

저장물질이 없는

2009

누출검사대상시설-비파괴검사
(non-destructive test method for empty tanks)

1.0 개요

1.1 목적

비파괴시험법(non-destructive testing)은 물리적 현상의 원리(빛, 열, 방사선, 음파, 전기, 전기에너지, 자기)를 이용하여 검사할 대상물을 손상시키지 아니하고, 그 대상물에 존재하는 불완전성을 조사하고 판단하는 기술적 행위이다. 일반적인 비파괴시험법으로는 방사선투과법(radiographic testing, RT), 초음파 탐사법(ultrasonic testing, UT), 자분탐사법(magnetic particle testing, MT), 와전류탐사법(eddy current testing, ECT), 액체침투탐사법(liquid penetrant testing, PT), 음향방출탐사법(acoustic emission testing, AET), 누설검사법(leak testing, LT), 육안검사(visual testing, VT) 등이 있다.

1.2 적용범위

이 방법은 단일벽 또는 이중벽 구조의 저장시설의 누출 및 결함 유무를 판단하기 위하여 적용한다. 본 공정시험법에서 규정하지 아니한 사항은 한국산업규격 KS B 6225 (강재 석유저장탱크의 구조) 부속서 3, KS D 0213(철강 재료의 자분탐상시험 방법 및 자분 모양의 분류), KS B 0816(침투탐상시험 방법 및 지시모양의 종류)에 따른다.

1.3 간섭물질

“내용 없음”

2.0 용어정의

2.1 자분탐상시험(MT)

강자성체인 시험체를 자화시켰을 때 시험체 조직의 변화 또는 결함 등의 불연속이 존재하면 이 위치에서 자력선의 연속성이 깨어져 누설자장(magnetic flux leakage)이 형성되고 자속밀도(flux density)가 증가하게 되며, 이때 시험체의 표면에 자분(magnetic particle)을 살포하여 누설자장이 형성된 부위에 자분이 부착되어 시험체 조직의 변화 또는 결함 등의 존재 유무, 위치, 크기, 방향 등을 확인하는 시험방법이다.

2.2 침투탐상시험(PT)

시험체 표면에 침투액을 적용하면 열린(open) 결함이 있는 경우 모세관 현상에 의하여 침투액이 열린 결함으로 침투하게 되며 이때 현상액을 적용하여 표면결함 속에 침투된 침투액을 현상함으로써 육안으로 결함 유무를 식별하는 시험방법이다.

2.3 초음파두께측정(ultrasonic thickness gauging)

시험체에 초음파를 전달시켜 시험체내에 존재하는 불연속으로부터 반사한 초음파의 에너지양, 초음파의 진행시간 등을 분석하여 불연속의 위치 및 크기 등을 알아내는 시험방법이다.

2.4 외관검사(visual inspection)

저장시설을 구성하는 시설 전반에 대하여 검사자의 육안으로 누설징후, 변형, 부식, 손상, 이탈 등의 유무를 확인하는 검사이다.

3.0 검사기기 및 기구

3.1 자분탐상시험장비

자분탐상시험에 사용되는 자화장치, 자외선 등(black light), 자분 등의 성능은 관련 한국산업규격에서 정한 성능 이상이어야 한다.

3.1.1 자화장치는 교류전원으로 하며 시험실시에 지장이 없는 범위로 연속통전이 가능하고 절연성이 좋은 교류, 극간식 자화장치를 사용하여야 한다.

3.1.2 검사액 살포기는 자분을 균일하게 분산시킬 수 있고 검사액을 부드럽고 안정적으로 탐상유효범위에 적용시킬 수 있어야 한다.

3.1.3 자분 검사액은 등유, 물 등에 형광자분 또는 비형광자분을 분산시킨 것을 사용하며, 검사액 속의 자분 분산농도는 형광자분의 경우에는 0.2~2 g/L로, 비형광자분의 경우에는 2~10 g/L로 하여야 하며 자분의 분산이 좋지 않는 검사액과 성능이 열화된 검사액을 사용하지 아니하여야 한다.

3.1.4 표준시험편은 다음 각목 중에서 하나를 선택하여 사용하여야 한다.

A1-7/50(직선형) A1-15/100(직선형)

A2-15/50(직선형) A2-30/100(직선형)

3.2 침투탐상시험장비

침투탐상시험에 사용되는 세정액, 침투액, 현상액 등은 그 결함 검출능력이 관련 한국 산업규격에서 정한 성능 이상이어야 한다.

3.3 초음파 두께측정기

초음파 두께측정기는 정기적으로 교정되고 100분의 1 밀리미터 이상의 분해능을 갖는 것이어야 한다.

4.0 시약 및 표준용액

“내용 없음”

5.0 시료채취 및 관리

“내용 없음”

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

“내용 없음”

7.0 검사절차

저장시설의 비파괴검사는 검사를 실시하는 저장시설의 재료, 검사범위 등에 따라 자분탐상시험 또는 침투탐상시험 중 선택하여 실시하여야 한다. 비파괴검사의 실시범위는 지하매설저장시설의 경우에는 탱크의 전 용접선, 옥외저장시설에 있어서는 지면과 접촉되어 있어 외부에서 누출이 확인되지 않는 바닥판(애눌러판을 포함한다)의 전용접선으로 하고, 용접부(weld metal)와 모재(base metal)의 경계선에서 모재 쪽으로 모재 두께의 2분의 1 이상의 길이를 더한 범위로 한다.

7.1 자분탐상시험

7.1.1 시험실시 전에 시험범위에 있는 녹, 스케일, 스파터(splatter), 기름 등 시험에 지장을 주는 부착물을 깨끗하게 제거하고, 검사부의 온도가 시험에 지장이 없는 범위로 유지되도록 한다.

7.1.2 시험범위에 대한 자화장치의 배치는 용접선에 대하여 거의 직각이 되도록 하고 시험 면에 평행방향의 자장이 형성되도록 하며, 인접한 탐상 유효범위가 서로 중복되도록 하여야 한다.

7.1.3 자분적용에 대한 자화의 시기는 연속법으로 하여야 하며 특별히 인정된 경우를 제외하고는 습식법을 사용하여야 한다.

7.1.4 검사액의 적용은 탐상 유효범위의 바깥쪽부터 탐상유효범위 전면을 적시도록 하여야 한다.

7.1.5 통전시간 중의 검사액의 적용시간은 1단위시험 조작당 3 초 이상을 표준으로 하여야 하며 통전시간은 검사액의 적용 시작시부터 그 탐상 유효범위 내의 검사액의 유동이 정지할 때까지로 한다.

7.1.6 결함자분 모양의 관찰은 다음의 방법에 따라 실시한다.

7.1.6.1 결함자분 모양의 관찰은 1단위 시험의 조작 시마다 한다.

7.1.6.2 결함자분 모양이 나타났을 경우에는 결함자분모양을 제거한 후 다시 시험을 하여 결함자분모양이 전회의 시험결과와 동일하게 검출되는지를 확인하여야 한다.

7.1.6.3 확인된 결함자분 모양 중 유사 자분모양은 평가대상에서 제외하여야 하며 결함자분 모양과 유사자분 모양과의 판별이 곤란한 것은 허용한도 이내에서 표면을 매끄럽게 하고 재시험을 하여야 한다.

7.1.7 탐상 유효범위의 설정은 다음의 방법에 따라 실시한다.

7.1.7.1 탐상 유효범위의 설정은 자화장치, 용접선에 대한 자화장치의 배치, 검사액, 검사액의 적용방법, 검사액의 적용시간, 통전시간, 탐상 유효범위의 자외선강도, 가시광선의 강도 등의 시험조건 및 실제 시험을 실시할 때의 조건 등을 고려하여 정한다.

7.1.7.2 탐상유효범위는 용접선에 흠이 평행 및 직각이 되도록 붙인 A형 표준시험편에 명료한 결함자분 모양이 얻어지는 범위로 한다.

7.1.7.3 시험개시 전, 시험조건 변경 시, 시험 중 의문이 발생했을 경우 등 필요한 경우에는 탐상유효범위를 재설정 하여야 한다.

7.2 침투탐상시험

7.2.1 침투탐상시험은 염색침투탐상시험 또는 형광침투탐상시험 중 적절한 시험방법을 선택하여 실시한다.

7.2.2 시험실시 전에 시험범위에 있는 녹, 스케일, 스파터, 기름 등 검사에 지장을 주는 부착물은 완전히 제거하여 깨끗하게 한 후 시험면 및 결함 내에 잔류하는 용제, 수분 등을 충분히 건조시키고, 시험체의 온도는 섭씨 5 ℃ 내지 40 ℃의 범위 내에서 시험을 하여야 한다. 이 경우 온도가 시험실시 범위를 벗어나는 경우에는 비교시험편을 이용하여 그 성능을 확인 한 후 적절한 시험방법을 정하여야 한다.

7.2.3 침투액은 시험제품의 시험부위 및 침투액의 종류에 따라 분무, 솔질 등의 방법을 적용하고 침투에 필요한 시간동안 시험하는 부분의 표면을 침투액으로 적셔두어야 한다.

7.2.4 침투처리 후 표면에 부착되어 있는 침투액은 마른 천으로 닦은 후 용제 세정액을 소량 스며들게 한 천으로 완전히 닦아내야 한다. 이 경우에 결함 속에 침투되어 있는 침투액을 유출시킬 만큼 많은 세정액을 사용해서는 안된다.

7.2.5 잘 저어서 분산시킨 속건식 현상제를 분무상태로 시험 표면에 분무시켜 시험면 바탕의 소재가 희미하게 투시되어 보일 정도로 얇고 균일하게 도포하여야 한다. 이 경우 분무노즐과 시험면의 거리는 300 mm 이상으로 한다.

7.2.6 현상제를 도포하고 10 분이 경과한 후에 관찰한다. 다만, 결함지시 모양의 등급 분류 시 결함지시 모양이 지나치게 확대되어 실제의 결함과 크게 다른 경우에는 현상여건을 감안하여 그 시간을 단축시킬 수 있다.

7.3 초음파 두께측정

7.3.1 초음파 두께측정은 지하매설저장시설에 있어서는 동체(shell) 각 플레이트(plate)의 상하좌우 4방향과 경판(head plate)의 상하좌우 및 중앙부 등 5 개 지점에 대하여, 옥외저장시설에 있어서는 아래의 표에 나타난 측정지점에 대하여 초음파 두께측정기로 두께를 측정하여야 한다.

옥외저장시설의 측정지점

가. 에놀러판 : 옆판내면으로부터 탱크중심방향으로 0.5 m 간격마다의 범위에서 원주방향으로 2 m 이하의 간격마다 1 개 지점
나. 밀판(구형탱크는 본체전부를 밀판으로 보며, 지중탱크의 옆판 중 지반면 하에 매설된 부분은 밀판으로 본다) : 1 매당 3 개 지점
다. 보수 중 덧붙인 판 또는 교체한 판 : 1 매당 1 개 지점
라. 누설자장 등을 이용하여 점검을 실시한 밀판 및 에놀러판 : 1 매당 1 개 지점

7.3.2 두께측정 전에 시험범위에 있는 녹, 스케일, 스파터 등 검사에 지장을 주는 부착물은 완전히 제거하여 깨끗하게 한 후, 국부적으로 심한 부식이 진행되는 개소에 대하여는 그라인더 등을 써서 표면을 매끄럽게 갈아 낸 다음 잔존 두께를 측정하여야 한다.

7.4 외관검사

7.4.1 외관검사는 저장시설을 구성하는 시설 전반에 대하여 검사자가 육안으로 검사하여야 한다.

7.4.2 저장탱크의 동체 및 경판의 모재와 용접부의 누설징후, 변형, 국부적인 부식, 손상 등이 없는지 확인하여야 한다.

7.4.3 과충전 방지장치의 이탈, 파손 유무를 확인하여야 한다.

7.4.4 배관 접속부의 변형, 손상 등의 유무를 확인하여야 한다.

7.5 시험오류의 원인 및 제거

각 시험방법에 따라 오류를 유발할 수 있으므로 다음과 같은 사항을 특히 유의하여 오류 요인을 제거해야 한다.

7.5.1 시험하는 장비나 검사액의 성능이 현저히 열화된 경우에는 검출능력이 떨어질 수 있으므로 시험을 개시하기에 앞서 표준시험편을 사용하여 장비 및 검사액의 성능을 확인하여야 한다.

7.5.2 시험면 전처리가 검사에 충분하지 않은 경우에는 검출능력이 떨어지거나 시험오류를 유발할 수 있으므로 시험 전에 시험하고자 하는 표면의 이물질은 완전히 제거하여야 한다.

7.5.3 시험체의 온도가 현저히 낮은 경우에는 검출능력이 떨어질 수 있으므로 시험하고자 하는 조건에서 대비시험편을 사용하여 시험조건을 설정하여야 한다.

7.5.4 침투탐상시험 시 세척 후 충분히 건조시키지 않은 상태에서 침투액을 뿌리거나

여액의 침투액을 닦아내는 과정에서 과도한 세척제를 사용하는 경우는 결함부에 제대로 침투되지 않아 결함 검출능력이 떨어질 수 있다.

7.5.5 침투탐상시험에 있어 과도한 현상액을 도포하거나 침투시간이나 현상시간이 너무 짧은 경우에는 검출능력이 떨어져 제대로 확인되지 않을 수 있다.

7.5.6 초음파 두께측정 시험 시 측정 전에 장비의 영점조정이 부적절 하거나 재료에 따른 주파수를 설정이 잘못된 경우 측정값이 부정확할 수 있다.

7.5.7 초음파 두께측정 시험 시 측정표면의 이물질이 완전히 제거되지 않거나 접촉매질을 충분히 사용하지 않은 경우 측정오차가 발생할 수 있다.

7.6 주의사항

7.6.1 탱크 내부에 진입하기 전에 가연성가스 농도측정기를 사용하여 내부의 가스농도를 측정하여 당해 위험물의 폭발하한의 4분의 1 이하임을 확인하여야 하며, 산소농도측정기를 사용하여 산소농도가 20.5 % 이상임을 확인하여야 한다.

7.6.2 탱크내부에 진입하여 시험하는 동안에는 방폭형 환풍기를 설치하여 외부로부터 신선한 공기를 지속적으로 공급하거나 내부의 공기를 외부로 배출시켜야 한다.

7.6.3 에어줄 제품의 검사액을 사용하는 경우에는 가연성가스의 배출에 특히 주의하고, 쓰고 남은 캔은 안전하게 처리하여야 한다.

7.6.4 탱크내의 잔류 폐위험물, 슬러지, 세정오수 등은 안전과 환경을 고려하여 적절한 방법으로 처리하여야 한다.

7.6.5 시험자는 시험장비 외에 안전모와 방호복을 착용하고 방폭형 공구 등을 휴대 사용하여 안전하게 시험하여야 한다.

7.6.6 시험현장에는 외부인의 출입 등을 통제하고 소화기 비치 등 화재위험에 대비할 수 있는 조치를 하여야 한다.

7.6.7 불가피한 경우를 제외하고는 기상변화가 심하거나 일출 전, 일몰 후에는 시험을 실시하지 아니한다.

7.6.8 탱크검사는 최소 2 인 이상 1 조가 시험하여야 하며, 1 명은 탱크외부에서 내부에 진입한 시험자의 안전을 감시할 수 있도록 하여야 한다.

7.7 시험결과 기록

시험결과보고서에는 다음과 같은 사항을 기록하여야 한다.

7.7.1 결함지시 모양 및 결함의 기록

7.7.1.1 결함지시 모양의 기록

결함지시 모양은 지시 모양의 종류, 길이, 형태, 위치 크기 등을 잘 나타낼 수 있도록 기록하여야 한다. 필요에 따라 도면, 사진, 스케치, 전사 등으로 기록한다.

7.7.1.2 결함의 기록

결함은 결함의 종류, 길이, 개수, 위치 등을 기록하여야 한다.

7.7.2 시험 기록

7.7.2.1 시험 년 월 일

7.7.2.2 시험체

1) 품 명

2) 모양·치수

3) 재 질

4) 표면 사항 : KS B 0161의 표시방법에 따르고 용접부에 대해서는 KS B 0052에 따른다.

5) 용접부의 위치 및 길이

6) 시험 기준점 및 위치

7) 시험 범위 및 위치, 길이

7.7.2.3 시험방법의 종류

7.7.2.4 시험장치의 정보 : 모델 및 제조번호, 정격전압, 전류

7.7.2.5 탐상제 또는 자분

침투액, 유화제, 세척액 및 현상제의 명칭(품명), 점검을 했을 때는 그 방법과 결과, 탐상자분의 명칭, 크기, 형상을 기록한다.

7.7.2.6 조작방법(시험방법에 따라 필요한 사항을 적용)

1) 전처리 방법

2) 침투액의 적용방법 또는 자분의 적용방법

3) 세척방법 또는 제거방법 : 스프레이 또는 닦아내기 등

4) 건조 방법 : 열풍, 자연건조, 닦아내기 등

5) 현상제의 적용방법

7.7.2.7 조작 조건

1) 시험 표면의 온도 시험장소에서의 기온 및 침투액의 온도, 기온 및 액온이 15 °C

이하 또는 40 ℃ 이상일 때는 반드시 기재한다.

- 2) 침투시간 또는 자화시간
- 3) 세척시간 또는 자장의 종류(선형 또는 원형자화)
- 4) 건조온도 및 시간
- 5) 현상시간 및 관찰시간

7.7.2.8 시험 결과

- 1) 갈라짐의 유무
- 2) 결함지시 모양(자분지시모양, 침투지시모양) 또는 결함의 기록, 시험 결과의 기록
- 3) 결함의 판정

7.7.2.9 시험 기술자 : 성명 및 자격

7.7.2.10 기타 필요한 사항

8.0 결과보고

8.1 자분탐상시험 및 침투탐상시험 결과확인 및 보고서작성

다음 사항에 대한 결과를 확인하여 보고한다.

8.1.1 균열이 있는지 확인하고 보고서를 작성한다.

8.1.2 선상 및 원형 결함의 길이방향 크기가 4 mm를 초과하는지 확인하고 보고서를 작성한다.

8.1.3 2 개 이상의 결함자분 모양이 동일선상에 연속해서 존재하고 그 상호간의 간격이 2 mm 이하인 경우에는 상호간의 간격을 포함하여 연속된 하나의 결함자분 모양으로 간주한다. 다만, 결함자분모양 중 짧은 쪽의 길이가 2 mm 이하이면서 결함자분 모양 상호간의 간격 이하인 경우에는 독립된 결함자분모양으로 한다.

8.1.4 자분탐상시험 결과 결함자분 모양이 원형이어서 판정이 곤란할 경우는 침투탐상 시험에 의하여 판정하여야 한다.

8.2 초음파 두께측정 결과확인 및 보고서 작성

두께측정 시험결과 합격여부의 판정은 과거의 부식율을 감안하여 차기 점검시까지의 두께가 다음 식을 만족하는지 확인하고 보고서를 작성한다.

$$T - X \cdot Y \geq 3.2 \text{ (300 } \mu\text{m 이상의 두께로 코팅처리된 탱크는 2.6으로 한다. 다만, 하부부식으로 판정된 경우에는 그러하지 아니하다)}$$

여기서, T : 측정 실측두께(mm)

X : 부식율(a/b)

a : 측정개소의 부식두께(mm)

b : 탱크의 사용연수(년)

Y : 차기 정기점검시까지의 연수(년)

8.3 외관검사 결과확인 및 보고서 작성

8.3.1 저장탱크의 동체 및 경판의 모재와 용접부의 누설, 부력 또는 토압에 의한 탱크의 변형 등이 KS B 6225의 부속서 3에서 정한 이상인 경우를 확인하고 보고서를 작성한다.

8.3.2 과충전 방지장치의 이탈, 손상 또는 오작동이 있는 경우를 확인하고 보고서를 작성한다.

8.3.3 배관 접속부의 변형 또는 손상이 있는 경우를 확인하고 보고서를 작성한다.

8.4 판정기준

8.4.1 비파괴검사결과, 직접적인 누출이 발생할 수 있는 핀홀이나 크랙 등이 확인된 경우는 즉시 불합격으로 판정한다.

8.4.2 비파괴검사결과 불합격이지만 직접적인 누출의 발생을 확인할 수 없는 두께부적합, 단순한 결함 및 변형 등에 대해서는 해당 불합격판정 요인에 대한 보수 및 시설개선을 시행 한 후, 재시험하여 판정할 수 있다. 단, 시설보수 및 개선이 이루어지지 않는 경우에는 불합격으로 판정한다.

8.5 결과보고양식

검사결과성적서 이외 검사결과에 대해서 다음과 같은 양식으로 기록·보존하여야 한다.

9.0 참고자료

9.1 한국산업규격(KS B6225 : 강제석유저장탱크의 구조)

10.0 부록

“내용 없음”

[제1호 서식: 누출검사대상위치도]

누출검사 대상 위치도

상 호 명		대 표 자	
사업장소재지		주민등록번호	
검 사 항 목	☐ 정기 ☐ 수시 ☐ 기타	전 화 번 호	
접 수 번 호			
누출검사일자	년 월 일 ~ 월 일		
기타특이사항			

검사자 : _____ (인)

검사자 : _____ (인)

[제2호 서식: 누출검사 시설현황]

누출검사 시설현황

■ 상호명 :

■ 저장탱크 시설 설치 현황

유종	용량(L)	탱크규격	시험결과	시험일

■ 배관시설 설치 현황

유종	용량(L)	주유배관	주입배관	통기관	시험결과	시험일

검사자 : (인)

검사자 : (인)

[제3호 서식: 누출검사(직접법) 종합보고서]

누출검사(직접법) 종합 보고서

상호명					보고일자	
					페이지	
시설명						
시설위치						
시험방법					점검일자	
측정기기		모델 및 제조번호			측정범위	
		정격전압 및 전류			정밀도	
☐ TANK 점검 결과 보고서						
구 분		저장탱크				
		1	2	3	4	5
시험 체	규격(mm)	지름: -	지름: -	지름: -	지름: -	지름: -
		길이: -	길이: -	길이: -	길이: -	길이: -
	저장물질(유종)					
	재질 및 표면사향					
	용접부 위치 및 길이					
	시험기준점 및 위치					
시험 과정 및 결과	시험범위, 위치, 길이					
	탐상제 또는 자분 명칭, 크기, 형상					
	조작방법 (전처리, 세척, 건조 등)					
	조작조건 (표면온도, 침투시간 등)					
시험 결과	시험 결과	갈라짐 유무				
		결함지시 모양				
		결함의 판정				
기타	특이사항					
☐ 종합판정						
년 월 일 *시험자(Examiner) (서명) *판독자(Interpreter) (서명)						

※ 기타 첨부 자료

1. 누출검사신청서
2. 시험결과성적서
3. 위험물제조소 등 완공검사필증 사본 등

[제4호 서식: 작업사진 첨부양식]

작업사진

■ 상호명 :
