26.9	20.5	48.4	36.8
0.539	30.6	22.7	55.0	40.9
0.506	34.7	25.0	62.5	45.0
0.476	39.5	27.3	71.1	49.2
0.447	45.3	29.8	81.6	53.6
0.421	52.9	32.3	95.2	58.1
0.395	-	35.0	-	62.9
0.372	-	37.8	-	68.1
0.349	-	40.9	-	73.6
0.328	-	44.3	-	79.7
0.309	-	48.0	-	86.4
0.290	-	52.3	-	94.2
0.273	-	-	-	-
0.256	-	-	-	-
0.241	-	-	-	-

비고: 이 표에 주어진 온도 감소 값은 그림 645.12.2-11 및 645.12.2-11M의 곡선을 대표하는 값이다.

645.12.3 퀜칭-뜨임을 한 강재

1. 퀜칭-뜨임을 한 페라이트계 강에 대한 인성 요건

가. 표 645.2.1.A.2에 표시된 퀜칭-뜨임을 한 모든 강재는 샤르피 V-노치 시험을 하여야 한다.

나. 충격시험은 설계에서 결정된 최저설계금속온도보다 낮은 온도에서 실시하여야 한다. 그러나 어떤 경우에도 최저설계금속온도는 0℃(32°F)보다 높아서는 안 된다.

다. 재료는 아래에서 허용하는 최저설계금속온도보다 낮은 온도에서 사용해도 된다.

(1) 645.12.2 제5호 가의 4단계에서 규정하는 응력비율이 0.24 이하일 때, 그에 대응하는 최저설계금속온도는 －104℃(-155°F) 이상이어야 한다.

(2) 645.12.2 제5호 가.의 4단계에서 규정하는 응력비율이 0.24를 초과할 때, 그에 대응하는 최저설계금속온도는 충격시험온도에서 645.12.2 제5호 가.에서 결정한 허용온도감소를 뺀 값 이상이어야 하며, 어느 경우에도 －104℃(-155°F) 이상이어야 한다.

2. 충격시험

가. 시험편의 준비

모든 시험편은 645.12.7 제2호에 따라 최종 열처리 상태에 있는 재료로부터 준비하여야 한다.

나. 충격시험의 회수와 시험편

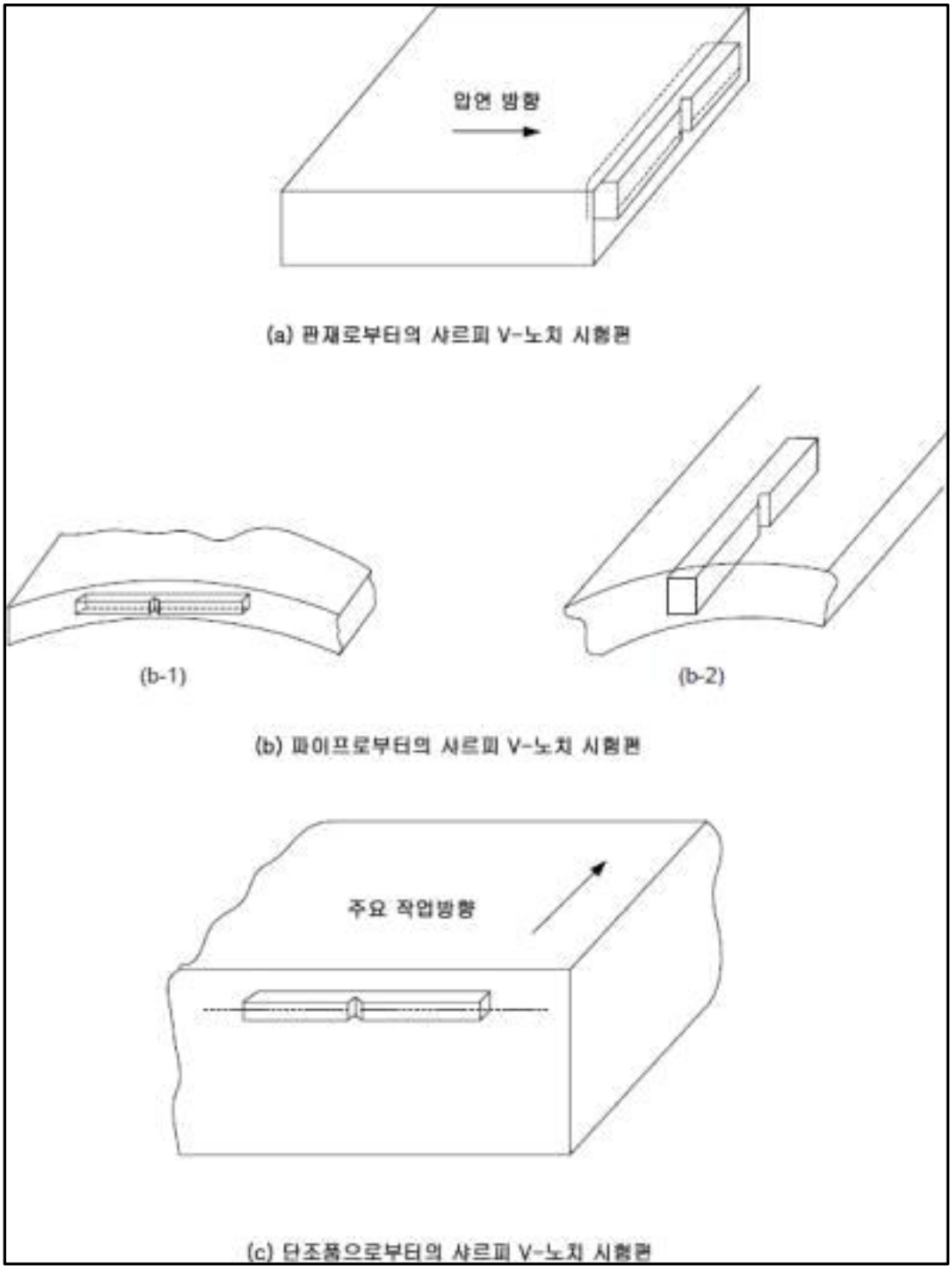
샤르피 V-노치 충격시험은 3개의 시험편으로 구성되어야 한다. 압연 상태의 판재의 경우, V-노치 시험은 각 압연 상태의 강판으로부터 실시하여야 한다. (풀림, 풀림-뜨임 또는 퀜칭-뜨임이 된) 열처리를 한 강판의 경우, 샤르피 V-노치 시험은 각 열처리 된 상태의 강판으로부터 실시하여야 한다. 샤르피 V-노치 시험은 하나의 열처리 로트에 포함된 봉재, 관, 튜브, 압연형강, 단조품 또는 주조품의 각 히트로부터 실시하여야 한다. 충격시험의 회수는 재료규격이 요구하는 것보다 적어서는 안 된다.

다. 시험편의 위치와 방향

시험편의 위치와 방향은, 판재로부터의 시험편은 최종 압연방향에 수직방향이어야 하고 단조품과 관은 주요 가공방향에 수직방향이어야 한다는 것을 제외하고는 645.12.7 제2호 및 제3호의 샤르피 충격시험에 대한 요건을 따라야 한다.(그림 645.12.3-1 참조)

라. 최소 횡팽창량은 645.12.2 제1호 가.를 따라야 한다.

마. 재시험은 645.12.7 제6호를 따라야 한다.



비고: 관에서의 횡방향 샤르피 V-노치 시험편의 채취 방향은 스케치 (b-1)에 나와 있는 것과 같아야 한다. 관의 모양으로 인해 이 횡방향 시험편을 채취하지 못할 경우, 대안으로 스케치(b-2)에서 나와 있는 방향으로 채취하여야 한다.

[그림 645.12.3-1] 횡방향 샤르피 V-노치 시험편의 채취방향과 위치

3. 낙하시험

가. 최저설계금속온도가 -29℃(-20°F)보다 낮을 때에는 “ASTM E 208, 페라이

트 계 강의 무연성 천이 온도를 결정하기 위한 낙하시험의 실시(Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels)” 에서 규정되는 낙하시험을 표 645.2.1.A.2에 표시된 모든 재료에 대해 실시하여야 하나, 다음 경우에는 낙하시험을 하지 않는다.

(1) SA-522는 어떤 경우에도 미실시

(2) SA-353과 SA-553는 온도가 -196℃(-320°F) 이상일 때 미실시

(3) SA-645 등급 A 온도가 -170℃(-275°F) 이상일 때 미실시

나. 판재에 대한 시험 회수

두께가 16 mm(5/8 in) 이상인 판재의 경우, 열처리된 상태(645.12.3 제2호 참조)의 각 판재에 대해서 1회의 낙하시험(시험편 2개)을 실시하여야 한다.

다. 단조품과 주조품에 대한 시험 회수

모든 두께의 단조품과 주조품의 경우, 어느 한 열처리 로트 내의 각 히트에 대해서는 1회의 낙하시험(시험편 2개)을 실시하여야 한다. 시료채취절차는 ASTM E 208의 요건을 따라야 한다. 단조품에 대한 시험편의 위치는 SA-350에 규정된 충격시험편의 위치와 같아야 한다(SA-350, 7.2.3).

라. 요구되는 시험결과

두 시험편은 시험온도에서 ASTM E 208에 규정하는 “무파단(no-break)” 기준을 만족하여야 한다.

645.12.4 볼트를 제외한 고합금강

1. 고합금강에 대한 인성 요건

가. 충격시험은 아래 제3호 및 제5호에 의하여 면제된 것을 제외하고는, 모든 재료와 최저설계금속온도의 조합은 표 645.2.1.A.3에 표시된 고합금 재료에 실시하여야 한다. UNS S17400 재료에 대해 충격시험이 요구된다. 충격시험은 3개의 시험편으로 구성된 시험편 조를 대상으로 실시하여야 한다: 모재에서 채취한 시험편 한 조와 용접금속에서 채취한 시험편 한 조 및 열영향부에서 채취한 시험편 한 조. 시험편들은 그 시험편이 대표하는 부품 또는 용기와 동일하게 열처리하여야 한다.

나. 최저설계금속온도가 －196℃ (-320°F) 이상일 때 충격시험은 최저설계금속온도 이하에서 실시하여야 하며, 노치 반대쪽의 최소 횡팽창량은 노치 반대쪽의 최소 횡팽창량은 -196℃(-320°F) 이상의 최저설계금속온도에 대해서 0.38 mm (0.015 in)이어야 한다.

다. 최저설계금속온도가 －196℃ (-320°F)보다 낮을 때, 생산용접은 피복아크용접(SMAW), 가스금속아크용접(GMAW), 서브머지드아크용접(SAW), 플라즈마아크용접(PAW) 및 가스텅스텐아크용접(GTAW)으로 제한하여야 한다. 용가재와 용가재/플럭스 조합의 각 히트, 로트 또는 배치는 아래 제5호 라.(1)~(3)에

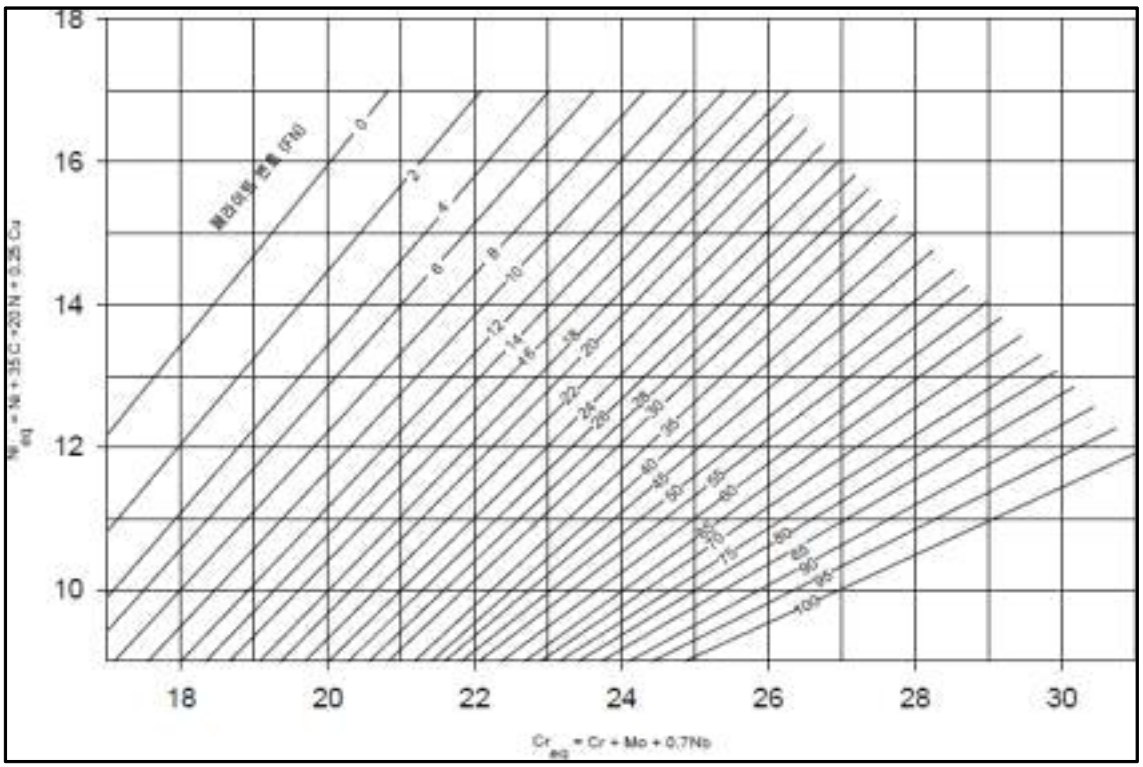
서 요구하는 대로 사용 전 시험을 실시하여야 한다. 아래 제5호 라.(4) 및 (5)에서 허용하는 사용 전 시험의 면제는 적용되지 않는다. 노치 인성시험은 아래 (1) 또는 (2)에서 규정하는 대로 실시하여야 한다.

(1) Type 316L 용가재 또는 Type 308L 용가재를 사용하여 GTAW 또는 GMAW 용접을 한 경우

(가) Type 316L 용가재의 각 히트로 용착된 용접금속은 페라이트계 번호가 5를 초과하지 않아야 하며, Type 308L 용가재의 각 히트로부터 용착된 용접금속은 페라이트계 번호가 4에서 14의 범위에 있어야 한다. 페라이트계 번호는 AWS A4.2에 따라서 교정한 페라이트계 스코프(ferrite-scope) 또는 마그나 게이지(magna gauge)로 측정하거나, 그림 645.12.4-1에 따른 시험 용접부의 화학조성을 적용하여 결정한다.

(나) 인성시험은 3개의 시험편으로 구성된 3개 시험조(모재, 용접금속 및 열영향부에서 채취)를 대상으로 −196℃(-320°F)에서 실시하여야 한다.

(다) 각 시험조의 3개 시험편 각각에 대한 노치 반대쪽 횡팽창은 0.53 mm (0.021 in) 이상이어야 한다.



[그림 645.12.4-1] 용접금속의 델타 페라이트 함량

(2) 위 (1)의 인정 조건을 충족시킬 수 없을 경우

(가) 생산용접에 사용한 오스테나이트 계 스테인리스강 용가재의 각 히트 또

는 로트로부터 용착된 용접금속의 페라이트계 번호는 시험 용접부의 페라이트계 번호 이하이어야 한다.

(나) 인성시험은 모재에서 채취한 3개의 시험편 한 조를 대상으로 196℃ (-320 °F)에서 실시하여야 한다. 3개 시험편 각각에 대한 노치 반대쪽 횡팽창은 0.53 mm(0.021 in) 이상이어야 한다.

(다) ASTM E 1820 J_{IC} 시험은 두 개의 시험편으로 구성된 두 시험조(열영향부와 용접금속에서 채취)를 대상으로 최저설계금속온도 이하에서 실시하여야 한다. 열영향부에서 채취한 시험편은 T-L 방향이어야 하며, K_{IC} (J) 값은 시험한 모든 시험편에 대해서 132 MPa$\sqrt{m}$ (120 ksi$\sqrt{in.}$) 이상이 요구된다.

(3) 요구되는 인성시험편이 위 (2)(다) 또는 (2)(나)의 횡팽창 요건을 따르지 못할 경우, 추가로 실패한 인성시험편의 시험조를 대표하는 두 개의 시험편 한 조에 대한 ASTM E 1820 J_{IC} 시험을 최저설계금속온도 이하에서 실시하여야 한다. 모재와 열영향부에서 채취한 시험편은 T-L 방향이어야 하며, K_{IC} (J) 값은 시험한 모든 시험편에 대해서 132 MPa$\sqrt{m}$ (120 ksi$\sqrt{in.}$) 이상이 요구된다.

2. 열처리를 실시할 때 요구되는 충격시험

다음 재료들에 대해 명시된 온도범위 내에서 열처리 할 경우에는 645.12.4.1에 따라서 21℃ (70°F) 이하에서 충격시험이 요구된다. 재료의 열처리에 열 절단은 포함되지 않는다.

가. 480℃～705℃(900°F～1300°F)의 온도로 열처리 한 오스테나이트계 스테인리스강. 단, 480℃～900℃(900°F～1650°F)의 온도에서 열처리하는 Type 304, 304L, 316 및 316L에 대해서는 충격시험을 면제한다. 이 경우에는 최저설계금속온도가 －29℃(-20°F) 이상이어야 하며, 범주 A와 B 용접 이음의 열처리된 용접금속에 대한 생산 충격시험을 하여야 한다.

나. 315℃～955℃(600°F～1750°F)의 온도에서 열처리되는 오스테나이트-페라이트 듀플렉스 스테인리스강

다. 425℃～730℃(800°F～1350°F)의 온도에서 열처리되는 페라이트계 크롬 스테인리스강과 마르텐사이트계 크롬 스테인리스강 재료의 열처리에는 열 절단은 포함하지 않는다.

3. 모재와 열영향부에 대한 충격시험 면제

위 제2호에서 한정된 경우를 제외하고는 다음과 같이 모재, 열영향부(용접된 경우) 및 최저설계금속온도의 조합에서는 충격시험이 요구되지 않는다.

가. 다음과 같은 오스테나이트 계 크롬-니켈 스테인리스강

(1) 최저설계금속온도 －196℃(-320°F) 이상에서 탄소함량 0.1%를 초과하지 않

는 재료(탄소함량의 값은 구매자가 규정할 수 있거나, 재료규격의 한계 이내에 있어야만 한다.)

(2) 최저설계금속온도 -48℃(-55°F) 이상에서 탄소함량 0.1%를 초과하지 않는 재료(탄소함량의 값은 구매자가 규정한 것과 같을 수 있다)

(3) 최저설계금속온도가 －29℃(-20°F) 이상인 주조품

나. 다음과 같은 오스테나이트계 크롬-망간-니켈 스테인리스강 (200 시리즈)

(1) -196℃(-320°F) 이상의 최저설계금속온도에서 0.1%를 초과하지 않는 탄소함량의 재료

(2) -48℃(-55°F) 이상의 최저설계금속온도에서 0.1%를 초과하는 탄소함량의 재료

(3) -29℃(-20°F) 이상의 최저설계금속온도에서 주조품

다. -29℃(-20°F) 이상의 최저설계금속온도에서 모든 제품 형상강재

(1) 재료의 공칭두께가 10 mm(3/8 in.) 이하인 오스테나이트-페라이트계 듀플렉스 강

(2) 재료의 공칭두께가 3mm(1/8in) 이하인 페라이트계 크롬 스테인리스강

(3) 재료의 공칭두께가 6mm(1/4in) 이하인 마르텐사이트계 크롬 스테인리스강

라. 최대 크기로 채취할 수 샤르피 시험편의 노치 폭이 2.5mm(0.099in) 미만일 경우, 충격시험은 요구되지 않는다.

마. 허용인장응력에 대한 적용 인장응력의 동시 비율이 0.24 미만이면, 위 제2호에서 변경하는 경우 외에는 충격시험이 요구되지 않는다. 적용 응력은 압력 또는 비압력 하중에 의해 발생된 응력이다. 여기에는 일반1차 막 인장응력을 유발하는, 표 645.14.4-1에 나와 있는 하중들을 포함한다.

4. 용접절차 인정을 위한 충격시험의 면제

용접절차 인정의 경우, 645.12.4 제2호에서 한정된 경우를 제외하고는, 용접금속과 최저설계금속온도의 다음 조합에 대하여 충격시험이 요구되지 않는다.

가. 0.1%를 초과하지 않는 탄소함량을 가진 오스테나이트 계 크롬-니켈 스테인리스강 모재의 경우, -104℃(-155°F) 이상의 최저설계금속온도에서 용가제의 추가 없이 용접

나. 오스테나이트 용접금속

(1) 0.1%를 초과하지 않는 탄소함량을 가지고 -104℃(-155°F) 이상의 최저설계금속온도에서 SFA-5.4, SFA-5.9, SFA-5.11, SGA-5.14 및 SFA-5.22에 적합한 용가재 금속 용접

(2) 0.1%를 초과하는 탄소함량을 가지고 -48℃(-55°F) 이상의 최저설계금속온도에서 SFA-5.4, SFA-5.9, SFA-5.11, SGA-5.14 및 SFA-5.22에 적합한 용가재 금속 용접

다. 다음 용접금속의 경우, 유사한 화학조성의 모재가 위 제3호 다.에서 서술한 대로 면제된다면, 그 용접금속도 -29℃(-20°F) 이상의 최저설계금속온도에서 면제되어야 한다.

(1) 오스테나이트-페라이트계 듀플렉스강

(2) 페라이트 계 크롬 스테인리스강

(3) 마르텐사이트 계 크롬 스테인리스강

라. -104℃(-155°F)아래의 최저설계금속온도에서 오스테나이트 계 스테인리스강 용가재에 요구되는 충격시험 -104℃(-155°F)아래의 최저설계금속온도에서의 제품 용접부는 다음의 모든 조건이 만족되어야 한다.

(1) 용접법은 피복금속아크용접(SMAW), 가스금속아크용접(GMAW), 서브머지드 아크용접(SAW), 가스텅스텐아크용접(GTAW) 및 플라즈마아크용접(PAW)으로 제한된다.

(2) 해당 용접절차시방서(제4항제1호의 합격기준을 사용하는)는 최저설계금속온도 이하에서 제7항의 요건에 따른 충격시험이 포함된 또는 이 규정(6. 발전용 화력설비)의 다른 요건에 충격시험이 면제된 절차인정기록서(PQR)를 보조한다.

(3) (용가재의 사용 또는 사용이 없는 경우) 탄소함량은 용접금속의 0.1% 이하이어야 한다.

(4) 용접금속은 아래의 조합과 같이 SFA-5.4, SFA-5.9, SFA-5.11, SFA- 5.14 및 SFA-5.22에 적합한 용가재 금속에 의해서 생성한다.

(가) 피복금속아크용접(SMAW), 및 가스금속아크용접(GMAW) 공정의 제조 용접에서 사용되는 용가재의 각 히트 및/또는 로트는 그 최저설계금속온도 이하에서의 충격시험으로 사용 전 시험을 실시하여야 한다. 시험 쿠폰은 SFA-5.4, A9.12에 따라서 준비하여야 한다. 합격기준은 제4항제1호에 따라야 한다.

(나) 서브머지드 아크용접 공정의 제조 용접에서 사용될 용가재 금속과 플럭스 조합의 각 히트는 그 최저설계금속온도 이하에서의 충격시험으로 사용 전 시험을 실시하여야 한다. 시험 쿠폰은 SFA-5.4, A9.12에 따라서 준비하여야 한다. 합격기준은 제4항제1호에 따라야 한다.

(다) 두 용접법 이상 또는 두 히트, 로트 조합 이상의 용접재료를 단일 시험 쿠폰으로 조합하는 것은 허용되지 않는다. 제조자 검사증명서가 용가재와 함께 공급된다면, 최저설계금속온도 이하에서의 사용 전 시험은 용가재 제조자가 실시할 수 있다.

(라) 최저설계금속온도 이하에서 제8항에 따르는 절차인정 충격시험이 동일한 제조자 상품명과 종류의 용가재 금속을 사용하여 실시된다면, 각

히트, 로트의 사용 전 시험이 없이, 다음의 용가재 금속을 사용할 수 있다: ENiCrFe-2, ENiCrFe-3, ENiCrMo-3, ENiCrMo-4, ENiCrMo-6, ERNiCr-3, ERNiCrM0-3, ERNiCrM0-4, SFA-5.4, E310-15 또는 16

(마) 최저설계금속온도 이하에서 제8항에 따르는 절차인정 충격시험이 실시된다면, 각 히트의 사용 전 시험이 없이, 다음의 용가재 금속을 사용할 수 있다: 가스텅스텐아크용접(GTAW)과 플라즈마아크용접(PAW) 공정과 함께 사용되는 ER308L, ER316L 및 ER310.

645.12.5 비철합금

1. 표 645.2.1.A.4 부터 표 645.2.1.A.7에 표시된 비철재료는 그 표의 재료에 대한 조성 범위 이내 용착 용접금속과 함께 영하의 온도의 충격저항에서 현저한 저하를 나타내지는 않는다. 따라서 다음에 대한 추가적 요건은 규정되지 않는다.

가. -269℃(-452°F)까지의 온도에서 단조 알루미늄합금이 사용될 때,

나. -198℃(-325°F)까지의 온도에서 동 및 동합금, 니켈 및 니켈합금 그리고 주조 알루미늄합금이 사용될 때,

다. -59℃(-75°F)까지의 온도에서 티타늄 또는 지르코늄과 지르코늄 합금이 사용될 때

2. 표 645.2.1.A.4 부터 표 645.2.1.A.7 내에 표시된 비철재료는, 그 사용자가 인장연신률의 결정과 (노치가 없는 인장강도와 비교하여) 예리한 노치의 인장강도와 같은 적절한 시험결과로 그 재료가 그 설계온도에서 적절한 연성을 가지고 있다는 것에 대하여 자신을 납득시킬 수 있다면, 여기에서 규정된 온도보다 더 낮은 온도에서 그리고 다른 용접금속 조성에 대해서 사용될 수 있다.

645.12.6 볼트 재료

1. 설계기준에 따라 설계된 플랜지 연결에 사용하기 위한 볼트재료

가. 표 645.12.6-1, 645.12.6-2, 645.12.6-3 및 645.1.6-4에 표시된 볼트재료는 이 표의 것과 같거나 높은 최저설계금속온도에서 사용될 때는 충격시험이 요구되지 않는다.

나. 표 645.12.6-1, 645.12.6-2, 645.12.6-3 및 645.1.6-4에서 나타난 것보다 낮은 온도에서 사용될 볼트 재료는, 인성 표준이 645.12.2 또는 645.12.4에 따른 합격기준이 있는 샤르피 V-노치이어야 한다는 것을 제외하고는, SA-320에 적합하여야 한다.

2. 설계해석에 따라 설계된 플랜지 연결에 사용하기 위한 볼트재료

설계해석에 따라 설계된 플랜지 연결에 사용하기 위한 표 645.2.1.A.11에 표시된 철계 볼트 재료는 충격시험이 요구된다. 3개의 샤르피 V-노치 충격시험편의 평균은 적어도 41 J(30 ft-lb)이어야 하고, 개별 시험편의 최소값은 34 J(25 ft-lb)이상이어야 한다.

[표 645.12.6-1] 플랜지와 함께 사용하는 저합금 볼트재료

재료규격	재 료 Type/Grade	지 름 mm(in)	충격시험 없는 최저설계금속온도, ℃(℉)
저합금 볼트			
SA-193	B5	102(4)까지, 102 포함	-29 (-20)
	B7	64(2-1/2) 이하	-48 (-55)
		64초과 102(2-1/2 – 4)까지, 102 포함	-40 (-40)
		102초과 178(4-7)까지, 178 포함	-40 (-40)
	B7M	64(2-1/2) 이하	-48 (-55)
	B16	64(2-1/2) 이하	-29 (-20)
		64초과 102까지(2-1/2 - 4), 102 포함	-29 (-20)
		102초과 178까지(4 - 7), 178 포함	-29 (-20)
SA-320	L7	64(2-1/2) 이하	645.12.2 제4호 나. 참조
	L7A	64(2-1/2)까지, 64 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
	L7M	64(2-1/2) 이하	645.12.2 제4호 나. 참조
	L43	25(1) 이하	645.12.2 제4호 나. 참조
SA-325	1	13부터 38까지 (1/2 ~ 1-1/2), 38 포함	-29 (-20)
SA-354	BC	102(4)까지	-18 (0)
	BD	102(4)까지, 102 포함	-7 (+20)
SA-437	B4B, B4C	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
SA-449	-	76(3)까지, 76 포함	-29 (-20)
SA-508	5 Cl.2	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
SA-540	B21	모든 지름	충격시험이 요구된다.
	B23 Cl. 1&2	모든 지름	충격시험이 요구된디.
	B23 Cl. 3&4	152(6)까지. 152 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
		152초과 241까지(6 - 9-1/2), 241 포함	충격시험이 요구된다.
	B23 Cl.5	203(8)까지, 203 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
		203 초과 241(8 - 9-1/2)까지, 241 포함	충격시험이 요구된다.
	B24 Cl.1	152(6)까지, 152 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
		152 초과 203(6 - 8)까지, 203 초과	충격시험이 요구된다.
	B24 Cl.2	178(7)까지, 178 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
		178 초과 241(7 - 9-1/2)까지, 241 포함	충격시험이 요구된다.
	B24 Cl.3&4	203(8)까지, 203 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
		203 초과 241(8 - 9-1/2)까지, 241 포함	충격시험이 요구된다.
	B24 Cl.5	241(9-1/2)까지, 241 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
	B24 Cl.3	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
저합금강 너트			
SA-194	2, 2H, 2HM, 3, 4, 7, 7M, 16	모든 지름	-48 (-55)
SA-540	B21, B23, B24, B24V	모든 지름	-48 (-55)

[표 645.12.6-2] 플랜지와 함께 사용하는 고합금 볼트재료

재료규격	재료 Type/Grade	지름 mm(in)	충격시험 없는 최저설계금속온도, ℃(℉)
SA-193	B6	102(4) 이하	-29 (-20)
	B8 Cl. 1	모든 지름	-254 (-425)
	B8 Cl. 2	38(1-1/2)까지, 38 포함	충격시험이 요구된다.
	B8C Cl. 1	모든 지름	-254 (-425)
	B8C Cl. 2	19 - 38(0.75 - 1-1/2), 38 포함	충격시험이 요구된다.
SA-193	B8M Cl. 1	모든 지름	-254 (-425)
	B8M2	51 - 64 (2 - 2-1/2), 64 포함	충격시험이 요구된다.
	B8MNA Cl. 1A	모든 지름	-196 (-320)
	B8NA Cl. 1A	모든 지름	-196 (-320)
	B8P Cl. 1	모든 지름	충격시험이 요구된다.
	B8P Cl. 2	38(1-1/2)까지, 38 포함	충격시험이 요구된다.
	B8S, 88SA	모든 지름	충격시험이 요구된다.
	B8T Cl. 1	모든 지름	-254 (-425)
	B8T Cl. 2	19 - 25(3/4 - 1), 25 포함	충격시험이 요구된다.
SA-320	B8 Cl. 1	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8 Cl. 2	25(1)까지, 25 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8A Cl. 1A	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8C Cl. 1&1A	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8C Cl. 2	25(1)까지, 25 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8CA Cl. 1A	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8F Cl. 1	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8FA Cl. 1A	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8M Cl. 1	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8M Cl. 2	38(1-1/2)까지, 38 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8MA Cl. IA	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8T Cl. 1	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8T Cl. 2	38(1-1/2)까지, 38 포함	645.12.2 제4호 나. 참조
	B8TA Cl. 1A	모든 지름	645.12.2 제4호 나. 참조
SA-453	651 Cl. A&B, 660 Cl. A&B	모든 지름	충격시험이 요구된다.
SA-479	XM-19	203(8)까지, 203 포함	충격시험이 요구된다.
SA-564	630	203(8)까지, 203 포함	충격시험이 요구된다.
SA-705	630	203(8)까지, 203 포함	충격시험이 요구된다.

[표 645.12.6-3] 플랜지와 함께 사용하는 알루미늄, 동 및 동합금 볼트재료

재료 규격	UNS
SB-98	C65100, C65500, C66100
SB-150	C61400, C62300, C63000, C64200
SB-187	C10200, C11000
SB-211	A92014, A92024, A96061
비고: 이 표에 명시된 모든 볼트 재료에 대한 최저설계금속온도는 -196℃(-320°F)이다.	

[표 645.12.6-4] 플랜지와 함께 사용하는 니켈 및 니켈합금 볼트재료

재료 규격	UNS
SB-160	N02200, N02201
SB-164	N04400, N04405
SB-166	N06600
SB-335	N10001, N10665
SB-408	N08800, N08810
SB-425	N08825
SB-446	N06625
SB-572	N06002, R30556
SB-573	N10003
SB-574	N06022, N06455, N10276
SB-581	N06007, N06030, N06975
SB-621	N08320
SB-637	N07718, N07750
비고: 이 표에 명시된 모든 볼트 재료에 대한 최저설계금속온도는 -196℃(-320°F)이다.	

645.12.7 인성시험 절차

1. 시험절차

가. 충격시험 절차와 장치는 SA-370 또는 ISO 148(1, 2 및 3부)의 요구에 따라야 한다.

나. 충격시험 온도는 그 최저설계금속온도보다 높아서는 안 된다

2. 시험편

가. 충격시험의 각조는 3개의 시험편으로 구성되어야 한다.

나. 충격시험 시험편은 샤르피 V-노치 형식이어야 하며, (A형 시험편에 대하여) SA-370의 시험편 요건에 적합하여야 한다. 표준의 전체크기(10 mm×10 mm) 시험편을 얻을 수 있을 때는 그것을 사용하여야 한다. 규정시험온도에서 전체크기 시험편을 사용하여 시험하였을 때 244 J(180 ft-lb)을 초과하는 흡수 에너지를 갖는 보통 재료에 대해서는, 소형의(10 mm×6.7 mm) 시험편

을 전체크기 시험편 대신에 사용할 수 있다. 그러나 이 선택 안을 사용할 때는, 그 합격기준은 각 시험편에 대하여 최소 102 J(75 ft-lb)이 되어야 한다.

다. 재료의 형상 또는 두께로 인하여 전체크기 시험편을 얻을 수 없는 재료에서는 시험편이 얻을 수 있는 가능한 가장 큰 크기의 시험편이든지, 표면의 불규칙 부분을 제거하기 위하여 기계 가공을 하여야 하는 전체 재료두께이어야 한다.[아래 제5호의 시험온도기준이, 그 노치에 연한 폭이 그 재료의 두께의 80% 미만일 때, 655 MPa(95 ksi) 미만의 규정최소인장강도를 가진 탄소강과 저합금강 재료에 적용되어야 한다.] 대안으로서, 이러한 재료는 가능한 가장 큰 샤르피 소형의 시험편을 만들기 위하여 두께를 감소시킬 수 있다. 얻을 수 있는 최대 샤르피 시험편이 노치에 연한 2.5 mm(0.099 in) 미만의 폭을 갖는 곳에서는 인성시험이 요구되지 않는다. 그러나 충격시험에 너무 얇은 탄소강은 645.12.2 제9호에 의해서 제공되는 면제를 전제로, -48℃(-55°F)보다 낮은 설계온도에 대해서 사용하지 않아야 한다.

3. 제품 형상

가. 각 제품형상의 충격시험편은 채취절차 요건에 따라 정해진 방향과 위치에 따라야 한다.

나. 주조 및 단조에 의한 작은 부품의 제조자는 동일한 규격, 재료의 히트 및 열처리를 포함한 제작 공정이 그 로트의 모두에 사용되었다면, 임의로 채취한 부품으로부터 얻은 충격시험편 한 조의 결과에 따라 20개 이하의 복제 부품의 로트를 인정할 수 있다. 그 부품이 645.12.7 제2호에서 지시하는 최소크기의 시험편 3개를 제공하기에 너무 작을 때는, 충격시험은 실시할 필요가 없다(645.12.7 제2호 다. 참조).

4. 충격시험 요건과 일치의 인증

가. 재료 제조자가 인증한 충격시험 보고서는 그 재료가 이 호의 요건을 만족시킨다는 것을 보증하려면 아래 요건을 충족해야한다.

(1) 취한 시험편이 공급된 재료(645.12.7 제3호 가. 참조)를 대표하는 것이며, 그 재료는 그 충격성질을 상당히 감소시킬 제작 도중 또는 후의 열처리를 하지 아니한다.

(2) 시험편을 채취하는 재료는 그것이 완성된 용기의 재료를 대표하도록 분리하여 열처리 되었다.

나. 시험의 회수와 시험편 채취방법이 그 재료 제조자를 위하여 규정된 것과 같다면 용기 제조자는 재료 제조자가 충격시험을 하지 않은 재료의 적합성을 확인하기 위하여 충격시험을 하게 할 수 있다.

5. 충격시험의 온도기준

모든 샤르피 충격시험은 다음의 시험온도기준이 준수되어야 한다.

가. 10 mm(0.394 in) 이상 두께의 재료 - 채취할 수 있는 가장 큰 샤르피 V-노치 시험편이 적어도 8 mm(0.315 in)의 노치에 연한 폭을 가진 곳에서의 샤르피 충격시험은 최저설계금속온도 이하의 온도에서 실시하여야 한다. 채취할 수 있는 가장 큰 샤르피 V-노치 시험편이 8 mm(0.315 in) 미만의 노치에 연한 폭은 그 시험편 폭에 최저설계금속온도보다 표 645.12.7-1에서 나타내는 온도만큼 더 낮은 온도에서 실시하여야 한다.

나. 10 mm(0.394 in) 미만 두께의 재료 - 채취할 수 있는 가장 큰 샤르피 V-노치 시험편이 그 재료 두께의 적어도 80%가 되는 노치에 연한 폭을 가진 곳에서의 샤르피 충격시험은 최저설계금속온도 이하의 온도에서 실시하여야 한다. 채취할 수 있는 가장 큰 샤르피 V-노치 시험편이 8 mm(0.315 in) 미만의 노치에 연한 폭을 가진 곳에서는, 655 MPa(95 ksi) 미만의 규정최소인장강도를 가진 탄소강과 저합금 재료에 대한 시험은 그 시험편 폭에 대하여 최저설계금속온도보다 실제 재료두께에 상응하는 온도감소와 실제 시험한 샤르피 시험편 폭에 상응하는 온도감소 사이의 차이(표 645.12.7-1 참조)만큼 더 낮은 온도에서 실시하여야 한다. 645.12.7 제2호 나.의 선택 안이 사용될 때에는 이 요건은 적용되지 않는다. 표 645.2.1.A.2, 655 MPa(95 ksi) 이상의 규정최소인장강도를 가진 탄소강과 저합금강 재료 및 고합금강 재료와 향상된 인장성질을 가진 퀜칭-뜨임을 한 재료에 대한, 시험은 최저설계금속온도 이하의 온도에서 실시되어야 한다.

[표 645.12.7-1] 최저설계금속온도 밑으로 샤르피 충격시험 온도감소

실제 재료두께(645.12.7 제5호 나. 참조) 또는 샤르피 충격 시험편의 노치 폭		온도 감소	
mm	in	℃	°F
10 (전체크기 표준 봉재)	0.394	0	0
9	0.354	0	0
8	0.315	0	0
7.5 (3/4 크기 봉재)	0.295	3	5
7	0.276	4	8
6.65 (2/3 크기 봉재)	0.262	6	10
6	0.236	8	15
5(1/2 크기 봉재)	0.197	11	20
4	0.158	17	30
3.33 (1/3 크기 봉재)	0.131	19	35
3	0.118	22	40
2.5 (1/4 크기 봉재)	0.099	28	50

비고 a) 중간 값에 대한 직선 보간법의 적용이 허용된다.
b) 소형 샤르피 충격 시험편의 폭이 그 재료 두께의 80% 미만일 때, 규정최소인장강도가 655 MPa (95 ksi) 미만인 탄소강과 저합금 재료

6. 재시험

가. 흡수에너지 기준 - 흡수에너지기준이 만족되지 못하면, SA-370의 해당 절차에 따르는 재시험이 허용되어야 한다.

나. 횡팽창 기준 - 재시험은 다음과 같이 실시되어야 한다.

(1) 3개의 시험편 평균값이 요구 값 이상이면, 재시험이 허용된다.

(가) 655 MPa(95 ksi) 이상의 규정최소인장강도를 가진 표 645.2.1.A.1(탄소강 및 저합금강)의 재료 및 표 645.2.1.A.2(퀜칭-뜨임을 한 고장력강) 재료의 경우, 3개의 한 그룹 내에서 하나의 시험편에 대한 횡팽창의 측정값이 그림 645.12.2-4에서 요구되는 것보다 낮으면,

(나) 최저설계금속온도가 -196℃(-320°F) 이상인 표 645.2.1.A.3(고합금강)의 재료의 경우, 3개의 한 그룹 내에서 하나의 시험편에 대한 횡팽창의 측정값이 0.38 mm(0.015 in) 미만이나 요구되는 값의 2/3 미만이 아니면,

(다) 최저설계금속온도가 -196℃(-320°F) 미만인 표 645.2.1.A.3(고합금강)의 재료의 경우, 3개의 하나의 그룹 내의 한 시험편에 대한 횡팽창의 측정값이 0.53 mm(0.021 in) 미만이면,

(라) 표 645.2.1.A.2(퀜칭-뜨임을 한 고장력강)의 재료의 경우, 3개의 한 그룹

내에서 하나의 시험편에 대한 횡팽창의 측정값이 그림 645.12.2-4에서 요구되는 것보다 작으나 그 요구되는 값의 2/3 이상이면.

(2) 재시험은 3개의 추가 시험편으로 구성되어야 한다. 655 MPa(95 ksi) 이상의 규정최소인장강도를 가진 표 645.2.1.A.1(탄소강 및 저합금강)의 재료 및 표 645.2.1.A.2(퀜칭-뜨임을 한 고장력강) 재료의 경우, 각 시험편의 재시험 값은 용접후열처리를 하지 않는 시험편에 대한 표 645.8.5-1과 용접후열처리를 하는 시험편에 대한 표 645.12.6-1에서 요구되는 값 이상이어야만 한다. 표 645.2.1.A.3(고합금강)의 재료의 경우, 각 시험편에 대한 재시험 값은 -196℃(-320°F) 이상인 최저설계금속온도는 0.38 mm(0.015 in) 이상이어야만 한다. -196℃(-320°F) 이하인 최저설계금속온도에 대해서는 645.12.2 제1호 가.(2) 및 645.12.4 제1호 나.를 참조한다.

(3) 열처리에 의해서 향상된 성질을 가지는 재료의 경우, 요구되는 값이 재시험에서 얻어지지 않거나 또는 첫 시험에서의 값이 재시험에서 요구되는 값보다 낮으면, 그 재료는 재열처리를 하여 재시험할 수 있다. 재열처리 후에, 3개의 시험편을 만들어야 하며, 합격하기 위해서는 그 시험편 각각의 횡팽창은 그림 645.12.2-4에서 요구하는 값 이상이어야만 한다.

다. 결함이 있는 시험편에 불규칙한 결과가 발생하거나 시험절차에 불확실성이 있을 때에는 재시험이 허용된다. 645.12.7 제2호 나.의 선택 안이 첫 시험을 위하여 사용되고 102 J(75 ft-lb)의 합격기준이 얻어지지 않을 때는, 전체크기 시험편(10 mm×10 mm)을 사용하는 재시험이 허용된다.

645.12.8 용접절차의 충격시험과 철 재료의 시험판

1. 충격시험

가. 용접구조의 강재 용기는 절차인정 시험판과 용기 시험판(제품 충격 시험판)의 용접부와 열영향부의 충격인성은 이 항에서의 요구에 따라 결정하여야 한다.

나. 모든 시험판은 실제 제작에 적용하기 위하여 제조자가 정한 냉각속도와 온도에서의 누적시간 또는 제조자가 정한 온도로 열처리를 하여야 한다. P-No.1 그룹1, 그룹2 및 그룹3의 재료에 대하여, 제작 열차리가 시험판에 적용한 열처리와 다를 경우에도, 다음과 같은 조건에서 용접절차 인정 및 생산 시험판의 용접부와 열영향부에 대한 충격시험을 반복 실시할 필요가 없다.

(1) 표 645.41.1-1에 규정된 유지온도와 시간 또는 표 645.41.1-9에서 허용하는 유지온도와 시간에 따라 시험판과 생산 용접부에 적용된 용접후열처리 또는 모의 열처리 사이클을 적용한다.

2. 용접부 충격시험의 위치, 방향, 온도 및 값

가. 모든 충격시험은 다음의 요건을 따라야 한다.

나. 용접금속 충격 시험편의 각 조는 그 노치가 용착부 내에 있게 하여 용접부를 가로질러 채취해야 한다. 각 시험편은 그 노치가 재료의 표면에 직각이 되도록 방향을 잡아야 하며, 시험편의 한 면이 재료 표면의 1.5 mm(1/16 in) 이내에 있어야 한다. 절차시험을 두께가 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 재료에 할 때는, 충격 시험편의 두 조를 그 용접부로부터 채취하되, 한 조는 그 재료의 한 쪽 표면으로부터 1.5 mm(1/16 in) 이내에 위치하여야 하고, 다른 한 조는 위에서 설명한 것처럼 반대 측 표면과 두께 중심 사이의 가능한 한 중간에 가깝게 채취해야 한다.

다. 열영향부 충격 시험편의 각 조는 용접부를 가로지르고 에칭 후에 그 노치가 열영향부에 위치하도록 충분한 길이를 가져야 한다. 노치는 파단 시 가능한 한 많은 열영향부가 포함되게 하는 방식으로 재료 표면에 대략 직각으로 잘라야 한다.

라. 전기저항 용접 관에 대해서와 같은 고상용접(solid state welding) 공법의 용접부는 노치가 용접부의 중앙선에 위치하도록 용접부를 가로질러 취한 3개 시험편의 한 조만으로 용접 충격시험이 구성되어야 한다. 각 시험편은 노치가 재료의 표면에 직각이 되도록 방위를 잡아야 하며, 시험편의 한 면이 그 재료 표면의 1.5 mm(1/16 in) 이내에 있어야 한다.

마. 용접부와 열영향부에 대한 시험온도는 모재보다 높아서는 안 된다.

바. 충격값은 적어도 모재에서 요구되는 값과 같아야 한다.

3. 용접절차를 위한 충격시험

가. 645.12.4 제4호 및 645.12.2 제10호에 의해서 면제되는 것을 제외하고는, 모재가 충격시험을 받도록 요구될 때, 용접부와 열영향부에 용접절차 충격시험을 실시하여야 한다.

나. 용착부에 대해서 충격시험이 요구되나 그 모재가 충격시험이 면제되면, 용접절차 시험판을 만들어야 한다. 시험판 재료는 용기에서 사용되는 동일한 P-No와 그룹 No.의 재료이어야 한다. 충격 시험편의 한 조를 노치가 용접금속의 중앙이 되고 표면에 직각이 되도록 취하여야 한다. 열영향부는 충격시험이 필요 없다.

다. 제작용접을 위하여 채택된 용접절차가 필릿 용접부 만을 위하여 사용될 때에는, 그것은 홈용접 인정시험으로 인정되어야 한다. 충격시험이 요건일 때는, 인정 시험판이나 관 재료는 645.12.7의 요건을 만족시켜야 한다.

라. 충격시험에 대해서 161 별표 1에 규정된 추가적 필수변수가 요구된다.

마. 하한 임계온도에서 용접후열처리를 하는 시험판이나 관은 그 인정된 최대두께는 그 시험판이나 관의 두께이다.

바. 표 645.2.1.A.1(탄소강과 저합금강)의 재료의 경우, 시험판은 제조에서 사용되는 재료에 관계되는 다음의 요건 모두를 만족시켜야 한다.

(1) 동일한 P-No.와 그룹No.이어야 한다.

(2) 동일한 열처리 상태에 있어야 한다.

(3) 절차에 의해서 인정된 모재의 범위의 가장 두꺼운 재료에 대한 645.12.2, 645.12.3 및 645.12.4의 최소인성요건

4. 용기 시험판의 충격시험

가. 모재 또는 용접절차인정을 위해 충격시험이 요구될 때는, 각 용기에 적용되는 인정된 용접절차별로 645.12.8 제2호에 따라서 범주 A 및 B 이음부의 용접부와 열영향부에 대한 충격시험을 실시하여야 한다. 시험판은 용기나 용기 그룹에 사용되는 강재의 히트들 중 하나에서 채취하여야 하며, 해당 이음부의 생산용접에 사용할 장비, 용접재료 및 절차를 이용하여, 가능한 한 범주 A 생산용접 이음부의 끝부분에 연장하여 용접하거나, 첫 단에 가깝게 용접하여야 한다.

나. 범주 A 이음부에 사용하였던 것과는 다른 용접절차를 사용하여 용접된 범주 B 이음부의 경우, 그 용기에 사용된 제조 용접조건 하에서 동일한 종류의 장비를 사용하고 같은 위치에서 이음부에 사용된 동일한 용접절차를 사용하여 시험판을 용접하여야 하며, 제조 용접부와 동시에 또는 실제로 할 수 있는 한 제조 용접의 시작에 가깝게 용접하여야 한다.

다. 요구되는 충격 시험판의 매수

(1) 용기가 아래 (2)에 규정된 여러 개들 중 하나가 아니라면, 각 용기의 범주 A와 범주 B 이음부에 적용된 용접절차별로 한 매의 시험판을 만들어야 한다. 추가로 범주 A와 범주 B 이음부에 대해서는 다음 요건을 적용하여야 한다.

(가) 자동용접, 기계용접 또는 반자동용접을 실시한 경우, 용기의 용접에 적용된 자세별로 서 채택된 각 자세에서 시험판을 제작하여야 한다.

(나) 수동용접이 채택되면, 아래보기자세에서만 시험판을 제작하여야 한다. 용접이 다른 자세에서도 실시될 것이라면, 시험편은 수직 자세에서만 제작할 필요가 있다(여기서 용접 층의 대부분이 수직상향방향으로 용착된다). 수직으로 용접한 시험판이 모든 자세에서의 수동용접을 인정할 것이다.

(다) 용기 시험판을 이용하여 161.5.7 제1호에 따라서 용기 재료 두께에 대한 충격시험 요건을 인정할 수 있어야 한다. 두께가 16 mm(5/8 in) 미만이면 시험재료의 두께가 인정된 최소두께이다.

(2) 한 위치에서 3개월 기간 이내에 용접된 여러 개의 용기 또는 용기 부품의

경우, 6 mm(1/4 in) 또는 25% 중 더 큰 것을 초과하여 변동하지 않고, 같은 규격과 재료 등급인 판 두께에 대해서는 같은 절차로 용접된 이음부의 매 122 m(400 ft)에 대하여 시험판을 만들어야 한다.

라. 용기 시험판이 충격 요건을 만족시키지 못 한다면, 시험판으로 대표되는 용접부는 불합격 대상이 되며, 재열처리와 재시험 또는 재시험이 허용된다.

645.12.9 기호 설명 - 645.1~645.12에 사용되는 기호에 대한 설명은 다음과 같다.

a = 참조 결함 깊이

$2a$ = 참조 결함 길이

E = t_r 계산에 사용하는 이음효율. 주조품에 대해서는 품질계수 또는 이음효율 중 설계에 적용되는 것을 적용한다.

E^* = E^*는 E와 같다. 단, E^*는 0.8 이상 또는 $E^* = \max[E, 0.8]$

CA = 부식여유

$MDMT$ = 최저설계금속온도

P_a = 고려조건에 적용하는 압력

P_{rating}= 이 규정(6. 발전용 화력설비)의 설계요건에 근거한 최고허용사용압력

R_{ts} = 응력비율

S = 허용응력(표 645.2.1.A에서 산출)

S^* = 적용되는 일반1차응력

t = 참조 결함 판 두께

t_g = 적용 두께

t_n = 공칭 두께(비부식 상태)

t_r = 요구 두께(부식 상태 고려)

T_R = 초과두께에 근거한 최저설계금속온도의 감소

645.13 가스화로설비 및 부속설비의 구조

645.13.1 기술기준 제119조에서 “안전한 것”이란 645.14부터 645.25까지로 설계된 것을 말한다.

645.14 설계일반 요건

645.14.1 최소두께 요건.

성형 후 제품형상 및 재료에 관계없이 동체와 경판에 대하여 허용되는 최소두께는 부식여유를 제외하고 1.6 mm(0.0625 in)이어야 한다. 아래의 경우는 예외이다.

1. 이 최소두께는 판형 열교환기의 열전달 판에는 적용되지 않는다.
2. 이 최소두께는 이중 관 열교환기의 내부 관, 동체, 케이싱 또는 닥트에 의해서 둘러싸이고 보호되는 그 크기가 DN 150(NPS 6) 이하인 관, 튜브에는 적용되지

않으며, 기타 모든 열교환기의 압력부품은 1.6 mm(0.0625 in)의 최소두께 요건을 반드시 만족시켜야 한다.

3. 탄소강이나 저합금강으로 제작된 압축공기, 수증기 및 물에 사용하는 동체와 경판의 최소두께는 부식여유를 제외하고 2.4 mm(0.0938 in)가 되어야 한다.
4. 최소두께가 아래 규정을 모두 만족한다면 공랭식 또는 냉각탑식 열교환기의 튜브에는 적용되지 않는다.
   가. 튜브가 핀 또는 기타 기계적 방법으로 보호되어야 한다.
   나. 튜브 바깥지름이 최소 10 mm(0.375 in), 최대 38 mm(1.5 in)가 되어야 한다.
   다. 최소두께는 645.16.3의 식으로 계산한 값 이상이어야 하며, 어떠한 경우에도 0.5 mm(0.022 in) 이상이어야 한다.

645.14.2 재료두께 요건은 아래와 같다

1. 제작여유
   재료 두께는 성형, 열처리 및 기타 제작공정이 그 재료의 두께를 최소요구두께 이하로 감소되어서는 아니 된다.
2. 판재의 하한공차
   판재는 설계두께보다 두껍게 구매하여야 한다. 재료규격이 설계두께보다 0.3 mm (0.01 in) 또는 6%중 보다 작은 값으로 공급된다면, 그 판재로 제작된 용기는 전 설계압력에 사용할 수 있다. 만일 구매한 판재 규격이 설계 두께보다 더 큰 하한공차를 허용한다면, 구매 두께는 설계 두께보다 더 커야 하며 공급되는 두께는 설계두께의 0.3 mm 또는 6% 중 작은 값이어야 한다.
3. 관의 하한공차
   관 또는 튜브를 공칭벽두께로 구매한다면, 벽두께에 대한 제작 하한공차를 고려하여야 한다. 최소 벽두께를 결정한 후, 구매 두께는 관 또는 튜브의 구매 규격에서 허용하는 제작 하한공차를 고려하여 충분히 증가시켜야 한다.

645.14.3 부식여유는 사용자가 그 용기의 사용기간을 고려하여 부식여유를 결정하여야 하며, 사용자 설계시방에 명시하여야 한다. 제조자는 최소주문 판재두께에 맞추기 위해 모든 최소요구두께에 부식여유를 더 하여야 하나, 부식여유가 용기의 모든 부분에 대하여 동일할 필요는 없다.

645.14.4 용기부품의 설계두께는 아래 제1호에서 규정하는 하중 및 하중조합으로 결정하여야 한다. 하중해석에 의한 설계 절차를 이용하여 설계두께를 결정할 수 있으나 어떤 경우에도 그 설계두께는 위 645.14.1에서 규정하는 최소두께에 645.14.3에서 규정하는 부식여유를 더한 값 이상이어야 한다.

1. 설계하중과 하중조합
   압력용기 구성부분의 최소 벽두께를 결정하기 위한 설계 시 적용되는 모든 하중과 하중조합을 고려하여야 한다.

가. 설계에서 고려하여야 할 하중은 제한적이지는 않지만 표 645.14.4-1에 나와 있는 하중과 사용자가 규정한 하중을 포함하여야 한다.

나. 하중조합은 제한적이지는 않지만 표 645.14.4-2에 나와 있는 하중조합을 포함하여야 한다. 풍하중 및 지진하중에 대해 다른 공인된 표준을 적용할 경우에는 사용자가 해당 표준을 지정하고 하중 인자들을 제공하여야 한다. 표 645.14.4-2의 풍하중 및 지진하중 인자들은 ASCE/SEI 7을 기준으로 하고 있다.

다. 하중조합을 해석할 때에는, 허용응력의 값을 설정온도에서 평가하여야 한다.

라. 최대두께를 결정하기 위해서는 하중의 조합을 평가하여야 한다. 하중평가에서 압력(P)을 포함하는 경우 압력이 영(0)이 되는 영향을 고려하여야 한다.

마. 적용되는 하중과 하중조합을 사용자 설계시방에 명확히 기록하여야 한다.

바. 용기나 그 부품에 반복하중이 가해지고 피로해석이 요구된다면, 압력주기 도수분포그래프와 상응하는 열주기 도수분포그래프를 사용자 설계규격에 제공하여야 한다.

[표 645.14.4-1] 설계하중

설계하중 변수	내 용
P	규정 설계내압 또 설계외압
P_s	액체 또는 내용물(예, 촉매)의 정수두
D	다음을 포함하는 관심 위치에서의 용기, 내용물 및 부속품의 사하중 • 내장 부품 및 지지물(예, 스커트, 러그, 새들 및 다리)과 부속품(예, 플랫폼, 사다리, 등)을 포함한 용기의 무게 • 운전 및 시험 조건에서의 용기 내용물의 무게 • 내화물 라이닝, 단열재 • 모터, 기계, 다른 용기 및 배관과 같은 부착 기기의 중량으로부터 정적 반력
L	• 부속품 활하중 • 유체 흐름의 영향
E	지진하중 (645.14.4 제1호 나. 참조)
W	풍하중
S	설하중
F	폭연으로 인한 하중

[표 645.14.4-2] 설계하중의 조합

설계하중의 조합 [주 1]	일반 일차 허용 막응력 [주 2]
$P+P_s+D$	S
$P+P_s+D+L$	S
$P+P_s+D+S$	S
$0.9P+P_s+0.75L+0.75S$	S
$0.9P+P_s+D+(0.6W$ 또는 $0.7E)$	S
$0.9P+P_s+D+0.75(0.6W$ 또는 $0.7E)+0.75L+0.75S$	S
$0.6D+(0.6W$ 또는 $0.7E)$ [주 3)]	S
P_s+D+F	-

주 1. 설계하중의 조합 칸에서 사용하는 변수들은 표 645.14.4-1에 정의되어 있다.
2. S는 그 하중조합에 대한 허용응력이다(645.14.4 제1호 다. 참조).
3. 이 하중조합은 전복조건을 다룬다. 만일 설계에 앵커가 포함되어 있으면, 이 하중조합의 고려는 필요하지 않다.

645.14.5 설계허용응력은 아래와 같다.

1. 설계조건

모든 재료에 대한 허용응력 값은 표 645.2.1.A에 따르고, 1차 응력을 유발하고 운전 중에 동시에 발생할 것으로 예상되는 어느 하중의 조합(645.14.4 참조)에 대하여 645.13～645.25로 계산한 용기의 벽두께는 아래 식을 만족하여야 한다.

$$P_m \le S \tag{4.1}$$

$$P_m + P_b \le 1.5S \tag{4.2}$$

2. 시험조건

시험조건에 대한 허용응력은 아래 요건으로 결정하여야 한다. 이 허용응력이 초과되지 않도록 시험압력을 제한할 수 있는 제어장치를 설치해야 한다. 필요 시 정수두와 추가 압력하중을 포함시켜야 한다.

가. 정수압으로 시험하는 용기

정수압 시험이 645.50～645.52에 따라서 실시될 때에는, 완성된 용기의 정수압 시험압력은 다음의 등가 응력한계에 도달하는 값을 초과하지 말아야 한다.

(1) 계산된 P_m이 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m \le 0.95S_y \tag{4.3}$$

(2) 계산된 $P_m + P_b$가 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$P_m \le 0.67S_y$에 대해서

$$P_m + P_b \le 1.43S_y \tag{4.4}$$

$0.67S_y < P_m \le 0.95S_y$에 대해서

$$P_m + P_b \le (2.43S_y - 1.5P_m) \quad (4.5)$$

나. 공기압으로 시험하는 용기

공기압 시험이 645.50~645.52에 따라서 실시될 때에는, 완성된 용기의 공기압 시험압력은 다음의 등가 응력한계에 도달하는 값을 초과하지 않아야 한다.

(1) 계산된 P_m이 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m \le 0.8S_y \quad (4.6)$$

(2) 계산된 $P_m + P_b$가 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$P_m \le 0.67S_y$에 대해서

$$P_m + P_b \le 1.20S_y \quad (4.7)$$

$0.67S_y < P_m \le 0.8S_y$에 대해서

$$P_m + P_b \le (2.20S_y - 1.5P_m) \quad (4.8)$$

3. 1차 및 2차응력의 합

설계온도에서 허용 1차 및 2차응력의 합은 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$S_{PS} = \max.[3S, 2S_y] \quad (4.9)$$

그러나 다음의 경우에는 S_{PS} = 3S로 제한하여야 한다.

가. 최소규정항복강도와 극한인장강도의 상온비율이 0.70을 초과하는 경우

나. 허용응력이 시간-종속 특성에 의해 지배를 받는 경우

645.14.6 클래드와 용접 덧씌우기

1. 클래드 판재의 설계계산은 모재의 공칭두께에 클래드 공칭두께의 S_C/S_B배를 더한 것에서 부식여유를 뺀 것과 같다.

가. 클래드 판재는 표 645.2.1.A에 표시된 규격중 하나에 적합하거나, 덧씌우기 용접 클래드 판재이다.

나. 클래드를 복구하기 위해 모재에 내식성 용접금속을 용착시켜 이음부를 완성한다.

다. 약한 재료의 허용응력은 강한 재료의 허용응력의 최소 70%가 되어야 한다.

2. S_C가 S_B보다 클 때에는, 승수 S_C/S_B는 1과 같아야 한다.

645.14.7 용기의 벽 두께를 계산할 때 내식성, 내마모성 라이닝은 벽 두께에 포함하지 않는다.

645.14.8 가스화로설비 내부의 열교환용 튜브 및 헤더는 605를 준용한다.

645.14.9 플랜지와 관이음쇠는 다음 표준의 사용이 인정된다.

1. ASME B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings
2. ASME B16.9 Factory-Made Wrought Steel Butt-Welding Fittings
3. ASME B16.11 Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded
4. ASME B16.15 Cast Bronze Threaded Fittings, Classes 125 and 250

5. ASME B16.20 Metallic Gaskets for Pipe Flanges-Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed
6. ASME B16.24 Cast Copper Alloy Pipe Flanges and Flanged Fittings, Class 150, 300, 400, 600, 900, 1500 and 2500
7. ASME B16.47 Large Diameter Steel Flanges, NPS 26 Through 60

645.14.10 기호설명

P_m : 일반 1차 막응력

$P_m + P_b$: 일반 1차 막응력 + 1차 굽힘 응력

S_B : 설계온도에서의 모재 판재에 대한 설계온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A)

S_C : 클래드에 대한 설계온도에서의 표 645.2.1.A.1～645.2.1.A.11로부터의 허용응력, 또는 용접 덧씌우기에 대하여 그 화학적 성질이 설계온도에서 클래딩의 화학적 성질과 가장 밀접하게 근사한 단조재료의 허용응력

S : 설계온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A)

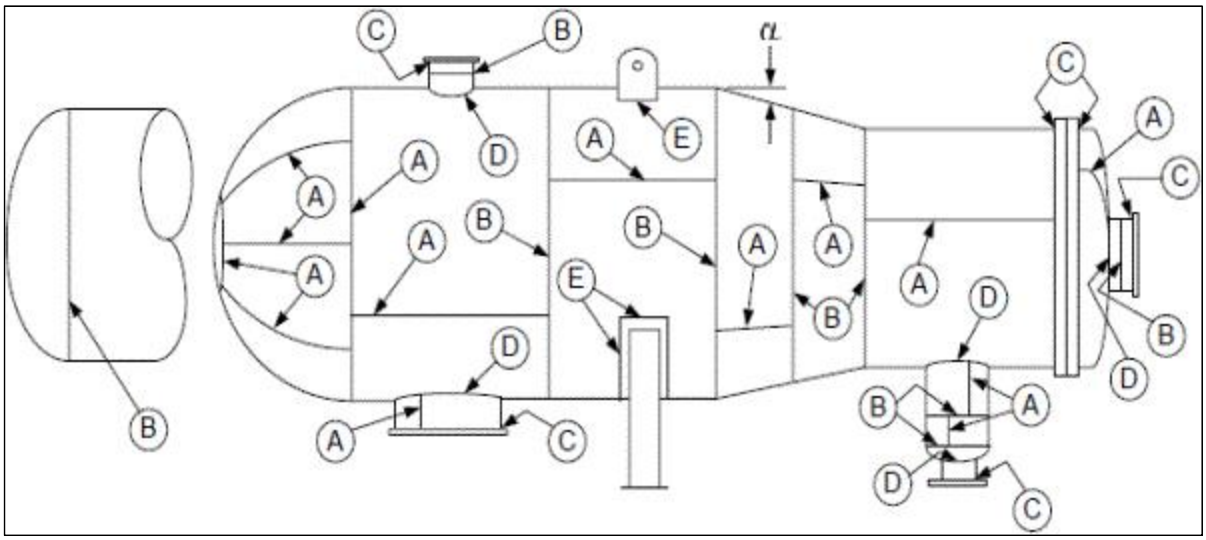
S_{ps} : 설계온도에서의 허용 1차 및 2차응력의 합

S_y : 시험온도에서의 항복강도

645.15 용접이음의 설계

645.15.1 용접범주는 이음 형식과 압력 용접이음, 시험에 대한 특별요건의 규정에 사용하기 위한 것이다. 두께에 근거한 이 특별요건이 용접이음마다 적용되는 것은 아니기 때문에, 특별요건이 적용되는 이음만이 범주에 포함된다. 용접범주는 표 645.15.1-1에서 정의되고, 그림 645.15.1-1에 나와 있다.

645.15.2 용접이음 형식은 압력 또는 비압력부분 사이의 용접 형식을 정의하며, 표 645.15.2-1에 나와 있다.



[그림 645.15.1-1] 범주 A, B, C, D 및 E의 대표적 용접이음 위치들

[표 645.15.1-1] 용접범주의 정의

용접범주	내 용
A	• 주 동체, 통로 압력실[주 1], 지름의 천이부 또는 노즐 내의 길이방향 및 나선방향 용접이음 • 구, 성형 또는 평 경판, 또는 사각형 용기의 측판[주 2] 내에 있는 모든 용접이음 • 평 관판 내의 모든 맞대기 용접이음 • 반구형 경판을 주 동체, 지름의 천이부, 노즐 또는 통로 압력실에 연결하는 원둘레 용접이음
B	• 대단부 또는 소단부에서 천이부와 원통 사이의 이음을 포함한, 주 동체, 통로 압력실[주 1], 노즐 또는 지름의 천이 이내의 원둘레 용접이음 • 주 동체, 지름의 천이부, 노즐 또는 통로 압력실에 반구형이 아닌 성형 경판을 연결하는 원둘레 용접이음
C	• 주 동체, 성형 경판, 지름의 천이부, 노즐 또는 통로 압력실[주 1]에 플랜지, 반 스톤 랩(Van Stone lap), 관판 또는 평경판을 연결하는 용접이음 • 사각형 용기의 한 측판[주 2]을 다른 측판에 연결하는 어느 용접이음
D	• 주 동체, 구, 지름의 천이부, 경판 또는 사각형 용기에 통로 압력실[주 1] 이나 노즐을 연결하는 용접이음 • 노즐을 통로 압력실[주 1]에 연결하는 용접이음(지름 천이부의 소단부에 있는 노즐에 대해서. 범주 B 참조)
E	• 비압력부품과 보강재를 부착하는 용접이음

주 1. 통로 압력실은 용기의 동체나 경판을 가로지르고 압력방호 밀폐공간의 일체형 부분을 형성하는 그 용기의 부속품으로 정의한다.
2. 사각형 용기의 측판은 한 압력방호 밀폐공간을 형성하는 평판들 중 어느 하나로서 정의한다.

[표 645.15.2-1] 용접이음 형식의 정의

용접이음 형식	내 용
1	양쪽 면 용접이나 안쪽 및 바깥쪽 표면에 같은 품질의 용착금속을 만드는 다른 수단들로 만드는 맞대기이음 및 원뿔 꼭지각의 반이 30° 이하인 각 이음. 제자리에 남아 있는 받침쇠를 사용하는 용접은 형식 No.1 맞대기이음으로서 자격이 없다.
2	제자리에 남아 있는 받침쇠가 있는 한쪽으로부터 용접하여 만드는 맞대기이음
3	받침쇠가 없이 한쪽으로부터 용접하여 만드는 맞대기이음
7	덮개 필릿용접이 있거나 없이 완전용입 용접으로 제작되는 모서리이음
8	원뿔 꼭지각의 반이 30° 를 초과하는 곳에서 완전용입 용접으로 제작되는 각 이음
9	덮개 필릿용접이 있거나 없이 부분용입 용접으로 제작되는 모서리이음
10	필릿용접

645.15.3 용접이음의 효율은 수치로서 나타내며, 이음 설계에서 해당 허용응력 값(표 645.2.1.A)의 승수로 사용한다.

645.15.4 허용되는 이음 형식은 아래와 같다.

1. 범주 A

가. 범주 A의 모든 이음은 형식 1. 맞대기이음이어야 한다.

나. 인정할 수 있는 범주 A 용접은 표 645.15.4-2 및 표 645.15.4-3에 나와 있다.

다. 두께가 상이한 단면 사이의 천이 이음 - 두께가 얇은 쪽 단면의 두께 1/4 또는 3 mm(0.125 in)을 초과하는 다른 단면 이음에는 기울기가 있는 천이가 마련되어야 한다. 그 천이는 균일한 기울기를 만들 수 있는 어떠한 공정에서나 성형할 수 있다. 피로해석이 요구되지 않을 때에는, 아래의 추가적 요건이 적용되어야 한다.

(1) 맞대기용접으로 부착하는 동체 단면에서 기울기가 요구될 때는, 그 천이 형상은 표 645.15.4-2의 4, 5 및 6에 따라야 한다.

(2) 맞대기용접으로 부착하는 반구형 경판에 기울기가 요구될 때는, 그 천이 형상은 표 645.15.4-3의 2, 3, 4 및 5에 따라야 한다.

(3) 남은 두께가 같은 지름의 동체에 대해서 요구되는 두께와 같다면, 안지름의 원통보다 더 두꺼운 두께를 가진 반구형 경판은 그 원통의 바깥지름까지 기계가공을 할 수 있다.

(4) 용접 가장자리를 추가 용접금속으로 천이를 성형할 때는, 추가적 용착금속 덧살붙임은 645.26～645.44의 요건을 따라야 한다. 그 맞대기용접은 부분적으로 또는 모든 부위의 경사진 부분에 할 수 있다.

(5) 이 항의 요건은 플랜지 허브에는 적용되지 않는다.

2. 범주 B

가. 범주 B의 이음은 아래 형식 중 하나를 따라야 한다.

(1) 형식 1. 맞대기이음

(2) 아래 제6호에서 제한한 것을 제외하고는, 형식 2. 맞대기이음

(3) 두께 16 mm(0.625 in) 이하 및 지름 610 mm(24 in) 이하의 동체에는 형식 3. 맞대기이음만을 따라야 한다.

나. 인정할 수 있는 범주 B 용접은 표 645.15.4-2 및 645.15.4-3에 나와 있다.

다. 형식 2.의 맞대기이음 받침쇠는 제거하여야 한다. 만일 받침쇠가 있는 형식 2. 맞대기이음의 피로해석이 요구된다면, 막 응력에 대해서는 2.0의 응력집중계수를, 굽힘응력에 대해서는 2.5의 응력집중계수를 적용하여야 한다.

라. 두께가 상이한 동체 단면 사이의 천이 이음은 위 제1호 다.의 요건을 만족시켜야 하고, 표 645.15.4-2와 표 645.15.4-3를 따라야 한다. 남은 두께가 같

은 지름의 동체에 대해서 요구되는 두께와 같다면 안지름의 원통보다 더 두꺼운 두께를 가진 접시형 경판은 그 원통의 바깥지름까지 기계가공을 할 수 있다.

마. 두께가 상이한 노즐 넥과 부착되는 관 사이의 천이이음은 표 645.15.4-2의 7 및 8에 의해 기울기가 있는 천이를 사용하여 만들어야 한다.

바. 이 규정(6. 발전용 화력설비)에서 범주 B에 맞대기이음을 요구할 경우, 지름 천이부를 원통에 연결하는 각 이음(angle joint)이 이음형식 1의 맞대기이음 요건을 따른다면, 이 항의 요건을 준수하는 것으로 간주하여야 한다. 맞대기이음에 관한 모든 요건을 각 이음에 적용하여야 한다.

3. 범주 C

가. 범주 C의 이음은 아래 형식의 하나일 수 있다.

(1) 형식 1. 맞대기이음

(2) 아래 제6호에서 제한한 것을 제외하고는, 완전용입 모서리이음

(3) 다음의 제한이 있는, 표 645.15.4-7 분리형(loose type) 플랜지 부착을 위한 필릿용접이음

(가) 플랜지와 용접 부품의 재료는 형식1 재료이다(표 645.15.4-1 참조).

(나) 플랜지와 용접부품 재료의 최소규정항복강도는 552 MPa(80 ksi) 미만이다.

(다) 플랜지와 용접부품 재료의 최소 연신율은 측정 길이 50 mm(2 in)에서 12%이다.

(라) 플랜지가 용접되는 재료의 두께는 32 mm(1.25 in)를 초과하지 않아야 한다.

(마) 필릿용접 치수는 표 645.15.4-7의 요건을 만족시켜야 한다.

(바) 피로해석 요구 결정을 위한 피로심사기준에 피로해석이 요구되면 그 해석은 645.25.1에 따라서 실시하여야 한다.

(사) 부속서 4(ASME B16.5)에 적합하지 않은 분리형 플랜지는 다음의 두 요건이 다 만족될 때에만 허용된다.

· 플랜지 제작 재료는 다음 식을 만족시켜야 한다.

$$\frac{S_{yT}}{S_u} \leq 0.625 \qquad (4.10)$$

· 그 구성부품이 반복적 용도가 아니다. 즉 피로해석이 645.25.1에 따라서 요구되지 않는다.

나. 허용할 수 있는 범주 C 용접은 다음 표에 나와 있다.

(1) 표 645.15.4-2 - 동체 이음매에 적합한 용접이음

(2) 표 645.15.4-4 - 스테이가 없는 평 경판, 볼트조임 플랜지가 없는 관판

및 사각형 압력용기의 측판에 적합한 용접이음

(3) 표 645.15.4-5 - 맞대기용접 허브에 적합한 용접이음

(4) 표 645.15.4-6 - 볼트조임 플랜지가 있는 관판 부착에 적합한 용접이음

(5) 표 645.15.4-7 - 플랜지 부착에 적합한 용접이음

다. 평경판, 랩 조인트 스터브 엔드 및 맞대기이음을 위한 허브가 있는 관판

(1) 인접 동체, 경판 또는 표 645.15.4-5에 나와 있는 관판 및 평경판과 같은 기타 압력부품에 맞대기용접을 위한 허브는 단조나 평판으로 기계가공을 하여야 한다. 단조 허브 재료는 용기의 축에 평행한 방향으로 규정된 최소 인장강도와 연신율이 나오도록 단조하여야 한다. 평판으로 기계가공을 한 허브는 645.10의 요건을 만족시켜야 한다.

(2) 표 645.15.4-7, 상세 6, 7 및 8에서 허브가 있는 플랜지는 판재로부터 기계가공을 해서는 안 된다.

라. 모서리 이음 - 동체, 경판 또는 기타 압력부품을 표 645.15.4-4와 표 645.15.4-6과 같은 모서리 이음으로 성형하기 위하여 단조 또는 압연 판재에 용접한다면, 그 용접은 아래의 요건을 만족시켜야 한다.

(1) 용접이음 단면에서, 용착금속과 부착되는 단조 또는 압연 판재 사이의 선, 치수 a와 b를 각각 결정하기 위해서, 부착되는 판재의 표면에 평행한 평면과 수직인 평면에 표시하여야 한다.(표 645.15.4-4 및 표 645.15.4-6 참조)

(2) a와 b에 대한 치수요건은 표 645.15.4-4와 표 645.15.4-6 내의 해당 요건을 만족시켜야 한다.

(3) 동체, 경판 또는 기타 압력부품의 두께보다 작은 이음 또는 편심이 되게 부착하는 용접이음 상세는 허용되지 않는다.

(4) 일체형 관판이 두 동체, 경판 또는 기타 압력부품 사이에 위치한다면, 표 645.15.4-4에 용접 부착 상세 대해서 사용하여야 한다.

4. 범주 D

가. 범주 D의 이음은 다음 형식의 어느 하나일 수 있다.

(1) 형식 1. 맞대기이음

(2) 아래 6.에서 제한된 것을 제외하고는, 완전용입 모서리이음

(3) 노즐 넥 또는 필릿용접에서 또는 두 용접 모두 완전용입 모서리이음

(4) 노즐 넥에서 부분용입 모서리이음.

나. 허용할 수 있는 범주 D용접이 다음 표에 나와 있다.

(1) 표 645.15.4-2 - 동체 이음매에 적합한 용접이음

(2) 표 645.15.4-8 - 방사선투과검사를 할 수 없는 완전용입 용접 노즐의 일부 부착

(3) 표 645.15.4-9 - 동체의 일부 패드 용접 노즐 부착과 기타 연결

(4) 표 645.15.4-10 - 동체의 일부 이음쇠 형식 용접 노즐 부착과 기타 연결
(5) 표 645.15.4-11 - 방사선투과검사를 할 수 있는 일부 용접 노즐의 부착
(6) 표 645.15.4-12 - 일부 부분용입 노즐 부착

다. 노즐용접에 대한 요건이 아래에 제시되어 있다.

(1) 동체의 구멍두께가 64 mm(2.5 in) 이상일 때, 형식 1. 맞대기이음이나 완전용입 이음을 사용하여야 한다.

(2) 보강이 없는 용기 벽과 접하는 노즐 넥 – 보강이 없는 용기 벽에 접하는 노즐 넥은 완전용입 그루브 용접으로 부착하여야 한다. 한쪽 면에서만 용접이 가능한 경우와 완전용입을 육안으로 확인할 수 없을 때는 받침쇠를 사용하여야 한다. 받침쇠를 사용하였을 때는 용접 후에 제거하여야 하며, 허용할 수 있는 용접 부착 형식은 표 645.15.4-8, 상세 1, 2 및 8에 나와 있다.

(3) 보강이 없는 삽입 노즐 넥 - 용기 벽에 뚫은 구멍 내에 일부 또는 삽입된 보강요소가 없는 노즐 넥의 경우에는 완전용입 그루브 용접으로 부착하여야 한다. 받침쇠를 사용하였을 때는 용접 후에 제거하여야 하며, 허용할 수 있는 용접 부착 형식은 표 645.15.4-8의, 상세 3, 4, 5, 6, 7 및 9에 나와 있다.

(4) 보강이 있는 삽입 노즐 넥 - 하나 이상의 보강요소가 있는 삽입형 노즐 넥은 그 보강판의 바깥 가장자리와 노즐 넥 둘레에서 용접으로 부착하여야 한다. 분리된 보강과 비일체형 부착 노즐의 설계 시에는 피로해석 심사기준을 적용하여야 한다. 넥을 용기 벽과 보강에 부착하는 용접은 완전 용입 그루브 용접으로 사용하여야 한다. 허용할 수 있는 용접부착 형식은 표 645.15.4-9, 상세 1, 2 및 3에 나와 있다(아래 라. 참조).

(5) 스터드 패드 형식 연결부 - 외부에서 가해지는 하중을 가질 수 있는 스터드 연결부는 표 645.15.4-9의, 상세 5에 따라서 완전용입 용접을 사용하여 부착하여야 한다. 점검구멍, 열전대 연결부 등으로 사용되는 통로 및 핸드홀과 같이 외부하중이 없는 스터드 패드 형식 연결부는 표 645.15.4-9, 상세 4에 따라서 필릿용접을 사용하여 부착할 수 있다.

(6) 암나사가 있는 관이음쇠 - 암나사가 있는 관이음쇠는 DN 50 이하로 제한하여야 한다. 허용할 수 있는 용접 부착 형식은 표 645.15.4-10에 나와 있다.

(7) 일체형 보강이 있는 노즐 - 일체형 보강이 있는 노즐은 맞대기용접 형식 No.1에 따라 부착할 수 있다. 모서리 용접으로 부착된 일체형 보강이 있는 노즐 또는 기타 연결부는 완전용입 모서리용접을 사용하여 부착하여야 한다. 허용할 수 있는 용접부착 형식은 표 645.15.4-11에 나와 있다.

(8) 부분용입으로 부착되는 노즐 - 부분용입 용접은 근본적으로 외부에서 가해지는 기계적 하중이 없고 용기 자체에 큰 열응력이 없는 계장용 구멍, 점검구멍 등의 노즐부착에만 사용할 수 있다. 허용할 수 있는 용접부착 형식은 표 645.15.4-12에 나와 있다. 만일 표 645.15.4-12의 상세 3과 4가 사용된다면, 넥 안의 재료는 보강면적계산에 포함하지 말아야 한다.

라. 용기와 노즐이 다음 요건 모두를 만족시킨다면, 645.16.10 및 645.16.11, 645.17.12 및 645.17.13의 요건에 따라서 보강된 원뿔의 소단부에 있는 노즐을 제외하고, 분리된 보강판이나 패드의 형태로 추가된 보강을 사용할 수 있다.

(1) 노즐, 패드 및 용기 벽체의 재료는 표 645.15.4-1에 나와 있는 재료 형식 1 및 형식 4에 대해서는 161 별표 2에 적합하여야 한다.

(2) 노즐, 패드 및 용기 벽체 재료의 규정최소인장강도는 550 MPa(80 ksi)를 초과하지 않아야한다.

(3) 노즐, 패드 및 용기 벽체 재료의 최소연신율은 50 mm(2 in)에서 12%를 초과하지 않아야한다.

(4) 추가된 보강의 두께는 용기 벽두께의 1.5배를 초과하지 않아야 한다.

5. 범주 E

가. 부착 방법 - 비압력 부품의 부착은 아래의 요건을 따라야 한다.

(1) 비압력 부품, 지지물, 러그, 브래킷 및 보강재는 맞대기용접, 완전용입 그루브 용접, 부분용입 용접, 필릿용접 또는 스터드 용접을 사용하여 안쪽 또는 바깥쪽에 부착할 수 있다.

(2) 저항용접 스터드는, 재료 표 645.15.4-1의 형식 2에 포함된 것을 제외하고는, 모든 재료에 대해서 비압력 부품의 경미한 부착에만 사용할 수 있다.

(3) 지지물, 러그, 브래킷, 보강재 및 기타 부착물은 용기 벽의 안쪽 또는 바깥쪽에 스터드 볼트로 부착할 수 있다.

(4) 모든 부착물은 동체의 곡률에 일치하여야 한다.

(5) 경미한 부착물을 압력부품에 연결하는 용접은 재료 표 645.15.4-1의 형식 1, 3 및 4에 연속 또는 비연속용접으로 할 수 있다.

(6) 압력부품에 비압력부품을 부착하는 용접은 재료 표 645.15.4-1의 형식 2에 연속용접으로 하여야 한다.

(7) 압력부품에 비압력부품을 부착하는 일부 용접의 허용할 수 있는 형식 및 최소용접크기가 그림 645.15.4-1에 나와 있다(제한사항에 대하여 아래 마. 및 바. 참조).

(8) 보강 링을 부착하는 허용할 수 있는 방법의 일부가 그림 645.15.4-2에 나와 있다(제한사항에 대하여 아래 마. 및 바. 참조).

나. 압력부품 주요 부착 재료 - 압력부품에 직접 용접되는 부착재료는 표 645.2.1.A에 나와 있다.

(1) 재료와 용착금속은 그 압력부품의 재료와 호환성이 있어야 한다.

(2) 표 645.15.4-1 형식 3 재료의 경우, 압력부품에 직접 용접되는 구조적 영구 부착물은 규정최소항복강도가 그 부착물이 부착되는 재료의 ±20% 이내이어야 한다. 이 요건에 대한 예외 조건으로서 SA-240, SA-312 또는 SA-479의 비경화성 오스테나이트계 스테인리스강의 경하중용 부착물을 SA-353, SA-553 Type 1, Type 2 또는 SA-645의 압력부품에 필릿용접하는 것은 허용된다.

다. 압력부품의 경미한 부착 재료 - 위 나.에 의하여 제한되는 것 또는 단조제작(645.43.7)에 대한 것을 제외하고는, 아래의 요건이 만족된다면 경미한 부착물은 비인증 재료로 만들 수 있으며, 압력부품에 직접 용접할 수 있다.

(1) 재료가 식별되어 있으며 용접에 적당하다.

(2) 재료가 압력부품의 재료와 용접 호환성이 있어야 한다.

(3) 용접부는 용접후열처리를 하여야 한다.

라. 비압력부품에 용접되는 부착재료 - 비압력부에 용접되는 부착물은 재료가 식별되고, 용접에 적당하고, 부착되는 재료와 호환성이 있다면 비인증 재료로 만들 수 있다.

마. 표 645.15.4-1의 재료 형식 1 및 4의 압력부품부착용접- 압력부품에 비압력부품이나 보강재를 부착하는 용접은 아래 중 하나이어야 한다.

(1) 각장이 13 mm(0.5 in) 이하이고 용접 끝이 큰 구조적 불연속으로부터 $\sqrt{Rt_s}$ 보다 가깝지 않은 필릿용접

(2) 부분용입 용접 + 필릿용접 : 부착부품의 두께가 38 mm(1.5 in)이하인 부품

(3) 완전용입 홈 용접 + 양면 필릿용접

(4) 완전용입 맞대기용접 : 비파괴시험으로 완전용입 맞대기용접의 용접부를 검사한다면 맞대기용접을 위한 돌출부는 사전에 용착이 가능하며. 용접덧살 부위에 대한 열처리를 고려하여야 한다.

(5) 위 (3) 및 (4)의 용접 형식에 추가하여, 부착방향이 유사한 지지 스커트 또는 기타 지지물의 부착을 위하여, 다리 치수나 연결되는 부분의 각도와 베벨을 증가시켜 얻는 것과 같은 90° 필릿용접 보다 더 큰 유효목이 t_a(그림 645.15.4-3 참조)인 곳에서 사용될 수 있다. 그러나 위 (2)의 두께에 대한 제한이 적용되어야 한다.

(6) 구조용 재료가 식(4.10)을 만족시키고 구성부품이 반복하중을 받지 않을 때, 보강 링은 단속용접을 할 수 있다.

바. 재료 표 645.15.4-1 형식 2 및 3의 압력부품 부착용접 - 비압력부품이나 보

강재를 압력부품에 부착하는 용접은 다음 중 하나이어야 한다.

(1) 아래 (2)에서 허용하는 것을 제외하고는, 필릿용접은 누설방지 용접 또는 다리치수 10 mm(0.375 in) 이하인 용접 크기로 경하중 부착물에 대해서만 허용되며, 그 필릿용접 끝이 큰 구조적 불연속으로부터 $\sqrt{Rt_s}$보다 멀지 않게 위치하여야 한다.

(2) SA-333, 334 등급 8, SA-353, SA-522, SA-553 및 SA-645의 재료는 그 필릿용접 다리치수가 13 mm(0.5 in) 이하이고 용접 끝이 큰 구조적 불연속으로부터 $\sqrt{Rt_s}$보다 멀지 않다면, 필릿용접이 허용된다.

(3) 부분용입 용접 + 필릿용접: 두께 19 mm(0.75 in) 이하 부품의 부착으로 제한

(4) 완전용입 홈 용접 + 양면 필릿용접

(5) 완전용입 맞대기용접 (돌출부 요건에 대해서는 마.(4)참조)

(6) 부착방향이 유사한 지지 스커트 또는 기타 지지물의 부착을 위하여, 위 (5)에서 허용되는 용접에 추가하여, 90° 필릿용접보다 더 큰 유효목치수의 용접 목이 최소한 t_a(그림 645.15.4-3 참조)인 곳에서 사용될 수 있다. 이 그림 내의 상세는 부착용접이 양면용접이 아니라면 두께 19 mm(0.75 in) 이하의 부품의 부착으로 제한된다.

사. 용접재료의 응력 값 – 부착하는 용접 재료의 강도는 연결되는 두 재료 중 약한 것에 대한 공칭용접면적과 표 645.2.1.A의 허용응력 값을 근거하여야 하고 아래에서 보는 감소계수 W_r로 곱해야 한다.

(1) 완전용입 맞대기 또는 홈 용접 - W_r = 1.0 : 공칭용접면적은 용접의 깊이에 용접길이를 곱한 것이다.

(2) 부분용입 홈 또는 부분용입 홈 + 필릿용접 - W_r = 0.75 : 공칭용접면적은

(가) 홈 용접 - 용입깊이에 용접길이를 곱한 것

(나) 홈 용접 + 필릿용접 - 살돋움을 뺀 목과 용입깊이에 용접길이를 곱한 것

(다) 필릿용접 - W_r = 0.5 : 공칭용접면적은 목 면적이다.

아. 용접 덧씌우기와 클래드 구조

(1) 부착물은 용접 덧씌우기 용착에 제한 없이 직접 용접할 수 있다.

(2) 클래딩 두께에 대한 설계상 클래드 구조는 부착물 또는 클래딩 재료의 설계허용응력 값의 10%를 초과하든 적든 부착용접 내의 1차 응력을 발생시키지 않는 하중에 클래딩에 직접 부착용접을 할 수 있다. 대안으로 용접 덧씌우기의 부분적 부위는 부착위치를 제공하기 클래딩 이내에 위치할 수 있다.

(3) 부착된 라이닝은 해석, 시험 없이 또는 라이닝에 직접 부착한 부착물의

적합성과 신뢰성이 확인된 방법을 수행되면, 부착은 모재에 직접 하여야 한다.

자. 용접후열처리 요건 - 용접 후의 열처리에 대해서는, 용기 모재의 가공 요건이 적용되어야 한다.

차. 피로해석 필요성의 평가 – 645.25 피로심사해석을 적용하는 데 있어서, 필릿용접과 불완전용입 용접은 아래의 용접 제외하고는 비일체형 부착으로 한다.

(1) 위 다, 마.(1), 바.(1) 및 (2)에서 다루는 용접

(2) 위 마.(5) 및 바.(6)에서 다루는 용접은 일체형이다.

6. 퀜칭-뜨임한 고장력강의 이음에 대한 특별제한

가. 아래 나.에서 허용된 것을 제외하고는, 퀜칭-뜨임을 한 고강도 강재로 만든 용기와 용기부품에서, 범주 A, B 및 C의 모든 이음과 범주 지정에서 규정되지 않은 압력방호 용기의 모든 용접이음은 형식 1.이어야 한다.

(1) 만일 동체 판 두께가 50 mm(2 in) 이하이면, 모든 범주 D 용접은 표 645.15.4-11의 형식 1이어야 한다.

(2) 만일 동체 판 두께가 50 mm(2 in)를 초과하면, 그 용접 상세는 표 645.15.4-8 또는 표 645.15.4-11에서 노즐에 대해서 허용한 대로 할 수 있다.

나. SA-333 등급 8, SA-334 등급 8, SA-353, SA-522, SA-553 및 SA-645의 재료는 용접이음은 다음과 같아야 한다.

(1) 범주 A의 모든 이음들은 형식 No.1이어야 한다.(표 645.15.4-8 또는 표 645.15.4-11 참조)

(2) 범주 B의 모든 이음들은 형식 No.1 또는 No.2이어야 한다.(표 645.15.4-8 또는 표 645.15.4-11 참조)

(3) 범주 C의 모든 이음들은 그 이음의 전체 단면을 통과하여 연장되는 완전용입 용접이어야 한다.(범주 C의 나. 참조)

(4) 노즐 넥을 용기 벽에 그리고 만일 사용하는 경우에는 보강 패드에 부착하는 범주 D의 모든 이음들은 완전용입 그루브 용접이어야 한다.(범주 D의 나. 참조)

645.15.5 기호설명

a : 해당되는 대로, 두께 천이나 요구되는 용접크기에 대한 길이요건을 결정하기 위해서 사용하는 형상 변수

b : 해당되는 대로, 두께 천이나 요구되는 용접크기에 대한 길이요건을 결정하기 위해서 사용하는 형상 변수

c : 용접크기 변수

R : 동체의 평균 반지름

S_{yT}: 설계온도에서 최소규정항복강도

S_u : 최소규정인장강도

t_a : 부착된 부재의 두께

t_c : 모서리용접의 목 치수

t_e : 보강요소의 두께

t_h : 경판의 공칭두께

t_n : 해당되는 대로, 동체나 노즐의 두께

t_p : 평경판, 플랜지 또는 다른 부분의 바깥표면으로부터 용접의 가장자리나 중심까지의 거리

$t_{\pi pe}$: 연결관의 최소두께

t_r: 동체의 요구두께

t_s: 동체의 공칭두께

t_w: 용접의 용입두께

t_x: 일체형 플랜지로서 설계 계산이 되었을 때 두께 g_o 2배 또는 루스 플랜지로 설계 계산이 되었을 때 내압에 대하여 요구되는 동체노즐의 노즐두께의 2배, 그러나 어느 경우에도 6 mm(0.25 in) 이상

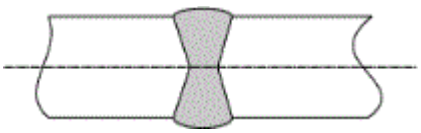
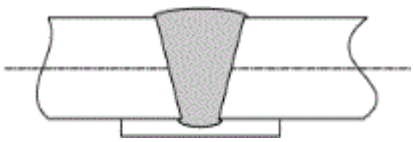
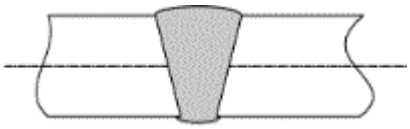
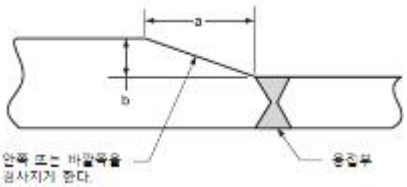
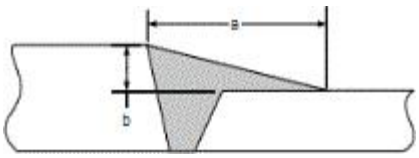
T : 해당되는 대로, 평경판, 덮개, 플랜지 또는 관판의 최소두께

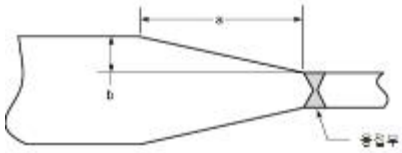
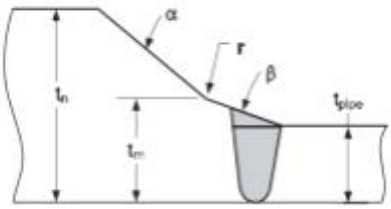
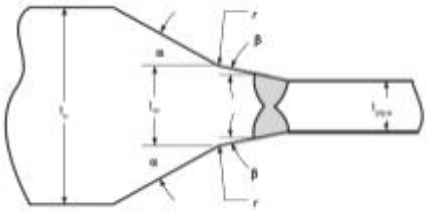
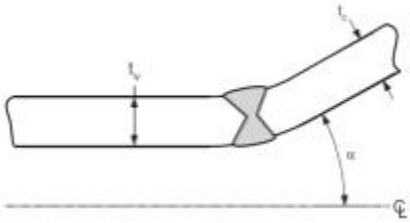
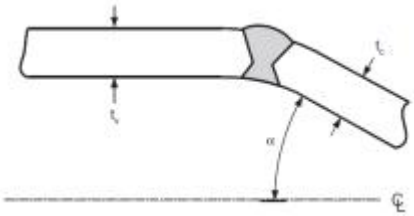
W_r: 용접형식 감소계수

[표 645.15.4-1] 용접과 제작 요건에 대한 재료 형식의 정의

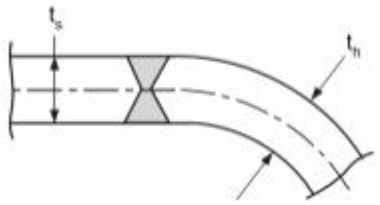
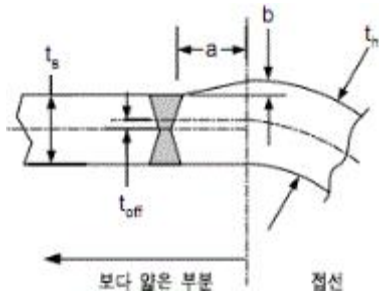
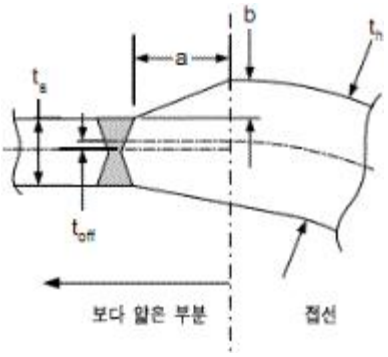
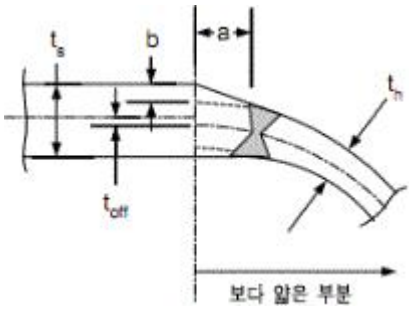
재료 형식	내 용
1	• P-No. 1, 그룹 1, 2 및 3 • SA-302를 제외한 P-No. 3, 그룹 3 • P-No. 4, 그룹 1, SA-378, 등급 12 만 • P-No. 8, 그룹 1 및 2 • P-No. 9A, 그룹 1
2	• 재료 형식 1, 3 및 4에 포함되지 않은 재료들
3	• 퀜칭-뜨임을 한 고장력강(표 645.2.1.A.2 참조) (SA-372, 형식 IV 및 V를 단조 용기용으로 사용할 때는 제외)
4	• P-No. 21 부터 P-No. 25 • P-No. 31 부터 P-No. 35 • P-No. 41 부터 P-No. 45

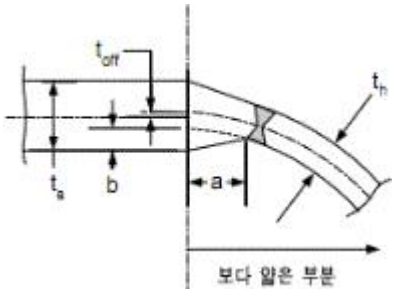
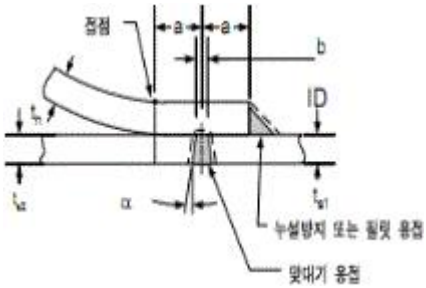
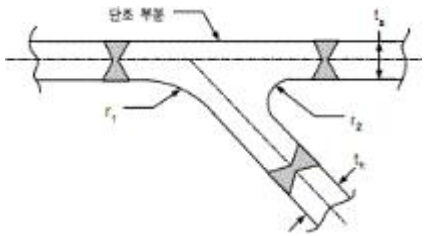
[표 645.15.4-2] 동체 이음매에 적합한 용접이음

상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	1	A,B,C,D		
2	2	B		
3	3	B		
4	1	A,B,C,D	• $a \geq 3b$ • 테이퍼의 길이 a는 용접을 포함할 수 있다. • 이음 형식 2와 형식 3은 허용된다. 제한사항은 645.15.4 제1호~제5호 참조.	
5	1	A,B,C,D		

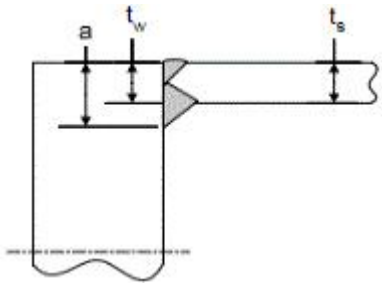
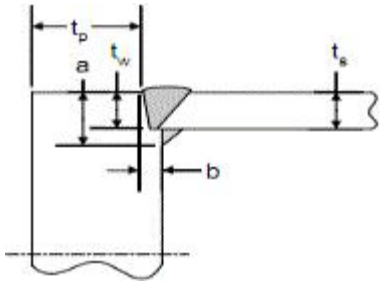
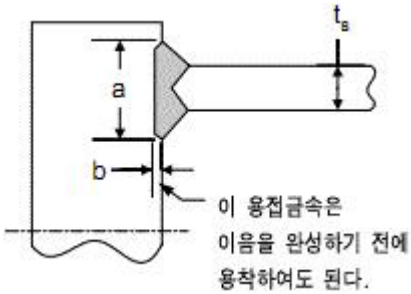
상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
6	1	A,B,C,D		
7	1	B	• 용접 베벨은 설명하기 위한 목적이다. • $t_1 \geq \max[0.8t_m, t_{pipe}]$ • $\alpha \leq 30^\circ$ • β는 $14^\circ \leq \beta \leq 18.5^\circ$ • r의 최소 반지름은 6 mm(0.25 in) • 이음 형식 2와 3은 허용된다. 제한사항은 645.15.4 제1호~제5호 참조	
8	1	B	• $t_1 \geq \max[0.8t_m, t_{pipe}]$ • $\alpha \leq 30^\circ$ • β는 $14^\circ \leq \beta \leq 18.5^\circ$ • r의 최소 반지름은 6 mm(0.25 in) • 이음 형식 2와 3은 허용된다. 제한사항은 645.15.4 제1호~제5호 참조	
9	1	B	• $\alpha \leq 30^\circ$ • 645.15.4 제2호 바. 참조 • 이음 형식 2와 3은 허용된다. 제한사항은 645.15.4 제1호~제5호 참조	
10	8	B	• $\alpha > 30^\circ$	
11	1	B	• $\alpha \leq 30^\circ$ • 645.15.4 제2호 바. 참조 • 이음 형식 2와 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 645.15.4 제1호~제5호 참조.	
12	8	B	• $\alpha > 30^\circ$	

[표 645.15.4-3] 성형 경판에 적합한 용접이음

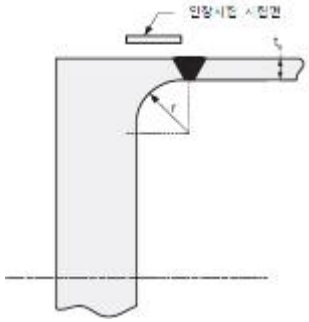
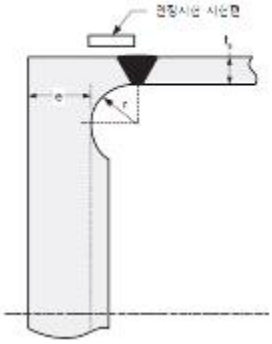
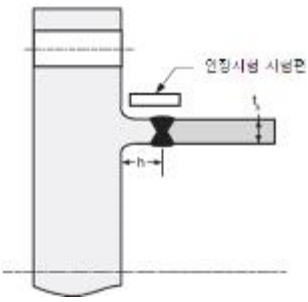
상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	1	A, B	• 이음 형식 2와 3은 허용된다. 제한사항은 645.15.4 제1호~제5호 참조	
2	1	A, B	• t_h가 t_s를 초과할 때, $a \geq 3b$ • $t_{off} \leq 0.5(t_h - t_s)$ • 스커트 최소 길이는 $\min[3t_h, 38mm(1.5in)]$. 요구되는 테이퍼 길이를 제공하기 위해서 필요한 경우는 제외한다. • 만일 $t_h \leq 1.25t_s$이면, 스커트의 길이는 어느 요구되는 테이퍼에 대해서도 충분하여야 한다. • 테이퍼 길이 a는 용접 폭을 포함할 수 있다. • 동체 판의 중심선은 경판 중심선의 어느 쪽에나 있을 수 있다. • 이음 형식 2와 3은 허용된다. 제한사항은 645.15.4 제1호~제5호 참조	
3	1	A, B		
4	1	A, B	• $a \geq 3b$ • $t_{off} \leq 0.5(t_h - t_s)$ • 테이퍼 길이 a는 용접 폭을 포함할 수 있다. • 동체 판의 중심선은 경판 중심선의 어느 쪽에나 있을 수 있다. • 이음 형식 2와 3은 허용된다. 제한사항은 645.15.4 제1호~제5호 참조	

상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
5	1	A, B	• 상세 4를 참조한다.	
6	2	B	• 맞대기용접과 필릿용접(적용한 경우)은 설계차압의 1.5 배의 전단 하중을 받을 수 있도록 설계하여야 한다. • $a \geq \min[2t_h, 25mm(1in)]$ • b는 최소한 13 mm(0.5 in) • 동체두께 t_{s1}과 t_{s2}와 다를 수 있다. • α는 $15^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	
7	1	A, B	• $r_1 \geq 2r_2$ • $r_2 \geq \min[t_s, t_h]$	

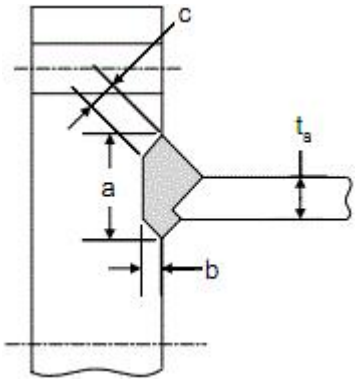
[표 645.15.4-4] 스테이가 없는 평 경판, 볼트조임 플랜지가 없는 관판 및 사각형 압력용기의 측판에 적합한 용접이음

상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	7	C	• $a \geq 2t_s$ • $t_w \geq t_s$	
2	7	C	• $a+b \geq 2t_s$ • $t_w \geq t_s$ • $t_p \geq \min[t_s, 6mm(0.25in)]$ • 치수 b는 개선에 의해서 생기며, 맞춘 뒤 그리고 용접 전에 입증하여야 한다.	
3	7	C	• $a+b \geq 2t_s$ • $b=0$가 허용된다. • 치수 b는 개선에 의해서 생기며, 맞춘 뒤 그리고 용접 전에 입증하여야 한다.	

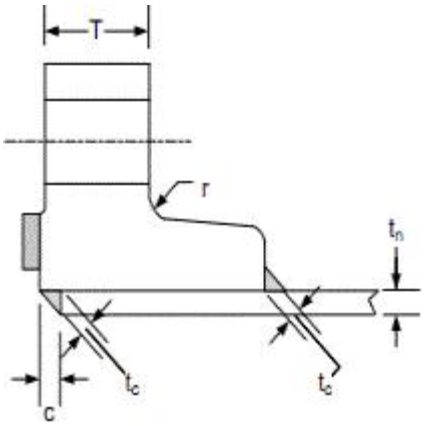
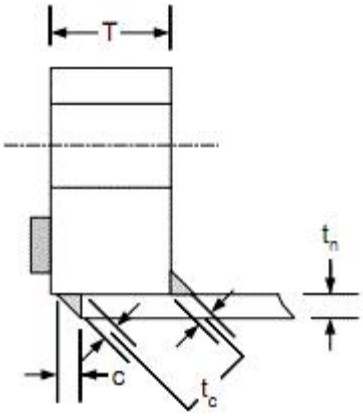
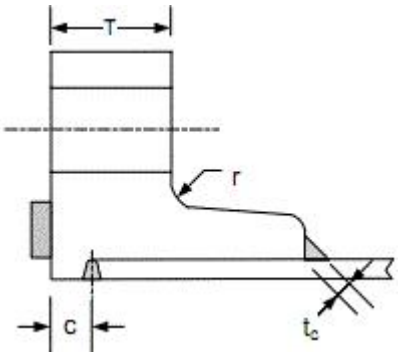
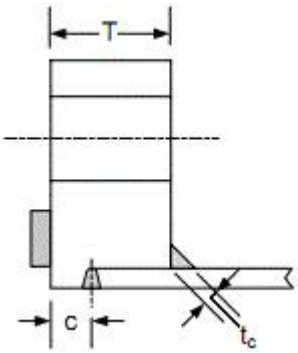
[표 645.15.4-5] 맞대기용접 허브에 적합한 용접이음

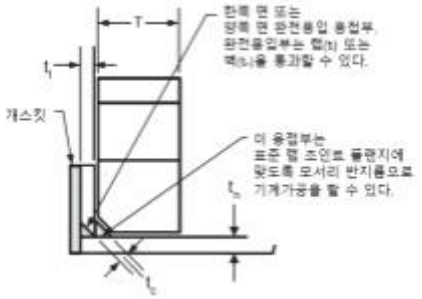
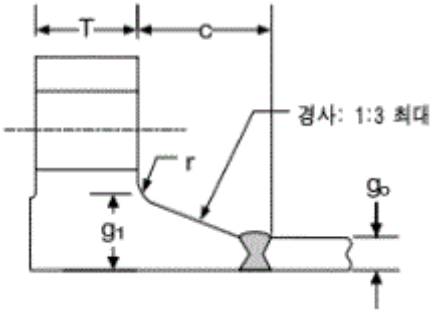
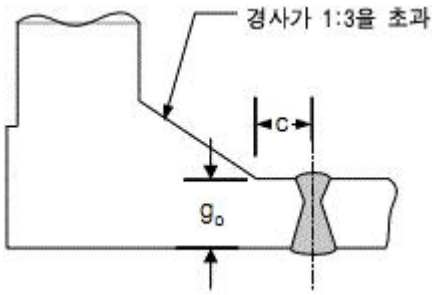
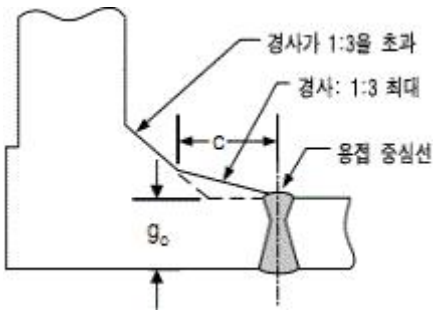
상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	1	C	• $t_s \le 38mm$(1.5 in)인 경우, $r \ge 10mm$(0.357 in) • $t_s > 38mm$(1.5 in)인 경우, $r \ge \min[0.25t_s, 19mm(0.75in)]$	
2	1	C	• $t_s \le 38mm$(1.5 in)인 경우, $r \ge 10mm$(0.357 in) • $t_s > 38mm$(1.5 in)인 경우, $r \ge \min[0.25t_s, 19mm(0.75in)]$ • $e \ge \max[t_s, T]$	
3	1	C	• $h = \max[1.5t_s, 19mm(0.75in)]$, 51 mm(2 in)를 초과할 필요는 없다.	

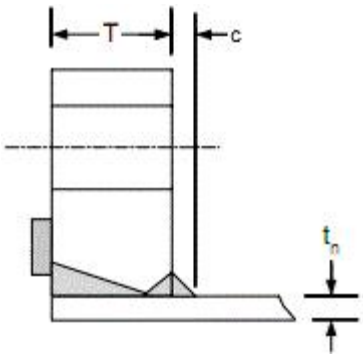
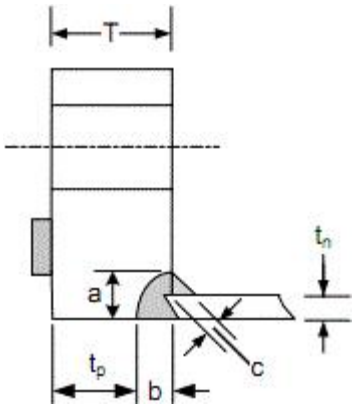
[표 645.15.4-6] 볼트조임 플랜지가 있는 관판 부착에 적합한 용접이음

상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	7	C	• $a + b \ge 2t_s$ • $b = 0$가 허용된다. • 치수 b는 개선에 의해서 형성되며, 가접 후 용접 전에 확인하여야 한다. • $c \ge \min[0.7t_s, 1.4t_r]$	

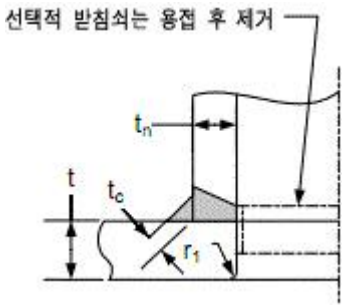
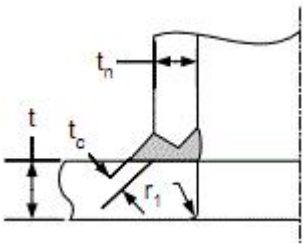
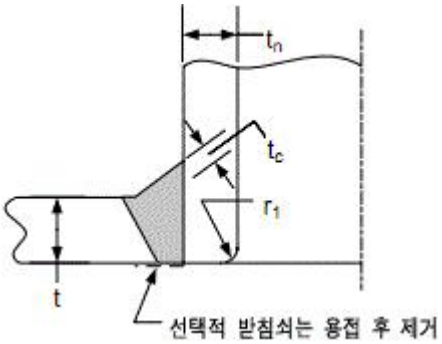
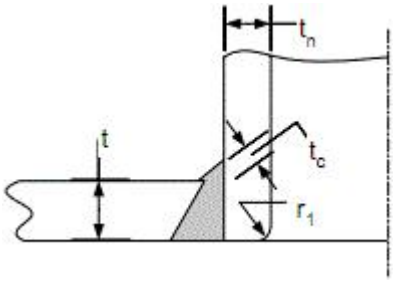
[표 645.15.4-7] 플랜지 부착에 적합한 용접이음

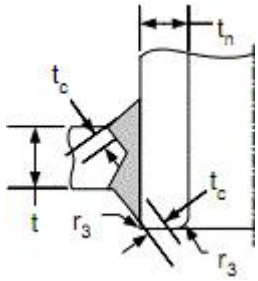
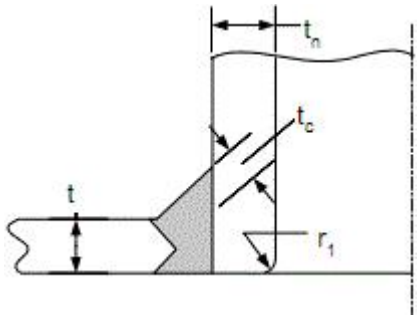
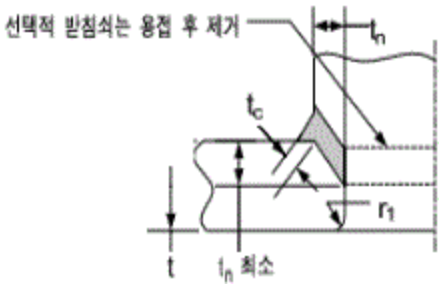
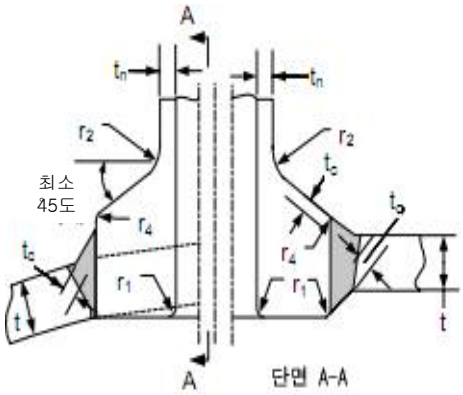
상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	10	C	• 분리형 플랜지 • $t_c \geq 0.7t_n$ • $c \leq t_n + 6\,mm$(0.25 in) 최대 • $r \geq \max[0.25g_1, 5\,mm(0.1875\,in)]$	
2	10	C	• 분리형 플랜지 • $t_c \geq 0.7t_n$ • $c \leq t_n + 6\,mm$(0.25 in) 최대	
3	7	C	• 분리형 플랜지 • $t_c \geq 0.7t_n$ • $c \leq 0.5t$ 최대 • $r \geq \max[0.25g_1, 5\,mm(0.1875\,in)]$	
4	7	C	• 분리형 플랜지 • $t_c \geq 0.7t_n$ • $c \leq 0.5t$ 최대	

상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
5	7	C	• 분리형 플랜지 • $t_c \geq 0.7t_n$ • $t_1 \leq t_n + 5mm(0.1875\ \text{in})$	
6	1	C	• 일체형 플랜지 • $c \geq 1.5g_o$ 최소 • $r \geq \max[0.25g_1, 5mm(0.1875in)]$	
7	1	C	• 일체형 플랜지 • $c \geq 1.5g_o$ 최소	
8	1	C	• 일체형 플랜지 • $c \geq 1.5g_o$ 최소	

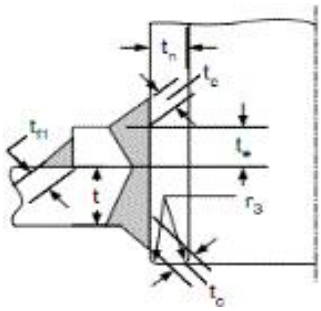
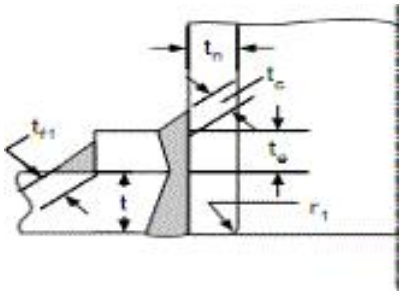
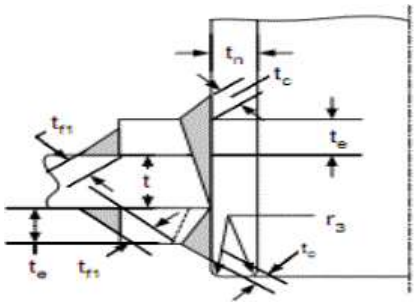
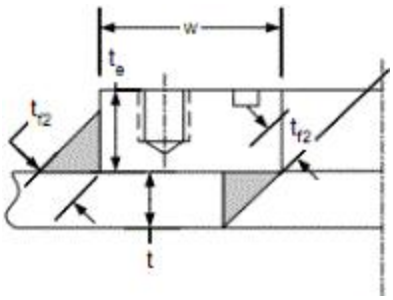
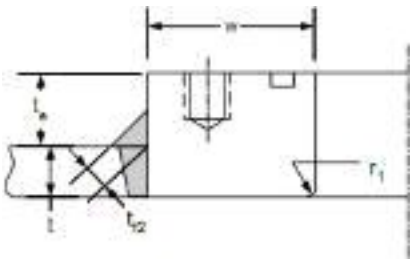
상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
9	7	C	• 일체형 플랜지 • $c \geq \min[0.25g_o, 6mm]$ • $c \geq \min[0.25g_1, 6mm(0.25in)]$	
10	7	C	• 일체형 플랜지 • $a+b \geq 3t_n$ • $t_p \geq \min[t_n, 6mm(0.25in)]$ • $c \geq \min[0.25g_1, 6mm(0.25in)]$	

[표 645.15.4-8] 완전용입 용접 노즐의 적합한 부착방법(방사선투과검사를 하기 어려운 형식)

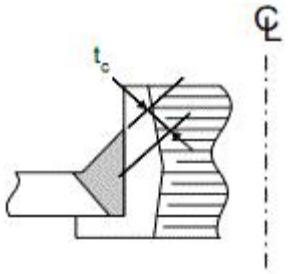
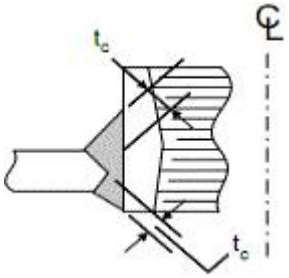
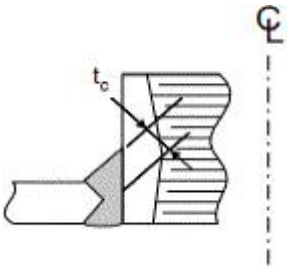
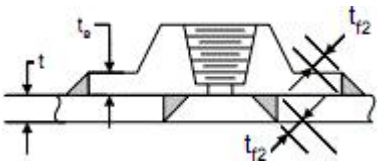
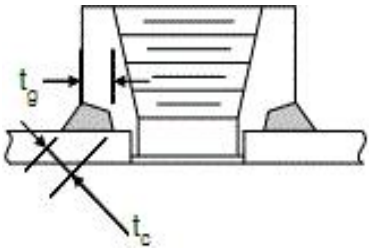
상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$	
2	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$	
3	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$	
4	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$	

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
5	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $r_3 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ 대안으로서 45° 에서 $r_3 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ 의 모서리 따기	
6	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$	
7	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$	
8	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ • $r_2 \geq 19mm\ (0.75in)$ • $r_4 \geq 6mm\ (0.25in)$	 원통형 용기의 축에 수직한 단면 및 평행한 단면

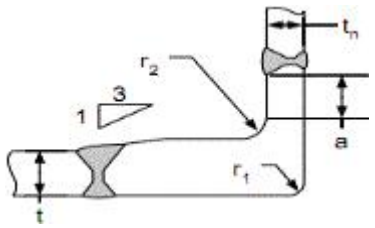
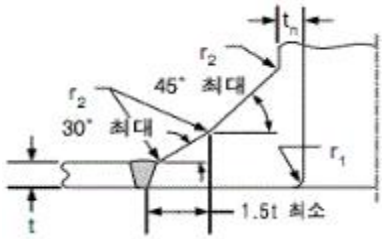
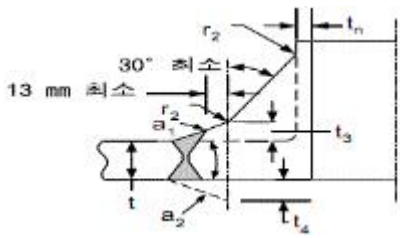
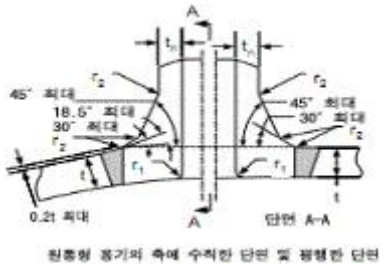
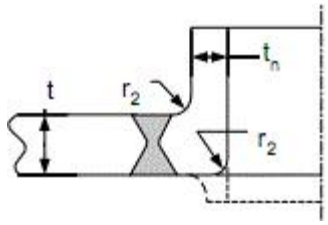
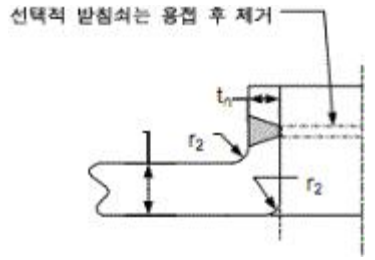
[표 645.15.4-9] 동체에 적합한 패드 용접 노즐의 부착방법 및 기타 연결부

상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $t_{f1} \geq \min[0.6t_e, 0.6t]$ • $r_3 \geq \min[0.25t_n, 3mm(0.125in)]$ 대안으로서 45° 에서 $r_3 \geq \min[0.25t_n, 3mm(0.125in)]$ 의 모서리 따기	
2	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $t_{f1} \geq \min[0.6t_e, 0.6t]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$	
3	7	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $t_{f1} \geq \min[0.6t_e, 0.6t]$ • $r_3 \geq \min[0.25t_n, 3mm(0.125in)]$ 다른 대안으로서 45° 에서 $r_3 \geq \min[0.25t_n, 3mm(0.125in)]$ 의 모서리 따기	
4	10	D	• $t_{f2} \geq \min[0.7t_e, 0.7t]$	
5	7	D	• $t_{f2} \geq \min[0.7t_e, 0.7t]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$	

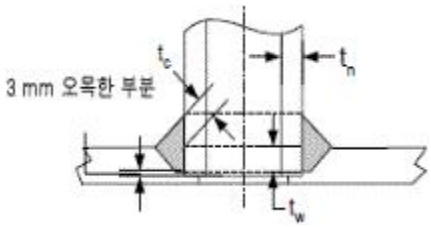
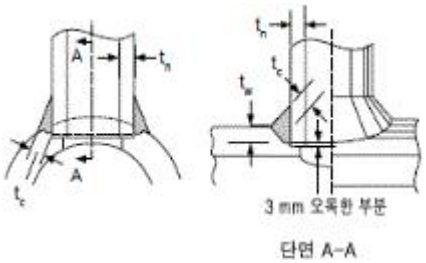
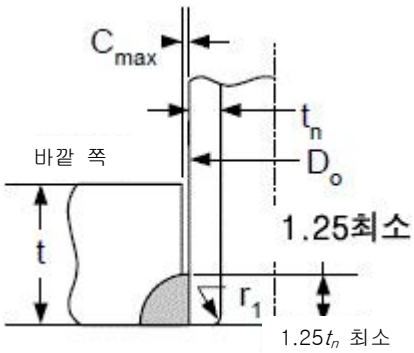
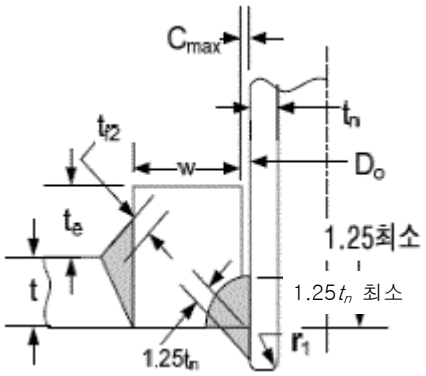
[표 645.15.4-10] 동체에 관이음쇠 형식 용접 노즐의 적합한 부착방법 및 기타 연결부

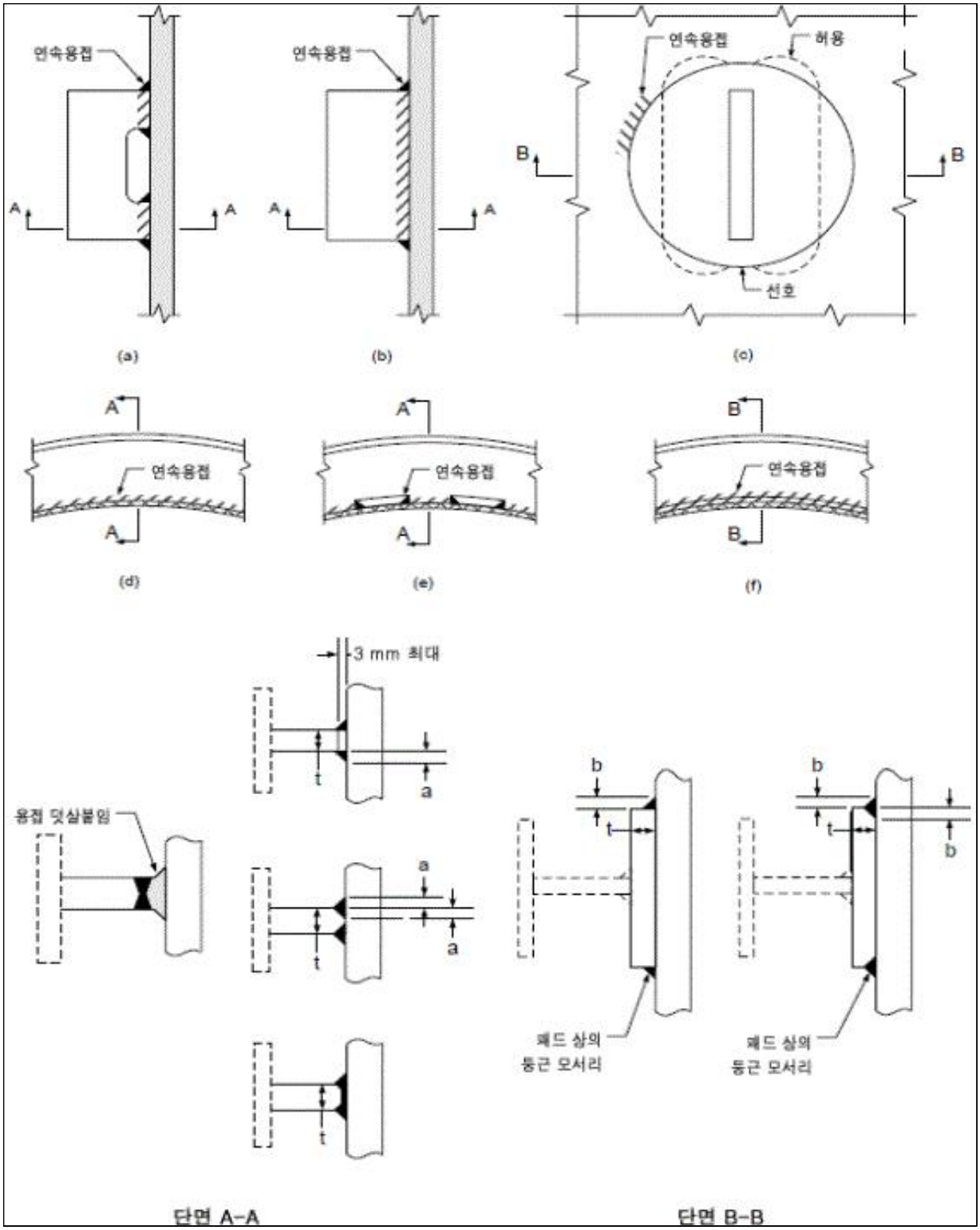
상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	7	D	• DIN 50(NPS 2) 이하로 제한 • $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$	
2	7	D	• DIN 50(NPS 2) 이하로 제한 • $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$	
3	7	D	• DIN 50(NPS 2) 이하로 제한 • $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$	
4	10	D	• DIN 50(NPS 2) 이하로 제한 • $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $t_{f2} \geq \min[0.7t_e, 0.7t]$	
5	9	D	• DIN 50(NPS 2) 이하로 제한 • 홈 용접 t_g는 스케줄 160의 두께 이상이어야 한다. • $t_{f2} \geq \min[0.7t_e, 0.7t]$	

[표 645.15.4-11] 용접 노즐의 적합한 부착방법(방사선투과검사를 하기 쉬운 형식)

상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	1	D	• $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ • $r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm(0.75in)]$	
2	1	D	• $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ • $r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm(0.75in)]$	
3	1	D	• $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ • $r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm(0.75in)]$ • $t_3 + t_4 \leq 0.2t$ • $a_1 + a_2 \leq 18.5^\circ$	
4	1	D	• $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ • $r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm(0.75in)]$	
5	1	D	• $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ • $r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm(0.75in)]$	
6	1	D	• $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ • $r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm(0.75in)]$	

[표 645.15.4-12] 부분용입 노즐의 적합한 부착방법

상세	이음 형식	이음 범주	설계 고려사항	그 림
1	9	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $t_w \geq 1.25t_n$	
2	9	D	• $t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm(0.25in)]$ • $t_w \geq 1.25t_n$	
3	9	D	• $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ C_{max}는 아래와 같이 정의: 0.25 mm, $D_o \leq 25mm$ 0.51 mm, $25mm < D_o \leq 102mm$ 0.76 mm, $D_o > 102mm$ 0.01 in, $D_o \leq 1$ in 0.02 in, $1in < D_o \leq 4$ in 0.03 in, $D_o > 4$ in	
4	9	D	• $t_{f2} \geq \min[0.7t_e, 0.7t]$ • $r_1 \geq \min[0.25t, 3mm(0.125in)]$ C_{max}는 아래와 같이 정의: 0.25 mm, $D_o \leq 25mm$ 0.51 mm, $25mm < D_o \leq 102mm$ 0.76 mm, $D_o > 102mm$ 0.01 in, $D_o \leq 1$ in 0.02 in, $1in < D_o \leq 4$ in 0.03 in, $D_o > 4$ in	

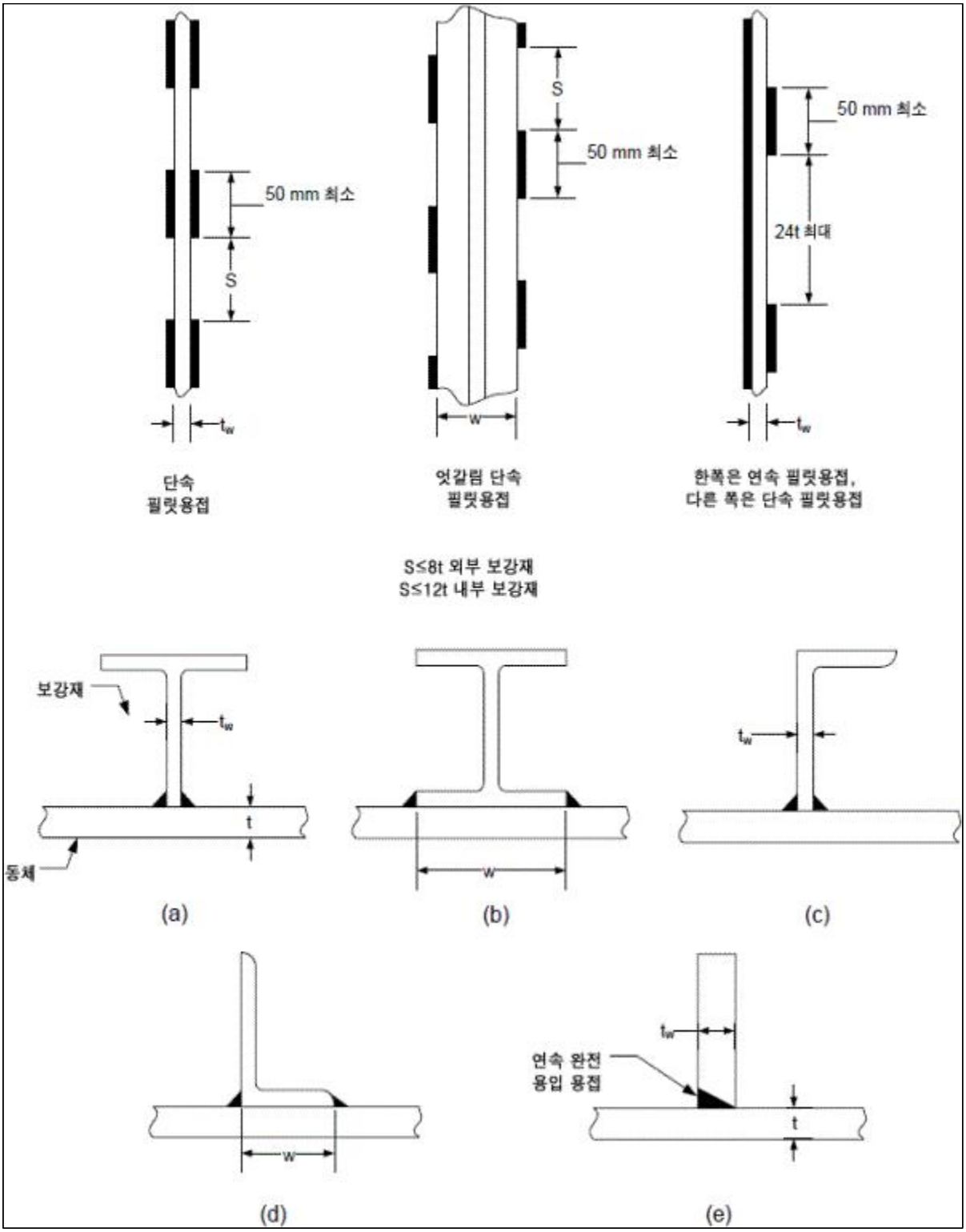


비고 a) 부착용접크기: $a \geq 0.25t$ 및 $b \geq 0.5t$

b) 연속용접으로 부착한 패드에 대해서 통기구멍을 고려하여야 한다.

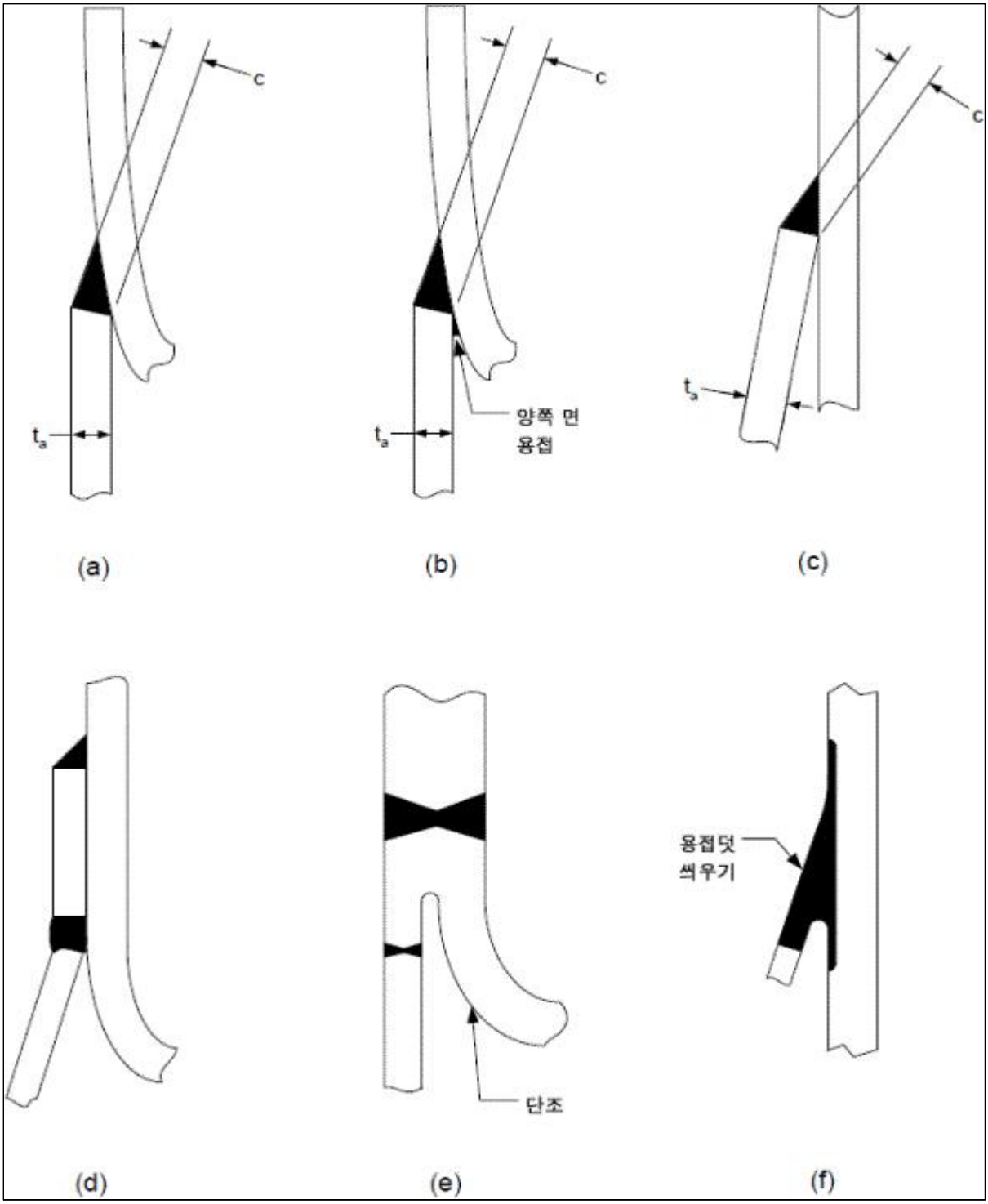
c) 위의 설계 (e)에 대해서는, 웨브의 최소한 50%는 동체 둘레에 따라서 균일한 간격으로 용접하여야만 한다.

[그림 645.15.4-1] 브래킷, 러그 및 보강재의 부착 용접 상세도



비고: 제한사항은 645.15.4 제5호 마. 참조

[그림 645.15.4-2] 보강 링의 적합한 부착방법



비고: a) 모든 용접은 연속용접이다.

b) c는 용접의 루트로부터 용접면까지 용접금속의 최소두께이다.

c) 부착용접크기: $c \geq t_a$

[그림 645.15.4-3] - 적합한 스커트 용접 상세도

645.16 내압을 받는 동체의 설계

645.16.1 동체 허용오차는 아래와 같다.

1. 완성된 동체는 아래의 요건을 만족시켜야 한다.
   가. 어느 단면에서의 최대안지름과 최소안지름 사이의 차이는 검토 단면의 공칭단면의 1%를 초과하여서는 안 된다. 그 지름은 용기의 안쪽 또는 바깥쪽에서 측정할 수 있다. 만일 바깥쪽에서 측정하였으면, 검토대상 단면에서의 판 두께에 대해서 보정하여야 한다.
   나. 단면이 구멍을 통과하거나 구멍의 중심으로부터 측정한 구멍의 안지름 이내에 있으면, 주어진 안지름 사이의 허용 차이는 그 구멍 안지름의 2 %만큼 증가시킬 수 있다. 그 단면이 경판-동체 접합부를 포함하여 그 용기의 축에 직각인 어느 다른 위치를 통과할 때, 그 지름 사이의 차이는 1%를 초과해서는 안 된다.
2. 성형경판의 허용오차는 아래의 요건을 만족시켜야 한다.
   가. 접시형, 원환원뿔형, 반구형 또는 타원형 경판의 안쪽 표면은 규정된 형상에서 바깥쪽으로 D의 1.25% 및 안쪽으로 D의 0.625%를 초과하여 벗어나서는 안 된다. 여기서 D는 부착점에서의 용기 동체 공칭안지름이며, 편차는 규정된 형상에 수직으로 측정하여야 하며, 경사가 커서는 안 된다. 또한 너클 반지름은 규정된 것보다 작아서는 안 된다.
   나. 위 가.에서 규정하는 편차 측정은 모재의 표면에서 하여야 하고 용접부에서 하여서는 안 된다.
   다. 스테이가 없는 성형경판의 플랜지(straight flange)를 동체에 랩 조인트 방식으로 연결하기 위해 기계 가공할 때는, 그 두께를 블랭크 경판(blank head) 또는 부착점에서 동체 두께의 90% 미만으로 감소시켜서는 안 된다. 기계 가공을 할 때, 기계 가공된 두께로부터 경판의 원래 두께로의 천이는 경사가 크지 않고 두께 차이의 적어도 3배되는 길이로 경사져야 한다.

645.16.2 원통형 동체는 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 내압을 받는 원통형 동체의 최소요구두께는 아래 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$t = \frac{D}{2}\left(\exp\left[\frac{P}{SE}\right] - 1\right) \tag{4.11}$$

2. 조합하중 - 내압과 다른 하중을 받는 원통형 동체는 아래 645.16.9의 요건을 만족시켜야 한다.

645.16.3 원뿔형 동체는 아래와 같이 설계하여야 한다.

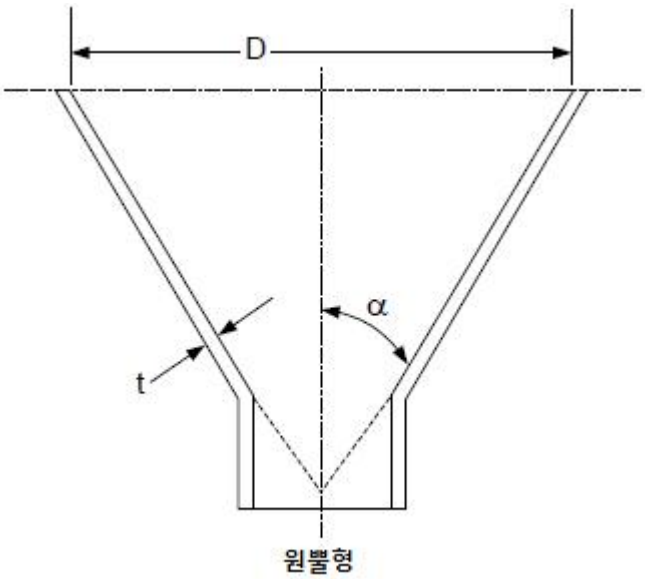
1. 요구두께 - 내압을 받는 원뿔형 동체(그림 645.16.3-1 참조)의 최소요구두께는 아래 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$t = \frac{D}{2\cos[\alpha]}\left(\exp\left[\frac{P}{SE}\right]-1\right) \tag{4.12}$$

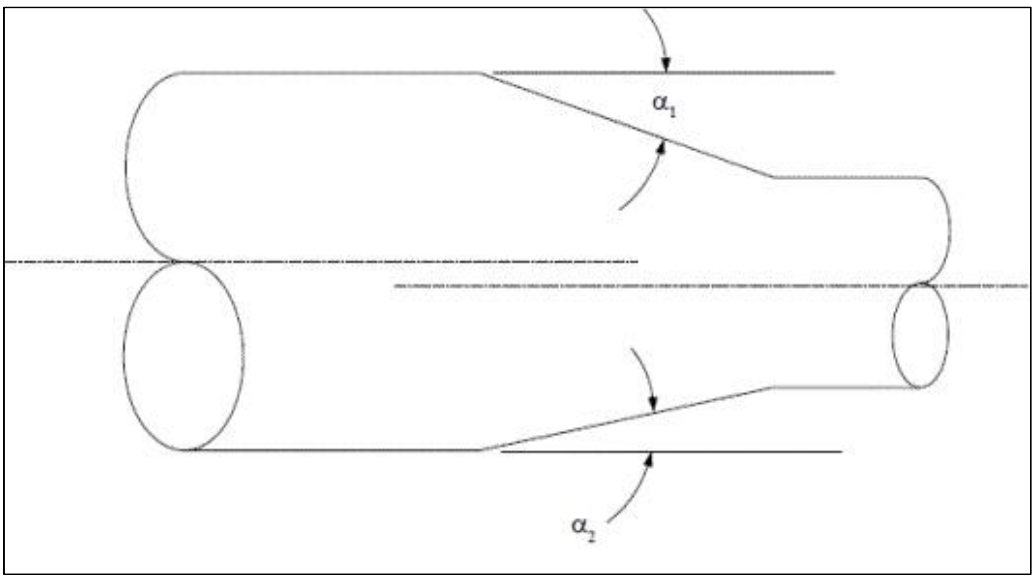
2. 오프셋 천이 - 오프셋 원뿔에 대한 원통은 그림 645.16.3-2에 나와 있는 최소 반지름의 차이 이하의 거리만큼 서로 평행한 중심선을 가져야 한다. 오프셋 원뿔는 식(4.13)에 각 α를 사용하여 동심원 원뿔로서 설계하여야 한다.

$$\alpha = \max[\alpha_1, \alpha_2] \tag{4.13}$$

3. 조합하중 - 외압과 다른 하중을 받는 원뿔형 동체는 아래 645.16.9의 요건을 만족시켜야 한다.



[그림 645.16.3-1] 원뿔형 동체



[그림 645.16.3-2] 오프셋 천이부 상세도

645.16.4 구형 동체와 반구형 경판은 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 구형 동체와 반구형 경판의 최소요구두께는 다음 아래 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$t = \frac{D}{2}\left(\exp\left[\frac{0.5P}{SE}\right] - 1\right) \tag{4.14}$$

2. 조합하중 - 내압과 다른 하중을 받는 구형 동체과 반구형 경판은 아래 645.16.9의 요건을 만족시켜야 한다.

645.16.5 접시형 경판은 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 중앙부와 너클 두께를 가진 접시형 경판 - 내압을 받는 접시형 경판(그림 645.16.5-1 참조)의 최소요구두께는 다음의 절차를 사용하여 계산하여야 한다.

순서 1 - 안지름 D를 결정하고, 중앙부 반지름 L, 너클 반지름 r 및 벽두께 t를 가정한다.

순서 2 - 경판의 L/D, r/D 및 L/t 비율을 계산하고 아래 식으로 만족여부를 결정하고 만족한다. 식에 만족하면, 순서 3으로 진행한다.

$$0.7 \le \frac{L}{D} \le 1.0 \tag{4.15}$$

$$\frac{r}{D} \ge 0.06 \tag{4.16}$$

$$20 \le \frac{L}{t} \le 2000 \tag{4.17}$$

순서 3 - 다음의 형상계수를 계산한다.

$$\beta_{th} = \arccos\left[\frac{0.5D - r}{L - r}\right], \text{radians} \tag{4.18}$$

$$\phi_{th} = \frac{\sqrt{Lt}}{r}, \text{radians} \tag{4.19}$$

$$\phi_{th} < \beta_{th} \text{는 } R_{th} = \frac{0.5D - r}{\cos\left[\beta_{th} - \phi_{th}\right]} + r \tag{4.20}$$

$$\phi_{th} \ge \beta_{th} \text{는 } R_{th} = 0.5D \tag{4.21}$$

순서 4 - 다음 식을 사용하여 계수 C_1과 C_2를 계산한다.

$$\frac{r}{D} \le 0.08 \text{는 } C_1 = 9.31\left(\frac{r}{D}\right) - 0.086 \tag{4.22}$$

$$\frac{r}{D} > 0.08 \text{는 } C_1 = 0.692\left(\frac{r}{D}\right) + 0.605 \tag{4.23}$$

$$\frac{r}{D} \le 0.08 \text{는 } C_2 = 1.25 \tag{4.24}$$

$$\frac{r}{D} > 0.08 \text{는 } C_2 = 1.46 - 2.6\left(\frac{r}{D}\right) \tag{4.25}$$

순서 5 - 너클의 탄성좌굴을 일으킬 것으로 예상되는 내압의 값을 계산한다.

$$P_{eth} = \frac{C_1 E_T t^2}{C_2 R_{th}\left(\frac{R_{th}}{2} - r\right)} \tag{4.26}$$

순서 6 - 그 재료의 항복강도와 같은 최대응력을 초래할 내압의 값을 계산한다.

$$P_y = \frac{C_3 t}{C_2 R_{th}\left(\frac{R_{th}}{2} - 1\right)} \tag{4.27}$$

설계온도에서 허용응력이 시간에 영향을 받는다면, C_3는 설계온도에서의 그 재료의 항복강도이다, 즉 $C_3 = S_y$. 설계온도에서 허용응력이 시간에 영향을 받는다면, C_3는 다음과 같이 정해진다.

(1) 만일 허용응력이 90% 항복 기준에 결정된다면, C_3는 설계온도에서 그 재료의 허용응력에 1.1로 곱한 값이다.

즉 $C_3 = 1.1S$

(2) 만일 허용응력이 67% 항복 기준에 결정된다면, C_3는 설계온도에서 그 재료의 허용응력에 1.5로 곱한 값이다.

즉 $C_3 = 1.5S$

순서 7 - 너클의 좌굴파괴를 일으킬 것으로 예상되는 내압의 값을 계산한다.

$G \le 1.0$에 대해서, $P_{ck} = 0.6P_{eth}$ (4.28)

$G > 1.0$에 대해서,

$$P_{ck} = \left(\frac{0.77508G - 0.20354G^2 + 0.019274G^3}{1 + 0.19014G - 0.089534G^2 + 0.0093965G^3}\right)P_y \tag{4.29}$$

여기서,

$$G = \frac{P_{eth}}{P_y} \tag{4.30}$$

순서 8 - 너클의 좌굴파괴에 근거한 허용압력을 계산한다.

$$P_{ak} = \frac{P_{ck}}{1.5} \tag{4.31}$$

순서 9 - 중앙부의 파열에 근거한 허용압력을 계산한다.

$$P_{ac} = \frac{2SE}{\frac{L}{t} + 0.5} \tag{4.32}$$

순서 10 - 최고허용내압을 계산한다.

$$P_a = \min[P_{ak}, P_{ac}] \tag{4.33}$$

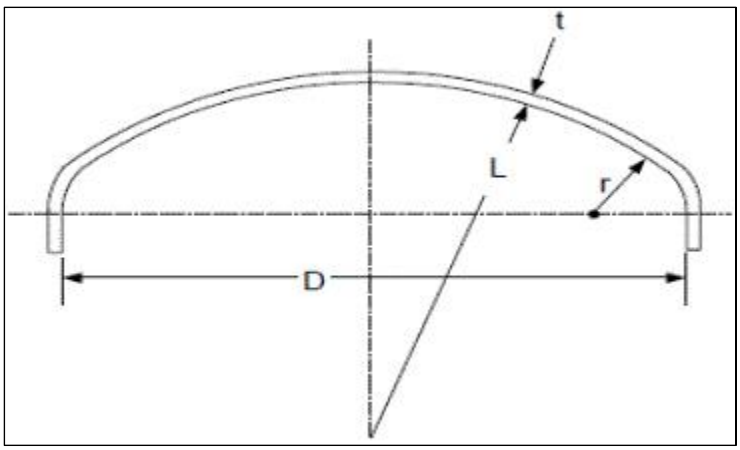
순서 11 - 만일 순서 10으로부터 계산한 허용내압이 설계압력 이상이면, 설계는 완료된다. 만일 순서 10으로부터 계산한 허용내압이 설계압력 미만이면, 경판두께를 증가시키고, 순서 2부터 순서 10을 반복한다. 허용할 수 있는 설계가 이루어질 때까지 이 과정을 반복한다.

2. 중앙부와 너클의 두께가 상이한 접시형 경판 - 그림 645.16.5-2와 같이 여러 개의 용접된 구성부품으로 성형된 접시형 경판은 너클부위보다 구형의 중앙부가 얇을 수 있다. 그 두께의 천이는 두꺼운 부분의 안쪽 표면에 위치하여야 하며, 기울기가 1 : 3을 초과하지 않아야 한다.

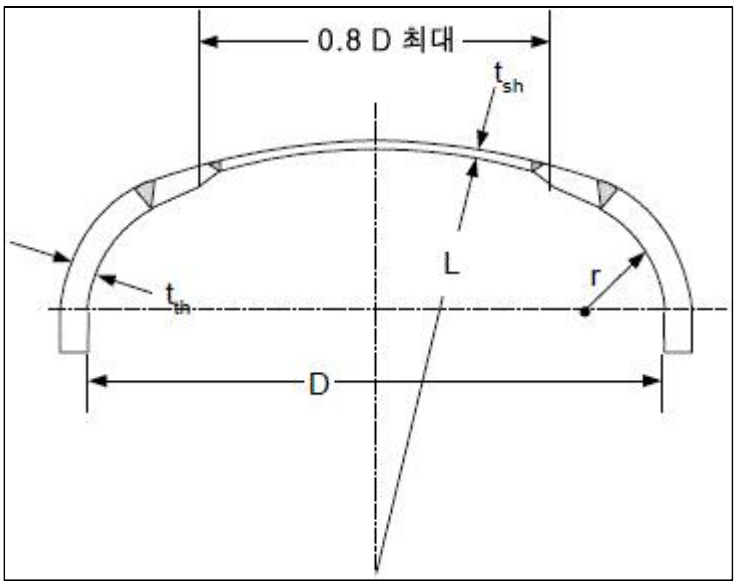
가. 경판의 구형 중앙부의 최소두께는 645.16.4에 따라서 결정하여야 한다.

나. 경판의 너클 부위의 최소두께는 645.16.5 1. 순서 2.에 따라서 결정하여야 한다.

3. 조합하중 - 내압과 다른 하중을 받는 접시형 경판은 아래 645.16.9의 요건을 만족시켜야 한다. 이 계산에서, 그 접시형 경판은 L과 같은 반지름을 가진 등가 구형 동체(equivalent spherical shell)와 비슷하여야 한다.



[그림 645.16.5-1] 균일한 두께의 접시형 경판



[그림 645.16.5-2] 돔 및 너클의 두께가 상이한 접시형 경판

645.16.6 타원형 경판은 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 내압을 받는 타원형 경판(그림 645.16.6-1 참조)의 최소요구두께는 r과 L에 다음을 대입하여서 위 645.16.5의 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$$r = D\left(\frac{0.5}{k} - 0.08\right) \tag{4.34}$$

$$L = D(0.44k + 0.02) \tag{4.35}$$

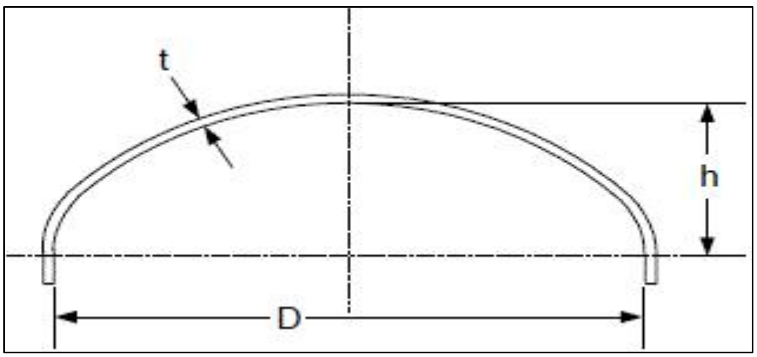
여기서

$$k = \frac{D}{2h} \tag{4.36}$$

이 항의 요건은 아래 식(4.37)을 만족시키는 타원형 경판에 적용할 수 있다.

$$1.7 \le k \le 2.2 \tag{4.37}$$

2. 조합하중 - 내압과 다른 하중을 받는 타원형 경판은 아래 645.16.9의 요건을 만족시켜야 한다. 이 계산에서, 그 타원형 경판은 L과 같은 반지름을 가진 등가 구형 동체와 비슷하여야 한다.



[그림 645.16.6-1] 타원형 경판

645.16.7 부분적으로 얇은 부위는 아래와 같이 설계하여야 한다.

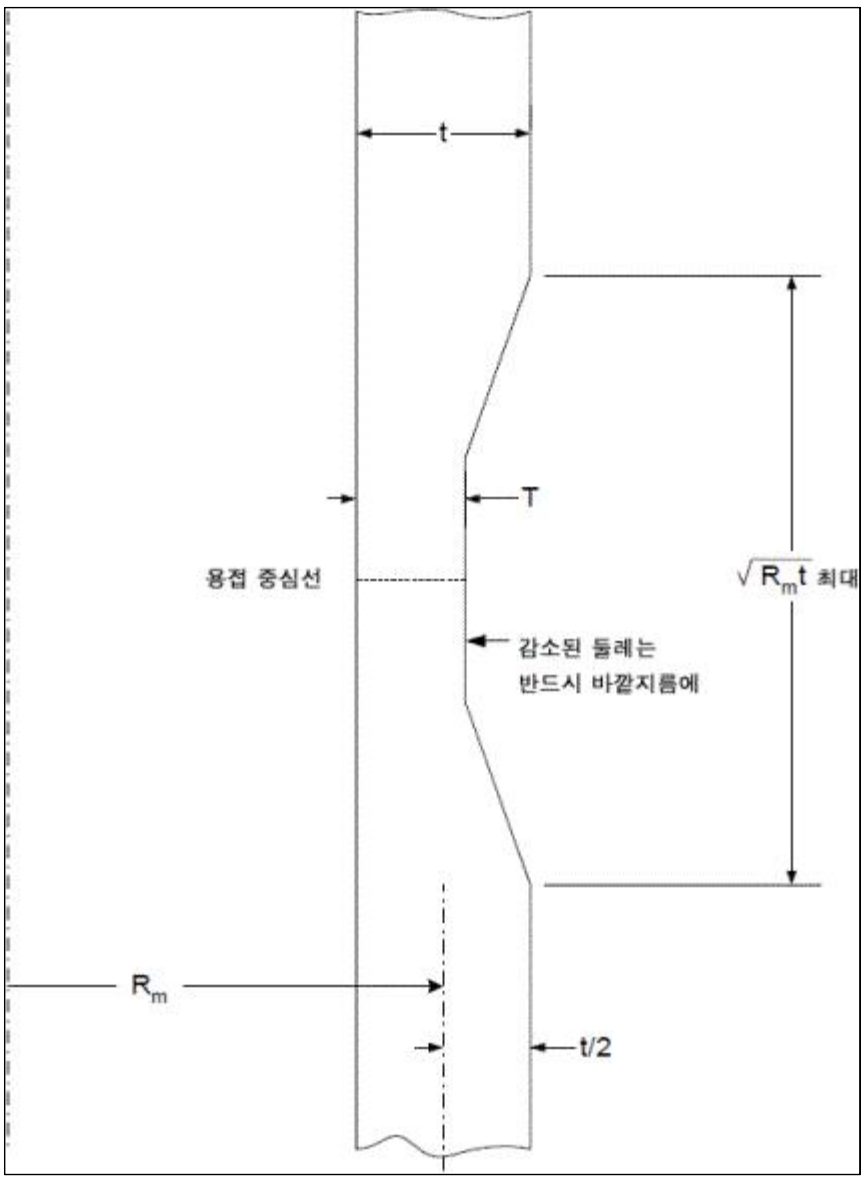
1. 부분적으로 얇은 부위의 평가는 아래 645.16.12를 따른다.
2. 그림 645.16.7-1에서 처럼 원통형 동체의 용접이음에서 감소된 두께가 원둘레를 완전히 감싸는 부분적으로 얇은 띠는 아래의 모든 요건이 만족된다면 허용된다.
   가. 감소된 두께의 띠 설계는 한계하중이나 탄소성해석(elastic plastic analysis)으로 평가하여야 하며, 응력해석과 피로해석에 대한 해당 요건을 만족시켜야 한다.
   나. 원통형 형상은 $R_m/t \ge 10$을 만족시켜야 한다.

다. 감소된 동체부위의 두께는 위 645.16.2에 따라서 결정된 원통 요구두께의 2/3 이상이어야 한다.

라. 감소된 두께 부위는 그 모재에서 3 : 1의 최소기울기천이를 가지며 그 용기의 바깥쪽에 있어야 한다.

마. 각 얇은 부위의 총 길이방향 길이는 $\sqrt{R_m t}$(그림 645.16.7-1 참조)를 초과해서는 안 된다.

바. 기울기의 두꺼운 쪽 가장자리로부터 불연속까지의 길이방향 최소거리는 $2.5\sqrt{R_m t}$ 또는 1차 막응력강도가 $1.1S$를 초과하는 겹침 부위가 생기지 않는 거리 중에서 큰 값이 되어야 한다.



[그림 645.16.7-1] 원통형 동체 내의 부분적으로 얇은 띠

645.16.8 용기의 벽을 관통하지 않는 드릴구멍은 다음과 같이 설계되어야 한다.

1. 용기의 벽을 완전히 관통하지 않고 부분적으로 뚫린 드릴구멍에 대한 설계요건이 이 항에 제시되어 있다. 이 요건은 스터드가 있는 연결부나 누설검지공에는 적용되지 않는다.
2. 원통형 및 구형 동체에 부분적으로 뚫린 방사상드릴구멍은 다음의 요건이 만족된다면 사용할 수 있다.

가. 드릴구멍 지름이 50 mm(2 in.) 이하이다.

나. 두께에 대한 동체 안지름의 비율은 10 이상이어야 한다.

다. 부분적으로 뚫린 두 드릴구멍 사이 또는 부분적으로 뚫린 드릴구멍과 보강하지 않은 구멍 사이의 중심선 거리는 645.18.12의 요건을 만족시켜야 한다.

라. 부분적으로 뚫리는 구멍은 보강된 구멍의 보강판 내에 있어서는 안 된다.

마. 구멍의 바깥쪽 가장자리는 모 따기를 하여야 한다. 편평한 바닥을 가진 구멍의 안쪽 바닥 모서리는 아래의 최소반지름 r_{hr}을 가져야 한다.

$$r_{hr} = \min\left[\frac{d}{4}, 6mm(0.25in)\right] \tag{4.38}$$

바. 부분적으로 뚫린 드릴구멍의 위치에서 최소허용나머지두께 t_{rw}는 아래와 같이 결정하여야 한다.

$$t_{rw} \geq \max\left[t_{rw1}, 0.25t, 6mm(0.25in)\right] \tag{4.39}$$

여기서

$$t_{rw1} = t\left(-1.2261727 + 1.9842895\left(\frac{d}{D}\right) - 2.236553\left(\frac{d}{D}\right)^{0.5}\ln\left[\frac{d}{D}\right]\right) \tag{4.40}$$

사. 아래에서 결정된 것과 같은 계산된 평균전단응력은 $0.8S$를 초과하지 말아야 한다.

$$\tau_{pd} = \frac{Pd}{4t_{rw}} \tag{4.41}$$

645.16.9 조합하중과 허용응력은 아래와 같다.

1. 일반사항 - 이 항의 요건은 내압과 그림 645.16.9-1에서와 같은 추가하중 [정미단면축력(net section axial force), 굽힘 모멘트 및 비틀림 모멘트]을 받는 원통형, 구형 및 원뿔형 동체에 발생된 응력에 대한 합격기준을 결정하기 위한 것이다. 이 항의 요건은 645.16.2~645.16.4의 요건에 따라 벽두께를 결정한 원통형, 구형 및 원뿔형 동체에만 적용한다. 아래의 요건들이 충족된다면 이 요건을 적용할 수 있다.

가. 주요 구조적 불연속으로부터 $2.5\sqrt{Rt}$ 인 동체 부위에 이 요건을 적용한다.

나. 전단력은 일반적으로 무시할 수 있기 때문에, 이 요건은 전단력을 고려하지 않는다.

다. 두께에 대한 동체 안지름의 비율이 3.0보다 크다.

2. 다음 절차는 내압과 추가하중(정미단면축력, 굽힘 모멘트 및 비틀림 모멘트)을 받는 원통형, 구형 및 원뿔형 동체에 발생한 응력에 대한 합격기준을 결정하기 위한 것이다.

순서 1. 막응력을 계산한다.

(1) 원통형 동체

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PD}{E(D_o - D)} \tag{4.42}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{E}\left(\frac{PD^2}{D_o^2 - D^2} + \frac{4F}{\pi(_o^2 - D^2)} + \frac{32MD_o\cos[\theta]}{\pi(_o^4 - D^4)}\right) \tag{4.43}$$

$$\tau = \frac{16M_tD_o}{\pi(D_o^4 - D^4)} \tag{4.44}$$

(2) 구형 동체

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PD^2}{E(D_o^2 - D^2)} \tag{4.45}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{E}\left(\frac{PD^2}{D_o^2 - D^2} + \frac{4F}{\pi(D_o^2 - D^2)\sin^2[\phi]} \pm \frac{32MD_o\cos[\theta]}{\pi(D_o^4 - D^4)\sin^3[\phi]}\right) \tag{4.46}$$

$$\tau = \frac{32MD_o \quad \cos[\phi]}{\pi(D_o^4 - D^4)\sin^3[\phi]}\sin[\theta] + \frac{16M_tD_o}{\pi(D_o^4 - D^4)\sin^2[\phi]} \tag{4.47}$$

(3) 원뿔형 동체

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PD}{E(D_o - D)\cos[\alpha]} \tag{4.48}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{E}\left(\frac{PD^2}{(D_o^2 - D^2)\cos[\alpha]} + \frac{4F}{\pi(D_o^2 - D^2)\cos[\alpha]} \pm \frac{32MD_o\cos[\theta]}{\pi(D_o^4 - D^4)\cos[\alpha]}\right) \tag{4.49}$$

$$\tau = \frac{32MD_o}{\pi(D_o^4 - D^4)}\tan[\alpha]\sin[\theta] + \frac{16M_tD_o}{\pi(D_o^4 - D^4)} \tag{4.50}$$

순서 2. 주응력을 계산한다.

$$\sigma_1 = 0.5\left(\sigma_{\theta m} + \sigma_{sm} + \sqrt{(\sigma_{\theta m} - \sigma_{sm})^2 + 4\tau^2}\right) \tag{4.51}$$

$$\sigma_2 = 0.5\left(\sigma_{\theta m} + \sigma_{sm} - \sqrt{(\sigma_{\theta m} - \sigma_{sm})^2 + 4\tau^2}\right) \tag{4.52}$$

$$\sigma_3 = \sigma_r = -0.5P \tag{4.53}$$

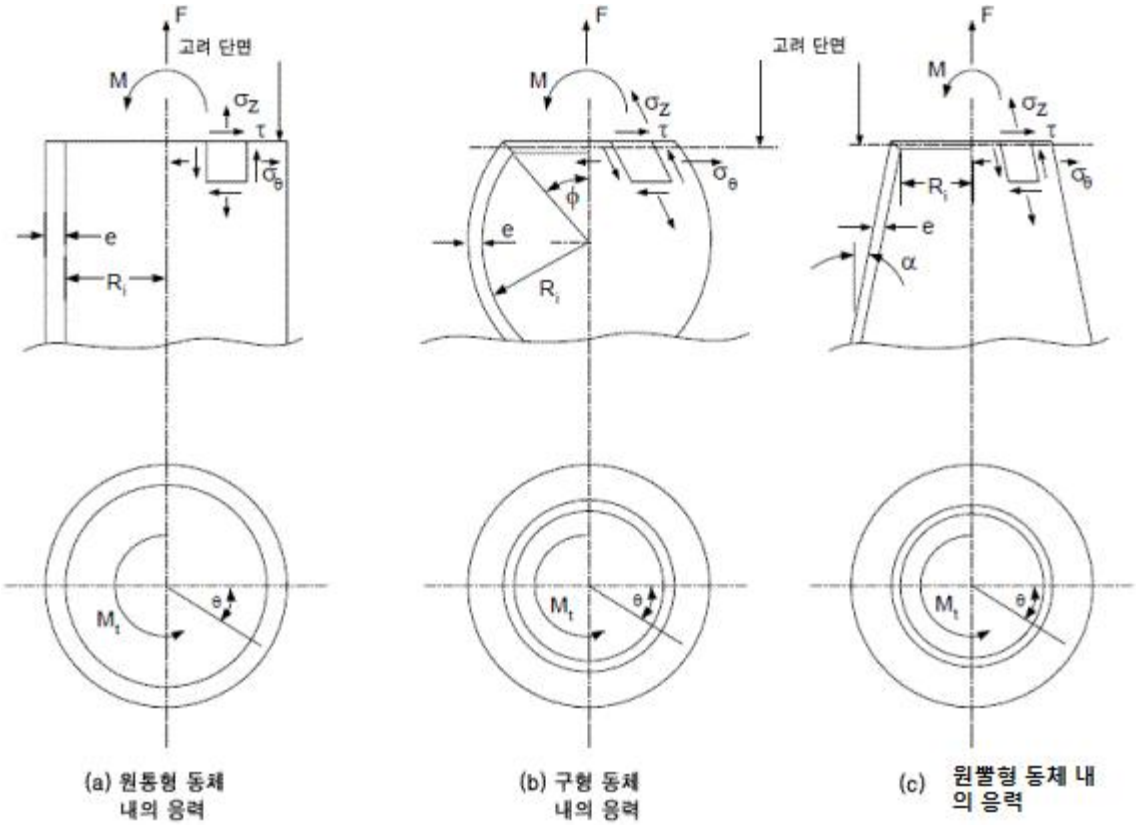
순서 3. 동체의 어느 점에서나 다음의 한계를 만족시켜야 한다.

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\right]^{0.5} \le S \tag{4.54}$$

순서 4. - 원통형 및 원뿔형 동체는 자오선 응력(meridional stress) σ_{sm}이 압축이면, $\lambda = 0.15$ 값으로 645.17.11.2.를 사용하여 F_{xa}를 평가하는 식(4.55)를 만족하여야 하며, 구형 동체는 645.17.11.4.의 허용압축응력기준을 만족하여야 한다. 이 경우에 대한 지배적 조건이 내압이 없는 조합하중일 수 있다는 것을

고려하여야 한다.

$$\sigma_{sm} \le F_{xa} \tag{4.55}$$



[그림 645.16.9-1] 추가 하중을 받는 동체

645.16.10 너클이 없는 원통형-원뿔형 동체의 천이 접합부는 다음을 따른다.

1. 내압과 정미단면축력, 굽힘 모멘트의 하중을 받는 대단부에 너클이나 소단부에 플레어가 없는 원뿔형 천이부 또는 원형 단면의 설계에 다음의 요건을 적용할 수 있다. 허용할 수 있는 원뿔형 천이부 상세내용은 그림 645.16.10-1에 나와 있다. 대단부의 너클이나 소단부의 플레어에 대한 설계는 아래 645.16.11에 제시되어 있다.
2. 그림 645.16.10-2에 원통-원뿔 천이 접합부 상세에 대한 설계규정에 제시되어 있다.
3. 원뿔의 표면에서 평행하게 측정한 원뿔형 동체의 길이는 다음 값 이상이 되어야 한다.

$$L_c \ge 2.0\sqrt{\frac{R_L t_c}{\cos[\alpha]}} + 1.4\sqrt{\frac{R_s t_c}{\cos[\alpha]}} \tag{4.56}$$

4. 너클이 없는 원통-원뿔 접합부의 설계를 위해서 사용하여야 하는 절차는 아래와 같다.

순서 1 - 위 645.16.2를 사용하여 대단부 원통 두께 t_L을 계산한다.

순서 2 – 원뿔 꼭지각의 반 α을 결정하고, 대단부에서의 원뿔두께 t_c를 위 645.16.3항을 사용하여 계산한다.

순서 3 – 식(4.56)과 다음 식들이 만족되도록 원뿔형상의 비례를 정한다. 만일 이 식들 모두가 만족되지 않으면, 해석적인 방법으로 원통-원뿔 접합부를 설계하여야 한다. 계산에서 $0^\circ < \alpha \le 10^\circ$ 이라면, $\alpha = 10^\circ$ 를 적용한다.

$$20 \le \frac{R_L}{t_L} \le 500 \tag{4.57}$$

$$1 \le \frac{t_C}{t_L} \le 2 \tag{4.58}$$

$$\alpha \le 60^\circ \tag{4.59}$$

순서 4 - 원뿔형 천이부에 적용되는 정미단면축력 F_L과 굽힘 모멘트 M_L을 결정한다. 압력으로 인한 추력 하중은 축력F_L의 일부로서 포함시키지 말아야 한다. 식(4.60)을 사용하여 등가 X_L을 결정한다.

$$X_L = \frac{F_L}{2\pi R_L} \pm \frac{M_L}{\pi R_L^2} \tag{4.60}$$

순서 5 - 접합부의 천이 설계 변수를 계산한다. 표 645.16.10-3 및 표 645.16.10-4에 제시된 것 이외의 n의 계산 값에 대해서는, 계산식 계수 C_t의 선형보간이 허용된다.

$$n = \frac{t_C}{t_L} \tag{4.61}$$

$$H = \sqrt{\frac{R_L}{t_L}} \tag{4.62}$$

$$B = \tan[\alpha] \tag{4.63}$$

순서 6 - 표 645.16.10-1에 있는 식을 사용하여 접합부에서의 원통과 원뿔의 응력을 계산한다. 인장응력에 대한 허용응력기준이 표 645.16.10-1에 제시되어 있다. 만일 접합부에서의 평균 원둘레 막응력 $\sigma_{\theta am}$이나 평균 길이방향 막응력 σ_{sam}이 압축이면, 부분적 좌굴의 조건을 고려하여야 한다. 만일 645.17.12. 2.를 사용하여 F_{ha}를 평가하고, $\lambda = 0.15$로 645.17.12.2.나.를 사용하여 F_{xa}를 평가하여 다음 한계가 만족된다면, 부분적 좌굴은 고려하지 않아도 되며, 만일 허용기준의 응력이 만족된다면, 그 접합부의 설계는 완료된다.

$$\sigma_{\theta am} \le F_{ha} \tag{4.64}$$

$$\sigma_{sam} \le F_{xa} \tag{4.65}$$

순서 7 - 만일 순서 6.의 응력허용기준이 만족된다면, 그 설계는 완료되며, 순서 6.의 응력허용기준이 만족되지 않는다면, 접합부 인근의 원통두께나 원뿔두께를 응력허용기준이 만족될 때까지 증가시킬 수 있다. 그 원통과 원뿔에

대하여 증가시킨 두께의 구간은 그림 645.16.10-2에서 보는 것처럼 그 접합부로부터 최소거리를 연장하여야 한다. 새로운 벽두께로 계산을 반복하기 위해서는 순서 3.으로 간다.

5. 플레어가 없는 원통-원뿔 접합부의 소단부를 설계하기 위하여 사용하여야 하는 절차가 아래에 기술되어 있다.

순서 1 - 위 645.16.2를 사용하여 소단부 원통 두께 t_s를 계산한다.

순서 2 - 원뿔의 꼭지각의 반 α를 결정하고, 위 645.16.3을 사용하여 소단부에서의 원뿔두께 t_c를 계산한다.

순서 3 – 식(4.56)과 다음 식들이 만족되도록 원뿔형상의 비례를 정한다. 만일 이 식들 모두가 만족되지 않으면, 해석적인 방법으로 원통-원뿔 접합부를 설계하여야 한다. 계산에서 $0^\circ < \alpha \le 10^\circ$ 이라면, $\alpha = 10^\circ$ 를 적용한다.

$$20 \le \frac{R_S}{t_S} \le 500 \tag{4.66}$$

$$1 \le \frac{t_C}{t_S} \le 2 \tag{4.67}$$

$$\alpha \le 60^\circ \tag{4.68}$$

순서 4 - 원뿔형 천이부에 작용하는 정미단면축력 F_s과 굽힘 모멘트 M_s을 결정한다. 압력으로 인한 추력 하중은 축력F_s의 일부로서 포함시키지 말아야 한다. 식(4.69)을 사용하여 등가 X_s을 결정한다.

$$X_s = \frac{F_S}{2\pi R_S} \pm \frac{M_S}{\pi R_S^2} \tag{4.69}$$

순서 5 - 접합부의 천이 설계 변수를 계산한다. 표 645.16.10-5 및 표 645.16.10-6에 제시된 것 이외의 n의 계산 값에 대해서는, 계산식 계수 C_i의 선형보간이 허용된다.

$$n = \frac{t_C}{t_S} \tag{4.70}$$

$$H = \sqrt{\frac{R_S}{t_S}} \tag{4.71}$$

$$B = \tan[\alpha] \tag{4.72}$$

순서 6 - 표 645.16.10-2에 있는 식을 사용하여 접합부에서의 원통과 원뿔의 응력을 계산한다. 인장응력에 대한 허용응력기준이 표 645.16.10-2에 제시되어 있다. 만일 접합부에서의 평균 원둘레 막응력 $\sigma_{\theta am}$이나 평균 길이방향 막응력 σ_{sam}이 압축이면, 645.17.11.2.아.의 압축응력기준이 만족되어야 한다.

순서 7 - 만일 순서 6.의 응력허용기준이 만족된다면, 그 설계는 완료되며, 순서 6.의 응력허용기준이 만족되지 않는다면, 접합부 인근의 원통두께나 원뿔두께를 응력허용기준이 만족될 때까지 증가시킬 수 있다. 그 원통과 원뿔에

대하여 증가시킨 두께의 구간은 그림 645.16.10-2에서 보는 것처럼 그 접합부로부터 최소거리를 연장하여야 한다. 새로운 벽두께로 계산을 반복하기 위해서는 순서 3.으로 간다.

[표 645.16.10-1] 대단부 접합부

원 통	원 추
응력 합성력 계산	
$M_{sp} = Pt_L^2 M_{sN}$, 표 645.16.10-3 참조 $M_{sX} = X_L t_L M_{sN}$, 표 645.16.10-4 참조 $M_s = M_{sP} + M_{sX}$ $Q_p = Pt_L Q_N$, 표 645.16.10-3 참조 $Q_X = X_L Q_N$, 표 645.16.10-4 참조 $Q = Q_P + Q_X$ $\beta_{cy} = \left[\frac{3(1-\nu^2)}{R_L^2 t_L^2}\right]^{0.25}$ $N_s = \frac{PR_L}{2} + X_L$ $N_\theta = PR_L + 2\beta_{cy} R_L(-M_s\beta_{cy} + Q)$ $K_{pc} = 1.0$	$M_{csP} = M_{sP}$ $M_{csX} = M_{sX}$ $M_{cs} = M_{csP} + M_{csX}$ $Q_c = Qcos[\alpha] + N_s \sin[\alpha]$(1) $R_C = \frac{R_L}{\cos[\alpha]}$ $\beta_{co} = \left[\frac{3(1-\nu^2)}{R_C^2 t_C^2}\right]^{0.25}$ $N_{cs} = N_s \cos[\alpha] - Qsin[\alpha]$(2) $N_{c\theta} = \frac{PR_L}{\cos[\alpha]} + 2\beta_{co} R_C(-M_{cs}\beta_{co} - Q_c)$ $K_{cpc} = 1.0$
응력 계산	
$\sigma_{sm} = \frac{N_s}{t_L}$ $\sigma_{sb} = \frac{6M_s}{t_L^2 K_{pc}}$ $\sigma_{\theta m} = \frac{N_\theta}{t_L}$ $\sigma_{\theta b} = \frac{6\nu M_s}{t_L^2 K_{pc}}$	$\sigma_{sm} = \frac{N_{cs}}{t_C}$ $\sigma_{sb} = \frac{6M_{cs}}{t_C^2 K_{cpc}}$ $\sigma_{\theta m} = \frac{N_{c\theta}}{t_C}$ $\sigma_{\theta b} = \frac{6\nu M_{cs}}{t_C^2 K_{cpc}}$
허용기준	
$\sigma_{sm} \le 1.5S$ $\sigma_{sm} \pm \sigma_{sb} \le S_{PS}$ $\sigma_{\theta m} \le 1.5S$ $\sigma_{\theta m} \pm \sigma_{\theta b} \le S_{PS}$	$\sigma_{sm} \le 1.5S$ $\sigma_{sm} \pm \sigma_{sb} \le S_{PS}$ $\sigma_{\theta m} \le 1.5S$ $\sigma_{\theta m} \pm \sigma_{\theta b} \le S_{PS}$
주 1. 원뿔에서 합성 전단력 Q_c을 결정하기 위하여 사용되는 Q 및 N_s의 값들은 원통에 대해서 규정된 것들과 같다. 2. 원뿔에서 합성 자오선 막 힘 N_{cs}을 결정하기 위하여 사용되는 Q 및 N_s의 값들은 원통에 대해서 규정된 것들과 같다.	

[표 645.16.10-2] 소단부 접합부

원 통	원 추
응력 합성력 계산	
$M_{sp} = Pt_S^2 M_{sN}$, 표 645.16.10-5 참조 $M_{sX} = X_S t_S M_{sN}$, 표 645.16.10-6 참조 $M_s = M_{sP} + M_{sX}$ $Q_p = Pt_S Q_N$, 표 645.16.10-5 참조 $Q_X = X_S Q_N$, 표 645.16.10-6 참조 $Q = Q_P + Q_X$ $\beta_{cy} = \left[\frac{3(1-\nu^2)}{R_S^2 t_S^2}\right]^{0.25}$ $N_s = \frac{PR_S}{2} + X_S$ $N_\theta = PR_S + 2\beta_{cy} R_S(-M_s\beta_{cy} - Q)$ $K_{pc} = 1.0$	$M_{csP} = M_{sP}$ $M_{csX} = M_{sX}$ $M_{cs} = M_{csP} + M_{csX}$ $Q_c = Qcos[\alpha] + N_s \sin[\alpha]$[주 1] $R_C = \frac{R_S}{\cos[\alpha]}$ $\beta_{co} = \left[\frac{3(1-\nu^2)}{R_C^2 t_C^2}\right]^{0.25}$ $N_{cs} = N_s \cos[\alpha] - Qsin[\alpha]$[주 2] $N_{c\theta} = \frac{PR_S}{\cos[\alpha]} + 2\beta_{co} R_C(-M_{cs}\beta_{co} + Q_c)$ $K_{cpc} = 1.0$
응력계산	
$\sigma_{sm} = \frac{N_s}{t_S}$ $\sigma_{sb} = \frac{6M_s}{t_S^2 K_{pc}}$ $\sigma_{\theta m} = \frac{N_\theta}{t_S}$ $\sigma_{\theta b} = \frac{6\nu M_s}{t_S^2 K_{pc}}$	$\sigma_{sm} = \frac{N_{cs}}{t_C}$ $\sigma_{sb} = \frac{6M_{cs}}{t_C^2 K_{cpc}}$ $\sigma_{\theta m} = \frac{N_{c\theta}}{t_C}$ $\sigma_{\theta b} = \frac{6\nu M_{cs}}{t_C^2 K_{cpc}}$
허용기준	
$\sigma_{sm} \le 1.5S$ $\sigma_{sm} \pm \sigma_{sb} \le S_{PS}$ $\sigma_{\theta m} \le 1.5S$ $\sigma_{\theta m} \pm \sigma_{\theta b} \le S_{PS}$	$\sigma_{sm} \le 1.5S$ $\sigma_{sm} \pm \sigma_{sb} \le S_{PS}$ $\sigma_{\theta m} \le 1.5S$ $\sigma_{\theta m} \pm \sigma_{\theta b} \le S_{PS}$
주 1. 원뿔에서 합성 전단력 Q_c을 결정하기 위하여 사용되는 Q 및 N_s의 값들은 원통에 대해서 규정된 것들과 같다. 2. 원뿔에서 합성 자오선 막 힘 N_{cs}을 결정하기 위하여 사용되는 Q 및 N_s의 값들은 원통에 대해서 규정된 것들과 같다.	

[표 645.16.10-3] 대단부 접합부에 작용하는 압력

계산식 계수 - C_i	n				
	1	1.25	1.5	1.75	2
접합부 모멘트 합성력 - M_{sN} [주 1]					
1	-3.065534	-3.113501	-3.140885	-3.129850	-3.115764
2	3.642747	3.708036	3.720338	3.674582	3.623956
3	0.810048	0.736679	0.623373	0.490738	0.360998
4	-0.221192	-0.239151	-0.241393	-0.224678	-0.209963
5	-0.081824	-0.075734	-0.056744	-0.034581	-0.013613
6	0.035052	0.083171	0.157222	0.240314	0.316184
7	0.025775	0.027432	0.027393	0.025163	0.023508
8	-0.015413	-0.015659	-0.017311	-0.019456	-0.021796
9	0.002102	0.000993	-0.004600	-0.011145	-0.017172
10	-0.005587	-0.013283	-0.025609	-0.039144	-0.050859
접합부 전단력 합성력 - Q_N [주 1]					
1	-1.983852	-1.911375	-1.893640	-1.852083	-1.816642
2	2.410703	2.292069	2.253430	2.184549	2.126469
3	0.626443	0.478030	0.364794	0.251818	0.152468
4	-0.119151	-0.079165	-0.075123	-0.059024	-0.048876
5	-0.115841	-0.074658	-0.047032	-0.024214	-0.007486
6	0.122993	0.219247	0.282565	0.343492	0.390839
7	0.012160	0.007250	0.007505	0.006116	0.005632
8	-0.016987	-0.021607	-0.024667	-0.027144	-0.029118
9	0.010919	-0.003818	-0.012439	-0.018971	-0.023076
10	-0.016653	-0.033814	-0.043500	-0.052435	-0.058417

주 1. M_{sN}과 Q_N을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.

$$M_{sN}, Q_N = -\exp\begin{bmatrix} C_1 + C_2\ln[H] + C_3\ln[B] + C_4(\ln[H])^2 + C_5(\ln[B])^2 + C_6\ln[H]\ln[B] + \\ C_7(\ln[H])^3 + C_8(\ln[B])^3 + C_9\ln[H](\ln[B])^2 + C_{10}(\ln[H])^2\ln[B] \end{bmatrix}$$

[표 645.16.10-4] 대단부 접합부에 작용하는 등가 선하중

계산식 계수 - C_i	n				
	1	1.25	1.5	1.75	2
접합부 모멘트 합성력 - M_{sN} [주 1]					
1	-5.697151	-5.727483	-5.893323	-6.159334	-6.532748
2	0.003838	0.006762	0.012440	0.019888	0.029927
3	0.476317	0.471833	0.466370	0.461308	0.454550
4	-0.213157	-0.213004	-0.211065	-0.207037	-0.200411
5	2.233703	2.258541	2.335015	2.449057	2.606550
6	0.000032	0.000010	-0.000006	-0.000008	-0.000004
7	0.002506	0.003358	0.004949	0.007005	0.009792
8	-0.001663	-0.002079	-0.003105	-0.004687	-0.007017
9	-0.212965	-0.216613	-0.224714	-0.235979	-0.251220
10	0.000138	-0.000108	-0.000721	-0.001597	-0.002797
11	-0.106203	-0.106269	-0.107142	-0.108733	-0.110901
접합부 전단력 합성력 - Q_N [주 1]					
1	-4.774616	-5.125169	-5.556823	-6.113380	-6.858200
2	0.000461	0.021875	0.049082	0.084130	0.131374
3	-0.002831	-0.055928	-0.127941	-0.225294	-0.361885
4	-0.197117	-0.196848	-0.196204	-0.194732	-0.193588
5	1.982132	2.156708	2.378102	2.668633	3.069269
6	0.000069	-0.000450	-0.001077	-0.001821	-0.002760
7	-0.000234	0.000188	0.000821	0.001694	0.002958
8	-0.003536	-0.005341	-0.007738	-0.010934	-0.015089
9	-0.202493	-0.223872	-0.251223	-0.287283	-0.337767
10	-0.000088	-0.002426	-0.005428	-0.009440	-0.015045
11	0.001365	0.012698	0.027686	0.047652	0.075289

주 1. M_{sN}과 Q_N을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.

$$M_{sN}, Q_N = -\exp\left[\frac{C_1 + C_3\ln[H^2] + C_5\ln[\alpha] + C_7(\ln[H^2])^2 + C_9(\ln[\alpha])^2 + C_{11}\ln[H^2]\ln[\alpha]}{1 + C_2\ln[H^2] + C_4\ln[\alpha] + C_6(\ln[H^2])^2 + C_8(\ln[\alpha])^2 + C_{10}\ln[H^2]\ln[\alpha]}\right]$$

[표 645.16.10-5] 소단부 접합부에 작용하는 압력

계산식 계수 C_i	n				
	1	1.25	1.5	1.75	2
접합부 모멘트 합성력 - M_{sN} [주 1]					
1	-9.603864	-10.120204	-11.590094	-14.736086	-19.665953
2	1.757570	1.865549	2.194962	3.000388	4.147060
3	3.922662	4.216682	4.896021	6.275540	8.608657
4	-0.044136	-0.054687	-0.083049	-0.159865	-0.251860
5	-1.030010	-1.096878	-1.215038	-1.433226	-1.814677
6	-0.009443	-0.035894	-0.129454	-0.354361	-0.716397
7	0.004233	0.004680	0.005673	0.008393	0.010707
8	0.114139	0.120581	0.128474	0.140881	0.162459
9	0.014907	0.016652	0.024109	0.041024	0.069480
10	-0.007855	-0.006866	-0.003471	0.006310	0.021241
접합부 전단력 합성력 - Q_N [주 2]					
1	0.028230	0.138738	0.229994	0.324683	0.572060
2	0.000020	0.000018	0.000017	0.000012	-0.000020
3	0.001668	0.004442	0.007178	0.009745	0.010806
4	0.002986	0.003013	0.003070	0.003111	0.002863
5	0.001134	0.003375	0.006121	0.008046	0.002508
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
7	0.000001	-0.000002	-0.000005	-0.000007	-0.000008
8	-0.000122	-0.000121	-0.000120	-0.000120	-0.000118
9	-0.000181	-0.000185	-0.000204	-0.000217	-0.000152
10	0.000001	0.000001	0.000001	0.000000	0.000001
11	-0.004724	-0.004449	-0.004196	-0.003937	-0.003618

주 1. M_{sN}을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.

$$M_{sN} = -\exp\left[\begin{array}{l} C_1 + C_2\ln[H^2] + C_3\ln[\alpha] + C_4(\ln[H^2])^2 + C_5(\ln[\alpha])^2 + C_6\ln[H^2]\ln[\alpha] + \\ C_7(\ln[H^2])^3 + C_8(\ln[\alpha])^3 + C_9\ln[H^2](\ln[\alpha])^2 + C_{10}(\ln[H^2])^2\ln[\alpha] \end{array}\right]$$

2. Q_N을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.

$$Q_N = \left(\frac{C_1 + C_3H^2 + C_5\alpha + C_7H^4 + C_9\alpha^2 + C_{11}H^2\alpha}{1 + C_2H^2 + C_4\alpha + C_6H^4 + C_8\alpha^2 + C_{10}H^2\alpha}\right)$$

[표 645.16.10-6] 소단부 접합부에 작용하는 등가 선하중

계산식 계수 C_i	n				
	1	1.25	1.5	1.75	2
접합부 모멘트 합성력 - M_{sN} [주 1]					
1	-0.000770	0.000047	0.002404	0.005739	0.009883
2	-0.000631	-0.000328	-0.000039	0.000228	0.000461
3	-0.001225	-0.001188	-0.001078	-0.000947	-0.000863
4	0.141992	0.132422	0.125807	0.121793	0.120862
5	0.010694	0.009782	0.009838	0.010624	0.010828
6	0.000013	0.000006	-0.000002	-0.000009	-0.000015
7	-0.000006	-0.000005	-0.000006	-0.000008	-0.000008
8	0.009692	0.008832	0.007578	0.006250	0.005050
9	0.006265	0.005445	0.003695	0.001526	0.000428
10	-0.000046	0.000013	0.000088	0.000174	0.000228
11	0.202184	0.208296	0.205158	0.197030	0.186569
접합부 전단력 합성력 - Q_N [주 2]					
1	-0.460610	-0.444728	-0.428725	-0.412018	-0.396044
2	-0.002334	0.006653	0.013482	0.019474	0.026267
3	-0.400914	-0.376108	-0.353457	-0.331001	-0.309053
4	0.001527	-0.000645	-0.002211	-0.003547	-0.005263
5	-0.140077	-0.129461	-0.121073	-0.113194	-0.105461
6	0.000783	0.001952	0.002208	0.002162	0.002317
7	-0.000215	-0.000027	0.000105	0.000213	0.000373
8	-0.019079	-0.017116	-0.015814	-0.014700	-0.013625
9	0.000385	0.000618	0.000739	0.000806	0.000860
10	0.000105	0.000005	0.000038	0.000103	0.000115

주 1. M_{sN}을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.

$$M_{s_N} = \left(\frac{C_1 + C_3 H + C_5 B + C_7 H^2 + C_9 B^2 + C_{11} HB}{1 + C_2 H + C_4 B + C_6 H^2 + C_8 B^2 + C_{10} HB} \right)$$

2. Q_N을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.

$$Q_N = \begin{bmatrix} C_1 + C_2 \ln[H] + C_3 \ln[B] + C_4 (\ln[H])^2 + C_5 (\ln[B])^2 + C_6 \ln[H] \ln[B] + \\ C_7 (\ln[H])^3 + C_8 (\ln[B])^3 + C_9 \ln[H] (\ln[B])^2 + C_{10} (\ln[H])^2 \ln[B] \end{bmatrix}$$

[표 645.16.10-7] 응력계산 - 너클 - 대단부 원통

조밀한 너클 - $\alpha r_k < 2K_m\left(\left\{R_k(\alpha^{-1}\times\tan[\alpha])^{0.5}+r_k\right\}t_k\right)^{0.5}$ 여기서 $K_m = 0.7$

응력계산

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PK_m(R_L\sqrt{R_Lt_L}+L_k\sqrt{L_kt_C})+\alpha(PL_{1k}r_k-0.5P_eL_{1k}^2)}{K_m\left(t_L\sqrt{R_Lt_L}+t_C\sqrt{L_kt_C}\right)+\alpha t_kr_k}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{P_eL_{1k}}{2t_k}$$

$$P_e = P+\frac{F_L}{\pi L_{1k}^2\cos^2\left[\frac{\alpha}{2}\right]}\pm\frac{2M_L}{\pi L_{1k}^3\cos^3\left[\frac{\alpha}{2}\right]}$$

$$L_k = \frac{R_k}{\cos[\alpha]}+r_k$$

$$L_{1k} = R_k\left(\alpha^{-1}\times\tan[\alpha]\right)^{0.5}+r_k$$

합격기준

$\sigma_{\theta m} \le S,\ \sigma_{sm} \le S$

조밀하지 않은 너클 - $\alpha r_k \ge 2K_m\left(\left\{R_k(\alpha^{-1}\times\tan[\alpha])^{0.5}+r_k\right\}t_k\right)^{0.5}$ 여기서 $K_m = 0.7$

TL-1에서 응력계산

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PR_LK_m\sqrt{R_Lt_L}+\beta_k(PL_{1k}r_k-0.5P_eL_{1k}^2)}{K_m(t_L\sqrt{R_Lt_L}+t_k\sqrt{L_{1k}t_k})}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{P_eL_{1k}}{2t_k}$$

$$P_e = P+\frac{F_L}{\pi L_{1k}^2\cos^2\left[\frac{\beta_k}{2}\right]}\pm\frac{2M_L}{\pi L_{1k}^3\cos^3\left[\frac{\beta_k}{2}\right]}$$

$$L_{1k} = R_k\left(\beta_k^{-1}\cdot\tan[\beta_k]\right)^{0.5}+r_k$$

$$\beta_k = \left(\frac{K_m}{r_k}\right)\sqrt{R_Lt_k}$$

TL-2에서 응력계산

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PL_kK_m\sqrt{L_kt_C}+(\alpha-\beta_k)(PL_{1k}r_k-0.5P_eL_{1k}^2)}{K_m(t_C\sqrt{L_kt_C}+t_k\sqrt{L_{1k}t_k})}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{P_eL_{1k}}{2t_k}$$

$$P_e = P+\frac{F_L}{\pi L_{1k}^2\cos^2[\phi_k]}\pm\frac{2M_L}{\pi L_{1k}^3\cos^3[\phi_k]}$$

$$L_k = \frac{R_k}{\cos[\alpha]}+r_k$$

$$L_{1k} = R_k\left(\{\tan[\alpha]-\tan[\beta_k]\}\{\alpha-\beta_k\}^{-1}\right)^{0.5}+r_k$$

$$\beta_k = \alpha-\left(\frac{K_m}{r_k}\right)\sqrt{L_kt_k}$$

$$\phi_k = \frac{(\alpha+\beta_k)}{2}$$

[표 645.16.10-7] 응력계산 - 너클 - 대단부 원통(계속)

조밀하지 않은 너클 부위 내의 응력계산 주: 평가를 하여야 할 너클 부위의 위치들의 수는 다음 식으로 주어진다. $j_k = 2\left(int\left[\frac{\alpha-\beta_{k1}-\beta_{k2}}{\beta_{k1}+\beta_{k2}}\right]+1\right)+1$ 여기서 $\beta_{k1} = \frac{K_m}{r_k}\sqrt{R_L t_k}$, $\beta_{k2} = \frac{K_m}{r_k}\sqrt{L_k t_k}$, $L_k = \frac{R_k}{\cos[\alpha]}+r_k$ $j = 1,....,j_k$에 대해서 계산한다. $\sigma_{\theta m}^j = \frac{PL_{1k}^j}{t_k} - \frac{P_e^j (L_{1k}^j)^2}{2r_k t_k}$, $\sigma_{sm}^j = \frac{P_e^j L_{1k}^j}{2t_k}$ 여기서 $P_e = P + \frac{F_L}{\pi (L_{1k}^j)^2 \cos^2[\phi_k^j]} \pm \frac{2M_L}{\pi (L_{1k}^j)^3 \cos^3[\phi_k^j]}$ $L_{1k}^j = \frac{R_k}{\cos[\phi_k^j]}+r_k$ $\phi_k^j = \phi_k^s + (j-1)\left(\frac{\phi_k^s-\phi_k^e}{j_k-1}\right)$, $\phi_k^s = \frac{K_m\sqrt{L_{1k}t_k}}{r_k}$, $\phi_k^e = \alpha - \phi_k^s$
합격기준 $\sigma_{\theta m} \le S$, $\sigma_{sm} \le S$ $\sigma_{\theta m}^j \le S$, $\sigma_{sm}^j \le S$

[표 645.16.10-8] 응력계산 - 플레어 - 소단부 원통

조밀한 너클 - $\alpha r_f < 2K_m\left(\left\{R_f(\alpha^{-1} \times \tan[\alpha])^{0.5} + r_f\right\}t_f\right)^{0.5}$ 여기서 $K_m = 0.7$

응력계산

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PK_m(R_S\sqrt{R_S t_S}) + \alpha(PL_{1f}r_f + 0.5P_e L_{1f}^2)}{K_m\left(t_S\sqrt{R_S t_S} + t_C\sqrt{L_f t_C}\right) + \alpha t_f r_f}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{P_e L_{1f}}{2t_f}$$

$$P_e = P + \frac{F_S}{\pi L_{1f}^2 \cos^2\left[\frac{\alpha}{2}\right]} \pm \frac{2M_S}{L_{1f}^3 \cos^3\left[\frac{\alpha}{2}\right]}$$

$$L_k = \frac{R_f}{\cos[\alpha]} - r_f$$

$$L_{1f} = R_f\left(\alpha^{-1} \bullet \tan[\alpha]\right)^{0.5} - r_f$$

합격기준

$\sigma_{\theta m} \le S,\ \sigma_{sm} \le S$

조밀하지 않은 너클 - $\alpha r_f < 2K_m\left(\left\{R_f(\alpha^{-1} \bullet \tan[\alpha])^{0.5} - r_f\right\}t_f\right)^{0.5}$ 여기서 $K_m = 0.7$

TL-3에서 응력계산

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PL_f K_m\sqrt{L_f t_C} + (\alpha - \beta_f)(PL_{1f}r_f + 0.5P_e L_{1f}^2)}{K_m(t_C\sqrt{L_f t_C} + t_f\sqrt{L_{1f}t_f})}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{P_e L_{1f}}{2t_f}$$

$$P_e = P + \frac{F_S}{\pi L_{1f}^2 \cos^2[\phi_f]} \pm \frac{2M_S}{\pi L_{1f}^3 \cos^3[\phi_f]}$$

$$L_f = \frac{R_f}{\cos[\alpha]} - r_f$$

$$L_{1f} = R_f\left(\{\tan[\alpha] - \tan[\beta_f]\}\{\alpha - \beta_f\}^{-1}\right)^{0.5} - r_f$$

$$\beta_f = \alpha - \left(\frac{K_m}{r_f}\right)\sqrt{L_f t_f}$$

$$\phi_f = \frac{(\alpha + \beta_f)}{2}$$

TL-4에서 응력계산

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PR_S K_m\sqrt{R_S t_S} + \beta_f(PL_{1f}r_f + 0.5P_e L_{1f}^2)}{K_m(t_C\sqrt{R_S t_S} + t_f\sqrt{L_{1f}t_f})}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{P_e L_{1f}}{2t_f}$$

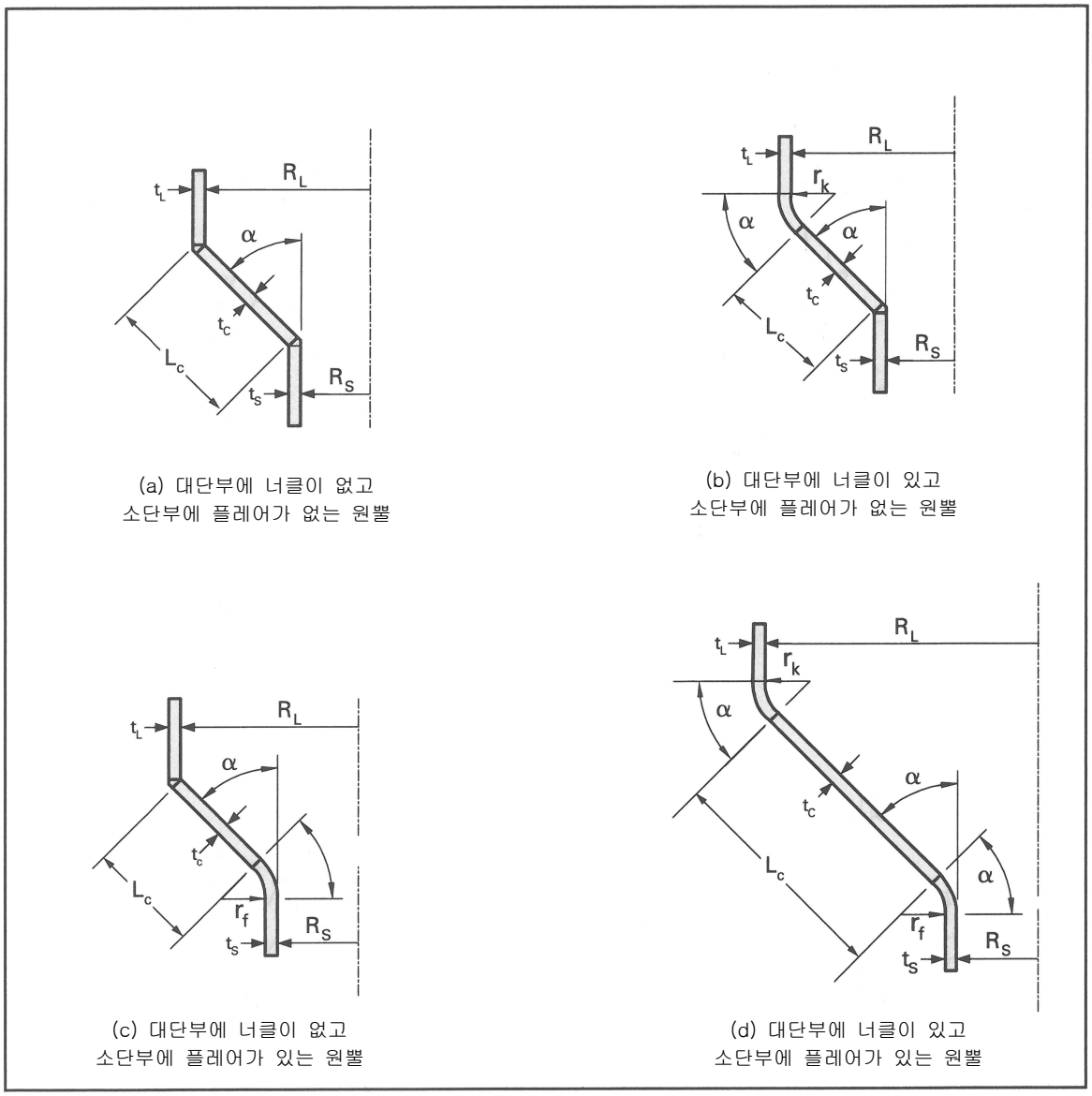
$$P_e = P + \frac{F_S}{\pi L_{1f}^2 \cos^2\left[\frac{\beta_f}{2}\right]} \pm \frac{2M_S}{\pi L_{1f}^3 \cos^3\left[\frac{\beta_f}{2}\right]}$$

$$L_{1f} = R_f\left(\beta_f^{-1}\tan[\beta_f]\right)^{0.5} - r_f$$

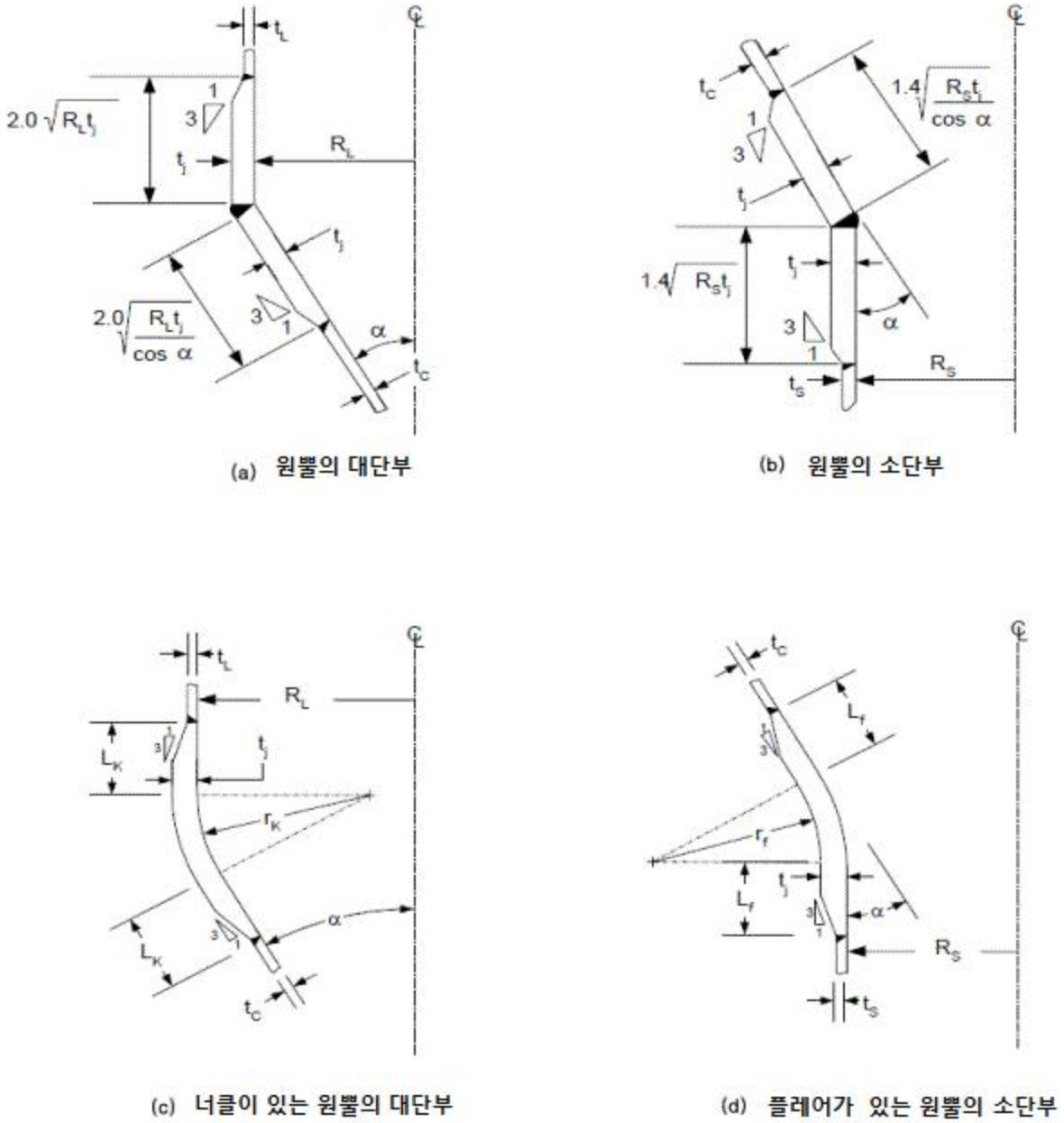
$$\beta_f = \left(\frac{K_m}{r_f}\right)\sqrt{R_S t_f}$$

[표 645.16.10-8] 응력계산 - 플레어 - 소단부 원통(계속)

조밀하지 않은 플레어 부위 내의 응력계산 주: 평가를 하여야 할 플레어 부위의 위치들의 수는 다음 식으로 주어진다. $j_k = 2\left(int\left[\frac{\alpha-\beta_{f1}-\beta_{f2}}{\beta_{f1}+\beta_{f2}}\right]+1\right)+1$ 여기서 $\beta_{f1} = \frac{K_m}{r_f}\sqrt{L_f t_f}$ $\beta_{k2} = \frac{K_m}{r_f}\sqrt{R_s t_f}$ $L_k = \frac{R_f}{\cos[\alpha]}+r_f$ $j = 1,....,j_f$에 대해서 계산한다. $\sigma_{\theta m}^j = \frac{PL_{1f}^j}{t_f} - \frac{P_e^j (L_{1f}^j)^2}{2r_f t_f}$ $\sigma_{sm}^j = \frac{P_e^j L_{1f}^j}{2t_f}$ 여기서 $P_e^j = P + \frac{F_S}{\pi (L_{1f}^j)^2 \cos^2[\phi_f^j]} \pm \frac{2M_S}{\pi (L_{1f}^j)^3 \cos^3[\phi_f^j]}$ $L_{1k}^j = \frac{R_f}{\cos[\phi_f^j]} - r_f$ $\phi_f^j = \phi_f^s - (j-1)\left(\frac{\phi_f^s - \phi_f^c}{j_f - 1}\right)$ $\phi_f^s = \alpha - \frac{K_m\sqrt{L_f t_f}}{r_f}$ $\phi_f^e = \frac{K_m}{r_f}\sqrt{R_s t_f}$
합격기준 $\sigma_{\theta m} \le S,\ \sigma_{sm} \le S$ $\sigma_{\theta m}^j \le S,\ \sigma_{sm}^j \le S$



[그림 645.16.10-1] 원뿔형 천이부의 상세도



[그림 645.16.10-2] 원뿔형 천이 접합부의 보강 요건

645.16.11 너클이 있는 원통형-원뿔형 동체의 천이 접합부는 아래에 따른다.

1. 일반사항 - 내압과 정미단면축력, 굽힘 모멘트의 하중을 받는 대단부에 너클이나 소단부에 플레어가 있는 원형단면의 원뿔형 천이부의 설계에 다음의 요건을 적용할 수 있다. 허용할 수 있는 원뿔형 천이부의 설계 상세내용은 그림 645.16.11-1에 나와 있다. 대단부에 너클이 없거나 소단부에 플레어가 없는 천이 접합부에 대한 설계규정이 위 645.16.10에 제시되어 있다.
2. 너클이 있는 원통-원뿔 접합부의 대단부의 설계를 위해서 사용하여야 하는 절차가 아래와 같다.

순서 1 - 위 645.16.2를 사용하여 대단부 원통두께 t_L을 계산한다.

순서 2 - 원뿔 꼭지각의 반 α을 결다. 정하고, 대단부에서의 원뿔두께 t_C를 위 645.16.3을 사용하여 계산한

다음 식이 만족되도록 너클 반지름 r_k와 너클 두께 t_k에 대하여 값을 가정하여 천이 형상의 비례를 정한다.

$$t_k \geq t_L \tag{4.73}$$

$$r_k > 3t_k \tag{4.74}$$

$$\frac{r_k}{R_L} > 0.03 \tag{4.75}$$

$$\alpha \leq 60^\circ \tag{4.76}$$

순서 4 - 너클 위치에서 원뿔형 천이부에 작용하는 정미단면축력 F_L과 굽힘 모멘트 M_L을 결정한다. 압력으로 인한 추력 하중은 축력F_L의 일부로서 포함시키지 말아야 한다.

순서 5 - 표 645.16.10-7에 있는 식을 사용하여 접합부에서의 원통, 너클 및 원뿔 내의 응력을 계산한다. 인장응력에 대한 허용응력기준은 표 645.16.10-7에 나와 있다. 접합부에서 원주방향 막응력 σ_{sm} 또는 축방향 막응력 σ_{sm}이 압축응력이면, 부분적 좌굴 조건을 고려하여야 한다. 식(4.77)과 (4.78)의 제한값이 충족된다면 부분적 좌굴은 문제가 되지 않는다. F_{ha}는 645.17.4 제1호의 식을 이용하여 평가하고, 대입하는 $F_{he} = 0.4E\left(\frac{t}{D_0}\right) \times F_{xa}$는 645.17.11 제2호 나. 에 따라 $\lambda = 0.15$를 적용하여 평가한다. 이 응력이 합격기준을 충족시키면 접합부의 설계는 완료된다.

$$\sigma_{\theta am} \leq F_{ha} \tag{4.77}$$

$$\sigma_{sam} \leq F_{xa} \tag{4.78}$$

순서 6 - 만일 순서 5.의 응력허용기준이 만족된다면, 그 설계는 완료되며, 순서 5의 응력허용기준이 만족되지 않는다면, 접합부 인근의 너클두께, 원통두께 또는 원뿔두께를 응력허용기준이 만족될 때까지 증가시킬 수 있다. 만일 원통이나 원뿔의 두께가 증가되면, 그 증가된 두께 구간은 식(4.79) 및 4.80)에 의해서 각각 주어진 길이만큼 연장하여야 한다. 새로운 벽두께로 계산을 반복하기 위해서는 순서 3.으로 간다.

$$L_{rcy} = K_m \sqrt{R_L t_L} \tag{4.79}$$

$$L_{rco} = K_m \sqrt{L_k t_C} \tag{4.80}$$

3. 플레어가 있는 원통-원뿔 접합부의 소단부를 설계하기 위하여 사용하여야 하는 절차가 아래에 기술되어 있다.

순서 1 - 위 645.16.2를 사용하여 소단부 원통두께 t_s를 계산한다.

순서 2 - 원뿔의 꼭지각의 반 α를 결정하고, 위 645.16.3을 사용하여 소단부에서의 원뿔두께 t_c를 계산한다.

순서 3 – 아래 식이 만족되도록 플레어 반지름 r_f 및 플레어 두께 t_f를 가정하여 천이형상의 비례를 정한다.

$$t_f \geq t_S \tag{4.81}$$

$$r_f > 3t_f \tag{4.82}$$

$$\frac{r_f}{R_S} > 0.03 \tag{4.83}$$

$$\alpha \leq 60^\circ \tag{4.84}$$

순서 4 - 너클 위치에서 원뿔형 천이부에 작용하는 정미단면축력 F_s과 굽힘 모멘트 M_s을 결정한다. 압력으로 인한 추력 하중은 축력F_s의 일부로서 포함시키지 말아야 한다.

순서 5 - 표 645.16.10-8에 있는 식을 사용하여 접합부에서의 원통, 플레어 및 원뿔 내의 응력을 계산한다. 인장응력에 대한 허용응력기준은 표 645.16.10-8에 제시되어 있다. 만일 접합부에서의 평균 원둘레 막응력 $\sigma_{\theta am}$이나 평균 길이방향 막응력 σ_{sam}이 압축이면, 위 645.16.11.2. 순서-5.의 압축응력기준이 만족되어야 한다.

순서 6 - 만일 순서 5.의 응력허용기준이 만족된다면, 그 설계는 완료되며, 순서 5.의 응력허용기준이 만족되지 않는다면, 접합부 인근의 너클두께, 원통두께 또는 원뿔두께를 응력허용기준이 만족될 때까지 증가시킬 수 있다. 만일 원통이나 원뿔의 두께가 증가되면, 그 증가된 두께 구간은 식(4.85) 및 (4.86)에 의해서 각각 주어진 길이만큼 연장하여야 한다. 새로운 벽두께로 계산을 반복하기 위해서는 순서 3으로 간다.

$$L_{rcy} = K_m \sqrt{R_S t_S} \tag{4.85}$$

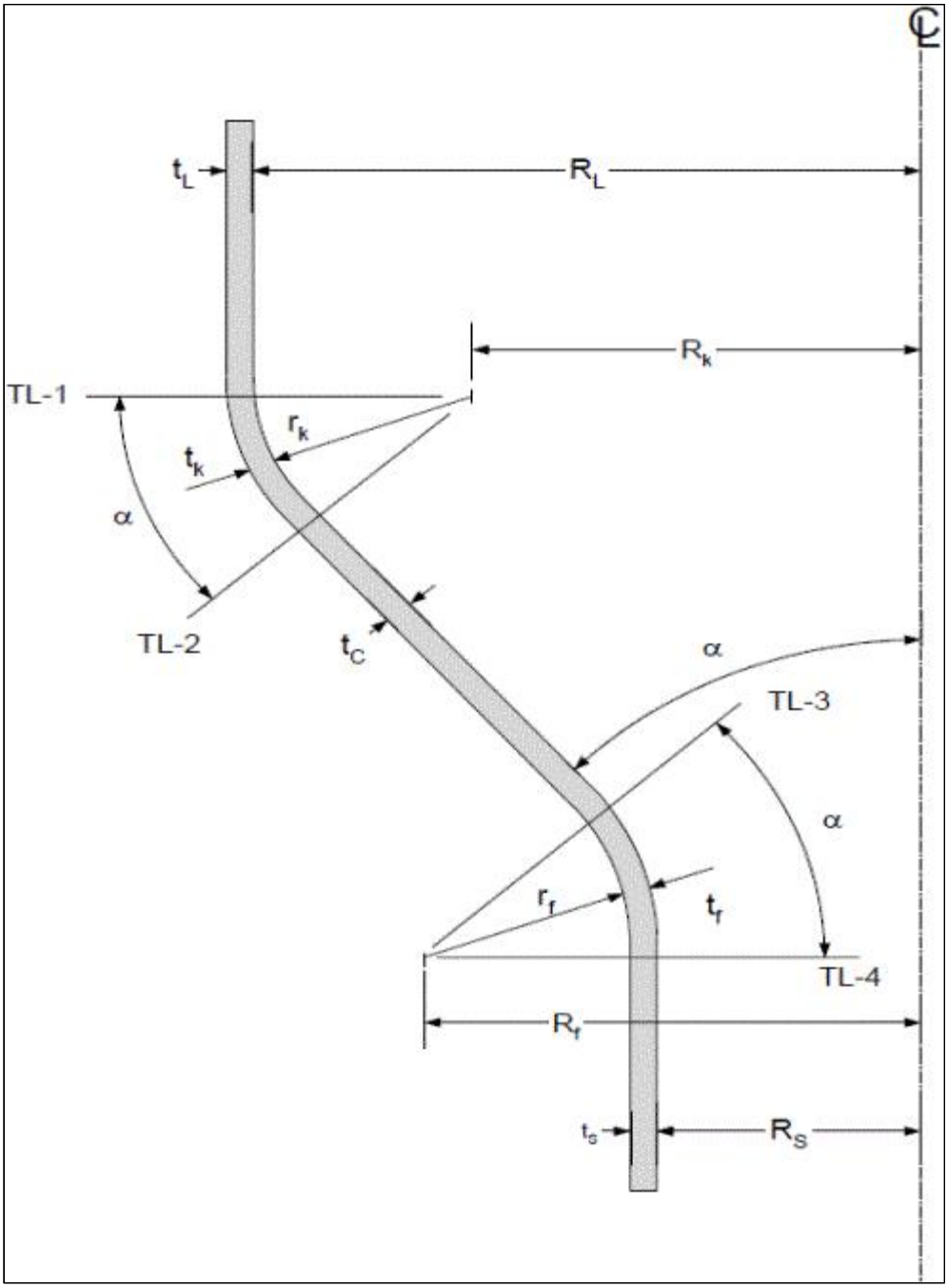
$$L_{rco} = K_m \sqrt{L_f t_C} \tag{4.86}$$

645.16.12 허용오차를 벗어난 압력용기의 평가는 다음에 따를 수 있다.

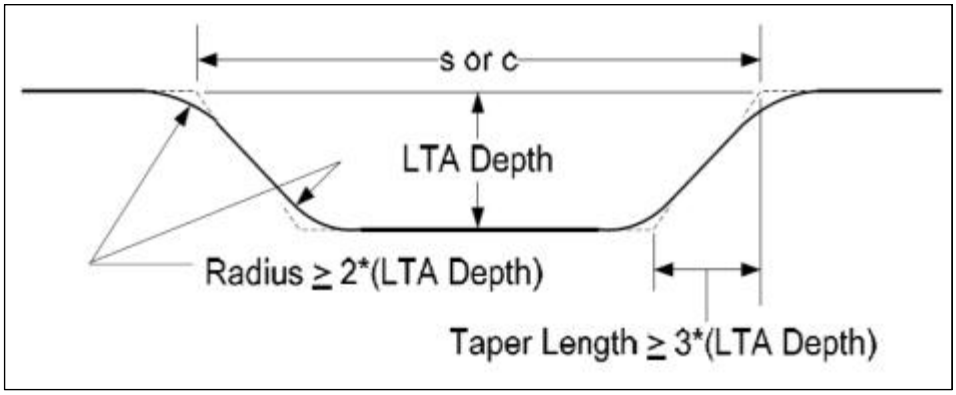
1. 동체 허용오차는 사용자가 동의를 한다면, API 579-1/ASME FFS-1에 있는 평가 절차가 위 645.16.1과 645.17.3에 있는 제작 허용오차를 만족하지 않는 동체 허용오차를 갖는 부품설계를 인정 하도록 사용될 수 있다. 만약 API579-1/ASME FFS-1 가 평가에 사용된다면 다른 평가 값에 대한 사용자 동의가 없는 경우, 잔류응력 상수 0.95를 계산 시 사용하여야 한다. 그렇다 하더라도, 그 잔류응력 상수는 0.90 보다 작아서는 안 된다. 추가 사항으로는 피로 해석이 적용되는 경우 API 579-1/ASME FFS-1 에 따라서 이행되어야 한다.
2. 부분적으로 얇은 구역은 사용자가 동의 한다면 API 579-1/ASME FFS-1에 따라 부분적으로 얇은 구역의 부품 설계인정에 사용될 수 있다. 부분적으로 얇은 구

역(LTA)은 645.16 및 645.17에서 요구되는 것 보다 작은 두께를 가지는 부품에서 금속의 손실 지역이다. 만일 API 579-1/ASME FFS-1이 평가에 사용된다면 다른 평가치에 대한 사용자의 동의가 없는 경우 0.98의 잔류응력 상수가 계산 시 사용되어야 한다. 그렇다 하더라도 잔류응력 상수는 0.90 보다 작아서는 안 된다. 추가 사항으로 피로 해석이 적용되는 경우 API 579-1/ASME FFS-1 에 따라서 이행되어야 한다.

3. 부분적으로 얇은 구역(LTA) 과 두꺼운 표면사이의 변위는 부분적으로 얇은 구역 깊이의 3배 보다 경사길이가 작아서는 안 된다. 최소한의 바닥 경계 반경은 부분적으로 얇은 구역(LTA) 깊이의 2배 이상이어야 한다.(그림 645.16.12-1 참조)



[그림 645.16.11-1] 너클 및 플레어 설계 변수들



[그림 645.16.12-1] 부분적으로 얇은 구역 정정 작업 반경 요건

645.16.13 기호설명

A_R : 접합부에서의 보강 링의 단면적

α : 원뿔형 동체의 꼭지각의 1/2

α_1 : 오프셋 천이의 원뿔 각

α_2 : 오프셋 천이의 원뿔 각

B : 곡선맞춤 형상 상수

β_{co}: 원뿔의 형상계수

β_{cy}: 원통의 형상계수

β_f: 플레어가 있을 때 원뿔 천이의 계산에서 사용하는 각도

β_{f1}: 플레어가 있을 때 원뿔 천이의 계산에서 사용하는 각도

β_{f2}: 플레어가 있을 때 원뿔 천이의 계산에서 사용하는 각도

β_k: 너클이 있을 때 원뿔 천이의 계산에서 사용하는 각도

β_{k1}: 너클이 있을 때 원뿔 천이의 계산에서 사용하는 각도

β_{k2}: 너클이 있을 때 원뿔 천이의 계산에서 사용하는 각도

β_{th}: 접시형 경판의 계산에서 사용하는 각도

C_1: 접시형 경판의 계산에서 사용하는 각도상수

C_2: 접시형 경판의 계산에서 사용하는 각도상수

C_3: 접시형 경판의 계산에서 사용하는 강도 변수

d : 동체를 완전히 관통하지 않는 드릴구멍의 지름

D : 동체나 경판의 안지름

D_o: 동체나 경판의 바깥지름

E_T: 최고설계온도에서의 탄성계수

E_{RT}:실온에서의 탄성계수

E : 검토대상 용접이음매(즉 길이방향, 원둘레)에 대해서 해당되는 대로 용접이음계수 (645.15.3 참조), 리거먼트 효율(645.23.1 참조) 또는 주조품질계수

F : 검토대상 점에 작용하는 정미단면축력, 양(+)의 힘은 원통 내에서 축 방향 인장응력을 발생시킨다.

F_L: 대단부 원통형 동체에 작용하는 정미단면축력, 양(+)의 힘은 원통 내에서 축 방향 인장응력을 발생시킨다.

F_s: 소단부 원통형 동체에 작용하는 정미단면축력, 양(+)의 힘은 원통 내에서 축 방향 인장응력을 발생시킨다.

F_{ha}: 645.17에서 주어진 것과 같은 허용압축 후프 막응력

F_{xa}: 645.17에서 주어진 것과 같은 허용압축 축방향 막응력

G : 접시형 경판의 계산에서 사용하는 상수

H : 곡선맞춤 형상 상수

h : 안쪽 표면으로 측정한 타원형 경판의 높이

I_R : 접합부에서의 보강 링의 관성모멘트

j_k : 조밀하지 않은 너클이 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는, 평가하여야 할 너클 둘레 위치의 수

j_f : 조밀하지 않은 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는, 평가하여야 할 플레어 둘레 위치의 수

k : 접시형 및 타원형 경판의 계산에서 사용되는 각도 상수

K_m: 플레어나 너클이 존재할 때 원뿔형 천이의 계산에서 사용하는 길이 계수

K_{pc} :원통-원뿔 접합부의 소성보정계수

λ : 압축응력계수

L : 접시형 경판의 안쪽 반지름

L_c : 원뿔 표면과 평행하게 측정한 원뿔형 동체의 길이

L_f : 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이

L_{1f}: 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이

L_{1f}^j: 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이

L_k : 너클이 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이

L_{1k}: 너클이 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이

L_{1k}^j: 너클이 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이

M : 검토대상 점에 작용하는 정미단면 굽힘 모멘트

M_{cs}: 원뿔에 작용하는 총 합성 자오선 모멘트

M_{csP}: 내압으로 인하여 원뿔에 작용하는 원통-원뿔 접합부의 합성 자오선 모멘트

M_{csX}: 등가 선하중으로 인하여 원뿔에 작용하는 원통-원뿔 접합부의 합성 자오선 모멘트

M_s : 원통에 작용하는 총 합성 자오선 모멘트

M_{sP}: 내압으로 인하여 원통에 작용하는 원통-원뿔 접합부의 합성 자오선 모멘트

M_{sX}: 등가 선하중으로 인하여 원통에 작용하는 원통-원뿔 접합부의 합성 자오선 모멘트

M_{sN}: 원통에 작용하는 정규화 곡선맞춤 합성 자오선 모멘트

M_L: 대단부 원통형 동체에 작용하는 정미단면 굽힘 모멘트

M_S: 소단부 원통형 동체에 작용하는 정미단면 굽힘 모멘트

M_t : 동체 단면에 작용하는 정미단면 비틀림 모멘트

N_{cs}: 압력과 등가 선하중으로 인하여 원뿔에 작용하는 합성 자오선 막 힘

$N_{c\theta}$: 압력과 등가 선하중으로 인하여 원뿔에 작용하는 합성 원둘레 막 힘

N_s : 압력과 등가 선하중으로 인하여 원통에 작용하는 합성 자오선 막 힘

N_θ : 압력과 등가 선하중으로 인하여 원뿔에 작용하는 합성 원둘레 막 힘

n : 원통두께에 대한 원뿔두께의 비율

P : 설계내압

P_{ac}: 돔 부분의 파열파괴에 지배되는 접시형 경판의 허용내압

P_{ah}: 접시형 경판의 허용내압

P_{ak}: 너클 부위의 파괴에 지배되는 접시형 경판의 허용내압

P_{ac}: 중앙부에서 접시형 경판의 파괴가 생길 것으로 예상되는 내압의 값

P_e: 너클이나 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는 등가 설계압력

P_e^j: 너클이나 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 응력계산에서 사용되는 그 너클이나 플레어 주변 위치에서의 등가 설계압력

P_{eth}: 접시형 경판의 계산에 사용되는 압력

P_y : 접시형 경판에서 재료의 항복강도와 같은 최고응력이 생길 것으로 예상되는 내압의 값

ϕ : 구형 동체에서 원둘레방향 단면의 위치를 정하는 각도

ϕ_f: 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 계산에서 사용하는 각도

ϕ_f^j : 조밀하지 않은 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 계산에서 사용하는 각도

ϕ_f^e : 조밀하지 않은 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 계산에서 사용하는 각도

ϕ_f^s : 조밀하지 않은 플레어가 존재할 때 원뿔형 천이의 계산에서 사용하는 각도

ϕ_k : 너클이 존재할 때 원뿔형 천이의 계산에서 사용하는 각도

ϕ_k^j : 조밀하지 않은 너클이 존재할 때 원뿔형 천이의 계산에서 사용하는 각도

ϕ_k^e : 조밀하지 않은 너클이 존재할 때 원뿔형 천이의 계산에서 사용하는 각도

ϕ_k^s : 조밀하지 않은 너클이 존재할 때 원뿔형 천이의 계산에서 사용하는 각도

ϕ_{th}: 접시형 경판의 계산에 사용하는 각도

Q : 원통에 작용하는 총 합성 전단력

Q_c : 원뿔에 작용하는 총 합성 전단력
Q_N: 원통에 작용하는 정규화 곡선맞춤 합성 전단력
Q_P: 내압으로 인하여 원통에 작용하는 원통-원뿔 접합부 합성 전단력
Q_X: 등가 선하중으로 인하여 원통에 작용하는 원통-원뿔 접합부 합성 전단력
R_c : 원뿔의 등가 반지름
R_f : 플레어에 대한 굽힘 중심 반지름
R_k : 너클에 대한 굽힘 중심 반지름
R_L: 원뿔형 천이의 대단부 안쪽 반지름
R_m: 원통의 평균반지름
R_S: 원뿔형 천이의 소단부 안쪽 반지름
R_{th}: 접시형 경판의 계산에서 사용하는 반지름
r : 접시형 경판의 계산에서 사용하는 너클의 안쪽 반지름
r_{hr}: 최소 구멍 반지름
r_k : 원환원뿔형 천이의 대단부의 너클 안쪽 반지름
r_f : 원환원뿔형 천이의 소단부의 플레어 안쪽 반지름
S_R : 보강 링 도심으로부터 원통과 원뿔의 교차점까지 원통을 따라 측정한 거리
S : 설계온도에서 평가한 표 645.2.1.A의 허용응력 값
S_a : 허용응력 진폭
S_{ps} : 설계온도에서 평가한 허용 1차 + 2차 응력
S_y : 설계온도에서 평가한 ASME Sec. VIII, Div. 2 Annex 3-D의 항복강도
σ_r : 동체의 반경방향 응력
σ_s : 동체 내의 자오선 응력
σ_{sam}: 원뿔형 천이의 접합부에서 평균 자오선 막응력
σ_{sm}: 동체 내의 자오선 막응력
σ_{sb}: 동체 내의 굽힘 응력
σ_θ : 동체 내의 원둘레 응력
$\sigma_{\theta am}$:원뿔형 천이 접합부에서의 평균 원둘레 막응력
$\sigma_{\theta m}$: 동체 내의 원둘레 막응력
$\sigma_{\theta b}$: 동체 내의 원둘레 굽힘 응력
σ_1 : 1-방향의 주응력
σ_2 : 2-방향의 주응력
σ_3 : 3-방향의 주 응력
t : 동체의 최소요구두께
t_C : 원뿔형 천이 내의 원뿔의 두께
t_L : 원뿔형 천이 내의 대단부 원통의 두께

t_S : 원뿔형 천이 내의 소단부 원통의 두께

t_j : 원환원뿔형 천이의 접합부에서 해당되는 대로 원통, 너클 또는 플레어의 두께, $t_j \geq t$ 및 $t_j \geq t_c$

t_{rw}: 부분적으로 뚫린 드릴구멍 위치에서의 남은 벽두께

t_{rw1}: 부분적으로 뚫린 드릴구멍 위치에서의 남은 벽두께

τ : 동체 내의 비틀림 전단응력

τ_{pd}: 부분적으로 뚫린 드릴구멍 위치(추가하중을 받는 동체에 대해서 응력을 계산하는 위치)에서의 동체 내의 평균 전단응력. 영(0)의 값은 정미단면 굽힘 모멘트로부터의 최대 양(+)의 길이방향 응력의 위치를 규정한다.

ν : 포아송비

X_L : 축력과 굽힘 모멘트로 인하여 대단부 원통에 작용하는 등가 선하중

X_S : 축력과 굽힘 모멘트로 인하여 소단부 원통에 작용하는 등가 선하중

645.17 외압을 받는 동체의 설계와 허용압축응력

645.17.1 허용응력은 예상 좌굴응력에 설계계수(design factor, FS)를 적용하여 결정하여야 한다. 설계계수의 값은 좌굴응력이 탄성일 때는 2.0, 예상 좌굴응력이 설계온도에서의 규정최소항복강도와 같을 때는 1.667을 적용하여야 한다. 설계계수에 대한 식은 아래와 같으며, 여기서 F_{ic}는 허용응력 식에서 설계계수를 1로 결정한 예상 좌굴응력이다. 설계하중과 지진하중 또는 풍하중의 조합에 대해서는 아래의 식(4.192, 4.193, 4.194, 4.197, 4.198 및 4.199) 내에서 F_{bha} 또는 F_{ba}에 대한 허용응력은 1.2의 계수로 증가시킬 수 있다.

$F_{ic} \leq 0.55S_y$에 대해서

$$FS = 2.0 \tag{4.87}$$

$0.55S_y < F_{ic} < S_y$에 대해서

$$FS = 2.407 - 0.741\left(\frac{F_{ic}}{S_y}\right) \tag{4.88}$$

$F_{ic} = S_y$에 대해서

$$FS = 1.667 \tag{4.89}$$

645.17.2 허용압축응력에 대한 식은 탄소강과 저합금강 판재를 기초로 한 것으로, 이 재료의 허용 최고온도한계는 표 645.17.2-1의 요건에 따라야 한다.

1. 탄소강이나 저합금강 이외의 재료는 허용응력의 수정이 요구된다. 허용응력의 수정을 위한 절차는 탄소강과 저합금강을 기초로 허용압축응력을 계산한 후 다음과 같이 조정을 하여야 한다.

   가. 축 방향 압축 허용응력 조정

$$F_{xa} = \frac{F_{xe}}{FS}\frac{E_t}{E_y} \tag{4.90}$$

$$F_{ba} = F_{xa} \tag{4.91}$$

나. 외압에서의 허용응력 조정

$$F_{ha} = \frac{F_{he}}{FS}\frac{E_t}{E_y} \tag{4.92}$$

다. 전단에서의 허용응력 조정

$$F_{\nu a} = \frac{F_{\nu e}}{FS}\frac{E_t}{E_y} \tag{4.93}$$

2. 허용압축응력에 대한 식은 표 645.17.2-1과 같은 구조 재료에 대해서 시간 독립 영역에 사용할 수 있다. 만일 설계된 부품이 시간 의존적 영역(Time-Dependent)(즉, 확실한 크리프영역 일 경우) 내에 있다면, 시간 의존적 반응의 영향을 고려하여야 한다.

[표 645.17.2-1] 압축응력 규정에 대한 최고금속온도

재 료	온도한계	
	℃	℉
탄소강과 저합금강 – 표 645.2.1.A.1	425	800
고합금강 – 표 645.2.1.A.3	425	800
퀜칭-뜨임을 한 강 – 표 645.2.1.A.2	370	700
알루미늄과 알루미늄합금 – 표 645.2.1.A.4	150	300
구리과 동합금 – 표 645.2.1.A.5	65	150
니켈과 니켈합금 – 표 645.2.1.A.6	480	900
티타늄과 티타늄합금 – 표 645.2.1.A.7	315	600

645.17.3 동체 허용공차

1. 원통형, 원뿔형 및 구형 동체의 허용 진원도

외압을 받는 완성된 용기는 어느 단면에서나 다음 요건을 만족시켜야 한다.

가. 645.16.1 제1호의 진원도 요건을 만족시켜야 한다.

나. (측정을 하는 위치에 따라) 설계 안지름과 바깥지름을 가진 부분 원형형판(segmental circular template)으로 측정한 진원으로부터의 최대 (+) 또는 (-) 편차 e와 현의 길이L_{ec}는 다음 값을 초과해서는 안 된다.

$$e = \min[e_c, 2t] \tag{4.94}$$

여기서

$0.2t \le e_c \le 0.0242R$에 대해서 유효한

$$e_c = 0.0165t\left(\frac{L_{ec}}{\sqrt{Rt}} + 3.25\right)^{1.069} \tag{4.95}$$

$$L_{ec} = 2Rsin\left[\frac{\pi}{2n}\right] \tag{4.96}$$

$2 \le n \le 1.41\sqrt{\frac{R}{t}}$ 에 대해서 유효한

$$n = \xi\left(\sqrt{\frac{R}{t}} \cdot \left(\frac{R}{L}\right)\right)^{\psi} \tag{4.97}$$

$$\xi = \min\left[2.28\left(\frac{R}{t}\right)^{0.54}, 2.80\right] \tag{4.98}$$

$$\psi = \min\left[0.38\left(\frac{R}{t}\right)^{0.044}, 0.485\right] \tag{4.99}$$

다. 위의 식에서 사용하는 두께 t의 값은 다음과 같이 결정하여야 한다.

(1) 맞대기 이음 용기의 경우 t는, 공칭 판 두께에서 부식여유를 뺀 것.

(2) 겹치기 이음 용기의 경우 t는, 공칭 판 두께이고 허용편차는 e+t.

(3) 어느 단면에서의 동체가 상이한 두께의 판재로 제작될 경우 t는 가장 얇은 판재의 공칭 판 두께에서 부식여유를 뺀 것.

라. 원뿔과 원뿔형 단면에서는, t가 t_c로 대체되는 것을 제외하고는 위의 다항을 사용하여 t를 결정하여야 한다.

마. 진원도 측정은 용접부나 구성부품의 돋은 부분이 아닌 모재의 표면에서 하여야 한다.

바. 완성된 용기 치수를 맞추기 위해서 재료의 강도를 저해시키지 않는 어떤 공정으로도 가능하다.

사. 예리한 굽힘이나 편평한 점은 설계시 반영되지 않았다면 허용되지 않으며, 아래 제2호 또는 제4호의 허용공차를 만족시켜야 한다.

아. 관으로 제작된 용기는 관 제작에 관한 규정에서 허용하는 것에 따라 바깥지름에서 허용할 수 있는 변동이 있을 수 있다.

2. 균일한 축 방향 압축을 받는 원통 및 원뿔형 동체와 굽힘 모멘트로 인한 축 방향 압축

645.16.1 제1호의 허용공차 요건을 만족하여야 한다. 추가로, 표점간 거리 L_x에 걸쳐 자오선을 따라 측정한 직선으로부터의 부분적인 내향 편차 e는 아래에서 주어진 최대허용편차 e_x를 초과해서는 안 된다.

$$e_x = 0.002R_m \tag{4.100}$$

원통형 동체에 대하여

$$L_x = \min\left[4\sqrt{R_m t}, L\right] \tag{4.101}$$

원뿔형 동체에 대하여

$$L_x = \min\left[4\sqrt{\frac{R_m t_c}{\cos[\alpha]}}, \frac{L_c}{\cos[\alpha]}\right] \tag{4.102}$$

원둘레방향 용접부를 가로질러

$$L_x = 25t \tag{4.103}$$

3. 외압과 균일한 축 방향 압축을 받는 원통형 및 원뿔형 동체의 굽힘 모멘트로 인한 축 방향 압축 - 위 645.17.3 제1호 및 제2호의 모든 허용공차 요건을 만족하여야 한다.
4. 구형 동체와 성형 경판

   645.16.1 제2호의 허용오차 요건을 만족하여야 한다. 추가로, 구형동체와 성형경판 구형 부의 진원 형상으로부터의 최대국부편차 e는 동체두께를 초과해서는 안 된다. 최대국부편차를 정하는 측정은 다음 식에서 주어지는 현의 길이 L_e를 가진 형판으로 하여야 한다.

$$L_e = 3.72\sqrt{R_m t} \tag{4.104}$$

645.17.4 원통형 동체는 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 외압하중을 받는 원통형 동체의 요구두께는 다음 절차에 따라 결정하여야 한다.

   순서 1 - 초기 두께 t와 지지되지 않은 길이 L을 가정한다.(그림 645.17.4-1과 645.17.4-2 참조)

   순서 2 - 예상되는 탄성좌굴응력 F_{he}를 계산한다.

$$F_{he} = \frac{1.6 C_h E_y t}{D_o} \tag{4.105}$$

$$M_x = \frac{L}{\sqrt{R_o t}} \tag{4.106}$$

$M_x \geq 2\left(\frac{D_o}{t}\right)^{0.94}$에 대해서

$$C_h = 0.55\left(\frac{t}{D_o}\right) \tag{4.107}$$

$13 < M_x < 2\left(\frac{D_o}{t}\right)^{0.94}$에 대해서

$$C_h = 1.12 M_x^{-1.058} \tag{4.108}$$

$1.5 < M_x \leq 13$에 대해서

$$C_h = \frac{0.92}{M_x - 0.579} \tag{4.109}$$

$M_x \leq 1.5$에 대해서

$$C_h = 1.0 \tag{4.110}$$

   순서 3 - 예상되는 좌굴응력 F_{ic}을 계산한다.

$\frac{F_{he}}{S_y} \geq 2.439$에 대해서

$$F_{ic} = S_y \tag{4.111}$$

$0.552 < \frac{F_{he}}{S_y} < 2.439$에 대해서

$$F_{ic} = 0.7 S_y \left(\frac{F_{he}}{S_y} \right)^{0.4} \tag{4.112}$$

$\frac{F_{he}}{S_y} \leq 0.552$에 대해서

$$F_{ic} = F_{he} \tag{4.113}$$

순서 4 – 645.17.1에 따라서 설계계수 FS의 값을 계산한다.

순서 5 - 허용외압 P_a를 계산한다.

$$P_a = 2F_{ha}\left(\frac{t}{D_o}\right) \tag{4.114}$$

여기서

$$F_{ha} = \frac{F_{ic}}{FS} \tag{4.115}$$

순서 6 - 만일 허용외압 P_a가 설계외압 보다 낮을 경우, 동체두께를 증가시키거나 (보강 링 등을 추가시켜) 동체의 지지되지 않은 길이를 감소시키고, 순서 2부터 재설계하여야 하며, 허용외압이 설계외압 이상이 될 때까지 반복하여야 한다.

2. 보강 링의 크기

보강 링의 크기를 결정하기 위해서 다음 식을 사용하여야 한다.

가. 보강 링의 형상

동체 길이에 걸쳐 큰 보강 링과 작은 보강 링의 조합을 사용할 수도 있다. 만일, 단일 크기의 보강 링을 사용한다면, 작은 보강 링을 기준으로 크기를 결정하여야 한다. 대안으로 작은 보강 링의 크기를 줄이기 위해서 크고 작은 보강 링의 조합을 사용할 수 있다. 설계에서 선택한 동체두께와 하중조합을 고려하여, 큰 보강 링은 양 끝의 보강재나 격벽으로 기능을 하게하고 그 양 끝의 보강 링 사이에 작은 보강 링을 배치하도록 크기를 결정할 수도 있다.

나. 작은 보강 링

유효 보강 링(즉, 실제 보강 링 + 동체의 유효길이, 그림 645.17.4-3 참조)의 요구되는 관성모멘트는 식(4.116)을 만족시켜야 한다. $M_x = L_s / \sqrt{R_o t}$로서 위 1.의 식을 사용하여 변수 F_{he}를 평가하여야 한다.

$$I_s^C \geq \frac{1.5 F_{he} L_s R_c^2 t}{E_y (n^2 - 1)} \tag{4.116}$$

여기서

$$n = \sqrt{\frac{2D_0^{1.5}}{3L_B t^{0.5}}} \tag{4.117}$$

여기서 n은 정수, $n < 2$에 대해서는 $n = 2$를 사용한다.

그리고 $n > 10$에 대해서는 $n = 10$을 사용한다. 동심 축에 대한 작은 보강 링과 동체의 유효길이로 구성되는 합성단면의 실제 관성모멘트는 식(4.118)을 사용하여 계산하여야 한다.

$$I_s^C = I_s + A_s Z_s^2 \left(\frac{L_e t}{A_s + L_e t} \right) + \frac{L_e t^3}{12} \tag{4.118}$$

여기서

$$L_e = 1.1\sqrt{D_o t} \tag{4.119}$$

다. 큰 보강 링 또는 격벽

유효 보강 링(즉, 실제 보강 링 + 동체의 유효길이)의 요구되는 관성모멘트는 식(4.120)을 만족시켜야 한다. 변수 F_{hef}는 $M_x = L_F / \sqrt{R_o t}$로서 위 제1호의 식을 사용하여 길이 L_F에 걸쳐 평가한 후프 좌굴응력 F_{he}의 평균값이다.

$$I_L^C \geq \frac{F_{hef} L_F R_c^2 t}{2E_y} \tag{4.120}$$

동심 축에 대한 큰 보강 링과 동체의 유효길이로 구성된 합성단면의 실제 관성모멘트는 식(4.121)을 사용하여 계산하여야 한다.

$$I_L^C = I_L + A_L Z_L^2 \left(\frac{L_e t}{A_L + L_e t} \right) + \frac{L_e t^3}{12} \tag{4.121}$$

여기서

$$L_e = 1.1\sqrt{D_o t} \left(\frac{A_s + L_s t}{A_L + L_s t} \right) \tag{4.122}$$

라. 모든 하중조건에 대한 부분 보강재의 형상요건

보강 링의 안정성을 위해 다음 식이 만족하여야 한다.

(1) 평강 보강재, 티(T) 형강의 플렌지 및 앵글 보강재의 돌출 레그(Leg)(그림 645.17.4-3 참조)

$$\frac{h_1}{t_1} \leq 0.375 \left(\frac{E_y}{S_y} \right)^{0.5} \tag{4.123}$$

(2) 동체에 부착한 티 보강재 웨브 또는 앵글 보강재의 레그(Leg) (그림 645.17.4-3 참조)

$$\frac{h_2}{t_2} \leq \left(\frac{E_y}{S_y} \right)^{0.5} \tag{4.124}$$

마. 길이방향 허용압축응력을 증가시키기 위한 보강재의 크기

굽힘에 의하여 균일한 축 방향 압축을 받는 원통형 또는 원뿔형 동체에 길이

방향 허용압축응력을 증가시키기 위하여 링 보강재를 사용할 수 있다. 보강재의 요구 크기는 다음 식을 만족시켜야 한다. 추가로, 보강재의 간격은 $M_s \le 15$의 값이 되도록 하여야 한다. 여기서 M_s는 식(4.128)에 의해서 주어진다.

$$A_s \ge \left(\frac{0.334}{M_s^{0.6}} - 0.063\right) L_s t \tag{4.125}$$

$$A_s \ge 0.06 L_s t \tag{4.126}$$

$$I_s^C \ge \frac{5.33 L_s t^3}{M_s^{1.8}} \tag{4.127}$$

$$M_s = \frac{L_s}{\sqrt{R_o t}} \tag{4.128}$$

바. 전단에 대한 보강재의 크기

보강재의 크기는 $M_x = M_s$로 식(4.167)~(4.170)을 사용하여 C_ν를 평가하는 다음 식을 만족하여야 한다. M_s는 식(4.128)에 의해서 주어진다.

$$I_s^C \ge 0.184 C_\nu M_s^{0.8} t^3 L_s \tag{4.129}$$

사. 보강 링의 배치

(1) 그림 645.17.4-4와 같이, 위치(A)와 (B)에서 보강 링의 끝이나 단면 사이의 이음 그리고 위치(C)에서 동체의 안쪽과 바깥쪽에 설치된 보강 링의 인접부 사이의 연결부는 조합된 링-동체 단면의 관성모멘트가 유지되도록 설치되어야 한다. 위치 (D)에서 지주가 있는 단면에 대하여 요구되는 관성모멘트는 지주 단독으로 만족되어야 한다.

(2) 그림 645.17.4-4와 같이, 위치(E)에서의 링 또는 위치(F)에서의 조합된 링-동체 단면의 관성모멘트가 지시된 단면 이내에서 유지된다는 전제하에, 용기의 안쪽 보강 링은 위치 (E)와 (F)에서 보는 것처럼 배치할 수 있다. 위치 (A) 또는 (E)에서의 간격이 동체 판 두께의 8배를 초과하지 않는 곳은 동체와 보강재의 조합된 관성모멘트를 사용할 수도 있다.

(3) 아래 내용을 제외하고 보강 링은 용기전체의 둘레에 걸쳐 연장되어야 한다. 그림 645.17.4-4의 위치(D)와 (E)에서 보는 것처럼 동체를 지지하고 있는 보강 링부의 간격은, 위치(C)에서 보는 것처럼 추가적인 보강이 되지 않거나 또는 다음 요건이 만족되지 않는다면, 그림 645.17.4-5의 호의 길이를 초과해서는 안 된다.

(가) 지지되지 않는 동체 호가 링 당 단 하나만 허용한다.

(나) 지지되지 않는 동체 호의 길이는 90° 를 초과하지 않아야 한다.

(다) 인접하는 보강 링 내의 지지되지 않는 동체의 호는 180° 만큼 서로 엇갈려야 한다.

(라) 치수 L은 번갈아 있는 보강 링 사이의 거리 또는 경판 굽힘 선으로부터 둘째 보강 링까지의 거리에 경판 깊이의 1/3을 더한 것 중에서 큰 것을 취하여야 한다.

(4) 버블 트레이 또는 배플 판과 같이 용기의 길이방향 축에 직각인 내부 평면 구조물이 용기 내에서 사용될 때에는, 그것이 보강재 기능을 하도록 설계된 경우에는 보강 링으로 간주할 수 있다.

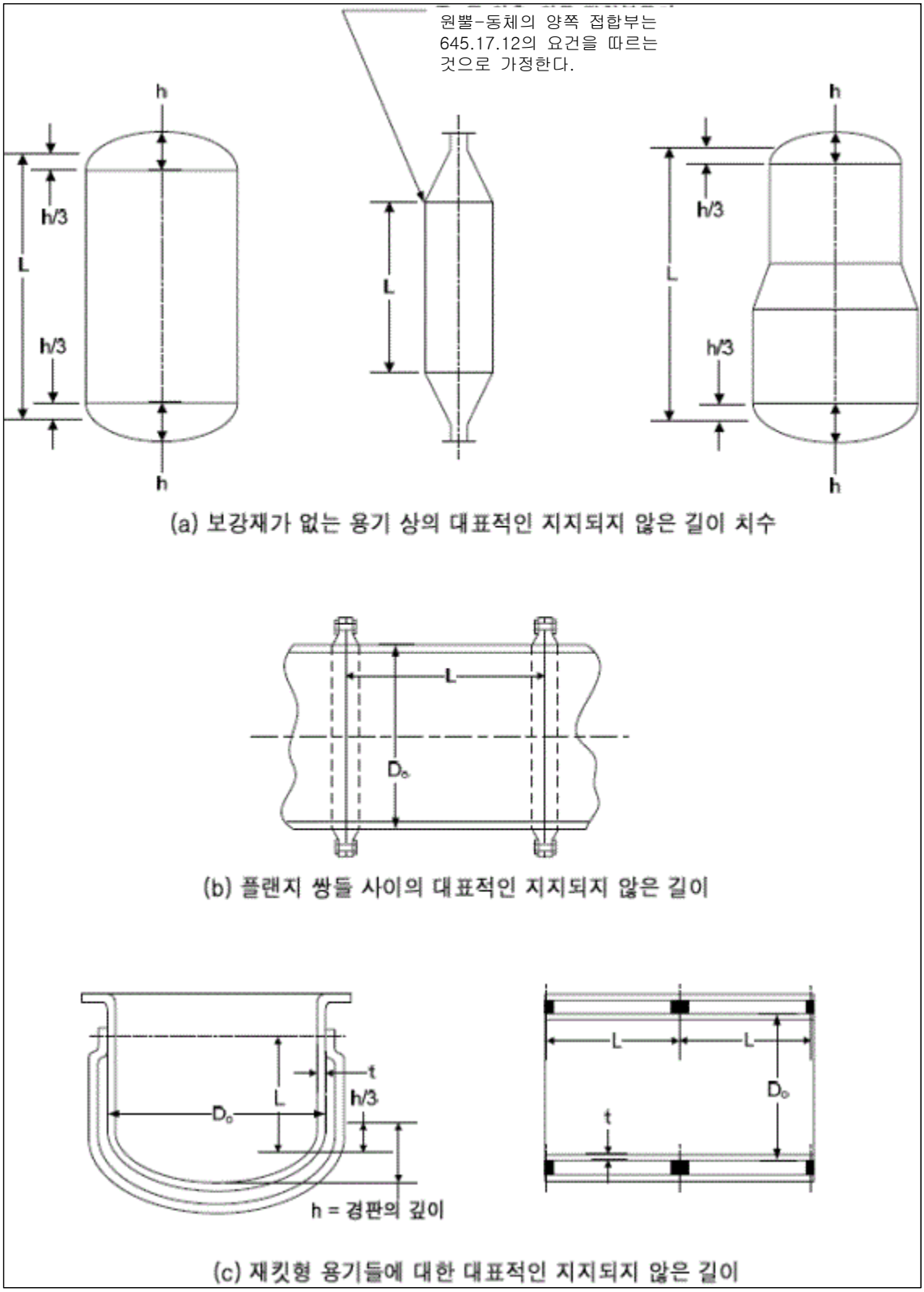
(5) 사용하는 내부의 스테이나 지지물은 상당히 연속적인 링 매체를 통하여 그 용기의 동체를 지탱하여야 한다.

아. 보강 링의 부착

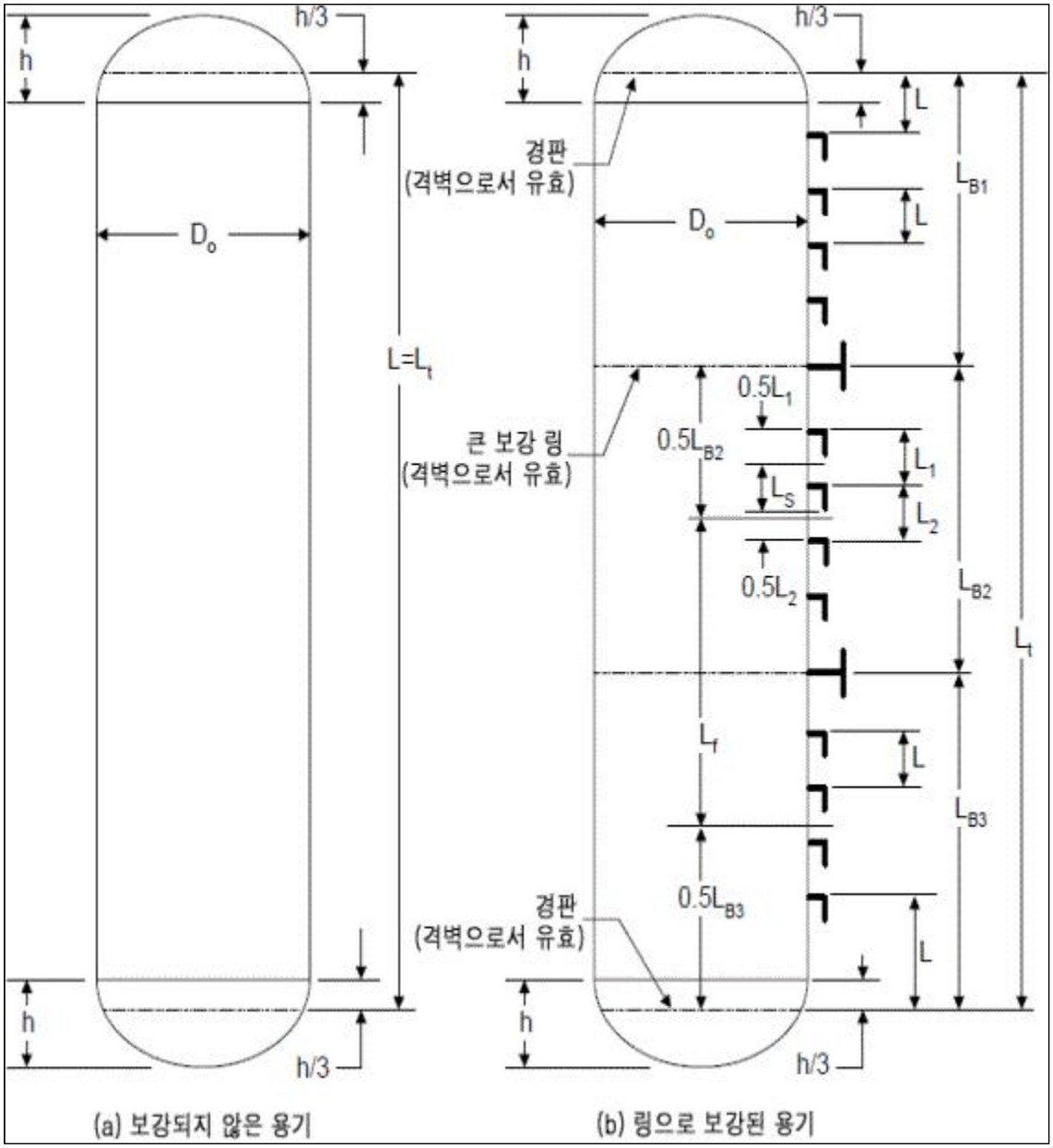
보강 링은 용기의 바깥쪽이나 안쪽에 연속용접으로 부착하여야 한다. 만일 구성부품이 반복하중을 받지 않는다면 단속용접으로 부착할 수 있다.

3. 조합하중

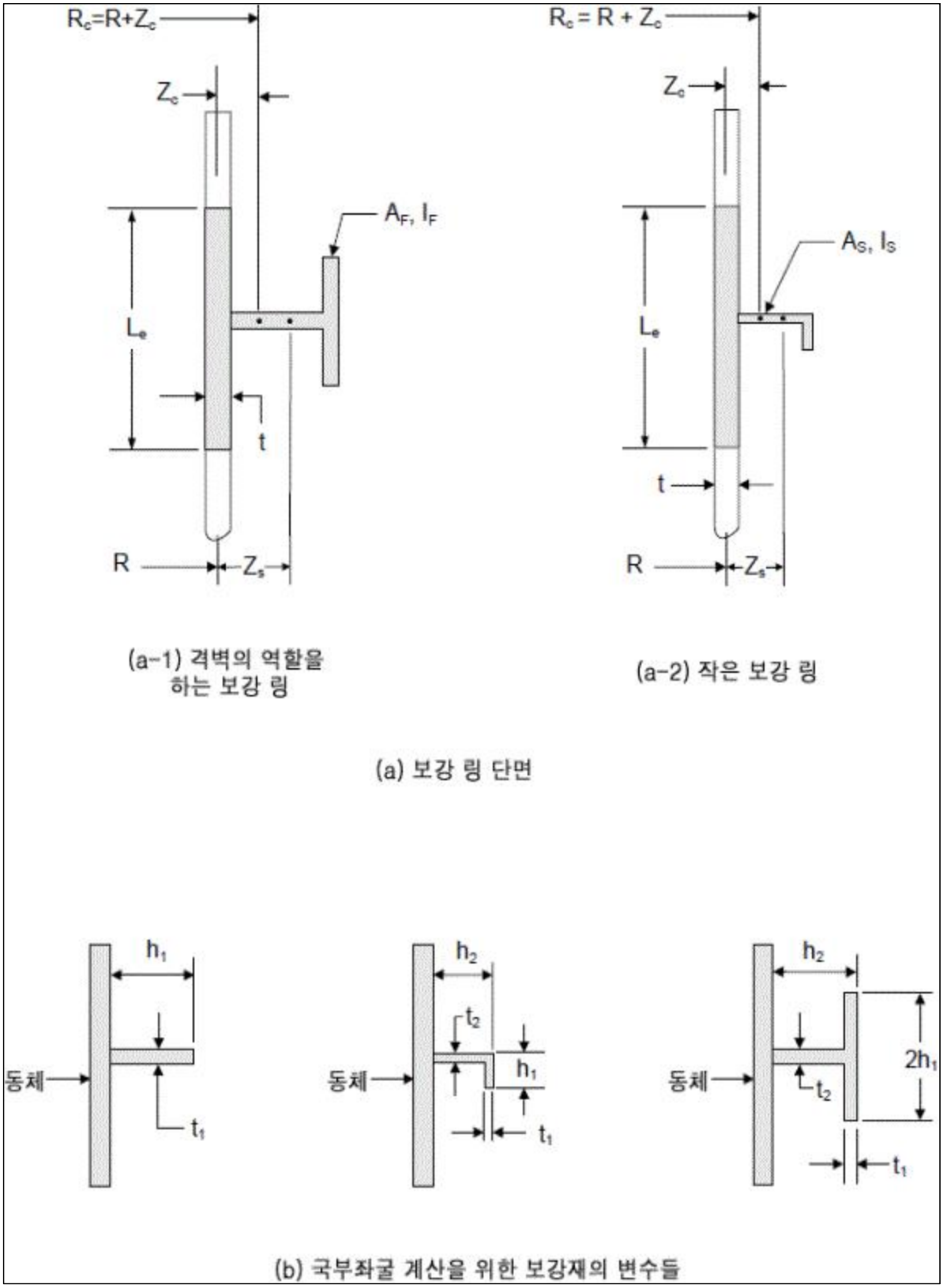
외압과 기타 하중을 받는 원통형 동체는 아래 645.17.11의 요건을 만족하여야 한다.



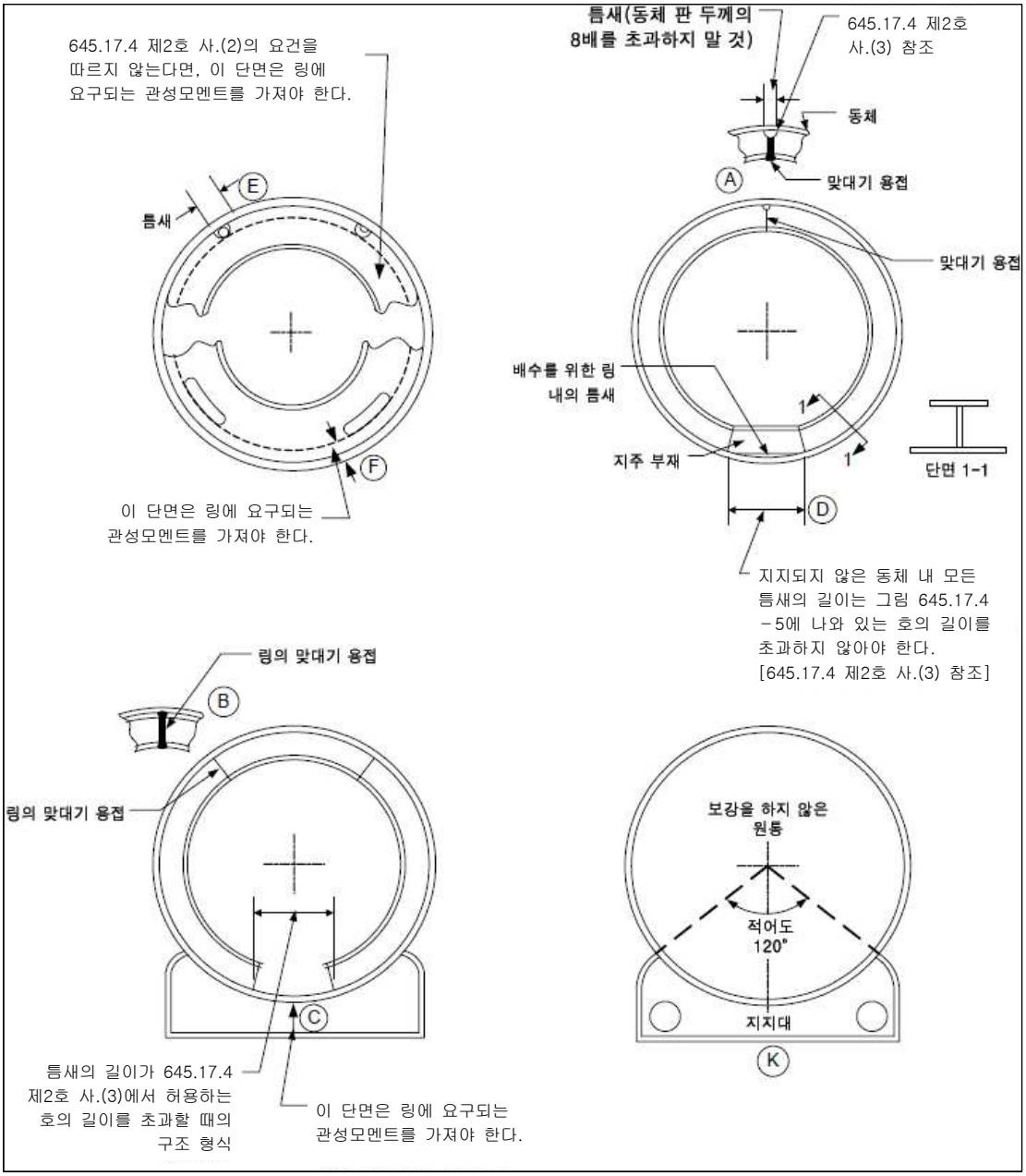
[그림 645.17.4-1] 대표적인 용기 형상들에 대한 지지되는 또는 지지되지 않은 길이의 선



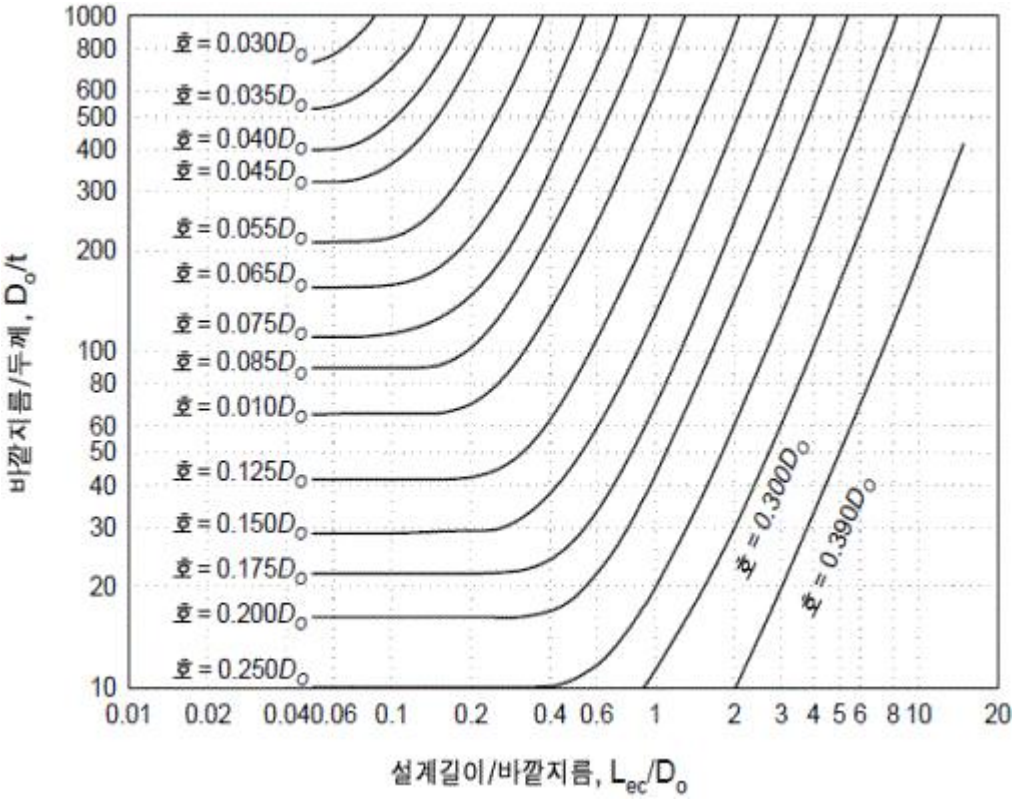
[그림 645.17.4-2] 보강된 및 보강되지 않은 원통형 동체의 지지되는 또는 지지되지 않은 길이의 선



[그림 645.17.4-3] 보강 링의 설계변수



[그림 645.17.4-4] 외압을 받는 원통형 용기에 대한 보강 링의 배치



비고 a) 원통형 동체 - L_{ec}는 원통의 보강을 하지 않은 길이이고 D_o는 바깥지름이다.

b) 원뿔형 동체 - L_{ec}와 D_o는 지름 D_x를 가진 어느 단면에 대해서 다음 계산식들을 사용하여 결정한다. 이들 계산식에서 D_L과 D_S는 각각 원뿔의 대단부와 소단부의 지름들이고, L은 검토 대상인 원뿔 부분의 지지되지 않은 길이이다.

$$L_{ec} = \left(\frac{L}{2}\right)\left(1 + \frac{D_S}{D_L}\right)\left(\frac{D_S}{D_L}\right)$$

$$D_o = \frac{0.5(D_L + D_S)}{\cos[\alpha]}$$

[그림 645.17.4-5] 외압을 받는 원통형 동체 보강 링의 틈새로 인해 지지되지 않는 동체의 최대 호

645.17.5 원뿔형 동체는 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께

외압하중을 받는 원뿔형 동체의 두께는 아래의 요건을 대입한 식을 사용하여 결정하여야 한다.

가. 위 645.17.4의 식에서 t에 t_c의 값을 대입한다.

나. 옵셋 원뿔에 대해서는, 원뿔각도 α는 645.16.3의 요건을 만족시켜야 한다.

다. 위 645.17.4의 식에서 D_o에 $0.5(D_L + D_S)/\cos[\alpha]$의 값을 대입한다.

라. 위 645.17.4의 식에서 L에 $L_{ce}/\cos[\alpha]$의 값을 대입하며, 여기서 L_{ce}는 아래와

같이 결정한다.

(1) 그림 645.17.5-1의 (a)와 (e)에 대해서

$$L_{ce} = L_c \tag{4.130}$$

(2) 그림 645.17.5-1의 (b)에 대해서

$$L_{ce} = r_k \sin[\alpha] + L_c \tag{4.131}$$

(3) 그림 645.17.5-1의 (c)에 대해서

$$L_{ce} = r_f \sin[\alpha] + L_c \tag{4.132}$$

(4) 그림 645.17.5-1의 (d)에 대해서

$$L_{ce} = (r_k + r_f)\sin[\alpha] + L_c \tag{4.133}$$

마. 동체의 형상을 알면 원뿔형 천이부 꼭지각의 반을 다음 식으로 계산할 수 있다. 이 식은 원뿔형 천이부가 원뿔부, 너클 또는 플레어를 포함한다는 가정 하에서 개발되었다. 만일 천이부에 가 너클이나 플레어가 없다면, 꼭지각의 반(그림 645.17.5-1 참조)을 계산할 때에 이 구성품의 반지름은 영(0)으로 설정하여야 한다.

(1) 만일 $(R_L - r_k) \geq (R_S + r_f)$이면,

$$\alpha = \beta + \phi \tag{4.134}$$

$$\beta = \arctan\left[\frac{(R_L - r_k) - (R_S + r_f)}{L_{ce}}\right] \tag{4.135}$$

(2) 만일 $(R_L - r_k) < (R_S + r_f)$이면,

$$\alpha = \phi - \beta \tag{4.136}$$

$$\beta = \arctan\left[\frac{(R_S + r_f) - (R_L - r_k)}{L_{ce}}\right] \tag{4.137}$$

(3) 위에서 보는 두 경우 모두에서, 각도 ϕ는 다음 식으로 주어진다.

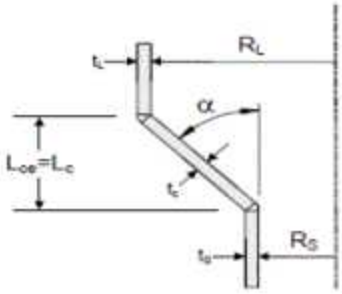
$$\phi = \arcsin\left[\frac{(r_f + r_k)\cos\beta}{L_{ce}}\right] \tag{4.138}$$

2. 작은 보강 링

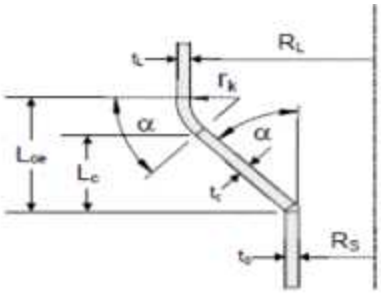
원뿔형 천이 내의 중간 원둘레방향 보강 링은 식(4.116)을 사용하여 결정하며, 여기서 L_s는 위 1. 나.로부터 결정되고, t_c는 링의 위치에서 원뿔의 두께이다.

3. 조합하중

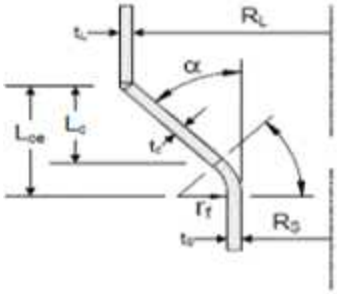
외압과 기타 하중을 받는 원뿔형 동체는 아래 645.17.11의 요건을 만족시켜야 한다.



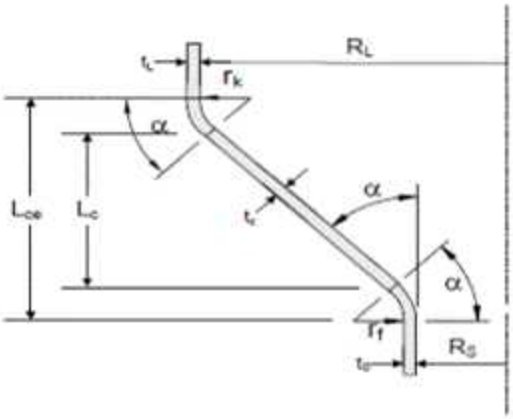
(a) 대단부에 너클이 없고
소단부에 플레어가 없는 원뿔



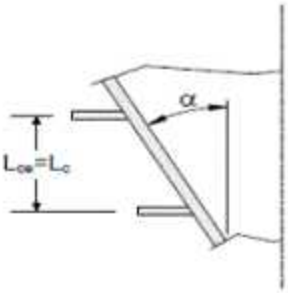
(a) 대단부에 너클이 있고
소단부에 플레어가 없는 원뿔



(c) 대단부에 너클이 없고
소단부에 플레어가 있는 원뿔



(d) 대단부에 너클이 있고
소단부에 플레어가 있는 원뿔



(e) 보강 링들이 있는 원뿔

[그림 645.17.5-1] 보강된 및 보강되지 않은 원뿔형 동체의 천이부에 대한 지지되는 또는 지지되지 않은 길이의 선(너클은 있거나 없음)

645.17.6 구형 동체와 반구형 경판은 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 외압 하중을 받는 구형 동체 및 반구형 경판의 두께는 다음 절차를 사용하여 결정하여야 한다.

순서 1 - 구형 동체에 대해서 초기 두께 t를 가정한다.

순서 2 - 예상 탄성좌굴응력 F_{he}를 계산한다.

$$F_{he} = 0.075E_y\left(\frac{t}{R_o}\right) \tag{4.139}$$

순서 3 - 예상 좌굴응력 F_{ic}를 계산한다.

$\frac{F_{he}}{S_y} \geq 6.25$에 대해서

$$F_{ic} = S_y \tag{4.140}$$

$1.6 < \frac{F_{he}}{S_y} < 6.25$에 대해서

$$F_{ic} = \frac{1.31S_y}{\left(1.15 + \frac{F_{he}}{S_y}\right)} \tag{4.141}$$

$0.55 < \frac{F_{he}}{S_y} \leq 1.6$에 대해서

$$F_{ic} = 0.18F_{he} + 0.45S_y \tag{4.142}$$

$\frac{F_{he}}{S_y} \leq 0.55$에 대해서

$$F_{ic} = F_{he} \tag{4.143}$$

순서 4 - 위 645.17.1에 따라서 설계계수 FS의 값을 계산한다.

순서 5 - 허용외압 P_a을 계산한다.

$$P_a = 2F_{ha}\left(\frac{t}{R_o}\right) \tag{4.144}$$

여기서

$$F_{ha} = \frac{F_{ic}}{FS} \tag{4.145}$$

순서 6 - 만일 허용외압 P_a가 설계외압 보다 낮을 경우, 동체두께를 증가시키거나 (보강 링을 추가시켜) 동체의 지지되지 않은 길이를 감소시키고, 순서 2부터 재설계하여야 하며, 허용외압이 설계외압 이상이 될 때까지 반복하여야 한다.

2. 조합하중 - 외압과 기타 하중을 받는 구형 동체와 반구형 경판은 아래 645.17.11의 요건을 만족시켜야 한다.

645.17.7 접시형 경판은 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 외압하중을 받는 접시형 경판의 요구두께는 위 645.17.6의 구형 동체에 대한 식을 사용하여 R_o에 바깥쪽 중앙 굽힘구간의 반지름을 대입하여 결정하여야 한다.
2. 접시형 경판의 형상에 대한 제한 — 645.16.5의 제한 요건을 적용하여야 한다.
3. 조합하중 - 외압과 기타 하중을 받는 접시형 경판은 아래 645.17.11의 요건을 만족하여야 한다.

645.17.8 타원형 경판은 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 외압하중을 받는 타원형 경판의 요구두께는 위 645.17.6의 구형 동체에 대한 식을 사용하여 R_o에 K_oD_o를 대입하여 결정하여야 하며, 여기서 K_o는 다음 식으로 주어진다.

$$K_o = 0.25346 + 0.13995\left(\frac{D_o}{2h_o}\right) + 0.12238\left(\frac{D_o}{2h_o}\right)^2 - 0.015297\left(\frac{D_o}{2h_o}\right)^3 \quad (4.146)$$

2. 조합하중 - 외압과 기타 하중을 받는 타원형 경판은 아래 645.17.11의 요건을 만족시켜야 한다.

645.17.9 부분적으로 얇은 부위는 645.16.12에 따른다.

645.17.10 용기를 관통하지 않은 부분적으로 뚫린 드릴구멍에 대한 설계요건은 645.16.8에 따른다.

645.17.11 조합하중과 허용압축응력은 다음과 같이 설계되어야 한다.

1. 위 645.17.1부터 645.17.10의 규정들은 외압하중에 대해 적용하여야 하며. 본 항의 규정은 조합하중을 대한 추가하중을 받는 동체의 설계를 위하여 사용하여야 하는 허용압축응력을 제시한다.
2. 원통형 동체 - 원통형 동체에 대한 허용압축응력은 하중조건에 근거한 다음 규정을 사용하여 계산하여야 한다. 각 하중조건에서 사용하는 공통 변수는 아래 타.에 주어져 있다.

가. 단독으로 작용하는 외압 - 단독으로 작용하는 외압을 받는 원통의 허용압축막응력, F_{ha}는 위 645.17.4 제1호의 식을 사용하여 계산한다.

나. 단독으로 작용하는 축 방향 압축응력 - 단독으로 작용하는 축 방향 압축하중을 받는 원통의 축 방향 허용압축막응력 F_{xa}는 다음 식을 사용하여 계산한다.

(1) $\lambda_c \le 0.15$(국부 좌굴)에 대하여

$$F_{xa} = \min[F_{xa1}, F_{xa2}] \quad (4.147)$$

$\frac{D_o}{t} \le 135$에 대해서

$$F_{xa1} = \frac{S_y}{FS} \quad (4.148)$$

$135 < \frac{D_o}{t} < 600$에 대해서

$$F_{xa1} = \frac{466S_y}{FS\left(331 + \frac{D_o}{t}\right)} \quad (4.149)$$

$600 \le \frac{D_o}{t} \le 2000$에 대해서

$$F_{xa1} = \frac{0.5S_y}{FS} \tag{4.150}$$

$$F_{xa2} = \frac{F_{xe}}{FS} \tag{4.151}$$

$$F_{xe} = \frac{C_x E_y t}{D_o} \tag{4.152}$$

$\frac{D_o}{t} < 1247$에 대해서

$$C_x = \min\left[\frac{409\bar{c}}{\left(389 + \frac{D_o}{t}\right)}, 0.9\right] \tag{4.153}$$

$1247 \le \frac{D_o}{t} \le 2000$에 대해서

$$C_x = 0.25\bar{c} \tag{4.154}$$

$M_x \le 1.5$에 대해서

$$\bar{c} = 2.64 \tag{4.155}$$

$1.5 < M_x < 15$에 대해서

$$\bar{c} = \frac{3.13}{M_x^{0.42}} \tag{4.156}$$

$M_x \ge 15$에 대해서

$$\bar{c} = 1.0 \tag{4.157}$$

(2) $\lambda_c > 1.5$와 $K_u L_u / r_g < 200$(기둥 좌굴)에 대해서

$0.15 < \lambda_c < 1.147$에 대해서

$$F_{ca} = F_{xa}\left[1 - 0.74(\lambda_c - 0.15)\right]^{0.3} \tag{4.158}$$

$\lambda_c > 1.147$에 대해서

$$F_{ca} = \frac{0.88F_{xa}}{\lambda_c^2} \tag{4.159}$$

다. 압축굽힘응력 - 전체 원형단면에 걸쳐 작용하는 굽힘 모멘트를 받는 원통형 동체의 축 방향 허용압축막응력 F_{ba}은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$135 \le \frac{D_o}{t} \le 2000$에 대해서

$$F_{ba} = F_{xa} \tag{4.160}$$

$100 \le \frac{D_o}{t} < 135$에 대해서

$$F_{ba} = \frac{466S_y}{FS\left(331 + \frac{D_o}{t}\right)} \tag{4.161}$$

$\frac{D_o}{t} < 100$과 $\gamma \geq 0.11$에 대해서

$$F_{ba} = \frac{1.081 S_y}{FS} \tag{4.162}$$

$\frac{D_o}{t} < 100$과 $\gamma < 0.11$에 대해서

$$F_{ba} = \frac{S_y(1.4 - 2.9\gamma)}{FS} \tag{4.163}$$

$$\gamma = \frac{S_y D_o}{E_y t} \tag{4.164}$$

라. 전단응력 - 원통형 동체의 허용전단응력 $F_{\nu a}$은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$$F_{\nu a} = \frac{\eta_\nu F_{\nu e}}{FS} \tag{4.165}$$

$$F_{\nu e} = \alpha_\nu C_\nu E_y \left(\frac{t}{D_o}\right) \tag{4.166}$$

$M_x \leq 1.5$에 대해서

$$C_\nu = 4.454 \tag{4.167}$$

$1.5 < M_x < 26$에 대해서

$$C_\nu = \left(\frac{9.64}{M_x^2}\right)(1 + 0.0239 M_x^3)^{0.5} \tag{4.168}$$

$26 \leq M_x < 4.347\left(\frac{D_o}{t}\right)$에 대해서

$$C_\nu = \frac{1.492}{M_x^{0.5}} \tag{4.169}$$

$M_x \geq 4.347\left(\frac{D_o}{t}\right)$에 대해서

$$C_\nu = 0.716\left(\frac{t}{D_o}\right)^{0.5} \tag{4.170}$$

$\frac{D_o}{t} \leq 500$에 대해서

$$\alpha_\nu = 0.8 \tag{4.171}$$

$\frac{D_o}{t} > 500$에 대해서

$$\alpha_\nu = 1.389 - 0.218 \log_{10}\left(\frac{D_o}{t}\right) \tag{4.172}$$

$\frac{F_{\nu e}}{S_y} \leq 0.48$에 대해서

$$\eta_\nu = 1.0 \tag{4.173}$$

$0.48 < \frac{F_{\nu e}}{S_y} < 1.7$에 대해서

$$\eta_\nu = 0.43\left(\frac{S_y}{F_{\nu e}}\right) + 0.1 \tag{4.174}$$

$\frac{F_{\nu e}}{S_y} \geq 1.7$에 대해서

$$\eta_\nu = 0.6\left(\frac{S_y}{F_{\nu e}}\right) \tag{4.175}$$

마. 축 방향 압축응력과 후프압축 - 축 방향 압축과 후프압축의 조합에 대한 허용후프압축응력F_{xha}은 다음 식을 사용하여 계산하여야한다.

(1) $\lambda_c \leq 0.15$에 대해서, 각각 위 가. 및 나.(1)의 식을 사용하여 평가한 F_{ha}와 F_{ba}를 가지고 다음 식을 사용하여 F_{xha}를 계산하여야 한다.

$$F_{xha} = \left[\left(\frac{1}{F_{xa}^2}\right) - \left(\frac{C_1}{C_2 F_{xa} F_{ha}}\right) + \left(\frac{1}{C_2^2 F_{ha}^2}\right)\right]^{-0.5} \tag{4.176}$$

$$C_1 = \frac{(F_{xa} \cdot FS + F_{ha} \cdot FS)}{S_y} - 1.0 \tag{4.177}$$

$$C_2 = \frac{f_x}{f_h} \tag{4.178}$$

$f_x \leq F_{xha}$에 대해서

$$f_x = f_a + f_q \tag{4.179}$$

변수 f_a와 f_q는 아래 타.에서 정의하고 있다.

(2) $0.15 < \lambda_c \leq 1.2$에 대해서, $f_x = f_a$와 위 (1)의 식으로 평가한 $F_{ah1} = F_{xha}$, 그리고 위 나.(2)의 식으로 평가한 F_{ca}를 가지고 다음 식으로부터 F_{xha}를 계산한다. 외압으로 인하여 원통 끝에 작용하는 하중은 기둥 좌굴에 기여하지 않으므로 F_{ah1}는 f_x보다는 f_a와 비교한다. 그러나 압력하중으로 인한 응력은 유효항복응력을 낮추며, $(1 - f_q/S_y)$ 내의 양이 이 감소를 나타낸다.

$$F_{xha} = \min[F_{ah1}, F_{ah2}] \tag{4.180}$$

$$F_{ah2} = F_{ca}\left(1 - \frac{f_q}{S_y}\right) \tag{4.181}$$

(3) $\lambda_c \leq 0.15$에 대해서, 허용후프압축막응력 F_{hxa}는 다음 식으로 주어진다.

$$F_{hxa} = \frac{F_{xha}}{C_2} \tag{4.182}$$

바. 압축 굽힘 응력과 후프압축 - 굽힘 모멘트와 후프 압축으로 인한 축 방향 압축 조합에 대한 허용압축응력은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

(1) 각각 위 가. 및 다.의 식으로 평가한 F_{ha}와 F_{xa}를 가지고 C_3에 대한 식을 풀기 위하여 반복해법절차(iteration solution procedure)가 사용된다.

$$F_{bha} = C_3 C_4 F_{ba} \tag{4.183}$$

$$C_4 = \left(\frac{f_b}{f_h}\right)\left(\frac{F_{ha}}{F_{ba}}\right) \tag{4.184}$$

$$C_3^2(C_4^2 + 0.6C_4) + C_3^{2n} - 1 = 0 \tag{4.185}$$

$$n = 5 - \frac{4F_{ha} \cdot FS}{S_y} \tag{4.186}$$

(2) 허용후프압축막응력 F_{hba}는 다음 식으로 주어진다.

$$F_{hba} = F_{bha}\left(\frac{f_h}{f_b}\right) \tag{4.187}$$

사. 전단응력과 후프압축 - 전단과 후프압축의 조합에 대한 허용압축응력 $F_{\nu ha}$는 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

(1) 각각 위 가. 및 라.의 식으로 평가한 F_{ha}와 $F_{\nu a}$를 가지고 다음 식에 의해서 허용전단응력이 주어진다.

$$F_{\nu ha} = \left[\left(\frac{F_{\nu a}^2}{2C_5F_{ha}}\right)^2 + F_{\nu a}^2\right]^{0.5} - \frac{F_{\nu a}^2}{2C_5F_{ha}} \tag{4.188}$$

$$C_5 = \frac{f_\nu}{f_h} \tag{4.189}$$

(2) 허용후프압축막응력 $F_{h\nu a}$는 다음 식으로 주어진다.

$$F_{h\nu a} = \frac{F_{\nu ha}}{C_5} \tag{4.190}$$

아. 축 방향 압축응력, 압축 굽힘 응력, 전단응력 및 후프압축 - 축 방향 압축, 굽힘 모멘트로 인한 축 방향 압축 및 후프 압축 하의 전단 조합에 대한 허용압축응력은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

(1) 전단계수는 위 라.의 $F_{\nu a}$를 가지고 다음 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$K_s = 1.0 - \left(\frac{f_\nu}{F_{\nu a}}\right)^2 \tag{4.191}$$

(2) $\lambda_c \le 0.15$에 대해서, 각각 f_a와 f_b인 축 방향 압축과 굽힘 응력을 받는 부재의 수용은 각각 위 마.(1) 및 바.(1)의 식으로 평가된 F_{xha}와 F_{bha}를 가지고 다음의 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$\left(\frac{f_a}{K_sF_{xha}}\right)^{1.7} + \left(\frac{f_b}{K_sF_{bha}}\right) \le 1.0 \tag{4.192}$$

(3) $0.15 < \lambda_c \le 1.2$에 대해서, 각각 f_a와 f_b인 축 방향 압축과 굽힘 응력을 받는 부재의 수용은 각각 위 마.(2) 및 바.(1)의 식으로 평가된 F_{xha}와 F_{bha}를 가지고 다음의 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$\frac{f_a}{K_sF_{xha}} \ge 0.2$에 대해서

$$\left(\frac{f_a}{K_sF_{xha}}\right) + \left(\frac{8}{9}\frac{\triangle f_b}{K_sF_{bha}}\right) \le 1.0 \tag{4.193}$$

$\frac{f_a}{K_s F_{xha}} < 0.2$에 대해서

$$\left(\frac{f_a}{2K_s F_{xha}}\right) + \left(\frac{\triangle f_b}{K_s F_{bha}}\right) \le 1.0 \tag{4.194}$$

$$\triangle = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{f_a \cdot FS}{F_e}\right)} \tag{4.195}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E_y}{\left(\frac{K_u L_u}{r_g}\right)^2} \tag{4.196}$$

자. 축 방향 압축응력, 압축 굽힘 응력 및 전단 - 축 방향 압축, 굽힘 모멘트로 인한 축 방향 압축 및 후프 압축이 존재하지 않는 전단 조합에 대한 허용압축응력은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

(1) 전단계수는 위 라.의 F_{va}를 가지고 아.(1)의 식을 사용하여 결정하여야 한다.

(2) $\lambda_c \le 0.15$에 대해서, 각각 f_a와 f_b인 축 방향 압축과 굽힘 응력을 받는 부재의 수용은 각각 위 나.(1) 및 다.의 식으로 평가된 F_{xa}와 F_{ba}를 가지고 다음 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$\left(\frac{f_a}{K_s F_{xa}}\right)^{1.7} + \left(\frac{f_b}{K_s F_{ba}}\right) \le 1.0 \tag{4.197}$$

(3) $0.15 < \lambda_c \le 1.2$에 대해서, 각각 f_a와 f_b인 축 방향 압축과 굽힘 응력을 받는 부재의 수용은 각각 위 나.(2) 및 다.의 식으로 평가된 F_{ca}와 F_{ha}를 가지고 다음 식을 사용하여 결정한다. 계수 $\triangle$는 위 아.(3)의 식을 사용하여 평가하여야 한다.

$\frac{f_a}{K_s F_{ca}} \ge 0.2$에 대해서

$$\left(\frac{f_a}{K_s F_{ca}}\right) + \left(\frac{8}{9}\frac{\triangle f_b}{K_s F_{ba}}\right) \le 1.0 \tag{4.198}$$

$\frac{f_a}{K_s F_{ca}} < 0.2$에 대해서

$$\left(\frac{f_a}{2K_s F_{ca}}\right) + \left(\frac{\triangle f_b}{K_s F_{ba}}\right) \le 1.0 \tag{4.199}$$

차. 만일 최대 축 방향 응력이 축 방향 압축에 대해서만 설계한 동체에 대해서 F_{xa}값보다 작거나 축 방향 압축과 외압에 대해서 설계한 동체에 대해서 F_{xha}값보다 작으면, 최대편차 e는 위 645.17.3 제2호에서 주어진 e_x의 값을 초과할 수 있다. 좌굴응력의 변화 F'_{xe}는 식(4.200)으로 계산하며, 감소된 허용좌굴응력 $F_{xa(감소)}$는 식(4.201)로 결정한다. 식에서 e는 새로운 최대편차이고,

F_{xa}는 식(4.147)로 결정하며, FS_{xa}는 F_{xa}를 결정하기 위해서 사용된 응력감소 계수의 값이다.

$$F'_{xe} = \left(0.944 - \left|0.286\log\left[\frac{0.0005e}{e_x}\right]\right|\right)\left(\frac{E_y t}{R}\right) \tag{4.200}$$

$$F_{xa(감소)} = \frac{F_{xa} \cdot FS_{xa} - F'_{xe}}{FS_{xa}} \tag{4.201}$$

식(4.200) 내의 양 $0.286\log[0.0005(e/e_x)]$은 절대수이다(즉, 아주 작은 수의 log는 음이다). 예를 들어, $e = e_x$이면, 식(4.200)을 사용하여 계산한 좌굴응력의 변화는 $F'_{xe} = 0.086E_y(t/R)$이다.

카. 단면 성질, 응력 및 좌굴 변수 - 단면 성질, 공칭 동체 응력 및 좌굴 변수에 대한 식은 아래에 따라 계산하여야 한다.

$$A = \frac{\pi(D_o^2 - D_i^2)}{4} \tag{4.202}$$

$$S = \frac{\pi(D_o^4 - D_i^4)}{32D_o} \tag{4.203}$$

$$f_h = \frac{PD_o}{2t} \tag{4.204}$$

$$f_b = \frac{M}{S} \tag{4.205}$$

$$f_a = \frac{F}{A} \tag{4.206}$$

$$f_q = \frac{P\pi D_i^2}{4A} \tag{4.207}$$

$$f_\nu = \frac{V\sin[\phi]}{A} \tag{4.208}$$

$$r_g = 0.25\sqrt{D_o^2 + D_i^2} \tag{4.209}$$

$$M_x = \frac{L}{\sqrt{R_o t}} \tag{4.210}$$

$$\lambda_c = \frac{K_u L_u}{\pi r_g}\left(\frac{F_{xa} \cdot FS}{E_y}\right)^{0.5} \tag{4.211}$$

3. 원뿔형 동체 - 꼭지각의 반 α가 60° 미만인 원뿔형 동체의 보강을 하지 않은 원뿔형 천이부 또는 보강 링 사이의 원뿔부는 아래의 요건을 대입하여 위 제2호의 식으로 등가 원통(equivalent cylinder)으로서 평가하여야 한다. 원뿔 길이의 모든 단면은 본 항의 동체 허용오차와 응력기준을 모두 만족하여야 한다.

가. 허용압축응력을 결정하기 위해서 t에 t_c의 값을 대입한다.

나. 허용압축응력을 결정하기 위해서 D_o에 $D/\cos\alpha$의 값을 대입하며, 여기서 D는 검토하는 점에서의 원뿔의 바깥지름이다.

다. L에 $L_c/\cos\alpha$의 값을 대입하며, 여기서 L_c는 원뿔 축에 연한 두 보강 링 사

이의 거리이다.

4. 구형 동체와 경판 - 허용압축응력은 두 개의 주응력 비에 따라 다음과 같이 계산한다.

가. 두 개의 주응력이 같은 경우 - 균일한 외압을 받는 구형 동체에 대한 허용압축응력 F_{ha}은 위 645.17.6의 식으로 계산한다.

나. 두 개의 주응력이 크기가 다르고 모두 압축인 경우 - 두 개의 주응력이 모두 작용하중으로부터 발생하는 압축응력이 크기가 다르고 모두 압축인 경우 σ_1과 σ_2를 받는 구형 동체에 대한 허용압축응력은 아래의 식으로 계산한다. 이 식에서 F_{ha}는 위 645.17.6을 사용하여 결정한다. F_{1a}는 σ_1 방향의 허용압축응력이고, F_{2a}는 σ_2 방향의 허용압축응력이다.

$$F_{1a} = \frac{0.6F_{ha}}{1-0.4k} \tag{4.212}$$

$$F_{2a} = kF_{1a} \tag{4.213}$$

$$k = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \tag{4.214}$$

여기서 $|\sigma_1| > |\sigma_2|$

다. 두 주응력의 크기가 다르고 하나는 인장이고 다른 하나는 압축인 경우 - 두 개의 주응력이 모두 작용하중으로부터 발생하는 각각 크기가 다르고 하나는 인장이고 다른 하나는 압축인 경우 두 개의 주응력이 σ_1과 σ_2를 받는 구형 동체에 대한 허용압축응력은 아래 식으로 계산한다. 이 식에서 F_{ha}는 위 645.17.6으로 계산한다. F_{1a}는 σ_1 방향의 허용압축응력이며, 다음 식으로 계산한 F_{he}를 가지고 위 645.17.6을 사용하여 결정한 F_{ha}의 값이다.

$$F_{he} = \frac{(C_o + C_p)E_y t}{R_0} \tag{4.215}$$

$\frac{R_o}{t} < 622$에 대해서

$$C_o = \frac{102.2}{195 + \frac{R_o}{t}} \tag{4.216}$$

$622 \le \frac{R_o}{t} \le 1000$에 대해서

$$C_o = 0.125 \tag{4.217}$$

$$C_p = \frac{1.06}{3.24 + \left(\frac{E_y t}{\sigma_2 R_o}\right)} \tag{4.218}$$

645.17.12 너클이 없는 원통-원뿔 동체 천이 접합부의 설계는 다음과 같다.

1. 645.16.10의 규정을 만족하여야 하며, 이 계산에서, 압력의 음(-)의 값을 모든 해당 식에서 사용하여야 한다.

645.17.13 너클이 있는 원통 및 원뿔형 동체 천이 접합부의 설계는 645.16.11의 설계규정에 만족하여야 하며, 이 계산에서 모든 해당 식에서 음(-)의 값의 압력을 사용하여야 한다.

645.17.14 기호설명

A : 원통의 단면적

A_s : 작은 보강 링의 단면적

A_L : 격벽으로서 작용하는 큰 보강 링의 단면적

α : 원뿔형 동체의 꼭지각의 1/2(°)

C_m : 그 값이 아래와 같이 정해지는 계수

= (옆쪽으로) 병진운동을 견디는 골조 내의 압축부재에 대해서 0.85

= 병진운동을 방지하기 위하여 브레이싱을 하고 굽힘의 평면에서 그 지지물 사이에서 가로 하중을 받지 않는 골조 내의 회전이 억제된 부재에 대해서는 0.6 - 0.4(M_1/M_2).

이 식에서, M_1/M_2는 검토대상의 굽힘 평면에서 브레이싱을 하지 않은 부재 부분의 끝에서 큰 굽힘 모멘트에 대한 작은 굽힘 모멘트의 비율이다 (부재가 역 방향 굽힘으로 굽어질 때는 M_1/M_2는 양(+)이고 단일 굽힘으로 굽어질 때는 음(-)이다).

= 병진운동을 방지하기 위하여 브레이싱을 하고 그 지지물 사이에 가로 하중을 받는 골조 내의 압축 부재에 대해서 0.85. 그 부재의 끝은 굽힘 평면 내에서 회전에 대해서 억제된다.

= 병진운동을 방지하기 위하여 브레이싱을 하고 그 지지물 사이에 가로 하중을 받는 골조 내의 압축 부재에 대해서 1.0 그 부재의 끝은 굽힘 평면 내에서 회전에 대해서 억제되지 않는다.

= 억제되지 않은 스커트로 지지된 용기에 대해서 1.0

c : 중립축으로부터 검토대상 점까지의 거리

D_c : 바깥쪽 보강 링에 대해서 합성 보강 링 단면의 도심까지의 지름, 또는 안쪽 보강 링에 대해서 안쪽지름(그림 645.17.14-1 참조)

D_i : 원통의 안지름(부식영향을 포함)

D_o : 원통의 바깥지름

D_e : 원뿔이나 원뿔형 단면을 설계하기 위하여 가정하는 등가 원통의 바깥지름

D_S : 지지선 사이의 원뿔이나 원뿔형 단면의 소단부에서의 바깥지름

D_L : 지지선 사이의 원뿔이나 원뿔형 단면의 대단부에서의 바깥지름

E_y : 설계온도에서 재료의 탄성계수

E_t : 설계온도에서 재료의 접선탄성계수

F : 작용하는 정미단면 축 방향 압축하중

f_a : 작용하는 축 방향 하중으로부터 발생하는 축 방향 압축막응력
f_b : 작용하는 굽힘 모멘트로부터 발생하는 축 방향 압축막응력
f_h : 외압으로부터의 원통 내의 후프압축응력
f_q : 원통의 끝 위의 압력하중 Q_p로부터 발생하는 축 방향 압축막응력
f_ν : 작용 하중으로부터의 전단응력
FS: 설계계수
F_{ba}: 다른 하중이 없이 정미단면 굽힘 모멘트를 받는 원통의 허용압축막응력
F_{ca} : $\lambda_c = 0.15$인 축 방향 압축하중으로 인한 원통의 허용압축막응력
F_{bha}: 후프압축이 있는데 굽힘을 받는 원통의 축 방향 허용압축막응력
F_{hba}: 정미단면 굽힘 모멘트로 인한 길이 방향 압축이 있는 원통의 축 방향 허용압축막응력
F_{he}: 외압만을 받는 원통이나 성형경판의 탄성후프압축막파괴응력
F_{ha}: 외압만을 받는 원통이나 성형경판의 허용후프압축막응력
F_{hef}: 길이 L_F에 걸쳐 평균을 낸 후프좌굴응력 F_{he}의 평균 값. 여기서 F_{he}는 식 (4.105)로부터 결정된다.
$F_{h\nu a}$: 전단응력이 있는 원통의 허용후프압축막응력
F_{hxa}: 축 방향 하중이 있는 원통의 허용후프압축막응력
F_{ic}: 허용응력 식에서 $FS = 1.0$이 되게하여 결정하는 예상 좌굴응력
F_{ta} 허용인장응력
$F_{\nu a}$: 전단하중만을 받는 원통의 허용전단응력
$F_{\nu e}$: 전단하중만을 받는 원통의 탄성전단좌굴응력
$F_{\nu ha}$: 후프압축이 있는데 전단응력을 받는 원통의 허용전단응력
F_{xa}: $\lambda_c \le 0.15$인 축 방향 압축하중으로 인한 원통의 허용압축막응력
F_{xe}: 다른 하중이 없는 원통의 축 방향 탄성파괴막응력(국부좌굴)
F_{xha}: $\lambda_c \le 0.15$에 대해서 후프압축이 있는 원통의 축 방향 허용압축막응력
γ : 좌굴 변수
h_o : 바깥쪽 표면으로 측정한 타원형 경판의 높이
h_1 : 해당되는 대로, 평강 보강재, 앵글 보강재의 랙 또는 티 보강재의 플랜지의 길이
h_2 : 해당되는 대로, 보강재의 앵글 랙의 길이 또는 웨브
I : 원통이나 원뿔의 단면의 관성모멘트
I_L : 큰 보강 링의 실제 관성모멘트
I_L^C : 큰 보강 링과 동체의 유효길이로 구성된 합성단면의 도심 축에 대한 실제 관성모멘트
I_s : 작은 보강 링의 실제 관성모멘트
I_s^C : 작은 보강 링과 동체의 유효길이로 구성된 합성단면의 도심 축에 대한 실제

관성모멘트

K_o : 타원형 경판 계수

K_u : 축 방향 압축을 받는 부재의 끝 조건에 근거한 계수

= 하나의 자유단과 하나의 고정단을 가진 부재에 대해서 2.10. 이 경우 "부재"는 기호설명에서 정의하는 것처럼 브레이싱을 하지 않은 원통형 동체 또는 원통형 동체 부분

= 양단이 핀 구조인 부재에 대해서 1.00

= 일단이 핀 구조 타단이 고정인 부재에 대해서 0.80

= 양단 고정의 부재에 대해서 0.65

$L, L_1, L_2, ..$ 지지선 사이의 보강하지 않은 용기 부분의 설계길이(그림 645.17.4-2 참조). 지지선은 (1)접선으로부터 측정한 경판(의 깊이의 1/3에 있는 경판(원뿔형 경판 제외) 상의 원둘레 선, (2)645.17.4.나.의 요건을 만족시키는 작은 보강 링, 또는 (3) 관판이다.

$L_B, L_{B1}, L_B,.$ 격벽 또는 격벽으로서 작용하도록 지정된 큰 보강 링 사이의 원통의 설계길이.

L_c : 원뿔이나 보강을 하지 않은 원뿔에 대한 원뿔부분의 길이 또는 보강을 한 원뿔에서 원뿔-원통 접합부로부터 그 원뿔의 첫 보강 링까지의 길이 (그림 645.17.14-1 및 645.17.5-1 참조)

L_e : 동체의 유효길이

L_F : 큰 보강 링의 어느 쪽이던 큰 보강 링의 중심선으로부터 경판 지지선의 다음 큰 보강 링까지의 거리 L_B의 합의 1/2

L_s : 한 보강 링의 중심선으로부터 그 보강 링의 어느 한 쪽에 있는 다음 지지선까지 그 원통의 축에 평행하게 측정한 길이의 합의 1/2. 지지선은 L의 정의에서 정의되어 있다.

L_t : 용기의 총길이

L_u : 기둥 좌굴을 받는 원통형 부재의 옆 방향으로 브레이싱을 하지 않은 거리, 외압만을 받는 용기 동체를 평가할 때는 영(0)과 같다.

λ_c : 기둥 좌굴에 대한 세장계수

M : 작용하는 정미단면 굽힘 모멘트

M_x : 동체 변수

P : 작용 외압

P_a : 다른 하중이 없을 때의 허용외압

ϕ : 작용하는 전단력의 방향으로부터 검토대상 점까지 원둘레를 따라 측정한 각도

r_f : 플레어의 안쪽 반지름

r_g : 선회반지름(Radius Of Gyration)

r_k : 너클의 안쪽 반지름

R : 동체 중심선까지의 반지름

R_c : 보강 링과 동체 유효길이의 조합의 도심까지의 반지름, $R_c = R + Z_c$(그림 645.17.4-3 참조)

R_L : 대단부에서의 안쪽 반지름, $R_L = D_L/2$

R_o : 원통형 또는 구형 동체의 바깥반지름

R_S : 소단부에서의 안쪽 반지름, $R_S = D_S/2$

S : 동체의 단면계수

S_y : 규정설계금속온도에서 최소규정항복강도

σ_1 : 1-방향의 주압축응력

σ_2 : 2-방향의 주압축응력

V : 정미단면 전단력

t : 동체두께

t_c : 원뿔두께

t_L : 원뿔형 천이에서 대단부 원통의 두께

t_S : 원뿔형 천이에서 소단부 원통의 두께

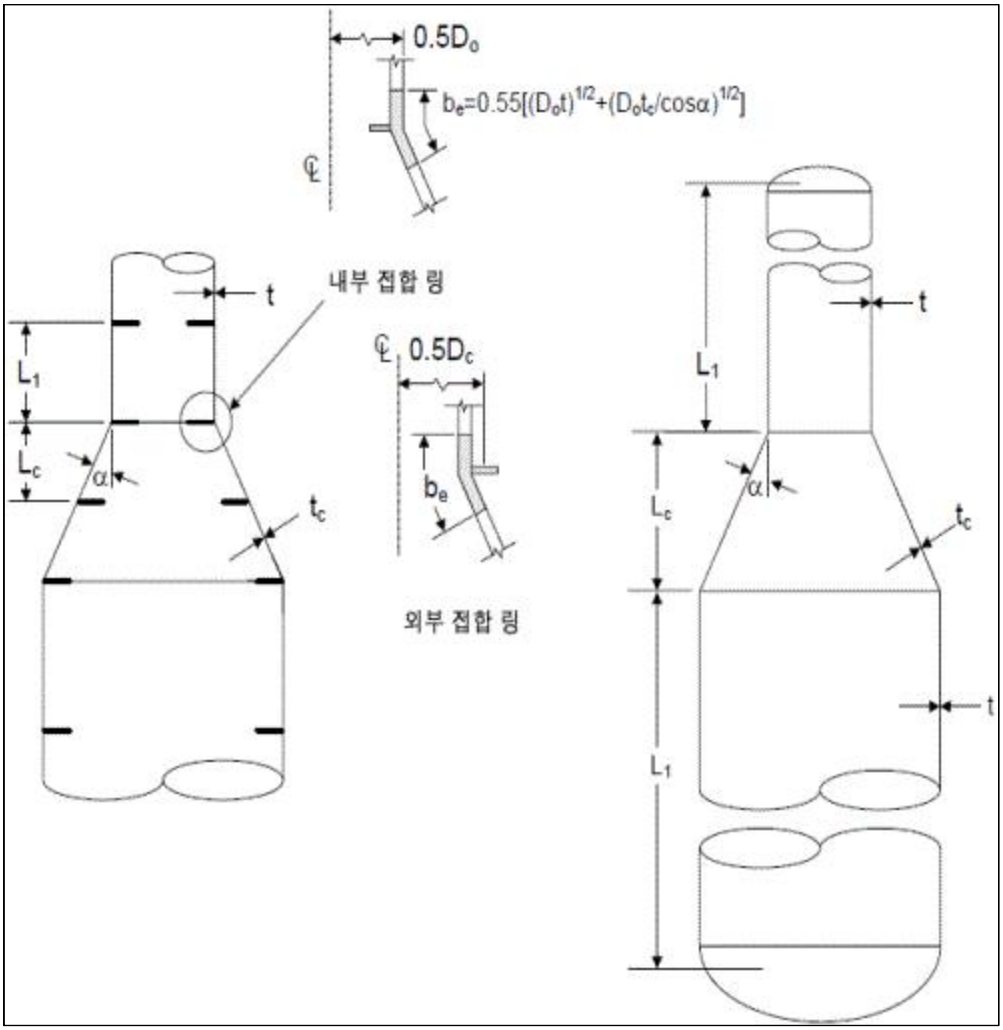
t_1 : 평강 보강재, 앵글 보강재의 레그(Leg) 랙 또는 티 보강재의 플랜지의 두께

t_2 : 앵글 레그(Leg)나 보강재 웨브의 두께

Z_c : 동체의 중심선으로부터 보강 링과 동체 유효길이의 조합단면까지의 반지름 방향 거리

Z_L : 동체의 중심선으로부터 큰 보강 링의 도심까지의 반지름 방향 거리

Z_S : 동체의 중심선으로부터 작은 보강 링의 도심까지의 반지름 방향 거리



(a) 보강된 동체 (b) 보강되지 않은 동체

[그림 645.17.14-1] 보강된 및 보강되지 않은 원뿔형 동체의 지지되는 또는 지지되지 않은 길이의 선

645.18 동체와 경판 내의 구멍에 대한 설계

645.18.1 노즐의 치수와 모양은 645.16 및 645.17의 계산식이 뒷받침하는 모양의 용기와 원형 또는 타원형 원통이 교차하여 생기는 원형, 타원형 또는 다른 모양이어야 한다. 이 항의 설계규정은 동체의 안지름과 두께 비율이 400 이하인 경우에만 적용하여야 한다. 다만, 동체 두께에 대한 안지름 비율의 제한 없이 645.18.9 및 645.18.10의 규정을 적용해도 되는 경우는 제외한다. 또한 완성된 노즐 구멍의 단축 길이에 대한 장축 길이의 비율은 1.5 이하이어야 한다.

1. 바깥쪽 방향 스터드 조임형 플랜지와 단조 노즐 플랜지의 직선 허브를 제외한, 보강 범위 내의 볼트조임 플랜지 재료는 보강 값을 가지는 것으로 간주하지 않는다. 일체형 허브 재료 이외의 튜브판 또는 평경판 재료는 인근 동체

또는 경판에 있는 구멍의 보강으로 인정하지 않는다.

645.18.2 노즐 부착 방법은 아래와 같다.

1. 노즐은 용기의 동체 또는 경판에 다음 방법으로 부착하여야 한다.

가. 용접형 접합부

용접에 의한 노즐의 부착은 645.15.1의 요건에 따라야 한다.

나. 스터드형 접합부

노즐을 스터드 패드형 접합부를 이용하여 만들 수도 있다. 용기는 동체, 덧살 붙인 패드, 또는 부착한 판 위 또는 이음쇠 위에 기계가공을 한 편평한 표면이 있어야 한다. 나사를 내는 드릴구멍은 용기의 안쪽 표면에 금속을 추가하여 위에서 요구된 최소두께가 되지 않는다면 안쪽 표면으로부터 부식여유를 뺀 후 벽두께의 1/4 이내로 관통해서는 안 된다. 스터드를 위하여 나사구멍 나사는 아래 식으로 규정하는 길이 L_{st}만큼 스터드와 체결되어야 한다.

$$L_{st} = \min[L_{st1}, 1.5d_{st}] \tag{4.219}$$

여기서

$$L_{st1} = \max\left[d_{st}, 0.75d_{st}\left(\frac{S_{st}}{S_{tp}}\right)\right] \tag{4.220}$$

다. 나사형 접합부

일반 관용 나사에 적합한 관, 튜브 및 기타 나사형 접합부는 접합부의 크기가 DN 50(NPS 2) 이하이고 용기의 벽 곡률에 대한 여유가 고려된 후 표 645.18.2-1에 규정된 최소수의 나사산이 맞물린다는 보장하에 용기 벽의 나사구멍에 나사로 접합할 수 있다. 누설방지를 위하여 다른 밀봉수단이 제공된다면 적어도 같은 강도의 평행나사를 사용할 수 있는 경우를 제외하고, 나사는 관용 테이퍼나사이어야 한다. 요구 금속두께와 표 645.18.2-1에서 요구하는 나사산 수를 확보하기 위해서 또는 보강을 위해 덧살 붙인 패드나 부착한 판 또는 이음쇠를 사용할 수 있다.

라. 확관형 접합부

지름이 관 크기 DN 50(NPS 2) 이하라는 전제하에 관, 튜브를 보강하지 않은 구멍 속으로 삽입하고 동체에 확관하여 용기의 벽에 관이나 튜브를 부착할 수 있다. 바깥지름이 150 mm(6 in) 이하인 관, 튜브 또는 단조품의 보강을 한 구멍 속으로 삽입하고 동체에 확관하여 용기의 벽에 부착할 수 있다. 확관형 접합부는 다음 방법 중 하나를 사용하여 제작하여야 한다.

(1) 견고한 롤링과 비딩

(2) 롤링, 비딩 그리고 비드 가장자리를 따라 누설방지 용접

(3) 구멍의 지름에 걸친 3 mm(0.125 in) 이상의 확관과 확장

(4) 롤링, 확관과 용접

(5) 확관이나 비딩이 없는 롤링과 용접의 경우, 단 끝이 6 mm(0.25 in) 이상 10 mm(0.375 in) 이하로 동체를 통과하여 연장되고 그 용접 목이 5 mm(0.1875 in) 이상 8 mm(0.3125 in) 이하가 되어야한다.

2. 노즐 접합부에 대한 추가적 요건은 다음과 같다.

가. 튜브나 관 바깥지름이 38 mm(1.5 in) 이하일 때, 동체는 적어도 튜브나 관 두께와 같은 깊이까지 모 따기를 하거나 오목하게 만들어서 튜브나 관을 롤링 및 용접할 수 있으며, 튜브나 관의 끝은 어떠한 경우에도 동체의 안지름을 지나 10 mm(0.375 in) 이상으로 연장되어서는 안 된다.

나. 튜브나 관을 롤링하거나 확관하는 동체의 구멍은 홈파기가 허용된다.

다. 접합부에 누설방지 용접을 하지 않는 경우에는, 인화성 및/또는 유독성 가스와 액체의 처리 또는 저장을 위해서 사용하는 용기에 부착하는 방법으로서 확관형 접합부를 사용하여서는 안 된다.

라. 용기의 바깥쪽에 부착되는 보강 판이나 새들에는 직선 또는 테이퍼 나사 구멍으로 가공된 한 개 이상의 배기구멍[최대지름 11 mm(7/16 in.)]이 있어야 한다. 용기를 사용할 때 이 배기구멍을 개방된 상태로 두거나 막아 둘 수 있다. 이 배기구멍을 막아 둘 경우, 막음재는 보강 판과 용기 벽 사이에 형성된 압력을 지탱할 수 없어야 한다. 열처리를 하는 동안에는 배기구멍을 막아 두지 않아야 한다.

[표 645.18.2-1] 접합부에 대한 관 나사산의 최소수

관 크기	맞물리는 나사산	요구되는 최소 판 두께
DIN 15, 20 (NPS 0.5, 0.75 in)	6	11 mm(0.43 in)
DIN 25, 32, 40 (NPS 1.0, 1.25, 1.5 in)	7	16 mm(0.61 in)
DIN 50 (NPS 2, 2 in)	8	18 mm(0.70 in)

645.18.3 노즐 넥의 최소두께 요건

1. 출입구와 점검구를 제외한 노즐의 최소 넥 두께는 645.16과 645.17을 사용하여 내압과 외압을 계산하여야 하며, 이 계산에서는 부식여유와 추가 하중으로부터의 외력과 모멘트의 영향을 고려하여야 한다. 노즐 넥 두께는 동체 두께나 표 645.18.3-1에 주어진 두께 중 얇은 것 보다 얇아서는 안 된다. 노즐 넥의 최소두께에 부식여유를 추가하여야 한다.

2. 출입구와 점검구에 대한 최소 넥 두께는 645.16과 645.17을 사용하여 내압과

외압을 계산하여야 하며, 이 계산에서 부식여유를 고려하여야 한다.

[표 645.18.3-1] 노즐의 최소두께 요건

공칭크기	최소두께, mm (in)
DN 6 (NPS 1/8)	11.51 (0.060)
DN 8 (NPS 1/4)	1.96 (0.077)
DN 10 (NPS 3/8)	2.02 (0.080)
DN 15 (NPS 1/2)	2.42 (0.095)
DN 20 (NPS 3/4)	2.51 (0.099)
DN 25 (NPS 1)	2.96 (0.116)
DN 32 (NPS 1 1/4)	3.12 (0.123)
DN 40 (NPS 1 1/2)	3.22 (0.127)
DN 50 (NPS 2)	3.42 (0.135)
DN 65 (NPS 2 1/2)	4.52 (0.178)
DN 80 (NPS 3)	4.80 (0.189)
DN 90 (NPS 3 1/2)	5.02 (0.198)
DN 100 (NPS 4)	5.27 (0.207)
DN 125 (NPS 5)	5.73 (0.226)
DN 150 (NPS 6)	6.22 (0.245)
DN 200 (NPS 8)	7.16 (0.282)
DN 250 (NPS 10)	8.11 (0.319)
≥DN 300 (NPS 12)	8.34 (0.328)
비고: 노즐의 규정 바깥지름이 표준 DN(NPS) 크기가 아닌 경우, 실제 노즐의 바깥지름보다 큰 크기의 DN(NPS)를 표에서 선택하여야 한다.	

645.18.4 원통형 동체에 있는 방사상노즐

1. 압력하중을 받는 원통형 동체에 있는 방사상노즐 설계절차는 아래와 같다. 이 설계절차의 변수들은 그림 645.18.4-1, 645.18.4-2 및 645.18.4-3에 나와 있으며, 부식된 상태를 고려하여야 한다.

순서 1 – 다음과 같이 동체의 유효 반지름을 결정한다.

(1) 원동형 동체

$$R_{eff} = 0.5\,D_i \tag{4.221}$$

(2) 원뿔형 동체에 대한 R_{eff}는 노즐 중심선과 원뿔의 접합부에서 ·원뿔형 동체의 안쪽 반지름이다. 이 반지름은 원뿔형 동체의 장축에 수직으로 측정한다.

순서 2 - 용기 벽을 따라서 보강 범위를 계산한다.

(1) 일체형 보강 노즐

$$L_R = \min\left[\sqrt{R_{eff}t}, 2R_n\right] \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.222}$$

$$L_R = \min\left[\sqrt{R_{eff}t}, 2R_n\right] + t_n \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.223}$$

(2) 보강 패드가 있는 노즐

$$L_{R1} = \sqrt{R_{eff}t} + W \tag{4.224}$$

$$L_{R2} = \sqrt{(R_{eff} + t)(t + t_e)} \tag{4.225}$$

$$L_{R3} = 2R_n \tag{4.226}$$

$$L_R = \min[L_{R1}, L_{R2}, L_{R3}] \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.227}$$

$$L_R = \min[L_{R1}, L_{R2}, L_{R3}] + t_n \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.228}$$

순서 3 - 용기의 표면에서 바깥쪽 방향으로 노즐 벽의 보강 범위를 계산한다.

$$L_{H1} = \min[1.5t, t_e] + \sqrt{R_n t_n} \tag{4.229}$$

$$L_{H2} = L_{pr1} \tag{4.230}$$

$$L_{H3} = 8(t + t_e) \tag{4.231}$$

$$L_H = \min[L_{H1}, L_{H2}, L_{H3}] + t \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.232}$$

$$L_H = \min[L_{H1}, L_{H2}, L_{H3}] \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.233}$$

순서 4 - 용기의 표면에서 안쪽 방향으로 노즐 벽의 보강 범위를 계산한다.

$$L_{I1} = \sqrt{R_n t_n} \tag{4.234}$$

$$L_{I2} = L_{pr2} \tag{4.235}$$

$$L_{I3} = 8(t + t_e) \tag{4.236}$$

$$L_I = \min[L_{I1}, L_{I2}, L_{I3}] \tag{4.237}$$

순서 5 - 노즐 구멍 부근의 이용가능한 총 면적을 결정한다.(그림 645.18.4-1 및 645.18.4-2 참조) L_H, L_R, and L_I로 정의된 범위의 바깥쪽 면적은 포함하지 않는다, A_2의 금속부 면적에 대해서는 그림 645.18.4-4 및 645.18.4-5을 참조한다.

$$A_T = A_1 + f_{rn}(A_2 + A_3) + A_{41} + A_{42} + A_{43} + f_{rp}A_5 \tag{4.238}$$

$$f_{rn} = \min\left[\frac{S_n}{S}, 1\right] \tag{4.239}$$

$$f_{rp} = \min\left[\frac{S_p}{S}, 1\right] \tag{4.240}$$

$$A_1 = (tL_R) \cdot \max\left[\left(\frac{\lambda}{5}\right)^{0.85}, 1.0\right] \tag{4.241}$$

$$\lambda = \min\left[\left\{\frac{(2R_n + t_n)}{\sqrt{(D_i + t_{eff})t_{eff}}}\right\}, 12.0\right] \tag{4.242}$$

$$t_{eff} = t + \left(\frac{A_5 f_{rp}}{L_R}\right) \quad \text{(삽입형 노즐)}$$

(4.243)

$$t_{eff} = t + \left(\frac{A_5 f_{rp}}{L_R - t_n}\right) \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.244}$$

$$A_2 = t_n L_H \quad (t_n = t_{n2} \text{ 또는 } L_H \le L_{x3}\text{인 경우}) \tag{4.245}$$

$$A_2 = A_{2a} + A_{2b} \quad (t_n > t_{n2} \text{ 및 } L_{x3} < L_H \le L_{x4}\text{인 경우}) \tag{4.246}$$

$$A_2 = A_{2a} + A_{2c} \quad (t_n > t_{n2} \text{ 및 } L_H > L_{x4}\text{인 경우}) \tag{4.247}$$

$$A_{2a} = t_n L_{x3} \tag{4.248}$$

$$A_{2b} = \left(\frac{t_n + t_{nx}}{2}\right) \times \min\left[0.78\sqrt{R_n\left(\frac{t_n + t_{nx}}{2}\right)}, (L_H - L_{x3})\right] \tag{4.249}$$

$$A_{2c} = t_{n2} \times \min\left[0.78\sqrt{R_n t_{n2}}, \left(\frac{t_n - t_{n2}}{2t_{n2}}\right)(L_{pr4} - L_{pr3}) + (L_H - L_{x4})\right] \tag{4.250}$$

$$L_{x3} = L_{pr3} + t \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.251}$$

$$L_{x3} = L_{pr3} \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.252}$$

$$L_{x4} = L_{pr4} + t \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.253}$$

$$L_{x4} = L_{pr4} \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.254}$$

$$t_{nx} = \left[1 + \frac{(t_n - t_{n2})}{t_{n2}} \times \frac{(L_{x4} - L_H)}{(L_{pr4} - L_{pr3})}\right] t_{n2} \tag{4.255}$$

$$A_3 = t_n L_I \tag{4.256}$$

$$A_{41} = 0.5 L_{41}^2 \tag{4.257}$$

$$A_{42} = 0.5 L_{42}^2 \tag{4.258}$$

$$A_{43} = 0.5 L_{43}^2 \tag{4.259}$$

$$A_{5a} = W t_e \tag{4.260}$$

$$A_{5b} = L_R t_e \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.261}$$

$$L_{5b} = (L_R - t_n) t_e \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.262}$$

$$A_5 = \min[A_{5a}, A_{5b}] \tag{4.263}$$

순서 6 - 해당하는 힘을 결정한다.

$$f_N = P R_{xn} L_H \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.264}$$

$$f_N = P R_{xn} (L_H + t) \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.265}$$

$$f_S = P R_{xs} (L_R + t_n) \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.266}$$

$$f_S = P R_{xs} L_R \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.267}$$

$$f_Y = P R_{xs} L_R \tag{4.268}$$

$$R_{xn} = \frac{t_n}{\ln\left[1 + \frac{t_n}{R_n}\right]} \tag{4.269}$$

$$R_{xs} = \frac{t_{eff}}{\ln\left[1 + \frac{t_{eff}}{R_{eff}}\right]} \tag{4.270}$$

순서 7 – 노즐 교차점에서 평균 국부 1차막응력과 일반 1차막응력을 결정한

다.

$$\sigma_{avg} = \frac{(f_N + f_S + f_Y)}{A_T} \tag{4.271}$$

$$\sigma_{circ} = \frac{PR_{xs}}{t_{eff}} \tag{4.272}$$

순서 8 - 노즐 교차점에서 최대 국부 1차막응력을 결정한다.

$$P_L = \max\left[(2\sigma_{avg} - \sigma_{circ}), \sigma_{circ}\right] \tag{4.273}$$

순서 9 - 계산된 최대 국부 1차막응력 S_{allow}은 식(4.274)를 만족시켜야 한다. 노즐이 내압을 받을 경우, 허용응력 S_{allow}은 식(4.275)로 주어지며, 외압을 받을 경우, 허용응력은 식(4.276)으로 주어진다. 여기서 F_{ha}는 평가대상 동체의 형상(예를 들어, 원통, 구형 동체 또는 성형경판)에 따라 645.17에서 평가한다.

$$P_L \le S_{allow} \tag{4.274}$$

여기서

$$S_{allow} = 1.5SE \qquad \text{(내압을 받을 경우)} \tag{4.275}$$

$$S_{allow} = F_{ha} \qquad \text{(외압을 받을 경우)} \tag{4.276}$$

순서 10 – 노즐 교차점에서의 최대허용사용압력을 결정한다.

$$P_{\max 1} = \frac{S_{allow}}{\dfrac{2A_p}{A_T} - \dfrac{R_{xs}}{t_{eff}}} \tag{4.277}$$

$$P_{\max 2} = S\left(\frac{t}{R_{xs}}\right) \tag{4.278}$$

$$P_{\max} = \min\left[P_{\max 1}, P_{\max 2}\right] \tag{4.279}$$

여기서

$$A_p = \frac{f_N + f_S + f_Y}{P} \tag{4.280}$$

2. 645.14에 정의된 추가하중으로 인해 노즐이 외력과 모멘트를 받을 경우, 노즐-동체 교차점에서의 국부응력은 아래 645.18.14에 따라서 평가하여야 한다.

645.18.5 원통형 동체에 있는 접선방향 노즐(그림 645.18.5-1 참조)에 대해서는, 645.18.4의 설계절차에 다음 식을 적용하여야 한다.

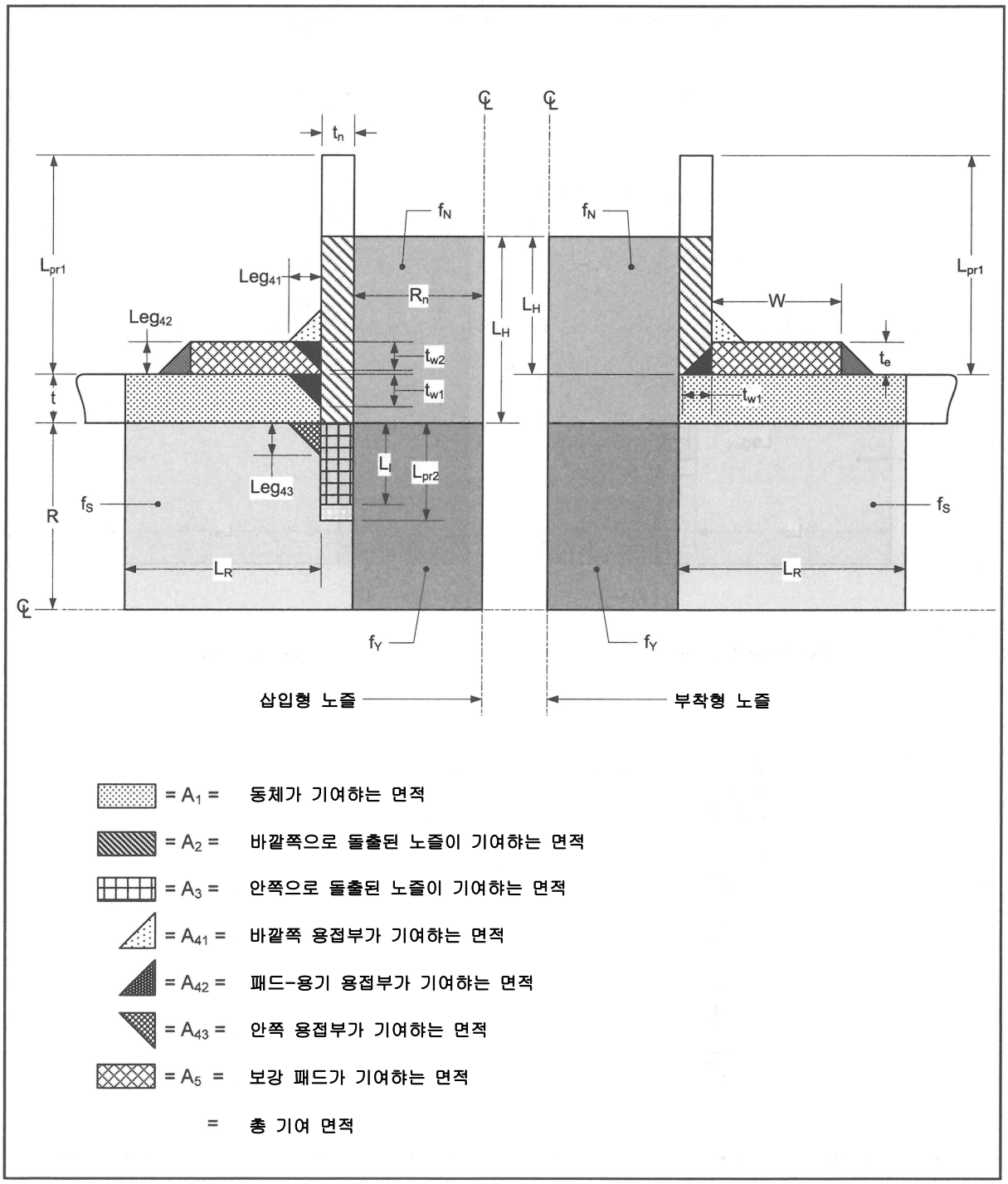
$$R_{nc} = \max\left[\left(\frac{R_{ncl}}{2}\right), R_n\right] \tag{4.281}$$

여기서

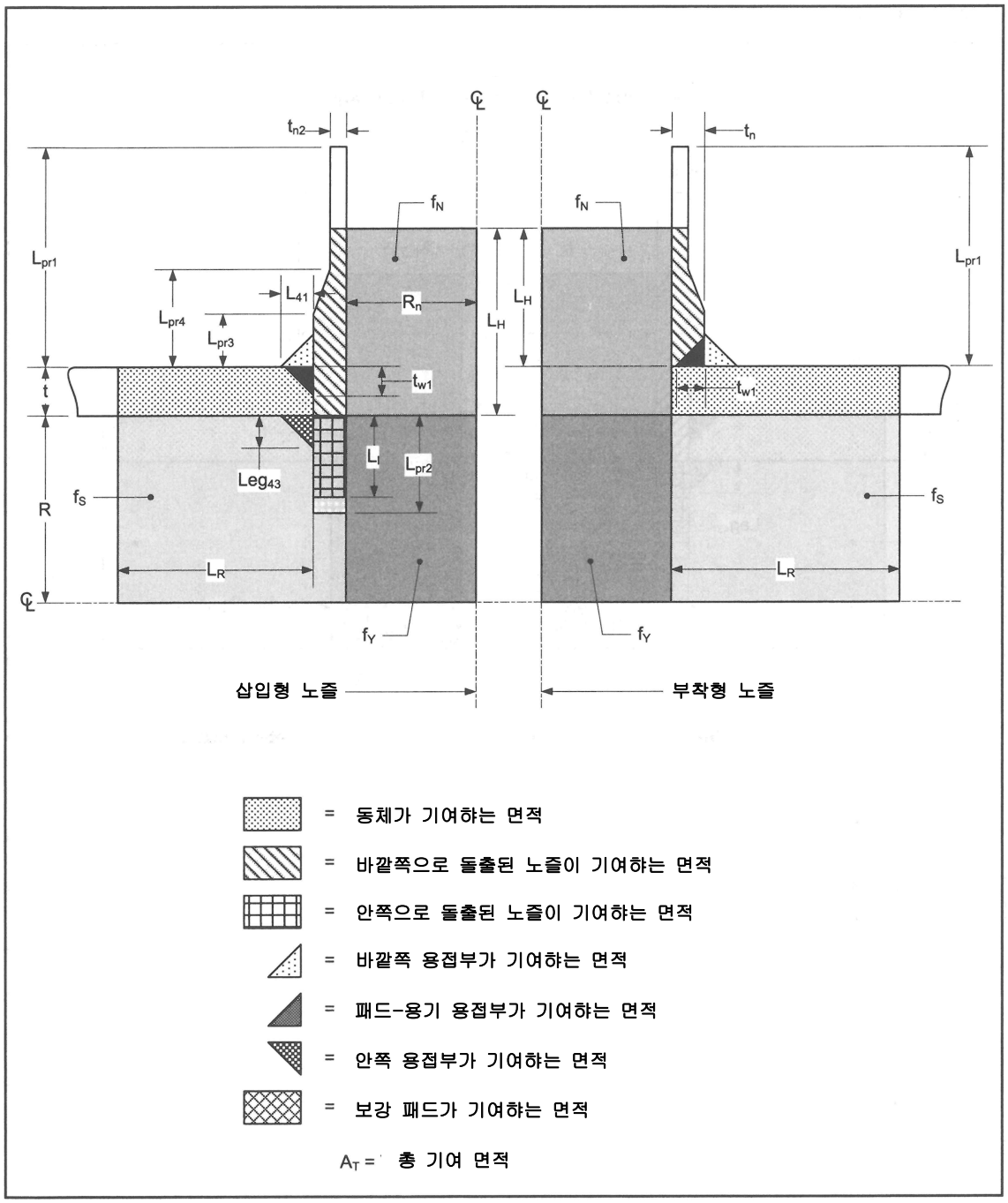
$$R_{ncl} = R_{eff}(\theta_1 - \theta_2) \tag{4.282}$$

$$\theta_1 = \cos^{-1}\left[\frac{D_X}{R_{eff}}\right] \tag{4.283}$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}\left[\frac{D_X + R_n}{R_{eff}}\right] \tag{4.284}$$



[그림 645.18.4-1] 보강된 구멍에 대한 기호설명



[그림 645.18.4-2] 두께가 가변적인 구멍에 대한 기호설명

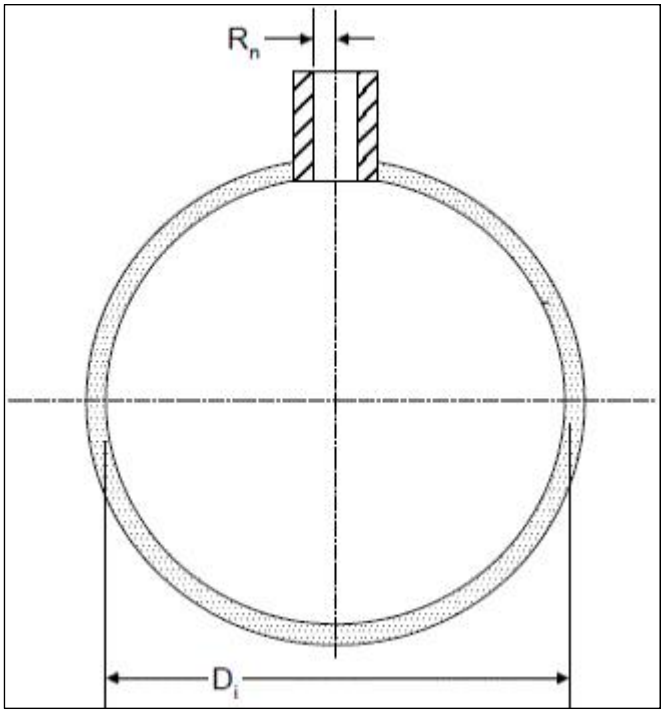
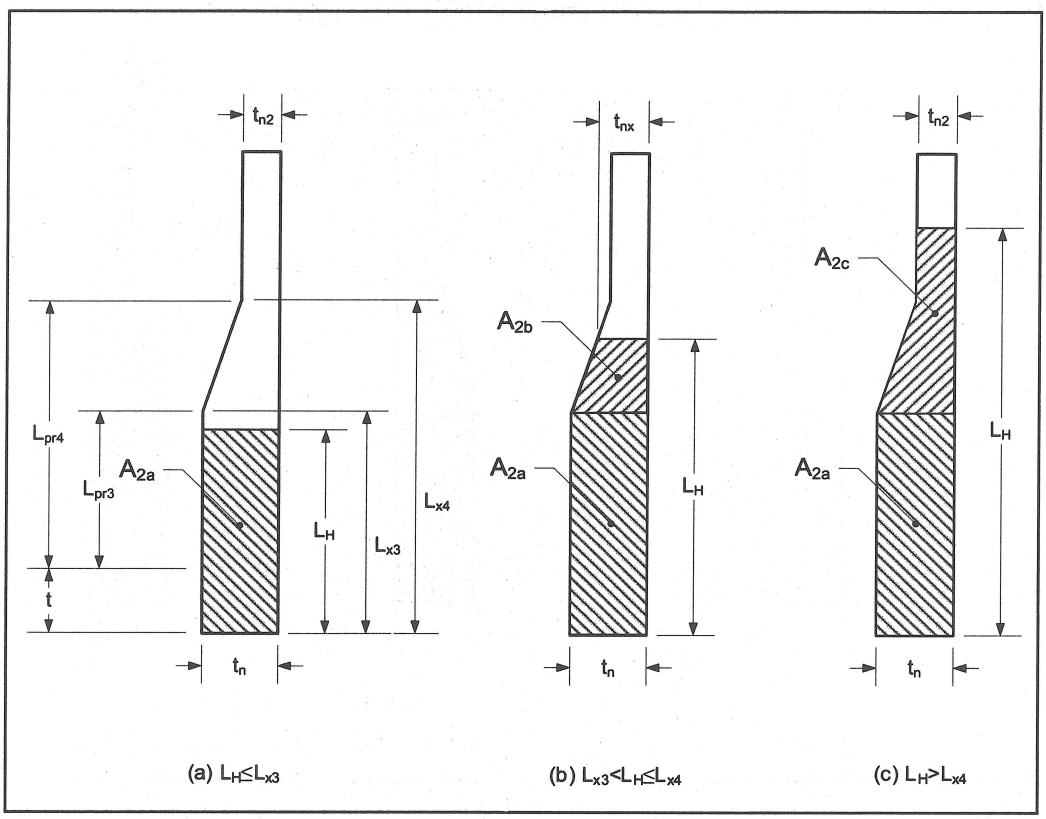
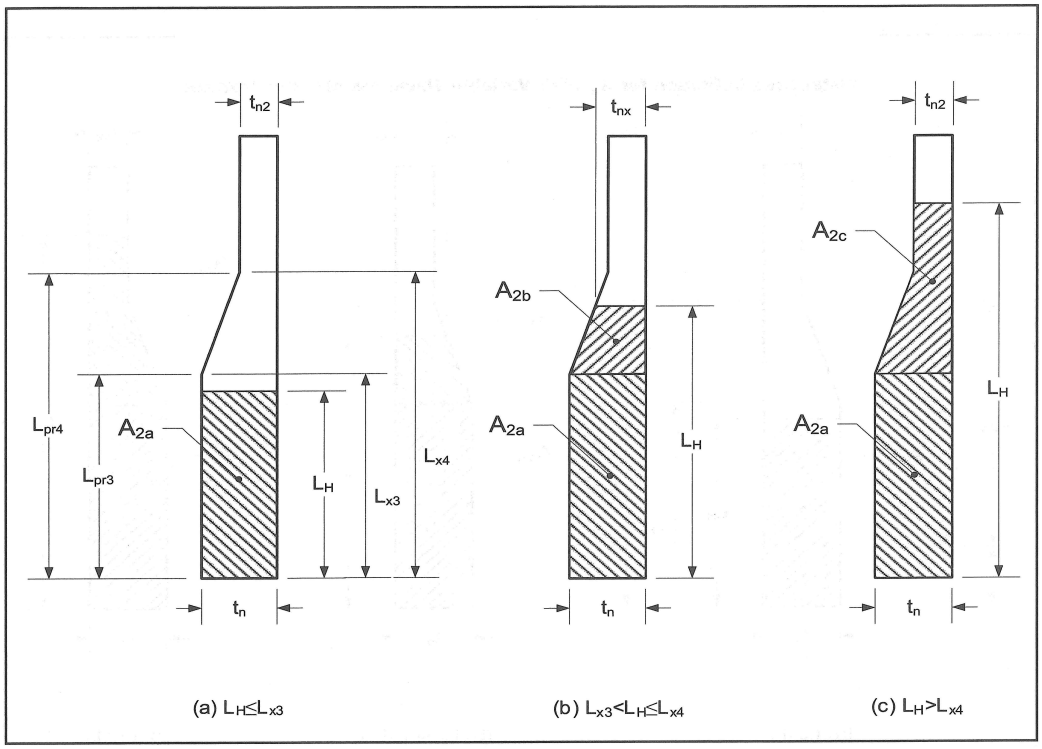


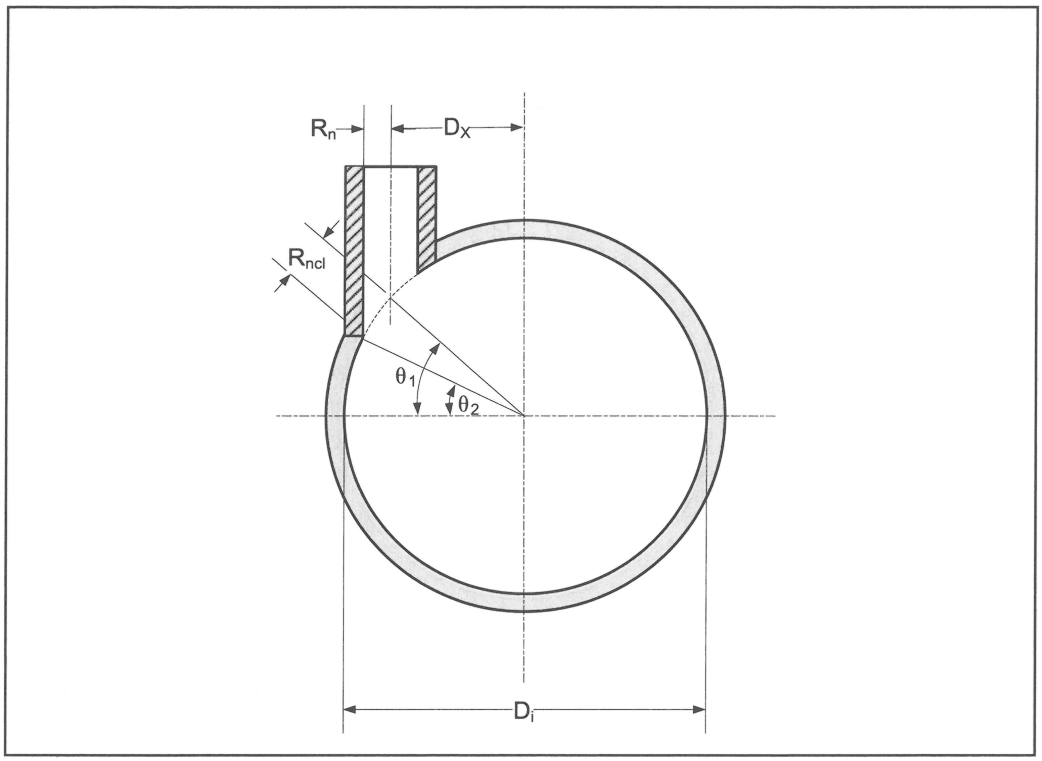
그림 645.18.4-3 - 원통형 동체에 있는 방사상 노즐



[그림 645.18.4-4] 다양한 두께의 삽입형 노즐에서 A_2 금속 면적 정의



[그림 645.18.4-5] 다양한 두께의 부착형 노즐에서 A_2 금속 면적 정의



[그림 645.18.5-1] 원통형 동체에 있는 경사면 노즐

645.18.6 원통형 동체에 있는 노즐이 동체의 장축과 사각으로 설치된 경우, 645.18.4의 설계절차에 다음 식을 대입하여 적용하여야 한다.(그림 645.18.6-1 참조)

$$R_{nc} = \frac{R_n}{\sin[\theta]} \tag{4.285}$$

$$f_s = PR_{XS}\left(L_R + \frac{t}{\tan[\theta]} + \frac{t_n}{\sin[\theta]}\right) \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.286}$$

$$f_s = PR_{XS}\left(L_R + \frac{t}{\tan[\theta]}\right) \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.287}$$

$$A_1 = t\left(L_R + \frac{t}{2\tan[\theta]}\right) \times \max\left[\left(\frac{\lambda}{5}\right)^{0.85}, 1.0\right] \tag{4.288}$$

645.18.7 원뿔형 동체에 있는 방사상노즐(그림 645.18.7-1 참조)의 경우, 645.18.4의 설계절차에 다음 식을 적용하여야 한다.

$$f_S = \frac{P}{\cos[\alpha]}\left(R_{eff} + R_{nc}\sin[\alpha] + \frac{L_t \sin[\alpha]}{2}\right)L_t \tag{4.289}$$

$$f_Y = \frac{P}{\cos[\alpha]}\left(R_{eff} + \frac{R_{nc}\sin[\alpha]}{2}\right)R_{nc} \tag{4.290}$$

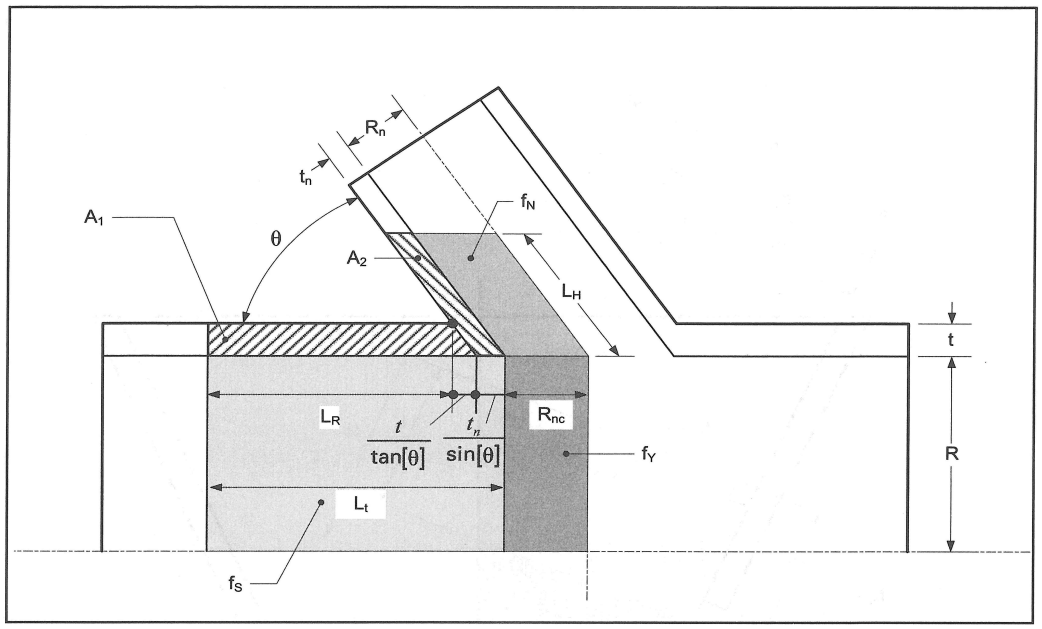
$$L_t = L_R + t_n \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.291}$$

$$L_t = L_R \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.292}$$

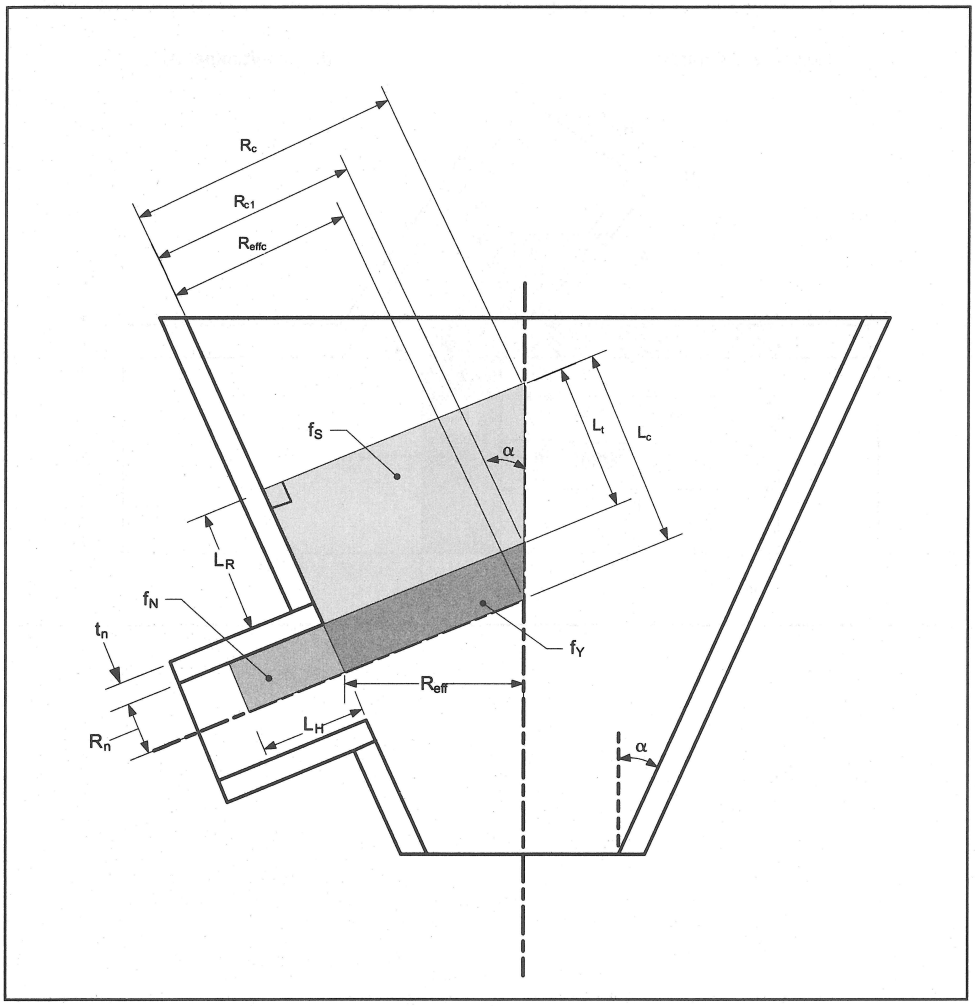
$$R_{XS} = \frac{t_{eff}}{\ln\left(1 + \frac{t_{eff}\cos[\alpha]}{R_{eff} + L_C \sin[\alpha]}\right)} \tag{4.293}$$

$$L_C = L_t + R_{nc} \tag{4.294}$$

$$R_{nc} = R_n \tag{4.295}$$



[그림 645.18.6-1] 길이방향 축과 각도를 가진 원통형 동체에 있는 노즐



[그림 645.18.7-1] 원뿔형 동체에 있는 방사상 노즐

645.18.8 원뿔형 동체에 있는 노즐

1. 원뿔형 동체에 있는 노즐이 동체의 장축에 직각일 경우(그림 645.18.8-1 참조), 645.18.7의 설계절차에 다음 식을 적용하여야 한다.

$$R_{nc} = \frac{R_n}{\cos[\alpha]} \tag{4.296}$$

$$A_1 = t\left(L_R + \frac{t\tan[\alpha]}{2}\right) \times \max\left[\left(\frac{\lambda}{5}\right)^{0.85}, 1.0\right] \tag{4.297}$$

$$L_t = L_R + \frac{t_n}{\cos[\alpha]} + t\tan[\alpha] \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.298}$$

$$L_t = L_R + t\tan[\alpha] \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.299}$$

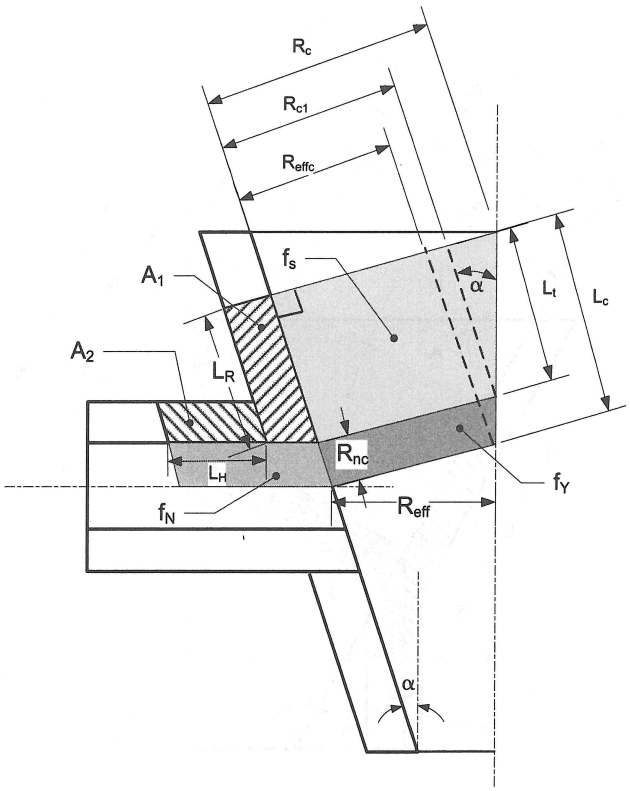
2. 원뿔형 동체의 노즐이 동체의 장축과 평행일 경우(그림 645.18.8-2 참조), 645.18.7의 설계절차에 다음 식을 적용하여야 한다.

$$R_{nc} = \frac{R_n}{\sin[\alpha]} \tag{4.300}$$

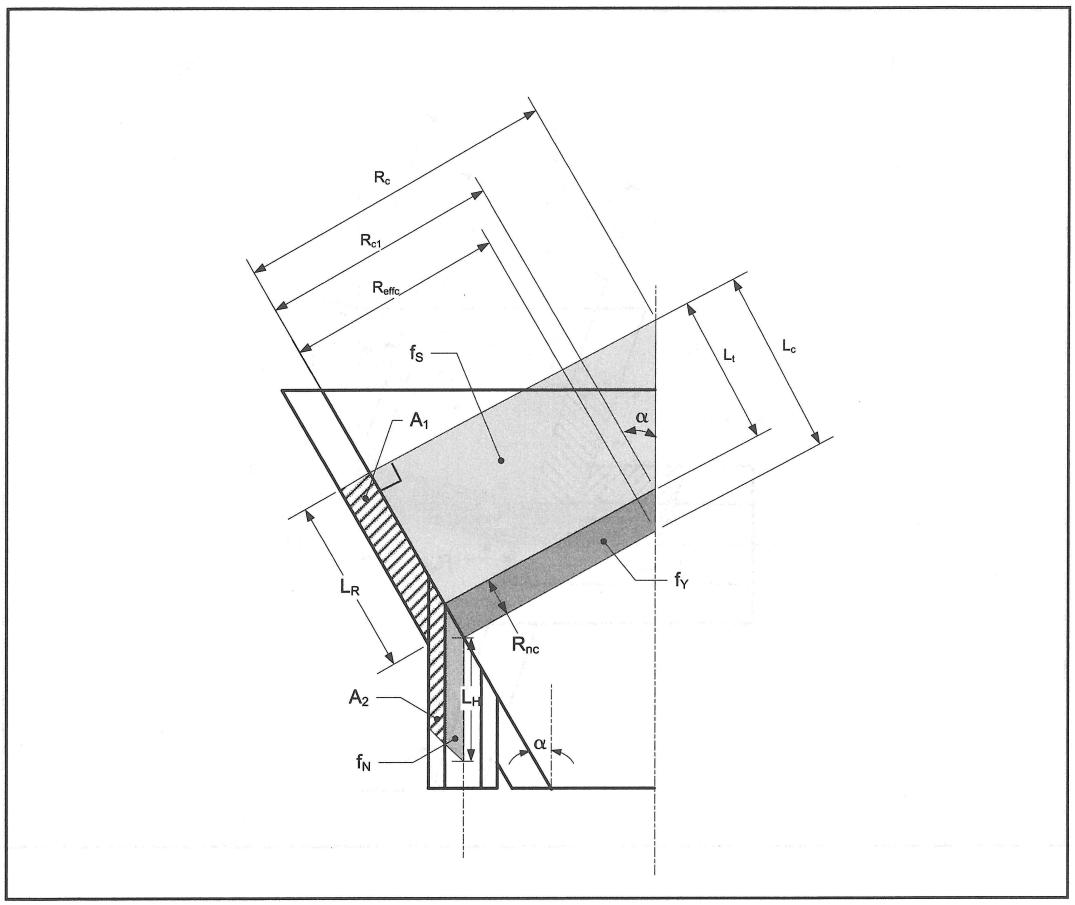
$$A_1 = t\left(L_R + \frac{t}{2\tan[\alpha]}\right) \times \max\left[\left(\frac{\lambda}{5}\right)^{0.85}, 1.0\right] \tag{4.301}$$

$$L_t = L_R - \frac{t}{\tan[\alpha]} + \frac{t_n}{\sin[\alpha]} \qquad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.302}$$

$$L_t = L_R - \frac{t}{\tan[\alpha]} \qquad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.303}$$



[그림 645.18.8-1] 길이방향 축에 수직인 원뿔형 동체에 있는 노즐



[그림 645.18.8-2] 길이방향 축과 평행하는 원뿔형 동체에 있는 노즐

645.18.9 구형 동체나 성형 경판에 있는 방사상 노즐

1. 압력하중을 받는 구형 동체나 성형 경판에 있는 방사상 노즐의 설계절차는 아래와 같다. 이 설계절차의 변수들은 그림 645.18.4-1, 645.18.4-2 및 645.18.9-1에 나와 있으며, 부식된 상태를 고려하여야 한다.

순서 1 - 동체나 성형 경판의 유효 반지름을 다음과 같이 결정한다.

(1) 구형 동체

$$R_{eff} = 0.5D_i \tag{4.304}$$

(2) 타원형 경판

$$R_{eff} = \frac{0.9D_i}{6}\left[2+\left(\frac{D_i}{2h}\right)^2\right] \tag{4.305}$$

(3) 접시형 경판

$$R_{eff} = L \tag{4.306}$$

순서 2 - 용기의 벽을 따라서 보강 범위를 계산한다.

(1) 구형 동체와 타원형 경판의 일체형 보강 노즐

$$L_R = \min[\sqrt{R_{eff}t}, 2R_n] \qquad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.307}$$

$$L_R = \min[\sqrt{R_{eff}t}, 2R_n] + t_n \qquad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.308}$$

(2) 접시형 경판의 일체형 보강 노즐

$$L_{R1} = \max\left[\frac{D_i}{2} - \{D_R + (R_n + t_n)\cos[\theta]\}, 0.0\right] \tag{4.309}$$

$$\theta = \sin^{-1}\left[\frac{D_R}{L}\right] \qquad (D_R \le L\sin[\theta_o] \text{ 인 경우}) \tag{4.310}$$

$$\theta = \sin^{-1}\left[\frac{D_R - \frac{D_i}{2} + r_k}{r_k}\right] \qquad (D_R > L\sin[\theta_o] \text{ 인 경우}) \tag{4.311}$$

$$\theta_o = \sin^{-1}\left[\frac{\frac{D_i}{2} - r_k}{L - r_k}\right] \tag{4.312}$$

$$L_{R2} = \min[\sqrt{R_{eff}t}, 2R_n] \tag{4.313}$$

$$L_R = \min[L_{R1}, L_{R2}] \tag{4.314}$$

(3) 패드 보강 노즐

$$L_{R1} = \sqrt{R_{eff}t} + W \tag{4.315}$$

$$L_{R2} = \sqrt{(R_{eff} + t)(t + t_e)} \tag{4.316}$$

$$L_{R3} = 2R_n \tag{4.317}$$

$$L_R = \min[L_{R1}, L_{R2}, L_{R3}] \qquad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.318}$$

$$L_R = \min[L_{R1}, L_{R2}, L_{R3}] + t_n \qquad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.319}$$

순서 3 - 동체 표면에서 바깥쪽 방향으로 노즐 벽의 보강범위를 계산한다.

$$L_H = \min[t + t_e + F_p\sqrt{R_n t_n}, L_{pr1} + t] \qquad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.320}$$

$$L_H = \min[t_e + F_p\sqrt{R_n t_n}, L_{pr1}] \qquad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.321}$$

(1) 구형 동체 및 경판

$$F_p = C_n \tag{4.322}$$

(2) 타원형 및 접시형 경판

$$F_p = \min[C_n, C_p] \qquad (X_o > 0.35D_i \text{인 경우}) \tag{4.323}$$

$$F_p = C_n \qquad (X_o \le 0.35D_i \text{인 경우}) \tag{4.324}$$

$$X_o = \min\left[D_R + (R_n + t_n)\cos[\theta], \frac{D_i}{2}\right] \tag{4.325}$$

타원형 경판인 경우

$$C_p = \exp\left[\frac{0.35D_i - X_o}{16t}\right] \tag{4.326}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left[\left(\frac{h}{R}\right)\times\left(\frac{D_R}{\sqrt{R^2 - D_R^2}}\right)\right] \tag{4.327}$$

접시형 경판인 경우

$$C_p = \exp\left[\frac{0.35D_i - X_o}{8t}\right] \tag{4.328}$$

θ는 식(4.310)~(4.312)를 이용하여 계산한다.

변수 C_n은 다음 식으로 계산한다

$$C_n = \min\left[\left(\frac{t+t_e}{t_n}\right)^{0.35}, 1.0\right] \tag{4.329}$$

순서 4 - 동체 표면에서 안쪽 방향으로 노즐 벽의 보강 범위를 계산한다.

$$L_I = \min[F_p\sqrt{R_n t_n}, L_{pr2}] \tag{4.330}$$

순서 5 - 노즐 구멍 부근의 이용가능한 총 면적을 결정한다.(그림 645.18.4-1 및 645.18.4-2 참조) L_H, L_R, and L_I로 정의된 범위의 바깥쪽 면적은 포함하지 않는다, A_2의 금속부 면적에 대해서는 그림 645.18.4-4 및 645.18.4-5을 참조한다.

$$A_T = A_1 + f_{rn}(A_2 + A_3) + A_{41} + A_{42} + A_{43} + f_{rp}A_5 \tag{4.331}$$

$$A_1 = tL_R \tag{4.332}$$

$$A_2 = t_n L_H \qquad (t_n = t_{n2} \text{ 또는 if } L_H \le L_{x3}\text{인 경우}) \tag{4.333}$$

$$A_2 = A_{2a} + A_{2b} \qquad (t_n > t_{n2} \text{ 및 } L_{x3} < L_H \le L_{x4}\text{인 경우}) \tag{4.334}$$

$$A_2 = A_{2a} + A_{2c} \qquad (t_n > t_{n2} \text{ 및 } L_H > L_{x4}\text{인 경우}) \tag{4.335}$$

$$A_{2a} = t_n L_{x3} \tag{4.336}$$

$$A_{2b} = \left(\frac{t_n + t_{nx}}{2}\right) \times \min\left[0.78\sqrt{R_n\left(\frac{t_n + t_{nx}}{2}\right)}, (L_H - L_{x3})\right] \tag{4.337}$$

$$A_{2c} = t_{n2} \times \min\left[0.78\sqrt{R_n t_{n2}}, \left(\frac{t_n - t_{n2}}{2t_{n2}}\right)(L_{pr4} - L_{pr3}) + (L_H - L_{x4})\right] \tag{4.338}$$

$$L_{x3} = L_{pr3} + t \qquad (\text{삽입형 노즐}) \tag{4.339}$$

$$L_{x3} = L_{pr3} \qquad (\text{부착형 노즐}) \tag{4.340}$$

$$L_{x4} = L_{pr4} + t \qquad (\text{삽입형 노즐}) \tag{4.341}$$

$$L_{x4} = L_{pr4} \qquad (\text{부착형 노즐}) \tag{4.342}$$

$$t_{nx} = \left[1 + \frac{(t_n - t_{n2})}{t_{n2}} \times \frac{(L_{x4} - L_H)}{(L_{pr4} - L_{pr3})}\right] t_{n2} \tag{4.343}$$

$$A_3 = t_n L_I \tag{4.344}$$

$$A_{41} = 0.5L_{41}^2 \tag{4.345}$$

$$A_{42} = 0.5L_{42}^2 \tag{4.346}$$

$$A_{43} = 0.5L_{43}^2 \tag{4.347}$$

$$A_{5a} = Wt_e \tag{4.348}$$

$$A_{5b} = L_R t_e \qquad (\text{삽입형 노즐}) \tag{4.349}$$

$$A_{5b} = (L_R - t_n)t_e \qquad (\text{부착형 노즐}) \tag{4.350}$$

$$A_5 = \min[A_{5a}, A_{5b}] \tag{4.351}$$

순서 6 - 해당하는 힘을 결정한다.

$$f_N = PR_{xn}L_H \qquad (\text{삽입형 노즐}) \tag{4.352}$$

$$f_N = PR_{xn}(L_H + t) \qquad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.353}$$

$$f_S = \frac{PR_{xs}(L_R + t_n)}{2} \qquad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.354}$$

$$f_S = \frac{PR_{xs}L_R}{2} \qquad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.355}$$

$$f_Y = \frac{PR_{xs}R_{nc}}{2} \tag{4.356}$$

$$R_{xn} = \frac{t_n}{\ln\left[1 + \frac{t_n}{R_n}\right]} \tag{4.357}$$

$$R_{xs} = \frac{t_{eff}}{\ln\left[1 + \frac{t_{eff}}{R_{eff}}\right]} \tag{4.358}$$

$$t_{eff} = t + \left(\frac{A_5 f_{rp}}{L_R}\right) \qquad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.359}$$

$$t_{eff} = t + \left(\frac{A_5 f_{rp}}{L_R - t_n}\right) \qquad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.360}$$

순서 7 - 용기 내의 평균 국부 1차막응력과 일반 1차막응력을 결정한다.

$$\sigma_{avg} = \frac{(f_N + f_S + f_Y)}{A_T} \tag{4.361}$$

$$\sigma_{circ} = \frac{PR_{xs}}{2t_{eff}} \tag{4.362}$$

순서 8 - 노즐 교차점에서 최대 국부 1차막응력을 결정한다.

$$P_L = \max[\{2\sigma_{avg} - \sigma_{circ}\}, \sigma_{circ}] \tag{4.363}$$

순서 9 - 계산한 최대 국부 1차막응력은 아래 식을 만족시켜야 한다. 노즐이 내압을 받을 경우, 허용응력 S_{allow}는 식(4.275)로 계산하고, 노즐이 외압을 받을 경우, 허용응력은 식(4.276)으로 계산한다.

$$P_L \le S_{allow} \tag{4.364}$$

순서 10 - 노즐의 최대허용사용압력을 결정한다.

$$P_{\max 1} = \frac{S_{allow}}{\frac{2A_p}{A_T} - \frac{R_{xs}}{2t_{eff}}} \tag{4.365}$$

$$P_{\max 2} = 2S\left(\frac{t}{R_{xs}}\right) \tag{4.366}$$

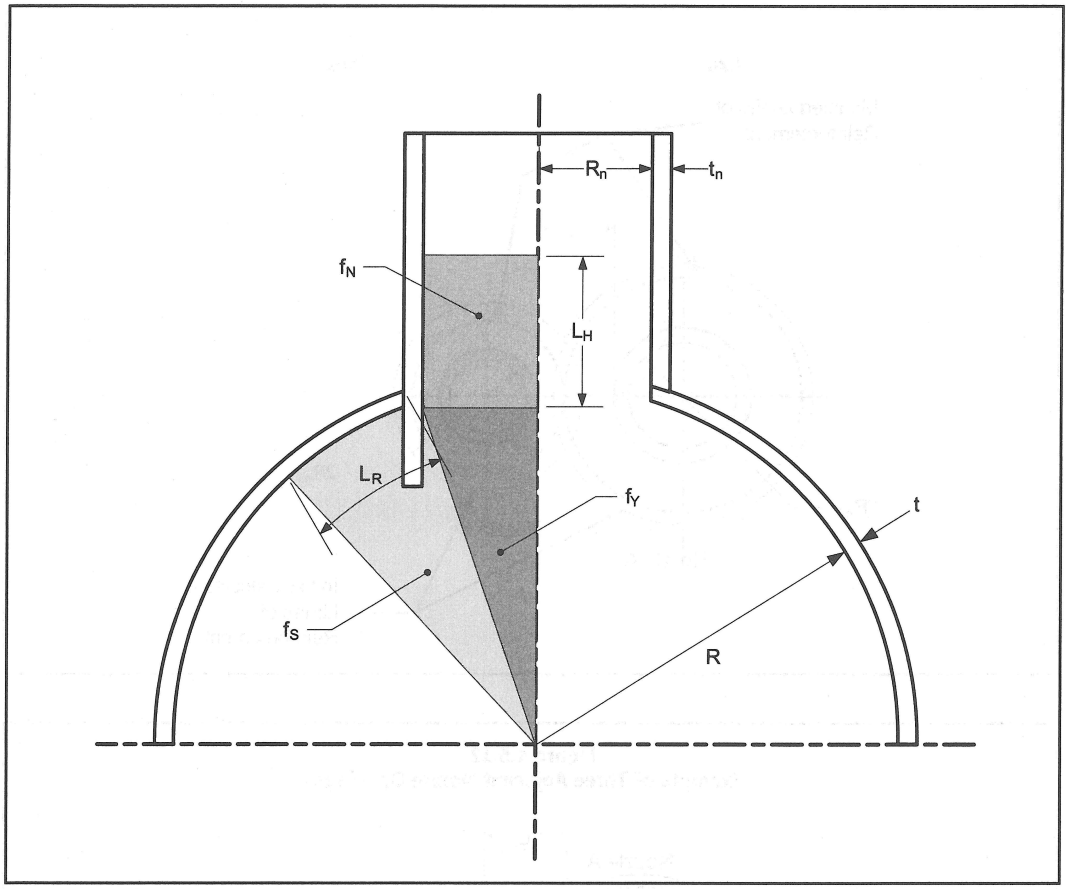
$$P_{\max} = \min[P_{\max 1}, P_{\max 2}] \tag{4.367}$$

여기서

$$A_p = \frac{(f_N + f_S + f_Y)}{P} \tag{4.368}$$

2. 645.14에 정의된 추가하중으로 인해 노즐이 외력과 모멘트를 받을 경우, 노즐-

동체 교차점에서의 국부응력은 아래 645.18.14에 따라서 평가하여야 한다.



[그림 645.18.9-1] 성형 경판에 있는 방사상 노즐

645.18.10 성형 경판에 있는 경사면 또는 수직 노즐

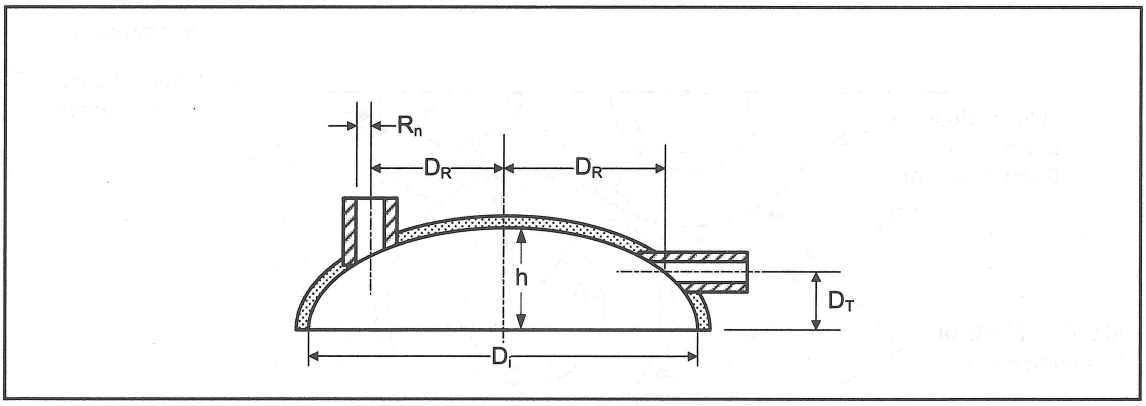
1. 경사면 또는 수직 노즐이 타원형 경판 또는 접시형 경판(그림 645.18.10-1 참조)에 있을 경우, 645.18.9의 설계절차에 다음 식을 적용하여야 한다.

$$R_{nc} = \frac{R_n}{\cos[\theta]} \qquad \text{(경사면 노즐)} \qquad (4.369)$$

$$R_{nc} = \frac{R_n}{\sin[\theta]} \qquad \text{(수직 노즐)} \qquad (4.370)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left[\left(\frac{h}{R}\right)\times\left(\frac{D_R}{\sqrt{R^2 - D_R^2}}\right)\right] \qquad (4.371)$$

접시형 경판의 θ는 식(4.310)~(4.312)를 적용하여 계산한다.



[그림 645.18.10-1] 성형 경판에 있는 경사면 또는 수직 노즐

645.18.11 평경판에 있는 원형 노즐

1. 압력하중을 받는 평경판에 있는 노즐 설계절차는 아래와 같다. 이 설계절차의 변수들은 그림 645.18.4-1 및 645.18.4-1에 나와 있다. 대안으로, 일체형 평경판 내의 중앙 노즐은 645.19.3의 절차를 이용하여 설계해도 된다.

순서 1 - 노즐 교차점에서의 최대단위모멘트를 계산한다.

$$M_o = \frac{St_{rf}^4}{6(t + C_e t_e)^2} \tag{4.372}$$

$$C_e = \min\left[\left\{\frac{(W + 0.5L_{42})t_e}{R_n t}\right\}, 0.6\right] \tag{4.373}$$

순서 2 - 노즐의 변수를 계산한다.

$$\lambda_n = \frac{1.285}{\sqrt{R_{nm} t_n}} \tag{4.374}$$

$$C_1 = \sinh^2[C_L] + \sin^2[C_L] \tag{4.375}$$

$$C_2 = \sinh^2[C_L] - \sin^2[C_L] \tag{4.376}$$

$$C_L = \min[\{\lambda_n(L_{pr1} + t + L_{pr2})\}, 3.0] \tag{4.377}$$

$$C_3 = \frac{L_{pr1} + t}{L_{pr1} + t + \min[(\lambda_n)^{-1}, L_{pr2}]} \tag{4.378}$$

$$R_{nm} = R_n + 0.5t_n \tag{4.379}$$

$$R_{xn} = \frac{t_n}{\ln\left[1 + \frac{t_n}{R_n}\right]} \tag{4.380}$$

$$x_t = 0.5\lambda_n(t + t_e + L_{41} + L_{43}) \quad \text{(삽입형 노즐)} \tag{4.381}$$

$$x_t = 0.5\lambda_n(t_e + L_{41}) \quad \text{(부착형 노즐)} \tag{4.382}$$

$$C_t = \exp[-x_t] \tag{4.383}$$

순서 3 – 교차점에서 노즐 내의 최대 국부 1차막응력을 결정한다.

$$P_L = \frac{2M_o\lambda_n^2 R_{nm} C_t C_1 C_3}{t_n C_2} + \frac{PR_{xn}}{t_n} \tag{4.384}$$

순서 4 - 노즐의 교차점에서 최대 국부 1차막응력은 아래 식을 만족시켜야 한다. 허용응력은 식(4.275)로 계산한다.

$$P_L \le S_{allow} \tag{4.385}$$

2. 645.14에 정의된 추가하중으로 인해 노즐이 외력과 모멘트를 받을 경우, 노즐-동체 교차점에서의 국부응력은 아래 645.18.14에 따라서 평가하여야 한다.

645.18.12 노즐의 간격 요건은 아래와 같다.

1. 원통형 또는 원뿔형 동체에 대해서는 645.18.4, 구형 경판 또는 성형 경판에 대해서는 645.18.9에 따라서 결정한 보강 범위가 겹치지 않는다면, 추가적 해석은 하지 않아도 된다. 보강 범위가 겹친다면, 다음 절차를 따라야 한다.
2. 최대 국부 1차막응력과 노즐의 최대허용사용응력은 아래와 같이 결정된 L_R의 값을 가지고 있는 개별 노즐에 대해서 645.18.4 또는 645.18.9에 따라서 결정하여야 한다.

가. 보강 범위가 겹치는 두 구멍(그림 645.18.12-1 참조)

$$L_R = L_S\left(\frac{R_{nA}}{R_{nA}+R_{nB}}\right) \quad \text{(노즐 A)} \tag{4.386}$$

$$L_R = L_S\left(\frac{R_{nB}}{R_{nA}+R_{nB}}\right) \quad \text{(노즐 B)} \tag{4.387}$$

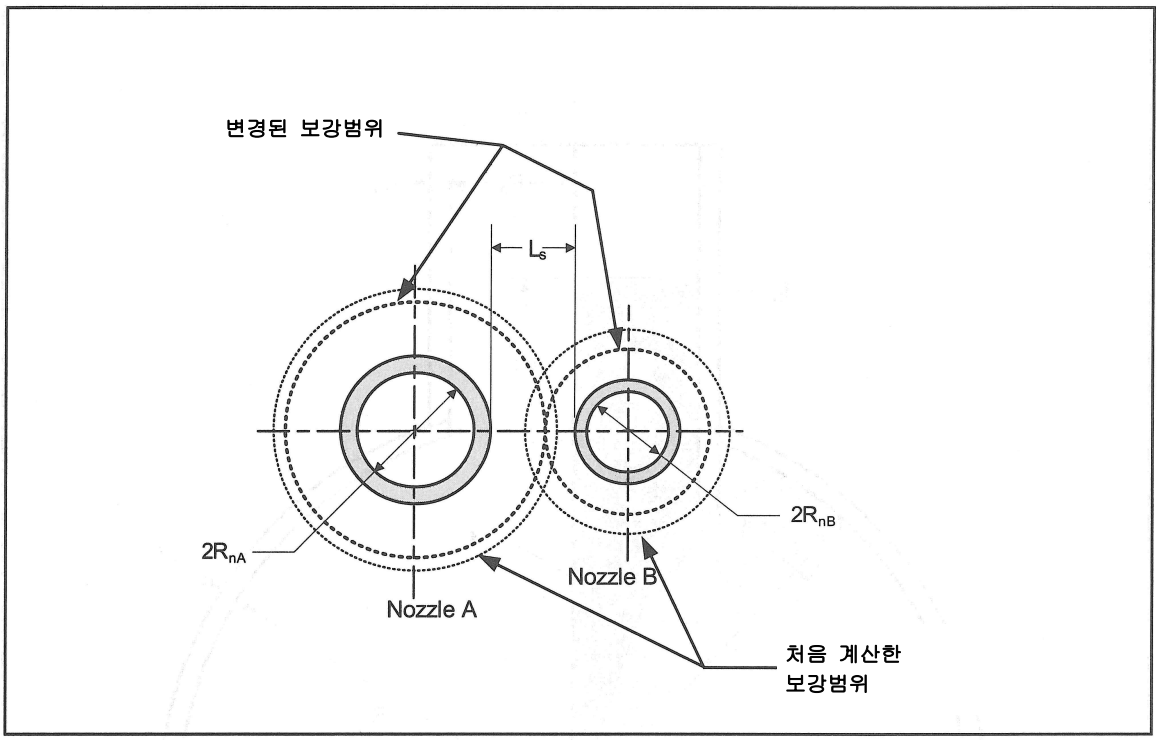
나. 보강 범위가 겹치는 세 구멍(그림 645.18.12-2 참조)

$$L_R = \min\left[L_{S1}\left(\frac{R_{nA}}{R_{nA}+R_{nB}}\right), L_{S2}\left(\frac{R_{nA}}{R_{nA}+R_{nC}}\right)\right] \quad \text{(노즐 A)} \tag{4.388}$$

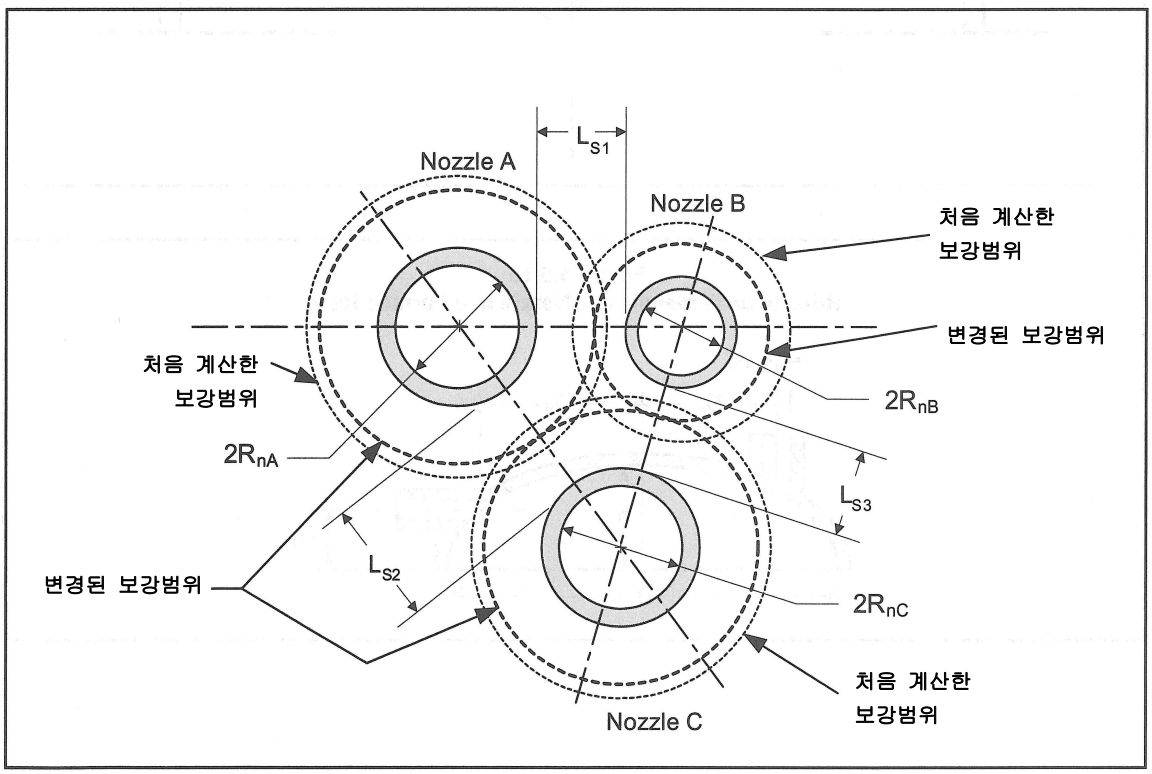
$$L_R = \min\left[L_{S1}\left(\frac{R_{nB}}{R_{nA}+R_{nB}}\right), L_{S3}\left(\frac{R_{nB}}{R_{nA}+R_{nC}}\right)\right] \quad \text{(노즐 B)} \tag{4.389}$$

$$L_R = \min\left[L_{S2}\left(\frac{R_{nC}}{R_{nA}+R_{nC}}\right), L_{S3}\left(\frac{R_{nC}}{R_{nB}+R_{nC}}\right)\right] \quad \text{(노즐 C)} \tag{4.390}$$

다. 보강 범위가 겹치는 구멍이 3개를 초과하는 경우에는, 인접한 노즐의 각 쌍에 대해서 위의 절차를 반복한다.



[그림 645.18.12-1] 인접한 두 노즐 구멍들의 사례



[그림 645.18.12-2] 인접한 3개의 노즐 구멍들의 사례

645.18.13 노즐 부착 용접의 강도

1. 노즐 부착 용접의 강도는 아래 제2호에서 결정된 원통형, 원뿔형 또는 구형 동체나 성형 경판에 부착된 노즐에 대한 압력으로 인해 가해지는 불연속성 힘을 견디기에 충분하여야 한다. 평경판에 부착된 노즐은 아래 제3호에서 결정된 부착 용접의 강도를 가져야 한다. 추가하중에 의한 외력과 모멘트의 영향을 고려하여야 한다.
2. 압력하중을 받는 원통형, 원뿔형 또는 구형 동체나 성형 경판의 노즐 부착 용접을 평가하기 위한 절차는 아래와 같다.

순서 1 - 불연속 힘의 계수를 결정한다.

(1) 부착형 노즐

$$k_y = 1.0 \tag{4.391}$$

(2) 삽입형 노즐

$$k_y = \frac{R_{nc} + t_n}{R_{nc}} \tag{4.392}$$

순서 2 - 불연속 힘을 저항하는 용접 길이를 계산한다.

(1) 노즐-동체 용접부의 용접 길이

$$L_\tau = \frac{\pi}{2}(R_n + t_n) \quad \text{(방사상 노즐)} \tag{4.393}$$

$$L_\tau = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{(R_{nc} + t_n)^2 + (R_n + t_n)^2}{2}} \quad \text{(비방사상 노즐)} \tag{4.394}$$

(2) 패드-동체 용접부의 용접 길이

$$L_{\tau p} = \frac{\pi}{2}(R_n + t_n + W) \quad \text{(방사성 노즐)} \tag{4.395}$$

$$L_{\tau p} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{(R_{nc} + t_n + W)^2 + (R_n + t_n + W)^2}{2}} \quad \text{(비방사성 노즐)} \tag{4.396}$$

순서 3 - 용접 목의 치수를 계산한다.

$$L_{41T} = 0.7071 L_{41} \tag{4.397}$$

$$L_{42T} = 0.7071 L_{42} \tag{4.398}$$

$$L_{43T} = 0.7071 L_{43} \tag{4.399}$$

순서 4 - 용접부의 크기가 적합한지 결정한다.

(1) 노즐을 일체형으로 보강하고 식(4.400)으로 계산한 용접부의 전단응력이 식(4.401)을 충족시키면, 설계는 완료된 것이다. 용접부의 전단응력이 식(4.401)를 충족시키지 못하면, 용접부의 크기를 증가시킨 후 순서 3으로 돌아간다. 경판의 노즐에 대해 식(4.402)를 이용하여 f_{welds}를 계산할 때, $F_p = 1.0$을 적용하여 A_2 및 A_3을 계산하여야 한다.

$$\tau = \frac{f_{welds}}{L_\tau(0.49 L_{41T} + 0.6 t_{w1} + 0.49 L_{43T})} \tag{4.400}$$

$$\tau \le S \tag{4.401}$$

여기서

$$f_{welds} = \min[f_Y k_y, 1.5S_n(A_2 + A_3), \frac{\pi}{4} PR_n^2 k_y^2] \tag{4.402}$$

(2) 노즐을 패드로 보강하고, 식(4.403)~(4.405)로 계산한 용접부의 전단응력이 식(4.406)을 충족시킨다면, 설계는 완료된 것이다. 용접부의 전단응력이 식(4.406)을 충족시키지 못하면, 용접부의 크기를 증가시킨 후 순서 3으로 돌아간다.

$$\tau_1 = \frac{f_{ws}}{L_\tau(0.6t_{w1} + 0.49L_{43T})} \tag{4.403}$$

$$\tau_2 = \frac{f_{wp}}{L_\tau(0.6t_{w2} + 0.49L_{41T})} \tag{4.404}$$

$$\tau_3 = \frac{f_{wp}}{L_\tau(0.49L_{42T})} \tag{4.405}$$

$$\max[\tau_1, \tau_2, \tau_3] \le S \tag{4.406}$$

여기서

$$f_{ws} = \frac{f_{welds} k_y t \cdot S}{t \cdot S + t_e S_p} \tag{4.407}$$

$$f_{\wp} = \frac{f_{welds} t_e S_p}{t \times S + t_e S_p} \tag{4.408}$$

3. 압력하중을 받는 평경판의 노즐 부착 용접을 평가하는 절차는 아래와 같다.

순서 1 - 용접 목의 치수를 계산한다.

$$L_{41T} = 0.7071L_{41} \tag{4.409}$$

$$L_{42T} = 0.7071L_{42} \tag{4.410}$$

$$L_{43T} = 0.7071L_{43} \tag{4.411}$$

순서 2 - 용접부의 크기가 적합한지 결정한다.

(1) 노즐이 일체형으로 보강되고 평경판에 삽입되어 있으며, 식(4.412)~(4.414)로 계산한 용접부의 전단응력이 식(4.415)를 충족시키면, 설계는 완료된 것이다. 용접부의 전단응력이 식(4.415)를 충족시키지 못하면, 용접부의 크기를 증가시킨 후 순서 1로 돌아간다.

$$\tau_1 = \frac{V_s}{0.6t_{x1} + 0.49L_{43T}} \tag{4.412}$$

$$\tau_2 = \frac{V_s}{0.6t_{x2} + 0.49L_{41T}} \tag{4.413}$$

$$\tau_3 = \frac{P(R_n + t_n)}{2(0.49L_{41T} + 0.6t_{w1} + 0.49L_{43T})} \tag{4.414}$$

$$\max[\tau_1, \tau_2, \tau_3] \le S \tag{4.415}$$

여기서

$$V_s = \frac{0.3St_{rf}^4}{t^3} \tag{4.416}$$

$$t_{x1} = \min[t_{w1}, 0.5t] \tag{4.417}$$

$$t_{x2} = \min[\max[(t_{w1}, -0.5t), 0], 0.5t] \tag{4.418}$$

(2) 노즐이 패드로 보강되고 평경판에 삽입되어 있으며, 식(4.419)~(4.422)로 계산한 용접부의 전단응력이 식(4.423)을 충족시키면, 설계는 완료된 것이다. 용접부의 전단응력이 식(4.423)을 충족시키지 못하면, 용접부의 크기를 증가시킨 후 순서 1로 돌아간다.

$$\tau_1 = \frac{V_s}{0.6t_{w1} + 0.49L_{43T}} \tag{4.419}$$

$$\tau_2 = \frac{V_s}{0.6t_{w2} + 0.49L_{41T}} \tag{4.420}$$

$$\tau_3 = \frac{V_s(R_n + t_n)}{0.49L_{42T}(R_n + t_n + W)} \tag{4.421}$$

$$\tau_4 = \frac{P(R_n + t_n)}{2(0.49L_{41T} + 0.6t_{w1} + 0.6t_{w2} + 0.49L_{43T})} \tag{4.422}$$

$$\max[\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4] \le S \tag{4.423}$$

변수 V_s는 식(4.416)으로 주어진다.

(3) 노즐이 일체형으로 보강되고 평경판에 부착되어 있으며, 식(4.424) 및 (4.425)로 계산한 전단응력이 식(4.426)을 충족시키면, 설계는 완료된 것이다. 용접부의 전단응력이 식(4.426)을 충족시키지 못하면, 용접부 크기를 증가시킨 후 순서 1로 돌아간다.

$$\tau_1 = \frac{2M_o}{t(0.6t_{w1} + 0.49L_{41T})} \tag{4.424}$$

$$\tau_2 = \frac{PR_n}{2(0.6t_{w1} + 0.49L_{41T})} \tag{4.425}$$

$$\max[\tau_1, \tau_2] \le S \tag{4.426}$$

645.18.14 외부하중으로 인한 동체 및 성형 경판 노즐 내의 국부응력은 아래의 방법 중 하나를 사용하여 평가하여야 한다.

1. 원통형 동체에 있는 노즐 - 응력 계산은 WRC 107 또는 WRC 297을 따라야 한다.
2. 성형 경판에 있는 노즐 - 응력 계산은 WRC 107을 따라야 한다.
3. 모든 형상과 위 제1호 및 제2호에 대한 한 가지 대안으로, 응력 계산은 유한요소 해석 방법과 같은 수치해석을 사용하여 실시할 수 있다.

645.18.15 점검구멍

1. 압축공기를 사용하는 모든 압력용기의 내부 부식이 발생하는 것, 침식 또는 기계적 마모가 있는 부품을 가진 것은 본 항에서 허용하는 것을 제외하고는 검사와 청소를 위해서 적당한 맨홀, 핸드 홀 또는 기타 점검구멍을 가져야 한다.
2. 접근구멍이나 점검구멍이 요구되는 용기는 다음사항을 준수하여야 한다.
   가. 안지름이 300 mm(12 in) 초과 450 mm(18 in) 미만인 모든 용기는 DN 40 (NPS 1-1/2 in) 이상 두 개의 핸드 홀 또는 플러그를 설치할 수 있는 두 개의 나사붙이 점검구멍을 가져야 한다.
   나. 안지름이 450 mm(18 in) 이상 900 mm(36 in) 이하인 모든 용기는 하나의 맨홀 또는 DN 40(NPS 1-1/2 in) 이상 두 개의 핸드 홀 또는 플러그를 설치할 수 있는 두 개의 나사붙이 점검구멍을 가져야 한다.
   다. 안지름이 900 mm(36 in)을 초과하는 모든 용기는 하나의 맨홀을 가져야 하며, 맨홀의 모양이나 용도가 하나로 만드는 것이 비실용적인 용기는 100 mm × 150 mm(4 in × 6 in) 크기의 두 개의 핸드 홀 또는 동등한 면적을 가진 두 개의 같은 구멍을 가져야 한다.
   라. 맨홀 대신에 핸드 홀이나 관 플러그 구멍이 점검구멍으로 허용될 때는, 하나의 핸드 홀 또는 관 플러그 구멍이 각 경판 또는 경판 인근 동체에 있어야 한다.
   마. 다른 용도의 제거할 수 있는 경판이나 덮개 판이 있는 구멍은 점검구멍의 크기와 같다면 점검구멍 대신에 사용할 수 있다.
   바. 제거할 수 있는 경판이나 덮개 판이 있는 단일 구멍은 크기와 위치가 내부를 같이 점검할 수 있다면 보다 작은 모든 점검구멍 대신 사용될 수 있다.
   사. 아래와 같은 경우, 배관, 계기 또는 유사한 부착물을 제거할 수 있는 플랜지형 및/또는 나사붙이 연결부는 점검구멍 대신에 사용할 수 있다.
      (1) 연결부가 요구하는 구멍의 크기와 적어도 같다.
      (2) 연결부의 크기와 위치가 요구하는 점검구멍과 내부 점검을 가능하게 한다.
3. 점검구멍이나 접근구멍이 요구될 때는, 다음의 요건에 적합하여야한다.
   가. 타원형 또는 장원형 맨홀은 300 mm × 400 mm(12 in × 16 in) 이상이 되어야 하며, 원형 맨홀은 안지름이 400 mm(16 in) 이상이 되어야 한다.
   나. 핸드 홀 구멍은 50 mm × 75 mm(2 in × 3 in) 이상이 되어야 하나, 용기의 크기와 구멍의 위치와 조화가 되게 커야한다.

645.18.16 압축응력을 받는 구멍의 보강

1. 원통 지름의 25% 또는 구멍이 놓이는 링 간격의 80%를 초과하지 않는 압축응력을 받는 원통형 또는 원뿔형 용기의 구멍에 대한 보강은 다음 절차에 따라

서 설계하여야 한다.

2. 외압만을 받도록 설계된 원통형 또는 원뿔형 용기의 노즐구멍에 대한 보강은 위 645.18.4부터 645.18.8의 요건을 따라야 한다. 요구두께는 위 645.18.3에 따라서 결정하여야 한다.
3. 외압이 없이 축 방향 압축(축 방향 하중 및/또는 모멘트를 포함)만을 받도록 설계된 원통형 또는 원뿔형 용기에 대해서는, 구멍의 보강은 다음에 따라야 한다.

$d \le 0.4\sqrt{Rt}$ 에 대해서

$$A_r = 0 \tag{4.427}$$

$d > 0.4\sqrt{Rt}$ 및 $\gamma_n \le \left(\frac{(R/t)}{291} + 0.22\right)^2$ 에 대해서

$$A_r = 0.5dt_r \tag{4.428}$$

$d > 0.4\sqrt{Rt}$ 및 $\gamma_n > \left(\frac{(R/t)}{291} + 0.22\right)^2$ 에 대해서

$$A_r = dt_r \tag{4.429}$$

여기서

$$\gamma_n = \left(\frac{d}{2\sqrt{Rt}}\right) \tag{4.430}$$

4. 보강은 구멍의 가장자리로부터 $0.75\sqrt{Rt}$ 의 거리 이내에 있어야 한다. 노즐 넥 보강은 노즐 부착 위치에서 동체의 두께를 초과하지 않는 두께로 제한되어야 하고 용기의 바깥표면에 수직하게 $0.5\sqrt{(d/2)t_n}$ 의 한계 내에 있어야 한다. 그러나 $2.5t_n$ 을 넘지 않는 한계 내에 놓여야 한다.
5. 외압과 조합된 축 방향 압축에 대해서 설계된 원통형 또는 원뿔형 용기에 대해서는, 보강은 위 제2호에서 요구되는 것과 위 제3호에서 요구되는 것 중 큰 것이어야 한다. 보강은 위 제4호에 기술한 한계 내에 위치하여야 한다.

645.18.17 기호설명

A_1 : 용기의 벽이 기여하는 면적

A_2 : 용기의 벽 바깥에서 노즐이 기여하는 면적

A_3 : 용기의 벽 안쪽에서 노즐이 기여하는 면적

A_{41}: 바깥 노즐 필릿용접이 기여하는 면적

A_{42} 패드-용기 필릿용접이 기여하는 면적

A_{43}: 안쪽 노즐 필릿용접이 기여하는 면적

A_5 : 보강 패드가 기여하는 면적

A_p : 노즐구멍 불연속의 힘을 결정하기 위해서 사용되는, 압력을 저항하는 면적

A_r : 요구되는 보강면적

A_T: 보강 경계이내의 총면적

α : 원뿔형 동체의 꼭지각의 1/2
D_i : 동체나 경판의 안지름
D_D: 주요 구조적 불연속으로부터 노즐 중심선까지의 거리
D_R: 경판 중심선으로부터 노즐 중심선까지의 거리
D_T: 경판 접선으로부터 노즐 중심선까지의 거리
D_X: 원통 중심선으로부터 노즐 중심선까지의 거리
d : 구멍의 안지름
d_{st}: 스터드의 공칭지름
E : 용접이음계수(645.15 참조), 만일 노즐이 용접이음매와 교차하지 않으면 E = 1.0
E_{st}: 스터드의 맞물린 길이
F_p : 노즐부착계수
F_{ha}: 설계온도에서 평가한 645.17의 동체와 노즐재료의 허용압축응력의 최소값
f_N : 용기의 바깥 노즐 내의 내압으로부터의 힘
f_{rn} : 노즐재료계수
f_{rp} : 패드재료계수
f_S : 동체 내의 내압으로부터의 힘
f_y : 압력으로부터의 불연속 힘
f_Y : 내압으로부터의 불연속 힘
f_{ws} : 용접부 t_{w1} 및 L_{43}이 지탱하는 불연속 힘
f_{wn} : 용접부 L_{41}과 t_{w2}와 L_{42}가 지탱하는 불연속 힘
F_p : 노즐부착계수
h : 안쪽 표면으로 측정한 타원형 경판의 깊이
k_y : 노즐 바깥지름으로 불연속 힘을 조정하는 불연속 힘 계수
L_{41} : 바깥노즐 필릿용접의 용접 다리길이
L_{42} : 패드-용기 필릿용접의 용접 다리길이
L_{43} : 안쪽 노즐 필릿용접의 용접 다리길이
L : 접시형 경판의 중앙 굽힘구간의 안반지름
L_H : 용기 밖 노즐벽의 유효길이
L_I : 용기 안 노즐벽의 유효길이
L_{41T} : 바깥 노즐 필릿용접의 목 치수
L_{42T} : 패드-용기 필릿용접의 목 치수
L_{43T} : 안쪽노즐 필릿용접의 목 치수
L_R : 용기 벽의 유효길이
L_{pr1} : 용기 벽 바깥으로부터의 노즐 돌출
L_{pr2} : 용기 벽 안쪽으로부터의 노즐 돌출

L_{pr3} : 용기 벽 바깥으로부터 가변적 두께 t_n의 길이
L_τ : 노즐-동체 용접의 용접 길이
$L_{\tau p}$: 패드-동체 용접의 용접 길이
P : 설계 내압 또는 외압
$P_{\max}$: 노즐의 최고허용압력
P_L : 노즐 교차점에서의 최대 국부 1차막응력
R : 용기의 안반지름
R_m: 용기의 평균반지름
R_{eff}: 유효압력반지름
R_n : 노즐의 안반지름
R_{nc}: 긴 현에 연한 용기 노즐구멍의 반지름, 방사상 노즐에 대해서 $R_{nc} = R_n$
R_{nm}: 노즐 평균반지름
R_{xn}: 힘 계산을 위한 노즐 반지름
R_{xs}: 힘 계산을 위한 동체 반지름
S : 용기에 대한 설계온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A)
S_n: 노즐에 대한 설계온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A)
S_p: 패드에 대한 설계온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A)
S_{st}: 스터드 재료에 대한 설계온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A)
S_{tp}: 나사를 낸 재료에 대한 설계온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A)
σ_{avg}: 평균1차막응력
σ_{circ}: 일반1차막응력
θ : 노즐 중심선과 동체 중심선 사이의 각도
t : 용기 벽의 공칭두께
t_e : 보강패드의 두께
t_{eff}: 노즐구멍 부근 압력응력의 계산에 사용되는 유효두께
t_n : 노즐 벽의 공칭두께
t_{n2} : 가변적 두께의 노즐의 얇은 부분의 공칭벽두께
t_r : 외압이 없는 축 방향 압축하중에 대해서 요구되는 동체의 두께
t_{rf}: 645.19에서 요구하는 것과 같은 부식여유를 제외한 최소 요구 평경판 두께
t_{w1} : 노즐-동체 홈 용접 깊이
t_{w2} : 노즐-보강패드 홈 용접 깊이
τ : 압력으로 인한 용접부 내의 평균 “유효” 전단응력(이음효율 포함)
V_s : 전단하중
W : 보강패드의 폭
X_o : 노즐 바깥지름으로부터 경판 중심까지의 거리

645.19 평경판에 대한 설계

645.19.1 스테이가 없는 원형 평경판

1. 가장자리 모멘트가 발생하는 볼트 조임으로 부착하지 않는 스테이가 없는 원형 평경판 또는 덮개의 최소요구두께는 다음 식으로 계산한다.

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{S_{ho}E}} \tag{4.431}$$

2. 가장자리 모멘트(표 645.19.1-1의 상세 7 참조)가 발생하는 볼트 조임으로 부착하는 스테이가 없는 원형 평경판, 덮개 또는 막음 플랜지의 최소요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다. 이 식에서 운전 및 개스킷 시팅 볼트하중 W_o와 W_g 그리고 이 하중의 모멘트 암(arm) h_G는 ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16에서 서술한 플랜지 형상과 개스킷 재료에 따라서 계산하여야 한다.

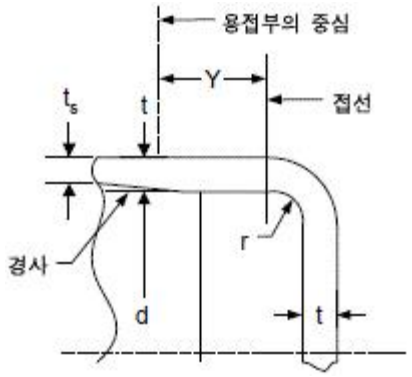
$$t = \max[t_o, t_g] \tag{4.432}$$

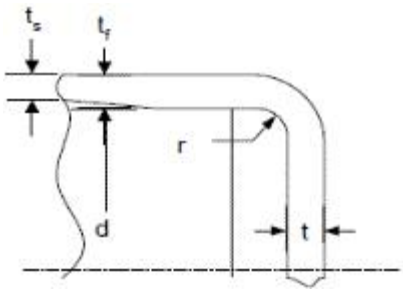
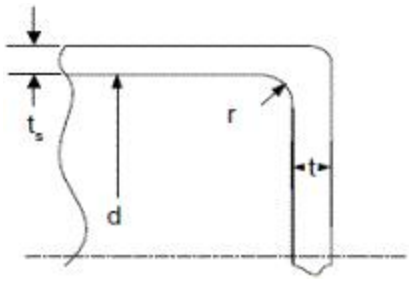
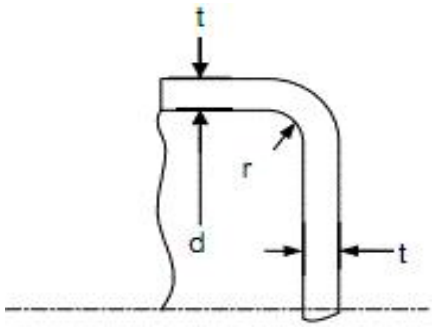
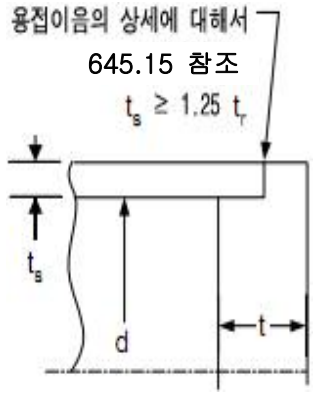
여기서

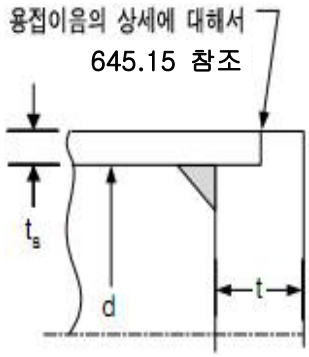
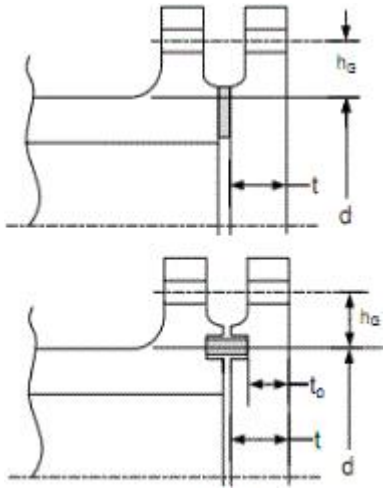
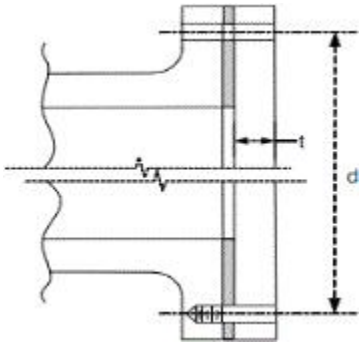
$$t_o = d\sqrt{\frac{CP}{S_{ho}E} + \frac{1.9\,W_o h_G}{S_{ho}Ed^3}} \tag{4.433}$$

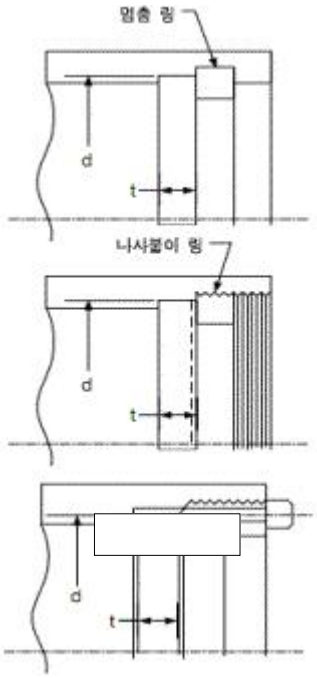
$$t_g = d\sqrt{\frac{1.9\,W_g h_G}{S_{hg}Ed^3}} \tag{4.434}$$

[표 645.19.1-1] 평경판의 설계변수 C

상세	요 건	그 림
1	• 플랜지 길이에 대한 특별한 요건이 없이, 요구경판두께의 3배 이상인 모서리 안반지름으로 용기와 일체로 단조하거나 맞대기 용접을 한 플랜징 가공을 한 원형 또는 비원형 경판에 대해서 C = 0.17 • 위의 설계로 된 경판에 대한 플랜지 길이가 다음 이상일 때, 원형 경판에 대해서 C = 0.10 $Y = \left(1.1 - 0.8\left(\frac{t_s}{t_h}\right)^2\right)\sqrt{dt_h}$ • 플랜지 길이 Y가 위의 계산식 내의 요건보다 작으나 동체 두께가 적어도 $2\sqrt{dt_s}$인 거리에 대해서 $t_s = 1.12t_h\sqrt{1.1 - Y/\sqrt{dt_h}}$ 이상일 때, 원형 경판에 대해서 C = 0.10 • r은 최소한 $3t$를 사용하여야 한다.	

상세	요 건	그 림
2	• 용기와 일체로 또는 용기에 맞대기 용접을 한 단조된 원형 및 비원형 경판에 대해서 C = 0.17, 여기서 플랜지 두께는 동체 두께의 2배 이상, 모서리 안반지름은 플랜지 두께의 3배 이상이다. • $r = 3t_f$ (최소)이어야 한다.	
3	• 용기와 일체로 또는 용기에 맞대기 용접을 한 단조된 원형 및 비원형 경판에 대해서 C = $\max[0.33m, 0.2]$, 여기서 플랜지 두께는 동체 두께 이상이고 모서리 안반지름은 다음 이상이다. $t_s \le 38\,mm$(1.5 in)에 대해서 $r = 10\,mm$(0.375 in) $t_s > 38\,mm$에 대해서 $r = \min[0.25t_s, 19\,mm]$ (19 mm = 0.75 in)	
4	• 다음의 조건에서 일체형 원형 평경판에 대해서 C = 0.17 - 치수 d는 610 mm(24 in)를 초과하지 않는다. - 치수 d에 대한 경판 두께의 비율은 0.05 이상 0.25 이하이다. - 경판 두께 t_h는 동체 두께 t_s 이상이다. - 이 구조는 헤더의 끝을 폐쇄할 때에 사용하는 것과 같은 동체의 끝을 업세팅 가공 또는 회전성형과 같은 특수기법으로 만들어 진다. • $r = 3t_f$ (최소)이어야 한다.	
5	t_s가 적어도 $1.25t_r$이고 용접 상세가 645.15의 요건에 적합할 때 동체의 끝에 용접한 원형 판에 대해서 C = 0.33	
6	만일 최소 목 두께가 $0.7t_s$인 안쪽 필릿용접을 사용하고 바깥 용접의 상세가 645.15의 요건들에 적합하다면 원형 판에 대해서 C = $\max[0.33m, 0.2]$	

상세	요 건	그 림
		
7	• 그림들에서 보는 것처럼 용기에 볼트 조임을 한 원형 및 비원형 경판과 덮개에 대해서 C = 0.3 • 덮개 판이 바깥둘레 개스킷을 위하여 홈이 파졌을 때, 홈 밑 또는 홈과 덮개 판 가장자리 사이의 정미 덮개 판 두께는 다음 두께 이상이 되어야 한다. 원형 경판과 덮개 판 $t_o = d\sqrt{\frac{1.9\,W_o h_G}{S_{ha} d^3}}$ 비원형 경판과 덮개 판 $t_o = d\sqrt{\frac{6\,W_o h_G}{S_{ha} L d^2}}$	
8	온면형 개스킷과 함께 동체와 플랜지에 볼트 조임이 된 원형 덮개 판에 대해서 C = 0.25	

상세	요 건	그 림
9	(압력과 부등 열팽창으로 인하여 생기는 전단, 인장, 압축 또는 플레어링을 포함하는 방사상 변형으로든지 간에) 모든 가능한 파괴의 수단이 적어도 4인 안전계수로 저지될 때에 용기의 끝 속에 삽입되어 확실한 기계적 잠금 조치로 제 자리에 고정되는 원형 덮개 판에 대해서 C = 0.30	

645.19.2 스테이가 없는 비원형 평경판

1. 가장자리 모멘트가 발생하는 볼트 조임으로 부착하지 않는 스테이가 없는 비원형 평경판 또는 덮개의 최소요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{ZCP}{S_{ho}E}} \tag{4.435}$$

여기서

$$Z = 3.4 - \frac{2.4d}{D} \tag{4.436}$$

2. 가장자리 모멘트(표 645.19.1-1의 상세 7 참조)가 발생하는 볼트 조임으로 부착하는 스테이가 없는 비원형 평경판, 덮개 또는 막음 플랜지의 최소요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다. 이 식에서 운전 및 개스킷 시팅 볼트하중 W_o와 W_g 그리고 이 하중의 모멘트 암(arm) h_G는 ASME Sec. Ⅷ Div.2 4.16에서 서술한 플랜지 형상과 개스킷 재료에 근거하여 계산하여야 한다.

$$t = \max[t_o, t_g] \tag{4.437}$$

여기서

$$t_o = d\sqrt{\frac{ZCP}{S_{ho}E} + \frac{6W_o h_G}{S_{ho}ELd^2}} \tag{4.438}$$

$$t_g = d\sqrt{\frac{6W_g h_G}{S_{hg}ELd^2}} \tag{4.439}$$

변수 Z는 식(4.436)에서 주어진다.

645.19.3 중앙에 구멍이 있는 일체형 평경판

1. 중앙에 경판지름의 1/2를 초과하는 단일 원형 구멍이 있는 평경판은 다음 규정에 따라서 설계하여야 한다. 중앙 구멍에 부착한 노즐이 있거나 없는 일체형 평경판의 배치는 그림 645.19.3-1에 나타나 있다.

   가. 동체-평경판의 접합은 표 645.19.1-1, 상세 1, 2, 3 및 4처럼 일체형이어야 하지만, 표 645.19.1-1, 상세 5 및 6에서의 이음매와 유사한 맞대기 용접 또는 완전용입 모서리 용접을 사용할 수도 있다.

   나. 평경판의 중앙 구멍에는 일체형 노즐 또는 완전용입 용접으로 부착한 노즐 또는 일체형이 아닌 용접(즉, 양면 필릿용접 또는 부분용입 용접)으로 부착한 노즐이 있을 수 있거나 부착한 노즐이나 허브가 없는 구멍일 수 있다. 비일체형 용접으로 부착한 노즐의 경우에는 경판은 부착된 노즐이나 허브가 없는 경판으로 설계한다.

2. 경판 두께는 위 645.19.1 또는 645.19.2의 규정은 만족하지 않아도 되지만, 평경판 두께와 기타 형상 변수는 표 645.19.3-2의 허용응력 한계는 만족하여야 한다.

3. 단일 원형 구멍이 중앙에 있는 일체형 평경판을 설계하기 위하여 사용할 수 있는 절차는 아래와 같다.

   순서 1 - 평경판 구멍의 설계 압력과 온도를 결정한다.

   순서 2 - 평경판 구멍의 형상을 결정한다(그림 645.19.3-1 참조).

   순서 3 - 다음의 식을 사용하여 운전 모멘트 M_o를 계산한다.

$$M_o = 0.785 B_n^2 P\left(R + \frac{g_{1n}}{2}\right) + 0.785(B_s^2 - B_n^2)P\left(\frac{R + g_{1n}}{2}\right) \tag{4.440}$$

   여기서

$$R = \frac{B_s - B_n}{2} - g_{1n} \tag{4.441}$$

   순서 4 - ASME Sec. Ⅷ Div.2 Table 4.16.4 및 4.16.5의 식을 사용하여 B_n, g_{1n}, g_{0n} 및 h_n를 근거로 F, V 및 f를 계산하고, 그 결과값을 F_n, V_n 및 f_n이라 지정한다.

   순서 5 - ASME Sec. Ⅷ Div.2 Table 4.16.4 및 4.16.5의 식을 사용하여 B_s, g_{1s}, g_{0s} 및 h_s를 근거로 F, V 및 f를 계산하고, 그 결과값을 F_s, V_s 및 f_s이라 지정한다.

   순서 6 - ASME Sec. Ⅷ Div.2 Table 4.16.4의 식을 사용하여 $K = A/B_n$를 근거로 Y, T, U, Z, L, e 및 d를 계산한다.

   순서 7 - 다음 식 중 하나를 사용하여 $(E\theta)^*$의 크기를 계산한다.

   일체형으로 부착된 노즐에 구멍이 있는 경우

$$(E\theta)^* = \frac{0.91\left(\frac{g_{1n}}{g_{0n}}\right)^2 (B_n + g_{0n}) V_n}{f_n \sqrt{B_n g_{0n}}} S_H \tag{4.442}$$

여기서 S_H는 표 645.19.3-1의 식을 사용하여 평가한다.

부착된 노즐이 없거나 비일체형 용접으로 부착한 노즐이나 허브가 있는 구멍은

$$(E\theta)^* = \frac{B_n S_T}{t} \tag{4.443}$$

여기서 S_T는 표 645.19.3-1의 식을 사용하여 평가한다.

순서 8 - 다음 식을 사용하여 M_H의 크기를 계산한다.

$$M_H = \frac{(E\theta)^*}{\frac{1.74 V_s \sqrt{B_s g_{0s}}}{g_{0s}^3 (B_s + g_{0s})} + \frac{(E\theta)^*}{M_o}\left(1 + \frac{F_s t}{\sqrt{B_s g_{0s}}}\right)} \tag{4.444}$$

순서 9 - 다음 식을 사용하여 X_1의 크기를 계산한다.

$$X_1 = \frac{M_o - M_H\left(1 + \frac{F_s t}{\sqrt{B_s g_{0s}}}\right)}{M_o} \tag{4.445}$$

순서 10 - 표 645.19.3-1를 사용하여 동체-평경판 접합부와 구멍-평경판 접합부의 응력을 계산한다.

순서 11 - 표 645.19.3-2의 응력허용기준을 점검한다. 응력기준이 만족되면, 설계는 완료되고, 만일 응력기준이 만족되지 않으면, 평경판 또는 구멍 치수의 비율을 다시 정하고 순서 3으로 돌아간다.

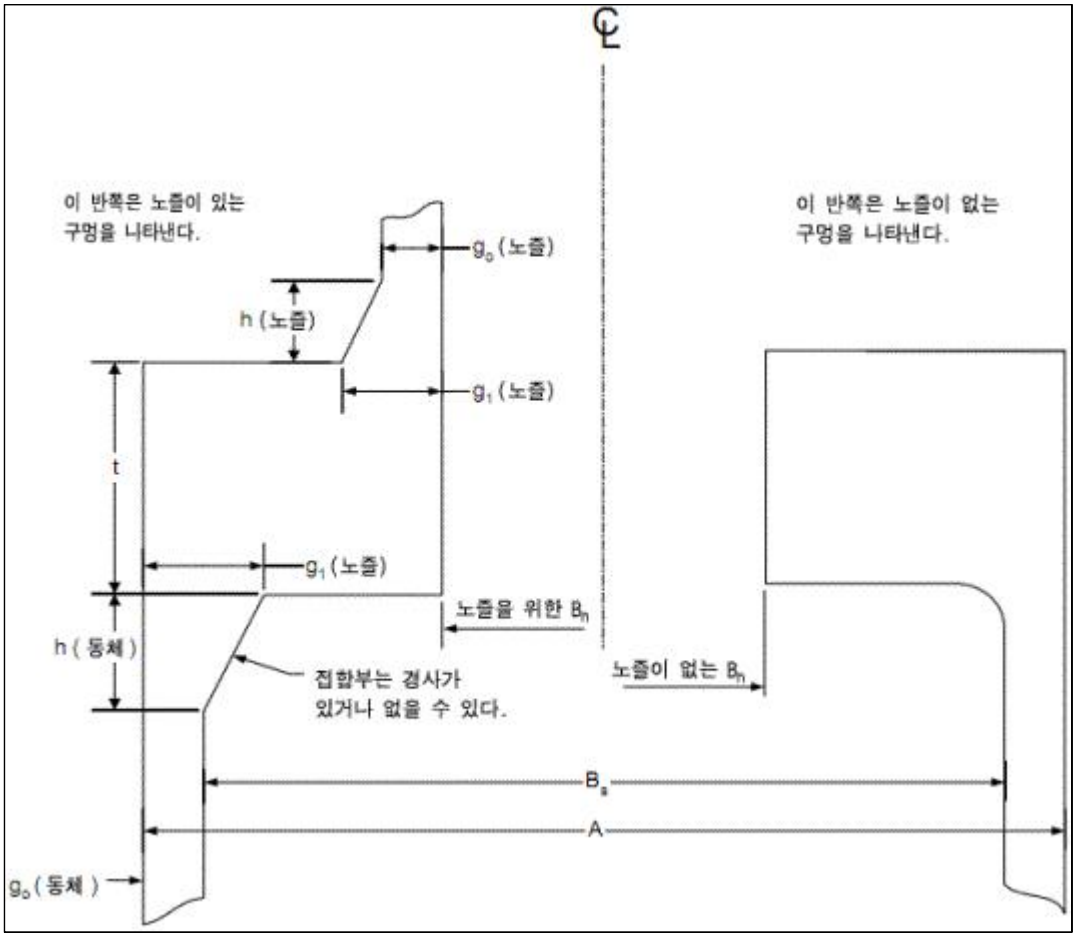
[표 645.19.3-1] 구멍이 있는 일체형 평경판에 대한 접합부 응력 계산식

경판-동체 접합부 응력	구멍-경판 접합부 응력
$S_{HS} = \frac{1.1 f_s X_1 (E\theta)^* \sqrt{B_s g_{0s}}}{\left(\frac{g_{1s}}{g_{0s}}\right)^2 B_s V_s}$ $S_{RS} = \frac{1.91 M_H\left(1 + \frac{F_s t}{\sqrt{B_s g_{0s}}}\right)}{B_s t^2} + \frac{0.64 F_s M_H}{B_s \sqrt{B_s g_{0s} t}}$ $S_{TS} = \frac{X_1 (E\theta)^* t}{B_s} - \frac{0.57 M_H\left(1 + \frac{F_s t}{\sqrt{B_s g_{0s}}}\right)}{B_s t^2} + \frac{0.64 Z F_s M_H}{B_s \sqrt{B_s g_{0s} t}}$	$S_{HO} = X_1 S_H$ $S_{RO} = X_1 S_R$ S 여기서 $S_H = \frac{f_n M_o}{L g_{1n}^2 B_n}$ $S_R = \frac{(1.33 t_e + 1) M_o}{L t^2 B_n}$ $S_T = \frac{Y M_o}{t^2 B_n} - Z S_R$

	$Z_1 = \dfrac{2K^2}{K^2-1}$ 비고: 노즐이 없는 구멍의 경우, S_R = S_H = 0.0

[표 645.19.3-2] 구멍이 있는 일체형 평경판에 대한 응력허용기준

경판-동체 접합부 응력	구멍-경판 접합부 응력
$S_{HS} \le 1.5S_{ho}$ $S_{RS} \le S_{ho}$ $S_{TS} \le S_{ho}$ $\dfrac{(S_{HS}+S_{RS})}{2} \le S_{ho}$ $\dfrac{(S_{HS}+S_{TS})}{2} \le S_{ho}$	$S_{HO} \le 1.5S_{ho}$ $S_{RO} \le S_{ho}$ $S_{TS} \le S_{ho}$ $\dfrac{(S_{HO}+S_{RO})}{2} \le S_{ho}$ $(S_{HO}+S$



[그림 645.19.3-1] 큰 중앙 구멍이 있는 일체형 평경판

645.19.4 기호설명

A : 동체의 바깥지름

B_s : 동체의 안지름

B_n : 구멍의 안지름

C : 표 645.19.1-1에서 서술된 경판의 부착 방법, 동체 치수 및 기타 항목에 따른 계수. 용접된 덮개에 대한 C의 값은 구조에 대한 허용응력을 1.5S로 효과적으로 증가시키는 0.667의 계수를 포함한다.

D : 비원형 경판 또는 덮개의 짧은 경간에 직각으로 잰 긴 경간의 길이

d : 표 645.19.1-1의 그림에 표시된 것처럼 측정한 지름 또는 짧은 경간

E : 이음계수

e : 플랜지 응력계수

f_n: 노즐구멍-평경판 접합에 대한 허브응력 보정계수

f_s : 동체-평경판 접합에 대한 허브응력 보정계수

E : 용접이음계수 (645.15 참조)

F_n : 노즐구멍-평경판 접합에 대한 플랜지 응력계수
F_s : 동체-평경판 접합에 대한 플랜지 응력계수
g_{1s}: 동체-평경판 접합의 대단부에서의 허브두께
g_{0n}: 노즐구멍-평경판 접합의 소단부에서의 허브두께
g_{0s} : 동체-평경판 접합의 소단부에서의 허브두께
g_{1n}: 노즐구멍-평경판 접합의 대단부에서의 허브두께
g_{1s}: 동체-평경판 접합의 대단부에서의 허브두께
h_G: 개스킷의 모멘트 암(arm)(ASME Sec. Ⅷ Div.2 Table 4.16.6 참조)
h_n: 노즐구멍-평경판 접합의 대단부에서의 허브길이
h_s: 동체-평경판 접합의 대단부에서의 허브길이
L : 볼트구멍의 중심을 따라서 측정한 비원형 볼트 조임 경판의 둘레, 또는 플랜지 응력계수
M_o: 운전 모멘트
M_H: 동체-평경판 접합에서 작용하는 모멘트
m : 두께비율 t_r/t_s
P : 설계내압
r : 플랜징이나 단조로 성형한 경판의 모서리 안지름
S_{ho}: 설계온도에서 경판에 대해서 평가한 허용응력(표 645.2.1.A)
S_{hg}: 개스킷 시팅 조건에서 경판에 대해서 평가한 허용응력(표 645.2.1.A)
T : 플랜지 응력계수
t : 평경판이나 덮개의 최소요구두께
t_g: 개스킷 시팅 조건에 대한 평경판이나 덮개의 요구두께
t_o: 설계운전조건에 대한 평경판이나 덮개의 요구두께
t_f : 대단부에서 단조 경판 위 플랜지의 공칭두께
t_h : 평경판이나 덮개의 공칭두께
t_r : 이음매 없는 동체의 요구두께
t_s : 동체의 공칭두께
t_1 : 봉합 용접부의 목 치수
U : 플랜지 응력계수
V_n : 노즐구멍-평경판 접합에 대한 플랜지 응력계수
V_s : 동체-평경판 접합에 대한 플랜지 응력계수
W_o: 설계운전조건에서의 운전 볼트하중
W_g: 설계 개스킷 시팅 조건에서의 개스킷 시팅 볼트하중
Y : 너클의 접선으로부터 측정한 플랜징 가공 경판의 플랜지 길이 또는 플랜지 응력계수

Z : 긴 경간에 대한 짧은 경간의 비율에 따른 비원형 경판 또는 덮개에 대한 계수
Z_I : 일체형 평경판의 응력계수
$(E\theta)^*$:경판의 바깥지름에서 일체형 동체의 상호작용을 무시하고 탄성계수로 곱한 가운데 구멍이나 노즐이 있는 경판의 경사

645.20 구형 접시형 볼트 조임 덮개판

645.20.1 형식 A 경판 형상(그림 645.20.1-1 참조)에 대한 경판과 스커트의 두께는 내압(오목면 위의 압력)은 645.16의 규정, 외압(볼록면 위의 압력)은 645.17의 규정에 따라서 결정하여야 한다. 스커트의 두께는 원통형 동체에 대한 계산식을 사용하여 결정하여야 한다. 경판의 반지름 L과 너클 반지름r은 이 조의 제한을 따라야 한다.

1. 형식 A 경판 형상에 대한 경판의 플랜지 두께는 ASME Sec. Ⅷ Div.2 4.16의 규정에 따라서 결정하여야 한다. ASME Sec. Ⅷ Div.2 Table 1.1에서 열거된 표준에 적합한 슬립 온(slip-on) 플랜지를 사용할 때는 설계 압력-온도가 그 플랜지 표준에서 허가된 압력-온도 등급의 범위 이내에 있다면 ASME Sec. Ⅷ Div.2 4.16에 따른 설계계산은 할 필요가 없다.
2. 그림 4.7.1 내의 상세 (a)는 다음 요건이 둘 다 만족되면 허용된다.
   가. 제조 재료가 다음 식을 만족할 경우

$$\frac{S_{yT}}{S_u} \le 0.625 \tag{4.446}$$

   나. 구성부품이 반복하중을 받지 않을 경우

645.20.2 형식 B 경판의 두께 요건

1. 형식 B 경판 형상(그림 645.20.2-1 참조)에 대한 경판 두께는 다음 식으로 결정하여야 한다.
   가. 내압(오목면 위의 압력)

$$t = \frac{5PL}{6S} \tag{4.447}$$

   나. 외압(볼록면 위의 압력) - 경판 두께는 645.17에 따라서 결정하여야 한다.
2. 형식 B 경판 형상의 플랜지 두께는 다음 식으로 결정하여야 하며, 여기서 운전조건과 개스킷 시팅 조건에 대한 플랜지 모멘트 M_o와 M_g는 각각 ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16에서 결정한다.
   가. 링 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = \max[T_g, T_o] \tag{4.448}$$

여기서

$$T_g = \sqrt{\frac{M_g}{S_{fg}B}\left(\frac{A+B}{A-B}\right)} \tag{4.449}$$

$$T_o = \sqrt{\frac{M_o}{S_{fo}B}\left(\frac{A+B}{A-B}\right)} \tag{4.450}$$

나. 전면형 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = 0.6\sqrt{\frac{|P|}{S_{fo}}\left(\frac{B(A+B)(C-B)}{A-B}\right)} \tag{4.451}$$

3. 위 645.20.1 제2호의 두 요건이 모두 만족할 경우에만 형식 B 경판을 사용하여도 된다.

645.20.3 형식 C 경판의 두께 요건

1. 형식 C 경판 형상(그림 645.20.3-1 참조)에 대한 경판 두께는 다음 식으로 결정하여야 한다.

가. 내압(오목면 위의 압력) - 경판 두께는 식(4.447)을 적용하여 결정하여야 한다.

나. 외압(볼록면 위의 압력) - 경판 두께는 645.17에 따라서 결정하여야 한다.

2. 형식 C 경판 형상의 플랜지 두께는 다음 식으로 결정하여야 하며, 여기서 운전조건과 개스킷 시팅 조건에 대한 플랜지 모멘트 M_o와 M_g는 각각 ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16에서 결정한다.

가. 둥근 볼트구멍이 있는 경판에 대한 링 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = \max[T_g, T_o] \tag{4.452}$$

여기서

$$T_g = \sqrt{\frac{1.875M_g}{S_{fg}B}\left(\frac{C+B}{7C-5B}\right)} \tag{4.453}$$

$$T_o = Q + \sqrt{\frac{1.875M_o}{S_{fo}B}\left(\frac{C+B}{7C-5B}\right)} \tag{4.454}$$

$$Q = \frac{|P|L}{4S_{fo}}\left(\frac{C+B}{7C-5B}\right) \tag{4.455}$$

나. 경판 가장자리를 통과하는 긴 볼트구멍이 있는 경판에 대한 전면 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = \max[T_g, T_o] \tag{4.456}$$

여기서

$$T_g = \sqrt{\frac{1.875M_g}{S_{fg}B}\left(\frac{C+B}{3C-B}\right)} \tag{4.457}$$

$$T_o = Q + \sqrt{\frac{1.875M_o}{S_{fo}B}\left(\frac{C+B}{3C-B}\right)} \tag{4.458}$$

$$Q = \frac{|P|L}{4S_{fo}}\left(\frac{C+B}{3C-B}\right) \tag{4.459}$$

다. 둥근 볼트구멍이 있는 경판에 대한 전면형 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = Q + \sqrt{Q^2 + \frac{3BQ(C-B)}{L}} \tag{4.460}$$

변수 Q는 식(4.455)에 의해서 주어진다.

라. 경판 가장자리를 통과하는 긴 볼트구멍이 있는 경판에 대한 링 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = Q + \sqrt{Q^2 + \frac{3BQ(C-B)}{L}} \tag{4.461}$$

변수 Q는 식(4.459)에 의해서 주어진다.

645.20.4 형식 D 경판의 두께 요건

1. 형식 D 경판 형상(그림 645.20.4-1 참조)에 대한 경판 두께는 다음 식으로 결정하여야 한다.

가. 내압(오목면 위의 압력) - 경판 두께는 식(4.447)을 사용하여 결정하여야 한다.

나. 외압(볼록면 위의 압력) - 경판 두께는 645.17에 따라서 결정하여야 한다.

2. 형식 D 경판 형상에 대한 경판의 플랜지 두께는 다음 식으로 결정하여야 한다.

$$T = \max[T_g, T_o] \tag{4.462}$$

여기서

$$T_g = \sqrt{\frac{M_g}{S_{fg}B}\left(\frac{A+B}{A-B}\right)} \tag{4.463}$$

$$T_o = Q + \sqrt{Q^2 + \frac{M_o}{S_{fo}B}\left(\frac{A+B}{A-B}\right)} \tag{4.464}$$

$$Q = \frac{|P|B\sqrt{4L^2 - B^2}}{8S_{fo}(A-B)} \tag{4.465}$$

ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16에 따라 설계조건에 대한 플랜지 설계 모멘트 M_o를 결정할 때, 다음과 같이 수정하여 적용하여야 한다. 모멘트 암(arm) h_D는 식(4.466)을 사용하여 계산하여야 한다. 식(4.467)를 사용하여 계산한 추가적인 모멘트 항 M_r은 ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16에서 규정하는 대로 M_o에 더하여야 한다. ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16에서 규정하는 대로 M_o에 대한 식 내의 M_{oe}항은 이 계산에서 영(0)으로 설정하여야 한다. 이 항은 t_ν, R, A_R의 방향에 따라서 양(+) 또는 음(-)이 될 수 있다.

$$h_D = 0.5(C-B) \tag{4.466}$$

$$M_r = (0.785B^2 P\cot[\beta])h_r \tag{4.467}$$

여기서

$$\beta = \arcsin\left[\frac{B}{2L+t}\right] \tag{4.468}$$

3. 형식 D 경판의 요구 경판 두께와 플랜지 두께를 결정하기 위해서 다음의 절차를 위 제1호 및 제2호 규정의 대안으로서 사용할 수 있다. 이 절차는 플랜지 링과 경판 사이의 연속성을 고려하여 보다 정확한 해석방법을 보여준다.

순서 1 - 플랜지 이음의 설계 압력과 온도를 결정한다. 만일 그 압력이 음(-)이면, 이 절차의 모든 식에서 P에 대해서 음(-)의 값을 사용하여야만 한다.

내압에 대해서 $P_c = 0.0$ (4.469)

외압에 대해서 $P_c = P$ (4.470)

순서 2 - 형식 D 경판의 초기 형상(그림 645.20.4-2 참조)을 결정한다. 다음과 같은 형상 변수가 요구된다.

(1) 플랜지 안지름 B

(2) 볼트 원 지름 C

(3) 플랜지 바깥지름 A

(4) 플랜지 두께 T

(5) 평균 경판 반지름 R

(6) 경판 두께 t

(7) 경판 바닥까지의 플랜지 깊이 q

순서 3 - 개스킷 형상을 선택하고, ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16의 규정에 따라 개스킷 반력 G의 위치, 개스킷 시팅에 대한 설계 볼트하중 W_g, 그리고 운전조건 W_o을 결정한다.

순서 4 - 형상 변수를 결정한다.

$$h_1 = \frac{(C-G)}{2} \tag{4.471}$$

$$h_2 = \frac{(G-B)}{2} \tag{4.472}$$

$$d = \frac{(A-B)}{2} \tag{4.473}$$

$$n = \frac{T}{t} \tag{4.474}$$

$$K = \frac{A}{B} \tag{4.475}$$

$$\phi = \arcsin\left[\frac{B}{2R}\right] \tag{4.476}$$

$$e = q - \frac{1}{2}\left(T - \frac{t}{\cot[\phi]}\right) \tag{4.477}$$

$$k_1 = 1 - \left(\frac{1-2\nu}{2\lambda}\right)\cot[\phi] \tag{4.478}$$

$$k_2 = 1 - \left(\frac{1+2\nu}{2\lambda}\right)\cot[\phi] \tag{4.479}$$

$$\lambda = \left[3(1-\nu^2)\left(\frac{R}{t}\right)^2\right]^{0.25} \tag{4.480}$$

순서 5 - 동체의 불연속 형상계수를 결정한다.

$$C_1 = \frac{0.275n^3t \bullet \ln[K]}{k_1} - e \tag{4.481}$$

$$C_2 = \frac{1.1\lambda n^3t \bullet \ln[K]}{Bk_1} + 1(\tag{4.482}$$

$$C_4 = \frac{\lambda \sin[\phi]}{2}\left(k_2 + \frac{1}{k_1}\right) + \frac{B}{4nd} + \frac{1.65e}{tk_1} \tag{4.483}$$

$$C_5 = \frac{1.65}{tk_1}\left(1 + \frac{4\lambda e}{B}\right) \tag{4.484}$$

순서 6 - 운전 및 개스킷 조건에 대한 동체 불연속 하중계수를 결정한다.

$$C_{3o} = \frac{\pi B^2 P}{4}\left(e \bullet \cot[\phi] + \frac{2q(T-q)}{B} - h_2\right) - W_o h_1(\tag{4.485}$$

$$C_{6o} = \frac{\pi B^2 P}{4}\left(\frac{4q - B \bullet \cot[\phi]}{4nd} - \frac{0.35}{\sin[\phi]}\right) \tag{4.486}$$

$$C_{3g} = - W_g h_1 \tag{4.487}$$

$$C_{6g} = 0.0 \tag{4.488}$$

순서 7 - 운전 및 개스킷 조건에 대한 동체 불연속 힘과 모멘트를 결정한다.

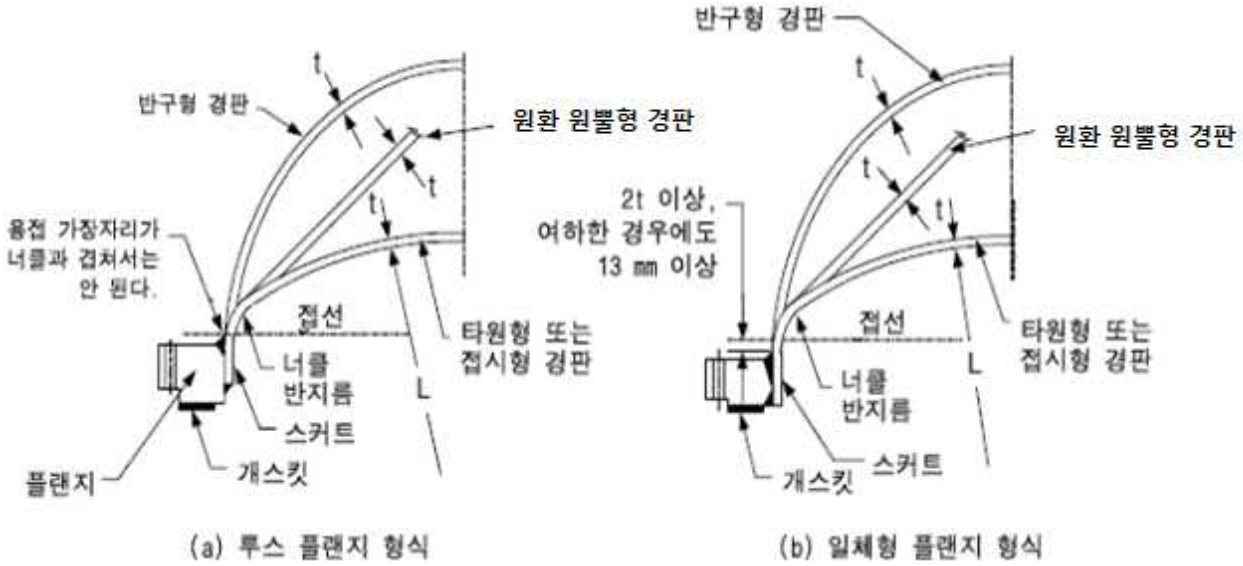
$$V_{do} = \frac{C_2 C_{6o} - C_{3o} C_5}{C_2 C_4 - C_1 C_5} \tag{4.489}$$

$$M_{do} = \frac{C_1 C_{6o} - C_{3o} C_4}{C_2 C_4 - C_1 C_5} \tag{4.490}$$

$$V_{dg} = \frac{C_2 C_{6g} - C_{3g} C_5}{C_2 C_4 - C_1 C_5} \tag{4.491}$$

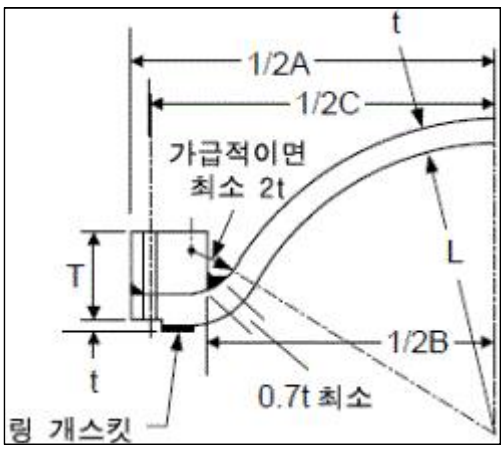
$$M_{dg} = \frac{C_1 C_{6g} - C_{3g} C_4}{C_2 C_4 - C_1 C_5} \tag{4.492}$$

순서 8 - 표 645.20.4-1을 사용하여 경판과 경판-플랜지 접합부에서의 응력을 계산하고, 그 응력 허용기준을 점검한다. 만일 그 응력 허용기준이 만족되면, 그 설계는 완료되고, 만일 그 응력 허용기준이 만족되지 않으면, 그 볼트 조임 경판 치수의 비례를 다시 정하고 순서 3으로 돌아간다.

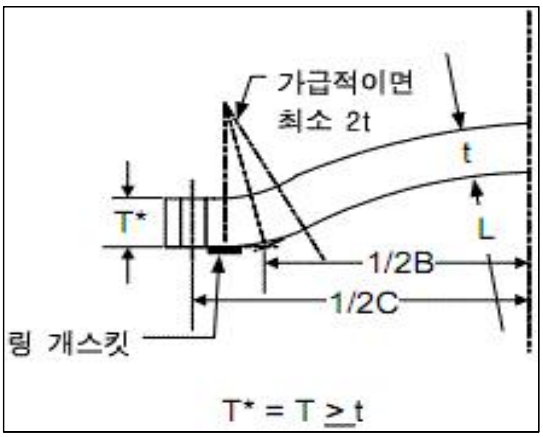


비고: 상이한 두께의 경판과 스커트에 대한 천이요건에 대하여 표 645.15.4-3의 상세 2와 3을 참조한다.

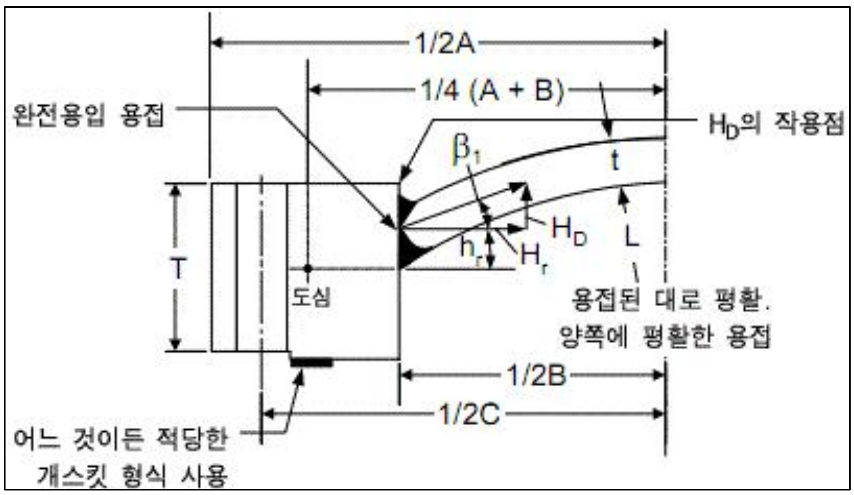
[그림 645.20.1-1] 볼트 조임 플랜지가 있는 형식 A 접시형 덮개



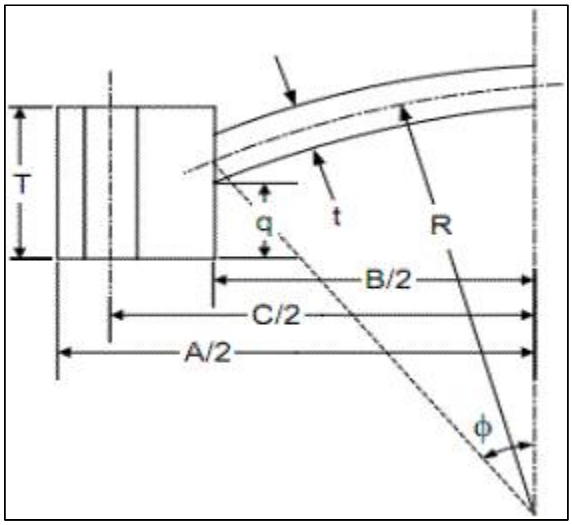
[그림 645.20.2-1] 볼트 조임 플랜지가 있는 형식 B 구형 접시형 덮개



[그림 645.20.3-1] 볼트 조임 플랜지가 있는 형식 C 구형 접시형 덮개



[그림 645.20.4-1] 볼트 조임 플랜지가 있는 형식 D 구형 접시형 덮개



[그림 645.20.4-2] 대안적 설계절차를 위한 형식 D 경판 형상

[표 645.20.4-1] 형식 D 경판에 대한 접합부 응력 계산식 및 합격기준

운전조건	개스킷 시팅 조건
$S_{hm} = \frac{PR}{2t} + P_e$ $S_{hl} = \frac{PR}{2t} + \frac{V_{do}\cos[\phi]}{\pi Bt} + P_e$ $S_{hb} = \frac{6M_{do}}{\pi bt^2}$ $S_{hlbi} = S_{hl} + S_{hb}$ $S_{hlbo} = S_{hl} - S_{hb}$	$S_{hm} = 0.0$ $S_{hl} = \frac{V_{dg}\cos[\phi]}{\pi Bt}$ $S_{hb} = \frac{6M_{dg}}{\pi bt^2}$ $S_{hlbi} = S_{hl} + S_{hb}$ $S_{hlbo} = S_{hl} - S_{hb}$

$S_{fm} = \frac{1}{\pi BT}\left(\frac{\pi B^2 P}{4}\left(\frac{4q}{B} - \cot[\phi]\right) - V_{do}\right)\left(\frac{K^2+1}{K^2-1}\right) + P_e$ $S_{fb} = \frac{0.525n}{Btk_1}\left(V_{do} - \frac{4M_{do}\lambda}{B}\right)$ $S_{fmbo} = S_{fm} - S_{fb}$ $S_{fmbi} = S_{fm} + S_{fb}$	$S_{fm} = \frac{1}{\pi BT}(-V_{dg})\left(\frac{K^2+1}{K^2-1}\right)$ $S_{fb} = \frac{0.525n}{Btk_1}\left(V_{dg} - \frac{4M_{dg}\lambda}{B}\right)$ $S_{fmbo} = S_{fm} - S_{fb}$ $S_{fmbi} = S_{fm} + S_{fb}$
합격기준	
$S_{hm} \le S_{h_a}$ $S_{hl} \le 1.5S_{ha}$ $S_{hlbi} \le 1.5S_{ha}$ $S_{hlbo} \le 1.5S_{ha}$ $S_{fm} \le S_{fo}$ $S_{fmbo} \le 1.5\,S_{fo}$ $S_{fmbi} \le 1.5S_{fo}$	$S_{hm} \le S_{hg}$ $S_{hl} \le 1.5S_{hg}$ $S_{hlbi} \le 1.5S_{hg}$ $S_{hlbo} \le 1.5S_{hg}$ $S_{fm} \le S_{fg}$ $S_{fmbo} \le 1.5\,S_{fg}$ $S_{fmbi} \le 1.5S_{fg}$

645.20.5 기호설명

A : 플랜지의 바깥지름

B : 플랜지의 안지름

β : 플랜지 링과의 교차점에서 접시형 덮개 두께의 중심선에 대한 접선과 접시형 덮개의 축에 직각인 선으로 이루어지는 각도

C : 볼트 원의 지름

C_1 : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 동체 불연속 형상 변수

C_2 : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 동체 불연속 형상 변수

C_{3g}: 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 개스킷 시팅 조건에 대한 동체 불연속 하중계수

C_{3o}: 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 설계 운전 조건에 대한 동체 불연속 하중계수

C_4 : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 동체 불연속 형상 변수

C_5 : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 동체 불연속 형상 변수

C_{6g} : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 개스킷 시팅 조건에 대한 동체 불연속 하중계수

C_{6o}: 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 설계 운전 조건에 대한 동체 불연속 하중계수

e : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 형상 변수

h_r : 경판 반력의 모멘트 암(arm)

h_1 : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 형상 변수

h_2 : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 형상 변수
k_1 : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 형상 변수
k_2 : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 형상 변수
K : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 형상 변수
L : 중앙 굽힘구간 안반지름
λ : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 형상 변수
M_{dg}: 개스킷 시팅 조건에 대한 동체 불연속 모멘트
M_{do}: 설계 운전조건에 대한 동체 불연속 모멘트
M_g : ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16에 따라 결정하는 개스킷 시팅 조건에 대한 플랜지 설계 모멘트
M_o : ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16에 따라 결정하는 설계 운전조건에 대한 플랜지 설계 모멘트 (예외에 대해서 645.20.4 제2호 참조)
M_r : 경판 반력으로부터의 모멘트
n : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 형상 변수
ν : 포아송비
P : 설계압력
P_e : 외압에 대한 설계규정을 조정하기 위한 압력계수
ϕ : 형식 D 경판의 대안 설계 절차를 위한 경판의 중심각의 1/2
q : 경판 바닥까지의 플랜지 안쪽 깊이
R : 형식 D 경판의 평균 반지름
r : 너클의 안반지름
S_{fg}: 개스킷 시팅 조건에서 평가한 플랜지에 대한 허용응력(표 645.2.1.A)
S_{fm} : 플랜지 안의 막응력
S_{fmbi}: 플랜지 안쪽 표면상의 막응력+ 굽힘응력
S_{fmbo}: 플랜지 바깥 표면상의 막응력+ 굽힘응력
S_{fo}: 설계온도에서 평가한 플랜지에 대한 허용응력(표 645.2.1.A)
S_{hb}: 경판-플랜지 접합부에서의 굽힘 응력
S_{hg}: 개스킷 시팅 조건에서 평가한 경판에 대한 허용응력(표 645.2.1.A)
S_{hm}: 경판 막응력
S_{hl}: 경판-플랜지 접합부에서의 국부 막응력
S_{hlbi}: 경판의 안쪽 표면상 경판-플랜지 접합부에서 국부 막응력 + 굽힘응력
S_{hlbo}: 경판의 바깥 표면상 경판-플랜지 접합부에서 국부 막응력 + 굽힘응력
S_{ho}: 설계온도에서 평가한 경판에 대한 허용응력(표 645.2.1.A)
S_{yT} : 설계온도에서 평가한 항복강도(표 645.2.1.A)
S_u : 최소규정극한인장강도(표 645.2.1.A)

T : 플랜지 두께
T^* : 형식 C 경판에 대한 플랜지 두께
T_g : 개스킷 시팅 조건에 대한 요구 플랜지 두께
T_o : 설계 운전조건에 대한 요구 플랜지 두께
t : 요구 경판두께
V_{dg} : 스킷 시팅 조건에 대한 동체 불연속 전단력
V_{do} : 설계 운전조건에 대한 동체 불연속 전단력
W_g : 개스킷 시팅 조건에 대한 볼트하중
W_o : 설계 운전조건에 대한 볼트하중

645.21 급속작동 개폐장치에 대한 설계

645.21.1 급속작동 개폐장치는 압력을 가하기 전 또는 가하자마자 잠금 요소가 맞물리고 압력이 방출될 때까지는 떨어지지 않도록 설계되어야 한다.

1. 급속작동 개폐장치는 그 용기가 가압되어 있는(또는 닫힘 상태에서 작용하는 유체의 정압을 포함하는) 동안 단일 잠금 구성부품의 고장으로 다음과 같은 사항이 발생되지 하지 않도록 설계되어야 한다.
   가. 덮개가 열리거나 누설
   나. 다른 잠금 구성부품이나 지지요소의 고장 야기
   다. 그 구성부품의 허용응력보다 50% 이상 다른 잠금 구성부품이나 지지요소 내의 응력을 증가
2. 급속작동 개폐장치는 그 지지요소가 만족스러운 상태에 있다는 것을 외부에서 육안으로 관찰 할 수 있게 설계하고 설치하여야 한다.
3. 급속작동 개폐장치는 그 용기에 압력을 가하기 전에 모든 잠금 구성요소가 완전히 잠기도록 설계하여야 한다.
4. 급속작동 개폐장치를 가진 모든 용기는 설치되었을 때, 운전 지역에서 보이도록 개폐장치에 압력을 점검할 수 있는 압력지시장치를 설치하여야 한다.

645.21.2 특수 설계요건

1. 확동 잠금 장치에 의해서 제 위치에 고정되고 개폐장치 자체 또는 잠금기구의 부분적 회전이나 제한된 구동에 의해서 완전히 열리는 급속작동 개폐장치와 수동으로 운전하는 것 외의 개폐장치는 그 용기를 설치할 때 다음의 조건을 만족하도록 설계하여야 한다.
   가. 압력을 용기에 가하기 전에 그 개폐장치와 지지요소는 의도된 운전 위치에서 완전히 잠겨있어야 한다.
   나. 개폐장치를 열리게 하거나 용기의 내용물을 배출시키기 쉬운 압력은 접근

을 위해서 개폐장치가 완전히 열릴 수 있기 전에 방출되어야 한다.

다. 위 가. 및 나.의 준수가 그 개폐장치와 지지요소의 설계에 필수적인 것이 아닌 경우, 용기를 설치할 때 위 가. 및 나.의 요건을 달성할 수 있는 장치가 추가될 수 있게 조치를 하여야 한다.

2. 이 규정의 ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16 설계규정은 급속작동 또는 급속개방 개폐장치의 설계에 적용되지 않을 수 있다.
3. 설계자는 지지 및 잠금 구성부품에서의 반복하중, 기타 하중 및 기계적 마모의 영향을 고려하여야 한다.
4. 급속 접근을 위하여 사용되는 장치의 다양성을 다루거나 부주위한 운전을 방지 또는 안전장치 고장을 방지하기 위한 요건을 기록하는 것은 비실용적이다. 위 제1호의 가, 나 및 다.에서 서술된 안전수단을 제공하면 그 장치는 설계요건을 만족시킬 수 있는 것으로 간주한다.

645.21.3 수동운전 개폐장치에 대한 대안 설계

1. 수동운전을 하도록 설계된 잠금 기구에 의해서 제 위치에 고정되어 있는 급속작동 개폐장치는 용기에 압력이 차있을 때 그 덮개를 열려면 잠금 장치가 완전히 풀리고 개폐장치가 열리기 전에 개폐장치가 누설하도록 설계하여야 한다. 개폐장치와 용기는 누설물이 정상적인 운전원의 위치에서 벗어나는 방향을 향하도록 설계하여야 한다.
2. 수동운전 개폐장치는 위 645.21.2 제1호.의 요건을 만족시킬 필요는 없으나, 유지요소와 잠금 장치가 완전히 자리에 잠기기 전에 용기에 압력이 차거나 용기 내의 압력이 방출되기 전에 잠금 장치를 해제시키려 한다면 운전자에게 경고를 보내는 청각 또는 시각 경고 장치를 설치하여야 한다.

645.22 브레이싱과 스테이를 한 표면에 대한 설계

645.22.1 이 규정에 따라 대칭적으로 배열된 브레이싱과 균일한 지름의 스테이볼트가 있는 평판으로서 스테이를 요구하는 브레이싱과 스테이를 한 평판과 그 부품에 대한 최소두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = P_s \sqrt{\frac{P}{SC}} \tag{4.493}$$

1. 두 판을 연결하기 위해서 스테이를 사용하고, 이 판 중 하나만이 스테이 설치가 필요할 때에 C의 값은 스테이 설치를 필요로 하는 판의 두께에 따라 결정되어야 한다.

645.22.2 스테이볼트와 스테이의 요구 치수와 배치

1. 보통 나사골에 위치하는 부식여유를 제외한 최소단면적의 스테이볼트 또는 스테이 요구면적은 아래 2.에 따라서 계산한 스테이볼트 상의 하중을 그 스테이

볼트 재료의 허용인장응력으로 나누고 그 결과에 1.10을 곱하여 계산하여야 한다.

2. 스테이볼트나 스테이 하나가 지지하는 면적은 피치 치수에 근거하여 계산하여야 하며 그 스테이가 점유하는 면적은 빼야 한다. 한 스테이가 지지하는 하중은 그 스테이에 의해서 지지되는 면적과 그 최고허용사용압력을 곱한 것이다. 동체에 대한 스테이볼트나 스테이가 다른 구조적 상세와의 간섭 때문에 비대칭일 때는, 그 스테이볼트나 스테이에 의해서 지지되는 면적은 그 스테이볼트나 스테이의 한 쪽에 있는 간격의 중심으로부터 다른 쪽에 있는 간격의 중심까지의 거리를 취하여 계산하여야 한다.
3. 스테이를 설치한 평판의 가장자리에 플랜지를 붙일 때에는 가장 밖 쪽에 있는 스테이의 중심으로부터 그 지지 플랜지의 안쪽까지의 거리는 그 스테이의 피치에 그 플랜지의 안반지름을 더한 것보다 커서는 안 된다.

645.22.3 용접한 스테이볼트와 용접한 스테이에 대한 요건

1. 다음의 요건이 만족된다는 전제하에서 용접하는 스테이볼트를 사용할 수 있다.
   가. 형상은 그림 4.9.1의 배치를 따른다.
   나. 판의 요구두께는 38 mm(1.5 in)를 초과하지 말아야 한다.
   다. 최대피치는 그 스테이볼트 지름의 15배를 초과하지 말아야 한다. 그러나 판 두께가 19 mm(0.75 in)를 넘으면, 스테이볼트 피치는 508 mm(20 in)를 초과하지 말아야 한다.
   라. 부착용접의 크기는 그림 645.22.3-1 이상이다.
   마. 용접부에 걸리는 허용하중은 (스테이볼트에 평행한 용접치수에 근거한) 용접면적, 용접 재료의 허용인장응력, 용접이음계수의 60%를 초과하지 말아야 한다.
2. 다음 요건이 만족된다는 전제 하에서 용접용 스테이를 사용할 수 있다.
   가. 형상은 그림 645.22.3-1의 배치를 따라야 한다.
   나. 압력은 2 MPa(300 psi)를 초과하지 않는다.
   다. 판의 요구두께가 13 mm(0.5 in)를 초과하지 말아야 한다.
   라. 필릿용접의 크기는 스테이를 요구하는 그 판 두께 이상이다.
   마. 닫는 판을 부착하기 전에 안쪽 용접부는 육안으로 검사한다.
   바. 필릿용접부 상의 허용하중은 (최소 다리치수에 근거한) 용접면적, 용접 재료의 허용인장응력, 용접이음계수의 55%를 초과하지 말아야 한다.
   사. 판 내의 구멍의 최대 지름이나 폭은 32 mm(1.25 in)를 초과하지 말아야 한다.
   아. 최대피치 p_s는 판 두께가 11 mm 이하인 경우는 C = 2.1, 그리고 모든 다른

판 두께에 대해서는 C = 2.2로 하여서 식(4.493)으로 결정한다.

645.22.4 기호설명

C : 브레이스 및 스테이를 설치한 표면에 대한 응력계수(표 645.22.4-1 참조)

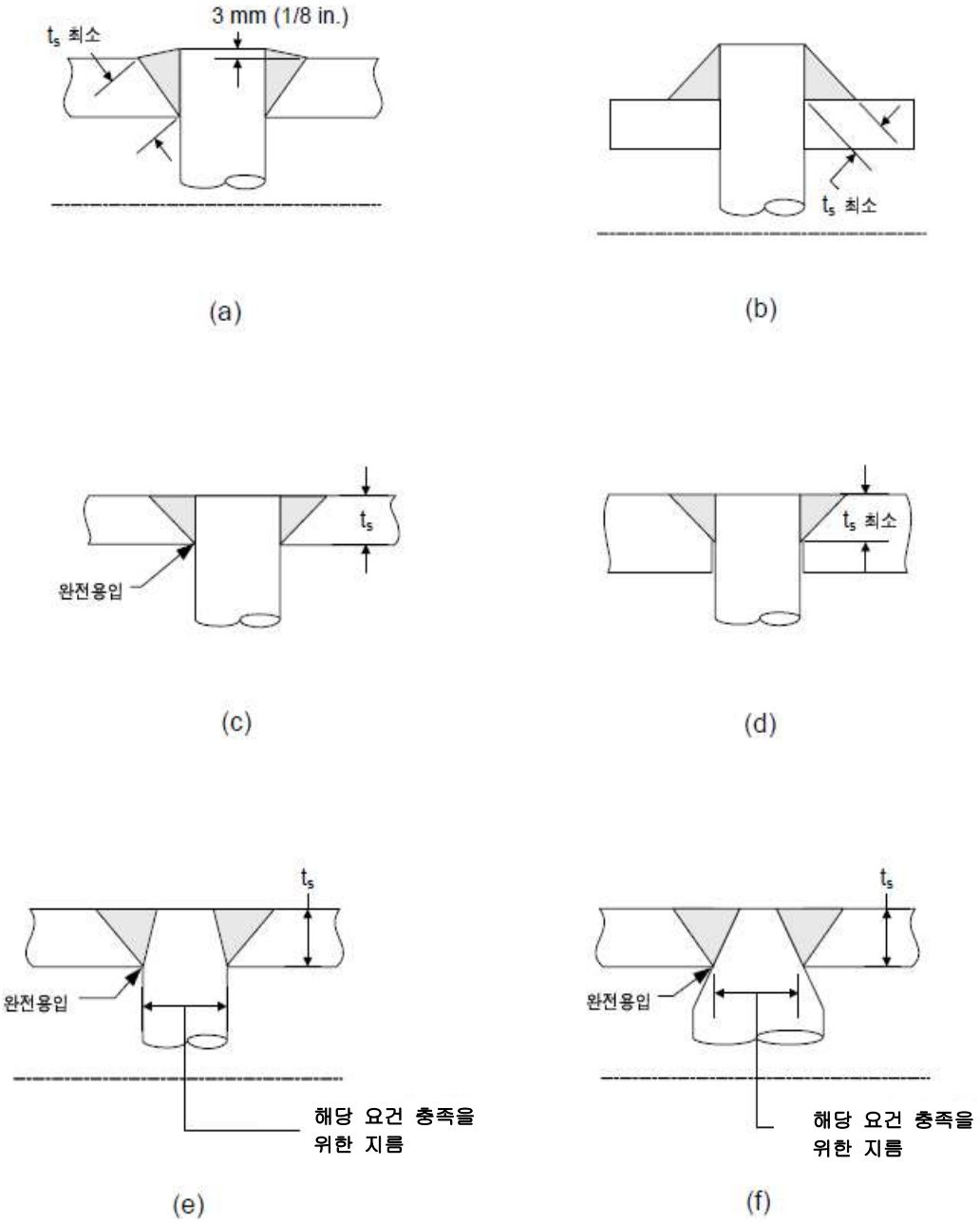
P : 설계압력

p_s : 최대피치. 최대피치는 인접한 줄 안에 있는 스테이볼트의 중심을 통과하는 평행한 직선의 어느 조 사이의 최대거리이다. 수평면, 수직면 및 경사면 안에 있는 3개의 평행한 조의 각 피치를 고려하여야 한다.

S : 설계온도에서 평가한 허용응력(표 645.2.1.A)

t : 최소 요구 판 두께

t_s : 스테이를 설치한 보다 얇은 쪽 판의 공칭두께(그림 645.22.3-1 참조)



비고: t_s는 스테이를 설치한 얇은 쪽 판의 공칭두께이다.

[그림 645.22.3-1] 용접용 스테이 볼트의 대표적 형상

[표 645.22.4-1] 브레이스와 스테이를 설치한 표면에 대한 응력계수

브레이스와 스테이를 설치한 표면의 구조	C
두께 11 mm 이하의 판을 관통하여 용접하는 스테이	2.1
두께 11 mm를 초과하는 판을 관통하여 용접하는 스테이	2.2

645.23 리거먼트에 대한 설계

645.23.1 리거먼트 효율은 아래와 같다.

1. 그림 645.23.1-1~645.23.1-3에서처럼 동체의 전 길이에 걸쳐 그 동체의 축에 평행한 일직선으로 드릴구멍을 뚫을 때 튜브 구멍 사이의 리거먼트의 효율은 아래와 같이 결정하여야 한다.

가. 각 줄의 튜브구멍의 피치가 동일할 때(그림 645.23.1-1)의 리거먼트 효율은 다음과 같다.

$$E = \frac{p-d}{p} \tag{4.494}$$

나. 튜브구멍의 피치가 어느 한 줄에서 같지 않을 때(그림 645.23.1-2 및 그림 645.23.1-3)의 리거먼트 효율은 다음과 같다.

$$E = \frac{p_1 - nd}{p_1} \tag{4.495}$$

다. 인접한 길이방향 줄에 위 나.에서 서술한 것처럼 드릴구멍이 뚫렸을 때는, 대각선 방향 및 원둘레 방향 리거먼트 역시 조사를 하여야 한다. 최소요구두께와 최고허용압력을 결정하기 위해서는 최소 등가 길이방향 효율을 사용하여야 한다.

라. 원통형 동체가 그림 645.23.1-4에서처럼 대각선 리거먼트를 형성하도 드릴구멍이 뚫렸을 때는, 이 리거먼트의 효율은 그림 645.23.1-5 및 그림 645.23.1-6에 의해서 결정되어야 한다. 그림 645.23.1-5는 대각선과 길이방향 리거먼트의 동등한 효율의 조건이 한 경계를 형성하고 대각선과 원둘레방향 리거먼트의 동등한 효율의 조건이 다른 경계를 형성하는 제한적인 경계를 가진 길이방향 및 대각선 리거먼트의 효율을 결정하기 위해서 사용된다. 그림 645.23.1-6은 대각선 방향 리거먼트의 등가 길이방향 효율을 결정하기 위해서 사용한다. 이 효율은 최소요구두께를 설정하기 위한 식에서 사용된다.

(1) 그림 645.23.1-5는 길이방향 및 원둘레방향 리거먼트 중 한 가지 또는 두 가지가 대각선 리거먼트와 함께 있을 때 사용된다. 그림 645.23.1-5를 사용하기 위하여, p^*/p_1의 값과 길이방향 리거먼트의 효율을 역시 계산한다. 도표에서 리거먼트의 길이방향 효율에 해당하는 수직선을 찾아서, 그것이 p^*/p_1의 비율을 나타내는 대각선과 교차하는 점까지 수직으로 이동한다. 그리고 나서 이 점을 왼쪽으로 수평으로 투영하여 그 도표의 가장자리에 있는 척도상의 리거먼트의 대각선 효율을 읽는다. 그 최소동체두께와 최고허용사용압력은 보다 낮은 효율을 가진 리거먼트에 근거하여야 한다.

(2) 그림 645.23.1-6은 일직선상에 있지 않은 구멍 또는 원통형 동체를 따라 길이방향으로 배치된 구멍에 사용한다. 도표는 길이방향 평면과 원둘레방향

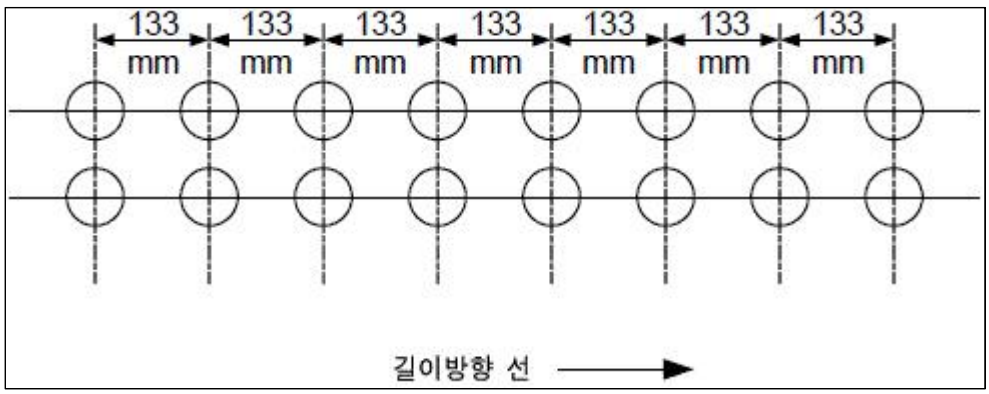
평면 사이의 모든 평면에 대한 구멍의 짝에 대해서 사용할 수 있다. 그림 645.23.1-6을 사용하기 위해서, 길이방향 동체 축과 구멍 중심 사이의 선 사이의 각도 θ를 결정하고 p^*/d의 값을 계산한다. 도표에서 θ의 값에 상응하는 수직선을 찾아 이 선을 따라 p^*/d의 값을 대표하는 선까지 수직으로 이동한다. 그리고 나서 이 점을 왼쪽으로 수평으로 투영하여 대각선 리거먼트의 등가 길이방향 효율을 읽는다. 최소동체두께와 최고허용사용압력은 이 등가 길이방향 효율을 사용하여 결정한다.

마. 원통형 동체 내의 튜브구멍이 축에 평행한 선을 따라 동체의 안지름보다 큰 길이에 걸쳐 대칭 그룹으로 배열되고 각 그룹의 구멍이 같은 간격이 사용될 때, 하나의 그룹에 대한 효율은 최고허용사용압력에 근거를 둔 효율 이상이어야 한다.

바. 튜브구멍이 균일하거나 불균일한 간격으로 축에 평행한 선을 따라 배열되는 원통형 동체 내의 평균 리거먼트 효율은 아래 규정을 따라 계산하고 모두의 요건을 만족시켜야 한다. 이 규정은 튜브구멍 사이의 리거먼트에 적용되지 단일 구멍에게는 적용되지 않는다. 어떤 경우에서는 위 마.처럼 그 동체의 안지름보다 큰 거리에 걸쳐 연장하는 대칭 그룹에 대한 것보다 낮은 효율을 나타낼 수 있다. 이런 일이 발생하면, 위 나.의 규정으로 계산한 효율로 결정하여야 한다.

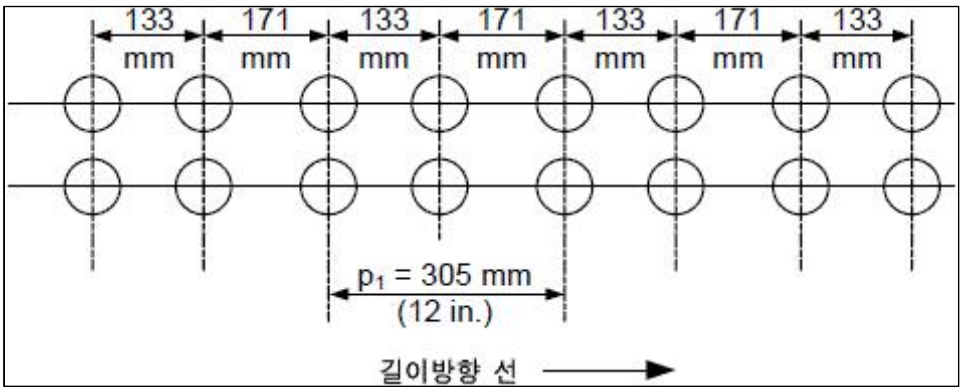
(1) 동체의 안지름과 같은 길이에 대해 최소효율을 나타내는 위치의 효율은 그 최고허용사용압력에 근거를 둔 효율 이상이 되어야 한다. 동체의 안지름이 1520 mm(60 in)를 초과할 때는 그 길이는 1520 mm로 취하여야 한다.

(2) 동체의 안지름과 같은 길이에 대해 최소효율을 나타내는 위치의 효율은 그 최고허용사용압력이 근거를 둔 효율의 80% 이상이 되어야 한다. 동체의 안쪽반지름이 762 mm(30 in)를 초과할 때는 그 길이는 762 mm로 취하여야 한다.



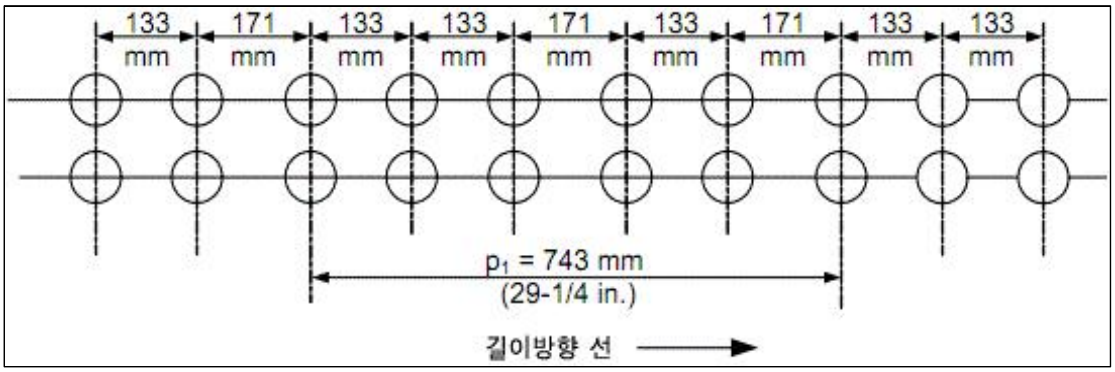
비고: 133 mm(4-1/4 in.)

[그림 645.23.1-1] 각 줄마다 구멍의 피치가 같은 튜브 배치(예)



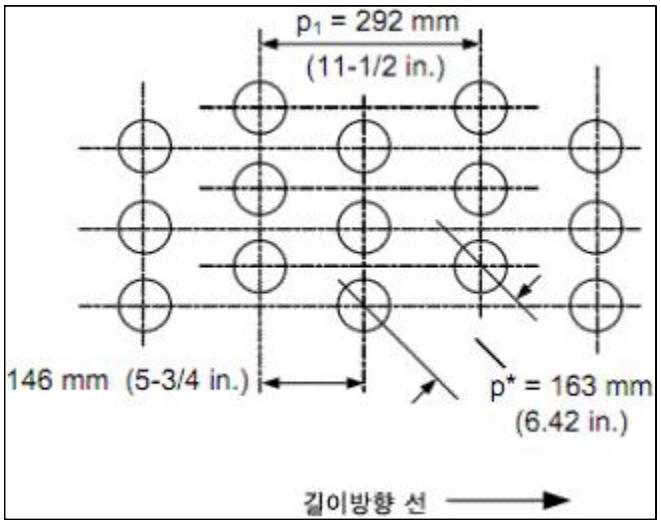
비고: 133 mm (4-1/4 in.) 171 mm (6-3/4 in.)

[그림 645.23.1-2] 두 번째 줄마다 구멍의 피치가 같지 않은 튜브 배치(예)

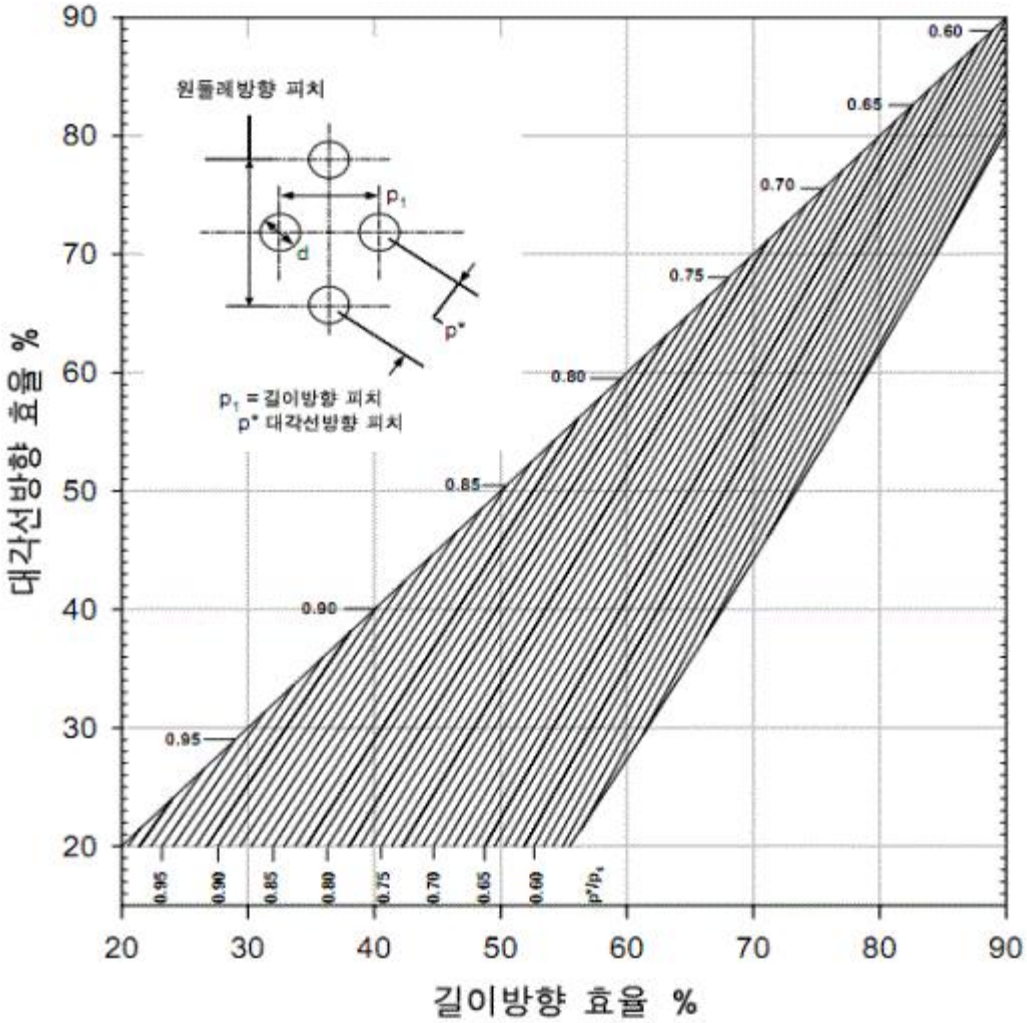


비고: 133 mm (4-1/4 in.), 171 mm (6-3/4 in.)

[그림 645.23.1-3] 두 번째 및 세 번째 줄에서 구멍의 피치가 변하는 튜브 배치(예)



[그림 645.23.1-4] 대각선 상에 튜브 구멍이 있는 튜브 배치(예)



비고 a) 위의 곡선에 대한 계산식들이 나와 있다. 이 곡선에 나와 있는 값들을 벗어나더라도 이러한 계산식들을 적용할 수 있다.

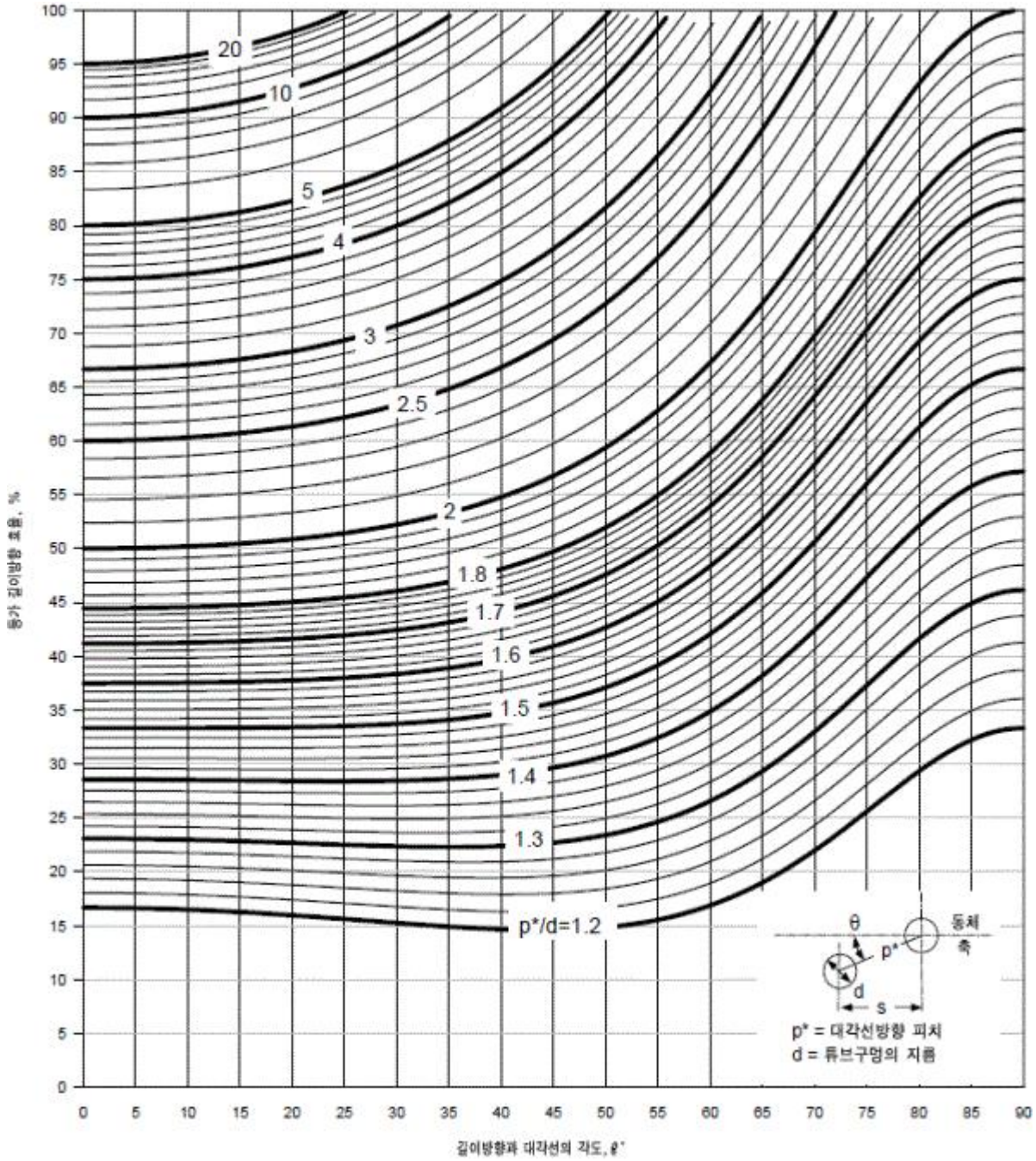
b) 대각선방향 효율: $\% = \dfrac{J + 0.25 - (1 - 0.01\,E_{long})\sqrt{0.75 + J}}{0.00375 + 0.005J}$ 여기서 $J = \left(\dfrac{p^*}{p_1}\right)^2$

c) 대각선방향 및 원주방향 리거먼트들의 등가 효율 조건에 대한 곡선은 다음 식으로 주어진다.

$$\% = \frac{200M + 100 - 2(100 - E_{long})\sqrt{1 + M}}{1 + M} \quad \text{여기서} \quad M = \left(\frac{100 - E_{long}}{200 - 0.5E_{long}}\right)^2$$

d) $E_{long} = 100\left(\dfrac{p_1 - d}{p_1}\right)$

[그림 645.23.1-5] 원통형 동체에 있는 구멍들 사이의 길이방향 및 대각선방향 리거먼트 효율을 결정하기 위한 도표



비고 a) 위의 곡선에 대한 계산식들이 나와 있다. 이 곡선에 나와 있는 값들을 벗어나 더라도 이러한 계산식들을 적용할 수 있다.

b) 등가 길이방향 효율: $\% = \dfrac{\sec^2\theta + 1 - \left(\dfrac{\sec\theta}{p^*/d}\right)\sqrt{3+\sec^2\theta}}{0.015 + 0.005\sec^2\theta}$

그림 645.23.1-6 - 원통형 동체에 있는 구멍들 사이의 대각선방향 리거먼트 등가효율을 결정하기 위한 도표

645.23.2 리거먼트 효율과 용접이음계수에 대해 용접 관이나 튜브로 만든 원통형 동체에 리거먼트가 생기고 그 계산 효율이 85%(길이방형) 또는 50%(원둘레방향) 미만일 때는, 최소요구두께를 결정하기 위해서 645.16에서 사용하는 효율은 계산된 리거먼트 효율이다. 이 경우, 인장 측의 적절한 응력 값은 계수 1.18로 곱할 수 있다.

645.23.3 기호설명

d : 튜브구멍의 지름

E : 길이방향 리거먼트 효율

E_{long} : 백분율로 나타낸 길이방향 리거먼트 효율

p : 튜브구멍의 길이방향 피치

p_1 : 리거먼트의 단위길이

p^* : 튜브구멍의 대각선방향 피치

θ : 길이방향 선에 대한 대각선방향 피치의 각도

s : 대각선방향 피치의 길이방향 치수, $p^* \cos\theta$

n : 길이 p_1내의 튜브구멍의 수

645.24 재킷형 용기에 대한 설계

645.24.1 재킷을 가진 동체와 재킷을 가진 경판의 설계

1. 동체와 경판의 두께는 645.16과 645.17에 따라 결정하여야 한다. 645.14의 하중을 고려하여, 국부적 내압과 외압 하중과 열팽창 차이의 영향에 주의하여야 한다.
2. 재킷 내의 점검구멍에 대한 요건은 용기 재킷 부분 점검구멍의 최대크기가 모든 용기에 대해서 DN 50(NPS 2) 초과할 필요가 없다는 것을 제외하고 제 645.18.15를 따라야 한다.
3. 증기가 응축되는 매체(즉, 수증기)에 대해서는, 내부 벽의 침식을 감소시키기 위해서 재킷의 입구 연결부에 충격 판이나 흐름조절 판을 사용하는 것을 고려하여야 한다.
4. 재킷을 가진 용기의 평판 부위는 645.22에 따라서 브레이스나 스테이를 설치한 표면으로서 설계할 수 있다.

645.24.2 용기 재킷의 봉합부재의 설계

1. 재킷 봉합부재의 설계는 표 645.24.2-1과 이 항(645.24.2)의 추가 요건을 따라야 한다.
2. 봉합부재 내의 레이디얼(Radial) 용접은 그 부재의 전 두께를 용입하는 맞대기 용접이음이어야 하며 부착용접을 하는 곳은 평면으로 갈아야 한다.
3. 다음 두 요건이 다 만족될 때는 부분용입과 필릿용접이 허용된다.
   가. 제작 재료가 다음 식을 만족시킬 경우,

$$\frac{S_{yT}}{S_u} \leq 0.625 \quad (4.496)$$

나. 그 구성부품이 반복하중을 받지 않을 경우,

4. 압력과 힘을 보완하기 위해전체 재킷에 스테이 볼트가 설치된다면, 어떤 형식의 스테이볼트 재킷 봉합부는 그림 645.24.2-1의 형식 1 재킷의 요건에 따라서 설계할 수 있다.

645.24.3 재킷을 통과하는 관통부의 설계

1. 재킷 공간을 통과하는 구멍의 설계는 645.18에 따라야 한다. 봉합부재의 노즐이나 넥이 그 구멍의 스테이 역할을 하기 때문에, 표 645.24.3-1에서 보는 형식의 관통부에 대해서는 재킷 내의 구멍의 보강이 요구되지 않는다.
2. 표 645.24.3-1에서 보는 재킷 관통부 봉합부재의 설계는 이 표에 규정된 다음 요건과 다음의 규정에 적합하여야 한다. 도해된 것에 대한 대안 형상의 설계가 645.25에 근거한 것이라면 그 대안 형상을 사용할 수 있다.

가. 재킷 관통부 봉합부재의 최소두께는 압력 막 하중만을 고려한다. 645.14에서 주어진 축 방향 압력 하중과 이차적 하중은 설계에서 고려하여야 한다.

나. 표 645.24.3-1에서 보는 설계 상세 2, 3, 4, 5 및 6은 다소 유연성이 있다. 관통부 봉합부재의 최소두께를 결정하기 위해서 압력 막 하중만이 고려된다.

다. 구멍의 밀봉재 막 내의 모든 레이디얼(Radial) 용접은 그 부재의 전 두께를 관통하는 맞대기용접이음이어야 한다.

라. 봉합부재 용접부는 가능한 곳에서는 그 모양이 원형, 타원형 또는 장원형이어야 한다. 그 모서리를 적당한 반지름으로 둥글게 한다는 전제하에서 사각형 부재 용접이 허가된다.

마. 위 645.24.2 제3호의 요건을 만족한다.

645.24.4 부분 재킷의 설계

1. 부분 재킷은 용기의 완전한 원둘레에 미치지 못하는 부분을 감싸는 재킷을 포함한다. 그 일부 변형이 그림 645.24.4-1에 나와 있다.
2. 앞의 항에 있는 재킷형 용기의 구조에 대한 규정은 다음의 예외를 제외하고는 부분 재킷에 역시 적용된다.

가. 스테이를 설치하는 부분 재킷은 645.22에 따라서 설계하고 제작하여야 하며 그 봉합부는 위 645.24.2에 따라서 설계하여야 한다.

645.24.5 반 조각 관 재킷의 설계

1. 이 항의 규정은 DN 50, 80 또는 100(NPS 2, 3 또는 4) 관으로 제작되고 내압하중을 받는 반 조각 관 재킷의 설계에 적용할 수 있다(그림 645.24.5-1 참조).
2. 반 조각 관 재킷을 부착하는 필릿용접은 재킷이나 동체의 두께 중 작은 것 이상의 목 두께를 가져야 한다. 반 조각 관 재킷의 용접사의 접근을 위하여 피

치 선정을 고려하여야 한다. 추가로 위 645.24.2 제3호.의 요건을 만족하여야 한다.

3. 반 조각 관 재킷의 최소요구두께는 다음 식으로 구한다. 그 설계가 인정되기 위해서는 $P_j \le P_{jpm}$이라는 추가적 조건이 반드시 만족되어야 한다. 여기서 P_{jpm}은 식(4.498)로 구한다.

$$t_{rp} = \frac{P_j r_p}{0.85S_j - 0.6P_j} \tag{4.497}$$

4. 반 조각 관 재킷에서 최고허용압력 P_{jpm}은 다음 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$P_{jpm} = \frac{F_p}{K_p} \tag{4.498}$$

여기서

$$F_p = \max[(1.5S - S^*), 1.5S] \tag{4.499}$$

$$K_p = C_1 + C_2 D^{0.5} + C_3 D + C_4 D^{1.5} + C_5 D^2 + C_6 D^{2.5} + C_7 D^3 + C_8 D^{3.5} + C_9 D^4 + C_{10} D^{4.5} \tag{4.500}$$

식(4.500)의 계수가 표 645.24.2-2에 나타나 있다.

645.24.6 그림 645.24.2-1에서 보는 재킷형 용기는 아래와 같이 5 가지 형식으로 분류한다. 이 형식의 용기에 대해서는, 재킷은 형식 1, 2, 4 또는 5에 대해서는 원둘레방향으로 연속적이어야 하고, 형식 3에 대해서는 그 단면이 원형이어야 한다. 각 형식에 대한 요건이 만족된다는 전제 하에서, 보여진 형식의 어떠한 조합도 단일 용기에서 허가된다. 형식 1, 2, 4 또는 5 재킷에 있으며 용기의 동체나 경판을 역시 관통하는 노즐이나 구멍은 645.18에 따라서 설계하여야 한다.

1. 형식 1 - 원통형 동체에 전적으로 국한된 어느 길이의 재킷
2. 형식 2 - 원통형 동체의 일부와 한쪽 경판을 덮는 재킷
3. 형식 3 - 한쪽 경판의 일부를 덮는 재킷
4. 형식 4 - 유효길이를 감소시키기 위해서 원통형 동체 부분에 스테이나 균형링을 추가한 재킷
5. 형식 5 - 원통형 동체와 어느 경판의 일부를 덮는 재킷

645.24.7 기호설명

D : 내부 용기의 안지름

D_{pj} : 반 조각 관 재킷의 공칭 관 크기

K_p : 반 조각 관 재킷 등급계수

P_j : 재킷 실내의 설계압력

P_{jpm}: 재킷과 동체의 형상에 근거한 허용 재킷 압력

j : 재킷의 안반지름에서 내부 용기의 바깥반지름을 뺀 것으로 정의되는 재킷 공간

L : 재킷의 길이

t_c : 봉합부재의 공칭두께

t_j : 외부 재킷 벽의 공칭두께

t_n : 노즐의 공칭두께

t_s : 동체 내부 벽의 공칭두께

t_{rj} : 외부 재킷 벽의 최소요구두께

t_{rc} : 봉합부재의 최소요구두께

t_{rp} : 반 조각 관 재킷의 최소요구두께

R_j : 재킷의 안반지름

R_p : 재킷 관통부에서의 재킷 내 구멍의 반지름

R_s : 내부 용기의 바깥반지름

r : 원환면 봉합재의 모서리 반지름

r_p : 반 조각 관 재킷의 안반지름

S : 설계온도에서 내부동체의 허용응력(표 645.2.1.A)

S_c : 설계온도에서 재킷 봉합재의 허용응력(표 645.2.1.A)

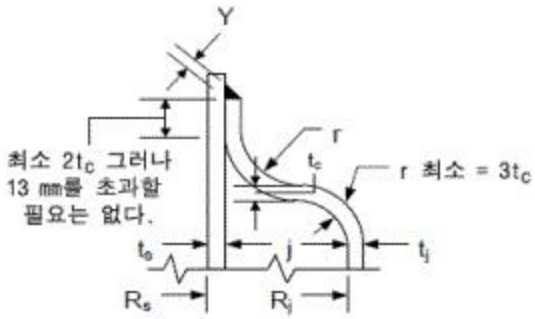
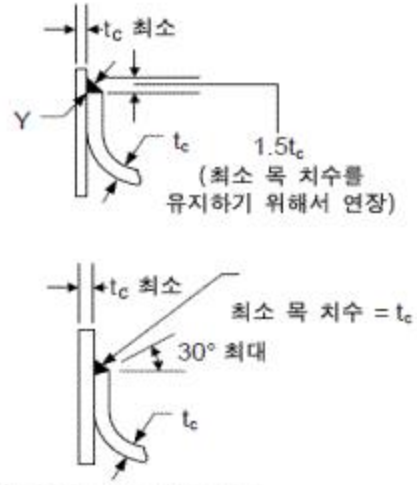
S_j : 설계온도에서 재킷의 허용응력(표 645.2.1.A)

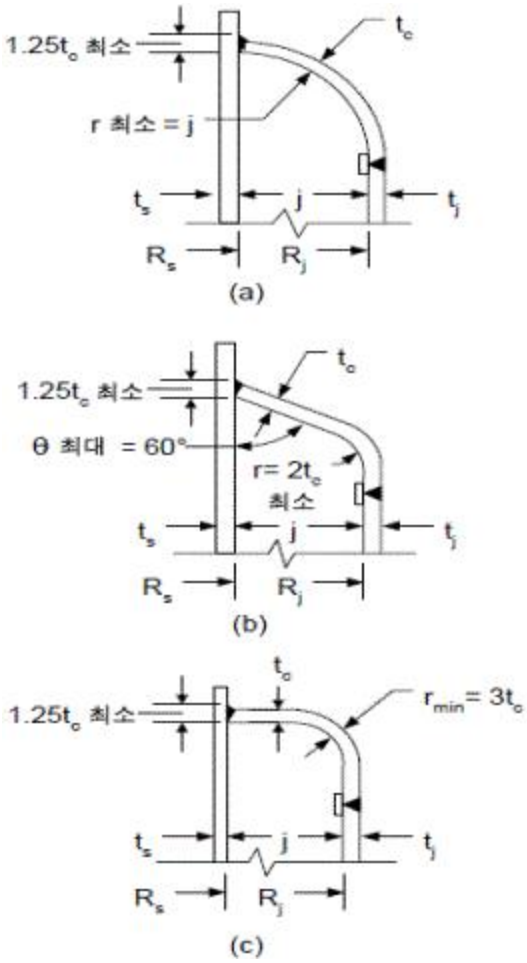
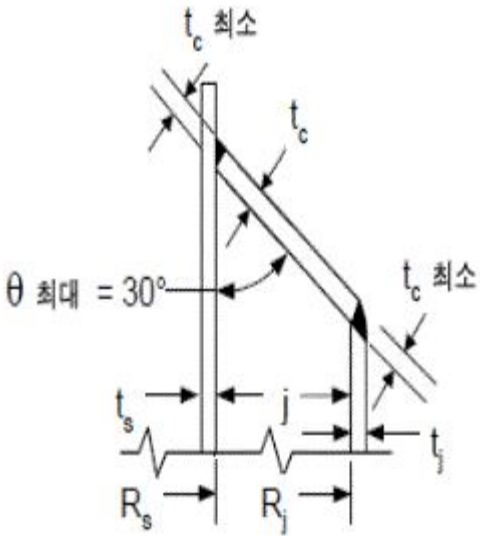
S_{yT}: 설계온도에서 항복강도(표 645.2.1.A)

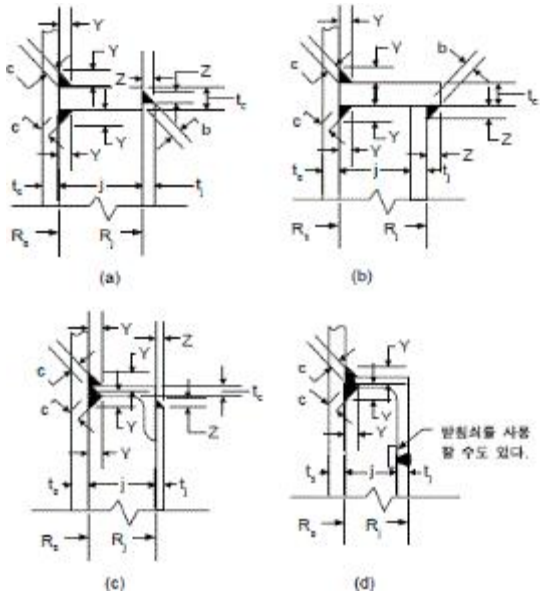
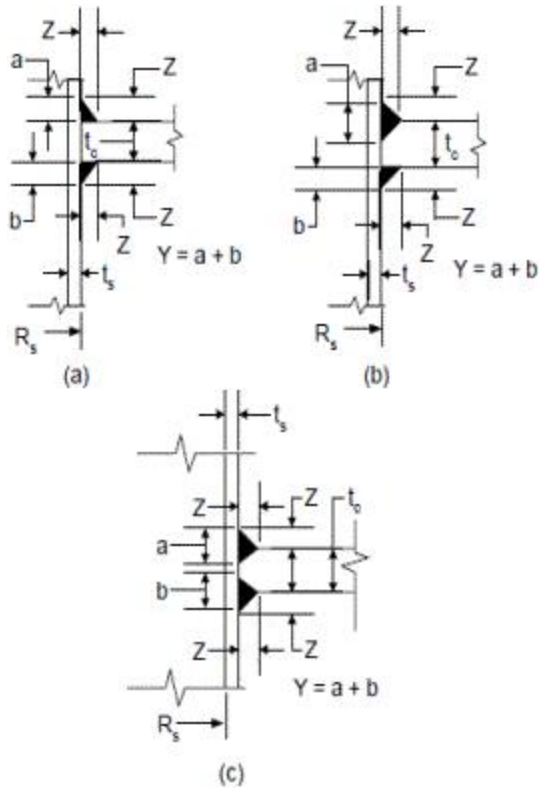
S_u : 규정최소극한인장강도(표 645.2.1.A)

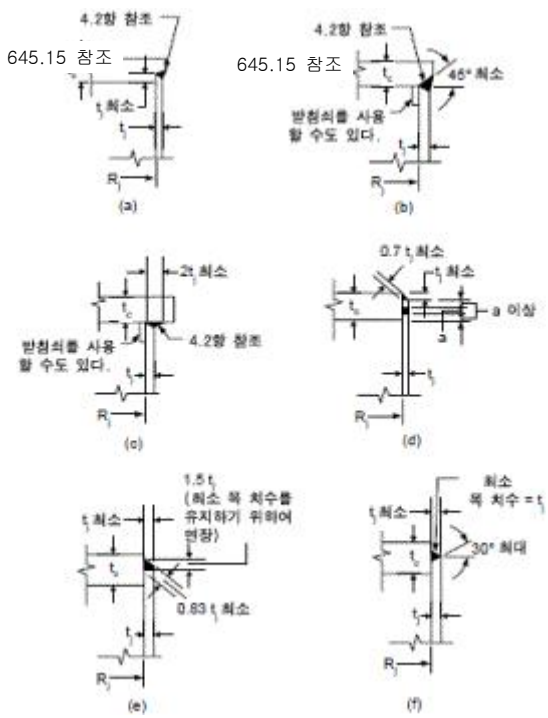
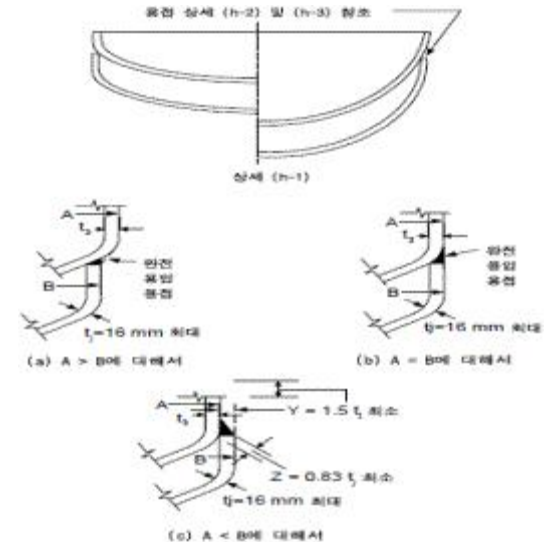
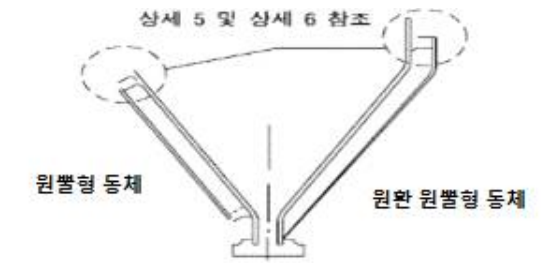
S^* : 내압과 축 방향의 기타 힘으로 인한 경판 또는 동체 내의 실제 길이방향 인장응력, 축 방향 힘이 무시할 수 있는 정도일 때는 $S^* = PD/4t_s$. 만일 축 방향 힘과 압력의 조합이 S^*의 음(-)의 값으로 귀결되면 S^*= 0

[표 645.24.2-1] 재킷을 동체에 봉합하는 부재의 설계

상세	요 건	그 림
1	봉합부 상세 (a)와 (b)는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 이 봉합부들은 그림 645.24.2-1에서 보는 것처럼 형식 1, 2 및 4의 재킷형 용기들에서 사용할 수 있으며, 적어도 t_{rj}와 같은 t_{rc}를 가져야 하고, 모서리 반지름 r은 $3t_c$ 이상이 되어야 한다. 이 봉합부 설계는 t_{rc} 최대두께가 16 mm (0.625 in)로 제한된다. 이 구조가 형식 1 재킷형 용기에서 사용될 때는 그 용접치수 Y는 $0.7t_c$ 이상이 되어야 하고, 형식 2와 4 재킷형 용기에서 사용될 때는 그 용접치수 Y는 $0.83t_c$ 이상이 되어야 한다.	 (a) 형식 1 재킷  (b) 형식 2와 형식 4 재킷

상세	요 건	그 림
2	이 봉합부들은 적어도 t_{rj}와 같은 t_{rc}를 가져야 한다. 상세 (c)에 대해서는 이에 추가하여 t_{rc}는 다음 이상이어여 한다. $t_{rc} = 0.707j\sqrt{\frac{P_j}{S_c}}$ 봉합부를 내부 용기에 부착하고 봉합부의 두께 t_c를 완전 용입하는 홈 용접은 그림 4.11.1에서 보는 재킷형 용기의 어느 형식과도 사용할 수 있다. 그러나 최소목치수 $0.7t_c$를 가진 필릿용접도 그림 645.24.2-1의 형식 1 재킷형 내부 용기의 봉합부를 연결하기 위해서 역시 사용할 수 있다. 봉합부와 재킷 동체는 단일 구조이거나 완전 용입 맞대기용접을 사용하여 용접할 수도 있다. 받침쇠를 사용할 수도 있다.	
3	이 봉합부는 그림 645.24.2-1에서 보는 형식 1 재킷형 용기에만 사용하여야 한다. 봉합부 두께 t_{rc}는 645.16의 원뿔형 동체에 대한 계산식을 사용하여 계산하여야 하나 t_{rj} 이상이 되어야 한다. 각도 θ는 최대 30° 로 제한하여야 한다.	

상세	요 건	그 림
4	봉합부 상세 (a), (b) 및 (c)는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 이 봉합부들은 그림 645.24.2-1에서 보는 것처럼 형식 1의 재킷형 용기들에만 사용하여야 하며, t_{rj}가 16 mm(0.625 in)를 초과하지 않는다는 추가적 제한이 있다. 이 봉합 봉에 대한 최소요구두께는 다음과 같아야 한다. $t_{rc} = \max\left[2t_{rj}, \left(0.707j\sqrt{\frac{P_j}{S_c}}\right)\right]$ 필릿용접 크기는 다음과 같아야 한다. $Y \geq \min[0.75t_c, 0.75t_s]$ 그리고 $C = 0.7Y\min$ $Z \geq t_j$ 그리고 $b = 0.7Z\min$	
5	봉합부 상세 (a), (b) 및 (c)는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 이 봉합부들은 그림 645.24.2-1에서 보는 재킷형 용기의 어느 형식에나 사용할 수 있다. 형식 1의 재킷형 용기에 대해서는, 요구 최소 봉합 봉 두께는 그림 645.24.2-1의 계산식으로 결정하여야 한다. 다른 모든 형식의 재킷형 용기들에 대해서는, 요구 최소 봉합 봉 두께와 그 재킷 공간의 최대허용폭은 다음 계산식으로 결정하여야 한다. $t_{rc} = 1.414\sqrt{\left(\frac{P_j R_s j}{S_c}\right)}$ $j = \frac{2S_c t_c^2}{P_j R_j} - \frac{(t_s - t_j)}{2}$ 봉합 봉을 내부 용기에 연결하는 용접부 크기는 다음과 같아야 한다: $Y \geq \min[1.5t_c, 1.5t_s]$이어야 하며, 그림에 나와 있는 것처럼 치수 a와 b의 합으로 측정하여야 한다. 또한 $a, b \geq \min[6mm(1/4in), t_c, t_s]$이어야 한다. Z는 최소 요구 Y 치수를 유지하기 위해서 홈 용접 또는 다른 필릿 용접과 연관하여 사용할 때 필요한 최소 필릿 크기이다.	

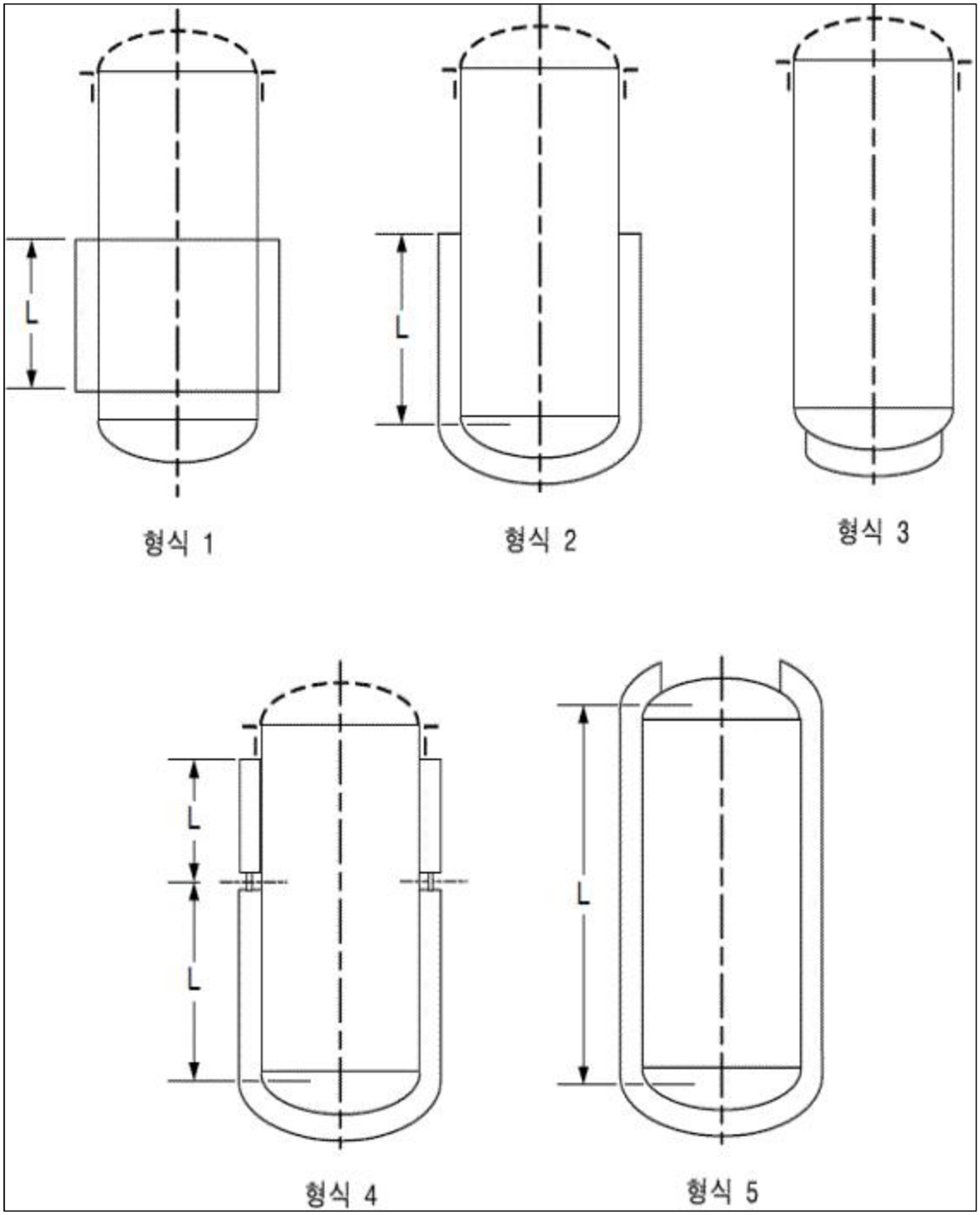
상세	요 건	그 림
6	봉합부 상세 (a), (b) 및 (c)는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 상세 (a), (b) 및 (c)에서 보는 재킷-봉합 봉 부착용접은 그림 645.24.2-1에서 보는 재킷형 용기의 어느 형식에나 사용할 수 있다. 상세 (d), (e) 및 (f)에서 보는 부착용접은 그림 645.24.2-1에서 보는 재킷형 용기의 어느 형식에나 사용할 수 있으며, 여기서 t_{rj}는 16 mm(0.625 in)를 초과하지 않는다. 요구 최소 봉합 봉 두께와 그 재킷 공간의 최대허용폭은 다음 계산식으로 결정하여야 한다. $t_{rc} = 1.414\sqrt{\left(\frac{P_j R_s j}{S_c}\right)}$ $j = \frac{2S_c t_c^2}{P_j R_j} - \frac{(t_s - t_j)}{2}$	
7	봉합부 상세 (a), (b) 및 (c)는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 이 봉합부들은 그림 645.24.2-1에서 보는 형식 3 재킷형 용기들에 사용할 수 있으며, 상세 (a), (b) 및 (c)에 따르는 부착용접을 하여야 한다. 이 구조는 t_{rj}가 16 mm(0.625 in)를 초과하지 않는 재킷들로 제한된다. 접시형, 타원형 그리고 반구형 경판들에 대해서는, 재킷 경판의 바깥지름은 그 용기 경판의 바깥지름보다 커서는 안 되거나, 재킷 경판의 안지름이 용기 경판의 바깥지름과 공칭적으로 같아야 한다.	
8	원뿔형 또는 원환 원뿔형 재킷을 위한 봉합부는 그림 645.24.2-1에서 보는 형식 2 재킷형 용기에 대한 요건들에 적합하여야 한다.	

[표 645.24.2-2] 계산식(4.500)의 계수

D_{pj}	계수	동체 두께			
		5 mm(3/16 in)	6 mm(1/4 in)	10 mm(3/8 in)	13 mm(1/2 in)
DN 50 (NPS 2)	C1	-3.6674510E+01	-1.8874043E+04	4.0083779E+02	-2.6447784E+02
	C2	1.2306994E+01	1.7869518E+04	-5.7029108E+02	1.8066952E+02
	C3	3.5701684E+00	-7.2846419E+03	3.1989698E+02	-4.9294965E+01
	C4	-7.9516583E-01	1.6723763E+03	-9.4286208E+01	7.1522422E+00
	C5	5.8791041E-02	-2.3648930E+02	1.6391764E+01	-5.7900069E-01
	C6	-1.5365397E-03	2.1101742E+01	-1.7431218E+00	2.4758486E-02
	C7	0.0000000E+00	-1.1608890E+00	1.1160179E-01	-4.3667599E-04
	C8	0.0000000E+00	3.6022711E-02	-3.9549592E-03	0.0000000E+00
	C9	0.0000000E+00	-4.8303253E-04	5.9644209E-05	0.0000000E+00
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
DN 80 (NPS 3)	C1	-3.7588705E+03	-1.2551406E+04	-3.8104460E+04	-1.4263782E+04
	C2	2.9919870E+03	1.2149900E+04	4.0491537E+04	1.6228077E+04
	C3	-9.4177823E+02	-5.0657776E+03	-1.8844078E+04	-8.0227888E+03
	C4	1.5278500E+02	1.1910361E+03	5.0415301E+03	2.2676555E+03
	C5	-1.3452359E+01	-1.7255075E+02	-8.5435371E+02	-4.0440980E+02
	C6	6.1167422E-01	1.5770136E+01	9.5115501E+01	4.7257835E+01
	C7	-1.1235632E-02	-8.8782173E-01	-6.9588768E+00	-3.6233229E+00
	C8	-2.1465752E-06	2.8148933E-02	3.2277515E-01	1.7597455E-01
	C9	0.0000000E+00	-3.8488963E-04	-8.6172557E-03	-4.9179021E-03
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	1.0094910E-04	6.0315412E-05
DN 100 (NPS 4)	C1	-2.1336346E+04	7.3995872E+03	8.3115447E+02	-4.0097574E+02
	C2	1.5982068E+04	-6.7592710E+03	-7.6253222E+02	4.2602525E+02
	C3	-4.9936486E+03	2.6131811E+03	2.9500674E+02	-1.7446665E+02
	C4	8.4914220E+02	-5.4873257E+02	-6.1135935E+01	3.7753845E+01
	C5	-8.4931392E+01	6.7571708E+01	7.4233181E+00	-4.6748939E+00
	C6	5.0044853E+00	-4.8769663E+00	-5.2938127E-01	3.3376011E-01
	C7	-1.6105634E-01	1.9112909E-01	2.0558271E-02	-1.2795569E-02
	C8	2.1857714E-03	-3.1412698E-03	-3.3593696E-04	2.0405896E-04
	C9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

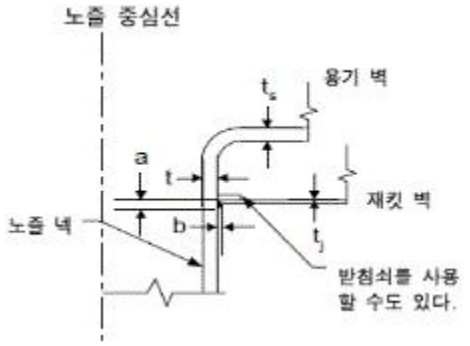
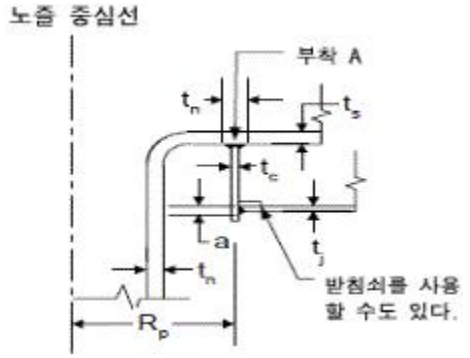
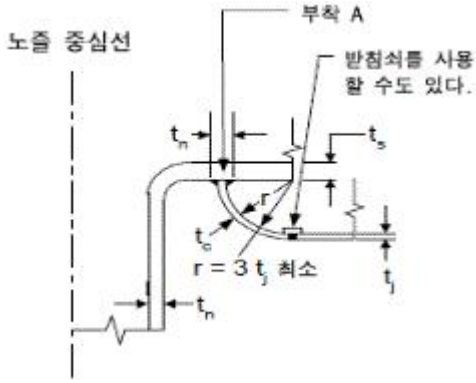
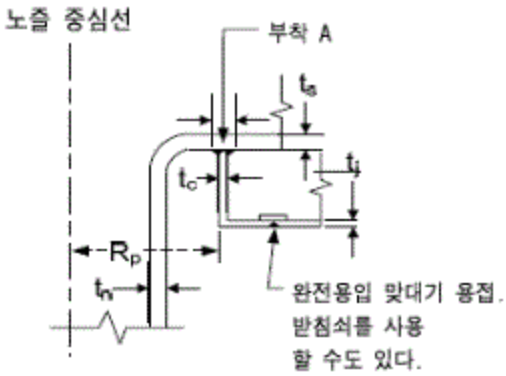
[표 645.24.2-2] 계산식(4.50)의 계수(계속)

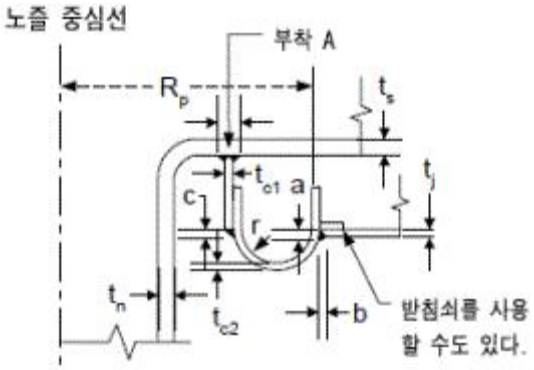
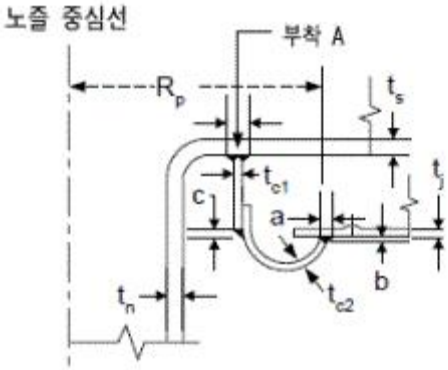
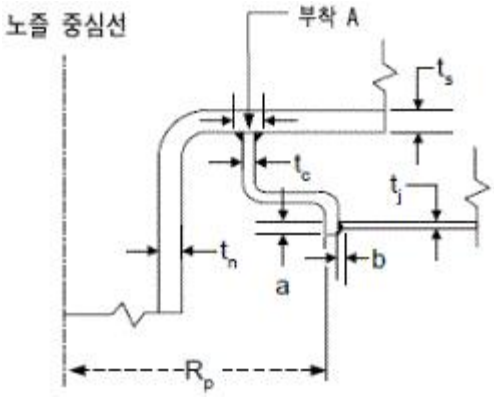
D_{pj}	계수	동체 두께			
		19 mm(3/4 in)	25 mm(1 in)	50 mm(2 in)	---
DN 50 (NPS 2)	C1	-4.0085121E+02	3.6782666E+00	1.0000000E+00	---
	C2	3.5652906E+02	-1.2669560E+00	0.0000000E+00	---
	C3	-1.3171601E+02	4.5491492E-01	0.0000000E+00	---
	C4	2.6480374E+01	-6.2883969E-02	0.0000000E+00	---
	C5	-3.1258388E+00	3.9401350E-03	0.0000000E+00	---
	C6	2.1680455E-01	-9.3433360E-05	0.0000000E+00	---
	C7	-8.1908188E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C8	1.3019970E-04	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
DN 80 (NPS 3)	C1	-1.5045135E+03	8.1206324E+00	-3.2789303E+03	---
	C2	1.4487653E+03	-8.3943593E+00	3.4419302E+03	---
	C3	-5.9846696E+02	3.7870074E+00	-1.5852932E+03	---
	C4	1.3910417E+02	-7.0886182E-01	4.2063167E+02	---
	C5	-1.9888205E+01	6.6972430E-02	-7.0855807E+01	---
	C6	1.7922925E+00	-3.1488859E-03	7.8593168E+00	---
	C7	-9.9521276E-02	5.8511141E-05	-5.7415834E-01	---
	C8	3.1164737E-03	0.0000000E+00	2.6647325E-02	---
	C9	-4.2181627E-05	0.0000000E+00	-7.1319265E-04	---
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	8.3899940E-06	---
DN 100 (NPS 4)	C1	-3.5172282E+00	-2.5016604E+02	-5.3121462E+00	---
	C2	4.3499616E+00	1.7178270E+02	3.4090615E+00	---
	C3	-2.7157682E-01	-4.6844914E+01	-5.5605535E-01	---
	C4	1.1186450E-02	6.6874346E+00	4.2156128E-02	---
	C5	-7.1328067E-04	-5.2507555E-01	-1.2921987E-03	---
	C6	2.2962890E-05	2.1526948E-02	6.6740230E-06	---
	C7	0.0000000E+00	-3.6091550E-04	0.0000000E+00	---
	C8	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---



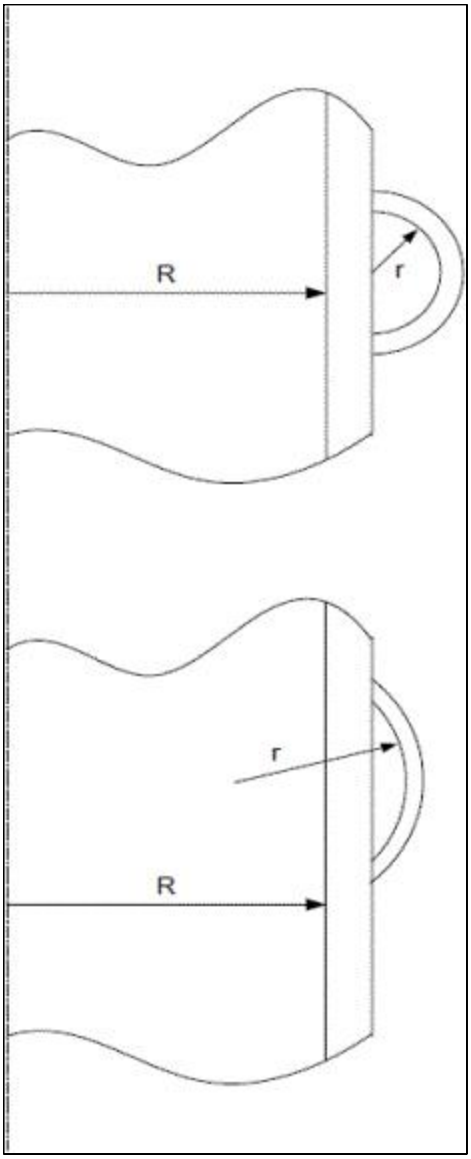
[그림 645.24.2-1] 재킷형 용기의 형식들

[표 645.24.3-1] 재킷 관통부 상세 설계

상세	요 건	그 림
1	이 봉합부의 상세는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 재킷이 노즐에 용접될 때, 그 노즐의 벽을 봉합 부재로서 사용할 수 있다. $a = 2t_j$ 그리고 $b = t_j \min$	
2	이 봉합부의 상세는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 형상들에 대한 최소요구두께는 645.17에 따라서 외압을 받는 동체로서 계산하여야 한다. $a = 2t_j$ 그리고 $b = t_j \min$ 부착물 A는 표 4.2.6의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	
3	이 봉합부의 상세는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 최소요구두께 t_{rc}는 t_{rj}와 같아야 한다. 부착물 A는 표 645.15.4-4의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	
4	이 봉합부의 상세는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 최소요구두께 t_{rc}는 645.17에 따라서 외압을 받는 동체로서 계산하여야 한다. 부착물 A는 표 645.15.4-4의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	

상세	요 건	그 림
5	이 봉합부의 상세는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 내부 용기에 부착된 봉합부재의 요구두께 t_{rc1}은 645.17에 따라서 외압을 받는 동체로서 계산하여야 한다. 가요성 부재의 요구두께 t_{rc2}는 다음과 같이 결정하여야 한다. 재킷과 원환체 사이에 튜브형 단면이 존재하지 않을 때: $t_{rc2} = \frac{\mathrm{Pr}}{S_c E - 0.6P_j}$ 재킷과 원환체 사이에 튜브형 단면이 존재할 때: $t_{rc2} = \frac{P_j R_p}{S_c E - 0.6P_j}$ $a = 2t_j$, $b = t_j$ 그리고 $c = 1.25t_{c1}$ 부착물 A는 표 4.2.6의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	 (a)  (b)
6	이 봉합부의 상세는 645.24.2 제3호의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 최소요구두께 t_{rc}는 645.17에 따라서 외압을 받는 반지름 R_p의 동체로서 계산하여야 한다. $a = 2t_j$ 그리고 $b = t_j$ 부착물 A는 표 4.2.6의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	

[그림 645.24.4-1] 부분 재킷의 형식들



[그림 645.24.5-1] 반 조각 파이프 재킷

645.25 피로해석 및 평가

645.25.1 심사기준

1. 피로해석에 대한 심사 기준은 아래와 같다.

가. 피로해석이 용기 설계의 일부로서 요구되는지를 결정하기 위한 심사기준의 대안이 아래에 서술되어 있다. 만일 심사기준의 대안 중 하나가 만족된다면, 피로해석은 용기 설계의 일부로서 요구되지 않는다.

(1) 아래 제2호의 규정, 유사한 조건 하에서 운전하는 유사한 기기의 경험

(2) 아래 제3호의 규정, 제작 재료(제한적 적용성), 구조 상세, 하중 막대그래프 및 평활한 봉의 피로곡선 자료에 근거한 방법 A

(3) 아래 제4호의 규정, 제작 재료(무제한적 적용성), 구조 상세, 하중 막대그

래프 및 평활한 봉의 피로곡선 자료에 근거한 방법 B

나. 피로해석의 면제는 구성부품이나 부품 별로 한다. 한 구성부품(일체형)은 면제될 수 있는 반면에 다른 구성부품(비일체형)은 면제되지 않는다. 만일 어떤 구성부품이 면제되지 않으면, 그 구성부품에 대해서 피로평가를 실시하여야 한다.

다. 만일 규정된 사이클의 수가 10^6을 초과하면, 피로해석 심사기준은 적용되지 않으며 피로해석이 요구된다.

2. 비교 가능한 기기의 경험에 근거한 피로해석심사

만일 유사한 하중 막대그래프와 같은 하중을 받으며 사용자 설계규격(user's Design Specification)에서 다루어진 유사한 기기로 충분한 기간에 걸친 경험이 있다면, 피로해석은 용기 설계의 일부로서 요구되지 않는다. 계획하는 설계와 용도에 관련이 있는 유사한 조건에서 운전하는 비교할 만한 기기의 경험을 평가할 때는, 다음 설계특성이 갖는 가능한 유해 영향을 평가하여야 한다.

가. 일체형 구조에 반대되는 패드형 보강이나 필릿용접 부착 사용과 같은 비일체형 구조의 사용

나. 70 mm(2.75 in)를 초과하는 지름에 대해서 관 나사 연결의 사용

다. 스터드 볼트를 사용하는 부착의 사용

라. 부분 용입 용접의 사용

마. 인접한 부재 사이의 중요한 두께 변화

바. 성형 경판의 너클 부위에 있는 부착물과 노즐

3. 피로해석 심사, 방법 A

552 MPa(80,000 psi) 이하인 규정최소인장강도를 가진 재료에 대해서 다음 절차만을 사용할 수 있다.

순서 1 - 사용자 설계규격에 있는 정보에 근거한 하중 이력을 결정한다. 하중 이력은 그 구성부품에 작용하는 모든 반복적 운전하중과 결과를 포함하여야 한다.

순서 2 - 순서 1의 하중 이력에 근거하여, 시동 및 운전정지를 포함한 전체 범위의 압력 사이클의 예상(설계) 수를 결정하고, 이 값을 $N_{\triangle FP}$로서 지정한다.

순서 3 - 순서 1의 하중 이력에 근거하여, 압력 변동 범위가 일체형 구조에 대해서 설계압력의 20% 또는 비일체형 구조에 대해서 설계압력의 15%를 초과하는 운전압력 사이클의 예상 수를 결정하고, 이 값을 $N_{\triangle FO}$로서 지정한다. 압력변동이 설계압력의 백분율을 초과하지 않는 압력 사이클과 대기 조건의 변동으로 발생하는 압력 사이클은 이 평가에서 고려할 필요가 없다.

순서 4 - 순서 1의 하중 이력에 근거하여, 아래에서 규정하는 두 인접한 점 사이의 금속 온도 차이$\triangle T_E$의 변화 유효 수를 결정하고, 이 값을 $N_{\triangle TE}$로서 지

정한다. 그러한 변화의 유효 수는 어떤 크기의 금속온도 차이 내의 변화의 수에 ASME Sect. VIII Div. 2 Table 5.8에 주어진 계수를 곱함으로써 또는 결과로 나온 수를 더함으로써 결정한다. 인접한 점 사이의 온도 차이의 계산에서, 전도에 의한 열전달은 용접되지 않은 접촉 표면(즉, 용기 동체와 보강 패드)을 통한 전도에 의한 열전달을 참작하지 않고 용접되거나 일체형인 단면을 통과하는 전도에 의한 열전달만을 고려하여야 한다.

(1) 표면 온도 차이에 대해서, 점이 다음과 같이 계산한 거리 L 이내에 있으면, 그 점은 인접한 것으로 간주한다. 자오선 또는 원둘레방향에 있는 동체와 접시형 경판에 대해서

$$L = 2.5\sqrt{Rt} \tag{5.1}$$

그리고 평판에 대해서

$$L = 3.5a \tag{5.2}$$

(2) 두께에 걸친 온도 차이에 대해서, 인접한 점은 그 구성부품의 어느 표면에 직각인 한 선 위의 어느 두 점으로서 정의한다.

순서 5 - 순서 1의 하중 이력에 근거하여, $(\alpha_1 - \alpha_2)\triangle T$의 값이 0.00034를 초과하는 다른 열팽창 계수를 가진 재료 사이의 용접에 관련된 구성부품에 대한 온도 사이클의 수를 결정하고, 이 값을 $N_{\triangle T\alpha}$로서 지정한다.

순서 6 - 순서 2, 3, 4 및 5로부터의 운전 사이클의 예상 수가 ASME Sect. VIII Div. 2 Table 5.9의 기준을 만족시킨다면, 피로해석은 용기 설계의 일부로서 요구되지 않는다. 만일 이 기준이 만족되지 않으면, 피로해석은 용기 설계의 일부로서 요구된다. 비일체형 부착의 사례로는 나사식 캡, 나사식 플러그, 전단 링 봉합부, 필릿 용접 부착물 그리고 마개 잠금(breech lock) 봉합부가 있다.

4. 피로해석 심사, 방법 B

다음 절차는 모든 재료에 대해서 사용할 수 있다.

순서 1 - 사용자 설계규격에 있는 정보에 근거한 하중 이력을 결정한다. 그 하중 막대그래프는 그 구성부품에 작용하는 모든 반복적 운전하중과 사건을 포함하여야 한다. 식(5.3)에서 S_e의 응력진폭에서 평가한 해당 설계피로곡선(부속서 3.F 참조)의 사이클 수는 $N(S_e)$로서 정의한다.

순서 2 - ASME Sect. VIII Div. 2 Table 5.10에 따라서 구조의 형식에 근거하여, 피로심사 기준 계수 C_1과 C_2를 결정한다.

순서 3 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 시동과 운전정지를 포함한 전체 범위의 압력 사이클의 설계 수 $N_{\triangle FP}$를 결정한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 4로 진행한다. 그렇지 않으면, 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$N_{\triangle FP} \le N(C_1 S) \tag{5.3}$$

순서 4 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 시동과 운전정지를 제외한 정상 운전 동안의 압력변동의 최대범위 $\triangle P_N$를 결정하고, 이에 상응하는 사이클의 수 $N_{\triangle P}$.를 결정한다. 압력변동 사이클은 압력 범위가 설계압력의 $S_{as}/3S$ 배를 초과하는 사이클로서 정의한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 5로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\triangle P_N \leq \frac{P}{C_1}\left(\frac{S_a(N_{\triangle P})}{S}\right) \tag{5.4}$$

순서 5 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 정상 운전 동안 그리고 시동과 운전정지 운전 동안의 용기의 두 인접한 점 사이의 최대 온도 차이 $\triangle T_N$을 결정하고, 이에 상응하는 사이클의 수 $N_{\triangle TN}$.를 결정한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 6으로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\triangle T_N \leq \left(\frac{S_a(N_{\triangle TN})}{C_2 E_{ym}\alpha}\right) \tag{5.5}$$

순서 6 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 시동과 운전정지를 제외한 정상 운전 동안의 용기의 두 인접한 점(위 제3호 순서 4 참조) 사이의 온도 차이 변동 최대 범위 $\triangle T_R$을 결정하고, 이에 상응하는 사이클의 수 $N_{\triangle TR}$.를 결정한다. 이 순서에서의 온도 차이 변동 사이클은 온도 범위가 $S_{as}/2E_{ym}\alpha$을 초과하는 사이클로서 정의한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 7로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\triangle T_R \leq \left(\frac{S_a(N_{\triangle TR})}{C_2 E_{ym}\alpha}\right) \tag{5.6}$$

순서 7 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 정상 운전 동안 다른 제작재료로부터 만든 구성부품에 대해서 두 인접한 점(위 제3호 순서 4 참조) 사이의 온도 차이 변동의 범위 $\triangle T_M$을 결정하고, 이에 상응하는 사이클의 수 $N_{\triangle TM}$.를 결정한다. 이 순서에서의 온도 차이 변동 사이클은 온도 범위가 $S_{as}/[2(E_{y1}\alpha_1 - E_{y2}\alpha_2)]$을 초과하는 온도 범위로서 정의한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 8로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\triangle T_M \leq \left(\frac{S_a(N_{\triangle TM})}{C_2(E_{y1}\alpha_1 - E_{y2}\alpha_2)}\right) \tag{5.7}$$

순서 8 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 압력은 제외하나 배관 반력을 포함하는 기계적 하중의 규정된 전체 범위로부터 계산한 등가응력범위 $\triangle S_{ML}$와 사이클의 등가 수 $N_{\triangle S}$를 결정한다. 이 순서에서의 기계적 하중 범위 사이클은 응력 범위가 S_{as}를 초과하는 사이클로서 정의한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 8로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구

된다. 만일 하중 변동의 총 규정 수가 해당 피로곡선에서 규정된 사이클의 최대 수를 초과한다면, 그 피로곡선에 규정된 사이클의 최대 수에 상응하는 S_{as} 값을 사용하여야 한다. 만일 다음 식이 만족되면 피로해석은 요구되지 않고, 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\triangle S_{ML} \leq S_a(N_{\triangle S}) \tag{5.8}$$

645.25.2 피로 평가 - 탄성응력해석과 등가응력

1. 선형 탄성 응력해석(linear elastic stress analysis)으로 얻은 결과에 대해서 피로 손상을 평가하기 위해서 유효 총 등가응력진폭(effective total equivalent stress amplitude)을 사용한다. 피로 평가를 위한 주응력은 하중 막대그래프 내의 각 사이클에 대해서 계산한 유효 총등가응력범위(P_L+P_h+Q+F)의 1/2로 정의되는 유효 총등가응력진폭이다.
2. 1차+2차+최대 등가 응력(ASME Sect. VIII Div. 2 Figure 5.1 참조)은 규정운전 압력과 기타 기계 하중에 의해서 그리고 일반적 및 국부적 열 영향에 의해서 생긴 그리고 전반적 및 국부적 구조적 불연속의 영향을 포함하는 모든 1차, 2차 및 최대 응력 조합 단면의 두께에 걸쳐 가장 높은 값으로부터 도출된 등가응력이다. 대표적인 압력용기 구성부품에 대해서 이 응력 범주에 대한 하중 조합의 사례는 ASME Sect. VIII Div. 2 Table 5.3에 나타나 있다.

645.25.3 볼트에 대한 추가 요건

1. 설계 요건
   가. 설계압력에 견디기 위해서 요구되는 볼트의 개수와 단면적은 ASME Sec. Ⅷ Div. 2 4.16의 절차에 따라서 결정하여야 한다. 그 허용볼트응력은 표3으로부터 얻는다.
   나. 밀봉이 개스킷 대신에 밀봉용접으로 이루어 질 때는, 그 개스킷 계수 m과 최소 개스킷 시팅 응력 y는 영(0)으로 취할 수 있다.
   다. 개스킷이 사용 전 시험에만 사용될 때는, 영(0)과 같은 m과 y에 대해서 위의 요건이 만족된다면 그 설계는 만족스러운 것이며, 적절한 m과 y 계수를 그 시험 개스킷에 대해서 사용할 때 1. 및 2.의 요건은 만족된다.
2. 사용응력 요건

   예압(pre-load), 압력 및 차동팽창의 조합에 의해서 발생하는 것과 같은 볼트의 실제 사용응력은 표 645.2.1.A에 나와 있는 허용응력 값보다 높을 수 있다.

   가. 최대 사용응력 값(볼트 단면에 대한 평균 값 으로서 응력집중을 무시한 값)은 표 645.2.1.A 2.나.에 있는 허용응력 값의 2배를 초과해서는 안 된다.
   나. 아래 제3호 및 제4호에 의해서 제한되는 것을 제외하고는, 직접 인장과 굽힘으로부터 생기고 응력집중을 무시한 볼트 단면 주변에서의 사용응력의 최대값은 표 645.2.1.A 2.나.의 허용응력 값 3배를 초과해서는 안 된다. 잔류 비

틀림을 최소화하는 가열기, 신장기 또는 기타 수단 이외의 방법으로 볼트를 조일 때는, 평가에서 사용하는 응력 측정값은 다음 식과 같은 등가 응력이어야 한다: $S_e = \sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{0.5}$

3. 볼트의 피로 평가

용기가 위 645.25.1의 모든 조건을 만족시키지 않는다면(피로해석은 요구되지 않는다), 반복 운전에 대한 볼트의 적합성은 다음 절차에 따라서 판정하여야 한다.

가. 689 MPa(100,000 psi) 미만의 규정최소인장강도를 가진 재료로 만든 볼트는 위 645.25.2의 방법 및 해당 설계피로곡선(ASME Sec. Ⅷ Div. 2 Annex 3.F 참조)을 사용해서 반복운전에 대해서 평가하여야 하며, 보다 낮은 값이 적합하다는 것을 해석이나 시험으로 보일 수 없다면, 평가에서 사용하는 피로강도감소계수는 4.0 이상이어야 한다.

나. 고강도 합금강 볼트와 스터드는 위 645.25.2의 방법을 사용하여 ASME Sec. Ⅷ Div. 2 Annex 3.F의 해당 설계피로곡선으로 반복운전에 대하여 다음의 모든 것이 사실이라는 전제하에서 평가하여야 한다.

(1) 재료는 다음 중 하나이다 : SA-540의 6에 따라서 열처리된 SA-196 등급 B7 또는 B16, SA-320 등급 L43, SA-540 등급 B23 및 B24

(2) (직접 인장과 굽힘으로부터 생기고 응력집중을 무시한) 볼트 단면 주변에서 사용응력의 최대값은, 만일 ASME Sec. Ⅷ Div. 2 Annex 3.F에 주어진 고강도 볼트재료에 대한 두 설계피로곡선 중 보다 높은 것이 사용된다면 (직접 인장에 대한 $2S$의 경계는 변함이 없다), $2.7S$를 초과하지 말아야 한다.

(3) 나사는 V 형이어야 하며, 나사골에서의 최소 곡선 반지름은 0.076 mm(0.003 in) 이상이어야 한다.

(4) 생크(shank)의 끝에서 필릿 반지름(fillet radii)은 생크 지름에 대한 필릿 반지름의 비율이 0.060 이상인 것이어야 한다.

(5) 평가에서 사용하는 피로강도 감소계수는 4.0 이상이어야 한다.

645.25.4 다공판에 대한 추가 요건 : 다공판은 만일 그 구멍이 응력해석을 위해서 사용하는 수치모델에 명백히 포함되어 있다면 이 부문 내의 절차 중 어느 것을 사용하여 해석할 수 있다. 유효격판(effective solid plate)의 개념을 사용하는 탄성응력해석 대안이 ASME Sec. Ⅷ Div. 2 Annex 5.E에 서술되어 있다.

645.25.5 다층 용기에 대한 추가 요건 : 이 부문에서 나타나는 중실 벽체의 원통형 동체, 구형 동체 또는 경판을 위해서 개발한 식을 각층에서 평면 내의 전단력이 그 용접이음에 의해서 충분히 지지된다는 전제하에서 다층 원통형 용기, 구형 용기 또는

경판에 대해서 적용할 수 있다. 이에 추가하여, 하중 적용 부위의 구조적 상세에 대해서 고려하여야 한다. 위에서 언급한 다층 원통형 동체, 구형 동체 또는 경판에 대한 충실 벽의 등가성(equivalence)을 보장하기 위해서, 방사상 힘 및/또는 불연속성이나 외부 하중으로 인한 길이 방향 굽힘 모멘트를 받는 모든 원통형 동체, 구형 동체 또는 경판은 그 단면에 작용하는 방사상 힘 및/또는 길이 방향 굽힘 모멘트로부터 발생하는 길이 방향 전단력을 저항하기 위해서 모든 층이 충분히 결합되어야 한다. 예를 들어서, 층을 결합하기 위한 둘레 용접의 사용이 ASME Sect. VIII Div. 2 Figure 5.2, 5.3 및 5.4에 나와 있다. 용접 깊이의 중간점에서의 요구 용접 폭은 식(5.9)로 주어진다.

$$w = 1.88\left(\frac{M_o}{t \cdot S}\right) \tag{5.9}$$

식(5.9)에서, 변수 M_o는 다층 원통형 동체, 구형 동체 또는 경판의 용접 접합부에 존재하는 원둘레의 단위 길이 당 길이 방향 굽힘 모멘트이다. 이 변수는 압력 하중과 M_1, Q_1 및 F_1과 같은 외부 하중을 고려하는 응력해석으로부터 결정된다.

645.26 재료의 식별

645.26.1 가스화로설비에 사용되는 재료는 아래와 같이 식별되어야 한다.

1. 재료의 표시

압력부품용 재료에는 그 용기가 완성되었을 때 재료규격에서 요구하는 원래의 식별표시 전체가 명확하게 보이도록 표시하는 것이 바람직하다. 원래의 식별표시를 불가피하게 잘라 내거나 재료를 두 개 이상의 조각으로 잘라야 할 경우, 다음과 같이 표시를 이전하거나 부호화된 표시를 하여야 한다.

가. 재료를 절단하기 전에 완성된 상태의 용기에서 식별표시를 볼 수 있도록 압력용기 제조자가 식별표시 전체를 정확하게 이전한다.

나. 제작과정에서 재료의 각 부재를 식별하고, 완성된 용기에서 식별표시를 계속 확인할 수 있는 위치에 부호화된 표시(검사원이 허용하는)를 한다.

준공도면(as-built sketch) 또는 재료목록(표)을 작성하는 경우, 인증시험보고서 또는 재료확인서와 부호화된 표시와 함께 재료의 각 부재를 식별할 수 있어야 한다. 아래 제2호에 규정된 경우 외에는 검사원이 허용하는 임의의 방법으로 재료에 표시를 해도 된다. 표시를 이전할 때에는 검사원이 입회할 필요가 없으나 표시의 정확한 이전을 검사원이 확인할 수 있어야 한다.

2. 표시의 이전방법

사용조건에 따라 재료 식별을 위한 각인을 금지하거나 또는 사용자가 그렇게 규정한 경우, 공급할 때 재료식별검사(PMI)를 할 수 있도록 요구되는 데이터를 판재에 표시하여야 한다. 이 표시는 검사원의 요구에 따라 완성된 용기의 각

위치에서 각 판재를 식별검사할 수 있도록 기록하여야 한다. 위의 제1호에 따라 분리되는 재료에 표시를 이전하여야 한다.

3. 제조자가 아닌 제3자에 의한 표시의 이전

완성된 압력용기의 제조자가 아닌 제3자가 재료를 성형하고, 해당 재료 규격에서 요구하는 원래의 표시를 불가피하게 잘라 내거나 재료를 두 개 이상의 조각으로 잘라야 할 경우에는, 그 성형품의 제조자는 다음 중 한 방법을 따라야 한다.

가. 원래의 식별 표시를 그 성형품의 다른 부위로 이전한다.

나. 원래 요구되는 표시를 추적할 수 있는 부호화된 표시를 이용하여 식별할 수 있도록 한다. 단, 상호 합의하고, 완성된 압력용기 제조자의 품질관리시스템에 규정된 표시방법이어야 한다.

4. 위의 수정된 표시 요건과 관련하여, 이 재료에 대한 재료시험보고서로 성형품을 식별할 수 있다.

645.26.2 결함이 있는 재료의 보수

용기 제조자는 결함을 제거하고 재료를 보수할 수 있으며, 재료규격에서 허용하면, 용기 제조자의 승인 하에 재료 제조자도 보수할 수 있다. 재료 규격에서 허용하는 것 이상의 재료 보수는 검사원이 만족하도록 실시하여야 한다. 모든 보수는 다음에 따라야 한다.

1. 결함부위의 검사

결함이 제거된 부위는 그 결함의 완전한 제거를 확인하기 위하여 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

2. 용접에 의한 보수

용접에 의한 재료의 보수의 경우, 그 절차와 용접부는 161에 따라서 인정을 받아야 한다. 모재가 645.12에 의하여 충격시험이 요구될 경우, 용접절차 시험판도 용접하여 645.12에 따라 용착금속에 대한 충격시험을 하여야 하고, 모재에서 요구하는 최소요건을 만족시켜야 한다. 보수된 재료가 용접후열처리를 요구할 때는 645.41의 용접후열처리 요건에 따라서 열처리를 실시하여야 한다.

3. 용접보수 후 표면 검사

가. 용접보수에 의해 완성된 표면은 645.46에 따라서 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여야 한다.

나. 용착금속의 깊이가 10 mm(3/8 in) 또는 재료 두께의 1/2을 초과하면, 용접으로 보수한 부위는 645.46에 따라서 방사선투과검사를 실시하여야 한다.

다. 재료에 대한 모든 보수내용은 문서로 남겨야 한다.

645.27 성형

645.27.1 동체 부분과 경판의 성형 - 동체 또는 경판 제조를 위한 모든 재료는 재료가 가진 기계적 성질을 유지할 수 있는 공정으로 성형하여야 한다.

645.27.2 성형 두께

재료의 선정된 두께는 모든 위치에서 성형공정으로 인해 설계계산에 의해 요구되는 최소값 미만으로 감소되지 않을 수 있는 두께이어야 한다.

645.27.3 탄소강과 저합금강 부품의 성형

1. 판재는 타격방법으로 냉간 성형하지 않아야 한다.
2. 645.41의 용접후열처리 요건에 따라 열처리된다면, 판재는 재료에 주어진 단조온도에서 타격하여 성형할 수 있다.
3. 냉간성형으로 제작한 용기의 모든 동체, 경판, 다른 내압 부품은 최대 연신율(extreme fiber elongation)(가공변형량)이 압연된 상태를 기준으로 5%를 초과할 경우에는 후속 열처리를 하여야 한다(645.41 참조). 단, P-No.1 그룹No.1, 2 및 P-No.15E의 재료로 제작할 때는 제외한다. P-No.1 그룹No.1 및 2 재료에 대해서는, 최대 연신율이 40%를 초과하거나, 최대 연신율이 5%를 초과하고 다음 중 어느 조건에 해당하면 열처리가 요구된다.
   가. 645.12에 따라서 결정된 최저설계금속온도가 재료의 충격시험을 요구할 경우
   나. 냉간성형으로 인한 두께의 감소가 최대 연신율이 5%를 초과하는 모든 위치에서 압연된 상태를 기준으로 10%를 초과할 경우
   다. 성형하는 동안의 재료 온도가 120℃부터 480℃(250°F 부터 900°F)의 범위에 있는 경우,

   모든 다른 P-No.와 그룹No.에 대해서는, 변형(연신율)이 5%를 초과하면 비록 가.부터 다.에 표시된 조건 중 어느 것에 포함되지 않는다 해도 성형된 부품에 적당한 열처리를 하여야 한다.
4. 연신율은 표 645.27.3-1에 있는 계산식으로 산정하여야 한다.
5. 탄소강이나 저합금강 강판의 용기 동체, 경판 또는 기타 압력부분이 용기 제조자 이외의 타인에 의해서 냉간 성형되었을 때에는, 그 성형 부품에 대한 인증서에 그 부품을 열처리하였는지 여부를 기재하여야 한다.
6. 크립강도 강화 페라이트 강(P-No.15E)의 성형

   크립강도 강화 페라이트 강으로 제작한 용기 동체, 경판 및 다른 내압 부품의 냉간성형부는 설계금속온도와 성형변형률이 표 645.27.3-2의 제한값을 초과할 경우에 열처리를 하여야 한다. 열처리는 표 645.27.3-2의 요건을 따라야 한다. 냉간성형은 705℃(1,300°F) 미만에서 재료에 영구 변형이 일어나도록 하는 임의의 가공방법이다. 열간성형은 705℃(1,300°F) 이상에서 재료에 영구 변형이

일어나도록 하는 임의의 가공방법이다. 성형변형률은 표 645.27.3-1에 나와 있는 식으로 결정하여야 한다.

가. 표 645.27.3-1에 따라 성형변형률을 계산할 수 없을 경우, 제조자가 최대 성형변형률을 결정하여야 한다.

나. 냉간성형으로 튜브와 관을 플레어, 스웨이지 또는 업셋 가공한 경우, 변형률의 크기에 관계없이 표 645.27.3-2의 주 1에 따라 풀림-뜨임 하여야 한다.

다. 열간성형한 제품의 경우, 변형률의 크기에 관계없이 표 645.27.3-2의 주 1에 따라 풀림-뜨임 하여야 한다.

[표 645.27.3-1] 성형 변형률 계산식

성형 부품의 종류	성형 변형률
접시형 만들기와 냉간 회전성형을 포함하는 임의의 가공법으로 성형한 이중 곡률 제품(접시형 경판이나 냉간 회전성형 경판)	$\epsilon_f = 100\ln\left(\frac{D_b}{D_f - 2t}\right)$
판재를 성형한 원통체	$\epsilon_f = \frac{50t}{R_f}\left(1 - \frac{R_f}{R_o}\right)$
성형된 조각을 조립한 경판(접시구형 동체 판 또는 타원형 또는 접시형 경판의 조각)	$\epsilon_f = \frac{75t}{R_f}\left(1 - \frac{R_f}{R_o}\right)$
튜브와 관의 굽힘부	$\epsilon_f = \max\left[\left(\frac{r}{R_f}\right), \left(\frac{t_A - t_B}{t_A}\right)\right] \cdot 100$

여기서

ϵ_f = 계산한 성형 변형률

D_b = 블랭크 판재의 지름 또는 중간 제품의 지름

D_f = 구성품의 성형 후 최종 바깥지름

R_f = 최종 중간평균 반지름

R_o = 원래의 중간평균 반지름, 평판의 무한대와 같다.

r = 관 또는 튜브의 공칭 바깥 반지름 또는 블랜드 가공 연마기 반지름

t = 판재, 관 또는 튜브의 성형 전 공칭두께

t_A = 관 또는 튜브의 측정한 평균 벽두께

t_B = 굽힘부의 바깥쪽을 측정한 최소 벽두께

[표 645.27.3-2] P-No. 15E 재료의 냉간성형 후 변형률 제한값 및 열처리 요건

등급 (Grade)	UNS 번호	낮은 온도범위에서의 제한값			높은 온도범위에서의 제한값		설계온도와 성형변형률 제한값을 초과할 때 열처리 요건
		설계온도℃(℉)		성형변형률 %	설계온도 (아래 값 초과) ℃(℉)	성형변형률 %	
		아래 값 초과	아래 값 이하				
91	K90901	540 (1,000)	600 (1,115)	>25	600 (1,115)	>20	풀림-뜨임 [주 1]
				>5에서 ≤25		>5에서 ≤20	성형 후 열처리 [주 2, 3, 4]

비고: 이 제한값들은 판을 성형한 원통, 판을 성형한 구형 또는 접시형 경판과 튜브와 관의 굽힘부에 대한 것이다. 단일 또는 이중 곡률의 제품에 표 645.27.3-1의 식들을 적용할 경우, 이 표의 성형변형률 제한값들을 2로 나누어야 한다.

주 1. 풀림-뜨임은 모재의 규격 요건에 따라 실시하여야 하며, 국부적으로 실시하지 않아야 한다. 재료를 1) 전체적으로 열처리하거나, 2) 냉간변형부위(비변형부 사이의 천이부 포함)를 튜브 또는 구성품에서 잘라버리거나 별도로 열처리 또는 교체하여야 한다.

2. 성형 후 열처리는 730℃~775℃(1,350°F~1,425°F)에서 1시간/25mm(1시간/in) 또는 최소 30분 동안 실시하여야 한다. 대안으로 모재의 규격 요건에 따라 풀림-뜨임을 실시해도 된다.

3. 변형률이 5% 초과 25% 이하이며 설계온도가 600℃(1.115°F) 이하인 재료로 제작한 구성품의 일부를 [주 2]에서 허용하는 온도보다 높은 온도에서 열처리한 경우, 다음 중 하나를 실시하여야 한다.
   1) 그 구성품 전체를 풀림-뜨임 한다.
   2) 최고유지온도를 초과하여 열처리한 구성품의 일부를 [주 2]에서 요구하는 온도범위와 시간동안 최종 열처리하는 경우, 허용응력은 설계온도에서 Grade 9 재료(예: SA-213 T9, SA-336 P9 또는 등가 규격)의 허용응력이어야 한다. 이 규정의 적용을 제조자의 자료보고서에 명시하여야 한다.

4. 냉간변형된 재료의 일부에 길이방향 용접을 실시한 경우, 용접하기 전 또는 후에 용접 부분을 풀림-뜨임 하여야 한다. 이 풀림-뜨임을 국부적으로 실시하지 않아야 한다.

645.27.4 고합금강 재료 부품의 성형

다음의 조건을 만족한다면, 오스테나이트 계 합금으로부터 제작된 압력유지 부품의 냉간 성형 부위는 표 645.27.4-1에 주어진 온도에서 두께의 0.8 min/mm(20 min/in) 또는 10분 중 더 긴 시간 동안 가열하여 용체화 어닐링(solution annealed) 후 급냉시켜야 한다.

1. 마무리 성형온도가 표 645.27.4-1에서 주어진 최저 열처리온도 이하인 경우
2. 설계금속온도와 성형변형이 표 645.27.4-1에 나오는 한계를 초과한 경우. 성형변형은 표 645.27.3-1에 있는 계산식을 적용하여 계산하여야 하며, 만일 성형변형을 이 표같이 계산할 수 없으면, 제조자가 최대성형 변형을 결정하여야 한다.
3. 플레어, 스웨이지 또는 업셋은 변형의 양에 관계없이 표 645.27.4-1에 따른 열처리를 적용하여야 한다.

[표 645.27.4-1] 고합금 재료에 대한 제작 후 변형률 제한값 및 열처리 요건

등급 (Grade)	UNS 번호	낮은 온도범위에서의 제한값			높은 온도범위에서의 제한값		설계온도 제한값 및 성형변형률 제한값을 초과할 때의 최저열처리온도 ℃(℉) [주 1. 2]
		설계온도℃(℉)		성형 변형률 (아래 값 초과) %	설계온도 (아래 값 초과) ℃(℉)	성형변형률 (아래 값 초과) %	
		아래 값 초과	아래 값 이하				
201-1	S20100 경판	모두	모두	모두	모두	모두	1065(1950)
201-1	S20100 모든 다른 것	모두	모두	4	모두	4	1065(1950)
201-2	S20100 경판	모두	모두	모두	모두	모두	1065(1950)
201-2	S20100 모든 다른 것	모두	모두	4	모두	4	1065(1950)
201LN	S20153 경판	모두	모두	모두	모두	모두	1065(1950)
201LN	S20153 모든 다른 것	모두	모두	4	모두	4	1065(1950)
204	S20400 경판	모두	모두	모두	모두	모두	1065(1950)
204	S20400 모든 다른 것	모두	모두	4	모두	4	1065(1950)
304	S30400	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1040(1900)
304H	S30409	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1040(1900)
304L	S30403	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1040(1900)
304N	S30451	580(1075)	675(1250)	15	675(1250)	10	1040(1900)
309S	S30908	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1095(2000)
310H	S31009	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1095(2000)
310S	S31008	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1095(2000)
316	S31600	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1040(1900)
316H	S31609	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1040(1900)
316N	S31651	580(1075)	675(1250)	15	675(1250)	10	1040(1900)
321	S32100	595(1100)	675(1250)	15 [주3]	675(1250)	10	1040(1900)
321H	S32109	595(1100)	675(1250)	15 [주3]	675(1250)	10	1040(1900)
347	S34700	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1040(1900)
347H	S34709	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1095(2000)
348	S34800	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1040(1900)
348H	S34809	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1095(2000)

비고: 이 제한값들은 판을 성형한 원통, 판을 성형한 구형 또는 접시형 경판과 튜브와 관의 굽힘부에 대한 것이다.

주 1. 열처리 온도에서의 냉각속도는 특정한 제한사항이 아니다.

2. 최저 열처리 온도가 규정되어 있더라도 열처리 온도범위는 최저온도 초과 85℃(150°F)까지로 제한할 것을 권장한다. 347, 347H, 348 및 348H에 대해서는 이 범위를 최고온도 초과 140℃(250°F)까지로 연장할 수 있다.

3. 바깥지름이 90 mm(3-1/2 in) 미만인 튜브나 관의 단순한 굽힘부의 제한값은 20%이다.

645.27.5 비철 재료 부품의 성형

1. 압연(rolling)으로 성형된 모든 동체 부분은 압축이나 압연으로 전 길이를 진원으로 만들 수 있다.
2. 다음의 조건을 만족한다면, 표 645.27.5-1에 표시된 합금으로 제작된 압력유지 부품의 냉간 성형 부위는 표 645.27.5-1에 주어진 온도에서 두께의 0.8 min/mm (20min/in) 또는 10분 중 더 긴 시간 동안 가열하여 용체화 어닐링을 하여야 하며, 뒤이어 급냉시켜야 한다.
   가. 마무리 성형온도가 표 645.27.5-1에서 주어진 최저열처리온도 아래인 경우
   나. 설계금속온도와 성형변형은 표 645.27.5-1에 나오는 한계를 초과한 경우, 그 성형변형은 표 645.27.3-1에 있는 계산식을 적용하여 계산하여야 하며, 만일 성형변형을 표 645.27.5-1에서 나타낸 것같이 계산할 수 없으면, 제조자가 최대 성형변형을 결정하여야 한다.
3. 플레어, 스웨이지 또는 업셋은 변형의 양에 관계없이 표 645.27.5-1에 따른 열처리를 적용하여야 한다.

[표 645.27.5-1] 비철재료에 대한 제작 후 변형률 제한값 및 열처리 요건

등급 (Grade)	UNS 번호	낮은 온도범위에서의 제한값			높은 온도범위에서의 제한값		설계온도 제한값 및 성형변형률 제한값을 초과할 때의 최저열처리온도 ℃(℉) [주 1]
		설계온도 ℃(℉)		성형 변형률 (아래 값 초과) %	설계온도 (아래 값 초과) ℃(℉)	성형변형률 (아래 값 초과) %	
		아래 값 초과	아래 값 이하				
617	N06617	540(1000)	675(1250)	15	675(1250)	10	1150(2100)
800	N08800	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	985(1800)
800H	N08810	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1120(2050)
800HT	N08811	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1120(2050)

비고: 이 제한값들은 판을 성형한 원통, 판을 성형한 구형 또는 접시형 경판과 튜브와 관의 굽힘부에 대한 것이다.
주 1. 열처리 온도에서의 냉각속도는 특정한 제한사항이 아니다.

645.27.6 압연할 판재 단면의 예비성형

판재를 압연하려 한다면, 원통형 용기의 길이방향 이음부의 인접 단면을 완성된 이음부를 따라 편평한 부분은 예비 압연이나 성형을 통해서 적당한 곡률을 가진 모양을 만들어야 한다(아래 645.27.7 참조).

645.27.7 용기 부품의 성형 허용오차는 다음의 요건을 따라야 한다.

1. 내압을 받는 동체와 경판
   내압을 받게 될 판재로 제작한 동체와 경판의 허용오차는 공칭단면의 1%이내, 모든 경판은 공칭안지름의 0.625%이내 이어야 한다.
2. 외압을 받는 동체와 경판
   외압을 받게 될 판재로 제작한 동체와 경판의 허용오차는 위 제1호에 따른다.
3. 관으로 제작한 동체에 대한 허용오차
   이 규정(6. 발전용 화력설비)의 모든 다른 요건을 만족시키는 관으로 제작한 용기 동체는 해당 관의 규격에서 허용하는 범위의 지름 변경이 가능하다.
4. 관 캡으로 제작한 경판의 허용오차
   이 규정(6. 발전용 화력설비)의 모든 다른 요건을 만족시키는 관 캡으로 제작한 용기 경판은 해당 제품규격에서 허용하는 범위 내에서 형상 변경이 가능하다.

645.27.8 러그와 부착물

모든 러그, 브래킷, 새들형 노즐, 맨홀 골격, 개구부 주위의 보강 및 기타 부속물은 그것들이 부착되는 동체나 표면의 곡률에 맞도록 성형하고 부착하여야 한다.

1. 새들형 노즐, 맨홀 골격, 개구부 주위의 보강과 같은 압력부품이 압력유지 용접부를 지나 연장된다면, 이로 인하여 덮이게 되는 용접부는 주위와 같은 평면으로 연마하여야 한다.
2. 러그, 브래킷 및 지지 다리와 새들과 같은 비압력 부품이 압력유지 용접부를 지나 연장된다면, 이 용접부는 위 제1호에서 언급한 대로 주위와 같은 평면으로 연마하거나, 부품은 용접부와 간격을 유지하도록 노치를 만들거나 덮어 씌워야 한다.

645.27.9 회전 구멍

성형을 편리하게 하기 위하여 경판 또는 경판 조각의 중앙에 회전 구멍(spin hole)을 허용한다. 지름이 60 mm(2-3/8 in) 이하인 회전 구멍은 용접 플러그나 용접금속을 사용하여 완전 용입 용접으로 막을 수 있다. 용접부나 플러그의 두께는 회전 구멍에 인접한 경판 재료의 두께 이상이 되어야 한다. 완성된 용접부는 645.46에 따라서 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 하여야 한다. 재료규격이 요구하는 검사에 추가하여 645.46에 따르는 용접부의 체적비파괴검사(full volumetric inspection)를 실시하여야 한다.

645.28 모재의 준비

645.28.1 압력용기의 제작에 사용되는 모든 재료는 용기의 안전에 영향을 미치는 결함을 검출할 목적으로 제작 전에 검사하여야 한다. 제작이 진행되면서, 제작 중에 들어

난 결함을 검출하기 위하여, 용기 제조자는 (두께를 통과하여 절단한 개구부의 가장 자리를 포함하는) 모재의 가장 자리를 주의 깊게 검사하여야 하며, 645.26.2에 따라서 결함부를 보수하여야 한다.

1. 아래 제2호에서 요구되는 것을 제외하고는, 용접을 하게 될 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 두께를 가진 모재 내의 절단된 단면은 645.46에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 불연속부 검출을 위한 검사를 실시하여야 한다.
2. 개구부에 대해서는, 모든 두께의 모재 내의 절단된 단면은 645.46에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 불연속부 검출을 위한 검사를 실시하여야 한다. 층상 불연속부(laminar discontinuity)가 있으면 유해할 수 있는 용도에 사용할 경우, 구매자는 제작 전 추가 검사(즉 SA-435 또는 SA-578에 따른 판재 및 SA-388에 따른 단조품에 대한 초음파탐상검사)를 고려하여야 한다.
   가. 표 645.15.4-8의 상세 1, 2 및 7에 나와 있는 개구부에 대한 검사가 요구된다.
   나. 다른 유형의 개구부에서 지름이 75 mm(3 in) 이하인 개구부의 절단된 단면에 대해서는 이 시험이 요구되지 않는다.
   다. 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검출한 불연속부에 대해서는 이들이 층상인지 확인하기 위해 초음파탐상검사를 실시하여야 한다. 비층상 불연속부(길이가 재료 표면과 평행하지 않은)는 제거하여야 한다.
   라. 어느 검사법으로든, 표면과 평행하는 불연속부(개재물과 같은)의 길이가 25 mm(1 in)를 초과하지 않으면 보수하지 않아도 된다.
3. 한 압력부품이 모서리 이음을 만들기 위하여 설계 규정에 따라서 두께가 13 mm(1/2 in)를 넘는 평판에 용접된다면, 용접이음 가공과 모서리 이음을 형성하는 평판의 원주방향 가장자리는 용접하기 전에 645.46에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 아래에서 기술하는 것과 같이 검사하여야 한다. 용접한 후에는, 평판의 원주 단면과 용접이음 가공은 아래에서 규정하는 대로 재검사를 하여야 한다.
   가. 표 645.15.4-4의 상세 1, 2, 3 및 표 645.15.4-6의 상세 1과 같이 평판 내의 대표적인 이음부 용접단(weld edge preparation)
   나. 표 645.15.4-4의 상세 1, 2와 같이 용접 후 평판의 바깥쪽 원주 단면
   다. 용접부의 단면으로부터 그 평판의 원주 단면까지 거리가 그 평판의 두께 미만일 경우, 표 645.15.4-4의 상세 3과 같이 용접 후 평판의 바깥쪽 원주 단면
   라. 표 645.15.4-7의 상세 3, 4와 같이 용접 후 평판의 안쪽 원주 표면

645.28.2 판재와 기타 저장품의 절단

1. 판재, 경판의 단면 및 기타 부품은 기계 가공, 전단 및 그라인딩과 같은 기계

적 방법 또는 열 절단 방법을 통해 요구형상의 크기로 절단할 수 있다. 절단 작업 후에는, 모든 슬래그와 재료의 유해한 변색은 계속 가공하거나 사용하기 전에 기계적 방법으로 제거하여야 한다. 열 절단이 사용될 때는, 재료의 기계적 성질에 미칠 영향을 반영하여야 하며, 용접될 단면은 균일하게 연마하여야 한다.

2. 비철 재료는 강재에 일반적으로 사용되는 재래식 산소절단 장비로는 절단할 수 없으며 산소-연료 가루 절단, 탄소 아크, 산소 아크 및 기타 방법으로 녹이고 절단할 수 있다. 열을 사용한 절단작업 후에는 절단 후 바로 사용하여야 하며, 다른 가공 전에는, 그라인딩, 기계 가공 또는 다른 기계적 방법으로 제거하여야 한다.

645.28.3 노즐과 맨홀 넥의 전단

완성된 용기에서 용접되지 않은 채로 남아 있게 되는 노즐과 맨홀 넥의 끝은 충분한 여유를 주고 전단(shearing)할 수 있다. 절단된 단면은 645.46에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

645.29 맞춤과 정렬

645.29.1 용접될 부품은 용접작업 동안 제자리에 맞추어 정렬하고, 제 위치를 유지하여야 한다. 두 부품이 관성과 연속 구동 마찰 용접 공정으로 접합될 경우, 두 부품 중 하나는 고정되어야 하고 다른 부품은 회전되어야 한다. 접합되는 두 면은 근본적으로 회전축에 필수적으로 대칭이어야만 한다. 해당 이음부의 기본적 형식의 일부는 둥근 중실(solid) 축과 중실 축, 튜브와 튜브, 중실 축과 튜브, 둥근 중실 축과 판재 및 튜브와 판재이다.

645.29.2 용접 중에 정렬을 유지하는 수단

용접되는 단면의 정렬을 유지하기 위하여 봉, 잭, 가용접 또는 기타 적절한 수단이 사용될 수 있다. 가용접은, 정렬을 유지하기 위하여 사용될 경우, 완전히 제거하거나 종점과 시점이 최종 용접부에 만족스럽게 혼입될 수 있도록 그라인딩이나 다른 적절한 방법으로 처리하여야 한다. 가용접부는 인정된 절차로 자격이 인정된 용접사가 용접하여야 하며, 결함에 대해서 육안검사를 하여야 하고, 결함이 발견되면 제거하여야 한다. 결함제거 부위는 645.46에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

645.29.3 맞대기 용접이음의 단면 정열

맞대기 용접이음의 단면은 645.31에서 요구하는 허용오차가 맞대기 이음부에서 초과되지 않도록 용접 중에 고정되어 있어야 한다. 원주 이음부가 허용된 허용오차를 초과할 경우, 경판이나 동체 링, 어느 것이든 허용오차를 벗어난 것은 허용한도(645.31.1 제1호 참조)가 만족될 때까지 다시 성형해야 한다.

645.29.4 임시 부착물의 제거

임시 부착물을 제거한 부위는 편평하게 다듬고 645.46에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 결함은 제거하여야 하고, 결함이 제거된 것을 확인하기 위하여 재료를 검사하여야 한다. 용접보수가 필요하면, 그 보수는 인정된 용접절차를 사용하여 자격이 인정된 용접사가 실시하여야 하고, 그 보수부는 645.26.2 제3호에 따라서 검사하여야 한다.

645.30 용접할 표면의 청소

645.30.1 용접할 표면은 깨끗하고 스케일, 녹, 기름, 그리스, 슬래그, 유해한 산화물 등 해로운 이물질이 없어야 한다. 청소 방법과 범위는 용접할 재료와 제거하여야 할 오염물질에 따라서 결정하여야 한다. 용접금속이 이전에 용접된 표면 위에 용착될 경우, 용접부에 불순물이 혼입되지 않도록 모든 슬래그는 끌, 치핑 해머, 또는 기타 적당한 수단으로 제거하여야 한다.

645.30.2 용접될 주조물의 표면은 주조 스케일을 제거하고 건전한 금속을 노출시키기 위해서 기계 가공, 치핑 또는 연마를 하여야 한다.

645.30.3 완전용융과 용입이 되고 용접부가 결함이 없는 상태로 되는 용접법에는 위 645.30.1 및 645.30.2의 요건이 적용되는 것은 아니다.

645.31 맞대기 용접을 할 단면의 정렬 허용오차

645.31.1 맞대기 용접을 할 단면의 정렬은 최대 옵셋이 아래에 나와 있는 값들보다 크지 않아야 한다. 대안으로 아래에서 허용하는 값들보다 큰 옵셋은 용접하기 전에 검사원의 승인을 받고 645.16.12의 요건과 645.31.2의 요건이 만족된다면 허용된다. 허용응력이 시간 종속적인 특성에 의해 주로 영향을 받는 온도범위에서 용기를 사용하거나, 피로해석이 요구되는 경우, 단면의 정렬을 설계에서 고려하여야 한다.

1. 원통형 동체
   원통형 동체 내의 용접이음에서 최대 허용 옵셋은 표 645.31.1-1에 주어진 값들이어야 한다.
2. 구형 동체와 원통형 동체에 용접되는 반구형 경판
   구형 용기 내의 이음부, 경판 내의 이음부 및 원통형 동체와 반구형 경판의 이음부는 표 645.31.1-1의 요건을 따라야 한다.
3. 퀜칭-뜨임을 한 고강도 강재의 맞대기 용접 단면에 대한 정렬공차는 645.42.5 제3호를 따라야 한다.

645.31.2 허용공차 이내 옵셋의 정형화

위에서 제시된 허용 공차 이내의 옵셋은 그 완성된 용접부의 폭에 걸쳐 3:1의 경사로 정형(fairing)을 시켜야 한다. 또는 필요 시(용접부 단면이 되는 곳을 지나

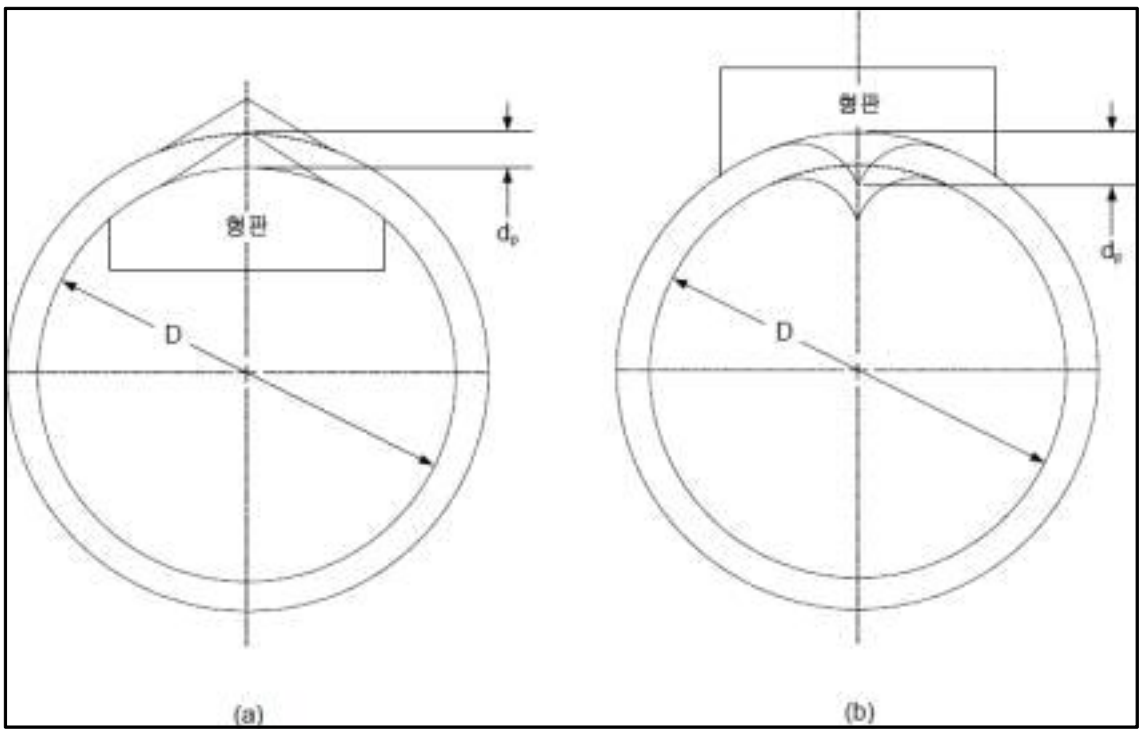
용접금속을 추가하여 덧살붙임이 되면 이를 포함) 만일 용접금속이 덧살붙임으로 추가되면 645.35.9의 요건을 만족해야 한다.

645.31.3 내압을 받는 동체와 경판 내의 용접부의 돌출부

1. 허용응력이 시간 종속적인 특성에 의해 주로 영향을 받는 온도범위에서 용기를 사용하거나, 피로해석이 요구되는 경우, 범주 A 용접이음에서의 돌출부 높이 d_p는 안쪽 형판 또는 바깥쪽 형판을 사용하여 측정하여야 한다(그림 645.31.3-1 참조). 대안으로 API 579-1/ASME FFS-1의 Part 8의 절차를 이용하여 돌출 각도를 측정해도 된다.
2. 모형판의 현 길이는 *D*/6 또는 300mm(12 in) 중 큰 값이어야 하나, 900 mm(36 in)를 초과할 필요는 없다. 용접이음이 접시형 또는 반타원형 경판 내에 있을 경우, 안지름 *D*는 경판의 구형 부분의 지름과 같아야 한다. 용접이음이 2:1 반타원형 경판 내에 있으면, *D*는 부착되는 원통형 동체 공칭 안지름의 1.8배이어야 한다.
3. 허용응력이 시간 종속적인 특성에 의해 주로 영향을 받는 온도범위에서 용기를 사용하거나, 피로해석이 요구되는 경우, d_p의 허용 값은 645.16.12에 따라 결정하여야 하며, 제조자의 설계보고서에 나와 있어야 한다.

[표 645.31.1-1] 용접이음에서 최대허용옵셋

단면 두께	범주 A 이음	범주 B, C, D 이음
13 mm(1/2 in)≤ t	t/4	t/4
13 mm(1/2 in)<t≤19 mm(3/4 in)	3 mm(1/8 in)	t/4
19 mm(3/4 in)<t≤38 mm(1-1/2 in)	3 mm(1/8 in)	5 mm(3/16 in)
38 mm(1-1/2 in)<t≤50 mm(2 in)	3 mm(1/8 in)	t/8
t>50 mm(2 in)	max[t/16, 10 mm(3/8 in]	max[t/8, 19 mm(3/4 in]
비고: t는 용접이음에서 얇은 쪽 단면의 공칭두께이다.		



[그림 645.31.3-1] 범주 A 이음매에서의 돌출 높이

645.32 용접법

645.32.1 이 규정(6. 발전용 화력설비)에 따르는 용기의 제작에 사용될 수 있는 용접법은 표 645.32.1-1와 같다. 이들 용접법의 변수가 포함된 용어의 정의는 161에 따른다. 하이브리드 용접법도 허용된다.

645.32.2 티타늄의 용접은 161에서 규정된 대로 GTAW, GMAW, PAW, EBW 또는 LBW법을 사용하여야 한다.

[표 645.32.1-1] 허용 용접법과 제한

용접법	적용/제한	특수 열처리 요건
• 가스금속아크 • 가스텅스텐아크 • 플라스마아크 • 레이저 빔	• 모든 재료	• 없음
• 전자 빔	• 모든 재료	• 두께가 3 mm(1/8 in)를 초과하는 페라이트 재료를 용접할 때는, 645.41에 제시된 용접후열처리의 면제는 허용되지 않는다.
• 피복아크 • 서브머지드아크 • 폭발용접 • 유도	• 티타늄을 제외한 모든 재료	• 없음
• 일렉트로가스 • 일렉트로슬래그	페라이트강과 다음 오스테나이트강의 맞대기 용접에 국한(단, SA-841 및 SA/NF A 36-215 Grade P440 NJ4는 제외). • SA-240 - TP304, TP304L TP316, TP316L • SA-182 - F304, F304L, TP316, TP316L • SA-351 - CF3, CF3A, CF3M, CF8, CF8A, CF8M	• 이음부에서 두께 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 페라이트 재료 내의 일렉트로슬래그 용접 또는 38mm (1-1/2 in)를 초과하는 단일 패스의 일렉트로가스 용접의 이음부는 입자 정제(오스테나이트 처리) 열처리를 받아야 한다.
• 관성 • 연속구동마찰	• 161에서 P-No.를 부여한 재료(림드강, 세미킬드강 또는 티타늄 제외)	• P-No.3, 4, 5A, 5B, 15E, 5C, 6, 7(TP 405와 TP410S는 제외)을 용접할 때는, 645.41에 제시된 열처리 면제는 허용되지 않는다.
• 아크스터드 • 저항스터드	• 철 재료의 경우 용기에서 사용되는 재료에 대한 645.40 및 645.41의 열처리 요건이 만족된다는 전제 하에서, 퀜칭-뜨임을 한 고강도 강재를 제외한 내력 또는 비내력 기능을 가진 비압력 부품(표 645.2.1.A.4 참조) • 스터드는 둥근 스터드는 지름 25 mm(1 in), 다른 형상을 가진 스터드는 동등한 단면적으로 제한되어야 한다.	• 철 재료의 경우에, 용기 내에 사용되는 재료에 대한 645.41.2 제6호와 645.42.6 제2호의 열처리 요건은 만족되어야 한다.

645.32.3 아크 스터드용접법 및 저항 스터드용접법은, 표 645.32.3-1에 주어진 재료를 제외하고는, 하중을 전달하는 또는 전달하지 않는 기능을 가진 비압력지지 부착물에 대해서만 사용할 수 있다. 철강재료의 경우에는, 생산용접을 시작하기 전에 610.47의 용접후열처리의 요건을 따르고 또한 645.33.4.3 및 645.33.5.1, 645.33.5.2의 요건을 만족하여야 한다. 스터드는 최대지름은 원형의 스터드인 경우에는 25 ㎜(1 in)로 제한하여야 하며, 다른 형상의 스터드에 대해서는 동등한 면적을 갖는 것으로 제한하여야 한다.

[표 645.32.3-1] 열처리에 의해 강화된 성질을 갖는 페라이트 강

규격번호	타입/등급
SA-333	8
SA-334	8
SA-353	....
SA-420	WPL8
SA-487	4 Cl. B&E, CA6NM Cl. A
SA-508	4N Cls. 1,2
SA-517	A, B, E, F, J, P
SA-522	I
SA-533	B Cl. 3, D Cl. 3
SA-543	B, C
SA-553	I, II
SA-592	A, E, F
SA-645	A
SA-724	A, B, C

비고 : 위의 표에 열거된 재료에 대하여 인장 상태에서의 최대 허용응력값은 610.7.1을 참조한다.

645.33 용접 인정과 기록

645.33.1 제조자 또는 부품 제조자는 조직이 수행하는 용접에 대하여 책임이 있다. 제조자 또는 부품 제조자는 용접절차를 인정하고 이 절차를 사용하는 용접사와 자동 용접사의 기량을 인정하기 위하여 161에서 요구하는 시험과 이 부문이 요구하는 추가시험에 대해서도 책임이 있다.

1. 용접재료 선정 지침

제조자는 용접 소모재와 용접법을 선정할 책임이 있다. 용접재료 선정을 위한 이 지침은 설계된 용도에 적합한 용기의 성능을 달성하기 위한 것으로, 모든 조건에 적합하지는 않을 수도 있다. 설계된 사용조건에 적합하게 용기의 성능 달성을 위해 특정 용가재의 선정이 필요할 경우, 사용자 또는 그 대리인은 제조자에게 이러한 정보를 제공하도록 한다.

가. 용접부의 인장강도는 연결될 모재들의 인장강도 이상인 것이 바람직하다.

강도가 다른 모재들을 용접해야 할 경우, 용접금속의 인장강도는 두 모재들 중 낮은 인장강도 이상인 것을 권장한다.

나. 내식성, 인성 또는 내피로성과 같은 고려사항으로 인해 용접이음의 강도가 모재들 중 어느 쪽보다 낮아지는 용접 소모재 또는 용접법을 선택해야 할 경우, 그 용접이음의 강도를 검토하고 사용조건에 적합하게 설계되도록 조정하는 것을 권장한다.

다. 유사한 조성의 용접재료인 경우, 용접금속의 공칭조성은 모재의 공칭조성과 유사한 것을 권장한다. 단, 크립 또는 부식성이 우선적인 고려사항이 되는 경우는 제외한다.

라. 공칭조성이 다른 용접금속의 경우, 용접금속의 공칭조성은 모재들 중 하나의 조성과 유사하거나, 적합한 대체 조성을 권장한다.

마. 비철 모재들을 연결할 경우, 용가재는 비철금속의 제조자 또는 해당 산업계의 권장사항을 따르도록 한다.

2. 다음의 조건이 만족될 경우, 이 규정(6. 발전용 화력설비)에 따라서 압력용기를 제작하기 위하여, 제조자가 고용하고 있지 않은 용접사가 작업할 수 있다.

가. 가. 제조자는 이 규정(6. 발전용 화력설비)을 준수하여 압력용기 또는 부품의 완성에 대한 책임이 있다. 여기에는 규격 표시와 적절하게 작성하고 검사원이 서명한 자료보고서의 제출이 포함된다.

나. 모든 용접은 161의 요건을 따르는 제조자의 용접절차시방서에 따라서 실시하여야 한다.

다. 모든 용접사에 대해서는 161의 요건에 따라 제조자가 자격을 인정하여야 한다.

645.33.2 인정시험의 제한

모든 시험쿠폰의 용접 및 시험은 제조자의 책임이어야 한다. 대안으로 161의 요건과 이 규정(6. 발전용 화력설비)의 해당 요건을 따르는 AWS 표준용접절차시방서를 적용해도 된다.

645.33.3 인정 전의 제조용접

사용하게 될 용접절차가 인정되기 전 까지 제조용접을 하여서는 안 된다.

645.33.4 용접절차의 인정

압력부품의 용접 및 부착물과 같은 내력 비압력 부품의 이음에서 사용되는 절차는 161에 따라서 인정을 받아야 한다.

1. 161에 따라서 절차인정용 시험판을 만들 때에는, 실제 용접의 각도, 횡방향, 단말 구속의 영향을 반영하여야 한다. 이것은 550 MPa(80,000 psi) 이상의 최대 인장강도를 가진 재료와 용접금속 그리고 낮거나 높은 인장강도 재료의 두꺼

운 단면에 적용된다. 용접 중에 구속을 가하면 발생하지 않을 수 있는 균열을 일으킬 수 있다.

2. (연장된 열전달 표면, 단열재 지지 핀, 등과 같이) 본질적으로 내력 기능이 없는 비압력-내력 부착물을 압력부품에 용접하는데 사용되는 절차는 다음의 요건을 만족시켜야 한다.

가. 용접법이 수동, 자동 또는 반자동이면, 그 절차인정이 161에 따라서 요구된다.

나. 용접이 용접절차시방서에 따라서 수행되는 자동용접법을 사용하여 수행되면, 그 절차인정시험은 요구되지 않는다.

3. 압력부품들을 용접하는 경우에 또한 모든 영구적 또는 일시적인 클립이나 러그와 같이 하중을 전달하는 비압력부품을 압력부품에 이음하는 경우에 사용하는 용접절차시방서는 KEPIC-MQW의 요건에 따라서 인정되어야 한다.

645.33.5 용접사와 자동용접사의 시험

압력부품 및 부착물과 같은 내력 비압력 부품(부착물)의 이음에서 용접사와 자동용접사는 161에 따라서 인정을 받아야 한다.

1. 자동용접기에 대한 자동용접사 인정시험은 용접을 시작하기 전에 별도의 시험판 또는 첫 용접품에 실시하여야 한다.

2. 내력 스터드를 부착하기 위하여 스터드 용접을 사용할 때는, 그 절차와 자동용접사의 제조 스터드 용접시험을 각 교대조의 용접 시작 전에 별도의 시험판에 실시하여야 한다. 이 용접시험은 161에 기술된 굽힘 또는 토크 스터드 용접시험에 따라서 용접되고 시험되는 5개의 스터드로 구성되어야 한다.

3. (열전달 표면의 확장, 단열재 지지 핀, 등과 같이) 본질적으로 내력 기능이 없는 비압력-내력 부착물을 압력부품에 용접하는 용접사와 자동용접사는 다음에 따라야 한다.

가. 용접법이 수동, 자동 또는 반자동이면, 161에 따르는 인정이 요구된다.

나. 용접이 자동용접법으로 수행되면, 기량인정시험은 요구되지 않는다.

다. 스터드 용접이 사용된다면, 최종용도 적용 요건에 해당되는 제조 스터드 용접시험을 제조자가 규정하고, 각 교대조의 시작에서 별도의 시험판이나 튜브에 실시하여야 한다.

645.34 용접 전에 취할 사전조치

645.34.1 제조자는 용기의 제작에 사용될 용접봉과 기타 재료의 관리에 책임이 있으며, 용접봉, 플럭스 및 기타 용접재료의 식별, 취급 및 저장 유지관리를 하여야 한다. 용접봉과 플럭스는 습기의 흡수를 최소화하도록 사전조치를 취해야 한다.

645.34.2 허용최저용접온도

재료의 온도가 -20℃(-0°F)보다 낮을 때는 어떤 종류의 용접도 해서는 안 된다. 그 온도가 0℃(32°F)와 -20℃(-0°F) 사이이면, 용접이 시작될 시점에서 75 mm(3 in) 이내에 있는 모든 부위의 표면은 용접을 시작하기 전에 적어도 손이 따뜻한 온도(15℃(60°F)를 넘을 것으로 추산)를 느낄 때까지 가열하여야 한다. 표면이 젖거나 얼음으로 덮여 있을 때, 용접할 표면에 눈이 내릴 때, 또는 용접사 또는 자동용접사와 작업 대상물이 적절하게 보호되어 있지 않거나 강풍이 부는 동안에는 어떤 용접도 하여서는 안 된다.

645.35 용접이음에 대한 요구

645.35.1 Type No.1 양쪽면 맞대기용접 이음부

용접부의 용입과 덧살 - 맞대기 용접이음은 완전용융 용입이 되어야 한다. 용접된 대로의 사용이 허용된다하더라도 용접 표면은 방사선투과검사 또는 기타 요구되는 비파괴검사를 할 수 있도록 거친 주름, 홈, 겹침, 돌연한 융기와 골이 없어야 한다. 방사선투과사진 상의 지시가 용접부의 표면상태 때문이라고 의심이 되면, 판단을 돕기 위해서 그 방사선투과사진을 실제 용접표면과 비교하여야 한다.

1. 다음의 조건이 만족된다면, 용접법으로 인한 두께의 감소는 허용될 수 있다. 그러나 용접법으로 인한 두께 감소의 측정을 요구하는 것은 아니다. 두께 감소의 허용범위에 대하여 제조자와 검사원 사이에 이견이 있으면, 그 깊이는 실제로 측정하여 확인하여야 한다.
   가. 두께의 감소는 어느 점에서나 최소 요구두께 아래로 인접한 표면의 재료를 감소시켜서는 안 된다.
   나. 두께의 감소는 0.8 mm(1/32 in)와 인접한 표면의 공칭두께의 10% 중 작은 것을 초과해서는 안 된다.
2. 검사 요건
   검사 요건은 645.45를 따라야 한다.
3. 용접부 덧살
   용접 홈에 용접금속을 완전히 용착하여 용접부의 어느 위치에서도 용접금속의 표면이 인접 모재의 표면보다 낮지 않도록 용접부의 표면에 덧살을 용착할 수 있다. 각 면의 용접부 덧살 두께는 표 645.35.1-1에 나타나 있는 것을 초과하지 않아야 한다. 한쪽 면에서 용접되는 원주 맞대기 용접부의 루트쪽에 용접법으로 인한 오목부는 용접된 두께가 접합하는 두 모재 중 얇은 쪽 모재의 두께 이상이고 오목부의 외형이 부드러운 경우 허용된다.

645.35.2 Type No.2 받침쇠가 있는 한쪽면 맞대기 이음부 용입과 덧살

Type No.2 받침쇠가 있는 한쪽면 맞대기 이음부가 사용된다면, 그 전체 길이에 걸쳐 이음부의 바닥에서 완전한 용입과 용융이 되도록 맞대어진 구성부품의 정

렬과 간극 조정에 특별히 주의하여야 한다.

1. 받침쇠

받침쇠는 연속적이어야 하며 그 연결부는 맞대기 용접이 되어야 한다. 받침쇠를 형성하기 위하여 한 판의 옵셋을 가진 원주 한쪽면 용접 맞대기 이음부는 금지한다.

2 검사 요건

검사 요건은 645.45를 따라야 한다.

645.35.3 완전용입 모서리 이음부 용입과 용융

완전 용입 모서리 이음부 내의 용접부는 접합되는 부품의 적어도 하나를 완전히 통하여 연장되는 홈 용접부이어야 하며 각 부품이 완전히 용융되어야 하고, 검사 요건은 645.45를 따라야 한다.

645.35.4 노즐 부착물을 위한 부분용입 모서리 이음부 용입 요건

부분용입 용접부는 부분용입 용접부는 표 645.15.4-12에서 요구하는 것과 같은 최소 용입깊이를 가져야 하며, 검사 요건은 645.46을 따라야 한다.

645.35.5 필릿 용접이음

필릿 용접부의 용접금속이 그 용접부의 루트에서 모재 속으로 충분히 용입이 확보되는 방법으로 용착되어야 하며, 검사 요건은 645.45를 따라야 한다.

645.35.6 노즐과 기타 연결부를 부착하는 용접부는 제조자의 설계요건에 따라야 한다.

645.35.7 비압력 부품과 보강재를 부착하는 용접부는 제조자의 설계요건에 따라야 하며, 검사 요건은 645.45를 따라야 한다.

645.35.8 오스테나이트 계 크롬-니켈 합금강 용접부

19 mm(0.75 in)를 초과하는 동체두께를 가진 부품 내의 맞대기와 필릿의 모든 오스테나이트 계 크롬-니켈 합금강 용접부는 침투탐상법으로 645.46에 따라서 검사를 실시하여야 한다. 열처리를 실시한다면, 이 검사는 열처리 후에 실시하여야 하며, 모든 균열은 보수하여야 한다.

645.35.9 표면 용접금속의 덧살붙임

용접금속의 용착이 모재의 두께를 복원하거나 설계 요건의 기울기가 있는 천이를 제공하기 위하여 용접이음의 형상을 수정하기 위한 목적으로 모재의 표면에 적용하는 덧살붙임 절차인정은 161 규정을 따르는 맞대기용접 절차의 인정을 제조용접 전에 용착되는 용접금속의 두께에 대해서 실시하여야 하며, 모든 용접금속의 덧살붙임은 자분탐상법이나 침투탐상법으로 645.46에 따라서 그 용착의 전 표면에 걸쳐 검사를 실시하여야 한다. 645.46에 따라서 방사선투과검사가 요구되는 용접이음에 표면 용접금속 덧살붙임이 사용될 때는, 용접금속 덧살붙임은 이 시험에 포함되어야 한다.

645.35.10 양쪽면 용접이음의 반대쪽 가공

양쪽면 용접이음 후 반대쪽 뒷면은 용접작업을 시작하기 전에 앞면 용접에 의한 용접금속의 바탕에서 건전한 금속을 확보하도록 치핑, 그라인딩, 또는 가우징으로 가공하여야 한다. 이 요건은 용융용접법 등으로 얻어지는 용접부 바탕에 불순물이 없는 상태의 용접법에는 적용하지 않는다.

645.35.11 한쪽면 용접이음의 구성부품의 정렬과 간극

한쪽면 용접이 사용된다면, 이음부의 바닥에서 그 전 길이에 걸쳐 완전한 용입과 용융이 되도록, 접합되는 구성 부품을 정렬하고 간극 조정되어야 한다.

645.35.12 피닝

뒤틀림을 제어 및 잔류응력을 제거하고, 피로수명을 향상시키거나 용접의 품질을 향상시키기 위하여 필요하다고 생각될 때는, 수동, 전기 또는 공압을 사용하여 용접금속과 열영향부를 피닝(peening)할 수 있다. 용접부가 뒤에 용접후열처리를 하지 않는다면, 피닝은 용접금속의 첫(루트) 층 또는 최종(표면) 층에는 사용해서는 안 된다. 그러나 어느 경우에서나 이 규정이 요구하는 용접후열처리 대신에 피닝을 실시하는 것은 아니다.

1. 용기나 용기 부품의 표면특성을 증강시키기만을 위해 조정장치에 의한 쇼트 피닝 또는 다른 유사한 방법은 이 규정이 요구하는 비파괴검사는 압력시험 후에 실시하여야 한다.

[표 645.35.1-1] 용접이음에 대한 최대 살돋움

단면 두께	관이나 튜브의 원주방향 이음부	기타 용접
2.5 mm(3/32 in)<t	2.5 mm(3/32 in)	0.8 mm(1/32 in)
2.5 mm(3/32 in)≤t<5 mm(3/16 in)	2.5 mm(3/32 in)	1.5 mm(1/16 in)
5 mm(3/16 in)≤t<13 mm(1/2 in)	3 mm(1/8 in)	2.5 mm(3/32 in)
13 mm(1/2 in)≤t<25 mm(1 in)	4.0 mm(5/32 in)	2.5 mm(3/32 in)
25 mm(1 in)≤t<50 mm(2 in)	4.0 mm(5/32 in)	3 mm(1/8 in)
50 mm(2 in)≤t<76 mm(3 in)	4.0 mm(5/32 in)	4.0 mm(5/32 in)
76 mm(3 in)≤t<100 mm(4 in)	5.5 mm(7/32 in)	5.5 mm(7/32 in)
100 mm(4 in)≤t<125 mm(5 in)	6 mm(1/4 in)	6 mm(1/4 in)
t≥1250 mm(5 in)	8 mm(5/16 in)	8 mm(5/16 in)
비고: t는 용접이음에서 더 얇은 쪽 단면의 공칭두께이다.		

645.36 허용되는 이음형태

645.36.1 허용된 이음부의 종류는 설계 요건에 따른다.

645.36.2 검사 요건은 645.45를 따라야 한다.

645.37 용접결함의 보수

645.37.1 불합격 대상 결함의 제거 - 육안 또는 645.46에 의한 검사로 검출한 불합격 대상 결함과 누설시험으로 검출한 결함은 기계적 수단 또는 열 가우징 공정으로 제거하여야 한다.

645.37.2 보수할 부위의 재용접

보수할 부위는 인정된 용접절차를 사용하여 자격이 인정된 용접사가 재 용접을 하여야 한다.

645.37.3 보수한 용접부의 검사

보수한 용접부는 최초의 검사 방법으로 재검사를 하여야 하며, 검사결과가 만족스럽지 않을 경우 합격처리를 하여서는 안 된다.

645.37.4 보수된 용접부의 용접후열처리

645.41의 용접후열처리 규정은 모든 용접 보수에 적용되어야 한다.

645.38 티타늄 재료에 대한 시험판 용접

645.38.1 용접된 티타늄 용기가 범주 A 또는 B 용접이음을 포함하면 같은 규격, 등급 및 두께의 제조 시험판을 판의 두께에 따른 적어도 한 개의 표면 굽힘 시험편과 한 개의 루트굽힘 시험편 또는 두 개의 측면굽힘 시험편을 제공하기 위하여 충분한 크기로 제작하여야 한다. 길이방향 이음부에 관련된 곳에서는, 그 시험판을 길이방향 이음

부의 한쪽 끝에 부착하고 이음부와 함께 계속해서 용접하여야 하고, 각각의 용접사 또는 자동용접사는 용접부에서 그 위치와 용착된 것에 비례하는 시험판에 용접금속을 용착시켜야 한다.

645.38.2 시험판은 각각의 용접법 또는 용접법의 조합 또는 자동용접으로부터 수동용접으로 또는 그 반대로의 변경을 나타낸다. 30 m(100 ft)를 넘지 않는 범주 A 또는 B 이음부가 관련되었다면, 각 용기에 대해서 적어도 하나의 시험판이 요구된다. 위에서 기술한 바와 같이 같은 요건을 만족시키는 한 추가 시험판은 관련된 범주 A 또는 B 이음부 매 30 m(100 ft) 추가분에 대해서 제작되어야 한다. 굽힘 시험편은 161에 따라서 준비하고 시험하여야 한다. 어느 한 쪽의 굽힘 시험편의 실패도 그 용접부 불합격의 원인이 된다.

645.39 튜브-관판 용접부 요건

645.39.1 튜브와 관판 또는 관판의 재료가 용접할 수 있는 재료라면, 튜브는 관판에 용접으로 부착할 수 있다.

645.39.2 관판 내의 튜브 구멍은 재료의 물성을 손상시키지 않으며, 아래 제2호의 마무리 요건을 준수하는 튜브 구멍을 낼 수 있는 제조법으로 가공하여야 한다.

1. 튜브의 바깥 표면과 튜브 구멍의 안쪽 표면사이의 간극은 용접절차인정시험에 의해 규정된 간극을 초과하지 않아야 한다.
2. 용접할 쪽에 있는 튜브 구멍에서 관판의 단면은 거스러미가 없어야 하고, 용접부와 반대인 쪽의 튜브 구멍에서의 관판의 단면은 예리한 모서리가 제거되어야 한다. 관판 내의 튜브 구멍의 표면은 깨끗이 마무리가 되어야 한다.

645.39.3 용접부 치수와 용접부 상세, 이음부 가공방법 등 필요항목은 용접절차시방서에 포함된 상세와 일치하여야 한다.

645.40 용접부의 예열

645.40.1 용접되는 재료에 대한 용접예열은 161의 용접절차 인정요건에 따라야 한다. 용접절차가 예열을 요구하지 않는 곳에서는, 용접이음의 완성을 돕기 위하여 용접 중에 예열을 사용할 수 있다. 예열의 필요성과 예열 온도는 화학적 분석, 용접되는 부품의 구속 정도, 고온에서의 물리적 성질 및 재료두께와 같은 변수에 따라야 한다.

645.40.2 161의 P-No.로 표시된 재료에 대한 예열은 표 645.40.2-1에 따른다. 이 표에서 나오는 예열 변수는 용접이음의 만족스러운 완성을 반드시 보장하지 않으며, P-No. 표시를 위한 개별 재료에 대한 요건은 더 제한적인 예열 요건을 가질 수 있다.

[표 645.40.2-1] 용접을 위한 최저예열온도

P-No.	최저예열온도
1	0.3%를 초과하는 규정최대탄소함량과 25 mm(1 in)를 초과하는 두께의 이음은 80℃(175°F), 기타 모든 재료는 10℃(50°F)
3	480 MPa(70,000 psi)를 초과하는 규정최소인장강 또는 16 mm(5/8 in)를 초과하는 두께의 이음을 가진 재료는 80℃(175°F), 기타 모든 재료는 10℃(50°F)
4	410 MPa(60,000 psi)를 초과하는 규정최소인장강도 또는 13 mm(1/2 in)를 초과하는 두께의 이음을 가진 재료는 120℃(250°F), 기타 모든 재료는 10℃(50°F)
5A, 5B, 5C, 15E	410 MPa(60,000 psi)를 초과하는 규정최소인장강도를 가진 재료이거나, 6.0%를 초과하는 규정최소크롬함량과 13 mm(1/2 in)를 초과하는 두께의 이음을 다 가진 재료는 205℃(400°F), 기타 모든 재료는 150℃(300°F)
6	205℃(400°F)
7	없음
8	없음
9A 및 9B	150℃(300°F)
10A	175℃와 230℃(350°F와 450°F) 사이에서 유지되는 층간온도에서 150℃(300°F)
10F	120℃(250°F)
11A	5%와 9% 니켈강에 대해서 예열은 규제하지 않는다.
11 B Gr 1-6	80℃(175°F)
21 - 24	없음
31 - 35	없음
41 - 44	없음

645.41 용접후열처리

645.41.1 이 항에 규정된 상세 요건과 면제사항들을 적용하기 전에, 161의 변수들을 고려하여 적용할 용접절차를 적합하게 인정하여야 한다. 여기에는 용접후열처리에 대한 조건 또는 면제조건과 이 항에 규정된 제한사항들을 포함하여야 한다.

1. 모든 제작 재료에 대한 용접후열처리 요건은 아래와 같다.

가. 표 645.2.1.A.4에 표시된 퀜칭-뜨임을 한 고장력강의 용접후열처리 요건은 645.42.6을 따른다.

나. 비철 재료에 대한 용접후열처리 요건은 아래 645.41.5에 따른다.

다. 2¼Cr-1Mo-¼V 및 3Cr-1Mo-¼V-B 재료의 최종 용접후열처리는 P-No.5C 재료 요건에 따라야 한다.

라. 2¼Cr-1Mo 재료

표 645.8.1-1에 표시된 재료의 최종 용접후열처리 온도는 P-No.5A 재료는 허용할 수 있는 최소정상유지온도는 650℃(1200°F)이고 그 유지시간은 2.5 min/mm(1 hr/in)이어야 한다는 것을 제외하고는, 최종 용접후열처리 온도는

P-No.5A 재료에 대한 부문의 요건에 따라야 한다. 125 mm(5 in)를 넘는 두께에 대해서는, 유지시간은 5 시간 + 125mm를 초과하는 각 추가 mm 당 0.6 분(추가 in 당 15 분)이어야 한다.

마. 모든 다른 재료에 대한 용접후열처리 요건은 아래에 열거하는 표에 따른다. 이 표에서 다르게 제시된 것을 제외하고는, 압력용기 또는 압력용기 부품 내의 모든 용접부는 아래 제6호에서 규정된 것같이 공칭두께에 근거한 해당 표에서 규정된 것 이상의 온도에서 용접후열처리를 하여야 한다. 아래의 재료는 161의 P-No.와 그룹No.로 식별되며, 각 재료 규격은 별표 2.1에 따라야 한다.

1) 표 645.41.1-1 - P-No.1, 그룹No.1, 2, 3 재료
2) 표 645.41.1-2 - P-No.3, 그룹No.1, 2, 3 재료
3) 표 645.41.1-3 - P-No.4, 그룹No.1, 2 재료
4) 표 645.41.1-4 및 4A - P-No.5A, P-No.5B 그룹1, P-No.5C 그룹1, P-No.15E 그룹1 재료
5) 표 645.41.1-5 - P-No.6, 그룹No.1, 2, 3 재료
6) 표 645.41.1-6 - P-No.7, 그룹No.1, 2 및 P-No.8 재료
7) 표 645.41.1-7 - P-No.9A1, 그룹No.1 및 P-No.9B, 그룹1. 재료
8) 표 645.41.1-8 - P-No.10A 그룹No.1, P-No.10B 그룹No. 2, P-No.10C 그룹No. 1, P-No.10E 그룹No.1, P-No.10F 그룹No.6, P-No.10G 그룹No.1, P-No. 10H 그룹No.1, P-No.10I 그룹No.1, P-No.10K 그룹No.1 및 P-No.45
9) 표 645.41.1-9 - 탄소강과 저합금강에 대한 선택적인 용접후열처리 요건

2. 645.41.1 제1호 마.에서 인용한 것과는 다른 부수적 용접후열처리 요건이 645.12의 요건에 근거하여 필수요건일 수 있다.
3. 645.41.1 제1호에서 허용된 용접후열처리 면제는 3 mm(1/8 in)를 초과하는 두께의 페라이트 계 재료를 EBW으로 용접할 때 또는 P-No.3, P-No.4, P-No.5A, P-No.5B, P-No15E, P-No.5C, P-No.6, P-No.7(405형과 410S형은 제외) 및 P-No.10 재료를 관성 및 연속 구동 마찰 용접법으로 용접할 때는 허용되지 않는다.
4. 유지온도와 시간이 초과될 수 있을 때 645.41.1 제1호에서 금지된 곳을 제외하고는, 이 표에서 주어진 최소값을 초과하는 유지온도 또는 유지시간을 사용할 수 있다. 모든 용접후열처리의 시간-온도 기록은 검사원이 확인할 수 있도록 제공되어야 한다. 645.41.1 제1호의 표의 참조에서 규정된 온도에서의 유지시간은 연속적일 필요는 없으며, 용접후열처리 주기의 누적시간으로 표시할 수 있다.
5. 다른 P-No. 그룹으로 구성된 압력 부품의 열처리

두 가지의 다른 P-No. 그룹의 압력부품이 용접으로 접합될 때, 용접후열처리는 더 높은 용접후열처리 온도의 재료가 요구하는 온도이어야 한다. 비압력 부품이 압력부품에 용접될 때는 압력부품의 용접후열처리 온도를 적용하여야 한다.

6. 용접후열처리를 결정하는 공칭두께의 정의

공칭두께는 아래에서 정의된 용접이음의 두께이다. 연소실 내부에 장입 열처리되어야 할 압력용기나 압력용기 부품은 이전에 용접후열처리가 되지 않은 용기나 용기 부품 내의 가장 두꺼운 용접부 두께이다.

가. 용접이음이 완전용입 맞대기용접 방법으로 같은 두께의 부품을 접합할 때의 공칭두께는 허용된 용접 덧살을 제외한 총 용접 깊이를 말한다.

나. 홈 용접에 대한 공칭두께는 홈의 깊이를 말한다.

다. 필릿용접부에 대한 공칭두께는 그 목 치수를 말한다. 홈 용접과 같이 필릿용접 할 경우, 공칭두께는 그 홈의 깊이 또는 목 치수 중 큰 것이다.

라. 스터드 용접에 대한 공칭두께는 스터드의 지름을 말한다.

마. 두께가 다른 부품을 접합하는 용접이음의 공칭두께는 다음과 같아야 한다.

1) 경판-동체 이음을 포함하는 두 인접한 맞대기용접 부품은 더 얇은 쪽

2) 관판, 평 경판, 덮개, 플랜지 또는 유사한 구조물이 동체에 연결된 경우 그 동체의 두께

3) 노즐은 노즐 넥, 동체, 경판, 보강 패드 또는 부착물 필릿용접부 중 어느 것이든 큰 것

4) 노즐 넥-플랜지 연결부 이음부에서는 노즐 넥의 두께

5) 비압력 부품이 압력부품에 용접되었을 때는 부착점에서의 용접 두께

6) 튜브-관판 연결부에서는 용접부의 두께

7) 용접금속 덧씌움이 유일한 용접일 경우, 용접금속 덧씌움 두께

바. 보수부에 대한 공칭두께는 그 보수용접의 깊이를 말한다.

7. 페라이트 계 재료의 일렉트로슬래그 용접부의 열처리

이음부에서 두께가 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 페라이트 계 재료 내의 일렉트로슬래그 용접부는 세립화(오스테나이트징) 열처리를 하여야 한다. P-No.1 재료의 용접후열처리가 오스테나이트징 범위 내에 있을 때, 아래 645.41.3 제2호 및 제5호의 가열 및 냉각 속도 제한은 적용되지 않는다.

[표 645.41.1-1] P-No. 1, 그룹 No. 1, 2, 3 재료에 대한
압력부품과 부착물의 용접후열처리 요건

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
a) 다음 조건에서 용접후열처리를 실시하여야 한다. 1) 공칭두께 38mm(1-1/2 in)를 초과하는 용접이음 2) 용접할 때 95℃(200°F) 이상으로 예열하지 않는, 32mm (1-1/4 in) 초과 38mm(1-1/2 in)까지의 용접이음. 용탕분석으로 판재의 탄소함량과 탄소당량(CE)이 각각 0.14%와 0.40%를 초과하지 않는다면, SA-841 등급 A 및 B에는 이 예열을 적용하지 않는다. 여기서 $CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$ b) 이 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하지 못할 경우, 표 645.41.1-9에 따라서 더 낮은 온도에서 보다 긴 시간 동안 용접후열처리를 할 수 있다.	SI 단위 • $t_n \le 50mm$: 595℃, 0.04 hr/mm, 최소 15분 • $50mm < t_n \le 125mm$: 595℃, 2시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6분 • t_n>125 mm: 595℃, 2시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6분 미국관습단위 • $t_n \le 2$ in: 1100°F, 1 hr/in, 최소 15분 • 2 in < $t_n \le 5$ in: 1100°F, 2시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분 • t_n>5 in: 1100°F, 2 시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분

[표 645.41.1-2] P-No.3, 그룹 No. 1, 2, 3 재료에 대한
압력부품과 부착물의 용접후열처리 요건

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
a) 모든 두께의 P-No.3 그룹No.3 재료는 용접후열처리를 실시하여야 한다. b) 다른 P-No.와 그룹No. 조합에 대해서는 다음 조건에서 용접후열처리를 실시하여야 한다. 단, 아래 c)에서 면제하는 사항은 제외한다. 1) 공칭두께 16 mm(5/8 in)를 초과하는 P-No.3, 그룹No.1 및 P-No.3, 그룹No.2 재료. 이 재료들의 경우, 생산용접 두께 이상을 대상으로 용접절차인정(645.33.4 참조)을 하지 않았다면, 공칭두께 16 mm(5/8 in)까지 용접후열처리를 실시하여야 한다. 2) 직화에 노출되는 압력부품 c) 압력부품에 용접되는 연결부 및 부착물의 경우, 아래와 같은 조건 하에서 용접후열처리는 의무적 요건이 아니다. 단, P-No.3 그룹No.3는 예외로 한다, 1) 규정최대탄소함량[주1]이 0.25%를 초과하지 않는 압력부품에 부착되거나, 크기 13 mm(1/2 in) 이하의 홈 용접 또는 목두께 13 mm(1/2 in) 이하의 필릿 용접으로 비압력부품에 부착되는 연결부 및 부착물. 단, 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 2) 공칭 벽두께가 13 mm(1/2 in) 이하이면서 규정최대탄소함량[주1]이 0.25% 이하인 관이나 튜브의 원주방향 맞대기 용접부 3) 규정최대탄소함량[주1]이 0.25% 이하인 압력부품에 용접되는 스터드. 단, 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 4) 내식성 용접금속 덧씌움 피복용접부 또는 내식성 라이너를 규정최소탄소함량[주1]이 0.25% 이하인 압력부품에 부착시키는 용접부. 단, 초층을 용접할 때 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. d) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.8.3의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다. e) 이 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하지 못할 경우, 표 645.41.1-9에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간동안 용접후열처리를 할 수 있다. 이 규정에 따라서 용접후열처리를 할 때는 라이닝을 부착시킬 때 요구되는 용기의 시험판도 동일하게 열처리하여야 한다.	SI 단위 • $t_n \leq 50mm$: 595℃, 0.04 hr/mm, 최소 15분 • $50mm < t_n \leq 125mm$: 595℃, 2시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6분 • t_n>125 mm: 595℃, 2시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6분 미국관습단위 • $t_n \leq 2$ in: 1100°F, 1 hr/in, 최소 15분 • 2 in < $t_n \leq 5$ in: 1100°F, 2시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분 • t_n>5 in: 1100°F, 2 시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분
주 1. 위의 규정최대탄소함량(specified maximum carbon content)은 SA 재료규격의 탄소함량이다. 구매자가 규격의 제한범위 내에서 추가로 제한하는 경우는 제외한다.	

[표 645.41.1-3] P-No.4, 그룹 No. 1, 2 재료에 대한
압력부품과 부착물의 용접후열처리 요건

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
a) 다음 조건에서 용접후열처리를 실시하여야 한다. 1) 직화에 노출되는 모든 두께의 압력부품 재료 2) 다른 모든 P-No.4 등급 1 및 2 재료 b) 다음 조건에서 용접후열처리는 의무적 요건이 아니다. 1) 관이나 튜브가 다음 모든 조건을 따를 경우, P-No.4 재료의 관이나 튜브에 있는 원주방향 맞대기 용접부 i) 공칭두께 16 mm(5/8 in) 이하 ii) 규정최대탄소함량[주1] 0.15% 이하 iii) 예열온도 120℃(250°F) 이상 2) 다음 조건에서 위 a)1) 및 a)2)의 요건을 따르면서, 필릿 용접된 비압력 부착물이 있는 P-No.4의 관 또는 튜브 재료 i) 필릿 용접부의 최대 목두께는 13 mm(1/2 in) ii) 120℃(250°F) 이상의 예열 적용 3) 위의 a)1) 및 a)2)의 요건을 따르면서, 용접된 스터드가 있는 P-No.4의 관 또는 튜브 재료. 단, 단, 120℃(250°F) 이상으로 예열하여야 한다. c) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.8.3의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.	SI 단위 • $t_n \leq 50mm$: 650℃, 0.04 hr/mm, 최소 1시간 • $50mm < t_n \leq 125mm$ 당: 650℃, 0.04 hr/mm • t_n>125 mm: 650℃, 5시간 + 125 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6분 미국관습단위 • $t_n \leq 2$ in: 1200°F, 1 hr/in, 최소 1시간 • 2 in < $t_n \leq 5$ in: 1200°F, 1 hr/in • t_n>5 in: 1200°F, 5시간 + 5 in를 초과하는 매 in 당 15분
주 1. 위의 규정최대탄소함량(specified maximum carbon content)은 SA 재료규격의 탄소함량이다. 구매자가 규격의 제한범위 내에서 추가로 제한하는 경우는 제외한다.	

[표 645.41.1-4] P-No. 5A, P-No. 5B, 그룹 No. 1 및 P-No.5C, 그룹No. 1의 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리 요건

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
a) 다음 조건 외에는, 용접후열처리를 실시하여야 한다. 1) 관이나 튜브가 다음 모든 조건을 따를 경우, 관이나 튜브에 있는 원주방향 맞대기 용접부 i) 최대규정크롬함량 3.0% ii) 최대공칭두께 16 mm(5/8 in) iii) 규정최대탄소함량[주1] 0.15% 이하 iv) 150℃(300°F) 이상의 예열 적용 2) 다음 조건에서 위의 1)i)~1)iii)의 요건을 따르면서, 필릿 용접된 비압력 부착물이 있는 관 또는 튜브 재료 i) 필릿 용접부의 목두께 13 mm(1/2 in) 이하 ii) 150℃(300°F) 이상의 예열 적용 3) 위의 1)i)~1)iii)의 요건을 따르면서, 용접된 스터드가 있는 관 또는 튜브 재료. 단, 150℃(300°F) 이상으로 예열하여야 한다. b) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.8.3의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다. c) 이 표에 규정된 온도에서 P-No.5A, 5B, 그룹No.1과 5C 그룹 No.1 재료에 대한 용접후열처리를 실시하지 못할 경우, 다음과 같은 조건으로 용접후열처리를 650℃(1200°F) 이상에서 실시할 수 있다. 1) 공칭두께 50 mm(2 in)까지의 재료는 최소 4 시간 또는 9.6 min/ mm(4 hr/in) 중 긴 값으로 유지시간을 증가시킨다. 2) 두께 50 mm(2 in)를 초과하는 재료는 규정유지시간에 4를 곱한 값까지 증가시킨다. 645.8.3의 요건은 이 항의 용접후열처리 온도 감소를 수용할 수 있도록 조정하여야 한다. d) 커패시터 방전용접 또는 전기저항용접으로 나선 열전대를 부착시키는 경우에는 다음 조건 하에서 용접후열처리가 의무적 요건이 아니다. 1) 645.41.4항의 요건을 만족한다. 2) 모재의 최대탄소함량을 0.15% 까지로 제한한다. 3) 최소 벽두께는 5.0 mm(0.20 in)이어야 한다.	SI 단위 • $t_n \leq 50mm$: 675℃, 0.04 hr/mm, 최소 1시간 • $50mm < t_n \leq 125mm$: 675℃, 0.04 hr/mm • t_n>125 mm: 675℃, 5시간 + 125 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6분 미국관습단위 • $t_n \leq$ 2 in: 1250°F, 1 hr/in, 최소 1시간 • 2 in < $t_n \leq$ 5 in: 1250°F, 1 hr/in • t_n>5 in: 1250°F, 5시간 + 5 in를 초과하는 매 in 당 15분
주 1. 위의 규정최대탄소함량(specified maximum carbon content)은 SA 재료규격의 탄소함량이다. 구매자가 규격의 제한범위 내에서 추가로 제한하는 경우는 제외한다.	

[표 645.41.1-4A] P-No. 15E 그룹 No. 1의 재료에 대한
압력부품과 부착물의 용접후열처리 요건

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
a) 공칭두께가 ≤13 mm(1/2 in)이면, 최소유지온도는 720℃(1325°F)이다. b) 이종 금속 용접부(즉, P-No.15 E 그룹No.1과 다른 저크롬 페라이트, 오스테나이트 또는 니켈기 강 사이의 용접부)의 경우, 용가재의 크롬함량이 3.0% 미만이거나 용가재가 니켈기 또는 오스테나이트계라면, 최저유지온도는 705℃(1300°F)가 되어야 한다. c) 위의 최고유지온도는 용접 할 때 사용하는 용가재의 실제 화학조성을 알고 있지 못할 때 적용하기 위한 것이다. 사용하는 용가재의 화학조성을 알고 있을 경우, 최고유지온도를 다음과 같이 증가시킬 수 있다. 1) Ni + Mn < 1.50% 이지만 ≥1.0%이면, 최고 용접후열처리 온도는 790℃(1450°F)이다. 2) Ni + Mn < 1.0% 이면, 최고 용접후열처리 온도는 800℃(1470°F)이다. 3) 사용하는 용가재의 하부 변태온도는 합금성분(주로 총 Ni + Mn)에 의해서 영향을 받는다. 임계간 구역에서의 열처리를 방지할 수 있는 최고유지온도를 설정하여야 한다. d) 구성품의 일부가 위에서 허용하는 된 열처리 온도 이상으로 가열된 경우, 다음 조치사항들 중 하나를 시행하여야 한다. 1) 구성품 전체를 다시 풀림-뜨임 하여야 한다. 2) 이 표 또는 c)1)에 나와 있는 최고유지시간을 초과하지만, 800℃(1470°F)를 초과하지 않는다면, 그 용접금속을 제거하고 교체하여야 한다. 3) 800℃(1470°F)를 초과한 구성품의 해당 부분과 초과 가열된 부분의 양쪽으로 75 mm(3 in) 이상을 제거하고 다시 풀림-뜨임하거나, 교체하여야 한다. 4) 위에서 허용하는 온도를 초과하여 가열된 구성품의 해당 부분을 위에서 규정한 온도범위 내에서 다시 열처리한다면, 허용응력은 등급 9 재료(즉, SA-213-T9, SA-335-P9 또는 동등한 제품규격)의 허용응력이어야 한다. e) 다음 요건을 따를 경우, 관과 튜브 재료에 확장 열 흡수 핀을 부착하기 위한 전기저항 용접부에 대해서는 용접후열처리는 의무적 요건이 아니다. 1) 관 또는 튜브 크기 100 DN (NPS 4) 이하 2) 규정최대탄소함량[주1] 0.15% 이하 3) 핀 두께 3 mm(1/8 in) 이하 4) 용접절차를 적용하기 전에, 열영향부가 최소 벽두께를 잠식하지 않는다는 것을 제조자가 입증하여야 한다. f) 커패시터 방전용접 또는 전기저항용접으로 나선 열전대를 부착	SI 단위 • $t_n \leq 125\,mm$: 최저 730℃ 최고 775℃, 0.04 hr/mm, 최소 30분 • t_n>125 mm: 최저 730℃ 최고 775℃, 5시간 + 125 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6분 미국관습단위 • $t_n \leq 5$ in: 최소 1350°F 최고 1425°F, 1 hr/in, 최소 30분 • t_n>5 in: 1350°F, 5시간 + 5 in를 초과하는 매 in 당 15분

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
시키는 경우에는 다음 조건 하에서 용접후열처리가 의무적 요건이 아니다. 1) 645.41.4항의 요건을 만족한다. 2) 모재의 최대탄소함량을 0.15% 까지로 제한한다. 3) 최소 벽두께는 5.0 mm(0.20 in)이어야 한다.	
주 1. 위의 규정최대탄소함량(specified maximum carbon content)은 SA 재료규격의 탄소함량이다. 구매자가 규격의 제한범위 내에서 추가로 제한하는 경우는 제외한다.	

[표 645.41.1-5] P-No. 6, 그룹 No. 1, 2, 3의 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리 요건

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
a) 탄소함량이 0.08%를 초과하지 않는 419형 재료로 제작하고 오스테나이트계 크롬-니켈 용착물 또는 비공기경화 니켈-크롬 철 용착물을 산출하는 용접봉으로 용접한 용기에 대해서는 다음 조건 하에서 용접후열처리가 요구되지 않는다. 1) 용접이음에서 판의 두께가 10 mm(3/8 in)를 초과하지 않는다. 2) 두께 10 mm(3/8 in) 초과 38 mm(1-1/2 in)까지는 용접하는 동안에 230℃(450°F)의 예열을 유지하고 그 이음부 전체에 대한 방사선투과검사를 실시한다. b) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.8.3의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.	SI 단위 • $t_n \leq 50mm$: 760℃, 0.04 hr/mm, 최소 1시간 • $50mm < t_n \leq 125mm$: 760℃, 2시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6분 • t_n>125 mm: 760℃, 2시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6분 미국관습단위 • $t_n \leq 2$ in: 1400°F, 1 hr/in, 최소 1시간 • 2 in < $t_n \leq 5$ in: 1400°F, 2시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분 • t_n>5 in: 1400°F, 2시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분

[표 645.41.1-6] P-No. 7, 그룹 No. 1, 2 및 P-No. 8의 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리 요건

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
재료: P-No.7, 그룹No.1, 2	
a) 645.41에 따라 용접후열처리를 실시하여야 한다. 단, 냉각속도는 650℃(1200°F) 초과 온도에서 최고 55℃/hr(100°F/hr)이어야 하고, 이후에는 취화를 방지할 수 있도록 충분히 빨라야 한다. 탄소함량이 0.08%를 초과하지 않는 405형 및 410S형 재료를 오스테나이트계 크롬-니켈 용착물 또는 비공기경화 니켈-크롬 철 용착물을 산출하는 용접봉을 사용하여 제작한 용기는 다음 조건 하에서 용접후열처리가 요구되지 않는다. 1) 용접이음에서 판의 두께가 3 mm(1/8 in)를 초과하지 않는다. 2) 두께 3 mm(3/8 in) 초과 38 mm(1-1/2 in)까지는 용접하는 동안에 230℃(450°F)의 예열을 유지하고 그 이음부 전체에 대한 방사선투과검사를 실시한다. b) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.8.3의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.	SI 단위 • $t_n \leq 50mm$: 730℃, 0.04 hr/mm, 최소 1시간 • $50mm < t_n \leq 125mm$: 730℃, 2시간 + 50 mm를 초과하는 mm 당 0.6분 • t_n>125 mm: 730℃, 2시간 + 50 mm를 초과하는 mm 당 0.6분 미국관습단위 • $t_n \leq 2$ in: 1350°F, 1 hr/in, 최소 1시간 • 2 in< $t_n \leq 5$ in: 1350°F, 2시간 + 2 in를 초과하는 in 당 15분 • t_n>5 in: 1350°F, 2시간 + 2 in를 초과하는 in 당 15분
재료: P-No. 8	
용접후열처리는 규제하지 않는다.	

[표 645.41.1-7] P-No. 9A, 그룹 No. 1 및 P-No. 9B, 그룹 No. 1의 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리 요건

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
재료: P-No. 9A, 그룹 No. 1	
a) 다음 조건에서 용접후열처리를 실시하여야 한다. 1) 구매자 설계규격에서 요구하는 모든 두께의 재료 2) 공칭두께 16 mm(5/8 in)을 초과하는 재료. 공칭두께 16 mm(5/8 in) 이하의 재료는 용접절차를 인정(645.33.4 참조)할 때 생산 용접부 두께 이상을 대상으로 하지 않았다면, 용접후열처리를 실시하여야 한다. 3) 직화에 노출되는 압력부품 b) 다음 조건에서 용접후열처리는 의무적 요건이 아니다. 1) 관이나 튜브가 다음 조건을 따를 경우, 관이나 튜브에 있는 원주방향 맞대기 용접부 i) 공칭바깥지름 100 mm(4 in) 이하 ii) 두께 13 mm(1/2 in) 이하 iii) 규정최대탄소함량[주1] 0.15% 이하 iv) 예열온도 120℃(250°F) 이상 2) 다음 조건에서 위의 1)i)~1)iii)의 요건을 따르면서, 필릿 용접된 부착물이 있는 관 또는 튜브 재료 i) 필릿 용접부의 목두께는 13 mm(1/2 in) 이하이다. ii) 120℃(250°F) 이상으로 재료를 예열한다. 건전한 용접이음을 위한 특정한 관리절차를 적용하는 경우, 더 낮은 예열온도를 적용할 수 있다. 이러한 절차에는 다음 사항들을 포함할 수 있지만 이들에 국한하지는 않는다. • 필릿 용접부의 목두께는 13 mm(1/2 in) 이하이어야 한다. • 필릿 용접부의 최대 연속길이가 100 mm(4 in)를 초과하지 않는다. • 용접절차인정을 위한 시험판의 두께는 용접할 재료의 두께 이상이어야 한다. 3) 크기 13 mm(1/2 in) 이하의 홈 용접 또는 목두께 13 mm (1/2 in) 이하의 필릿 용접으로 비압력부품을 압력부품에 부착시키는 용접부. 단, 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 4) 95℃(200°F) 이상으로 예열하면서 압력부품에 용접되는 스터드 5) 내식성 용접금속 덧씌움 피복 용접부 또는 내식성 라이너 부착 용접부. 단, 초층을 용접할 때 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. c) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.8.3의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다. d) 430℃(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30℃/hr(50°F/hr) 미만일 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 또한 전 두께에 걸쳐 최저온도가 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있을 경우, 추가적인 0.60	SI 단위 • 595℃, 최소 1시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm 미국관습단위 • 1100°F, 최소 1시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. e) 이 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하지 못할 경우, 표 645.41.1-9에 따라 더 낮은 온도[최저 540℃(1000°F)]에서 더 긴 시간동안 용접후열처리를 할 수 있다. 이 규정에 따라서 용접후열처리를 할 때는 645.8.3에 따라 용기의 시험판도 동일하게 열처리 하여야 한다.	
재료: P-No. 9B, 그룹 No. 1	
a) 다음 조건에서 용접후열처리를 실시하여야 한다. 1) 공칭두께 16 mm(5/8 in)를 초과하는 재료. 공칭두께 16 mm (5/8 in) 이하의 재료는 용접절차를 인정(645.33.4 참조)할 때 생산용접부 두께 이상을 대상으로 하지 않았다면, 용접후열처리를 실시하여야 한다. 2) 직화에 노출되는 압력부품 b) 다음 조건에서 용접후열처리는 의무적 요건이 아니다. 1) 크기 13 mm(1/2 in) 이하의 홈 용접 또는 목두께 13 mm (1/2 in) 이하의 필릿 용접으로 비압력부품을 압력부품에 부착시키는 용접부. 단, 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 2) 95℃(200°F) 이상으로 예열하면서 압력부품에 용접되는 스터드 3) 내식성 용접금속 덧씌움 피복 용접부 또는 내식성 라이너 부착 용접부. 단, 초층을 용접할 때 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. c) 용접후열처리를 위한 유지온도는 635℃(1175°F)를 초과하지 않아야 한다. d) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.8.3의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다. e) 430℃(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30℃/hr(50°F/hr) 미만일 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 또한 전 두께에 걸쳐 최저온도가 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있을 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. f) 이 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하지 못할 경우, 표 645.41.1-9에 따라 더 낮은 온도[최저 540℃(1000°F)]에서 더 긴 시간동안 용접후열처리를 할 수 있다. 이 규정에 따라서 용접후열처리를 할 때는 645.8.3에 따라 용기의 시험판도 동일하게 열처리 하여야 한다.	SI 단위 • 595℃, 최소 1시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm 미국관습단위 • 1100°F, 최소 1시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in
주 1. 위의 규정최대탄소함량(specified maximum carbon content)은 SA 재료규격의 탄소함량이다. 구매자가 규격의 제한범위 내에서 추가로 제한하는 경우는 제외한다.	

[표 645.41.1-8] P-No. 10A 그룹 No. 1, P-No. 10B 그룹 No. 2, P-No. 10C 그룹 No. 1, P-No. 10E 그룹 No. 1, P-No. 10F 그룹 No. 6, P-No. 10G 그룹 No. 1, P-No. 10H 그룹 No. 1, P-No. 10I 그룹 No. 1, P-No. 10K 그룹 No. 1 및 P-No.45의 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리 요건

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
재료: P-No.10A 그룹No.1	
a) 다음 조건에서 용접후열처리를 실시하여야 한다. 1) 모든 두께의 SA-487 Cl. 1A 재료 2) 공칭두께 16 mm(5/8 in)를 초과하는 다른 모든 P-No.10A 재료. 공칭두께 16 mm (5/8 in) 이하의 재료는 용접절차를 인정(645.33.4 참조)할 때 생산용접부 두께 이상을 대상으로 하지 않았다면, 용접후열처리를 실시하여야 한다. 3) 직화에 노출되는 압력부품 b) 다음 조건에서 용접후열처리는 의무적 요건이 아니다. 1) 규정최대탄소함량[주1]이 0.25%를 초과하지 않는 압력부품에 부착시키거나, 크기 13 mm(1/2 in) 이하의 홈 용접 또는 목두께 13 mm (1/2 in) 이하의 필릿 용접으로 비압력부품에 부착시키는 용접부. 단, 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 2) 공칭 벽두께가 13 mm(1/2 in) 이하이며 규정최대탄소함량[주1]이 25% 이하인 관 또는 튜브에 있는 원주방향 맞대기 용접부. 단, 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 3) 규정최대탄소함량[주1]이 25% 이하인 압력부품에 용접되는 스터드. 단, 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 4) 내식성 용접금속 덧씌움 피복용접부 또는 내식성 라이너를 0.25% 이하의 규정최소탄소함량[주1]을 가진 압력부품에 부착시키는 용접부. 단, 초층을 용접할 때 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. c) 최저온도 및 더 긴 유지시간 동안 더 낮은 온도에서 용접후열처리를 할 때, 바나듐 함량이 0.15% 이하인 재료의 취화 가능성을 고려하는 것이 바람직하다. d) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.12.8 제4호의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다. e) 430℃(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30℃/hr(50°F/hr) 미만일 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 또한 전 두께에 걸쳐 최저온도가 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있을 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. f) 이 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하지 못할 경우, 표 645.41.1-9에 따라 더 낮은 온도에서 더 긴 시간 동안 용접후열처리를 할 수 있다. 이 규정에 따라서 용접후열처리를 할 때는 645.12.8 제4호에 따라 용기의 시험판도 동일하게 열처리하여야 한다.	SI 단위 • 595℃, 최소 1시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm • SA/NF A36-215 등급 P440 NJ4: 530℃에서 560℃, 두께 20 mm 이하에 대하여 1/2시간 미국관습단위 • 1100°F, 최소 1시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in • SA/NF A36-215 등급 P440 NJ4: 985°F to 1040°F, 두께 0.79 in 이하에 대하여 1/2시간
재료: P-No.10B, 그룹No.2	

용접후열처리 요건	공칭두께 기준 유지온도 및 시간
a) 모든 두께의 P-No.10B 재료는 용접후열처리를 실시하여야 한다. b) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.12.8 제4호의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다. c) 430℃(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30℃/hr(50°F/hr) 미만일 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 또한 전 두께에 걸쳐 최저온도가 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있을 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다.	SI 단위 • 595℃, 최소 1시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm 미국관습단위 • 1100°F, 최소 1시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in
재료: P-No. 10C, 그룹 No. 1	
a) 다음 조건에서 용접후열처리를 실시하여야 한다. 1) 공칭두께 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 용접이음 2) 용접할 때 95℃(200°F) 이상으로 예열하지 않는, 공칭두께 32 mm (1-1/4 in) 초과 38 mm(1-1/2 in)까지의 용접이음 b) 다음 조건에서 용접후열처리는 의무적 요건이 아니다. 1) 마무리된 안지름 50 mm (2 in) 이하인 노즐 연결부를 부착시키는 크기 13 mm(1/2 in) 이하인 홈 용접부와 목두께 13 mm(1/2 in) 이하인 필릿 용접부. 단, 이 연결부는 동체 또는 경판 두께의 증가를 요구하는 리거먼트를 형성하지 않으며, 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 2) 압력부품에 비압력부품을 부착시키기 위한 크기 13 mm(1/2 in) 이하의 홈 용접부 또는 목두께 13 mm(1/2 in) 이하인 필릿 용접부. 단, 압력부품의 두께가 32 mm(1-1/4 in)를 초과하면 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 3) 압력부품에 용접되는 스터드. 단, 압력부품의 두께가 32 mm (1-1/4 in)를 초과하면 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. 4) 내식성 용접금속 덧씌움 피복 용접부 또는 내식성 라이닝 부착 용접부. 단, 압력부품의 두께가 32 mm (1-1/4 in)를 초과하면 초층을 용접할 때 95℃(200°F) 이상으로 예열하여야 한다. c) 430℃(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30℃/hr(50°F/hr) 미만일 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 또한 전 두께에 걸쳐 최저온도가 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있을 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. d) 이 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하지 못할 경우, 표 645.41.1-9에 따라 더 낮은 온도에서 더 긴 시간 동안 용접후열처리를 할 수 있다.	SI 단위 • 540℃, 최소 1 시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm 미국관습단위 • 1000°F, 최소 1 시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in
재료: P-No.10E, 그룹No.1	
a) SA-268 등급 TP446 재료에 한해, 650℃(1200°F)를 초과하는 범위에서 냉각속도는 55℃/hr(100°F/hr) 이하이어야 하고, 이후에는 취화를 방지하기 위하여 냉각속도가 충분히 빨라야 한다.	SI 단위 • 675℃, 최소 1시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm

<table>
<tr><th>용접후열처리 요건</th><th>공칭두께 기준 유지온도 및 시간</th></tr>
<tr><td>b) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장 시간 또는 최고온도에 대한 645.12.8 제4호의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.
c) 430℃(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30℃/hr(50°F/hr) 미만일 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 또한 전 두께에 걸쳐 최저온도가 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있을 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다.</td><td>미국관습단위
• 1250°F, 최소 1시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in</td></tr>
<tr><td colspan="2">재료: P-No. 10F, 그룹 No. 6</td></tr>
<tr><td>a) 모든 두께의 P-No.10F 재료는 용접후열처리를 실시하여야 한다.
b) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장 시간 또는 최고온도에 대한 645.12.8 제4호의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.
c) 430℃(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30℃/hr(50°F/hr) 미만일 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 또한 전 두께에 걸쳐 최저온도가 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있을 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다.</td><td>SI 단위
• 595℃, 최소 1시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm

미국관습단위
• 1100°F, 최소 1시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in</td></tr>
<tr><td colspan="2">재료: P-No. 10G, 그룹 No. 1</td></tr>
<tr><td>a) 용접후열처리는 규제하지 않는다.
b) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장 시간 또는 최고온도에 대한 645.12.8 제4호의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.</td><td>…</td></tr>
<tr><td colspan="2">재료: P-No. 10H 그룹 No. 1</td></tr>
<tr><td>아래에 나와 있는 오스테나이트-페라이트계 단조 또는 주조 2상계 스테인리스강에 대한 용접후열처리는 규제하지 않는다. 그러나 열처리를 한다면 아래와 같이 실시하여야 하며, 후속 액체 퀜칭을 하거나 다른 방법으로 급속냉각 하여야 한다.
<table>
<tr><th rowspan="2">합금</th><th colspan="2">용접후열처리 온도</th></tr>
<tr><th>℃</th><th>°F</th></tr>
<tr><td>S32550</td><td>최소 1040</td><td>최소 1900</td></tr>
<tr><td>S31803, S32205</td><td>최소 1040</td><td>최소 1900</td></tr>
<tr><td>S32900
(0.08 최대 C)</td><td>940 – 970</td><td>1725 – 1775</td></tr>
<tr><td>S31200</td><td>최소 1040</td><td>최소 1900</td></tr>
<tr><td>S31500</td><td>975 - 1025</td><td>1785 - 1875</td></tr>
<tr><td>S32304</td><td>최소 980</td><td>최소 1800</td></tr>
<tr><td>J93345</td><td>최소 1120</td><td>최소 2050</td></tr>
<tr><td>S32750</td><td>1025 -1125</td><td>1880 - 2060</td></tr>
<tr><td>S32950</td><td>995 - 1025</td><td>1825 - 1875</td></tr>
</table></td><td>…</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>용접후열처리 요건</th><th>공칭두께 기준 유지온도 및 시간</th></tr>
<tr><td colspan="2">재료: P-No. 10I, 그룹 No. 1</td></tr>
<tr><td>a) 650℃(1200°F)를 초과하는 범위에서 냉각속도는 55℃/hr(100°F/hr) 이하이어야 하고, 이후에는 취화를 방지하기 위하여 냉각속도가 빨라야 한다.
b) 13 mm 이하의 두께에 대해서는 용접후열처리를 규제하지 않는다.
c) 합금 S44635에 대해서는 페라이트 크롬 스테인리스강에 대한 요건을 적용하여야 한다. 단, 용접후열처리는 규제하지 않는다. 성형 또는 용접 후에 열처리를 한다면, 1010℃(1850°F) 이상에서 실시하여야 하며 이후 430℃(800°F)까지 급속냉각 하여야 한다.
d) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.12.8 제4호의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.
e) 430℃(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30℃/hr(50°F/hr) 미만일 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 또한 전 두께에 걸쳐 최저온도가 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있을 경우, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다.</td><td>SI 단위
• 730℃, 최소 1시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm

미국관습단위
• 1350°F, 최소 1시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in</td></tr>
<tr><td colspan="2">재료: P-No. 10K, 그룹 No. 1</td></tr>
<tr><td>a) 합금 S44660에 대해서는 페라이트 크롬 스테인리스강에 대한 요건을 적용하여야 한다. 단, 용접후열처리는 규제하지 않는다. 성형 또는 용접 후에 열처리를 한다면, 815℃~1065℃(1500°F~1850°F)에서 10분 이하로 실시하여야 하며 이후 급속냉각 하여야 한다.
b) 용접후열처리의 유지시간 동안에 용기의 어느 구성품이 최장시간 또는 최고온도에 대한 645.12.8 제4호의 규정을 초과한다면, 추가로 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.</td><td>…</td></tr>
<tr><td colspan="2">재료: P-No. 45 (645.40 참조)</td></tr>
<tr><td>a) P-No. 45의 오스테나이트 스테인리스강들 사이의 이음에 대해서는 용접후열처리를 규제하지 않는다.
b) 냉각 요건: 액체 퀜칭 또는 다른 방법에 의한 급속냉각
<table>
<tr><th rowspan="2">합금</th><th colspan="2">용접후열처리 온도</th></tr>
<tr><th>℃</th><th>°F</th></tr>
<tr><td>S31266</td><td>1140 - 1170</td><td>2085 - 2138</td></tr>
</table></td><td>…</td></tr>
<tr><td colspan="2">주 1. 위의 규정최대탄소함량(specified maximum carbon content)은 SA 재료규격의 탄소함량이다. 구매자가 규격의 제한범위 내에서 추가로 제한하는 경우는 제외한다.</td></tr>
</table>

[표 645.41.1-9] 대안적 용접후열처리 요건

최저규정온도 이하에서 온도 감소 ℃(℉)	감소된 온도에서 최소유지시간, 시간 [주1]
30(50)	2
55(100)	4
85(150) [주 2]	10
110(200) [주 2]	20

비고: 표 645.41.1-1 ~ 표 645.41.1-8에서 허용하는 경우에만 적용한다.
주 1. 25 mm(1 in) 이하의 두께에 대한 최소유지시간, 25 mm(1 in)를 초과하는 두께에 대해서는 0.6 min/mm(15 min/in)를 더한다.
2. 이 용접후열처리 하한 온도는 P-No.1, 그룹No.1, 2에 대해서만 허용된다.

645.41.2 용접후열처리 절차

1. 용접후열처리는 아래 제2호부터 제7호까지 중의 하나에 따라 실시하여야 한다. 아래에 따라, 가열대(soak band)는 645.41.1 제1호에서 요구된 최저 용접후열처리 온도를 만족시키거나 초과하도록 요구된 금속의 체적으로 정의된다. 최소한, 가열대는 그 용접부, 열영향부 그리고 열처리되고 있는 용접부에 인접한 모재 부분을 포함하여야 한다. 이 체적의 최소폭은 용접부의 각 쪽 또는 끝에서의 가장 넓은 폭에 645.4.1 제6호에서 규정된 공칭두께 또는 50 mm(2 in) 중 작은 것을 더한 값이다.
2. 용접후열처리는 밀폐된 가열로 내에서 전체용기를 한번에 연소실 내부에서 가열한다.
3. 용기를 부분적으로 2회 이상 연소실 내부에서 가열하는 경우
용기의 가열될 부분이 적어도 1.5 m(5 ft)이상 겹친다면, 용접후열처리는 2회 이상으로 나누어 실시한다. 이 절차를 사용할 때는, 가열로 밖에 있는 부분은 그 열기울기가 허용범위를 벗어나지 않도록 차폐시켜야 한다. 가열로 밖으로 튀어나오는 용기의 단면은 노즐이나 기타 구조적 불연속부와 교차하여서는 안된다.
4. 접합 전 동체, 경판 및 기타 부분의 가열
완성된 용기를 만들기 위하여 접합하기 전, 길이방향 이음부나 복잡한 용접 상세부의 용접후열처리는 동체, 경판 및/또는 용기의 각 부분을 나누어 용접후열처리를 실시한다. 완성된 용기 전체로 또는 645.41.2 제3호에서 규정하는 것같이 두 번 이상의 가열방식으로 용접후열처리가 어렵다면, 이전에 용접후열처리를 하지 않은 원주방향 이음부는 균일한 가열이 가능한 적절한 방법에 의해서

국부적으로 용접후열처리를 하여야 한다. 국부적 가열에서 가열대는 원주 주위로 충분히 연장되어야 한다. 가열대 바깥 부분의 온도기울기는 규정범위 내로 하여야 한다.

5. 용기의 내부에서 가열

용기를 내부에서 가열하여 용접후열처리를 한다. 내부 가열은 적절한 수단으로 할 수 있다. 용기의 벽에서 균일한 온도 분포의 제어와 유지에 도움이 되도록 지시 및 온도기록 장치를 사용하여야 한다. 이 작업을 하기 전에, 용기는 단열재료로 완전히 감싸야 한다.

6. 용기의 노즐과 외부 부착물의 국부가열

노즐과 부착물의 국부가열은 용접후열처리가 필요한 노즐과 기타 용접된 부착물을 포함하는 원주방향 대역 전체를 요구된 온도로 균일하게 온도를 올리고 규정된 시간 동안 유지하는 방식으로 가열하여 실시한다. 아래에 따르는 것을 제외하고는, 가열대는 전체 용기 주위를 포함하고 노즐이나 용접된 부착물을 포함하여야 한다.

가. 원주방향 가열대 바깥 부분은 온도기울기가 유해하지 않도록 보호하여야 한다. 이 절차는 관, 튜브 또는 노즐 넥 내의 원주방향 이음부의 국부 열처리에 대해서도 사용될 수 있다. 후자의 경우, 동체에 근접한 부분에서는 열구속이 증가되므로, 설계자는 노즐 부착부의 온도기울기를 규정범위 이내로 열처리를 할 수 있도록 충분한 여유길이를 준비하거나, 노즐을 포함한 동체 둘레의 전체를 원주 가열대로 가열하여야 한다.

나. 노즐이나 부착물 용접부 주위의 요구된 가열대 온도까지 가열되어 요구 시간 동안 유지될 경우, 용접후열처리가 필요한 노즐이나 부착물 용접부로부터 떨어진 원주 가열대의 폭이 같지 않아도 좋다. 가열대 폭을 다르게 할 수 있는 대안으로서, 노즐이나 부착물 용접부 주위의 요구된 가열대가 요구 온도까지 가열되어 요구 시간 동안 유지되며, 또한 온도기울기가 가열 및 냉각주기 동안에 계속 허용범위 이내일 경우, 노즐이나 부착물 용접부로부터 떨어진 원주가열대 내의 온도는 같지 않아도 좋으며, 요구된 온도까지 도달할 필요가 없다. 원주 가열대의 용기 바깥 부분은 온도기울기가 유해하지 않도록 보호하여야 한다.

7. 이중 곡률 경판이나 동체의 국부면적 가열

이중 곡률 경판, 구형 동체 경판의 더 큰 반지름 부위에 있는 노즐이나 용접된 부착물 주위의 국부 면적을 요구된 온도로 균일하게 올리고 요구된 시간동안 유지하는 방식으로 가열하여 용접후열처리를 실시한다. 그 가열대는 노즐 또는 용접된 부착물을 포함하여야 한다. 최소 가열대 크기는 노즐, 보강판 또는 부착물을 동체에 부착하는 용접부의 가장 넓은 폭에 645.41.1 제6호에서 정의된

공칭두께 또는 50 mm(2 in) 중 작은 것을 더한 것을 반지름으로 하는 원이어야 한다. 가열대 바깥에 있는 용기 부분은 온도 구배가 유해하지 않도록 보호하여야 한다.

8. 다른 형상의 가열

열기울기, 모든 구조적 불연속부(노즐, 부착물, 경판-동체 이음부와 같은), 그리고 용접후열처리 동안에 존재할 수 있는 어떤 기계적 하중의 영향을 반영하는 (충분히 유사한 기록된 경험이나 평가를 기초로 한) 다른 조치가 취해졌다면, 645.41.2 제2호부터 제7호까지에 적용되지 않는 다른 형상의 국부 면적 가열에 의한 용접후열처리는 허용된다. 가열대의 밖에 있는 용기 부분은 온도기울기가 유해하지 않도록 보호하여야 한다. 그 가열대는 645.41.1 제6호에서 정의된 공칭두께 또는 50 mm(2 in) 중 작은 값만큼 부착 용접부의 모서리를 지나 모든 방향으로 확장된 원주를 포함하여야 한다.

645.41.3 용접후열처리 작업

용접후열처리 작업은 다음의 요건에 따라서 645.41.2에서 주어진 절차 중 하나로 실시하여야 한다.

1. 용접후열처리가 가열로(645.41.2 제3호 참조) 안에서 실시될 때, 가열로의 온도는 용기나 부품을 안에 놓았을 때 430℃(800°F)를 초과해서는 안 된다.
2. 430℃(800°F) 위에서, 가열속도는 220℃/hr(400°F/hr)을 inch로 표기된 동체나 경판의 최대 두께로 나눈 값 이하가 되어야한다. 어떠한 경우에도 220℃/hr (400°F/hr)을 초과하지 않아야 하고 55℃/hr (100°F/hr)보다 높아야 한다. 가열하는 동안, 가열된 용기부분 전 길이에 걸쳐 4.6 m(15 ft) 길이 간격 내에서 140℃(250°F)를 초과하는 온도 변화가 없어야 한다.
3. 용기나 용기 부품은 645.41에서 규정된 온도 이상에서 이 항에서 규정된 시간 동안 유지되어야 한다. 유지시간 동안, 645.41에서 허용한 범위를 제외하고, 가열되고 있는 용기의 가장 높은 온도와 가장 낮은 온도 범위는 85℃(150°F)이내이어야 한다.
4. 용접후열처리가 가열로(645.41.2 제3호 참조) 안에서 수행될 때, 가열 및 유지시간 동안, 가열로의 용기 표면이 과도하게 산화되지 않도록 제어되어야 하며, 가열로는 화염이 직접 용기에 부딪치지 않도록 설계되어야 한다.
5. 430℃(800°F) 이상에서의 냉각은 280℃/hr(500°F/hr)을 inch로 환산한 동체나 경판의 최대두께로 나눈 값 이하가 되어야 하지만, 55℃/hr (100°F/hr)보다 높아야 한다. 이후 430℃(800°F)이하에서 용기는 대기 중에서 냉각 하여도 된다.

645.41.4 보수 후 용접후열처리

아래 제1호에서 허용된 것을 제외하고는, 645.40 및 645.41의 요건에 따라서 용접후열처리 된 용기나 용기 부품은 용접 보수를 실시한 후 재 용접후열처리가

되어야 한다.

1. 용접후열처리 후 실시한 용접 보수

P-No.1 그룹No. 1-3 재료와 P-No.3 그룹No.1-3 재료 그리고 이들 재료를 접합하기 위해 사용된 용접금속의 보수는 아래의 모든 요건이 만족한다면 최종 용접후열처리 후에 하여도 된다. 이 요건은 용접보수가 시공용 치구의 제거 후에 요구된 것과 같은 재료 표면의 경미한 복구이고 그 표면이 용기의 내용물에 노출되지 않는다면 적용하지 않는다.

가. 용접후열처리는 사용자가 규정하는 요건이 아니다.

나. 645.12에 따른 재료의 인성검사에는 충격시험이 요구되지 않는다.

다. 제조자는 사용자 또는 지정 대리인에게 보수를 사전에 통보하고, 승인을 받을 때까지는 진행하지 않아야 한다. 이러한 보수는 자료보고서에 기록되어야 한다.

라. 총 보수깊이는 P-No.1 그룹No. 1-3 재료에 대해서 38 mm(1-1/2 in)를 그리고 P-No.3 그룹No. 1-3 재료에 대해서 16 mm(5/8 in)를 초과하지 않아야 한다. 용접보수의 총 깊이는 주어진 위치에서 용접부의 양쪽에서 실시된 보수깊이의 합계이다.

마. 결함을 제거한 후에, 그 홈은 645.46에 따라서 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 하여야 한다.

바. 홈 용접부에 대한 용접절차시방서의 인정을 위한 161의 요건에 추가하여, 다음의 요건을 적용하여야 한다.

1) 용접부는 저수소 용접봉을 사용하여 수동 피복금속아크용접으로 용착하여야 한다. 용접봉은 SFA-5.5에 따라서 정확히 설정되어야 한다. 최대 비드 폭은 용접봉 심선 지름의 4배이어야 한다.

2) P-No.1 그룹No.1-3 재료에 대한 보수 부위는 예열하여 용접 중에 95℃(200°F)의 최저온도가 유지되어야 한다.

3) P-No.3 그룹No.1-3 재료에 대한 보수용접 방법은 SAW 반 비드 용접부 보수(half bead weld repair)와 용접부 템퍼 비드 보강기법(weld temper bead reinforcement technique)으로 제한되어야 한다. 보수 부위는 예열하여야 하며 용접 중에는 최저 175℃(350°F)이상의 온도에서 유지되어야 한다. 최대 층간온도는 230℃(450°F)이어야 한다. 초층 용접금속은 최대 지름 3 mm(1/8 in) 용접봉을 사용하여 전 길이에 대해 용착되어야 한다. 다음 층을 용착하기 전에 초층의 약 절반 두께를 그라인딩으로 제거하여야 한다. 다음 용접 층은 최대지름 4 mm(5/32 in) 용접봉을 사용하여 이전 용접비드와 열영향부가 뜨임이 된 방식으로 용착하여야 한다. 최종 템퍼 비드 용접부는 모재와 접촉되지 않지만 모재 열영향부의 뜨임을 보장하기

위하여 밑에 있는 용접 비드에 충분히 가깝게 보수되고 있는 표면 위 높이로 적용하여야 한다. 모든 용접을 완료한 후에, 보수부위는 205℃(400°F) 부터 260℃(500°F)의 온도에서 최소 4 시간 동안 유지되어야 한다. 최종 템퍼 비드 덧살 층은 모재 표면이 들어나도록 동일 평면이 되게 제거하여야 한다.

사. 완성된 보수용접부가 상온에 도달한 후에, 645.46에 따라서 자분탐상법이나 또는 침투탐상법을 사용하여 검사하여야 한다. 검사가 자분탐상법에 의한다면, 교류 요크 타입만이 허용된다. P-No.3 그룹No. 3 재료의 검사는 시효경화에 의한 용접부의 지연균열 존재를 확인하기 위하여 상온에서 최소 48 시간이 경과 된 후 실시하여야 한다. 이에 추가하여, 재료 내 깊이가 10 mm(3/8 in)를 초과하는 용접보수 그리고 645.46을 따라서 방사선투과검사가 요구된 용접부 내의 용접보수는 645.46을 따라서 방사선투과검사를 하여야 한다.

아. 용기는 용접 보수를 한 후에 수압시험을 하여야 한다.

2. 나선 열전대를 부착시키기 위해 후속 용접후열처리를 하지 않고 커패시터 방전용접 또는 전기저항용접을 실시해도 된다. 단, 용접을 위한 에너지 출력을 125 W-sec, 이하로 제한하여야 하며, 표 645.41.1-1~표 645.41.1-8에 규정된 해당 요건을 적용하여야 한다. 용접절차시방서를 준비하여야 하며, 그 내용에는 최소한 커패시터 방전장비, 연결할 재료들의 조합과 적용할 용접기법을 포함하여야 한다, 용접절차의 인정은 요구되지 않는다.

645.41.5 비철 재료의 용접후열처리

아래 제1호부터 제3호까지에서 요구된 것을 제외하고, 용접후열처리는 일반적으로 실시하지 않으나, 구매자와 제조자 사이에 합의에 의하여 실시할 수 있다. 열처리 온도, 시간 및 방법은 합의에 의해서 실시되어야 한다.

1. 용접이 완료 된 SB-148 및 합금 CDA 954의 주조품은 모든 용접 후 620℃~640℃(1150°F~1200°F)에서 25 mm(1 in)의 단면 두께는 1.5 시간 동안, 추가된 25 mm(1 in) 당 0.5 시간을 더한 시간 동안 열처리를 실시한 후 공냉시켜야 한다.

2. 용접 후 14 일내에, 지르코늄 그룹 R60705의 모든 제품은 500℃~610℃(1000°F~1100°F)에서 25 mm(1 in)까지의 단면두께는 최소 1 시간 동안, 추가된 25 mm(1 in) 당 0.5 시간을 더한 시간 동안 열처리하여야 한다. 430℃(800°F)이상에서의 냉각은 280℃/hr(500°F/hr)를 inch 단위(25mm)로 환산된 동체나 경판의 최대 두께로 나눈 온도 이하로 실시하여야 하고 어떠한 경우에도 280℃/hr(500°F/hr)를 초과해서는 안되며, 430℃(800°F)부터는 바람이 없는 곳에서 공냉시켜야 한다.

3. UNS No. N08800, N08810 및 N08811 합금의 용접후열처리

가. UNS No. N08800(합금 800), N08810(합금 800H) 및 N08811(합금 800HT)로 제작되고 설계온도가 540℃(1000°F)를 초과하는 용접부와 압력경계 용접부는 용접후열처리를 하여야 한다. 용접후열처리는 25 mm (1 in)까지의 두께는 1.5 시간, 25 mm (1 in)를 초과하는 두께는 1.5 시간에, 초과하는 두께의 mm 당 0.04 hr/mm (1 hr/in) 추가한 시간동안, 최소885℃(1,625°F)로 가열하여야 한다.

나. 아래 다.에서 허용된 것을 제외하고는, 이 항의 요건에 따라 용접후열처리된 용기나 용기 부품은 용접 보수 후에 재 용접후열처리를 하여야 한다.

다. 이 재료를 연결하는 용접부의 용접금속과 열영향부에 대한 용접 보수는 최종 용접후열처리 후 실시할 수 있으나, 최종 수압시험 전 이어야 하고 부수적 용접후열처리가 없어야 한다. 용접 보수는 아래의 요건을 만족시켜야 한다.

1) 제조자는 사용자에게 보수를 사전에 통보하고, 승인을 받을 때까지는 진행하지 않아야 한다.

2) 총 보수깊이는 13 mm(1/2 in) 또는 그 재료두께의 30% 중 작은 값을 초과하지 않아야 한다. 용접보수의 총 깊이는 주어진 위치에서 용접부의 양면에서 실시된 보수 용접깊이의 합계이다.

3) 결함을 제거한 후, 홈은 검사를 실시하여야 한다. 용접 보수 부위는 645.46에 따라서 침투탐상검사를 실시하여야 한다.

4) 용기는 용접 보수를 실시한 후 수압시험을 실시하여야 한다.

645.42 인장강도가 향상된 퀜칭-뜨임 페라이트계 강재

645.42.1 다음의 보충 요건은 표 645.42.1-1과 표 645.2.1.A.2와 같이 퀜칭-뜨임 열처리로 인장강도가 향상된 용접 용기 부품에 적합한 강재에 적용된다.

[표 645.42.1-1] 표 645.2.1.A.2의 퀜칭-뜨임 된 재료에 대한 용접후열처리 요건

규격	등급 또는 형(	P-N0.와 그룹No.	용접후열처리를 요구하는 (공칭)두께, m(in)	용접후열처리 온도 ℃(°F)	유지시간 hr/25mm (hr/in)	최소 유지시간 hr
강 판						
SA-353	9Ni	11A 그룹No.1	50(2) 초과	550 - 585 (1025 - 1085)	1	2
SA-517	등급 A	11B 그룹No.1	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-517	등급 B	11B 그룹No.4	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4

규격	등급 또는 형(	P-N0.와 그룹No.	용접후열처리를 요구하는 (공칭)두께, m(in)	용접후열처리 온도 ℃(℉)	유지시간 hr/25mm (hr/in)	최소 유지시간 hr
SA-517	등급 E	11B 그룹No.2	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-517	등급 F	11B 그룹No.2	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-517	등급 J	11B 그룹No.6	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-517	등급 P	11B 그룹No.8	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-533	등급 B&D, Cl.3	11A 그룹No.4	15(0.58) 초과	540 -565 (1000 - 1050)	1/2	1/2
SA-543	B&C형, Cl.1	11A 그룹No.5	[주 1]	540 -565 (1000 - 1050)	1	1
SA-543	B&C형, Cl.2	11A 그룹No.5	[주 1]	540 -565 (1000 - 1050)	1	1
SA-543	B&C형, Cl.3	11A 그룹No.5	[주 1]	540 -565 (1000 - 1050)	1	1
SA-553	I&II형	11A 그룹No.1	50(2) 초과	550 -585 (1025 - 1085)	1	2
SA-645	등급 A	11A 그룹No.2	50(2) 초과	550 -585 (1025 - 1085)	1	2
SA-724	등급 A&B	1 그룹No.4	없음	NA	NA	NA
SA-724	등급 C	1 그룹No.4	38(1-1/2) 초과	565 -620 (1050 - 1150)	1	1/2
관 및 튜브						
SA-333	등급 8	11A 그룹No.1	50(2) 초과 [주 1]	550 -585 (1050 - 1150)	1	2
SA-334	등급 8	11A 그룹No.1	50(2) 초과 [주 1]	550 -585 (1050 - 1150)	1	2
단조품						
SA-372	등급 D		열처리 요건은 645.43.6 제3호 및 SA-372 참조			…
SA-372	등급 E, Cl.70		열처리 요건은 645.43.6 제3호 및 SA-372 참조			…
SA-372	등급 F, Cl.70		열처리 요건은 645.43.6 제3호 및 SA-372 참조			…
SA-372	등급 G, Cl.70		열처리 요건은 645.43.6 제3호 및 SA-372 참조			…
SA-372	등급 H, Cl.70		열처리 요건은 645.43.6 제3호 및 SA-372 참조			…
SA-372	등급 J, Cl.70		열처리 요건은 645.43.6 제3호 및 SA-372 참조			…
SA-372	등급 J,Cl.110		열처리 요건은 645.43.6 제3호 및 SA-372 참조			…
SA-508	등급 4N, Cl.1	11A 그룹No.5	[주 1]	540 - 565 (1000 - 1050)	1	1
SA-508	등급 4N, Cl.2	11A 그룹No.5	[주 1]	540 - 565 (1000 - 1050)	1	1
SA-522	1형	11A 그룹No.1	50(2) 초과 [주 1]	550 - 585 (1025 - 1085)	1	2

규격	등급 또는 형(	P-N0.와 그룹No.	용접후열처리를 요구하는 (공칭)두께, m(in)	용접후열처리 온도 ℃(℉)	유지시간 hr/25mm (hr/in)	최소 유지시간 hr
SA-592	등급 A	11A 그룹No.1	15(0.58) 초과	550 - 595 (1025 - 1100)	1	1/4
SA-592	등급 E	11A 그룹No.2	15(0.58) 초과	540 -595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-592	등급 F	11A 그룹No.3	15(0.58) 초과	540 -595 (1000 - 1100)	1	1/4

비고: NA는 '해당 없음'을 나타낸다.
주 1. 용접후열처리는 규제하지 않는다. 뜨임 취화의 가능성을 고려하여야 한다. 용접후열처리를 할 때의 냉각속도는 정지상태의 공기 중 냉각보다 늦어서는 안 된다.

645.42.2 판재와 기타 재료 표시

표시는 응력이 작용하지 않도록 실시하여야 한다. 두께 13 mm(1/2 in) 미만의 재료에서는 모든 종류의 표시를 생략할 수 있다. 표시 대신에 적용하는 표시방법에 대한 요건은 645.26.1을 따른다.

645.42.3 성형 후 열처리에 대한 요건

1. 표 645.27.3-1의 해당 계산식에 의해서 결정된 연신율이 5%를 초과할 때, 최종 뜨임 온도보다 낮은 온도에서 퀜칭-뜨임 후에 성형된 부분은 표 645.42.1-1에 따라 열처리를 실시하여야 한다.
2. 뜨임 온도 이상의 온도에서 성형된 부분은 용기에 용접하기 전 또는 후에 해당 재료규격에 따라서 다시 퀜칭-뜨임을 실시하여야 한다.

645.42.4 성형 후 최소두께

압력을 받는 단면의 성형 후 최소두께는 1.6 mm(1/16 in)이상 이어야 한다.

645.42.5 용접 요건

용접절차의 인정 및 용접사의 자격인정은 161의 요건을 따라야 한다. 제품에 용접후열처리를 실시할 경우, 용접후열처리를 실시한 시험편으로 인정 시험을 실시하여야 한다.

1. 부수적 용접 요건
   가. 바나듐 함량이 0.06%를 초과하는 용가재는 용접후열처리를 하는 용접물에는 사용하지 않는다.
   나. 표 645.42.5-1에 있는 재료는 아래에 주어진 조건에서 645.12에 따라 제조시 충격시험이 면제된다.
      1) 표 645.42.5-2 내 고니켈합금 용가재 중 한 가지가 사용된다.
      2) 645.12에 규정된 대로 요구된 모든 충격시험이 절차인정시험의 일부로 실시되어야 한다.
      3) 645.12에 따라서 열영향부에 대한 제품 충격시험이 실시되어야 한다.

4) 용접법은 GMAW, SMAW 및 GTAW으로 제한된다.

5) 용기의 최저설계금속온도가 -195℃(-320°F)보다 높아야 한다.

다. 표 645.42.5-1에 나와 있는 9Ni, 8Ni 및 5Ni-1/4 Mo 재료를 용접하기 위한 용가재는 다음 중 하나에 해당될 경우에 아래 라.의 추가 요건을 따라야 한다.

1) 용가재의 항복강도가 규정되지 않았다.

2) 규정최소항복강도 또는 규정최소극한인장강도가 모재에 대한 규정 최소값 미만이다.

3) 용접절차인정시험에서 용착된 용접금속의 인장시험강도가 모재의 규정최소극한인장강도 미만으로 나타났다.

라. 위 다.의 조건들 중 하나에 해당될 경우, 다음 추가요건을 적용하여야 하며, 절차인정시험에서 충족되어야 한다.

1) SFA-5.11, 12.1의 치수표준을 따르는 한 개의 용접금속 인장시험편을 시험하여 최소극한인장강도와 최소항복강도를 결정하여야 한다,

2) 표 645.42.5-1에 나와 있는 8Ni 및 9Ni 재료를 용접하기 위한 용접금속은 최소극한인장강도가 690 MPa(100 ksi)이고, 최소항복강도가 430 MPa(62.5 ksi) 이어야 한다.

3) 5Ni-1/4Mo강의 SA-645, 등급 A 재료를 용접하기 위한 용접금속은 최소극한인장강도가 655 MPa(95 ksi)이고, 최소항복강도가 405 MPa(59 ksi) 이어야 한다. 이러한 용접금속을 표 645.42.5-1에 나와 있는 8Ni 및 9Ni 재료를 용접하기 위해 사용해도 되지만, 재료규격(ASME Sec. II, Part D, Table 5A)에 나와 있는 허용설계응력이 용접금속의 극한인장강도 655 MPa(95 ksi)를 초과하지 않아야 한다(Table 5A의 주 W4 참조).

마. SA-508 및 SA-543 재료에 대해서는, 161에 규정된 용접변수들(161 별표 1-1~1-15의 용접변수 참조) 외에 추가로 다음 사항들을 용접절차의 재인정을 요구하는 필수변수로 고려하여야 한다.

1) 용가재에 대한 SFA 분류의 변경 또는 SFA 규격에 따르지 않는 용접금속으로 변경

2) 최고 층간온도의 증가 또는 최저 규정예열온도의 감소. 예열온도와 층간온도 사이의 규정된 범위는 85℃(150°F)를 초과하지 않아야 한다.

3) 열처리의 변경(절차인정시험에서는 용기나 용기 부품을 제작할 때 적용한 열처리와 동등하게 열처리 하여야 한다. 여기에는 해당 온도(들)에서의 총 최대누적시간과 냉각속도를 포함하여야 한다.)

4) 전류의 변경(교류 또는 직류), 극성의 변화 또는 전류, 전압 또는 운봉속도에 대한 규정 범위에서의 변경

5) 다음과 같은 용접절차인정시험판 두께(t)의 변화

가) 용접 후 퀜칭-뜨임하는 용접이음의 두께 증가. 모든 경우에 인정된 최소 두께는 6 mm(1/4 in)이다.

나) 용접 후 퀜칭-뜨임하지 않는 두께 16 mm(5/8 in) 미만 용접이음에서의 두께 감소. 인정된 최대 두께는 2t이다.

다) 용접 후 퀜칭-뜨임하지 않는 두께 16 mm(5/8 in) 이상 용접이음의 경우, 16 mm(5/8 in)~2t 범위에서의 이탈

6) 소모재 관리, 건조, 저장 및 노출 요건은 다음과 같아야 한다.

가) 모든 용접법에 사용되는 용접봉과 플럭스에서 습기 흡수 및 표면 오염을 최소화하기 위한 보호조치를 고려하여야 한다.

나) SMAW 용접봉은 SFA-5.5를 따르는 저수소계 이어야 한다. 피복재의 수분함량이 0.2%(무게 기준)를 초과하지 않독록 용접봉을 구매하거나 관리하여야 한다. 개봉 후 용접봉을 저장하고 취급할 때 대기로부터 습기 흡수를 최소화 할 수 있도록 관리하여야 한다. 수분함량을 관리하기 위한 방법을 용기 제조자가 수립하거나, 용접봉 제조자가 권장하는 방법을 적용하여야 한다.

7) 최소 예열온도는 다음과 같이 재료 두께 t의 함수이다. 예열온도는 용접이음을 완료한 후 최소 2시간까지 유지하여야 한다.

가) $t \leq 13$ mm (1/2 in.)이면 40° C (100° F)

나) 13 mm(½ in.)$< t \leq 38$ mm 1-1/2 in.)이면 95° C (200° F)

다) $t > 38$ mm (1-1/2 in.)이면 150° C (300° F)

라) SA-517 및 SA-592 재료에 대해서는, 161에 규정된 용접변수들 외에 추가로 위 1)~4)와 6)의 요건을 용접절차 재인정을 요구하는 필수변수들로 고려하여야 한다.

8) SA-517 및 SA-592 재료의 공칭두께가 15 mm(9/16 in)$< t \leq 32$ mm(1-1/4 in)이면 표 645.42.1-1에서 요구하는 용접후열처리 온도를 적용하지 않을 수 있다. 단, 다음 모든 조건이 충족되어야 한다.

가) 95° C (200° F) 이상의 예열 및 205° C (400° F) 이하의 층간온도를 유지한다.

나) 용접 완료 후 용접물을 최저 예열온도 미만으로 냉각시키지 않은 상태에서 용접물의 온도를 205° C (400° F) 이상으로 증가시킨 후 4시간 동안 이 온도를 유지한다.

다) 이 규정(6. 발전용 화력설비)의 해당 요건에 해당 규정에 따라 모든 용접부에 대한 비파괴검사를 실시한다.

2. 모재의 가공

모재 잘라내기와 관련된 판재의 끝 단부가공, 용접 베벨, 모 따기 및 유사한 작업은 기계 가공, 치핑, 그라인딩 또는 가스 절단이나 가우징으로 실시하여야 한다. 금속제거가 가스절단이나 아크 공기 가우징(arc air gouging)과 같은 용융 방법으로 실시된다면, 작업은 균열을 피하기 위한 적절한 사전조치와 함께 실시되어야 한다. 열 절단이 사용될 때는, 기계적 성질에 대한 영향을 반영하여야 하며, 용접할 단면은 균일하고 평활하여야 한다.

3. 이음부 정렬

가. 길이방향 이음부 정렬

645.41.1 대신에 퀜칭-뜨임을 실시한 강재에 대한 길이방향 이음부의 정렬불량 (misalignment)은 공칭 판 두께의 20% 또는 2.5 mm(3/32 in)를 초과하지 않아야 한다.

나. 원주 이음부 정렬

퀜칭-뜨임을 실시한 강재에 대한 원주방향 이음부의 정렬불량은 다음 값을 초과하지 않아야 한다.

1) $t \leq 24$ mm(15/16 in)일때, 허용오차는 판 두께의 20%이다.

2) 24 mm(15/16 in) $< t \leq 38$ mm(1-1/2 in)일 때, 허용오차는 5 mm(3/16 in)이다.

3) $t > 38$ mm(1-1/2 in)일때, 허용오차는 공칭 판 두께의 12.5%이며, 6 mm(1/4 in)를 초과해서는 안 된다.

4. 용접부의 마무리

최대용접 덧살이 판 두께의 10% 또는 3 mm(1/8 in) 중 작은 값을 초과하지 않아야 하는 것을 제외하고는, 645.35.1과 645.46.2의 요건을 만족하여야 한다. 용접부 용착의 단면은 언더컷이나 급격한 천이 없이 모재에 매끄럽게 합쳐져야 한다. 이 요건은 맞대기 용접과 마찬가지로 필릿과 홈 용접에도 적용되어야 한다.

[표 645.42.5-1] 생산충격시험이 조건부 면제되는 퀜칭-뜨임을 한 강재

규 격	UNS	P-No./그룹No.
SA-353 등급 8	K81340	11A/1
SA-334 등급 8	K81340	11A/1
SA-420 등급 WPL8	K81340	11A/1
SA-353	K81340	11A/1
SA-522, I형	K81340	11A/1
SA-553, I형	K81340	11A/1
SA-553, II형	K71340	11A/1
SA-645, A형	K41583	11A/2

[표 645.42.5-2] 퀜칭-뜨임을 한 강재용 고니켈합금 용가재

규 격	분 류	F-번호
SFA-5.11	ENiCrFe-2	43
SFA-5.11	ENiCrFe-3	43
SFA-5.11	ENiCrMo-3	43
SFA-5.11	ENiCrMo-6	43
SFA-5.14	ERNiCr-3	43
SFA-5.14	ERNiCrFe-6	43
SFA-5.14	ERNiCrMo-3	43
SFA-5.14	ERNiCrMo-4	43

645.42.6 용접후열처리

표 645.42.1-1에서 요구될 때, 두께 3 mm(1/8 in)를 초과하는 페라이트 계 재료를 EBW으로 용접할 때, 그리고 모든 두께의 재료를 관성 및 연속 구동마찰용접으로 용접할 때, 퀜칭-뜨임을 한 강재로 제작한 용기와 용기 부품은 용접후열처리를 실시하여야 한다. 용접후열처리 조건을 결정하기 위하여 사용하는 모재의 총 두께에는 클래드(clad) 또는 용접 덧씌우기를 포함하여야 한다.

1. 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리는 표 645.42.1-1 및 645.42.6에 따라서 실시하여야 한다. 어떤 경우에도 용접후열처리 온도가 뜨임 온도를 초과해서는 안 된다. 용접후열처리와 뜨임을 동시에 실시할 수 있다. 645.41.3 제5호에서 정해진 최대냉각속도는 적용할 필요가 없다. 재료규격이 뜨임 온도로부터 급속냉각을 요구하는 곳에서는, 동일한 최소냉각속도를 용접후열처리에 적용하여야 한다.

2. 연결부와 부착물의 용접후열처리

경판이나 동체의 부착점에서 재료의 가장 두꺼운 두께에 근거하여(645.41.1 제4호 및 제5호 참조), 표 645.42.1-1에서 요구 될 때는, 연결부나 부착물의 모든 용접은 용접후열처리를 실시하여야 한다.

3. 열처리 절차

가. 가열로

퀜칭-뜨임을 위한 가열로는 온도의 자동기록을 위한 적절한 장비가 구비되어야 한다. 열처리하는 동안 용기나 용기부품의 금속표면온도를 기록하여야 하고, ±15℃(±25°F) 이내로 제어하여야 한다.

나. 평판이나 부품의 액체 퀜칭

평판이나 개별 부품의 액체 퀜칭은 해당 재료규격이 요구하는 대로 실시하여야 한다.

다. 동체 부분이나 경판의 퀜칭

동체나 경판용으로 성형된 판재는 분무나 침적으로 퀜칭할 수 있다.

라. 전체 용기의 퀜칭

모든 용접작업이 완료된 후 전체 용기를 분무나 침적으로 퀜칭할 수 있다.

645.43 단조 제작

645.43.1 아래 항은 용기, 용기의 중요부분 및 용기 부품, 그리고 액체 퀜칭-뜨임 된 용접이음 없이 일체로 단조한 용기에 적용되며, 645.26부터 645.31까지에 주어진 제작에 대한 해당 요건을 보충하기 위하여 사용되어야 한다. 고합금강 단조 용기에 대해서는, 645.1부터 645.12까지의 해당 항 또한 적용된다.

645.43.2 초음파탐상검사

단조로 제작된 용기와 용기 부품에 대한 초음파탐상검사 요건은 645.45.10 제1호에 따라서 실시하여야 한다.

645.43.3 인성 요건

1. SA-372, 그룹 J, 클래스 110 재료로 제작된 용기에 대해서는, 횡방향 충격시험은 표 3.A 재료의 최저허용온도에서 실시되어야 하나, 어떠한 경우에도 시험온도는 -30℃(-20°F)보다 높아서는 안 된다. 645.12.2 가. 및 645.12.3 제3호는 적용하지 않는다.
2. SA-723, 클래스 1, 그룹 1, 2 및 3 또는 SA-723, 클래스 2, 그룹 1, 2 및 3 재료로 제작된 용기에 대해서는, 645.12.3의 충격 요건은 최고 4℃(40°F)에서 시험될 때 만족하여야 한다.

645.43.4 원통형 단조품의 허용오차

1. 국부적으로 얇은 부위

두께차가 나는 단조품의 경우, 얇은 부분이 설계규정을 충분히 만족시키는 두께를 가졌다면, 얇은 부위를 갖는 것을 허용한다.

2. 몸통 단조품의 허용오차

가. 허용오차를 만족시키기 위한 표면 불규칙성의 수정

표면의 불규칙성은 이 허용오차를 만족시키기 위하여 용접 또는 기타 수단으로 수정할 수 있다. 용접을 실시한다면, 645.43.7의 요건을 만족시켜야 한다.

나. 저압축에 대한 진원도 불량 단조품의 사용

진원도 불량(out-of-roundness)이 645.27.7의 한계를 초과하고 그 상태를 수정할 수 없으면, 단조품은 불합격 처리를 하여야 한다. 그러나 진원도 불량이 3%를 초과하지 않는다면, 단조품은 식 (6.1)과 (6.2)를 사용하여 계산한 감소된 압력, P^*에 대해서 인증 받을 수 있다. 이 계산식에서 사용된 측정치는 규정된 부식여유를 반영하여 계산하여야 한다.

$$P^* = P\left(\frac{1.25}{S_b/S+1}\right) \qquad (S_b \geq 0.25S \text{ 일 때}) \tag{6.1}$$

$$P^* = P \qquad (S_b < 0.25S \text{ 일 때}) \tag{6.2}$$

$$S_b = \frac{1.5PR_1t(D_1 - D_2)}{t^3 + 3\left(\frac{P}{E_y}\right)(R_1R_a^2)} \tag{6.3}$$

$$R_1 = \frac{D_1 + D_2}{4} \tag{6.4}$$

$$R_a = R_1 + \frac{t}{2} \tag{6.5}$$

여기서

D_1 = 최대 안쪽 지름

D_2 = 최소 안쪽 지름

E_y = 사용온도에서의 탄성계수

P = 설계압력

P^*= 원형 이탈로 인한 운전압력 감소

R_a = 임계단면에서 동체 벽의 중간부 평균 반지름

R_1 = 임계단면에서 평균 안쪽 반지름

S = 설계온도에서 평가한 허용응력

S_b = 사용온도에서 원형 이탈로 인한 굽힘응력

t = 판재, 관 또는 튜브의 성형 전 공칭두께

645.43.5 단조 경판의 성형방법

경판은 독립적인 단조품, 또는 속이 빈 형태로 단조된 몸통의 끝을 원하는 최종 형상을 만들기 위하여 요구된 형상과 치수로 오므려서 제작하여야 한다.

1. 경판 단조품의 허용오차

허용오차는 645.27.7의 요건을 만족시켜야 한다.

2. 허용오차를 만족시키기 위한 표면 불규칙성은 645.43.4 제2호 가.에 따라서 수정하여야 한다.

645.43.6 단조 제작에 대한 열처리

1. 용접으로 제작된 용기의 열처리

열처리가 요구되는 단조품을 용접하여 제작한 용기는 해당 재료규격에 따라서 열처리를 실시하여야 한다.

가. 모든 용접이 완료된 후

나. 용접 전, 645.41에 따라서 완료된 용접부의 용접후열처리 전

2. 재료를 풀림 또는 어닐링 할 경우의 열처리

모든 단조가 완료된 후에 용접하지 않고 제작된 각 용기 또는 용기 부품은 해당 재료 규격에 따라서 열처리를 실시하여야 한다. 불량 부분을 용접으로 수정하였을 경우, 후속 열처리는 645.43.8 제3호 나.에 따라야 한다.

3. 퀜칭-뜨임 된 페라이트 계 재료의 열처리

최종 열처리 전이나 후에 실시될 수 있는 나사식 구멍의 누설방지 용접을 제외하고는, 액체 퀜칭-뜨임이 될 SA-372 단조재료로 제작된 용기는 모든 단조와 용접이 완료된 후에 해당 재료규격에 따라서 열처리를 실시하여야 한다.

가. 퀜칭-뜨임 된 용기의 검사

최종 열처리 후, 동체와 경판의 외부 표면상 그리고 가능한 곳에서는 내부 표면상 균열의 존재에 대해서, 퀜칭-뜨임이 된 용기에 검사를 실시하여야 한다. 이 검사는 645.46에 따라서 침투탐상검사나 자분탐상검사로 실시하여야 한다.

나. 경도시험에 의한 열처리의 점검

최종 열처리 후, 액체 퀜칭-뜨임이 된 단조품은 오스테나이트 계 강으로 만든 것을 제외하고는 브리넬 경도시험을 하여야 한다. 경도시험은 열처리된 단조품의 대략 중앙과 각 끝을 대표하는 3개소 이상의 다른 위치에서 최소한 4회 측정을 하여, 1.5 m(5 ft)의 간격으로 실시하여야 한다. 각 위치에서의 브리넬 경도의 평균은 재료의 규정최소인장강도에 상응하는 값의 90%이하이거나 125%이상이어서는 안 된다. 가장 높은 평균 경도 수치는 개별 용기 상의 가장 낮은 평균값의 40을 초과하여서는 안 된다. 다른 경도 시험방법을 사용할 수 있으며, ASTM E 140의 표를 사용하여 브리넬 값으로 변환할 수 있다.

4. 오스테나이트 계 재료의 열처리

오스테나이트계 강의 경우, 사용하는 열처리 절차는 645.40 및 645.41에 따라야

한다.

5. 용접후열처리를 요구하지 않는 철 재료

열처리를 요구하지 않는 단조 부품의 용접으로 제작된 용기의 용접후열처리는 645.40의 요건을 만족시켜야 한다.

645.43.7 제작 용접

1. 단조로 제작된 용기나 구성부품의 제작과 관련하여 사용된 모든 용접은 645.32부터 645.38까지의 해당 요건에 따라야 한다.
2. 0.35%를 초과하는 탄소함량을 가진 철 재료의 제한 - 재료의 탄소함량이 용강분석 으로 0.35%를 초과하는 용기는 용접 없이 제작되어야 한다. 다만 경미한 비압력 부착물에 대한 아래 645.43.8 제3호에 따르는 보수, 6 mm(1/4 in)이하 목 치수의 필릿용접으로 제한된 나사식 구멍의 누설방지 용접 그리고 나사식, 프렌지 붙이 또는 스터드를 사용하는 구멍 보강재의 추가는 제외한다.

645.43.8 재료 내 결함의 보수

1. 표면결함의 제거

치핑 자국, 홈 또는 기타 불규칙 부분과 같은 표면 결함은 그라인딩이나 기계가공으로 제거할 수 있으며, 노출된 표면은 충분한 벽 두께가 645.43.4 제1호의 요건에 맞추어 얇은 부위를 허용할 때는 인접한 표면과 평활하게 조화시켜야 한다.

2. 용접에 의한 결함의 보수

결함을 제거하기 위하여 얇아지는 두께는 검사원의 승인 후에만 용접으로 보수할 수 있다. 결함은 건전한 금속부까지 제거되어야 하며, 산을 이용한 부식시험이나 다른 적당한 검사방법으로 확인되어야 한다. 용접은 아래 제3호 및 제4호의 요건을 만족시켜야 한다.

3. 탄소함량 0.35% 이하 금속 용접보수

용강분석결과 탄소함량이 0.35% 이하인 금속은 645.43의 요건이 만족된다면 용접으로 보수할 수 있다.

가. 용접절차의 인정과 용접사의 자격인정

용접절차의 인정과 용접사의 자격인정은 161에 따라서 하여야 한다.

나. 용접후열처리

용접후열처리는 다음에 따라서 실시하여야 한다

1) 위 645.41에 해당된다면, 모든 용접은 용접후열처리를 실시하여야 한다.
2) 필릿용접부는 위 1)이 요구하지 않거나 또는 필릿용접부가 645.43에 주어진 한계를 초과하지 않으면, 용접후열처리를 할 필요가 없다. 645.43에 주어진 한계를 초과하는 경우, 필릿용접부는 이 항의 요건에 따라서 열처리를 실시하여야 한다.

3) 보수용접은 한 지점에서 3,780 mm^2(6 in^2)을 초과하거나 최대깊이가 6 mm(1/4 in)를 초과하면, 위 제2호에서 요구할 때 용접후열처리를 실시하여야 한다.

다. 용접보수의 시험

645.45.10 제2호 가.에 따른다.

4. 탄소함량 0.35% 이상 금속의 용접보수

아래의 요건이 만족될 때는, 용강분석 탄소함량이 0.35% 이상인 금속은 용접으로 보수할 수 있다.

가. 용접절차의 인정과 용접사의 인정

용접절차의 인정과 용접사의 인정은 161에 따라서 하여야 한다.

나. 용접후열처리

완성된 보수 용접부는 해당 재료규격이 요구하는 대로 용접후열처리를 하거나 그 이상의 열처리를 하여야 한다.

다. 용접보수의 검사

645.45.10 제2호 나.에 따른다.

5. 용접결함의 보수

용강분석으로 탄소함량이 0.35%을 초과하지 않는 단조품의 용접 보수는 645.37의 요건을 따라야 하고, 용강분석으로 탄소함량이 0.35%을 초과하는 단조품의 용접 보수는 645.38의 요건을 따라야 한다.

645.44 다층 용기 제작

645.44.1 아래 조항에 있는 규정은 다층 동체, 다층 경판 및 다층 천이구간에 적용되어야 하며, 645.32부터 645.42까지 주어진 해당 요건을 보충하기 위하여 또는 그 대신에 사용되어야 한다.

645.44.2 다층 용기에 대한, 층에 허용된 최소두께는 3 mm(1/8 in)이다.

645.44.3 용접 제작 요건

용접절차 인정 요건이 645.44와 같이 다층 구조는 수정된 것을 제외하고는, 용접 제작은 645.32부터 645.38까지를 따라야 한다.

645.45 용접이음의 검사

645.45.1 완성된 모든 용접부는 175 및 645.46.2에 따라서 육안검사를 받아야 한다.

1. 완성된 모든 용접부는 아래 645.45.3에서 선택한 시험그룹과 설계에서 규정된 것과 같이 이음부 범주와 용접부 형식에 따라서 비파괴검사를 받아야 한다.
2. 모든 용접부는 용접 준비단계에서와 뒷면 가우징 공정 동안에 육안검사를 받아야 한다.

645.45.2 압력용기에 대한 시험그룹

1. 표 645.45.2-1은 재료그룹에서 제조의 복잡성, 최대두께, 용접법 및 선택된 이음효율에 근거하여 용접이음에 지정된 시험그룹을 규정한다. 용접이음의 비파괴검사는 각 시험그룹에 대하여 제시된 대로 실시하여야 한다. 각 시험그룹의 재료의 균열 민감도를 반영하기 위하여 “a“ 및 “b“ 소그룹으로 더욱 작게 나눈다.
2. 표 645.45.2-2는 각 시험그룹에서 요구하는 비파괴검사, 이음 범주의 지정, 이음효율 및 허용할 수 있는 이음형식을 나타낸다.
3. 아래 제4호에서 사용된 주 용접이음(governing welded joint)이란 선정된 이음효율로 용접두께를 결정하는 용기부(예를 들어, 동체의 단이나 경판)의 용접이음이다.
4. 다수의 시험그룹

하나 이상의 주 용접이음이 한 압력용기 내에 위치할 때는, 표 645.45.2-1의 요건이 만족된다면, 시험그룹의 조합이 허용된다. 시험그룹의 조합이 한 단일 용기에서 사용된다면, 아래 요건이 만족되어야 한다.

가. 각 용기부에서, 주 용접이음의 시험그룹은 노즐 부착 용접부를 포함하여 용기부 모든 용접부에 적용하여야 한다.

나. 다른 시험그룹으로 지정된 두 용접부의 용접연결은 더 넓은 검사범위를 가진 시험그룹에 지정되어야 한다.

다. 하나의 용접된 부분을 이음부 없는 부분에 연결하거나 두 이음부 없는 부분을 연결하는 용접부는 이용 가능한 두께(허용오차와 부식여유를 뺀 용접부 두께)에 근거한 시험그룹에 지정되어야 한다. 이용 가능한 두께가 최소요구두께의 (1/0.85로부터 연유한) 1.18 배보다 클 때는, 시험그룹 3이 지정될 수 있다. 이용 가능한 두께가 1.18에 최소요구두께를 곱한 것보다 작을 때에는, 시험그룹은 표 645.45.2-1에 의하여 지정되어야 한다.

[표 645.45.2-1] 압력용기의 검사그룹

변수	검사그룹 [주 1]					
	1a	1b	2a	2b	3a	3b
허용된 재료 [주 1, 2]	표 645.2.1.A의 모든 재료	P-No.1 그룹 1 및 2 P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹 2 P-No.9A 그룹 1 P-No.9B 그룹 1 P-No11A 그룹 1 P-No11A 그룹 2 P-No10H 그룹 1	P-No.1 그룹 1 및 2 P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹 2 P-No.9A 그룹 1 P-No.9B 그룹 1 P-No10H 그룹 1	P-No.1 그룹 1 및 2 P-No.8 그룹 1
주 용접이음의 최대두께	제한 없음 [주 4]		P-No.9A 그룹 1 및 P-No.9B 그룹 1은 30 mm (1-3/16 in) P-No.8 그룹 2 [주5] P-No11A 그룹1 P-No11A 그룹2 P-No10H 그룹1 은 16 mm (5/8 in)	P-No.1 그룹 1 P-No.8 그룹 1 은 50 mm (2 in) P-No.1 그룹 2 는 30 mm (1-3/16 in)	P-No9A 그룹 1 및 P-No.9B 그룹 1은 30 mm (1-3/16 in) P-No.8 그룹 2 [주5], P-No10H 그룹 1 은 16 mm (5/8 in)	P-No.1 그룹 1 및 P-No.8 그룹 1은 50mm(2 in) P-No.1 그룹 2 는 30mm (1-3/16 in)
용접법	제한 없음 [주 4]		기계식 용접 [주 3]		제한 없음 [주 4]	
설계기준 [주 6]	계산식에 의한 설계 또는 설계해석		계산식에 의한 설계 또는 설계해석		계산식에 의한 설계 또는 설계해석	

주 1. 모든 검사그룹은 가능한 최대 범위까지 100% 육안검사를 요구한다.
2. 허용된 재료는 이 규정(6. 발전용 화력설비)의 재료관련 요건을 참조한다.
3. “기계식”은 기계 및/또는 자동 용접법을 의미한다.
4. 이 표에 제시된 바와 같이 용접 적용 모드에 대해서 제한이 없다.
5. 비파괴검사, 이음범주, 그리고 시험그룹 1a와 시험그룹 1b 사이의 상세 용접이음 차이는 표 645.45.2－2를 참조한다.
6. 설계기준은 벽 두께를 정하기 위해서 이용하는 분석방법이다.

[표 645.45.2-2] 비파괴검사

검 사 그 룹					1a	1b	2a	2b	3a	3b
허용되는 재료					표 645.2.1.A의 모든 재료	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹2 P-No.9A 그룹1 P-No.9B 그룹1 P-No11A 그룹1 P-No11A 그룹2 P-No10H 그룹1	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹2 P-No.9A 그룹1 P-No.9B 그룹1 P-No10H 그룹1	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1
용접이음 효율					1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	0.85
이음 범주	용접부의 종류 [주 1]			비파괴검사 종류 [주 2]	비파괴검사의 범위 [주 10, 11, 12]					
A	완전용입 맞대기 용접부	1	길이방향 이음부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 4]	100% 10%	100% 10% [주4]	25% 10%	10% 10% [주 4]
B		1	동체의 원주방향 이음부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 4]	100% 10%	100% 10%(4)	10% 10%	10% [주 3] 10% [주 4]
B		2,3	받침쇠가 있는 동체의 원주방향 이음부 [주 9]	RT 또는 UT MT 또는 PT	NA NA	100% 10%	NA NA	25% 10%	NA NA	25% 10%
B		1	노즐의 원주방향 이음부: d > 150mm(6 in) 또는 t_n > 16mm(5/8 in)	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 3]	100% 10%	100% 10%(4)	10% 10%	10% [주 3] 10% [주 4]
B		2,3	받침쇠가 있는 노즐의 원주방향 이음부: d > 150mm(6 in) 또는 t > 16mm(5/8 in) [주 9]	RT 또는 UT MT 또는 PT	NA NA	100% 10%	NA NA	25% 10%	NA NA	25% 10%
B		1	노즐의 원주방향 이음부: d ≤ 150mm(6 in) 또는 t_n ≤ 16mm(5/8 in)	MT 또는 PT	100%	10%	100%	10%	10%	10%
A		1	구, 경판 및 반구형 경판과 동체를 연결하는 모든 용접부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 4]	100% 10%	100% 10% [주 4]	25% 10%	10% 10% [주 4]
A		1	평 관판의 모든 맞대기 용접부	RT 또는 UT	100%	100%	100%	100%	100% [주20]	100% [주20]
B		1	각도≤30° 인 원뿔형 동체와 원통형 동체의 부착 용접부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 4]	100% 10%	100% 10% [주 4]	10% 10%	10% 10% [주 4]

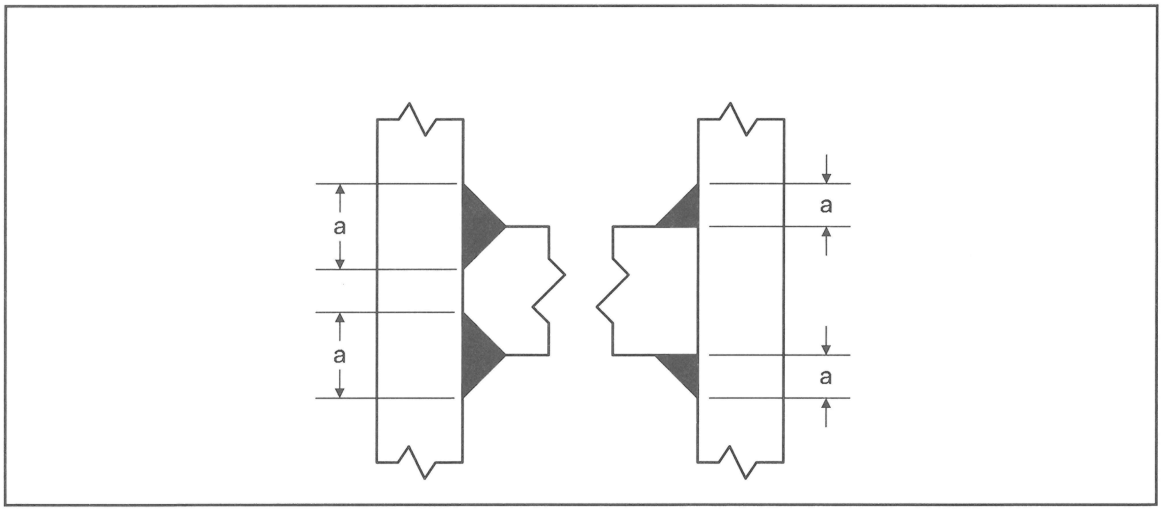
검 사 그 룹					1a	1b	2a	2b	3a	3b
허용되는 재료					표 645.2.1.A의 모든 재료	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹2 P-No.9A 그룹1 P-No.9B 그룹1 P-No11A 그룹1 P-No11A 그룹2 P-No10H 그룹1	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹2 P-No.9A 그룹1 P-No.9B 그룹1 P-No10H 그룹1	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1
B		8	각도>30° 인 원뿔형 동체와 원통형 동체의 부착 용접부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 4]	100% 10%	100% 10% [주 4]	25% 10%	10% 10% [주 4]
C	원통형 동체와 평경판 또는 관판의 조립 또는 동체와 플랜지 또는 컬러의 조립	1, 2, 3, 7	완전용입 용접부	UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 4]	100% 10%	100% 10% [주 4]	25% 10%	10% 10% [주 4]
C		9, 10	부분용입 용접부: a > 16mm (5/8 in) [주 16]	UT MT 또는 PT	NA	NA	NA	NA	25% 10%	10% 10%
C		9, 10	부분용입 용접부: a ≤ 16mm (5/8 in) [주 16]	UT MT 또는 PT	NA	NA	NA	NA	10%	10%
C	노즐이 있는 플랜지 또는 컬러의 조립 [주 19]	1, 2, 3, 7	완전용입 용접부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 4]	100% 10%	100% 10% [주 4]	25% 10%	10% 10% [주 4]
C		9, 10	부분용입 용접부	MT 또는 PT	NA	NA	NA	NA	10%	10%
C		9, 10	완전 또는 부분용입 용접부: d ≤ 150mm(6 in) 및 t_n ≤ 16mm(5/8 in)	MT 또는 PT	10%	10% [주 4]	10%	10% [주 4]	10%	10% [주 4]
D	노즐 또는 지관 [주 5, 19]	1, 2, 3, 7	완전용입 용접부: d > 150mm(6 in) 또는 t_n > 16mm (5/8 in)	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 4]	100% 10%	100% 10% [주 4]	25% 10%	10% 10% [주 4]
D		1, 2, 3, 7	완전용입 용접부: d ≤ 150mm(6 in) 및 t_n ≤ 16mm (5/8 in)	MT 또는 PT	100%	10%	100%	10%	10%	10%
D		9, 10	부분용입 용접부: 모든 d 및 a > 16mm(5/8 in) [주 17]	UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10% [주 4]	100% 10%	100% 10% [주 4]	25% 10%	10% 10% [주 4]

검 사 그 룹					1a	1b	2a	2b	3a	3b
허용되는 재료					표 645.2.1.A의 모든 재료	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹2 P-No.9A 그룹1 P-No.9B 그룹1 P-No11A 그룹1 P-No11A 그룹2 P-No10H 그룹1	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹2 P-No.9A 그룹1 P-No.9B 그룹1 P-No10H 그룹1	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1
D		9, 10	부분용입 용접부: d > 150mm(6 in), a ≤ 16mm(5/8 in) [주 17]	MT 또는 PT	NA	NA	NA	NA	10%	10%
D		9, 10	부분용입 용접부: d ≤ 150mm(6 in), a ≤ 16mm(5/8 in)	MT 또는 PT	100%	10%	100%	10%	10%	10%
D	튜브-관판 용접부	ASME Sec.Ⅷ Div.2 Fig. 4.18.13 및 Table 4.C.1 참조		MT 또는 PT	100%	100%	100%	100%	25%	10%
E	영구 부착물 [주 6]	1, 7, 9, 10	완전용입 용접부 또는 부분용입 용접부 [주 15]	RT 또는 UT MT 또는 PT	25% [주 7] 100%	10% [주 4] 10%	10% 100%	10% [주 4] 10%	10% 100%	10%([주 4] 10% [주 4]
NA	부착물 제거 후 압력유지 부위	NA	-	MT 또는 PT	100%	100%	100%	100%	100%	100%
-	피복 용접부	-	-	RT 또는 UT	[주 13]	[주 13]	[주 13]	[주 13]	[주 13]	[주 13]
				MT 또는 PT	100%	100%	100%	100%	25%	100%
-	보수부위 [주 14]	-	-	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 100%	100% 100%	100% 100%	100% 100%	100% 100%	100% 100%

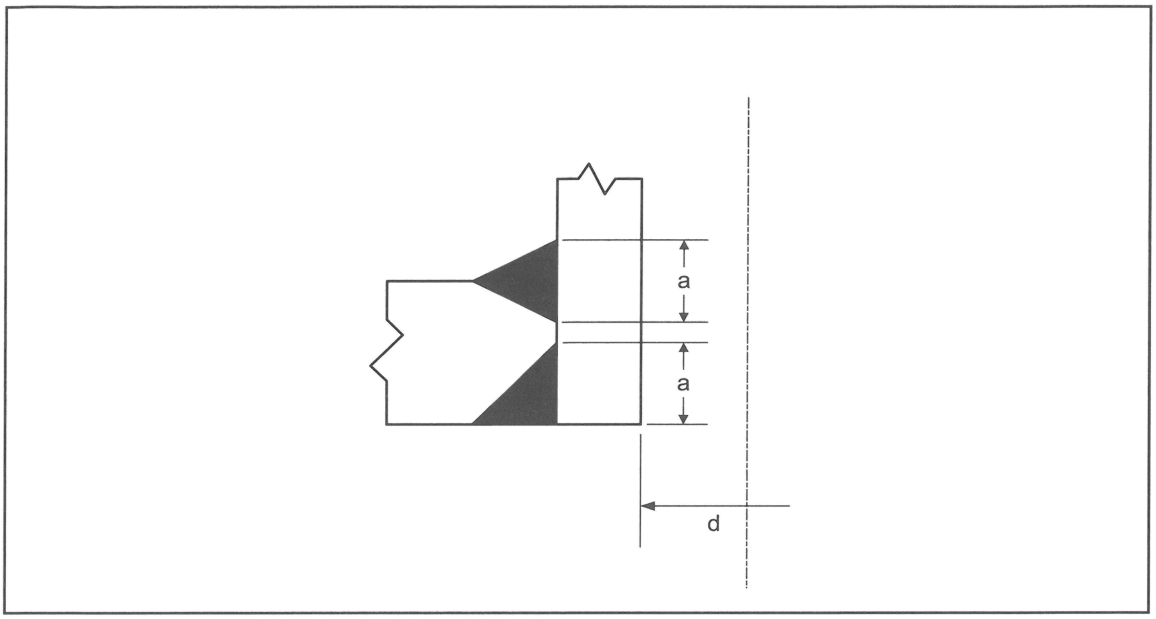
주 1. 645.15 참조
2. RT = 방사선투과검사, UT = 초음파탐상검사, MT = 자분탐상검사, PT = 침투탐상검사
3. P-No.1 그룹 1 및 P-No.8 그룹 1 강재에 대해, t ≤ 30 mm(1-3/16 in)이면서 길이방향 용접부와 같은 용접절차시방서를 적용하는 경우, 2%
4. t > 30 mm(1-3/16 in)이면 10%, t≤30 mm(1-3/16 in)이면 0%
5. 이 표의 백분율은 모든 노즐의 누적 용접길이에 대한 것이다. 645.45.3 제5호 나. 참조
6. 용접두께 16 mm(5/8 in) 이하에는 RT나 UT가 요구되지 않는다.
7. P-No.8 그룹 2, P-No 9A 그룹 1, P-No 9B 그룹 1, P-No.11A 그룹 1, P-No.11A 그룹 2, P-No.10H 그룹 1 강재는 10%

검 사 그 룹	1a	1b	2a	2b	3a	3b
허용되는 재료	표 645.2.1.A의 모든 재료	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹2 P-No.9A 그룹1 P-No.9B 그룹1 P-No11A 그룹1 P-No11A 그룹2 P-No10H 그룹1	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1	P-No.8 그룹2 P-No.9A 그룹1 P-No.9B 그룹1 P-No10H 그룹1	P-No.1 그룹 1 및 2, P-No.8 그룹 1

8. (사용하지 않음)
9. 적용의 제한에 대해서는 645.15 참조
10. 표면검사 백분율은 안쪽과 바깥 쪽 모두의 용접부 길이에 대한 백분율을 나타낸다.
11. RT와 UT는 체적검사 방법이고 MT와 PT는 표면검사 방법이다. 체적검사와 표면검사 모두 이 표에 나와 있는 범위까지 적용이 요구된다.
12. NA는 “해당 없음”을 의미한다. 모든 검사그룹에 대해 가능한 최대범위까지 100% 육안검사가 요구된다.
13. 상세한 검사요건은 645.45.8 제2호를 참조한다.
14. 검사 백분율은 보수 용접부와 원래의 시험방법에 대해서만 나타낸다. 645.37.3 참조
15. RT는 1형, 완전용입 용접부에만 적용된다.
16. 치수 “a” 는 그림 645.45.2-1에 정의되어 있다.
17. 치수 “a” 는 그림 645.45.2-2에 정의되어 있다.
18. 2-1/4Cr-1Mo-1/4V 용기의 서브머지드아크용접부(SAW)에 대해서는 초음파탐상검사가 요구된다.
19. “d” 및 “t_n” 기호 정의
    d = 구멍의 안지름
    t_n = 노즐 벽의 공칭두께
20. 관판에 있는 모든 범주 A 용접부는 1형이어야 한다.



[그림 645.45.2-1] 부분용입 및 필릿 용접부에서의 치수 *a*



[그림 645.45.2-2] 부분용입 모서리 용접부에서의 치수 "*a*" 및 "*d*"

645.45.3 비파괴검사의 범위

1. 표 645.45.2-2 내 검사 범위는 용접이음 총 길이의 백분율이다.
2. 표 645.45.2-2 내 검사 요건은 모든 맞대기 용접이음과 관련된다.
3. 다음 용접법은 표 645.45.2-2의 요건에 따라서 전체 길이에 걸쳐서 검사하여야 한다. 한번 방사선투과검사를 실시하였다면, 후속 용접부는 645.46.4 또는 645.46.5에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다.

가. 다음 조건들이 만족되지 않는 전자빔 용접부

1) 용접이음의 공칭두께는 6 mm(1/4 in) 이하이다.

2) 강자성 재료의 용접부는 645.46.6에 따라서 자분탐상검사 또는 645.46.7에 따라서 침투탐상검사를 실시한다.

3) 비강자성 재료의 용접부는 645.46.7에 따라서 침투탐상검사를 실시한다.

나. 연속구동 마찰 용접법으로 용접한 용접부

4. 다음 용접절차는 표 645.45.2-2의 요건에 따라서 전체 길이에 대해 645.46.3에 따라서 방사선투과검사를 하여야 하고, 645.46.4 및 645.46.5에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다. 초음파탐상검사는 세립화(오스테나이트징) 열처리 또는 용접후열처리를 한 후에 실시하여야 한다.

가. 일렉트로슬래그 용접법으로 용접한 용접부

나. 페라이트 계 재료에서 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 단일 패스 두께를 가진 일렉트로가스 용접법으로 용접한 용접부.

5. 요구된 검사 범위가 100% 미만이면, 비파괴검사의 범위와 위치는 아래에 제시된 기준으로 결정하여야 한다.

가. 동체, 성형 경판, 연통 챔버(communicating chamber) 및 재킷은 아래 요건이 적용된다.

1) 비파괴검사는 길이방향 맞대기 용접부와 원주 맞대기 용접부의 모든 교차점에서 실시하여야 한다. 이 교차점에서 길이방향 이음부의 최소길이 150 mm (6 in)를 검사하여야 한다. 모든 교차점을 포함한 것이 표 645.45.2-2내의 백분율을 초과하는 곳에서는, 이보다 높은 값이 적용되어야 한다.

2) 표 645.45.2-2에서 요구하는 백분율을 달성하기 위하여 추가적 검사가 요구되면, 검사원이 선택한 맞대기 용접이음 상의 추가적 위치에 비파괴검사를 하여야 한다.

3) 각 용접사나 자동용접사가 용접한 용접부를 시험하기 위해서 충분한 횟수의 시험을 하여야 한다. 둘 이상의 용접사나 자동용접사가 층단위로 공동 용접하거나, 맞대기 이음의 양면을 각각 용접한 경우, 한 점(spot)이 각 용접사 또는 자동용접사의 용접능력으로 대표할 수 있다.

4) 주 (길이방향 또는 원주) 용접부 이내 또는 주 용접부로부터 13 mm(1/2 in)이내에 구멍이 있을 때, 구멍의 단면 양쪽에서 구멍의 지름 이상의 길이에 대해서 주 용접부를 검사하여야 한다. 이 용접부는 표 645.45.2-2 내의 백분율에 추가로서 포함되어야 한다.

나. 용기에 부착된 노즐과 분기관 - 비파괴검사의 범위를 결정하기 위하여,

각 그룹 또는 부분적 그룹 내에서 적어도 한 노즐 또는 분기관의 완성된 원주 및 길이방향 맞대기 용접부를 아래에 제시된 것같이 검사하여야 한다.

1) 검사범위가 100%이면, 각 개별 노즐 또는 분기관을 검사하여야 한다.
2) 검사범위가 25%이면, 4 그룹 중 한 그룹에 대하여 하나의 완전한 노즐 또는 분기관을 검사하여야 한다.
3) 검사범위가 10%이면, 10 그룹 중 한 그룹에 대하여 하나의 완전한 노즐 또는 분기관을 검사하여야 한다.

다. 완전한 원주 및 길이방향 맞대기 용접부 또는 노즐의 수를 포함한 것이 표 645.45.2-2내의 백분율을 초과하면, 더 높은 값이 적용되어야 한다.

645.45.4 내부(체적) 결함에 대한 검사방법의 선정 - 내부 결함에 대한 검사방법(RT 또는 UT)의 선택은 표 645.45.4-1을 따라야 한다.

[표 645.45.4-1] 완전용입 이음부에 대한 비파괴검사방법의 선택

이음부 유형	동체 두께 - t	
	t < 13 mm(1/2 in)	t ≥ 13 mm(1/2 in)
1, 2, 3	방사선투과검사	645.46에 따라 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사
7, 8	해당 없음	645.46에 따라 초음파탐상검사

645.45.5 표면결함에 대한 검사방법

비자성 또는 부분자성 재료나 용가재로 용접한 자성재료에 대해서는, 645.46.7에 따른 침투탐상검사를 실시하여야 한다. 자성 강재에 대해서는, 해당 요건에 맞도록 645.46.6과 645.46.7에 따른 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 각각 실시하여야 한다.

645.45.6 표면조건과 준비

표면의 요철이나 이물질로 인한 해당 비파괴검사 방법의 수행 또는 해석이 방해되지 않도록 검사표면을 준비하여야 한다.

645.45.7 반복사용(Cyclic Service)에 대한 보충검사

피로해석에 대한 심사기준 피로해석을 의무적으로 수행해야 하는 용기의 범주 A 및 B 용접부는 표 645.45.4-1에서 규정된 방법에 따라서 100% 검사하여야 한다. 범주 C, D 및 E 용접부는 각각 645.46.6과 645.46.7에 따라서 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사하여야 한다.

645.45.8 보호 라이닝 및 클래딩 된 용기의 시험 및 검사

1. 크롬합금 클래딩 또는 라이닝의 시험

크롬합금 클래딩 층 또는 라이너시트(sheet) 사이의 이음부는 다음과 같이 균열에 대한 시험을 실시하여야 한다.

가. 순수한 크롬합금 용가재로 용접한 이음부는 전체 길이에 걸쳐 시험하여야 한다. 모재의 용접부와 연속 접촉된 크롬합금 용접부는 방사선투과법이나 초음파탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 모재에 부착되지만 단순히 모재 내의 이음부를 가로지르는 라이너 용접부는 표면 균열을 확인할 수 있는 비파괴검사방법으로 검사할 수 있다

나. 오스테나이트 계 크롬-니켈강 용가재 또는 비공기경화 니켈-크롬-철 용가재로 용접한 이음부는 방사선투과법 또는 초음파탐상법으로 부분검사를 실시하여야 한다. 라이닝된 구조는 적어도 한 부분검사는 모재 내의 용접금속과 접촉하는 라이너 용접부의 일부를 포함하여야 한다. 매 15 m(50 ft)의 용접부마다 부분검사를 완료하여야 한다.

2. 용기와 부품의 검사

가. 모재에 클래드 또는 용접 덧씌우기로 제작된 용기 또는 용기 부품은 645.45.1부터 645.45.7에서 요구하는 방사선투과법 또는 초음파탐상법을 사용하여 용접이음부를 검사하여야 한다.

나. 대판 덮개(strip covering)로 보호된 모재의 시험

일체형 또는 용접금속 덧씌우기 클래드(clad) 또는 라이닝이 된 모재 용접부가 클래딩이나 라이닝을 완성하기 위하여 용접부 위에 걸쳐 적용된 내식성의 덮개 대판이나 시트로 보호되어 있으면, 645.45.1부터 645.45.7까지 요구된 방사선투과검사나 초음파탐상검사를 덮개가 부착되기 전에 모재 내의 완성된 용접부에 대하여 실시하여야 한다.

다. 합금 용접부로 보호된 모재의 검사

다음의 요건이 만족된다면, 합금 덮개를 용착하기 전에 모재 내의 용접부에 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사를 실시할 수 있는 경우를 제외하고, 내식성 층을 포함한 이음부가 완성된 후에 645.45.1부터 645.45.7까지 요구된 방사선투과검사나 초음파탐상검사를 실시하여야 한다.

1) 용접이음에서의 모재의 두께는 설계에서 요구하는 것 이상

2) 내식성 합금 용접 용착부가 비공기경화성

3) 완성된 합금 용접 용착부는 645.46.7에 따라 침투탐상검사를 실시한다.

3. 검사와 시험

가. 일반 요건

다음 항의 요건은 클래드 또는 용접 덧씌우기 내식성 라이닝을 가진 용기의 검사와 시험에 적용되며, 각각 645.45부터 645.52에 규정된 검사와 시험에 대한 일반 요건과 함께 적용하여야 한다.

나. 설치된 라이닝의 기밀성

1) 의도한 용도에 맞게 설치된 라이닝의 기밀성(pressure tightness)에 대한 시험을 권장한다. 그러나 시험의 상세내용은 설계시방서에 규정하여야 한다.

주: 시험은 내력 모재를 손상시키지 않는 것이어야 한다.

2) 기밀성 시험 후 용기 내부의 검사

수압시험 후 라이닝 내의 이음부를 통하여 시험유체의 누설이 있는지 판정하기 위하여 용기 내부를 육안 검사하여야 한다.

3) 누설이 검출되었을 때의 조치

설치된 라이너의 뒤에서 누설이 검출된 경우, 용기의 라이너를 손상시키지 않고 용기의 모든 시험유체를 배출하기 위하여 충분한 시간동안 서서히 가열하여야 한다. 시험유체를 배출 후 라이닝은 용접으로 보수하여야 한다. 보수 용접부가 모재 속으로 관통하는 결함을 발생시켰는지를 판정하기 위하여, 검사원은 라이닝의 보수 후에 방사선투과검사, 열처리 또는 용기의 수압시험의 반복이 필요한지를 결정하여야 한다.

645.45.9 인장강도가 향상된 퀜칭-뜨임을 한 용기의 시험과 검사

다음 항은 퀜칭-뜨임으로 항복강도와 극한인장강도가 증강된 표 645.2.1.A.3에 표시된 페라이트 계 재료로 제작된 용기만 적용된다.

1. No.1 Type 용접이음

표 645.45.4-1에 따른 100% 시험이 요구된다. 시험은 모든 내식성 합금 덮개 용접이 용착된 후에 하여야 한다.

2. 노즐 부착 용접부

표 645.15.4-11에서 규정된 노즐 부착 용접부는 645.46.3, 645.46.4 또는 645.46.5(표 645.45.2-2와 표 645.45.4-1 참조)에 따라서 방사선투과법 또는 초음파탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 표 645.15.4-8에 따라 두께가 50 mm(2 in)를 초과하는 동체에 있는 노즐 부착 용접부는 645.46.3, 645.46.4에 따라서 방사선투과법 또는 초음파탐상법을 이용하여 검사하여야 하며, 안지름이 50 mm(2 in) 이하인 노즐에 대해서는 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사가 생략될 수 있다. 요구된 방사선투과검사는 모든 내식성 함금 덮개 용접부가 용착된 후에 실시하여야 한다.

3. 용접부 시험

가. 아래 나.에서 허용된 것을 제외하고, 퀜칭-뜨임 강재에 비압력부품을 부착하기 위한 용접을 포함한 모든 용접부는 압력시험 후 모든 노출된 표면을 645.46.6에 따라서 자분탐상법으로 검사하여야 한다. 아크 스트라이크를 피하기 위한 자화방법(magnetizati on method)을 사용하여야 한다. 균열과 같은 결함은 불합격 대상이며, 이를 제거하거나 보수하여야 한다. 보수 후 용기는 645.50에 따라서 재시험하여야 하며 용접부도 재시험하여야 한다. 표 645.15.4-8 상세 1, 2 및 7에 따른 노즐 부착의 경우 개구부에서용기 벽의 노출된 단면은 시험에 포함되어야 한다.

나. 침투탐상법의 대체 사용

자분탐상검사로 대체하거나 또는 용접 용착부의 비자성때문에 자분탐상검사가 가능하지 않은 경우, 침투탐검사를 사용하여야 한다. SA-333 등급 8, SA-334 등급 8, SA-353, SA-522, SA-553, I과 II형, 그리고 SA-645 등급 A의 재료로 제작된 용기에 대해서는, 표 645.45.2-2에 요구된 표면검사는 압력시험 전 또는 후에 침투탐상법으로 실시하여야 한다. 균열과 같은 결함은 불합격 대상이며, 제거하거나 보수하여야 한다. 보수 후 용기는 645.50에 따라 재검사하여야 하며, 용접부도 재검사하여야 한다.

4. 내식성 덧씌우기 용접금속의 시험

내식성 덧씌우기 용접금속은 645.46.7에 따라서 침투탐상법으로 검사하여야 한다. 균열과 같은 결함은 불합격 대상이며, 제거하거나 보수하여야 한다. 용기는 보수 후 645.50부터 645.52에 따라 재시험하여야 하고 보수 용접부는 재검사하여야 한다.

645.45.10 일체형으로 단조된 용기의 시험과 검사

아래 요건은 일체형으로 단조된 용기의 비파괴검사에 적용된다.

1. 초음파탐상검사

가. 용기가 SA-372, 등급 J, 클래스 110의 재료로 제작되었으면, 열처리 후 완성된 용기는 645.4.2 및 645.6.1에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다. 교정 시험편은 용기를 대표하는 것과 동일한 공칭두께 및 조성을 갖고 열처리된 것이어야 한다. 사각 초음파탐상검사는 공칭단면두께의 5%와 같은 깊이, 약 25 mm(1 in)의 길이 그리고 그 깊이의 2배 이하의 폭을 가진 노치로 교정되어야 한다.

나. 용기가 SA-723, 클래스 1, 등급 1, 2 및 3, 그리고 SA-723, 클래스 2, 등급 1, 2 및 3의 재료로 제작되었으면, 완성된 용기는 두께에 관계없이 645.6.1에 따라서 시험하여야 한다.

다. 교정된 노치에 의한 진폭의 지시를 초과하는 지시를 발생시키는 하나 이상

의 불연속이 검사 결과에서 나타나면, 용기는 불합격이다. 교정된 노치의 진폭을 초과하는 피트, 흠집 및 주변과 모나지 않은 부위와 같은 둥근 바닥 표면 지시는, 지시 밑의 두께가 용기의 설계벽두께 이상이고 측면이 3 대1 이상의 비율로 평평하게 되었다면, 합격이다.

2. 용접보수의 시험

가. 0.35% 이하의 탄소함량을 가진 재료의 용접보수의 경우, 모든 용접보수는 645.46.3, 645.46.6 및 645.46.7의 요건에 따라서 방사선투과법, 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 용접보수의 깊이가 10 mm(3/8 in) 또는 재료 두께의 1/2 중 작은 것을 초과할 때는 방사선투과검사를 실시하여야 한다. 보수 용접부의 합격여부는 해당 항에서 제시된 합격기준에 따라 결정되어야 한다.

나. 0.35%를 초과하는 탄소함량을 가진 재료의 용접보수

1) 용접보수의 깊이가 6 mm(1/4 in) 또는 재료 두께의 1/2 중 작은 것을 초과하는 경우 방사선투과검사가 요구되는 것을 제외하고는, 퀜칭-뜨임한 재료 이외의 용접 보수부의 검사는 645.45.10 제2호 가.의 요건을 만족하여야 한다.

2) 용착 용접 깊이에 관계없이 방사선투과검사가 요구된 것을 제외하고, 액체 퀜칭-뜨임이 될 예정이거나 이미 된 재료의 용접보수부에 대한 검사는 645.45.10 제2호 가.의 요건을 만족하여야 한다.

3. 시험편의 검사와 시험의 입회

시험편을 해당 재료규격에 따라 채취하고자 하는 경우, 검사원은 자신의 선택에 따라서 이 시험편의 선택, 식별 표시 및 시험을 입회할 수 있다. 시험과 재시험은 재료규격의 요건에 따라서 실시되어야 한다.

645.45.11 제작된 다층 용기의 시험과 검사

1. 이 항의 요건은 다층구조로 제작된 압력용기와 용기 부품의 비파괴검사에 적용된다. 다층용기 구조에 대한 시험 요건이 표 645.45.11-1에 나와 있다. 시험 그룹 1 또는 2에 대한 645.45.1부터 645.45.7까지의 요건은 해당되는 다층 용기와 일체인 비다층 구조 부품에 적용하여야 한다.

2. 내부동체와 내부경판

층을 적용하기 전의 다층동체 부분의 내부동체와 다층경판의 내부경판 내의 범주 A 및 B 이음부는 645.46.3 또는 645.46.5(표 645.45.4-1 참조)에 따라서 방사선투과법 또는 초음파탐상법으로 전체 길이에 걸쳐 검사를 실시하여야 한다.

3. 용접이음

가. 선행 용접 표면에 두께 3 mm 부터 8 mm(1/8 in 부터 5/16 in)에 걸친 층의

범주 A 이음부는 645.46.6에 따라서 자분탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 하여야 한다.

나. 이전 표면에 용접된 두께 8 mm 부터 16 mm(5/16 in 부터 5/8 in)에 걸친 층의 범주 A 이음부는 645.46.6에 따라서 자분탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 하여야 한다. 이에 추가하여, 이 이음부는 임의의 길이 10%에 대해서 645.46.4에 따라서 초음파탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 다만 용접두께의 바닥 10%에 대해서 거리진폭교정(DAC)곡선 또는 기준 레벨은 6 dB만큼 올릴 수 있다. 이 임의의 부분검사는 아래 제10호에서 규정된 것에 따라 검사를 실시하여야 한다.

다. 이전의 표면에 용접된 두께 16 mm 부터 22 mm(5/8 in 부터 7/8 in)에 걸친 층의 범주 A 이음부는 645.46.4에 따라서 초음파탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 실시하여야 한다. 다만 용접두께의 하부 10%에 대해서 거리진폭교정(DAC)곡선 또는 기준 레벨은 6 dB만큼 올릴 수 있다.

라. 이전의 표면에 용접되지 않은 층 내의 범주 A 이음부는 645.46.3, 645.46.4 또는 645.46.5(표 645.45.4-1 참조)에 따라서 방사선투과법 또는 초음파탐상법으로 그 길이의 100%에 대해서 검사하여야 한다.

마. 용기의 축 방향 중심선으로부터 측정하여 75° 이하 각도(나선각도)의 나선형으로 감은 대판 구조 내의 용접부는 범주 A로서 분류하여야 하며, 그에 따라서 검사하여야 한다.

4. 용접된 동체 원주 이음부

가. 두께 3 mm부터 8 mm(1/8 in 부터 5/16 in)에 걸친 층의 범주 B 이음부는 645.46.6에 따라서 자분탐상법(직류 만)으로 그 길이의 10%에 대하여 검사를 실시하여야 한다. 이 임의의 부분검사는 아래 제10호의 규정에 따라 실시하여야 한다.

나. 두께 8 mm부터 16 mm(5/16 in 부터 5/8 in)에 걸친 층의 범주 B 이음부는 645.46.6에 따라서 자분탐상법(직류 만)으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 실시하여야 한다.

다. 두께 16 mm부터 22 mm(5/8 in 부터 7/8 in)에 걸친 층의 범주 B 이음부는 645.46.6에 따라서 자분탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 실시하여야 한다. 이에 추가하여, 이 이음부는 임의의 길이 10%에 대해서 645.46.4에 따라서 초음파탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 다만 용접두께의 바닥 10%에 대해서 거리진폭교정곡선 또는 기준 레벨은 6 dB만큼 올릴 수 있다. 이 임의의 부분검사는 아래 제10호에서 규정된 대로 실시하여야 한다.

라. 두께 22 mm(7/8 in)를 초과하는 층 내의 범주 B 이음부는 645.46.4에에 따라서 초음파탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 하여야 한다. 다만 용접두께의 바닥 10%에 대해서 거리진폭교정곡선 또는 기준 레벨은 6 dB만큼 올릴 수 있다.

5. 맞대기 이음

가. 다층단면에 충실단면의 전체두께 용접. 645.45.11 제2호에서 주어진 어느 다층두께의 다층단면에 충실단면을 부착하는 범주 A, B 및 D 이음부는 645.46.3에 따라서 전체 길이에 대하여 방사선투과방법으로 검사하여야 한다.

나. 층의 침식(layer wash)이나 허용할 수 있는 틈새가 방사선사진에서 슬래그로부터 구별하기 어려운 지시로 나타날 수 있다. 층의 침식은 층 계면에서 얕은 용입으로부터 생기는 지시로 정의한다. 합격은 그림 645.45.11-1 용접부 형상에 근거하여야 한다. 한 가지 대안으로서, 그림 645.45.11-2에서 보는 사각방사선투과기법(angle radiographic technique)을 그 지시의 허용여부를 결정하기 위해 개별 틈새의 위치를 찾는데 사용할 수 있다. 층을 감은 후에 이루어지는 범주 A 반구형 경판과 내부동체 또는 내부경판의 범주 B 용접이음이 645.46.3에 따라서 방사선투과검사가 되었을 때는, 다층단면을 다층단면에 부착하는 범주 A 및 B 이음부는 완전히 용접된 후에 방사선투과검사를 할 필요는 없다.

다. 완성된 이음부에 대하여 방사선투과검사를 실시한 경우, 두께 22 mm(0.875 in)를 초과하는 내부동체 또는 내부경판 두께는 방사선투과검사를 실시할 필요가 없다. 내부동체 또는 내부경판의 층들이 감긴 후에 용접된 내부동체 또는 내부경판 내의 용접이음은 전체 길이에 걸쳐서 방사선투과검사를 실시하여야 하며, 645.45.11 제2호의 요건을 만족시켜야 한다.

6. 평경판과 관판의 용접이음

평경판과 관판에 다층동체 또는 다층경판을 부착하는 범주 C 이음부는 범주 B 이음부에 대하여 645.45.11 제4호에 규정된 요건에 따라 검사하여야 한다.

7. 노즐과 연통 챔버 용접이음

방사선투과검사를 요구하지 않는 다층동체 또는 다층경판 내의 범주 D 용접이음은 645.46.6 또는 645.46.7에 따라서 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 다층용기동체나 다층경판에 라이너 타입 노즐을 연결하는 부분용입 용접부는 645.46.6 또는 645.46.7에 따라서 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

8. 비압력 부품과 보강재를 부착하는 용접부

가. 지지물, 러그, 브래킷, 보강재 및 기타 비압력 부착물을 압력부품에 부착하는 모든 용접부는 모든 노출된 표면에서 645.46.6 또는 645.46.7에 따라서 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

나. 645.35.7에서 요구된 검사는 P-No. 5 등 재료의 부품에 부착된 비압력 부품과 보강재에 대한 용접후열처리 후에 실시되어야 한다.

9. 천이 용접부

가. 충실 벽 단면 내의 모든 용접금속 덧살붙임(buildup) 또는 다층 천이부 내의 필릿 용접부는 전체 용착 표면에 걸쳐 645.46.6 또는 645.46.7에 따라서 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

나. 방사선투과검사를 요구하는 용접이음에서 표면 용접금속 덧살 붙임이 사용될 때는, 용접금속 육성부는 검사에 포함되어야 한다.

10. 임의의 부분검사와 용접부의 보수

위 645.45.11 제3호 나. 및 제4호 다.의 임의의 초음파탐상검사와 645.45.11 제4호 가.의 임의의 자분탐상검사는 다음과 같이 실시되어야 한다.

가. 임의 부분 위치는 검사원이 선택하여야 한다. 검사원이 사전에 통보를 받았으나 참석을 할 수 없거나 선택을 할 수 없을 때는, 제작자가 임의의 부분 또는 부분의 선택에 있어 자신의 판단에 따를 수 있다. 그 부분의 최소 길이는 150 mm(6 in)가 되어야 한다.

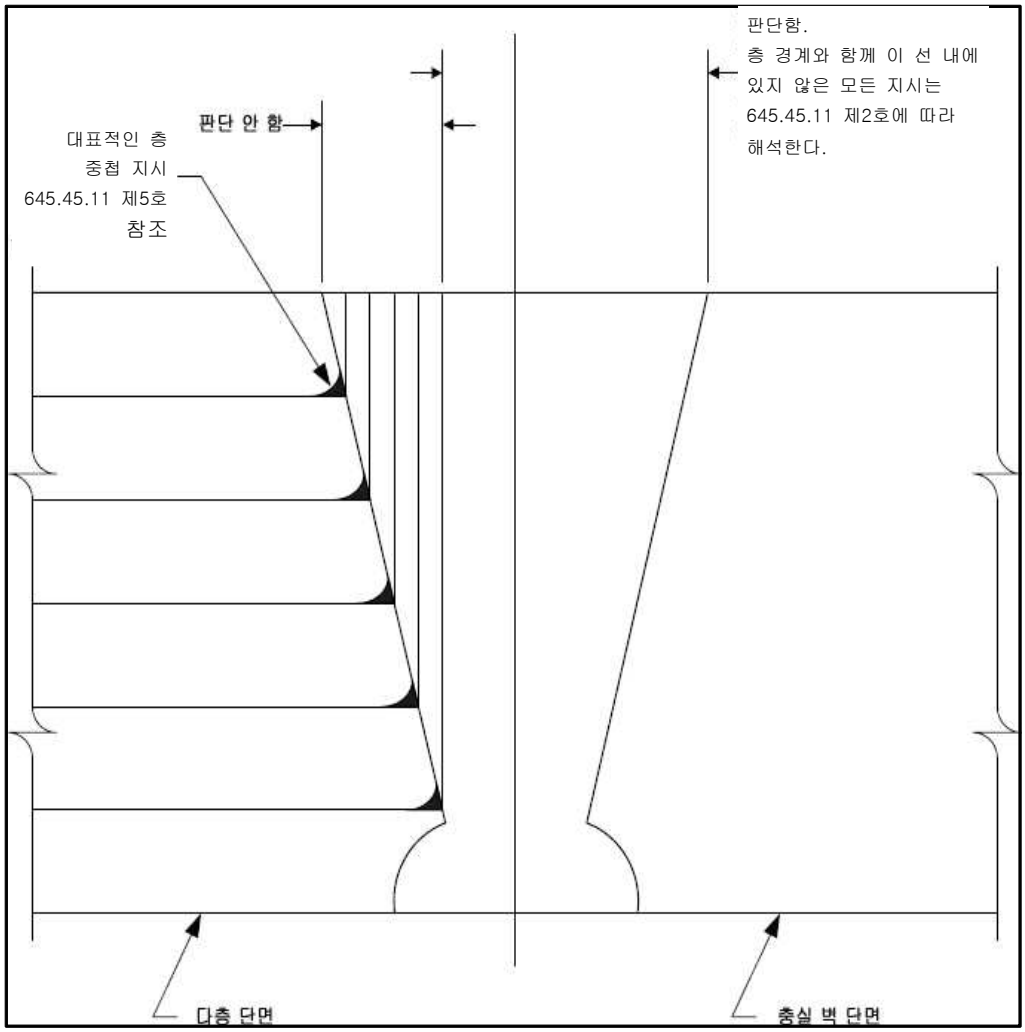
나. 임의의 부분검사에서 645.45.11 제3호 나.와 제4호 가. 및 제4호 다.의 최소품질요건에 적합하지 못한 용접부가 나타난 경우, 같은 길이의 두 군데의 추가적 부분(spots)을 원래 부분으로부터 떨어진 위치에서 같은 용접부 단위에서 검사를 하여야 한다. 이 추가적 부분의 위치는 원래 부분검사에서 규정되었던 것같이 검사원이나 제작자가 선정하여야 한다.

다. 검사한 두 부분 중 어느 것이라도 645.45.11 제3호 나.와 제4호 가. 및 제4호 다.의 최소품질요건에 적합하지 못한 용접부가 나타나면, 대표된 용접부 전체 단위가 불합격 처리되어야 한다. 전체 불합격된 용접부는 제거되고 이음부는 다시 용접되거나, 제작자의 선택에 따라서, 대표된 용접부의 전체 단위를 완전히 검사하여 결함이 있는 용접만을 수정할 필요가 있다.

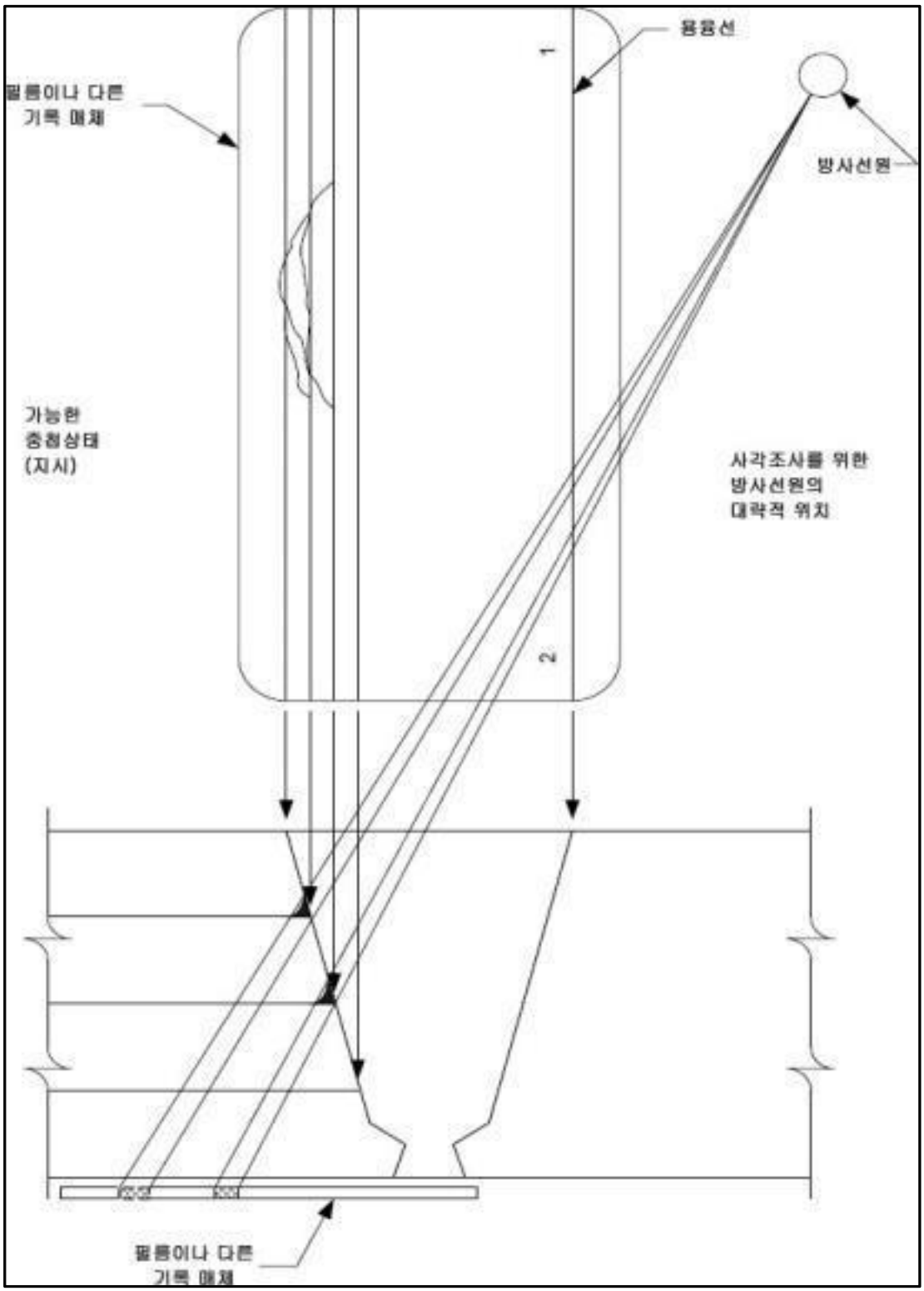
라. 보수용접은 인정된 절차를 사용하고 검사원에게 인정될 수 있는 방식으로 실시되어야 한다. 재용접된 이음부 또는 용접 보수된 부위는 645.45.11 제3호 나.와 제4호 가. 및 제4호 다.의 요건에 따라서 한 위치에서 임의 부분검사를 실시하여야 한다.

[표 645.45.11-1] 다층 용기의 비파괴검사

이음 범주	용접이음 내용	비파괴검사 유형	범위
A, B	내부동체와 내부경판에 있는 범주 A 및 B 이음부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% NA
A	두께 3 mm ~ 8 mm(1/8 in ~ 5/16 in)인 층에 있는 범주 A 이음부(이전 표면에 용접)	RT 또는 UT MT (또는 PT)	NA 100%
A	두께 8 mm ~ 16 mm(5/16 in ~ 5/8 in)인 층에 있는 범주 A 이음부(이전 표면에 용접)	UT MT (또는 PT)	10% 100%
A	두께 16 mm ~ 22 mm(5/8 in ~ 7/8 in)인 층에 있는 범주 A 이음부(이전 표면에 용접)	UT MT (또는 PT)	100% NA
A	이전 표면에 용접되지 않은 층에 있는 범주 A 이음부	RT 또는 UT	100%
B	두께 3 mm ~ 8 mm(1/8 in ~ 5/16 in)인 층에 있는 범주 B의 스텝용접된 둘레 이음부	RT MT (또는 PT)	NA 10%
B	두께 8 mm ~ 16 mm(5/16 in ~ 5/8 in)인 층에 있는 범주 B의 스텝용접된 둘레 이음부	RT 또는 UT MT (또는 PT)	NA 100%
B	두께 16 mm ~ 22 mm(5/8 in ~ 7/8 in)인 층에 있는 범주 B의 스텝용접된 둘레 이음부	RT UT MT (또는 PT)	NA 10% 100%
B	두께 22 mm(7/8 in)를 초과하는 층에 있는 범주 B의 스텝용접된 둘레 이음부	UT MT 또는 PT	100% NA
A, B, D	중실 단면을 다층 단면에 전체 두께 맞대기 용접하는 범주 A, B, D 이음부	RT MT (또는 PT)	100% NA
C	스텝용접된 둘레 이음부의 평경판과 관판 용접 이음부	범주 B의 스텝용접된 둘레 이음부와 동일	
D	다층 동체 또는 다층 경판에 있는 노즐과 연통 챔버	MT (또는 PT)	100%
E	압력경계에 용접되는 부착 용접부	MT (또는 PT)	100%
-	중실 용접단면 또는 다층 천이부에 있는 모든 용접 금속 덧살붙임	MT (또는 PT)	100%



[그림 645.45.11-1] 다층 용기의 검사



[그림 645.45.11-2] 다층 용기의 검사

645.46 검사방법과 합격기준

645.46.1 비파괴검사 방법과 합격기준은 표 645.46.1-1와 같다.

645.46.2 육안검사 합격기준

표 645.46.2-1에 주어진 기준을 초과하는 지시의 용접부는 불합격 대상이다. 불합격 대상 지시는 제거하거나 허용할 수 있는 크기의 지시로 감소시켜야 한다. 치핑이나 그라인딩으로 제거되고 후속 용접보수가 요구되지 않을 때는 언제나 그 부위는 노치, 틈새 또는 모서리를 피하도록 잘 다듬어야 한다. 지시를 제거한 후에 용접이 요구된 곳에서의 보수는 645.37에 따라서 실시되어야 한다.

645.46.3 방사선투과검사 합격기준

방사선투과사진에 나타나고 결함으로 인정된 용접부의 지시는 이 항에서 표시된 조건 하에서 불합격 대상이며, 645.37의 규정에 따라 보수하여야 한다. 보수된 용접부는 이 항에 따라서 방사선투과법으로 또는 제조자의 선택에 따라서 645.46.4 또는 645.46.5에 따라서 초음파탐상법으로 그리고 이 항에서 규정된 표준에 따라 재검사를 하여야 한다. 초음파탐상검사가 실시된다면, 검사방법을 제조자 자료보고서 서식의 비고 칸에 기록하여야 한다.

1. 선형 지시

가. 두께 t

허용된 덧살을 제외한 용접부의 두께. 두께가 다른 두 부재의 맞대기 용접부에서 t는 두께가 얇은 부재의 두께이다. 완전용입 용접부가 필릿 용접부를 포함하면, 필릿 용접부의 목두께는 t의 계산에 포함되어야 한다.

나. 합격/불합격 기준

1) 균열이나 융합불량 또는 용입부족 부위

2) 다음 보다 큰 길이를 가진 기타 선형 지시

가) 19 mm(3/4 in) 이하의 t는 6 mm(1/4 in)

나) 19 mm(3/4 in) 초과 57 mm(2-1/4 in) 이하의 t는 t/3

다) 57 mm(2-1/4 in)를 초과하는 t는 19 mm(3/4 in)

3) 12t의 길이에서 t를 초과하는 누적 길이를 가진 선으로 늘어선 지시의 집단. 단, 인접한 결함 사이의 거리가 6L을 초과하는 곳은 제외. 여기서 L은 그 집단에 있는 가장 긴 결함의 길이이다.

4) 방사선투과사진에 나타난 농도 또는 상의 밝기가 급격하게 변화하지 않는다면, 내부 루트 용접부 상태는 허용될 수 있다. 급격한 변화 상태의 경계에 있는 방사선투과사진 상의 선형 지시는 이 항의 다른 부분에 따라서 평가하여야 한다.

2. 원형 지시 합격기준

가. 원형 지시 도표

결함으로서 인정된 원형 지시는 3 mm(1/8 in)를 초과하는 다른 용접 두께에 대하여 여러 종류의 다양하고, 임의로 퍼져있고, 밀집되어 있는 원형 지시를 그림으로 설명하는 그림 645.46.3-3 부터 그림 645.46.3-8 내에서 보이는 것을 초과하지 않아야 한다. 각 두께 범위에 대한 도표는 실물크기 150 mm(6 in) 방사선투과사진을 대표하며, 확대되거나 축소되어서는 안 된다. 보여진 분포는 반드시 방사선투과사진에서 나타날 수 있는 모형인 것은 아니지만, 허용된 지시의 대표적인 집중과 크기이다.

나. 관련 지시(사례에 대해서 표 645.46.3-1 참조)

다음 치수들을 초과하는 원형 지시만을 관련된 것으로 간주하여야 하고, 처분을 위하여 합격 도표에 비교하여야 한다.

1) 3 mm(1/8 in) 미만의 t는 t/10

2) 3 mm(1/8 in) 이상 6 mm(1/4 in)이하의 t는 0.4 mm(1/64 in)

3) 6 mm(1/8 in) 이상 50 mm(2 in)이하의 t는 0.8 mm (1/32 in)

4) 50 mm(2 in) 초과 t는 1.5 mm(1/16 in)

5) 원형 지시의 최대크기

모든 지시의 최대허용크기는t/4 또는 4 mm(5/32 in) 중 작은 것이어야 한다. 다만, 인접한 지시로부터 25 mm 이상 떨어진 분리된 지시는 t/3 또는 6 mm(1/4 in) 중 작은 것이어야 한다. 50 mm(2 in)를 초과하는 t에 대해서는 분리된 지시의 최대크기는 10 mm(3/8 in)로 증가시켜야 한다.

6) 정렬된 원형지시

12t의 거리 내에서 지시의 지름의 합계가 t 미만일 때, 정렬된 원형 지시는 허용될 수 있다. 정렬된 원형 지시 집단의 길이와 집단 사이의 간격은 그림 645.46.3-2의 요건을 만족하여야 한다.

7) 군집 지시

군집 지시에 대한 그림 설명은 임의 지시에 대한 그림 설명에서 보는 것과 같은 국부 면적 내의 지시의 4배를 나타낸다. 허용할 수 있는 군집부의 길이는 25 mm(1 in) 또는 2t(2배) 중 작은 것을 초과해서는 안 된다. 이 중 하나를 초과하는 군집부가 존재하는 경우, 군집부 길이의 합계는 150 mm(6 in) 길이의 용접부에서 25 mm(1 in)를 초과해서는 안 된다.

8) 3 mm(1/8 in) 미만의 용접두께 - 3 mm(1/8 in) 미만의 용접두께에 대해서는, 원형 지시의 최대 숫자는 길이 150 mm(6 in)에서 12를 초과해서

는 안 된다. 길이 150 mm(6 in) 미만의 용접부에는 비례적으로 작은 수의 지시가 허용되어야 한다.

다. 상농도

지시의 상내 농도 또는 상의 밝기는 변동될 수 있으며, 합격이나 불합격의 기준이 아니다.

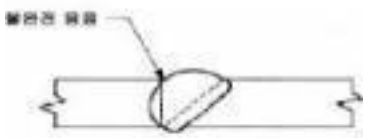
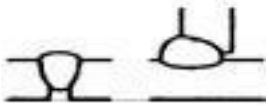
라. 간격

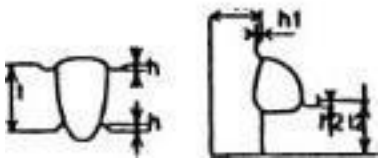
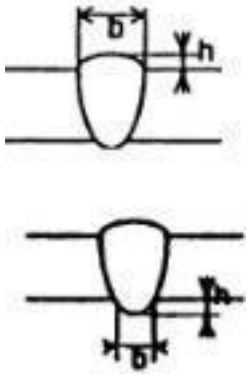
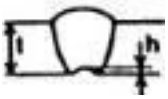
분리된 지시 또는 정렬된 지시의 집단에 대해서 요구하는 것을 제외하고는, 인접한 원형 지시 간의 거리는 합격 또는 불합격을 결정하는 요인이 아니다.

[표 645.46.1-1] 비파괴검사 기법, 방법, 특성화 및 합격기준

비파괴검사 기법	방 법	특성화 및 합격기준
육안검사(VT)	-	645.46.2
방사선투과검사(RT)	171 (또는 ASME Sec. V Art. 2)	645.46.3
초음파탐상검사(UT)	172 (또는 ASME Sec. V Art. 4)	645.46.4
초음파탐상검사 (RT 대신 실시할 때) [주 1]	ASME Sec. V Art. 4 및 645.46.5	645.46.5
자분탐상검사(MT)	173 (또는 ASME Sec. V Art. 7)	645.46.6
침투탐상검사(PT)	174 (또는 ASME Sec. V Art. 6)	645.46.7
주 1. 2-1/4Cr-1Mo-1/4V 용기의 서브머지드아크용접부(SAW)에 대해서는 초음파탐상검사가 요구된다.		

[표 645.46.2-1] 육안검사 합격기준

No.	결함의 유형 [주1]		합격기준
1	균열(모두)	-	허용 안 됨.
2	가스 공동(모두) 수축 공동(모두)		허용 안 됨.
3	슬래그 개재물(모두) 플럭스 개재물(모두) 산화물 개재물(모두) 금속 개제물(모두)	-	표면에서 발생하지 않아야 함.
4	불완전 용융(모두)		허용 안 됨.
5	용입부족		완전용입 용접부를 요구할 경우, 허용되지 않음.

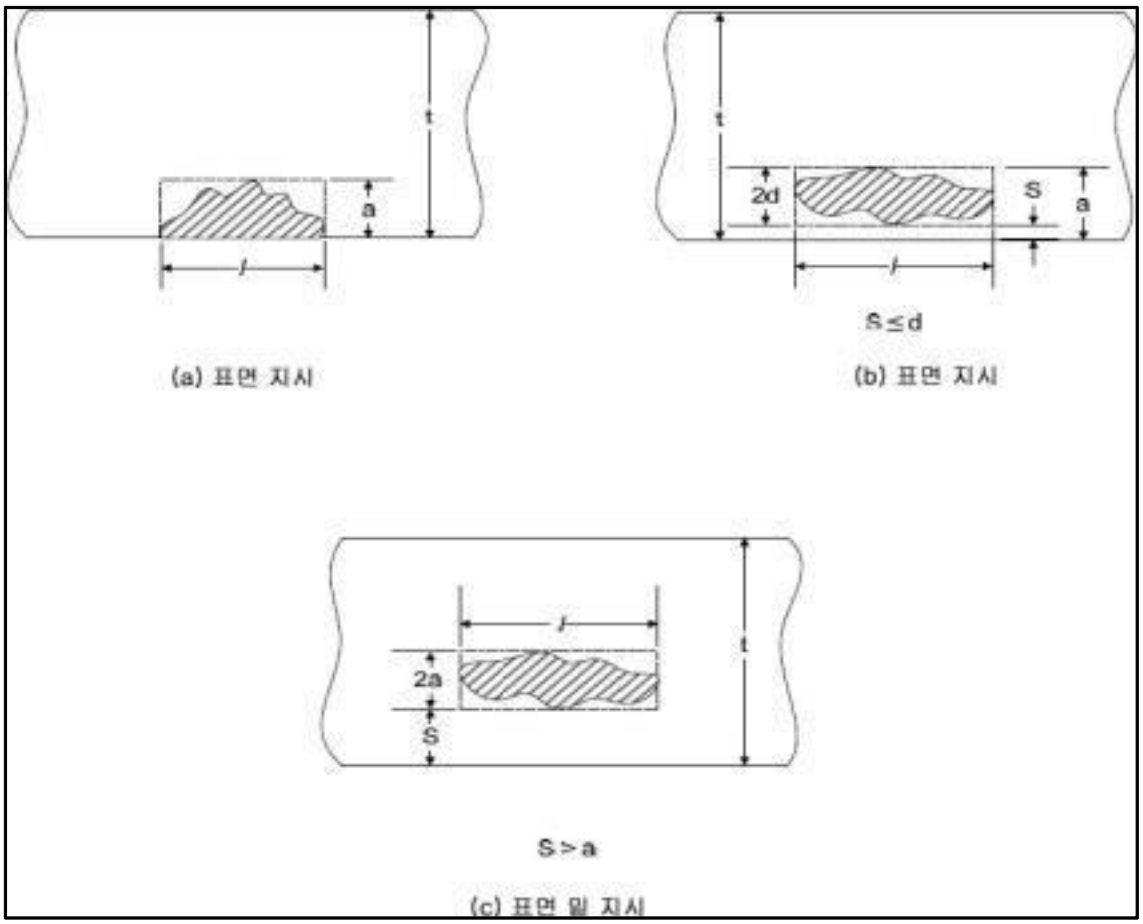
No.	결함의 유형 [주1]		합격기준
6	언더컷		허용할 수 있는 언더컷: 645.35.1 제1호 참조 또한 방사선투과사진의 적절한 해석을 위해 645.46.3의 요건을 만족시켜야 한다.
7	용접 살돋움		맞대기 용접이음에서 허용할 수 있는 용접 살돋움은 645.35.1 제3호를 따라야 한다. 매끄러운 곡면이 요구된다.
8	이음부 오프셋	-	맞대기 용접이음에서 허용할 수 있는 오프셋은 645.31을 참조한다.
9	돌출(peaking)	-	맞대기 용접이음에서 허용할 수 있는 피킹은 645.31을 참조한다.
10	표유 플래시 또는 아크 스트라이크	-	허용되지 않음. [주2]
11	스패터	-	스패터는 최소화되어야 한다. [주2]
12	찢어진 표면 그라인딩 자국 치핑 자국	-	허용되지 않음. [주2]
13	오목부		허용할 수 있는 오목부는 645.35.1 제3호를 참조한다.

주 1. 이 표에서는 다음 기호들을 사용한다.
a = 필릿 용접부의 공칭 목두께
b = 용접부 살돋움의 폭
d = 기공의 지름
h = 불완전부의 높이
t = 벽 또는 판의 두께
2. 이 결함은 블랜드 연마작업으로 제거할 수 있다.

[표 645.46.3-1] 원형지시에 대한 방사선투과사진 합격기준(예)

두께 - *t*	허용할 수 있는 원형지시의 최대크기		무관지시의 최대크기
	임의의 지시	분리된 지시	
3 mm(1/8 in) 미만	1/4 *t*	1/3 *t*	1/10 *t*
3 mm(1/8 in)	0.8 mm(1/32 in)	1.1 mm(3/64 in)	0.4 mm(1/64 in)
5 mm(3/16 in)	1.2 mm(3/64 in)	1.5 mm(1/16 in)	0.4 mm(1/64 in)
6 mm(1/4 in)	1.5 mm(1/16 in)	2.1 mm(3/32 in)	0.4 mm(1/64 in)
8 mm(5/16 in)	2.0 mm(5/64 in)	2.6 mm(7/64 in)	0.8 mm(1/32 in)
10 mm(3/8 in)	2.5 mm(3/32 in)	3.0 mm(1/8 in)	0.8 mm(1/32 in)
11 mm(7/16 in)	2.8 mm(7/64 in)	3.7 mm(5/32 in)	0.8 mm(1/32 in)
13 mm(1/2 in)	3.0 mm(1/8 in)	4.3 mm(11/64 in)	0.8 mm(1/32 in)
14 mm(9/16 in)	3.6 mm(5/64 in)	5.0 mm(3/16 in)	0.8 mm(1/32 in)
16 mm(5/8 in)	4.0 mm(5/32 in)	5.3 mm(7/32 in)	0.8 mm(1/32 in)
17 mm(11/16 in)	4.0 mm(5/32 in)	5.3 mm(15/64 in)	0.8 mm(1/32 in)
19 mm(3/4 in) 이상 50 mm(2 in) 이하	4.0 mm(5/32 in)	6.4 mm(1/4 in)	0.8 mm(1/32 in)
50 mm(2 in) 초과	4.0 mm(5/32 in)	10 mm(3/8 in)	1.5 mm(1/16 in)

참 조	
[그림 645.46.3-1, 645.46.3-2] - 정렬된 원형 지시들	KECS-1201의 1.5(원형지시 합격기준)원형지시 합격기준 참조
[그림 645.46.3-3] 3 mm 내지 6 mm 이하 벽 두께에 대한 도표	KECS-1201의 1.5(원형지시 합격기준) 그림 1.5.3 참조
[그림 645.46.3-4] 6 mm 초과 10 mm 이하 벽 두께에 대한 도표	KECS-1201의 1.5(원형지시 합격기준) 그림 1.5.4 참조
[그림 645.46.3-5] 10 mm 초과 19 mm 이하 벽 두께에 대한 도표	KECS-1201의 1.5(원형지시 합격기준) 그림 1.5.5 참조
[그림 645.46.3-6] 19 mm 초과 50 mm 이하 벽 두께에 대한 도표	KECS-1201의 1.5(원형지시 합격기준) 그림 1.5.6 참조
[그림 645.46.3-7] 50 mm 초과 100 mm 이하 벽 두께에 대한 도표	KECS-1201의 1.5(원형지시 합격기준) 그림 1.5.7 참조
[그림 645.46.3-8] 100 mm 초과 벽 두께에 대한 도표	KECS-1201의 1.5(원형지시 합격기준) 그림 1.5.8 참조



[그림 645.46.3-9] 단일 지시

645.46.4 초음파탐상검사 합격기준

특별히 규정되어 있지 않으면, 이 표준이 적용되어야 한다. 기준 레벨의 20%보다 큰 진폭을 발생시키는 모든 결함은 검사자가 그러한 결함의 형상, 종류 및 위치를 결정할 수 있고 아래의 제1호 및 제2호에서 주어진 합격기준의 항에서 평가할 수 있는 범위까지 조사하여야 한다.

1. 균열, 융합불량 또는 용입 부족인 것으로 해석된 모든 결함은 길이에 관계없이 불합격 대상이다.
2. 진폭이 기준 레벨을 초과하고 결함의 길이가 다음을 초과하면 모든 선형 결함은 불합격 대상이다.
   가. 19 mm(3/4 in) 미만의 t는 6 mm(1/4 in)
   나. 19 mm(3/4 in) 이상 57 mm(2-1/4 in) 이하의 t는 t/3
   다. 57 mm(2-1/4 in)를 초과하는 t는 19 mm(3/4 in)

위의 기준에서, t는 허용된 덧살을 제외한 용접부의 두께이다. 용접부에서 다른

두께를 가진 두 부재를 연결하는 맞대기 용접에서 t는 이 두 두께 중 얇은 것이다. 완전용입 용접부가 필릿 용접부를 포함하면, 필릿 용접부의 목두께는 t의 계산에 포함되어야 한다.

645.46.5 방사선투과검사 대신 실시한 초음파탐상검사 결함의 평가 및 합격기준

결함은 표 645.46.5-1~표 645.46.5-4의 해당 기준과 다음의 추가 요건에 따라 합격여부를 평가하여야 한다. 불합격된 결함은 보수를 하여야 하고, 보수된 용접부는 합격여부를 재평가하여야 한다.

1. 표면에 연결된 결함에 대해서는, 측정한 벽 관통 치수 a를 해당 결함의 합격기준표를 따라 결정한 a 값과 비교하여야 한다.
2. 표면 바로 아래 결함에 대해서는, 측정한 벽 관통 치수 2a를 해당 결함의 합격기준표를 따라 결정한 a 값의 2배와 비교하여야 한다.
3. 표면결함

초음파탐상검사에서 표면결함으로 식별된 결함은 표면과 연결되었을 수도 그렇지 않을 수도 있다(그림 645.46.3-9 및 그림 645.46.5-1~그림 465.46.5-4 참조). 따라서 초음파탐상검사 평가에서 그 결함이 표면과 연결되어 있지 않다는 것이 확인되지 않는다면, 표면과 연결되어 있거나 표면에 개방된 결함으로 간주하여야 하며, 표면검사를 실시하지 않는 한 불합격이다. 결함이 표면과 연결되어 있으면, 위의 요건이 계속 적용된다. 그러나 어떠한 경우에도 결함 길이 l은 해당 재료에 대한 이 규정(6. 발전용 화력설비)의 합격기준을 초과하지 않아야 한다. 합격판정을 위한 표면검사 기법은 다음과 같다.

가. 아래 645.46.6에 따른 자분탐상검사

나. 아래 645.46.7에 따른 침투탐상검사

4. 복수의 결함

가. 인접한 결함 사이의 거리가 그림 645.46.5-1에 나와 있는 치수 S 이하인 불연속 결함은 단일 평면결함으로 간주하여야 한다.

나. 주로 평행 평면에 위치하는 불연속 결함은 인접한 평면 사이의 거리가 13 mm (1/2 in) 이하이면 단일 평면 결함으로 간주하여야 한다(그림 645.46.5-2 참조).

다. 구성품의 벽을 관통하는 두께방향으로 동일 평면상에 있으며 정렬되지 않은 불연속 결함은 인접 결함 사이의 거리가 그림 645.46.5-3에 나와 있는 S 이하이면 단일 평면 결함으로 간주하여야 한다.

라. 서로 13 mm(1/2 in) 떨어진 두 평행면 내에 벽 관통방향(즉, 구성품의 압력유지 표면에 직각인)으로 있는 동일평면 상의 불연속 결함은 그 결함의 부가적인 결함 깊이가 그림 645.46.5-4에 나와 있는 값을 초과하면 불합격이다.

5. 표면 바로 아래 결함

결함 길이 l은 $4t$를 초과하지 않아야 한다.

[표 645.46.5-1] 두께 6 mm(1/4 in) 이상 13 mm(1/2 in) 미만 용접부의 결함 합격기준

두 께 t	a		l
	표면결함	표면 바로 아래	
6 mm (1/4 in)	0.95 mm (0.040 in)	0.48 mm (0.020 in)	≤6.4 mm (1/4 in)
10 mm (3/8 in)	1.04 mm (0.042 in)	0.53 mm (0.021 in)	≤6.4 mm (1/4 in)
< 13 mm (1/2 in)	1.13 mm (0.044 in)	0.57 mm (0.022 in)	≤6.4 mm (1/4 in)

비고 (a) 변수 t는 허용 살돋움을 제외한 용접부 두께이며, 변수 l은 결함의 길이이다. 용접부에서의 두께가 다른 두 부재를 연결하는 맞대기 용접부에서 t는 두 두께들 중 얇은 쪽이다. 완전용입 용접부가 필릿 용접부를 포함하는 경우, 필릿 용접부의 목두께를 t에 포함시켜야 한다.

(b) 이 표에서 규정하는 합격범위는 숙련도에 근거하고 있으며, 용기를 사용한 이후에 발견된 결함을 평가하기 위한 목적은 아니다.

(c) a와 l은 그림 645.46.3-9 및 그림 645.46.5-1~그림 645.46.5-4에 나와 있다.

(d) t의 중간두께[6 mm(1/4 in)< t <13 mm(1/2 in)]에 대해 선형 보간법의 적용을 허용한다.

(e) 13 mm(1/2 in) 미만에 대한 기준은 중간 두께들에 대한 보간법을 적용하기 위한 것이다. 두께 13 mm(1/2 in)에 대해서는 표 645.46.5-2를 참조한다.

(f) 표면 바로 아래 지시가 다음과 같을 경우에는 표면결함으로 간주하여야 한다: 구성품의 가장 가까운 표면에서 지시까지의 거리(그림 645.46.3-9에서 S)가 표면 바로 아래 지시 관통치수[그림 645.46.3-9 (b)에서 $2d$]의 50%이하

[표 645.46.5-2] 두께 13 mm(1/2 in) 이상 25 mm(1 in) 미만 용접부의 결함 합격기준

결함 유형	a/t	l
표면결함	≤ 0.087	≤ 6.4 mm(1/4 in)
표면 바로 아래 결함	≤ 0.143	≤ 6.4 mm(1/4 in)

비고 (a) 변수 t는 허용 살돋움을 제외한 용접부 두께이며, 변수 l은 결함의 길이이다. 용접부에서의 두께가 다른 두 부재를 연결하는 맞대기 용접부에서 t는 두 두께들 중 얇은 쪽이다. 완전용입 용접부가 필릿 용접부를 포함하는 경우, 필릿 용접부의 목두께를 t에 포함시켜야 한다.

(b) 표면 바로 아래 지시가 다음과 같을 경우에는 표면결함으로 간주하여야 한다: 구성품의 가장 가까운 표면에서 지시까지의 거리(그림 645.46.3-9에서 S)가 표면직하 지시 관통치수[그림 645.46.3-9 (b)에서 $2d$]의 50% 이하

(c) 이 표에서 규정하는 합격범위는 숙련도에 근거하고 있으며, 용기를 사용한 이후에 발견된 결함을 평가하기 위한 목적은 아니다.

(d) a와 l은 그림 645.46.3-9 및 그림 645.46.5-1~그림 645.46.5-4에 나와 있다.

[표 645.46.5-3] 두께 25 mm(1/2 in) 이상 300 mm(12 in) 미만 용접부의 결함 합격기준

결함 세장비 a/l	25 mm(1 in)≤t<64 mm(2-1/2 in)		100 mm(4 in)≤t<300 mm(12 in)	
	표면결함 a/t	내부결점 a/t	표면결함 a/t	내부결점 a/t
0.00	0.031	0.034	0.019	0.020
0.05	0.033	0.038	0.020	0.022
0.10	0.036	0.043	0.022	0.025
0.15	0.041	0.054	0.025	0.029
0.20	0.047	0.066	0.028	0.034
0.25	0.055	0.078	0.033	0.040
0.30	0.064	0.090	0.038	0.047
0.35	0.074	0.103	0.044	0.054
0.40	0.083	0.116	0.050	0.061
0.45	0.085	0.129	0.051	0.069
0.50	0.087	0.143	0.052	0.076

비고 (a) 변수 t는 허용 살돋움을 제외한 용접부 두께이며, 변수 l은 결함의 길이이다. 용접부에서의 두께가 다른 두 부재를 연결하는 맞대기 용접부에서 t는 두 두께들 중 얇은 쪽이다. 완전용입 용접부가 필릿 용접부를 포함하는 경우, 필릿 용접부의 목두께를 t에 포함시켜야 한다.

(b) 표면 바로 아래 지시가 다음과 같을 경우에는 표면결함으로 간주하여야 한다: 구성품의 가장 가까운 표면에서 지시까지의 거리(그림 645.46.3-9에서 S)가 표면 바로 아래 지시 관통치수[그림 645.46.3-9 (b)에서 $2d$]의 50% 이하

(c) 이 표에서 규정하는 합격범위는 숙련도에 근거하고 있으며, 용기를 사용한 이후에 발견된 결함을 평가하기 위한 목적은 아니다.

(d) 중간 결함의 세장비 a/l과 두께 t[64 mm(2-1/2 in)≤t<100 mm(4 in)]에 대해 선형 보간법의 적용이 허용된다.

(e) 이 표의 합격기준에서 결함길이가 6.4 mm(0.25 in) 미만으로 산출되면, 6.4 mm(0.25 in)의 값을 적용해도 된다.

(f) 극한인장강도가 655 Mpa(95 ksi)를 초과하는 재료에 대해서는 두께 200 mm(8 in)까지만 이 표를 적용할 수 있다.

[표 645.46.5-4] 두께 300 mm(12 in) 초과 용접부의 결함 합격기준

결함 세장비 a/l	표면결함 a	표면 바로 아래 결함 a
0.00	5.8 mm (0.228 in)	6.1 mm (0.240 in)
0.05	6.1 mm (0.240 in)	6.7 mm (0.264 in)
0.10	6.7 mm (0.264 in)	7.6 mm (0.300 in)
0.15	7.6 mm (0.300 in)	8.8 mm (0.348 in)
0.20	8.5 mm (0.336 in)	10.1 mm (0.396 in)
0.25	10.1 mm (0.396 in)	11.6 mm (0.456 in)
0.30	11.6 mm (0.458 in)	13.4 mm (0.528 in)
0.35	13.4 mm (0.528 in)	15.5 mm (0.612 in)
0.40	15.2 mm (0.600 in)	17.7 mm (0.696 in)
0.45	15.5 mm (0.612 in)	20.4 mm (0.804 in)
0.50	15.8 mm (0.624 in)	23.2 mm (0.912 in)

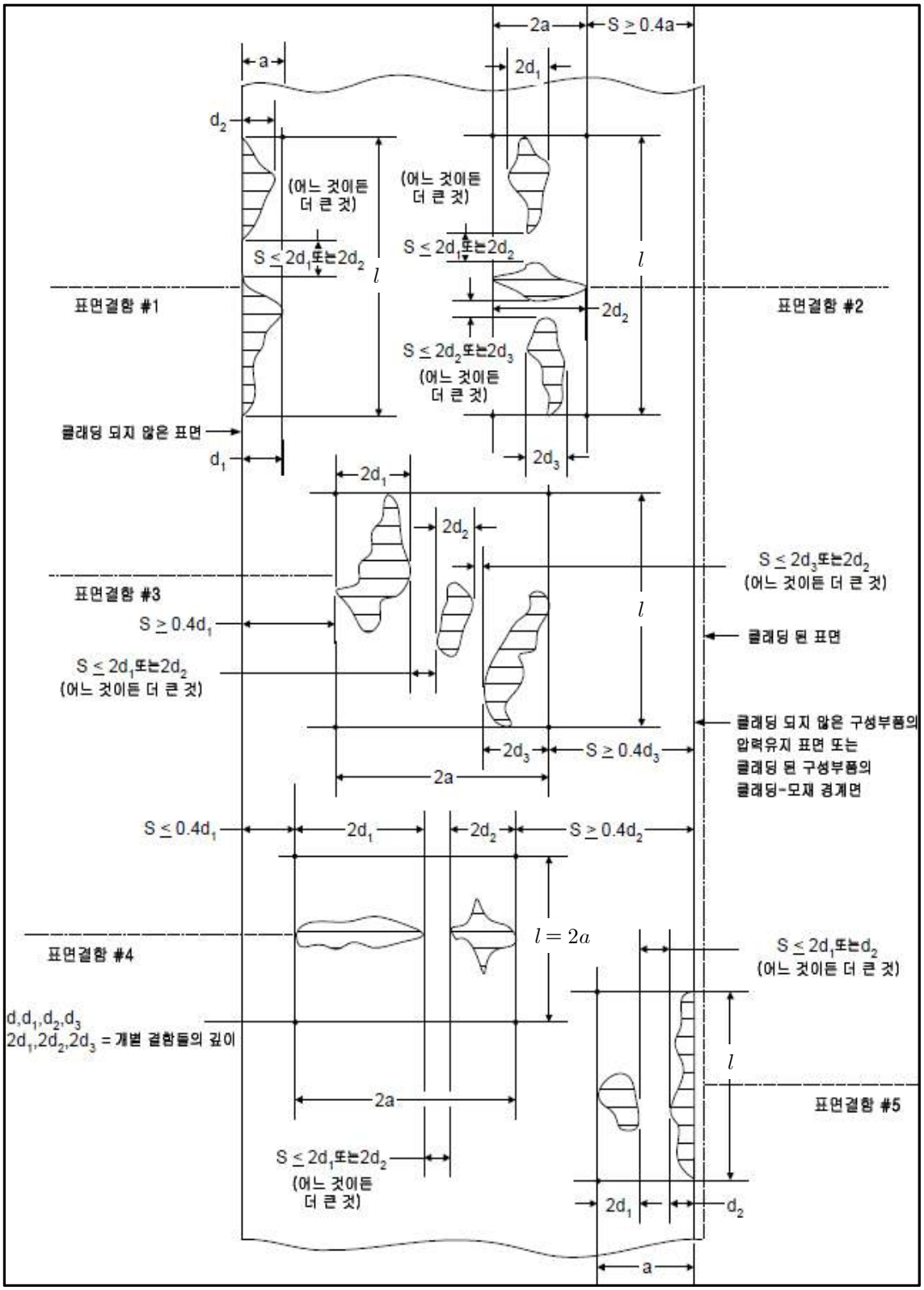
비고 (a) 변수 t는 허용 살돋움을 제외한 용접부 두께이며, 변수 l은 결함의 길이이다. 용접부에서의 두께가 다른 두 부재를 연결하는 맞대기 용접부에서 t는 두 두께들 중 얇은 쪽이다. 완전 용입 용접부가 필릿 용접부를 포함하는 경우, 필릿 용접부의 목두께를 t에 포함시켜야 한다.

(b) 표면 바로 아래 지시가 다음과 같을 경우에는 표면결함으로 간주하여야 한다: 구성품의 가장 가까운 표면에서 지시까지의 거리(그림 645.46.3-9에서 S)가 표면 바로 아래 지시 관통치수[그림 645.46.3-9 (b)에서 $2d$]의 50% 이하

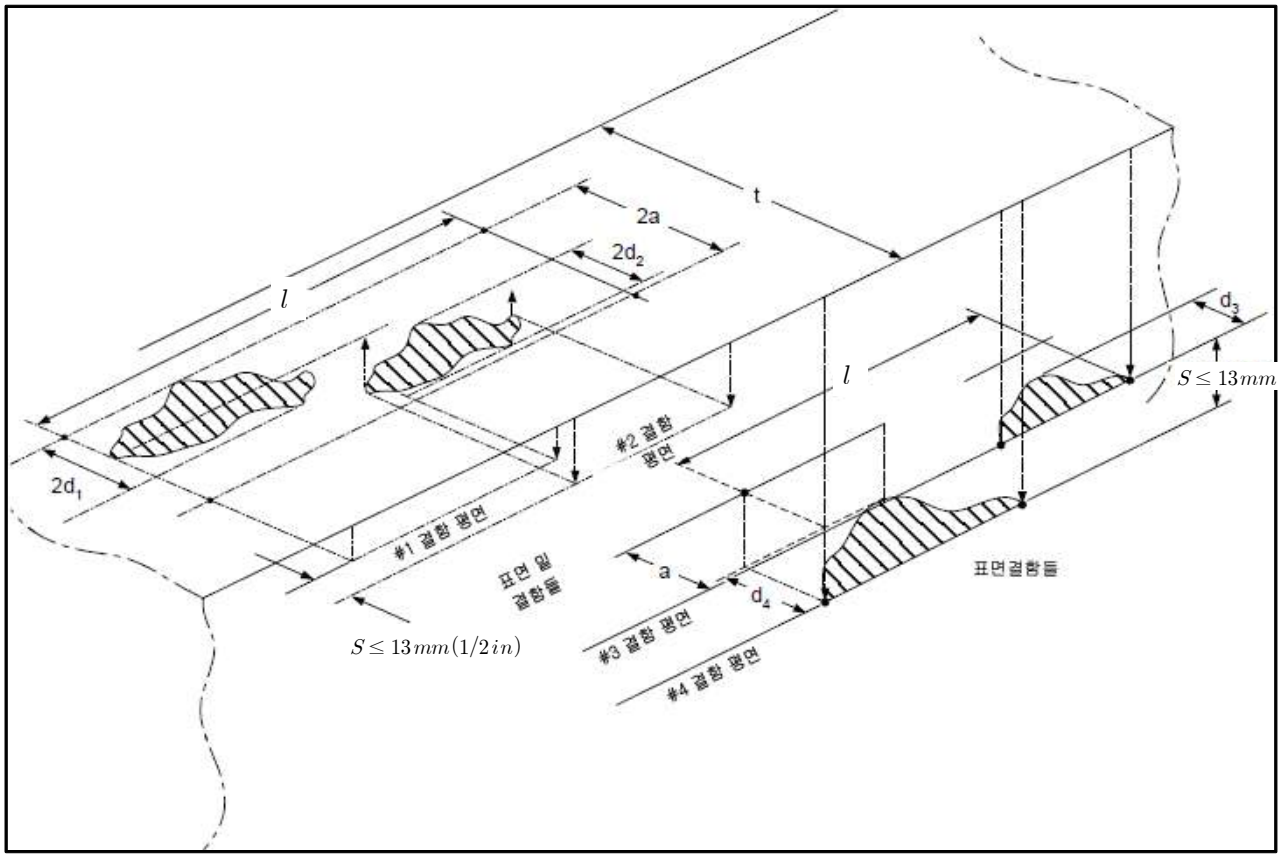
(c) 이 표에서 규정하는 합격범위는 숙련도에 근거하고 있으며, 용기를 사용한 이후에 발견된 결함을 평가하기 위한 목적은 아니다.

(d) 결함의 세장비 a/l의 중간 값에 대해서는, 선형 보간법의 적용이 허용된다.

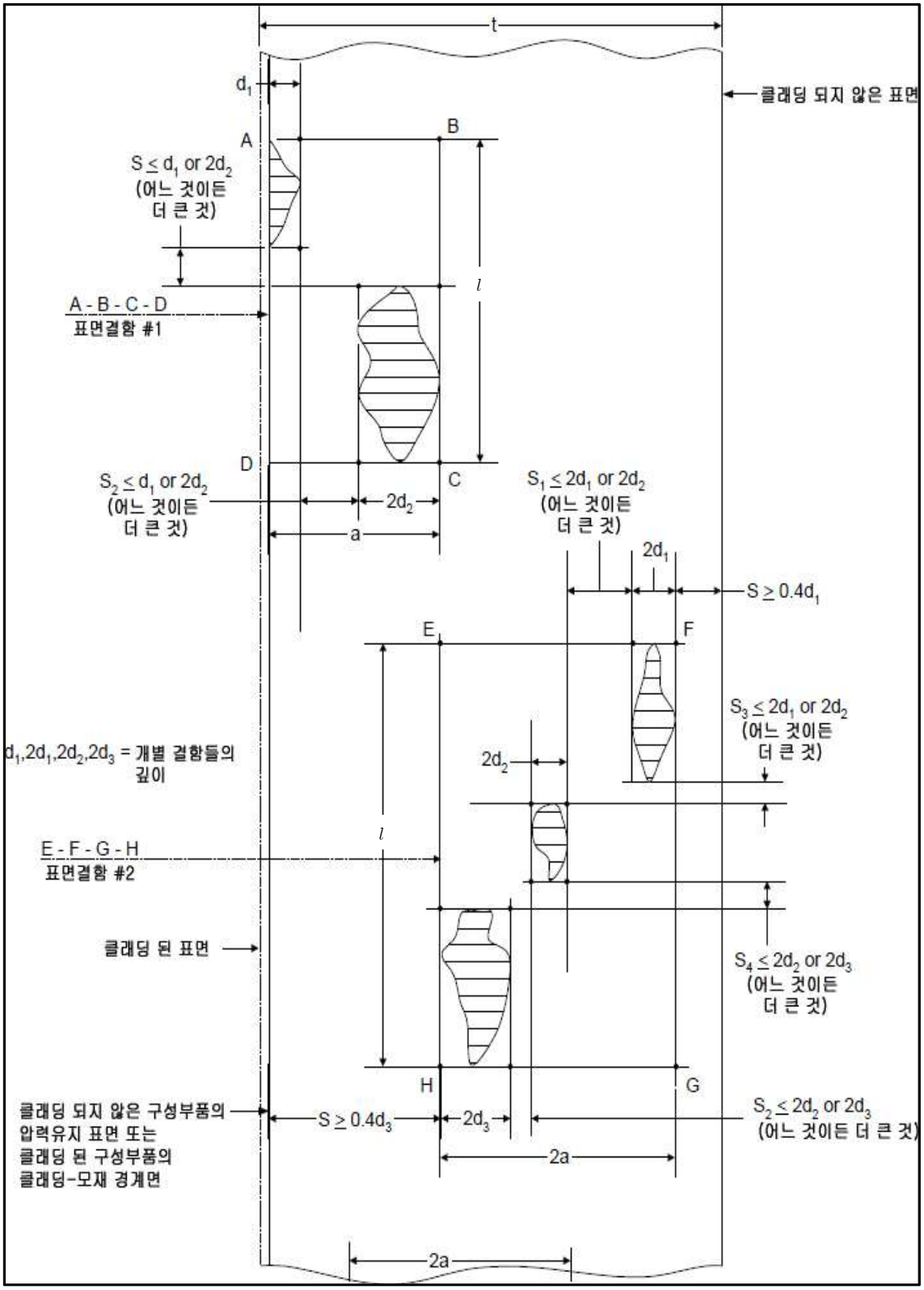
(e) 극한인장강도가 655 Mpa(95 ksi)를 초과하는 재료에 대해서 이 표는 적용되지 않는다.



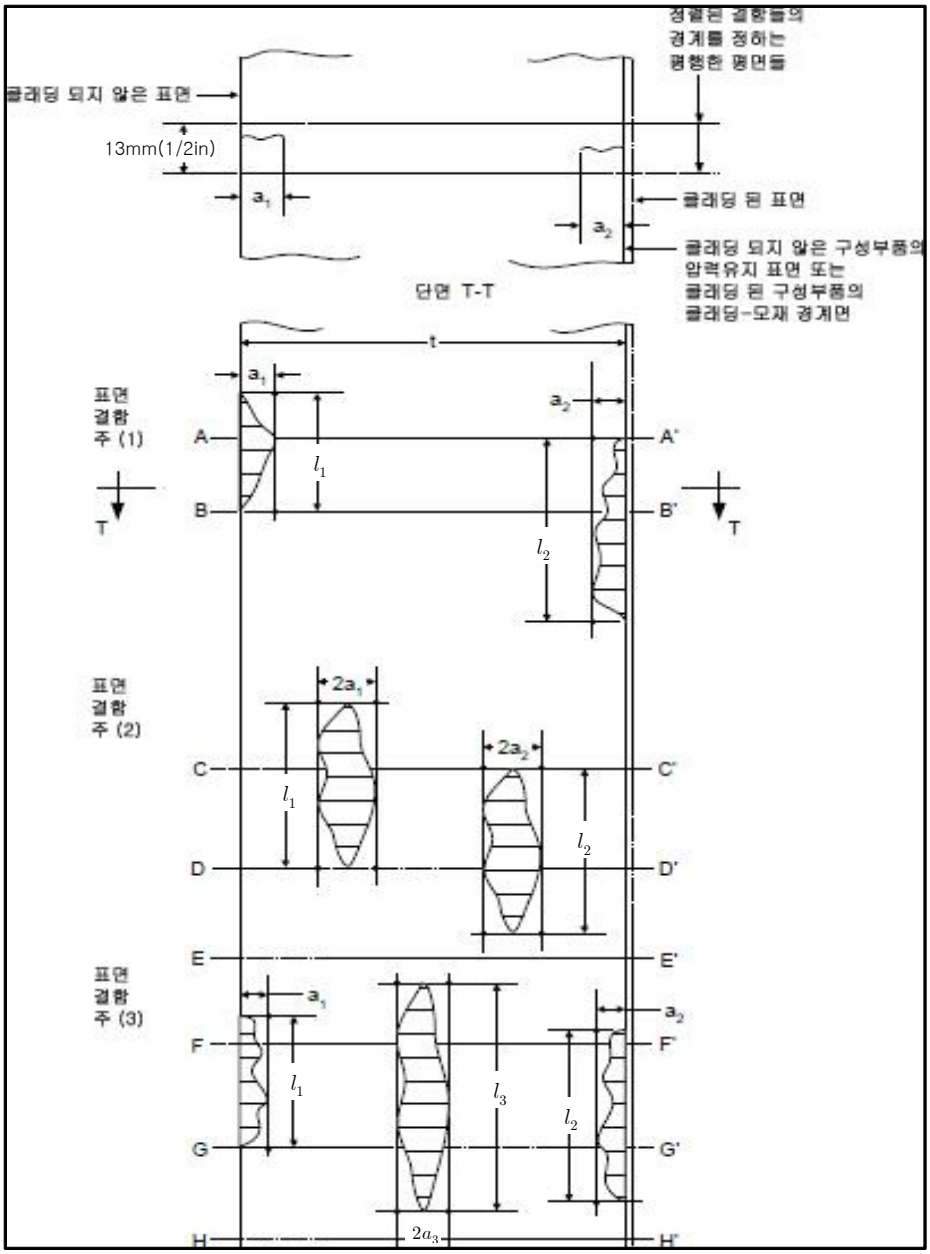
[그림 645.46.5-1] 압력유지 표면에 수직방향 평면 내에 있는 복수의 평면 결함



[그림 645.46.5-2] 표면결함 및 표면 바로 아래 결함



[그림 645.46.5-3] 압력유지 표면에 수직방향 평면에 있는 미정렬 동일평면 결함



주 1. 이 그림에서는 두 표면 결함을 나타내고 있다. 첫 a_1은 바깥 표면위에 있고, 둘째 a_2는 안쪽 표면위에 있다. 평면 $A-A'$ 및 $B-B'$내에서 $(a_1+a_2) \le (a_s+a_s^*)/2$ 이다.

2. 이 그림에서는 두 표면 바로 아래 결함을 나타내고 있다. 평면 $C-C'$ 및 $D-D'$내에서 $(a_1+a_2) \le (a_e+a_e^*)/2$이다.

3. 이 그림에서는 두 표면 결함과 한 개의 표면 바로 아래 결함을 나타내고 있다.

평면 $E-E'$ 및 $F-F'$ 내에서 $(a_1+a_3) \le (a_s+a_e^*)/2$

평면 $F-F'$ 및 $G-G'$ 내에서 $(a_1+a_2) \le (a_s+a_e+a_s^*)/2$

평면 $G-G'$ 및 $H-H'$ 내에서 $(a_2+a_3) \le (a_s^*+a_e)/2$

[그림 645.46.5-4] 복수의 정렬된 평면결함

645.46.6 자분탐상검사 합격기준

특별히 규정되어 있지 않으면, 다음의 합격 표준이 적용된다. 불합격 대상의 지시는 제거되거나 용인할 수 있는 크기의 지시로 감소시켜야 한다. 치핑이나 그라인딩으로 제거되고 후속으로 용접보수가 요구되지 않을 때는 언제나 파낸 부위는 노치, 틈새 또는 모서리를 피하도록 잘 다듬어야 한다. 지시의 제거 후에 용접보수가 요구되는 곳에서는 645.37에 따라 용접을 실시하여야 한다.

1. 모든 검사 대상 표면은 다음과 같은 지시가 없어야 한다.
   가. 관련 선형지시
   나. 5 mm(3/16 in)를 초과하는 관련 원형지시
   다. 끝과 끝이 1.5 mm(1/16 in) 이하로 분리된 한 선 안에 있는 4개 이상의 관련 원형지시
2. 표면의 상태와는 상관없이, 검출된 균열 같은 지시는 불합격 대상이다.

645.46.7 침투탐상검사 합격기준

제한적인 표준이 특정 재료나 적용을 위하여 이 부문 이내에 규정되어 있지 않으면, 다음의 합격 표준이 적용된다. 불합격 대상의 지시는 제거되거나 용인할 수 있는 크기의 지시로 감소시켜야 한다. 치핑이나 그라인딩으로 제거되고 후속 용접보수가 요구되지 않을 때는 언제나 파낸 부위는 노치, 틈새 또는 모서리를 피하도록 잘 다듬어야 한다. 지시의 제거 후에 용접보수가 요구되는 곳에서는 645.37에 따라 용접을 실시해야 한다.

1. 모든 검사 대상 표면은 다음과 같은 지시가 없어야 한다.
   가. 관련 선형지시
   나. 5 mm(3/16 in)를 초과하는 관련 원형지시
   다. 끝과 끝이 1.5 mm(1/16 in) 이하로 분리된 한 선 안에 있는 4개 이상의 관련 원형지시
2. 표면의 상태와는 상관없이, 검출된 균열 같은 지시는 불합격 대상이다.

645.47 용기의 최종검사

645.47.1 용기의 일부에 대해서 피로분석이 요구되면, 해당부위에 대한 압력경계와 부착물 용접부의 모든 내부 및 외부 표면은 수압시험 후에(강자성이면) 습식자분탐상법 또는 (비자성이면) 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 합격기준은 645.46.6 또는 645.46.7에 따라야 한다.

645.47.2 수압시험

수압시험 후 라이닝 된 용기 내부의 검사 - 수압시험 중 또는 후에 적용된 라이너의 뒤로 시험유체가 스며드는 것이 확인되면, 유체는 제거하고 라이닝은 645.45.8 제3

호 나.3)에 따라서 용접으로 보수하여야 한다.

645.48 누설시험

사용자의 설계시방서에 규정된 경우, 645.50에 따른 수압시험 또는 645.51에 따른 기압시험에 추가하여 비누거품을 통한 누설 또는 할로겐가스검출 방법의 누설검사를 실시하여야 한다.

645.49 음향 방출(acoustic emission)

사용자의 설계시방서에 규정된 경우, 수압시험 또는 기압시험 중에 음향방출검사를 실시할 수 있으며 합격기준은 사용자의 설계시방서에 따라야 한다.

645.50 수압시험

645.50.1 특정 구조의 용기 외에, 최저수압시험압력은 다음 중 높은 압력이어야 한다.

$$P_r = 1.43 \cdot MAWP \tag{7.1}$$

또는

$$P_r = 1.25 \cdot MAWP \cdot \left(\frac{S_T}{S}\right) \tag{7.2}$$

여기서 MAWP = 최고허용사용압력

P_T = 최소시험압력

S = 설계온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A 참조)

S_T = 시험온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A 참조)

1. 식(7.2)에서 S_T/S 비율은 해당 용기의 압력경계 재료에 대한 최저 비율이어야 한다. 단, 볼트 재료는 제외한다.
2. 시험압력은 시험할 때 용기의 최상부에 적용된 압력이다. 이 압력과 정수압을 더한 압력을 시험대상 용기를 점검하기 위한 설계 계산식에 적용한다. 645.14.5 제2호 가.를 참조한다.
3. 이 항(645.50.1)의 요건은 수압시험 압력에 대한 최소 요건이다. 시험압력의 상한은 645.14.5 제2호 가.에 있는 방법을 적용하여 결정하여야 한다. 최소 압력과 상한 압력의 중간값을 적용해도 된다.
4. 사용자와 제조자의 합의에 따라 계산한 압력을 기준으로 수압시험을 실시해도 된다. 용기 최상부에서의 수압시험 압력은 각 압력 부재에 대해 계산한 시험압력에 1.43을 곱하고 해당 부재에 대한 정수압 만큼 감소시켜 산출한 시험압력의 최소값이어야 한다. 이 계산한 시험압력의 산출기준은 용기의 각 부재(공칭두께 적용)에 대해 설계식을 이용하여 결정한 최고 허용 내압이다. 여기

에는 부식여유 및 시험온도에서의 허용응력(표 645.2.1.A)을 포함한다. 이 압력을 적용할 때는 제조자의 설계보고서에 이를 명시하여야 한다.

645.50.2 시험 준비

시험압력을 가하기 전, 누설이 없는지 그리고 시험압력이 부과되지 않는 모든 저압라인과 기타 부속품이 밸브 또는 기타 적당한 수단으로 차단되거나 격리되었는지 확인하기 위하여 시험장비를 검사하여야 한다.

645.50.3 시험유체

어느 온도에서나 위험하지 않은 액체는 비등점 아래에서 수압시험을 위하여 사용할 수 있다. 석유 증류 제품과 같이 인화점이 45℃(110°F) 미만인 가연성 액체는 상온 시험에 대해서만 사용될 수 있다.

645.50.4 시험절차

수압시험 중 금속온도는 취성파괴의 위험을 줄이기 위하여 용기의 최저설계재료표면온도는 적어도 17℃(30°F)로 유지되어야 하나 50℃(120°F)를 초과할 필요는 없다.

1. 용기와 시험유체가 거의 같은 온도가 되기 전, 시험압력으로 가하지 않아야 한다.
2. 수압압력은 시험압력에 도달할 때까지 점진적으로 증가시켜야 한다. 그리고 압력은 아래 645.50.5에 따라서 누설에 대해서 검사하기 전에 시험압력을 1.43으로 나눈 것 이상의 값으로 감소시켜야 한다.

645.50.5 시험 검사와 합격기준

시험압력을 위 645.50.4 제2호에서 지시한 수준으로 감소시킨 뒤에 검사원은 누설에 대한 육안검사를 이음부, 연결부 그리고 성형 경판의 너클, 원뿔-동체 연결부, 개구부 주위의 부위 및 두께가 변하는 부위와 같은 높은 응력이 걸리는 모든 부위에 대하여 검사를 실시하여야 한다.

1. 용접 연결을 계획하는 개구부를 위한 임시 시험용 덮개에서 발생할 수 있는 누설을 제외하고는, 존재하는 모든 누설 부분은 수정을 하고 용기는 재시험을 하여야 한다.
2. 만일 눈에 띄는 영구적 변형의 표시가 있으면, 검사원은 용기를 불합격시킬 수 있다.

645.51 기압시험

645.51.1 시험절차 – 최저기압시험압력은 식(8.3)으로 계산하여야 한다. 단, 에나멜 칠을 한 용기는 그 용기에 표시된 최고허용사용압력(MAWP) 이상이어야 한다.

$$P_T = 1.15 \cdot MAWP \cdot \left(\frac{S_T}{S}\right) \tag{8.3}$$

1. 식 (8.3)에서 S_T/S 비율은 해당 용기의 압력경계 재료에 대한 최저 비율이어야 한다. 단, 볼트 재료는 제외한다.

2. 이 항(645.51.1)의 요건은 이 규정(6. 발전용 화력설비)에서 요구하는 기압시험 압력에 대한 최소 요건이다. 시험압력의 상한은 645.14.5 제2호 가.에 있는 방법을 적용하여 결정하여야 한다. 최소 압력과 상한 압력의 중간값을 적용해도 된다.

645.51.2 시험 준비

시험압력을 가하기 전에, 누설이 없는지 그리고 시험압력이 부과되지 않는 모든 저압 라인과 기타 부속품이 밸브 또는 기타 적당한 수단으로 차단되거나 격리되었는지 확인하기 위하여 시험장비를 검사하여야 한다.

645.51.3 시험유체

기압시험에서 사용하는 가압매체는 비인화성 및 비독성이어야 한다. 압축공기를 압력시험에 사용할 때, 다음을 반영하여야 한다.

1. ISO 8573-1에 따른 클래스 1, 2 또는 3 공기의 요건을 만족시키는 청결하고, 건조하고, 기름이 없는 공기만을 사용한다.
2. 공기의 이슬점은 -20℃와 -70℃(-4°F와 -94°F)의 사이이어야 한다.
3. 용기 내의 탄화수소 오염이나 기타 유기 잔류물은 폭발성 혼합물을 생성할 수 있으므로, 그것이 없다는 것을 확인하여야 한다.

645.51.4 시험절차

취성파괴의 위험을 줄이기 위하여, 기압시험 중의 재료표면온도는 용기의 최저설계재료표면온도를 초과하는 17℃(30°F)이상의 온도로 유지하여야 한다.

1. 용기와 시험유체가 거의 같은 온도가 되기 전, 시험압력을 가하지 않아야 한다.
2. 시험압력은 시험압력의 1/2에 도달할 때까지 점진적으로 증가시켜야 한다. 그 후에 시험압력은 시험압력에 도달할 때까지 시험압력의 약 1/10 씩 단계적으로 증가시켜야 한다. 압력은 645.50.5에 따라서 누설에 대해서 검사하기 전에 시험압력을 1.15로 나눈 것 이상의 값으로 감소시켜야 한다.

645.51.5 시험에 대한 육안검사 및 합격기준

1. 시험압력을 645.51.4의 2에서 지시하는 수준으로 감소시킨 후, 누설에 대한 육안검사를 실시할 수 있도록 충분한 시간동안 감소된 압력을 유지하여야 한다. 육안검사를 실시하여야 하며, 검사원은 이 검사에 입회하여야 한다. 다음 조건에서 육안검사를 면제할 수 있다.
   가. 적합한 가스누설시험을 실시한다. 645.52.2를 참조한다.
   나. 가스누설시험의 대체는 제조자와 검사원의 합의사항이다.
   다. 조립에 의해 감추어질 수 있는 모든 용접 이음매는 조립하기 전에 육안검사를 실시한다.
2. 발생한 모든 누설을 보수하고 용기를 재시험하여야 한다. 단, 용접 연결을 위한 구멍의 시험용 임시 폐쇄부에서 발생할 수 있는 누설은 제외한다.

3. 검사원은 영구 변형의 가시적 징후가 있을 경우에 불합격시킬 수 있다.

645.52 대체 압력시험

645.52.1 수압-기압 시험 - 부분적으로 액체를 충전시켜 용기를 압력시험 하는 것이 바람직한 경우, 645.51의 요건이 만족되어야 한다. 다만, 액체 수위에 적용된 공기압은 일반 막 응력이 어느 점에서도 시험온도에서의 재료의 규정최소항복강도의 80%를 초과하게 하는 총 압력에 도달하여서는 안 된다.

645.52.2 누설방지시험(Leak Tightness Test)

누설방지시험은, 직접 압력시험과 진공거품시험 방법과 여러 가지 가스검출 시험을 포함하나 그것에 국한되지 않으며, 압력요소 내의 누설을 검출하기에 충분한 민감도가 있는 다양한 방법을 포함한다.

1. 채택할 누설방지시험의 선정은 시험을 하는 특정 압력요소에 대한 시험의 적합성에 근거를 두어야 한다.
2. 누설방지시험에 대한 재료표면온도는 645.51.4를 따라야 한다. 추가적으로, 온도는 사용된 시험장비에 대하여 규정된 범위 내에서 유지되어야 한다.
3. 누설방지시험은 비누거품을 통한 누설 또는 할로겐가스검출 방법으로 실시하여야 한다.

(650) 기타설비

651 폐기물에너지회수설비

「폐기물관리법」에 따른 폐기물처리시설 중, 발전전용(전기생산에 사용되는 보일러의 증기 증발량이 열생산에 사용되는 증발량 이상) 시설의 경우에는 보일러를 포함한 전기설비에 대하여 “6장 발전용 화력설비”의 규정을 적용한다. 다만, 발전전용이 아닌 경우에는 적용 대상을 보일러를 제외한 전기설비로 한정한다.

7. 발전용 수력설비

(700 통칙)

701 일반사항

1. 이 규정은 기술기준 제4장(발전용 수력설비)에서 정한 안전 성능에 대하여 보다 구체적인 실현수단을 규정한 것으로 발전용 수력설비를 설계, 제작, 설치 및 검사하는데 적용한다.
2. 발전용 수력설비는 해당 지역의 외기온도 등 기후 및 환경조건에서 정상적인 운전이 가능하여야 한다. 필요한 경우, 관련기관에서 제공하는 통계 데이터를 활용할 수 있다.
3. 이 규정에 명시되지 않은 사항이라 하더라도 기술기준에 적합하도록 하기 위하여 국제표준 및 이에 근접한 기술요건 중 안전수준을 확보할 기술적 근거가 충분하다면 이 규정 이외의 다른 규정을 적용할 수 있다.
4. 이 규정은 계약일을 기준으로 최신판을 적용함을 원칙으로 한다. 다만 현장적용상 문제가 있는 경우에는 계약 당사자의 상호 협의 하에 6개월 이전의 판을 적용할 수 있다.
5. 이 규정에서 사용하는 단위는 SI단위 외에 미국상용단위를 참조단위로 병행하여 사용할 수 있다.

(705 댐)

705 댐

705.1 본체에 작용하는 하중의 조합

기술기준 제130조에 규정하는 하중의 조합은 표 705.1-1과 같다.

표 705.1-1 본체에 작용하는 하중의 조합

댐의 종류 / 수위 조건	콘크리트 중력댐	아치댐	필 댐
수위가 상시만수위 또는 서차지수위인 경우	자체중량, 정수압, 동수압, 퇴사압, 지진력, 양압력, 풍하중, 온도하중, 파압 및 빙압	자체중량, 정수압, 동수압, 퇴사압, 지진력, 양압력 및 온도하중	자체중량, 정수압, 지진력 및 간극수압
수위가 설계홍수위인 경우	자체중량, 정수압, 퇴사압, 양압력, 풍하중, 온도하중 및 파압	자체중량, 정수압, 퇴사압, 양압력 및 온도하중	자체중량, 정수압 및 간극수압
수위가 비어있는 경우	자체중량, 지진력, 풍하중(삭제) 및 온도하중	지진, 지진력 및 온도하중	간극수압, 자체중량, 지진력
수위가 상시만수위로부터 최저수위까지 급격히 저하하는 경우			자체중량, 정수압, 지진력 및 간극수압

705.2 하중의 계산방법

기술기준 제130조 제1항에 규정하는 하중의 계산방법은 다음과 같다.

1. 자체중량은 댐 재료의 단위중량을 적용하여 계산하며 실제에 사용하는 재료의 배합시험에 의하여 결정한다. 콘크리트댐의 경우 예비설계 등에서 미리 시험을 할 수 없을 때에는 본체의 단위중량을 23kN/m^3으로 한다.
2. 정수압은 댐과의 접촉면에 대하여 수직으로 작용하는 것으로 하며 다음 식에 의하여 계산한다.

   $P = W_w h$

   여기에서 P : 수심h인 점에서의 정수압(Pa)

   W_w : 물의 단위중량(N/m^3)

   h : 설계수위로부터 임의의 점까지의 수심(m)

3. 지진력이 작용하는 경우에 발생하는 동수압은 연직한 단면에 작용하는 것으로 하며 “가”의 식에 의하여 계산한다. 다만, 댐축 방향으로 1 m 폭을 갖는 연직면에 수평으로 작용하는 총 동수압은 “나”의 식에 의하여 계산한다.

가. $P_d = \frac{7}{8} W_w K_1 \sqrt{Hh}$

나. $P_t = \frac{7}{12} W_w K_1 H^{1/2} h^{3/2}$

여기에서 P_d : 지진 시 저수에 의한 동수압(kN/m^2)

W_w : 물의 단위중량(kN/m^3)

K_1 : 705.2의 4.에서 정하는 설계진도

H : 상시만수위에서 기초지반까지의 수심(m)

h : 상시만수위에서 임의의 점까지의 수심(m)

P_t : 수심 h까지의 총 동수압(kN/m^2)

4. 지진력계산의 일반적인 사항은 국가건설기준 「KDS 17 10 00 내진설계 일반」과 「KDS 54 17 00 댐 내진설계」를 준용한다.

5. 퇴사압에서 연직력은 퇴사의 수중단위중량을 적용하여 계산하고, 수평력은 다음 식에 의하여 계산한다.

$P_e = C_e \ W_s \ h$

여기서

P_e : 퇴사압의 수평력(Pa)

C_e : 토압계수 $\left(\frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}\right)$

ϕ : 안식각(도)

W_S : 퇴사의 수중단위중량(N/m^3)

h : 퇴사의 깊이(m)

6. 양압력은 댐 단면의 전면적에 연직상방향으로 작용하는 것으로 하고 표 705.2-1의 배수공 조건에 따라 계산한다.

표 705.2-1 배수공 조건에 따른 댐 단면 위치별 양압력

<table>
<tr><th rowspan="2">배수공 조건</th><th colspan="3">댐 단면 위치별 양압력</th><th rowspan="2">비고</th></tr>
<tr><th>상류단</th><th>배수공 위치</th><th>하류단</th></tr>
<tr><td>배수공이 있는 댐의 단면</td><td>상류단의 수압</td><td>상류단의 수압과 하류단의 수압과의 차의 1/5의 값에 하류단의 수압을 더한 값</td><td rowspan="2">하 류 단 의 수압</td><td rowspan="2">명기된 지점 이외의 양압력은 비례법에 의하여 계산한다.</td></tr>
<tr><td>배수공이 없는 댐의 단면</td><td>상류단의 수압과 하류단의 수압과의 차의 1/3의 값에 하류단의 수압을 더한 값</td><td>상류단과 하류단 양압력의 직선 비례</td></tr>
</table>

배수공이 없는 댐의 양압력은 다음 식에 의하여 계산할 수 있다.

$$W_u = W_w C A \left[H_2 + \frac{1}{2}\tau(H_1 - H_2) \right]$$

여기에서 W_u : 전 양압력(N)

W_w : 물의 단위중량(N/m^3)

C : 정수압이 작용하는 면적비율

A : 양압력을 받는 저부면적(수정단면)(m^2)

τ : 차수그라우트와 배수공의 작용에 의한 순수두(H_1-H_2)에 대한 비율

H_1 : 본체의 상류단 수심(m)

H_2 : 본체의 하류단 수심(m)

7. 온도하중은 수축이음매 그라우팅시의 본체 내부의 온도와 그 후의 본체 내부의 최고온도 및 최저온도와의 차에 의하여 계산한다.
8. 간극수압은 유선 및 등수두선을 이용하여 계산한다.

705.3 여유 높이

기술기준 제131조에 규정하는 댐의 여유고는 표 705.3-1과 같이 계산한다.

표 705.3-1 댐의 종류에 따른 여유 높이

댐의종류	여유 높이
콘크리트 중력댐 및 아치댐	○ 설계홍수위(FWL) + H_f $H_f \geq h_w+½h_e+h_a$ (H_f<1.0 일때는 H_f=1.0) ○ 최고수위(MWL) + H_f $H_f \geq h_w+h_a$ (H_f<1.0 일때는 H_f=1.0)
필 댐	○ 설계홍수위(FWL) + H_f $H_f \geq R + ½h_e + h_a + h_i$ ○ 최고수위(MWL) + H_f $H_f \geq R + h_a + h_i$
	필댐 중 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐의 여유 높이는 아래와 같이 계산한다. 1. 수위 기준 ○ 설계홍수위(FWL)+H_f $H_f \geq R+½h_e+h_a+h_i$ ○ 최고수위(MWL)+H_f $H_f \geq R+h_a+h_i$ 2. 파도방지벽 기준 ○ Hp = 설계홍수위(FWL) + H_f $H_f \geq h_w+½h_e+h_a+h_i$ ○ Hp = 최고수위(MWL) + H_f $H_f \geq h_w+h_a+h_i$
여기에서	H_f : 여유 높이(m) h_w : 유의파고 h_e : 지진에 의한 파도 높이(m) h_a : 여수로 형식에 의한 안전고(m) (수문이 있을 경우 0.5 m, 수문이 없을 경우 0m) R : 물결의 처오름 높이를 포함한 파도 높이(m) h_i : 댐형식에 의한 안전고(보통 1.0 m)

705.4 시멘트의 규격 및 강도기준

기술기준 제133조 제1호에 규정하는 시멘트의 규격은 다음과 같다.

1. 한국산업표준 KS L 5201 “포틀랜드 시멘트“
2. 한국산업표준 KS L 5210 ““고로 슬래그 시멘트“
3. 한국산업표준 KS L 5211 “플라이애시 시멘트“
4. 한국산업표준 KS L 5401 “포틀랜드 포졸란 시멘트“
5. 한국산업표준 KS L 5204 “백색 포틀랜드 시멘트”

6. 한국산업표준 KS F 4009 “레디믹스 콘크리트”
7. 한국산업표준 KS F 2405 “콘크리트 압축강도 시험방법”
8. 한국산업표준 KS F 2402 “콘크리트 슬럼프 시험방법”

705.5 매설계기

기술기준 제135조에 규정하는 댐의 건전성을 감시하는 매설계기란 표 705.5-1과 같은 항목을 측정하기 위한 계측기이다.

표 705.5-1 댐 종류에 따른 측정 항목

콘크리트 중력댐		아치댐		필 댐	
50 m 미만	50 m 이상	30 m 미만	30 m 이상	본체에 대체적으로 균일한 재료를 사용한 것	그 밖의 것
누수량 및 양압력	누수량, 양압력, 변형, 응력, 온도 및 지진	누수량 및 변형	누수량, 양압력, 변형, 응력, 온도 및 지진	누수량, 변형 및 침윤선	누수량, 간극수압, 변형, 응력 및 지진

705.6 여수로·수로 등 콘크리트구조물의 설계

기술기준 제136조 제1항 제2호에 규정하는 하중에 대하여 안전한 것이란 국토교통부 제정 「콘크리트구조기준(2012)」이나 이와 동등한 기술자료를 이용하여 콘크리트 구조물을 설계한다.

705.7 흐르는 물을 안전하게 흘려보냄

기술기준 제136조 제1항 제3호에 규정하는 흐르는 물을 안전하게 흘려보낼 수 있다고 하는 것은 다음과 같다.

1. 월류형 여수로의 인양식 수문을 최대로 인양할 때에 수문의 하단 및 월류형 여수로에 부속되어 설치된 다리, 권양기, 그 밖의 댐마루 구조물은 최대홍수위에 해당하는 흐르는 물의 월류수면에서 1.5미터 이상 떨어져 있을 것
2. 705.7의 1.에 있어서 월류수심이 2.5미터 이하인 경우에는 월류수면에서 1미터 이상 떨어져 있을 것

705.8 수문의 개폐

기술기준 제136조 제2항 제2호에 규정하는 수문의 개폐가 쉽고 확실하다고 하는 것은 수문을 열 때에 동력설비를 사용할 경우 수문 개폐장치에는 주동력설비 외에 예비동력설비(동력설비가 전동식의 것인 경우는 예비전원장치)를 설비하는 것이다. 단, 수문의 규모가 작고 수동으로 조작하여도 확실하게 개폐할 수 있을 때에는 예비동력설비를 대신하여 수동개폐기구를 설치할 수 있다. 또한, 수문의 형식과 규모, 목적 및 설치장소 등에 따라 Wire rope, Rack 및 유압식 등의 적절한 계폐장치를 선정하는 것이다.

705.9 여수로 수문에 사용하는 재료의 규격

기술기준 제136조 제2항 제3호에 규정하는 여수로 수문에 필요한 화학적 성분 및 기계적 성능을 가지는 재료는 다음 각 호에 정한 것 또는 동등 이상의 성질을 가지는 것이어야 한다.

1. 수문에 있어서 몸체, 문틀 및 그 밖의 구조상 중요한 부분에 사용하는 재료에 있어서는 다음에 의할 것
   가. 한국산업표준 KS D 3503 “일반구조용 압연강재“ 중 SS275
   나. 한국산업표준 KS D 3515 ““용접구조용 압연강재“ 중 SM400A, SM400B, SM400C, SM490A, SM490B, SM490C, SM490YA, SM490YB, SM520B 및 SM520C
   다. 한국산업표준 KS D 3529 ““용접구조용 내후성 열간 압연강재“ 중 1종(SMA400AW, SMA400AP, SMA400BW, SMA400BP, SMA400CW, SMA400CP) 및 2종(SMA490AW, SMA490AP, SMA490BW, SMA490BP, SMA490CW 및 SMA490CP)
   라. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 “탄소강 주강품“ 중 SC410, SC450 및 SC480
   마. 한국산업표준 KS D 3710 “탄소강 단강품“ 중 SF440A
   바. 한국산업표준 KS D 4106 “용접구조용 주강품“ 중 SCW410 및 SCW480
   사. 한국산업표준 KS D 3752 “기계구조용 탄소강재“ 중 SM25C, SM35C 및 SM45C
2. 705.9의 1.에서 정한(몸체, 문틀 및 그 밖의 구조상 중요한 부분)것 이외의 부재는 다음에 의할 것
   가. 한국산업표준 KS D 3503 “일반 구조용 압연강재“
   나. 한국산업표준 KS D 3505 “PC 강봉“
   다. 한국산업표준 KS D 3507 “배관용 탄소강관“
   라. 한국산업표준 KS D 3514 “와이어 로프“
   마. 한국산업표준 KS D 3515 “용접 구조용 압연 강재“
   바. 한국산업표준 KS D 3529 “용접 구조용 내후성 열간 압연 강재“
   사. 한국산업표준 KS D 3557 “리벳용 원형강“

아. 한국산업표준 KS D 3560 “보일러 및 압력 용기용 탄소강 및 몰리브덴강 강판“
자. 한국산업표준 KS D 3561 “마봉강“
차. 한국산업표준 KS D 3562 “압력 배관용 탄소강관“
카. 한국산업표준 KS D 3564 “고압 배관용 탄소강관“
타. 한국산업표준 KS D 3566 “일반 구조용 탄소강관“
파. 한국산업표준 KS D 3576 “배관용 스테인리스 강관“
하. 한국산업표준 KS D 3693 “스테인리스 클래드강“
갸. 한국산업표준 KS D 3698 “냉간 압연 스테인리스강판 및 강대“
냐. 한국산업표준 KS D 3705 “열간 압연 스테인리스강판 및 강대“
댜. 한국산업표준 KS D 3706 “스테인리스 강봉“
랴. 한국산업표준 KS D 3707 “크롬강재“
먀. 한국산업표준 KS D 3708 “니켈크롬강 강재“
뱌. 한국산업표준 KS D 3709 “니켈크롬 몰리브덴강재“
샤. 한국산업표준 KS D 3710 “탄소강 단강품“
야. 한국산업표준 KS D 3711 “크롬 몰리브덴강재“
쟈. 한국산업표준 KS D 3752 “기계구조용 탄소강재“
챠. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 “탄소강 주강품“
캬. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4102-5005 “구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품“
탸. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4103-5006 “스테인리스강 주강품“
퍄. 한국산업표준 KS D 4106 “용접 구조용 주강품“
햐. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4301-5015 “회 주철품“
거. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4302-5016 “구상 흑연 주철품“
너. 한국산업표준 KS D 5201 “구리 및 구리합금의 판 및 띠“
더. 한국산업표준 KS D 6024 “구리 및 구리합금 주물“
러. 한국산업표준 KS D 7002 “PC 강선 및 PC 강연선“
머. 한국산업표준 KS R 9106 “보통 레일“
버. 한국산업표준 KS R 9221 “철도차량용 차륜“

705.10 여수로 수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준

705.10.1 기술기준 제136조 제2항 제4호에 규정하는 허용응력이란 동수압 및 지진력 이외의 하중에 대해서는 다음과 같다.

1. 이음부 이외의 부분에 있어서는 다음에 의할 것

표 705.10-1 구조용 강재의 허용응력(단위 : MPa)

응력의 종류 \ 강재의 종류		SS275, SM400, SMA400		SM490		SMA490	
		두께40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜초과	두께40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜m초과	두께40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜초과
축방향 인장응력 및 휨인장응력 (순 단면적에 대하여)		118	왼쪽값의 0.92배	158	왼쪽값의 0.94배	178	왼쪽값의 0.95배
압축응력 (국부좌굴을 고려하지 않은 경우)	축방향 압축응력 (총 단면적에 대하여)	$\frac{\ell}{r} \leq 20$일 때 118	〃	$\frac{\ell}{r} \leq 15$일 때 158	〃	$\frac{\ell}{r} \leq 14$일 때 178	〃
	압축부재 l : 부재의 유효좌굴 길이(㎜) r : 부재 총단면의 단면2차반지름(㎜)	$20 < \frac{\ell}{r} \leq 93$ 일 때 $118-0.73(\frac{\ell}{r}-20)$	〃	$15 < \frac{\ell}{r} \leq 80$ 일 때 $158-1.09(\frac{\ell}{r}-15)$	〃	$14 < \frac{\ell}{r} \leq 76$ 일 때 $178-1.30(\frac{\ell}{r}-14)$	〃
		$93 < \frac{\ell}{r}$일 때 $\frac{1,000,000}{6,700+(\frac{\ell}{r})^2}$	〃	$80 < \frac{\ell}{r}$일 때 $\frac{1,000,000}{5,000+(\frac{\ell}{r})^2}$	〃	$76 < \frac{\ell}{r}$일 때 $\frac{1,000,000}{4,500+(\frac{\ell}{r})^2}$	〃
	압축보강재	118	〃	158	〃	178	〃
휨압축응력	보의 압축연단 (총 단면적에 대하여) l : 압축플랜지 고정점간의 거리(㎜) b : 압축플랜지의 폭 (㎜) Aw : 웨브의 총단면적(㎟) Ac : 압축플랜지의 총단면적(㎟) $K=\sqrt{3+\frac{Aw}{2Ac}}$ 단: $\frac{Aw}{Ac}<2$인 경우 K=2로 한다.	$\frac{\ell}{b} \leq \frac{9}{K}$일 때 118	〃	$\frac{\ell}{b} \leq \frac{8}{K}$일 때 158	〃	$\frac{\ell}{b} \leq \frac{7}{K}$일 때 178	〃
		$\frac{9}{K} < \frac{\ell}{b} \leq 30$ 일 때 $118-1.1(K\frac{\ell}{b}-9)$	〃	$\frac{8}{K} < \frac{\ell}{b} \leq 30$ 일 때 $158-1.6(K\frac{\ell}{b}-8)$	〃	$\frac{7}{K} < \frac{\ell}{b} \leq 27$ 일 때 $178-1.9(K\frac{\ell}{b}-7)$	〃
	스킨플레이트 등에 직접 고정되는 경우	118	〃	158	〃	178	〃
전단응력 (순 단면적에 대하여)		68	〃	91	〃	102	〃

강재의 종류 / 응력의 종류	SS275, SM400, SMA400		SM490		SMA490	
	두께40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜초과	두께40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜m초과	두께40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜초과
지압응력	176	〃	236	〃	266	〃

표 705.10-2 접합용 강재의 허용응력(단위 : MPa)

강재의 종류 / 응력의 종류		강재 재료 : SS275, SM400		강재 재료 : SM490	
		두께 40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜ 초과	두께 40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜ 초과
		볼트 재료 : SS275, SM20C		볼트 재료 : SM35C	
전단응력	다듬질한 볼트	76		98	
	앵커볼트	53		69	
지압응력	다듬질한 볼트	177	왼쪽값의 0.92배	230	왼쪽값의0.94배
	핀	177	왼쪽값의 0.92배	230	왼쪽값의0.94배

표 705.10-3 단강품, 주강품 및 기계구조용 탄소강재의 허용응력(단위 : MPa)

강재의 종류 / 응력의 종류	단강품	주강품			기계구조용 탄소강		
	SF440A	SC450	SCW410	SC480	SM25C	SM35C	SM45C
축방향 인장응력	113	113	118	122	133	153	173
축방향 압축응력	113	113	118	122	133	153	173
휨응력	113	13	118	122	133	153	173
전단응력	65	65	68	71	76	88	100
지압응력	169	169	176	184	199	229	259

2. 맞대기용접 및 필렛용접에 의한 이음부에 있어서는 705.10.1의 1.에서 규정 하는 값에 표 705.10-4에서 정하는 값을 곱한 값으로 할 것

표 705.10-4 용접법에 따른 값

구 분		용접선 전체길이의 5%이상에 대해 방사선시험 또는 초음파탐상시험을 하는 경우	그 밖의 경우
맞대기 용접	공장에서 용접할 경우	0.95(1.0)	0.85
	현장에서 용접할 경우	0.90(0.95)	0.80
필렛 용접	공장에서 용접할 경우	0.95	
	현장에서 용접할 경우	0.90	

비고 : ( )의 값은 방사선시험 또는 초음파탐상시험을 용접선의 전체길이에 대해 시행할 경우의 값

705.10.2 여수로 수문의 구조상 안전을 위한 용접작업은 KS 또는 AWS D 1.1(American Welding Society)과 동등 이상의 기준에 따른다.

705.10.3 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용응력은 705.10.1에 규정하는 값의 1.5배로 할 수 있다.

705.11 콘크리트 중력댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력

705.11.1 기술기준 제139조 제1항에 규정하는 콘크리트의 허용압축응력은 재령 91일의 지름 150 ㎜, 높이 300 ㎜의 공시체를 사용하여 한국산업표준 KS F 2405 " 콘크리트의 압축강도 시험방법"에 의하여 시험을 하여 얻은 콘크리트 압축강도의 1/4의 값으로 한다.

705.11.2 기술기준 제139조 제2항에 규정하는 콘크리트의 허용인장응력은 705.11.1에서 정한 시험을 하여 얻은 콘크리트 압축강도의 1/40의 값으로 한다.

705.11.3 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용압축응력은 705.11.1에서 규정한 값의 1.3배로 할 수 있다.

705.12 콘크리트 중력댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식

기술기준 제140조에 규정하는 활동에 대해 안정되도록 적절한 전단마찰 안전율을 가지려면 다음의 계산식에 의한 전단마찰 안전율이 4이상 확보되어야 한다.

$$S.F = \frac{f\,V + \tau l}{H} \geq 4$$

여기에서 S・F : 전단마찰 안전율

f : 댐 본체의 재료 또는 기초암반의 내부마찰계수

V : 전단면에 작용하는 전 연진력(N)

τ : 댐 본체의 재료 또는 기초암반의 순 전단강도(N/m^2)

ℓ: 전단저항의 길이(m)

H : 전단면에 작용하는 전 수평력(N)

705.13 양압력의 저감

기술기준 제141조 제2호에 규정하는 과대한 양압력이 생기지 않도록 한다는 것은 높이가 30 m 이상의 콘크리트 중력댐에 점검통로 및 배수공을 설치하여 양압력을 저감시키는 것이다.

705.14 콘크리트 중력댐의 구조상 안전

기술기준 제141조 제3호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 해당 부위에 생기는 응력이 허용응력을 초과하지 않는 것 또는 콘크리트의 허용인장응력을 초과하는 부위에 있어서는 철근 등으로 적절하게 보강하는 것이다.

705.15 아치댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력

기술기준 제142조에 규정하는 콘크리트 허용압축응력 및 허용인장응력은 705.11을 준용한다.

705.16 아치댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식

기술기준 제143조에 규정하는 활동에 대해 안정하려면 705.12의 계산식에 의한 전단마찰 안전율이 4이상 확보되어야 한다.

705.17 아치댐의 구조상 안전

기술기준 제144조 제2호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 705.14를 준용하여 설계하는 것이다.

705.18 필댐에 대한 사면활동 안전율의 계산식

705.18.1 기술기준 제146조에 규정하는 사면활동에 대한 안전율은 다음의 식에 의하여 계산한다.

$$S \cdot F = \frac{\Sigma\{(N-U)tan\phi + C\ell_1\}}{\Sigma T}$$

여기에서 S・F : 활동 안전율

N : 원호활동면상의 각 분할 부분에 작용하는 하중의 단위폭당 수직분력(N/m)

U : 원호활동면상의 각 분할 부분에 작용하는 하중의 단위폭당 간극수압(N/m)

ϕ : 원호활동면상의 각 분할 부분의 재료의 내부마찰각(도)

C : 원호활동면상의 각 분할 부분의 재료의 점착력(N/m^2)

l_1: 원호활동면상의 각 분할 부분의 길이(m)

T : 원호활동면상의 각 분할 부분에 작용하는 하중의 단위폭당 접선분력(N/m)

705.18.2 재료의 시험과 안정계산의 정밀도가 불충분하거나 연약지반 위의 댐과 같이 불안정 요소가 포함되었다고 판단되는 경우에는 활동에 대한 최소 안전율을 1.5로 취하되 그 밖의 경우에는 표 705.18-1을 기준으로 한다.

표 705.18-1 댐 본체조건, 저수상태, 지진에 따른 안전율

구분	본체조건	저수상태	지진	안전율	
				상류	하류
1	완성직후(간극수압최대)	바닥상태	고려함	1.3	1.3
2	완성직후	일부저수(1)	고려하지 않음	1.3	-
3	평상시	설계홍수위	고려하지 않음	1.2	1.2
4	평상시	만수	고려함	1.2	1.2
5	평상시	일부저수(2)	고려함	1.15	-
6	평상시	급강하	고려함	1.2	-

주 : (1) 상류측 비탈면의 하부가 암석 등으로 되어 있어 간극수압이 발생하지 않을 경우에 한함

(2) 수위는 보통 댐 높이의 45～50%를 취하여 계산함

705.19 차수벽에 사용하는 재료

기술기준 제148조 제3호에 규정하는 댐의 안정에 필요한 수밀성, 강도 및 내구성을 가지려면 다음과 같다.

1. 필댐의 차수벽에 아스팔트를 사용하는 경우에 아스팔트 재료는 아래에 정하는 것일 것

가. 아스팔트의 규격은 한국산업표준 KS M 2201 “스트레이트 아스팔트” 종류 중 40～60, 60～80, 80～100을 적용할 것

나. 골재는 깨끗하고 단단하며 적당한 입자 크기와 내구성을 가지고 가열에 의해 품질 변화를 일으키지 않는 것으로 점토, 실트, 유기물 등의 유해량을 포함하지 않을 것

다. 필러는 한국산업표준 KS F 3501 “역청 포장용 채움재”에 적합하고, 쓰레기, 진

흙, 유기물, 덩어리로 된 미립자 등 해로운 물질이 함유되어 있지 않을 것
2. 필댐의 차수벽에 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6을 준용할 것

705.20 본체의 구성

조력댐에 작용하는 하중의 조합은 “항만 및 어항설계기준(2016. 4, 해양수산부)의 기준을 준용한다.

705.21 하중의 계산

조력댐 하중의 계산은 “항만 및 어항설계기준(2016. 4, 해양수산부)의 기준을 준용한다.

705.22 사용하는 재료

조력댐에 사용하는 재료는 “항만 및 어항설계기준(2016. 4, 해양수산부)의 기준을 준용한다.

705.23 구조물 형태에 따른 적용

조력댐 구조물 형태에 따라 “항만 및 어항설계기준(2016. 4, 해양수산부)의 기준을 적용한다.

(710 수로)

710 수로

710.1 배수처리

기술기준 제151조 제2호에 규정하는 설계수량을 안전하게 배수할 수 있는 것이란 수로가 배수를 안전하게 처리할 수 있는 용량을 갖도록 하는 것이다.

710.2 수로에 사용하는 재료의 규격

기술기준 제151조 제5호에 규정하는 수로에 필요한 화학적 성분 및 기계적 성능을 가지는 재료는 아래에서 정한 것 또는 동등 이상의 성질을 가지는 것이어야 한다.

1. 한국산업표준 KS D 3503 “일반 구조용 압연강재” 중 SS275인 것
2. 한국산업표준 KS D 3515 “용접 구조용 압연강재” 중 SM400A, SM400B, SM400C, SM490A, SM490B, SM490C, SM490YA, SM490YB, SM520B, SM520C 및 SM570
3. 한국산업표준 KS D 3521 “압력 용기용 강판” SPPV 235, SPPV 315, SPPV 355 및 SPPV 450
4. 한국산업표준 KS D 3529 “용접 구조용 내후성 열간 압연강재” 중 1종(SMA400AW, SMA400AP, SMA400BW, SMA400BP, SMA400CW, SMA400CP), 2종(SMA490AW, SMA490AP, SMA490BW, SMA490BP, SMA490CW 및 SMA490CP) 및 3종(SMA570W 및 570P)
5. 한국산업표준 KS D 3507 “배관용 탄소강관”
6. 한국산업표준 KS D 3537 “수도용 아연도 강관”
7. 한국산업표준 KS D 3562 “압력배관용 탄소강관” 중 SPPS38 및 SPPS42
8. 한국산업표준 KS D 3564 “고압배관용 탄소강관” 중 SPPH38, SPPH42 및 SPPH49
9. 한국산업표준 KS D 3565 “상수도용 도복장 강관”
10. 한국산업표준 KS D 3576 “배관용 스테인리스 강관” 중 STS304TP
11. 한국산업표준 KS D 3611 “용접 구조용 고항복점 강판” 중 SHY685NS
12. 한국산업표준 KS D 3583 “배관용 아크용접 탄소강 강관” 중 SPW400
13. 한국산업표준 KS D 3588 “배관용 용접 대구경 스테인리스 강관” 중 STS304TPY
14. 한국산업표준 KS D 3589 “압출식 폴리에틸렌 피복강관“ 중 P1H, P1F 및 P2S
15. 한국산업표준 KS D 3693 “스테인리스 클래드강”
16. 한국산업표준 KS D 3698 “냉연 압연 스테인리스강판 및 강대”
17. 한국산업표준 KS D 3705 “열간 압연 스테인리스강판 및 강대”
18. 한국산업표준 KS D 3710 “탄소강 단강품”

19. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 “탄소강 주강품”
20. 한국산업표준 KS D 4106 “용접 구조용 주강품”
21. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4301-5015 “회 주철품”
22. 한국산업표준 KS D 4308 “수도용 덕타일 주철 이형관”
23. 한국산업표준 KS D 4311 “덕타일 주철관”
24. 한국산업표준 KS M 3370 “수도용 플라스틱 배관계－불포화 폴리에스테르 수지 유리섬유 강화 플라스틱(GRP)－압력 및 비압력 배관(수압철관은 제외)”

710.3 수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준과 내식성 재료

710.3.1 기술기준 제151조 제6호에 규정하는 허용응력은 705.10.1(705.10.1의 1.나는 제외)을 준용한다.

710.3.2 수문의 구조상 안전을 위한 용접작업은 705.10.2를 준용한다.

710.3.3 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용응력은 705.10.3을 준용한다.

710.3.4 기술기준 제151조 제7호에 규정하는 내식성 재료는 KS D 3003 “항만 및 해양 구조용 내식성 강재(HSM500)”와 KS D 3300 “항만 및 해양 구조용 내식성 강관(STKM500)” 또는 동등 이상의 성질을 갖는 것으로 한다.

710.4 취수설비의 구조상 안전과 수문설치

710.4.1 기술기준 제152조 제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6을 준용하여 설계하는 것이다.

710.4.2 710.4.1에서 강재를 사용하는 경우에는 710.10.1 및 710.10.2를 준용한다.

710.4.3 기술기준 제152조 제3호에 따라 취수설비에 수문이나 조절밸브를 설치할 경우, 부유물이 유입되는 것을 방지하기 위하여 상류측에 1/10 정도의 경사를 갖는 스크린을 설치한다.

710.5 보(weir)의 수리적 안전과 구조상 안정

710.5.1 기술기준 제152조의2 제1항 제2호에 규정하는 수리적으로 안전한 것이란 705.7 및 국가건설기준「KDS 51 40 05 하천 보」를 준용하여 설계하는 것이다.

710.5.2 기술기준 제152조의2 제1항 제3호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6 및 국가건설기준「KDS 51 40 05 하천 보」를 준용하여 설계하는 것이다.

710.5.3 기술기준 제152조의2 제2항에 따라 강재를 사용하는 경우에는 705.9 및 705.10을 준용한다.

710.6 침사지의 구조상 안전과 침전능력

710.6.1 기술기준 제153조 제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6을 준용하여 설계하는 것이다.

710.6.2 기술기준 제153조 제2호에 규정하는 토사를 침전시킬 수 있는 능력을 가져야 한다.

710.7 도수로의 구조상 안전

710.7.1 기술기준 제154조 제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6을 준용하여 설계하는 것이다.

710.7.2 710.7.1에서 강재를 사용하는 경우에는 710.11.1 및 710.11.3를 준용한다.

710.7.3 기술기준 제154조 제4호에 의한 압력수로인 경우, 터널 벽면의 마모를 방지할 수 있는 최대허용유속을 준수하여야 한다.

710.8 헤드탱크의 구조상 안전

기술기준 제155조 제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6을 준용하여 설계하는 것이다.

710.9 서지탱크의 구조상 안전

710.9.1 기술기준 제156조 제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6을 준용하여 설계하는 것이다.

710.9.2 710.9.1에서 강재를 사용하는 경우에는 710.11.1 및 710.11.2를 준용한다.

710.10 서지탱크의 수위변동을 계산하는 경우의 조도계수

기술기준 제156조 제3호에 규정하는 조도계수는 도수로의 조도계수에 표 710.10-1에 정한 각각의 조건별로 조도계수를 가감한 값으로 한다.

표 710.10-1 조건별 도수로의 조도계수에 가감하는 값

구 분		도수로의 조도계수에 가감하는 값
기술기준 제156조 제3호 “가” 의 경우	철관의 경우	0.001을 감한다.
	콘크리트의 경우	0.0015을 감한다.
	라이닝을 하지 않는 경우	0.003을 감한다.
기술기준 제156조 제3호 “나” 의 경우	철관의 경우	0.001을 더한다.
	콘크리트의 경우	0.0015를 더한다.
	라이닝을 하지 않는 경우	0.003을 더한다.
기술기준 제156조 제3호 “다” 의 경우	철관의 경우	0.001을 감한다.
	콘크리트의 경우	0.0015를 감한다.
	라이닝을 하지 않는 경우	0.003을 감한다.

710.11 관본체에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준

710.11.1 기술기준 제157조 제1호에 규정하는 재료의 허용응력이란 지진력 이외의 하중에 대한 응력 중 강재를 사용하는 경우에는 표 710.11-1과 같다.

표 710.11-1 이음부 이외의 부분은 다음에 의할 것

재 료 의 종 류		두께 (㎜)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
한국산업표준 KS D 3503 “일반 구조용 압연강재 “	SS 275	16이하	135	135	75	225
		16초과 40이하	130	130	75	220
		40초과	115	115	65	195
한국산업표준 KS D 3515 “용접구조용 압연강재 “ 및 KS D 3529 “용접구조용 내후성 열간압연강재 “	SM 400A SM 400B SM 400C SMA 400AP SMA 400BP SMA 400CP SMA 400AW SMA 400BW SMA 400CW	16이하	135	135	75	225
		16초과 40이하	130	130	75	220
		40초과	115	115	65	195
	SM 490A SM 490B	16이하	180	180	100	305
		16초과	175	175	100	295

재 료 의 종 류		두께 (㎜)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
	SM 490C SM 490YA SM 490YB	40이하				
		40초과	160	160	90	270
		16이하	200	200	115	340
		16초과 40이하	195	195	110	330
	SMA 490AP SMA 490BP SMA 490CP SMA 490AW SMA 490BW SMA 490CW SMA 520B SMA 520C	16이하	200	200	115	340
		16초과 40이하	195	195	110	330
		40초과 75이하	185	185	105	310
		75초과 100이하	180	180	100	305
	SM 570 SMA 570P SMA 570W	16이하	240	240	135	405
		16초과 40이하	240	240	130	405
		40초과 75이하	235	235	135	395
		75초과 100이하	230	230	130	390
한국산업표준 KS D 3521 “압력용기용 강판 “	SPPV 235	6이상 50이하	130	130	75	220
		50초과 100이하	115	115	65	195
	SPPV 315	6이상 50이하	175	175	100	295
		50초과 100이하	160	160	90	270
	SPPV 355	6이상 50이하	195	195	110	330
		50초과 100이하	185	185	105	310
	SPPV 450	6이상 50이하	240	240	135	405
		50초과 100이하	235	235	135	395
한국산업표준 KS D 3611 “용접 구조용	SHY 685NS	50이하	330	330	190	560
		50초과	320	320	180	540

재 료 의 종 류		두께 (㎜)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
고항복점 강판 “		100이하				
한국산업표준 KS D 3698 “냉간압연 스테인레스강 판 및 강대” KS D 3705 “열간압연 스테인리스강 판 및 강대”	STS 304		110	110	60	185
한국산업표준 KS D 3693 “스테인리스 클래드강”			σ_a (1)	허용인장응력과 동일	$\sigma_a \times 1/\sqrt{3}$	σ_a x 1.7
한국산업표준 KS D 3507 “배관용 탄소강관”	SPP		70	70	40	115
한국산업표준 KS D 3562 “압력배관용 탄소강관”	SPPS 38		115	115	65	195
	SPPS 42		135	135	75	225
한국산업표준 KS D 3564 “고압배관용 탄소강관”	SPPH 38		115	115	65	195
	SPPH 42		135	135	75	225
	SPPH 49		150	150	85	255
한국산업표준 KS D 3565 “상수도용 도복장 강관”	STWW 290		70	70	40	115
	STWW 370		115	115	65	195
	STWW 400		125	125	70	210
한국산업표준 KS D 3583 “배관용 아크용접 탄소강관 “	SPW 400		125	125	70	210
한국산업표준 KS D 3576 “배관용	STS 304TP STS 304TPY		110	110	60	185

재 료 의 종 류		두께 (㎜)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
스테인리스강판 ” KS D 3588 “배관용 용접 대구경 스테인리스강관 “						
한국산업표준 KS D 4311 “덕타일주철관”			120	120	70	200
한국산업표준 KS D 4308 “덕타일주철이형관”			105	105	60	175
한국주물공업 협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 “탄소강 주강품”	SC 410		65	65	35	110
	SC 450		75	75	40	125
	SC 480		80	80	45	135
한국산업표준 KS D 4106 “용접구조용 주강품”	SCW 410		100	100	55	170
	SCW 480		120	120	65	200
한국산업표준 KS D 3710 “탄소강 단강품”	SF 390A		105	105	60	175
	SF 440A		125	125	70	210
	SF 490A		135	135	75	225
	SF 540A		150	150	85	255
	SF 590A		160	160	90	270
한국주물공업 협동조합 SPS-KFCA-D4301-5015 “회주철품”	GC 200		20	20	10	30
	GC 250		25	25	10	40
	GC 300		30	30	15	50

주 : (1) 스테인리스 클래드강의 허용인장응력은 다음 식으로 구한다.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_1 \cdot t_1 + \sigma_2 \cdot t_2}{t_1 + t_2}$$

여기에서 σ_a : 스테인리스 클래드강의 허용인장응력(N/mm^2)

σ_1 : 모재의 허용인장응력(N/mm^2)

σ_2 : 클래드재의 허용인장응력(N/mm^2)

t_1 : 모재의 두께(mm)

t_2 : 클래드재의 두께(mm)

(2) 허용압축응력

실험 등에 의하면 압축강도는 인장강도와 거의 동일하며 타 철강 구조물의 규정에서도 거의 동일하게 정해져 있으므로 본 기준에서도 이에 따른다.

2. 용접에 의한 이음부에는 제1호에 규정하는 값에 표 710.11-2에 정하는 값을 곱한 값으로 할 것

표 710.11-2 용접이음에 따른 값

구 분		공장용접	현장용접
맞대기 용접이음	방사선 검사를 한 경우	0.95(1.0)	0.90(0.95)
	방사선 검사를 하지 않은 경우	0.85	0.80
필렛 용접이음		0.95	0.90

비고: 괄호안의 값은 용접선 전체길이에 대하여 방사선검사 또는 초음파탐상검사를 하는 경우의 값이다.

710.11.2 관본체의 구조상 안전을 위한 용접작업은 KS 또는 AWS D 1.1(American Welding Society)과 동등 이상의 기준에 따른다.

710.11.3 710.11.1에 있어서 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6을 준용한다.

710.11.4 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용응력은 710.11.1 및 710.11.2에서 정하는 값의 1.5배로 할 수 있다.

710.12 관본체의 구조

기술기준 제157조 제2호에 규정하는 진동, 좌굴 및 부식에 대해 안전한 것이란 다음과 같다.

1. 운전 중에 현저한 진동이 없을 것
2. 관본체는 외압의 1.5배의 압력에 대해 좌굴하지 않을 것
3. 내부 유수의 수소이온농도가 수소지수 4이하의 경우에는, 관의 안쪽면을 도료로 피복하거나 또는 부식을 경감할 수 있는 조치를 할 것

710.13 관본체의 고정

기술기준 제157조 제5호 “가”에 규정하는 관본체를 확실히 고정 하는 것이란 스러

스트 칼라, 앵커밴드 또는 앵커볼트에 의해 고정하는 것으로 다음 각 호와 같이 사용한다.

1. 앵커블록의 위치에서 수압철관 및 방류관의 상부가 노출되도록 설치하였을 경우 또는 수압철관 및 방류관의 상부 콘크리트의 피복두께가 작아 앵커블록에 인장응력이 생길 경우에는 외력에 대하여 안전하도록 앵커볼트, 앵커밴드 또는 기타의 구조물을 설치하여 고정해야 한다
2. 수압철관 및 방류관이 앵커블록에 고정되는 부분 또는 터널에 매설되는 부분에는 콘크리트 타설시에 수압철관 및 방류관에 작용하는 부력에 대해서 앵커볼트, 앵커밴드 또는 기타의 구조물로, 길이방향의 외력에 대해서는 스러스트 칼라를 설치하여 고정하여야 한다.

710.14 앵커블록의 구조상 안전

기술기준 제157조 제5호 “나”에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6을 준용하여 고정하는 것이다.

710.15 받침대의 구조상 안전

710.15.1 기술기준 제157조 제6호 “가”에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에 있어서는 705.6을 준용하여 고정하는 것이다.

710.15.2 710.15.1에서 강재를 사용하는 경우에는 710.11.1 및 710.11.2를 준용한다.

710.16 방수로의 구조상 안전

기술기준 제158조 제2항에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 705.6을 준용하여 고정하는 것이다.

(715 일반 수력발전 설비)

715 일반 수력발전 설비

715.1 수차의 재료

715.1.1 수력발전용 수차 및 보조설비에 사용되는 부품의 재료는 요구되는 기계적 강도 및 화학적 성질을 갖는 재료로서 표 715.1-1에 따라 해당 KS 또는 ASTM 규격에 적합하거나 동등 이상의 재료를 사용하여야 한다.

표 715.1-1 설비별 ASTM, KS/단체표준 규격

구분	ASTM 규격	KS/단체표준 규격	
		번호	명칭
수차날개 Runner Blade	A743 Gr.CA-6NM	SPS-KFCA-D4103	스테인리스 주강품
날개허브 Runner Hub	A743 Gr.CA-6NM	SPS-KFCA-D4103	스테인리스 주강품
날개콘 Runner Cone	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
수차축 Turbine Shaft	A668 Class D	SF490A(D3710)	탄소강 단강품
수차발전기 지지대 Bulb Case	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
유량조절장치 Wicket Gate (Shaft, Stem)	A995 UNS J 92205		duplex stainless steel
Wicket Gate (Shell Plate)	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
유량조절장치 내관 Inner Gate Ring	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
유량조절장치 외관 Outer Gate Ring	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
수차날개 외관 Discharge Ring	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
흡출관 라이너 Draft Tube Liner	A36		용접구조용 압연강재
고정자 프레임 Stator Frame	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기 점검구 Access Shaft	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재

발전기 전단 덮개판 Bulb Nose	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기하부 틈새판 Lower Pier Nose Liner	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기 반입구 Generator Hatch	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재

715.1.2 수차는 운전 시간에 따라 캐비테이션에 의한 과다한 부식이 발생되지 않아야 한다.

715.2 수차의 구조

715.2.1 수차는 다음의 각호에 적합하여야 한다.

1. 수차 및 부속장치의 수압을 받는 부분은 최대사용수압에서 누수가 발생되지 않고 구조적으로 견고하여야 한다.
2. 수차 및 부속장치의 유압 또는 공기압을 받는 부분은 수압(유압)시험으로서, 최대유압 또는 최대공기압의 1.5배의 시험압력으로 누설이 없고, 기타 결함이 없는 상태에서 10분간 견딜 수 있어야 한다.
3. 수차 및 부속장치는 최대 속도에서 2분 이상 안전하게 운전할 수 있어야 한다.
4. 운전 중에 수차의 베어링 또는 축에 발생할 수 있는 진동은 수차 설계 기준값 이하의 진동을 유지하여야 한다.
5. 물의 유입이나 유출을 신속하게 차단하는 입구밸브 등을 수차에 설치하여야 한다.

715.2.2 자체중량, 수압, 지진력 및 토압 등에 대하여 구조상 안전하여야 한다.

715.2.3 수력발전소의 취수구나 취수문(intake gate)에는 적합한 스크린을 설치하여 부유물이나 토사 등의 유입에 따른 피해를 받지 않게 하여야 한다.

715.3 보조설비 및 보조기기

715.3.1 속도조절기

1. 속도조절기는 수차의 속도 및 출력제어에서 신속히 대응할 수 있어야 한다.
2. 속도조절기는 비상정지 시 신속히 유입되는 유수를 차단할 수 있어야 한다.
3. 소수력발전은 별도의 속도조절기 대신 밸브나 수문으로 그 성능을 대처할 수 있다.

715.3.2 유압설비

수차의 가이드 베인, 러너 베인, 제압기 디플렉터, 니들 및 입구밸브의 서보 모터 조작 등에 필요한 압유를 충분하고도 안전하게 공급할 수 있어야 한다.

1. 압력유탱크의 내압시험 및 누수시험은 KS B 6750 “압력용기의 내압시험 및 누수

시험” 을 준용하고, 시험결과 구조상 안전하고 누수 되지 않을 것
2. 압력유탱크 또는 이에 가까운 곳에는 최고사용압력 이하의 압력으로 동작하는 안전밸브 또는 안전장치를 설치할 것
3. 압력유탱크의 유압이 저하하는 경우에 자동적으로 유압을 회복하는 장치를 설치할 것
4. 압력유탱크 또는 이에 가까운 곳에는 압력계를 설치할 것
5. 압력유탱크의 재료, 구조 등에 대해서는 KS B 6750 “압력용기(기반규격)” 를 준용할 것
6. 소수력발전에서는 블래더형이나 전동 서보 모터식으로 대체할 수 있다.

715.3.3 공압설비

1. 유압장치용 공기압축기의 용량은, 유압탱크내의 유압을 최저 상용유압으로부터 30분 이내에 0.1MPa상승시키는데 필요한 공기를 보급할 수 있어야 한다.
2. 공기탱크용량은, 유압탱크내 공기보급에 지장이 없어야 한다.
3. 브레이크용 공기압축기의 용량은, 브레이크의 정상동작에 필요한 용량이어야 한다.
4. 소수력발전 중 유압설비로만 속도조절기 및 밸브, 수문을 사용하는 경우에는 공압설비를 제외할 수 있다.

715.3.4 입구밸브 설비

비상시 유수의 안전한 차단, 정지 시 수차의 누수 및 손실전력 저감, 기기의 유해한 마모방지, 보수・점검 시 수로의 충・배수를 생략하여 정지시간 단축, 취수를 공용으로 사용하여 분기한 경우 점검용 수차만 정지시키는 등의 목적으로 수압관 단말이나 수차의 입구에 입구밸브 설비를 설치하여야 한다.

1. 최저 허용조작력은, 전 낙차에서 수차의 최대사용유량을 안전하고 확실하게 차단할 수 있어야 한다.
2. 소수력발전에서 별도의 속도조절기 없이 밸브나 수문으로 운전 및 정지를 하는 경우 입구밸브 설비로 대처할 수 있다.

715.3.5 윤활설비

수차의 베어링 등에는 윤활유 펌프, 집유탱크, 냉각장치 등으로 구성되는 윤활설비를 설치하여야 하며, 비상시에도 윤활매체의 공급이 유지되도록 하여야 한다.

1. 강제순환방식의 윤활유 펌프는, 평상운전 시에 필요한 유량을 공급할 수 있는 용량으로 하여야 한다.
2. 중력급유방식의 상부기름 탱크는, 탱크유면저하 검출 후, 주기가 완전정지 할 때까지, 외부로부터 기름보급 없이, 스러스트 베어링 유조에 필요한 유량을 공급할 수 있는 용량으로 하여야 한다.
3. 소수력발전설비의 윤활유를 그리스로 사용할 경우 윤활설비를 제외할 수 있다.

715.3.6 급수설비

급수설비는 수차 등 발전소 설비에 충분한 양과 적합한 물을 안전하고 원활하게 공급할 수 있어야 하며, 불순물의 유입방지, 냉각수의 동결방지, 보수의 용이성 등을 충분히 고려해서 설치하여야 한다.

1. 급수설비의 급수유량은, 다음 조건하에서도 설계급수량 이상을 확보할 수 있어야 한다.
2. 급수펌프의 토출량은 필요한 냉각수의 110% 이상으로 하여야 한다.
3. 공랭식 발전설비는 급수설비를 제외할 수 있다.

715.3.7 배수설비

배수설비는 주기기의 본체(수차 봉수장치)로부터의 누수배수, 건물에서 생기는 누수배수 및 주기기 점검 시 수압철관, 케이싱 및 흡출관 등에 들어있는 물의 배수에 필요한 설비로서, 안전하고 원활하게 배수할 수 있어야 하며, 하류하천에 기름 등이 유출되지 않도록 하여야 한다.

1. 소내 배수계통의 유수분리 조는, 설비사고 등으로 다량의 누유가 있더라도 기름을 하천에 유출시키지 않아야 한다.
2. 배수펌프의 제어장치는 가능한 상층에 두어서, 발전소가 침수된 경우에도 배수할 수 있도록 하여야 한다.
3. 배수구 높이는, 홍수 시에도 하천으로부터 역류하지 않는 위치로 하여야 한다.
4. 소내 배수펌프의 성능은 피트 내 최대유입예상량의 1.5배 이상의 배수능력을 갖는 펌프를 선정하여야 한다.
5. 자연배수가 가능한 발전소는 배수설비를 제외할 수 있다.

715.3.8 정지 및 경보 설비

1. 다음 전기적 사고 시에는 자동으로 비상 정지하고 경보하여야 한다.
   가. 용량 10,000KVA이상의 동기발전기 고정자 권선의 상간단락, 층간단락, 내부지락, 회로지락 등에 의한 과전류
   나. 용량 10,000KVA미만의 발전기는 과부하, 단락, 지락, 과전압
   다. 동기발전기는 계자권선의 지락, 계자상실, 자동전압조정장치(AVR)고장, 여자기 과전압
   라. 역전력
2. 다음 기계적 사고 시에는 자동으로 급정지하고 경보여야 한다.
   가. 용량 2,000KVA 이상의 트러스트/가이드 베어링의 과열.
   나. 수차과속도, 속도조절기의 고장
   다. 입구밸브, 속도조절기용 유압장치의 고장/유압저하 2단, 냉각수 통수단절
   라. 속도조절기 구동장치 고장

3. 다음과 같은 경우에는 경보를 하여야 한다.

가. 용량 2,000KVA이상의 트러스트 베어링의 온도상승, 유조유면 저하

나. 발전기 공기냉각기 출구온도상승

다. 조작유압 저하

라. 수냉식 발전기 냉각수 단수

마. AC/DC 전원고장

바. 냉각수 및 공압설비 고장

(720 양수발전 설비)

720 양수발전 설비

720.1 펌프수차의 재료

수력발전용 펌프수차 및 보조설비에 사용되는 부품의 재료는 715.1을 준용한다.

720.2 펌프수차의 구조

720.2.1 수력발전용 펌프수차 및 보조설비에 사용되는 부품의 재료는 715.1을 준용한다.

1. 수압을 받는 부분은 부하 또는 입력이 차단되었을 때 최대사용수압 및 부압설계 시 구조상 안전하여야 한다.
2. 회전부는 부하 또는 입력이 차단되었을 때 최대 속도에서 5분 이상 안전하게 운전할 수 있어야 한다.
3. 운전 중에 수차 또는 펌프수차의 베어링 또는 축에 발생할 수 있는 각종 최대의 진동에 대하여 안전하게 운전할 수 있어야 한다.
4. 물의 유입이나 유출을 신속하게 차단하는 입구밸브 등을 수차 또는 펌프수차에 설치하여야 한다.

720.2.2 자체중량, 수압, 지진력 및 토압 등에 대하여 구조상 안전하여야 한다.

720.2.3 수력발전소의 취수구나 취수문(intake gate)에는 적합한 스크린을 설치하여 부유물 등의 유입에 따른 피해를 받지 않게 하여야 한다.

720.3 보조설비 및 보조기기

720.3.1 속도조절기는 715.3.1을 준용한다.

720.3.2 양수기동설비

흡출관 내부 수면을 수면압하장치(Draft tube water depressor)로써 공기상태로 한 후, 발전전동기를 전동기로 기동할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.

720.3.3 유압설비는 715.3.2를 준용한다.

720.3.4 공압설비는 715.3.3을 준용한다.

단, 수면압하장치용 공압설비에 대하여는 공기압축기의 용량에 필요한 조건과, 공기탱크용량에 필요한 조건을 현지 여건에 맞추어 시설해야 한다.

720.3.5 입구밸브 설비는 715.3.4를 준용한다.

720.3.6 윤활설비는 715.3.5를 준용한다.

720.3.7 급수설비는 715.3.6을 준용한다.

720.3.8 배수설비는 715.3.7을 준용한다.
단, 흡출관 배수펌프의 배수시간은 제작사와 협의하여 결정할 수 있다.
720.3.9 정지 및 경보 설비는 715.3.8을 준용한다.

(725 기타 시설)

725 기타 시설

725.1 발전소 시설의 안정성

수차, 발전기 및 부속설비가 설치되는 발전소는 다음 각 호에 따라야 한다. 또한, 해양에너지발전설비의 구조물도 이를 준용한다.

725.1.1 콘크리트구조물은 국가건설기준「KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계기준」을 적용하여야 한다.

725.1.2 구조물은 705.11~705.14에 준하여야 한다. 기타사항은 국가건설기준 「KDS 11 00 00 지반 설계기준」을 적용하여야 한다. 조력발전소 구조물은 705.20~705.23에 준하여야 한다.

725.1.3 구조물의 내진에 대하여는 국가건설기준「KDS 17 00 00 내진 설계기준」과 「KDS 54 17 00 댐 내진설계」 및 「KDS 41 17 00 건축물 내진설계기준」을 적용하여야 한다. 다만 설비 정착부에 대한 내진설계를 하는 경우, “발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진설계지침”을 적용할 수 있다. 「지진ㆍ화산재해대책법」제15조(기존 시설물의 내진보강계획 수립 등)에 따라, 발전설비의 내진설계기준이 강화되어 기존 시설물을 대상으로 내진성능을 평가하여야 하는 경우, “발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진성능평가 지침” 및 “발전용 수력 및 화력시설 기존 건축물 내진성능평가 지침”을 참조할 수 있다. 다만, 전력수급기본계획에 의거 폐지가 결정된 잔존수명 5년 이하의 시설물 또는 재건축 등이 예정된 시설물은 내진성능평가 대상에서 제외한다.

725.1.4 해양에너지발전설비의 경우 해당지역의 오손등급에 적합한 부식 및 염해대책을 하여야 하며, 특히 염분에 의한 화학적 부식에 강한 자재선정 및 방지용 도장을 하여야 한다.

8. 보칙

801 (재검토기한) 기후에너지환경부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 공고에 대하여 2023년 12월 14일 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 해야 한다.
802 (재검토기한) 기후에너지환경부부장관은 「행정규제기본법」에 따라 510(전기저장장치)에 대하여 2023년 4월 17일 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 4월 17일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 해야 한다.
803 (재검토기한) 기후에너지환경부장관은 「행정규제기본법」에 따라 이 공고에 대하여 2024년 10월 24일 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 10월 24일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 해야 한다.

부 칙 (제2018-103호, 2018. 3. 9)

제1조(시행일) 이 공고는 2021년 1월 1일부터 시행한다.

부 칙 (제2020-738호, 2020. 12. 31)

제1조(시행일) 이 공고는 2021년 1월 1일부터 시행한다. 다만, 522.3.2(과전류 및 지락보호장치)의 2 규정은 2021년 9월 1일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고의 시행 당시 이미 시설되어 있거나 전기공사계획 인가(신고)를 받은 것 또는 전력기술관리법 시행령 제18조제4항에 의한 자가 공고 시행 전에 사업승인을 얻은 것 또는 건축법 제11조(건축허가), 제14조(건축신고), 주택법 제15조(사업계획의 승인)에 따라 사업승인, 건축허가·신고를 받은 것에 대하여는 종전의 기준을 따를 수 있다.

부 칙(제2021-36호, 2021. 1. 19)

이 공고는 공고한 날로부터 시행한다.

부 칙(제2021-509호, 2021. 07. 01)

제1조(시행일) 이 공고는 2022년 1월 1일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 232.2의 표 232.2-2, 232.11.1의5, 232.11.3의6 및 234.11.4의 표 234.11-1은 이 공고 시행당시 이미 시설되어 있거나 건축법 제11조(건축허가), 제14조(건축신고), 주택법 제15조(사업계획의 승인)에 따라 사업승인, 건축허가·신고를 받은 것에 대하여는 종전의 기준을 따를 수 있다.

부 칙(제2022-809호, 2022. 11. 08.)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날로부터 시행한다. 다만, 245.3(특정기술을 이용한 무정전전원장치의 시설)의 1의 "라"(2)의 규정은 2024년 7월 1일부터 시행하고, 245(무정전전원장치)에서 511, 512를 인용한 규정은 510(전기저장장치) 규정이 개정·시행되는 날로부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고의 시행 당시 이미 시설되어 있거나 전기공사계획 인가(신고)를 받은 것 또는 전력기술관리법 시행령 제18조제4항에 의한 자가 공고 시행 전에 사업승인을 얻은 것 또는 건축법 제11조(건축허가), 제14조(건축신고), 주택법 제15조(사업계획의 승인)에 따라 사업승인, 건축허가·신고를 받은 것에 대하여는 종전의 기준을 따를 수 있다.

부 칙(제2023-364호, 2023. 4. 17)

제1조(시행일)이 공고는 공고한날부터 시행한다. 다만, 245.3(특정기술을 이용한 무정전전원장치의 시설)의 1의 "마"(2)의 규정은 2024년 7월 1일부터 시행하고, 511.2.5(재사용 이차전지의 시설)의 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 안전성검사대상전기용품은 2023년 10월 19일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고의 시행 당시 이미 시설되어 있거나 전기공사계획 인가(신고)를 받은 것 또는 전력기술관리법 시행령 제18조제4항에 의한 자가 공고 시행 전에 사업승인을 얻은 것 또는 건축법 제11조(건축허가), 제14조(건축신고), 주택법 제15조(사업계획의 승인)에 따라 사업승인, 건축허가·신고를 받은 것에 대하여는 종전의 기준을 따를 수 있다.

제3조(재사용 이차전지의 전기용품 안전확인 시험에 관한 특례) 511.2.5(재사용 이차전지의 시설)의 "다" 개정 규정에 따른 재사용 이차전지의 적합성 인증은 「전기용품 및 생활안전용품 안전관리법」 또는 한국산업표준(이하 "KS"라 한다)이 시행 전까지는 제조사가 정한 기준에 적합한 것을 전기용품 안전확인시험에 합격한 것으로 본다.

부 칙(제2023-563호, 2023. 7. 11)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

제3조(종전 공고의 폐지) 전기설비기술기준의 판단기준(산업통상자원부 공고 제2021-35호, 2021.1.19.)은 폐지한다.

부 칙(제2023-768호, 2023. 10. 12)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

부 칙(제2023-839호, 2023. 11. 21)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날부터 시행한다. 다만, 다음 각호의 구분에 의한 날부터 시행한다.

1. 122.5의 3의 개정 규정은 2024년 6월 1일부터 시행한다.
2. 241.17.3부터 241.17.5까지의 개정 규정은 2024년 1월 1일부터 시행한다.
3. 351.6의 6의 개정 규정은 2025년 1월 1일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

제3조(내화구조에 관한 적용례) 241.17.5의 2의 “다”의 개정 규정은 공고 시행 이후에 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 신축건물에 적용한다.

부 칙(제2023-875호, 2023. 12. 14.)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날부터 시행한다. 다만, 211.2.4의 3(주택용 누전차단기 시설방향) 및 212.3.4의 3(주택용 배선차단기 시설방향)의 개정 규정은 2025년 1월 1일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

부 칙 (제2024-749호, 2024. 10. 24)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날부터 시행한다. 다만, 321.2(접지시스템)는 2025. 3. 1일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

부 칙 (제2025-052호, 2025. 10. 01)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날부터 시행한다.

부 칙 (제2025-198호, 2025. 12. 30)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날부터 시행한다. 다만, 214.2.1의 7(전기기기에 의한 화재방지)과 522.3.2의 3(과전류, 지락 및 아크보호장치) 의 개정 규정은 공포 후 2년이 경과한 날부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

부 칙 (제2025-227호, 2026. 01. 05)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.