

KOSHA GUIDE

P - 3 - 2012

소형탱크 세정작업을 위한 안전에 관한
기술지침

2012. 7

한 국 산 업 안 전 보 건 공 단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 서울산업대학교 안전공학과 이영순 교수

○ 개정자 : 이 정 석

○ 제 · 개정 경과

- 2009년 8월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- NFPA 327 「Cleaning or Safeguarding Small Tanks and Containers without Entry」
- KOSHA GUIDE (화학공장의 화재예방에 관한 기술지침)

○ 관련 법규

산업안전보건기준에 관한 규칙 제232조 (폭발 또는 화재 등의 예방)

○ 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지
안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자: 2012년 7월 18일

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

소형탱크 세정작업을 위한 안전에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 출입구가 없는 소형 탱크, 용기로부터 나온 인화성 증기, 액체, 가스, 고체 등의 안전한 제거와 기타 다른 수단에 의해 용기를 안전하게 세정하는 작업에 대한 기술지침을 정하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

(1) 이 지침은 인화성 액체, 증기 또는 잔유물 등이 포함되어 있을 가능성이 있는 소형탱크 중 내부로 출입할 수 없는 경우의 세정 또는 안전 조치에만 적용한다.

(2) 이 지침이 적용되지 않는 설비는 다음과 같다.

(가) 내부로 출입이 가능한 탱크나 탱크 운반구 또는 탱크차,

(나) 내부로 출입이 가능한 배 또는 유람선의 탱크,

(다) 내부로 출입이 가능한 천연/제조가스에 대한 가스 분배설비 및 가스 플랜트

(라) 내부로 출입이 가능한 압축 및 액화가스 실린더

3. 정 의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “본딩(Bonding)”이라 함은 2개의 전도체가 각각 전기적으로 격리되어 있는 둘 사이의 전기적 접촉(금속 본딩 전선 또는 금속 대 금속 접촉)을 말

한다.

- (나) “인화성 증기(Flammable vapors)”라 함은 대기압, 정상온도(20 ℃)에서 기체 상태로 존재하는 물질이 공기, 산소, 기타 산화제와 적정 비율로 혼합되었을 때, 점화되거나 급속히 산화될 수 있는 물질을 말한다.
- (다) “위험한 작업(Hazardous work)”이라 함은 점화원의 생성과 관련된 작업으로 나화, 절단, 용접, 스파크가 생기는 전기작업, 연삭 작업, 연마작업, 드릴 작업, 대패 작업, 톱질 혹은 기타 마찰 또는 충격으로 인해 뜨거운 금속 스파크나 표면을 만들어낼 수 있는 유사 작업을 말한다.
- (라) “불활성 가스(Inert gas)”라 함은 인화성이 없고, 사용하려는 조건에서 반응성을 갖지 않는 순수한 가스를 말하며, 일반적으로 질소, 헬륨가스를 말한다.
- (마) “불활성화(Inerting)”라 함은 가연성 혼합물에 불활성가스를 주입하여 인화한계 농도 하한을 벗어나도록 하는 것을 말한다.
- (바) “인화성 액체(Combustible liquid)”라 함은 37.8 ℃(100 ℉)이상에서 밀폐식 인화점을 갖는 액체를 말한다. “인화성 액체”라 함은 인화점이 60 ℃ 이하인 액체를 말한다.
- (사) “퍼지(Purging)”라 함은 인화성가스 또는 증기에 불활성가스를 주입하여 산소 농도를 최소산소농도(MOC) 이하로 낮추는 작업을 통하여 제한된 공간에서 화염이 전파되지 않도록 하는 상태를 말하며 불활성가스로는 질소, 이산화탄소, 수증기 등이 있다.
- (아) “불안정(반응성) 액체(Unstable(Reactive) liquid)”라 함은 인화성 액체로 격렬하게 중합, 분해, 응축하거나 충격, 압력 또는 특정한 온도에서 자기 반응적인 액체를 말한다.
- (자) “최소산소농도(MOC : Minimum oxygen concentration)”라 함은 가연성 혼합가스 내에 화염이 전파될 수 있는 최소한의 산소농도를 말한다.
- (차) “폭발하한계(LEL : Lower explosive limit)”라 함은 공기 중에서의 가스 등의 농도가 이 범위 미만에서는 폭발되지 않는 한계를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제

외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 세정작업의 필요성

- (1) 소형탱크 또는 저장용기의 내용물을 비웠다고 할지라도 용기 내부에 남아있는 액체 또는 고체 잔유물에서 인화성 증기가 추가로 방출될 수 있으므로, 점화원을 발생시킬 수 있는 위험한 작업을 하기 전에 이들 잔유물을 제거하여야 한다.
- (2) 소형탱크 또는 저장용기에 다른 물질을 주입하기 전에, 기존의 내용물에 의한 오염 등을 예방하기 위해 잔유물을 내부에서 제거하여야 한다.
- (3) 빈 저장용기가 이송되거나 저장될 경우 내부를 세정할 필요가 있다.
- (4) 저장용기의 사용목적, 저장될 신규 물질의 화학적·물리적 특성 및 알고 있거나 의심스러운 오염 물질을 고려하여 세정 절차를 선택하여야 한다.

5. 세정작업 시 주의사항

- (1) 인화성 액체 또는 가스를 포함하고 있는 탱크 또는 용기를 세정하는 경우에는 세정 작업 중 일어날 수 있는 화재 및 폭발의 위험을 이해하고 있는 사람이 감독해야 한다.
- (2) 작업원은 필요한 작업을 안전하게 수행할 수 있도록 충분한 기술을 갖고 있어야 하며, 탱크 또는 용기 안의 내용물의 화재·폭발 특성을 사전에 파악해야 한다.

- (3) 압력을 받고 있는 탱크는 대기압으로 낮춘 후, 탱크 또는 용기의 내용물을 안전한 장소로 배출시켜야 한다.
- (4) 세정 작업을 시작하기 전에 니트로셀룰로오스, 피록실린용액, 질산염, 염소산염, 과염소산염, 과산화물 등은 특별한 세정작업 절차를 충분히 숙지하여야 한다.
- (5) 반응성이 높은 불안정한 물질을 저장하고 있는 탱크 또는 용기는 반드시 안전한 퍼지 절차를 위한 안전작업절차를 확보한 후 세정하여야 한다.
- (6) 6항에 따른 세정 절차를 세우고, 탱크 또는 용기에 세정작업을 위해 적합한 안전한 분위기를 유지하여야 한다.
- (7) 세정 후에 탱크 또는 용기 내부를 점검할 때에는 특별히 주의하여야 한다. 폭발위험장소에서 사용 가능한 방폭성능의 전등을 사용하거나, 용기 안으로 불빛을 반사하는 거울을 달아 용기 내부를 점검하여야 한다.
- (8) 탱크 또는 용기 부근에서 인화성 증기가 없다는 것이 확인될 때까지 세정하고 있는 탱크 또는 용기 부근에 점화원이 될 수 있는 설비를 두어서는 안 된다.
- (9) 탱크 또는 용기의 내부, 위 또는 그 근처에서 위험한 작업을 하기에 안전한 상태임을 확인하기 위해서는 가연성가스 농도측정기를 사용하여, 다음 내용을 포함하여 인화성 가스의 농도를 수시로 확인하여야 한다.
 - (가) 개조 또는 수리 작업을 시작하기 전
 - (나) 용접, 절단 또는 가열 작동을 시작하기 직전과 직후
- (10) 인화성 증기가 인화한계 농도 하한의 10 %를 초과하면 작업을 즉시 중단하고, 증기 방출설비를 설치하여 안전하게 제거하여야 한다.

6. 세정작업 절차

6.1 안전조치 사항

- (1) 세정 작업은 개방된 상태에서 실시하여야 한다. 만일 실내에서 세정작업이 이루어져야 하는 경우에는 인화성 증기가 실내에 축적되지 않도록 충분히 퍼지하여야 한다.
- (2) 세정 또는 배기작동을 하기 전에 탱크 또는 용기 주변의 점화원을 차단 또는 제거해야 한다.
- (3) 근로자가 독성이나 부식성의 증기 또는 가스에 노출되지 않도록 적절한 절차를 밟아야 한다.
- (4) 탱크 또는 용기 내의 모든 내용물은 완전히 비워야 한다. 이 때 내부 파이프, 트랩 및 연결송수관에서도 액체 또는 가스를 모두 제거하여야 한다. 플러싱(Flushing)이 필요할 경우, 적합한 세정액을 선택하여 사용한다.
- (5) 세정작업 전에 탱크 또는 용기에 설치된 연결부와 모든 파이프는 차단시키고, 플러그는 뽑거나 폐쇄시켜야 한다. 밸브를 통해 물질이 셀 수 있으므로 이중 밸브 또는 맹판을 설치하여 차단하여야 한다.
- (6) 세정과 안전조치 절차의 결과로서 발생한 모든 액체, 고체 잔유물 및 증기 등을 안전하게 처리하여야 한다.

6.2 인화성 증기 제거

6.2.1 물 퍼지

- (1) 소형탱크 또는 저장용기의 인화성 증기 내용물이 물에 쉽게 용해되거나 퍼지 할 수 있는 것이라면 물을 탱크에 채우고 비우는 작업을 여러 번 반복함으로써, 인화성 증기를 완전히 제거할 수 있다.

- (2) 용접 등 화기작업을 위해서는 완전히 물로 채운 탱크 또는 용기에서 화기 작업을 실시해야 한다. 이 경우 물을 채울 때 용기내부에 증기 공간이 생기지 않도록 용기의 위치를 적절히 조정하여 인화성 증기가 배출될 수 있도록 하여야 한다.

6.2.2 공기 퍼지

- (1) 공기를 퍼지용 가스로 사용하여 인화성 가스를 제거할 때에는 환기를 연속적으로 실시하여 안전한 공기를 유지할 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 충분한 크기의 개구부를 이용할 수 있는 탱크 또는 용기는 공기가 한쪽 개구부로 들어가서 다른 쪽 개구부로 빠져나올 수 있도록 퍼지하고 점화원이 없는 공기 이송장치를 부착해야 한다.
- (3) 공기 이송장치를 개구부에 설치할 수 없는 곳에는 탱크 또는 용기를 통해 순환하고 밖으로 빠져나갈 수 있도록 공기를 흡입시킴으로서 퍼지하여야 한다.
- (4) 안전한 분위기가 형성되기 전에 탱크 또는 용기 내부에 있는 공기 속에 인화성증기의 농도가 연소범위(LFL)를 형성할 수 있으므로 그 근처에서 모든 점화원을 제거하여야 한다.
- (5) 공기 이송장치와 세정되고 있는 탱크 사이를 효과적으로 본딩한다.

6.2.3 불활성 가스 및 스팀 퍼지

- (1) 연소범위를 형성하는 위험을 최소화하기 위해 탱크를 먼저 불활성 가스로 퍼지한 후 공기로 환기시켜야 한다.
- (2) 탱크에 스팀을 적절히 공급함으로써 인화성 증기를 퍼지 할 수 있어야 한다.

6.3 용기 내부의 불활성화

- (1) 불활성가스를 사용하여 산소농도를 최소산소농도 이하로 낮춤으로써 탱크를

화재나 폭발 위험으로부터 안전하게 유지할 수 있다.

(2) 작업자는 사용하고 있는 불활성 가스의 사용한계와 특징을 충분히 인지하여야 한다.

(3) 산소농도는 불활성화 작업으로 실질적으로 0 %로 유지시키는 것이 좋다.

(4) 불활성화를 감지하기 위한 적정 장비를 갖추어야 한다.

(5) 보통 사용되는 일반적인 불활성 가스는 이산화탄소와 질소이다.

(6) 불활성화 절차는 다음과 같다.

(가) 탱크 안의 모든 개구부를 닫는다. 단, 주입 연결부와 배기구는 제외한다.

(나) 모든 갈라진 틈이나 기타 파손된 부분은 막는다.

(다) 불활성 가스는 탱크의 최하부까지 연장한 파이프나 호스를 사용하여 실질적으로 산소가 남아있지 않도록 탱크 안으로 들여보내야 한다.

(라) 주입 파이프 또는 호스의 금속 부분은 탱크에 본딩시켜야 한다.

(마) 이산화탄소를 사용할 때, 정전기 발생을 피하도록 저압을 써야 한다. 이산화탄소 소화기를 불활성가스로 대체하여 사용해서는 안 된다.

(바) 고체 이산화탄소를 사용할 때, 신속하게 기화할 수 있도록 넓은 지역에 골고루 분산시켜야 한다. 고체 이산화탄소는 피부접촉 시 동상에 걸릴 수 있기 때문에 피부에 접촉되지 않도록 주의한다.

(사) 탱크내부가 질소로 불활성화 되었을 경우, 산소 농도를 산소 측정기로 직접 측정하여야 한다. 이산화탄소가 사용되었을 경우 이산화탄소 측정기로 측정된 탱크안의 이산화탄소 농도로부터 산소 농도를 계산할 수 있다.

(아) 부분적으로 개구부가 있다면 불활성 가스를 흡입할 위험이 있다는 경고 표시를 분명하게 붙여야 한다.

6.4 액체, 고체 잔유물 제거

(1) 인화성 증기를 발생시킬 수 있는 액체 또는 고체 잔유물은 두꺼운 스케일이나 녹 뒤에 잔류될 수 있고, 쉽게 탐지되지 못할 수 있으므로, 세정 후 검사를 실시하여야 한다.

(가) 세정 후 검사를 통하여 위험한 상태가 존재하고 있음을 확인하였을 때는 위험 작업 시 추가적인 안전조치를 취해야 한다.

(나) 위험한 작업을 수행하는 동안 적은 양이라도 지속적으로 퍼지용 공기나 불활성 기체를 탱크 안에 주입시켜야 한다.

(다) 스팀 세정, 화학적 세정 및 고압 물분사는 정전기 전하를 발생시킬 수 있으므로 주의하여야 한다.

(2) 스팀 세정방법

(가) 개구부에 끼워둔 파이프를 통하여 탱크로 스팀을 주입할 때, 탱크 노즐에 직접 스팀호스를 연결시킨다.

(나) 탱크 전체가 물의 끓는점 근처에서 가열되도록 응축물을 충분히 초과하여 스팀을 공급하여야 한다.

(다) 용기의 모든 벽 부분(동판 및 경판)으로부터 잔유물이 증발될 수 있도록 충분히 스팀을 공급하여야 한다.

(라) 세정 후 가연성 가스 측정기로 용기 안의 공기농도를 확인할 때는, 수증기가 측정기기로 들어가지 않도록 염화칼슘 또는 기타 건조제를 채운 건조관을 통해 샘플을 수집해야 한다. 내부건조가 용이하지 않다면, 가스를 측정하기 전에 수증기가 응축될 때까지 탱크를 냉각시키면 된다.

(3) 화학 세정

(가) 화학 세정제를 사용할 경우 작업자의 피부나 눈에 상해를 입지 않도록 보호안경, 장갑, 기타 필수 보호복을 착용하여야 한다.

(나) 청관제인 제3인산나트륨을 사용하는 일반적인 세정 절차는 다음과 같다.

- ① 주입 연결부 또는 배기구를 통해 호스를 삽입하고, 물이 넘칠 만큼 탱크를 채운다.
- ② 남아있는 증기, 액체, 찌꺼기 또는 슬러지가 위로 이동하여 제거될 수 있도록 호스를 탱크 밑 부분에 두어 위로 잘 휘저어 섞을 수 있도록 한다.
- ③ 탱크 내용물을 모두 비운다.
- ④ 탱크에 액체가 채워질 때 용해제의 최종 농도가 15~30 g/ℓ 이 되도록 충분한 제3인산나트륨을 뜨거운 물속에서 용해시켜야 한다.
- ⑤ 바닥 연결부를 통해서나 주입 연결부 또는 배기관을 통해서 용기로 들어가는 스팀은 탱크 바닥으로 연결된 파이프를 통해 공급해야 한다.
- ⑥ 용해제는 76.7 ~ 87.8 ℃로 유지시키고 스팀을 공급하는 동안에 간격을 두고 위쪽에 모이는 휘발성 액체, 찌꺼기 또는 슬러지가 넘쳐 배출되도록 충분히 물을 채워야 한다.
- ⑦ 인화성 증기를 제거하기 위해 환기장치를 두며, 위험한 물질이 들어가지 못하도록 조치하여야 한다. 어떤 경우에는 다른 탱크 또는 용기에 물을 과도하게 방출하는 것이 좋을 때도 있다. 최소한 15분 동안 최대 온도로 스팀을 계속하거나 휘발성 액체, 찌꺼기 또는 슬러지가 탱크 또는 용기의 윗부분에 나타나지 않을 때까지 계속하여야 한다.
- ⑧ 남아있는 인화성 가스 또는 증기를 흡입하지 않도록 주의하면서 탱크 내부가 깨끗한지 검사하여야 한다. 만일 탱크가 깨끗하지 않다면 세정과정을 반복하여야 한다.
- ⑨ 탱크가 깨끗이 세정되었다면, 탱크 안의 공기를 가연성 가스 측정기로 확인한다. 만일 탱크 안에 인화성 증기가 존재한다면 반드시 제거하여야 한다.
- ⑩ 스팀세정이 효과적이지 않다면 세정 혼합물의 농도(제3인산나트륨과 같은)를 45 g/ℓ 로 증가시킨 후 찬물 용해제를 이용하는 방법을 사용할 수 있다.

(4) 비인화성 고체

탱크 또는 용기 안에서 스팀이나 화학세정의 방법으로도 제거되지 않고 인화성 증기를 발생시키지도 않는 고체 침전물이 발견될 수도 있다. 이 경우, 인화성 증기가 없으면 탱크 또는 용기를 체인으로 뒤집어 내부의 고체 잔유물

을 제거함으로써 세정을 대신할 수도 있다.

7. 세정 확인절차

(1) 인화성 가스 또는 증기가 점화될 수 있을 만큼 축적되었는지 탱크 또는 용기 내부를 확인하는 일은 세정 절차의 가장 중요한 부분으로, 추가적인 세정이 필요한지를 결정한다.

(2) 대부분은 가연성 가스 측정기로 인화한계 농도에 대한 퍼센트로 인화성 증기의 농도를 측정한다. 탱크 또는 용기 내의 산소 농도가 약 5 % 미만으로 모여 있는 경우 측정치가 틀릴 수도 있다, 산소가 부족한 공기는 측정기에 착오를 일으킬 수 도 있으므로 주의한다.

(3) 인화성 증기의 농도측정

(가) 세정 후, 세정 절차가 효과적이었다는 것을 확인하기 위하여 각각의 탱크 내부의 인화성 증기 농도를 측정한다.

(나) 탱크의 환기나 공기 퍼지 시에 인화성 증기의 방출 농도를 환기나 퍼지 작업 중 주기적으로 확인하여야 한다.

(다) 환기 작업 시 또는 탱크의 시험 시 인화성 가스나 증기가 감지되면 화기 작업을 하기 전에 이 지침에서 설명한 방법 중 하나로 용기의 안전 조치와 재 세정을 하여야 한다.

(라) 가연성 가스 측정기는 교정 및 검정을 마친 것을 사용하여야 한다.

(4) 산소 농도 시험

(가) 불활성 가스로 탱크 또는 용기를 세정할 때 가연성 가스 측정기는 정확한 측정치를 주지 못하기 때문에 산소 측정기를 사용해야 한다.

(나) 불활성 가스로 퍼지되고 있는 탱크를 모니터링하기 위한 것처럼 산소 농도 시험 시에는 교정 및 검정을 마친 휴대용 산소 측정기를 사용해야 한다.