

KOSHA GUIDE

M - 71 - 2011

# 열가소성 탱크의 유지관리에 관한 기술지침

2011. 12.

한국산업안전보건공단

o 작성자 : 충북대학교 박재학 교수

o 제 · 개정 경과

- 2011년 11월 기계안전분야 제정위원회 심의(제정)

o 관련규격 및 자료

- HSE PM86 : Thermoplastic tank integrity management

o 관련법규 · 규칙 · 고시 등

o 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈 페이지 안전보건 기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2011년 12 월 26 일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 열가소성 탱크의 유지관리에 관한 기술지침

### 1. 목 적

이 지침은 열가소성 탱크의 파손을 방지하기 위한 필수적인 요구 사항을 기술하고 사업장에서 사용되는 고정식 열가소성 탱크의 사양, 설계, 제작, 설치, 사용 그리고 검사에 관한 지침을 제공함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 기술지침은 사업장에서 열가소성 탱크를 유지관리 하는데 적용한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “열가소성(Thermoplastic)”이라 함은 가열하면 연화하여 다른 모양으로 변형할 수 있는 성질을 말한다. 열을 가하면 부드럽게 되고, 어떤 모양의 물체를 누르면 그 모양대로 찍힌다. 열을 식히면 찍힌 모양대로 굳어지는데, 다시 열을 가하면 부드럽게 되어 마음대로 다른 모양으로 바꿀 수 있는 성질을 말한다.

(나) “열화(Degradation)”라 함은 재료나 제품이 열 또는 빛 등의 사용 환경에 의해 그 화학적 구조에 유해한 변화를 일으키는 것을 말한다.

(다) “비파괴검사(Non-destructive examination, NDE)”라 함은 공업재료 또는 제품을 파괴시키지 않고 내부의 상태를 검사하는 방법을 말한다.

(라) “크레이즈(Craze)”라 함은 플라스틱 등에서 변형을 많이 한 부분이 하얗게 변하는 현상을 말한다.

- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

#### 4. 열가소성 탱크 개요

- (1) 열가소성 탱크는 사업장에서 다양한 용도에 사용되고 있다. 특히 위험물질을 포함한 여러 종류의 물질을 저장하기 위하여 화학 및 식음료 산업에서 광범위 하게 사용되고 있다.
- (2) 매년 많은 열가소성 탱크들이 생산되어 만족스럽게 사용되고 있지만 일부 탱크들은 사용 중 파손되어 심각한 결과를 가져오는 경우가 있다. 사용자들은 이러한 파손의 위험을 줄이기 위해서 탱크에서 무엇이 잘못될 수 있고, 또한 어떻게 해야 그것을 방지할 수 있는지 알아야 한다.
- (3) 열가소성 탱크는 좋은 화학적 저항을 가지고 있으므로 설계수명 동안 유지관리나 검사가 필요하지 않다고 오해할 수 있다. 그러나 이것은 사실이 아니며 수명기간 동안 탱크를 검사하고 유지관리 하여야 한다.
- (4) 탱크 파손에 대한 조사 결과에 의하면 탱크의 설계자와 제작자들이 탱크의 운전조건을 잘 알지 못하는 경우도 있다. 이러한 정보 부족은 사용 중 발생하는 문제의 가장 일반적인 원인 중 하나이다.
- (5) 사용 목적에 맞게 정확히 사양을 결정하고, 설계, 제작된 탱크들을 관련 표준과 제작자의 요구에 맞게 설치, 작동, 검사, 관리한다면 안전을 더욱 확보할 수 있다.
- (6) 탱크에 관한 기록을 보존해야 한다. 여기에는 최초의 사용자 요구 사양, 제작자 문서 및 계산서, 설치 문서 그리고 모든 검사 기록이 포함된다.

#### 5. 탱크의 설계 및 제작

## 5.1 재료 선정 시 고려사항

- (1) 열가소성 물질은 화학 물질의 저장을 위해 오랫동안 사용되어 왔으며, 상온에서 다양한 액체에 대하여 우수한 내식성을 가진다.
- (2) 열가소성 탱크의 제작에 사용되는 거의 대부분의 물질들은 고밀도 폴리에틸렌 (High-density Polyethylene, HDPE), 폴리프로필렌(Polypropylene, PP), 폴리불화비닐리덴(Polyvinylidene Fluoride, PVDF) 및 폴리염화비닐(Polyvinyl Chloride, PVC)이다.
- (3) 열가소성 재료들은 화학적으로 불활성이고 강인하고 유연하다. 설계 단계에서 지속 하중에 의한 치수변화와 상대적으로 낮은 유연화 온도의 영향을 고려하여야 한다.
- (4) 열가소성 물질은 좋은 전기 절연체이므로 정전기 발생이 설계 단계에서 고려되어야 한다. 이점은 점화원이 문제가 되는 탱크에 특히 중요하다.
- (5) 설계 단계에서 열가소성 재료와 내용물 사이의 적합성과, 사용 온도와 예상 하중의 적절성을 고려하여야 한다. 탱크의 설계수명을 정의하여야 하고, 바람, 작업자 및 눈 등에 의한 하중을 고려하여야 한다.

## 5.2 설계 및 제작 시 고려사항

- (1) 사용자는 주문 시 탱크에 요구되는 설계조건을 분명히 밝혀야 한다. 예를 들면, 지붕이 사람의 무게를 견뎌야 한다면 제작자와 설계자에게 이점을 확실하게 할 필요가 있다.
- (2) 검사가 용이하게 시행될 수 있도록 설계에서 고려하여야 한다. 탱크가 너무 작아 내부 검사를 위해 들어가기 어려운 경우에는 상황에 적합한 검사절차를 수립하기 위하여 모든 가능한 열화 메커니즘을 확인할 필요가 있다.
- (3) 탱크 제작자는 설계 상세사항을 사용자에게 제공하여야 한다. 위험 작업에 사용되는 탱크의 초기 건전성에 대한 확신을 위하여 사용자는 설계와 제작과정을 독립적

으로 확인할 필요가 있다.

- (4) 사용자가 제시한 요구사항, 설계 수명을 결정하기 위해 공급자에 의해 작성된 설계 계산서 그리고 탱크의 중요한 특징들은 탱크의 수명기간 동안 기본 문서로서 보존되어야 한다.

## 6. 탱크의 설치

- (1) 열가소성 플라스틱의 경우 저온에서 충격강도가 감소할 수 있다. 0°C 이하에서 탱크를 다루거나 운반, 설치하는 경우, 제작자 권고사항에 유의하고 또한 주의하여야 한다.
- (2) 열가소성 탱크를 내하중 콘크리트 바닥과 같이 수평이고, 부드럽고, 평평한 표면 위에 설치하여야 한다. 현장 부지는 결점이 있는지 설치 전에 검사하여야 하고, 필요하면 탱크가 설치되기 전에 수정작업을 하여야 한다.
- (3) 탱크를 안정된 기초 위에 세워야 한다. 모래 또는 아스팔트와 같은 불안정한 물질을 탱크 바닥과 기초 사이를 채우는 층의 재료로 사용하여서는 안 된다. 층의 소실은 탱크 바닥에 불균일한 응력을 유발하고, 이것이 기계적 파손이나 탱크 바닥에 화학적인 열화를 일으킬 수 있기 때문이다.
- (4) 평평하고, 잔해가 없고, 충격의 위험으로부터 보호되는 바닥에 올바른 방향으로 탱크의 임시 보관을 하여야 한다. 바람 등에 의한 움직임을 방지하기 위하여 탱크를 고정하여야 한다. 올바른 방향으로 보관할 수 없는 경우는 탱크 손상을 방지할 수 있는 지지 방법에 관해서 탱크 제작자와 상의하여야 한다.
- (5) 보관 동안 탱크의 움직임을 방지하기 위해서 물을 채울 수 있다. 이 경우 사용된 물의 무게를 탱크가 견딜 수 있는 지 확인하여야 하고, 탱크를 다시 운반하기 전에 모든 물을 제거하여야 한다. 또한 탱크에 저장물을 넣기 전에 탱크 내부를 건조시켜야 한다.
- (6) 도로 근처나 자동차가 다니는 지역에 설치된 탱크에는 적절한 충격 방지벽을 설치하여야 한다.

(7) 설치된 탱크는 규정된 부속품을 사용하여 고정하여야 한다. 빈 탱크가 2차 차단설비 내에서 떠오를 가능성이 있는 경우 이를 방지하기 위하여 부속품을 설계하여야 한다.

(8) 사용전 검사는 유용한 기초 정보를 제공한다. 이후 얻어지는 정보를 이 기초 정보와 비교함으로써 열화 발생 여부를 판단할 수 있다.

## 7. 운전과 유지관리

탱크의 사용 중 건전성은 올바른 운전과 주기적인 검사를 포함한 적절한 유지관리에 의해 확보될 수 있다.

### 7.1 운전

(1) 초기 설계에서 제시된, 또는 전문가에 의하여 검증되고 수정된 안전운전범위 내에서 열가소성 탱크를 운전하여야 한다.

(2) 탱크를 안전운전범위를 벗어나 운전하여야 하는 경우는 전문가가 일어날 수 있는 영향을 평가하고, 사용적합성(Fit for service)을 유지하고 있는지를 판단하여야 한다.

### 7.2 검사

#### 7.2.1 일반적인 요구 사항

(1) 설치 후 사용하기 전, 전문가는 탱크 치수 측정 및 다음 사항의 확인을 위하여 검사를 행하여야 한다.

(가) 탱크가 요구된 표준에 맞게 제작되고 사용 목적에 맞는가?

(나) 사용온도와 하중 변수들은 적절하게 결정되었는가?

(다) 기초의 특성, 고정 장비와 배관작업 하중들은 올바른가?

(라) 적당한 밸브, 플러그, 배수시설 등과 장치들이 설치되어 있는가?

- (2) 사용전 검사는 새 탱크에 대한 기록을 제공한다. 이 기록은 이후 검사에서 열화 발생 여부를 평가할 때 기초 자료가 되고, 사용하기 전에 어떤 손상도 유발되지 않았다는 것에 대한 확인도 된다.
- (3) 내부 및 외부 검사를 적절한 주기로 수행하여야 한다. 첫 번째 내부 검사는 탱크의 설계, 제작, 올바른 설치를 검증하기 위해서 특히 중요하다.
- (4) 검사의 범위, 특징 및 주기는 설계 및 제작 표준, 운전 경험, 유사 탱크의 경험, 예견되는 고장 모드 그리고 고장의 결과 등을 고려하여 결정하여야 한다. 검사 요구사항은 검사 계획에서 문서화하여야 한다.
- (5) 내부와 외부 검사 결과를 기록하여야 한다. 검사 보고서에는 다음 검사까지 목적에 적합하게 사용될 수 있다고 기술하거나, 또는 필요한 보수작업을 기술하여야 한다.
- (6) 사고, 충격의 경우나 허용되는 운전한계를 벗어난 경우 또는 운전 조건의 변경 후에는 건전성의 확인을 위하여 통상적인 주기적 검사 외에 추가 검사를 할 필요가 있다.
- (7) 열가소성 탱크와 2차 차단설비에 대한 일상적인(예를 들어 매일, 매주, 매달 행하는) 육안 외부점검을 실시하고, 점검 기록을 보존하여야 한다. 이러한 점검은 건전성에 영향을 미치는 조기 징조를 확인할 수 있도록 훈련된 운전 요원이 행하여야 한다. 일상적 점검으로 삼출(Weep)이나 누설이 확인된 경우 신속하게 수리한다.
- (8) 탱크 주위의 2차 차단설비에 빗물이 고여, 누출사고 시 차단용량을 감소시키지 않는지 검사하여야 한다. 2차 차단설비 내에 어떤 물질의 누출 여부도 검사하여야 한다. 2차 차단설비에서 수위의 육안검사가 불가능한 경우에는, 수위 감시설비를 설치하고, 적어도 일주일에 한번 수위를 점검하여야 한다.
- (9) 열가소성 탱크는 처음 제작될 때 정해진 수명이 있다. 수명이 다한 경우에는 수명연장을 위한 검사와 평가를 하거나 폐기하여야 한다.
- (10) 탱크의 설계수명이 알려져 있지 않은 경우에는, 잔류수명과 검사 요구사항을 결정



하기 위하여 전문가가 기술적인 평가를 하여야 한다.

- (11) 탱크가 설계수명을 넘었다고 결론지어지면, 전문가는 가능성 있는 경년 열화를 포함한 모든 연관된 요인들을 고려하여, 검사 요구사항을 재검토하고 갱신하여야 한다.
- (12) 초기 사양, 제작자의 설계 문서와 계산서, 설치 후 사용되기 전의 초기 기록물, 모든 검사들의 기록 등을 각 탱크마다 보존하여야 한다.

## 7.2.2 외부 검사

- (1) 외부 검사의 요구조건은 문서화 하여야 한다. 탱크가 바깥에 위치한 경우, 삼출과 누출의 탐지를 쉽게 하기 위해서 건조한 날씨에서 행해지는 것이 좋다. 탱크 검사원은 외부검사로 충분한지 또는 내부 검사를 포함한 추가 검사가 필요한지를 결정하여야 한다.

- (2) 육안 외부검사 동안 발견할 수 있는 열화의 표시로는 다음과 같은 것이 있다.

- (가) 팽윤(Bulge)
- (나) 변색
- (다) 크레이즈
- (라) 균열 같은 결함
- (마) 기울어짐/수직성의 손실
- (바) 외면의 국부적인 습기
- (사) 지지 구조와 기둥 받침의 침식/부식

- (3) 검사에서 다음과 같은 영역에 각별히 주의를 기울여야 한다.

- (가) 탱크 외벽과 탱크 저면이 만나는 부분
- (나) 분기(Branch)와 통로 부착물
- (다) 배관과 밸브의 지지 구조물

- (4) 일상 점검에서 열화 표시가 발견되면 전문가는 탱크가 계속적인 사용에 적합한지

평가하여야 한다. 탱크에서 사용 중 누출이 발견된 경우는 사람에 대한 위하나 환경에 대한 리스크를 없애기 위하여 신속하게 수리하고, 전문가가 원인을 조사하여야 한다.

- (5) 검사 요구사항에는 전문가에 의하여 적절한 간격으로 수행되는 외부 검사를 포함하여야 한다.
- (6) 다음과 같은 경우, 일 년을 초과하지 않는 한 주기 운전 후에 전문가에 의한 첫 외부 검사를 행하여야 한다.

- (가) 사용자가 유사한 탱크에 대한 사용 경험이 없는 경우
- (나) 고장이 위험한 결과를 가져올 것이라 판단되는 경우
- (다) 일 년 이내에 고장이 보고된 경우

### 7.2.3 내부 검사

- (1) 내부 검사는 적절한 간격으로, 검사 이력과 운전 경험을 고려하여 전문가가 행하여야 한다.
- (2) 탱크의 내부검사를 안전하게 하기 위하여 특별히 주의하여야 한다. 밀폐공간으로의 출입은 주의 깊게 계획되고 감독되어야 하고, 엄격한 절차에 따라 행해져야 한다.
- (3) 내부 검사는 탱크에 대한 손상을 피하기 위하여 주의 깊게 하여야 한다. 검사 시 탱크 또는 연결부에 과도한 하중이 작용되지 않도록 하여야 하고, 탱크 내에서의 모든 활동은 작업자에 대한 유해와 장치의 손상을 방지하기 위하여 주의 깊게 하여야 한다.
- (4) 균열 등의 결함을 찾기 위해서 비파괴검사 기술을 사용하는 경우, 사용되는 유체가 탱크 재질에 적합한지, 그리고 사용 후에 열화를 유발하지 않는지 확인하여야 한다. 또한 유체는 탱크 내용물에도 적합해야 한다.
- (5) 검사 보고서에는 탱크가 다음 검사까지 사용 목적에 적합하다고 기술하거나 또는 계속적인 사용을 위하여 필요한 개선 작업을 기술하여야 한다. 검사에서 발견된 사

항은 차후 검사결과와의 비교를 위해서 보관하여야 한다.

#### 7.2.4 검사 기술

- (1) 검사 기술은 탱크 종류마다 달라질 수 있으며, 내용물, 작동 상태, 구조 재료, 설계 코드 그리고 예견되는 고장 모드를 고려하여 정해져야 한다. 육안검사는 다른 비파괴검사 기술에 의해서 보완될 필요가 있다.
- (2) 열가소성 재료에 대한 비파괴검사 기술은 철강에 대한 기술만큼 발전되지는 않았지만 자질을 가진 경험 있는 작업자에 의해 행해질 때 유용한 결과를 준다. 비파괴검사 작업자들이 적절한 자질을 가지고 있는지, 적절히 보정된 장비를 사용하는지, 적절히 작성된 절차를 따르는지 확인하여야 한다.

#### 7.3 수리와 구조변경

- (1) 탱크의 건전성에 영향을 주는 수리 또는 구조변경은 주의 깊게 고려하여야 하고, 사용자와 전문가에 의해서 동의된 절차를 따라서 행하여야 한다.
- (2) 수리 또는 구조변경이 완료된 후, 계속적인 사용과 목적에 부합하는 탱크임을 전문가가 인증하여야 한다. 미래의 검사 절차 결정을 위하여 수리 또는 구조변경에 내포된 사항들도 확인하여야 한다.
- (3) 수리와 구조변경에 대한 문서를 탱크에 대한 기록과 함께 보존하여야 한다. 여기에는 재료, 기술, 제도, 시험 증명서, 그리고 수리/변형 방법을 허가한 사람에 대한 사항이 포함된다.

### 8. 사용 조건의 변경 및 중고 탱크

#### 8.1 사용 조건의 변경

- (1) 탱크의 수명 기간 동안 기술된 용도 이외의 물질을 보관할 수도 있으나, 사용상의 변화는 적절히 관리하여야 한다.

- (2) 보관하려는 새로운 물질이나 기존 물질의 새로운 농도가 탱크 재료와 부합되는지 확인하여야 하고, 필요한 경우 탱크 내 내용물의 허용높이도 새로 결정하여야 한다.
- (3) 대부분의 액체, 기체는 열가소성 물질을 어느 정도까지 통과시킬 수 있으므로, 사용상의 변화가 있을 경우 이 점이 적합성 문제를 일으킬 수도 있다.
- (4) 저장된 내용물의 열가소성 중합체 안으로의 침투 및 확산은 탱크의 화학적 저항성에 영향을 줄 수 있고 내용물의 오염을 가져올 수 있으며, 탱크를 열화시켜 조기 파손을 일으킬 수도 있다. 새로운 물질의 적합성을 검토하기 위하여 제작 시의 자료들을 검토하고 설계자 또는 제작자와 상의하여야 한다.
- (5) 사용 조건이 초기 설계조건에서 벗어날 경우, 사용에 앞서 전문가가 조사하여야 한다. 전문가는 제작자 및 운전자와 함께 새로운 조건에서 탱크가 안전하게 사용될 수 있다는 것을 확실히 하여야 한다.

## 8.2 중고 탱크

- (1) 중고 열가소성 탱크의 구입을 원하는 사람은 제시된 탱크가 적절한 표준에 맞게 제작되었고, 새로운 목적에 부합되는지 확인하여야 한다.
- (2) 새로운 목적에 대한 탱크의 적합성을 평가하기 위해 관련 표준에 따라 발행된 증명서, 설계 자료, 탱크 수명 동안의 운전 조건이 기록된 이력서 등을 사용할 수 있다.
- (3) 새로운 목적에 대한 탱크의 적합성을 확인하기 위하여 필요한 서류가 구비되어 있지 않는 경우는 잠재적으로 위험한 목적에 탱크를 사용할 수 없다.
- (4) 압력 또는 진공 상태를 수반한 임무에 사용될 경우 탱크는 충분한 강도를 가지고 있어야 한다.
- (5) 중고 탱크는 사용적합성을 확인하기 위해 전문가에 의해 내부 및 외부 검사를 하여야 한다. 전문가는 초기 사양과 임무의 자세한 내용, 운전이력, 현재 사용되지 않는 탱크의 경우는 보관 상태에 대한 자세한 사항을 요구할 수 있다.

- (6) 중고 탱크를 구매하거나 기존 탱크를 이전하려는 경우는 파손의 결과를 고려하여야 한다. 책임자는 파손의 리스크를 관리할 수 있는 수단과, 갑작스러운 파손의 경우 결과를 완화시킬 수 있는 적절한 수단을 확인하여야 한다.