

보일러 연료유 저장탱크 보수작업 중 폭발 사고사례(KOSHA-MIA-전북-2105)

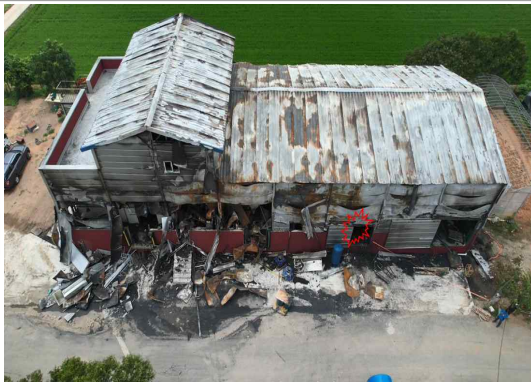
본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으니, 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

금번 사고는 **재해조사가 진행 중인 사안**으로 동종재해예방을 위하여 적시에 배부하오니 **참고용**으로만 활용해주시기 바랍니다.

보일러 연료유 저장탱크 보수작업 중 폭발사고

< 재해개요 >

2021. 6. 30.(수) 10:33분경 전북 소재 사업장 ○○○의 「염소전용 도축시설 신축공사」 현장에서 공사업체 근로자 2명이 보일러 연료유(이온정제유) 탱크 보수(용접) 작업 중 보일러 내부 연료유 유증기가 폭발한 사고 임(사망 2명)



[신축공사 현장(사고 후)]



[사고당시 CCTV영상]

1. 사고발생 물질, 재해발생원인(추정) 및 재발방지대책

○ 사고발생물질(이온정제유)의 물리적 특성(환경부기준)

잔류탄소 (무게비율)	수분 및 침전물 (부피비율)	인화점	금속분(mg/l)	비고
4%이하	1%이하	40°C 이상	Cr:5, Pb:30, Cd :1, As:2 이하	

○ 재해발생원인

- 탱크내부에 잔류하고 있던 인화성액체(이온정제유)를 충분히 제거하지 않아 폭발(연소)위험 분위기를 형성하고 있는 상태에서 용접작업 실시

○ 재발방지대책

- 탱크 용접작업시에는 내부 위험물 사전제거 및 세정(세척) 작업 실시, 작업 시작 전 가스농도 측정, 지속적인 환기 실시

보일러 연료유 저장탱크 보수작업 중 폭발 사고사례(KOSHA-MIA-전북-2105)

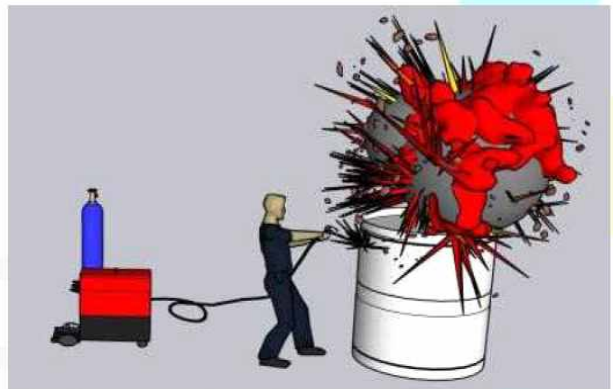
2. 과거 유사 사고사례

- 2020.3. (주)○○○○의 반응동 3층에서 외부 공사업체 소속 작업자 3명이 소포제 투입배관 연결을 위해 반응기 상부 6인치 노즐부위에 알곤용접 중 반응기 내부 유증기에 점화되어 폭발로 인한 급격한 화염 전파로 작업자 3명이 화상을 입은 사고임(사망 1명, 부상 2명)
- 2020.10.31. 14시경 (주)○○○에서 공드럼통 용단작업 중 내부에 남아있던 속건신나(톨루엔 등 함유) 증기에 점화·폭발되어 폭발압에 의해 공드럼통 본체에 맞아 넘어지면서 두부를 부딪쳐 사망

재해상황도



<공드럼통>



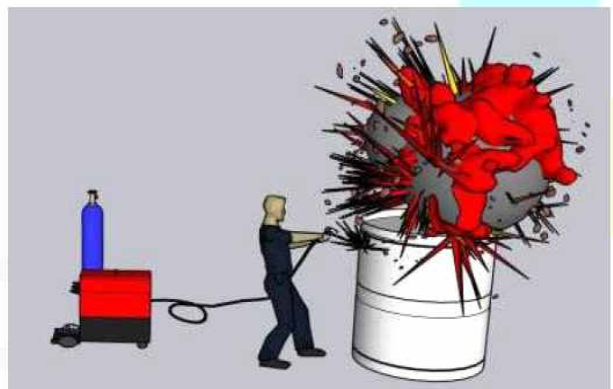
<재해 상황도>

- 2019.12.11. (주)○○○에서 공드럼 상판을 절단하던 중 폭발하여 사망

재해상황도



<공드럼통>



<재해 상황도>

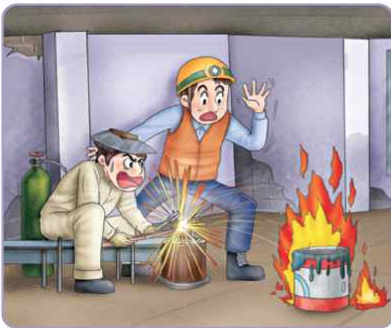
- 2018.7.16. ○○○에서 가정용 기름통 절단작업 중 폭발로 사망

보일러 연료유 저장탱크 보수작업 중 폭발 사고사례(KOSHA-MIA-전북-2105)

- 2017.9.22. (주)○○○에서 메탄올이 들어 있던 공드럼 상부 뚜껑을 절단하던 중 폭발하여 사망
- 2016.9.25. ○○○에서 메탄올이 들어 있던 공 드럼통을 절단 작업 중 폭발하여 사망

3. 탱크 보수(용접·용단)작업시 주요 위험포인트

- 인화성액체의 증기에 대한 통풍 및 환기조치 미실시에 따른 화재·폭발 위험
- 가연물 등이 있는 장소에서 용접·용단작업에 따른 화재·폭발 위험
- 환기가 불충분한 장소에서 용접·용단작업 시 가스 누출 여부 미확인에 따른 화재·폭발위험



4. 탱크 보수(용접·용단) 작업시 주요 점검 항목

항목 1

환기·가연물 제거

- 인화성 액체의 증기, 인화성 가스 등을 제거하기 위한 충분한 환기 실시
- 용접·용단 작업 전 가연성 물질, 인화성·폭발성 위험물 제거·격리

항목 2

불티비산 방지조치

- 용접불티 비산에 따른 화재·폭발을 예방하기 위한 용접불티 비산방지덮개, 용접방화포 등 비치 및 사용

항목 3

화재감시자 배치

- 화재의 위험을 감시하고 화재 발생 시 사업장 내 근로자 대피를 유도하는 업무만을 담당하는 화재감시자 지정 및 배치

보일러 연료유 저장탱크 보수작업 중 폭발 사고사례(KOSHA-MIA-전북-2105)

5. 탱크 및 드럼 화기작업시 주요 안전조치

※ G-1-2011(소용량 탱크 및 드럼의 화기작업에 관한 안전가이드) 참고

○ 탱크 및 드럼에 대한 화기작업은 안전·보건 상의 많은 유해위험 요소들을 내포하고 있으며 특별한 기술과 지식 그리고 장비를 요구한다. 그러므로, 필요할 때는 관련 안전보건전문기관의 도움을 요청하는 것이 바람직하다.

○ 격리

- 탱크는 연결되어 있는 다른 설비들과 격리시켜 놓아야 하며, 특히 배관 부분을 분리시켜서 격리하는 방법이 좋다. 가능하다면, 작은 탱크는 분리시키고 안전한 장소로 이동시켜야 한다. 화기작업시에는 작은 누설이라 할지라도 심각한 결과를 초래할 수 있기 때문에 격리하는 방법은 밸브에 너무 의존하지 말고 배관을 분리시키는 방법이 좋다.

○ 비움

- 탱크 혹은 드럼은 액체를 적절한 저장장치로 이송하거나 배수시켜 비워 주어야 한다. 잔류물은 관련 법규에 따라 폐기되어야 하고 배수로, 하수도 혹은 수로에 버려져서는 안 된다.

○ 세척

- 탱크와 드럼이 비워지면 세척이 필요하며 방법은 다음과 같다.
 - (1) 물 혹은 세척용액을 사용하는 세척 혹은 분사
 - (2) 수증기 세척
 - (3) 솔벤트(비인화성/비가연성) 세척 혹은 분사

○ 가스 제거

- 탱크나 드럼내부의 증발기체와 다른 휘발성 물질들은 탱크에 수증기 혹은 공기를 불어 넣음으로써 제거될 수 있다. 이것을 가스제거라 한다. 증발기체의 농도는 가스누출감지경보기를 사용함으로써 모니터링 할 수 있다. 대부분의 탱크와 드럼들은 이음새와 갈라진 틈에 액체 및 고체 잔류물을 가지고 있으며 이러한 잔류물은 화기작업 중에 가열되었을 때 인화성 증발 기체가 만들어 질 수 있으므로 주의하여야 한다.

○ 검사

- 개구부가 좁은 경우에 탱크와 드럼 내부를 검사하는 것은 어렵다. 거울이나 방폭형 손전등 등이 사용될 수 있으나 탱크 내부에서 사용되는 어떤 빛도

보일러 연료유 저장탱크 보수작업 중 폭발 사고사례(KOSHA-MIA-전북-2105)

인화성 증기의 분위기에서 사용시에는 주의하여야 한다. 탱크가 깨끗하다고 추측만 해서는 절대 안 되며 항상 주의 깊게 내부를 검사하여야 한다. 가스 누출감지경보기가 증발기체를 검사하는데 사용될 수 있으나 안전하게 사용하기 위해서는 주의와 훈련이 필요하다. 이들 장치들은 고체 혹은 비휘발성 액체는 탐지하지 못하므로 주의하여야 한다.

○ 불활성화

- 폭발위험성을 줄이는 또 다른 방법은 물 혹은 질소 같은 불활성기체로 탱크 혹은 드럼을 채움으로써 들어 있는 공기와 대체하는 것이다. 만일 물이 사용된다면 증기배출구가 반드시 필요하다. 오염된 물은 전문가의 오폐수처리가 필요할 수 있다.

6. 화기작업 위험성평가 시 주요 검토 사항

○ 화기작업을 수행하기 전 잠재위험 전반에 대한 위험성평가 후 위험요인을 제거하거나 최소화 할 수 있는 사전조치 등을 검토

(1) 화기작업 대상 설비 및 배관의 상태

- 내부 물질의 배출을 통하여 대상설비와 배관 비우기
- 대상 설비 및 배관의 청소와 잔류물질 확인

(2) 밀폐된 지역에서의 수행 여부

- 작업 전 및 작업 중 산소농도와 유해성 및 인화성 가스 농도 측정
- 환기의 필요성 및 필요한 환기 유량 파악

(3) 작업구역 인근 설비의 가동 여부

- 작업구역 인근설비에서 취급하는 물질의 종류 · 위험성
- 인근설비에 인화성물질이 잔류할 가능성
- 인근설비와의 차단

(4) 인화성 물질 및 독성 물질의 발생여부

- 작업 중 인화성/독성물질의 유입 또는 발생 가능성
- 용접작업 중 용접불티에 의한 고인화점 물질의 열분해 및 인화성 가스 발생 가능성

(5) 출입제한 구역 설정 여부

(6) 소화장비 비치 및 사용방법

(7) 작업 중 감독자 필요여부, 화재감시자 배치 및 업무 수행

보일러 연료유 저장탱크 보수작업 중 폭발 사고사례(KOSHA-MIA-전북-2105)

6. 관련 참고 법규 및 기술자료

○ 산업안전보건기준에 관한 규칙

- 제232조 (폭발 또는 화재 등의 예방)

- ① 사업주는 인화성 액체의 증기, 인화성 가스 또는 인화성 고체가 존재하여 폭발이나 화재가 발생할 우려가 있는 장소에서 해당 증기·가스 또는 분진에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위해 환풍기, 배풍기(排風機) 등 환기장치를 적절하게 설치해야 한다. <개정 2021. 5. 28.>
- ② 사업주는 제1항에 따른 증기나 가스에 의한 폭발이나 화재를 미리 감지하기 위하여 가스 검지 및 경보 성능을 갖춘 가스 검지 및 경보 장치를 설치하여야 한다. 다만, 「산업표준화법」의 한국산업표준에 따른 0종 또는 1종 폭발위험장소에 해당하는 경우로서 제311조에 따라 방폭구조 전기기계·기구를 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.

- 제241조 (화재위험작업 시의 준수사항)

- ① 사업주는 통풍이나 환기가 충분하지 않은 장소에서 화재위험작업을 하는 경우에는 통풍 또는 환기를 위하여 산소를 사용해서는 아니 된다. <개정 2017. 3. 3.>
- ② 사업주는 가연성물질이 있는 장소에서 화재위험작업을 하는 경우에는 화재에 방에 필요한 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다. <개정 2019. 12. 26.>
 1. 작업 준비 및 작업 절차 수립
 2. 작업장 내 위험물의 사용·보관 현황 파악
 3. 화기작업에 따른 인근 가연성물질에 대한 방호조치 및 소화기구 비치
 4. 용접불티 비산방지덮개, 용접방화포 등 불꽃, 불티 등 비산방지조치
 5. 인화성 액체의 증기 및 인화성 가스가 남아 있지 않도록 환기 등의 조치
 6. 작업근로자에 대한 화재예방 및 피난교육 등 비상조치
- ③ 사업주는 작업시작 전에 제2항 각 호의 사항을 확인하고 불꽃·불티 등의 비산을 방지하기 위한 조치 등 안전조치를 이행한 후 근로자에게 화재위험작업을 하도록 해야 한다. <신설 2019. 12. 26.>
- ④ 사업주는 화재위험작업이 시작되는 시점부터 종료 될 때까지 작업내용, 작업일시, 안전점검 및 조치에 관한 사항 등을 해당 작업장소에 서면으로 게시해야 한다. 다만, 같은 장소에서 상시·반복적으로 화재위험작업을 하는 경우에는 생략할 수 있다.

보일러 연료유 저장탱크 보수작업 중 폭발 사고사례(KOSHA-MIA-전북-2105)

- 제241조의2 (화재감시자)

① 사업주는 근로자에게 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 장소에서 용접·용단 작업을 하도록 하는 경우에는 화재감시자를 지정하여 용접·용단 작업 장소에 배치해야 한다. 다만, 같은 장소에서 상시·반복적으로 용접·용단작업을 할 때 경보용 설비·기구, 소화설비 또는 소화기가 갖추어진 경우에는 화재감시자를 지정·배치하지 않을 수 있다. <개정 2021. 5. 28.>

1. 작업반경 11미터 이내에 건물구조 자체나 내부(개구부 등으로 개방된 부분을 포함한다)에 가연성물질이 있는 장소
2. 작업반경 11미터 이내의 바닥 하부에 가연성물질이 11미터 이상 떨어져 있지만 불꽃에 의해 쉽게 발화될 우려가 있는 장소
3. 가연성물질이 금속으로 된 칸막이·벽·천장 또는 지붕의 반대쪽 면에 인접해 있어 열전도나 열복사에 의해 발화될 우려가 있는 장소

② 제1항 본문에 따른 화재감시자는 다음 각 호의 업무를 수행한다. <신설 2021. 5. 28.>

1. 제1항 각 호에 해당하는 장소에 가연성물질이 있는지 여부의 확인
2. 제232조제2항에 따른 가스 검지, 경보 성능을 갖춘 가스 검지 및 경보 장치의 작동 여부의 확인
3. 화재 발생 시 사업장 내 근로자의 대피 유도

③ 사업주는 제1항 본문에 따라 배치된 화재감시자에게 업무 수행에 필요한 확성기, 휴대용 조명기구 및 방연마스크 등 대피용 방연장비를 지급해야 한다.

* 이외 관련 법규는 국가법령정보센터(www.law.go.kr)에서 최신자료를 다운로드 활용

○ KOSHA GUIDE

- D-46-2013(화학공장의 화재예방에 관한 기술지침)
- D-28-2012(소규모사업장의 화재·폭발사고 방지를 위한 기술지침)
- F-1-2020(용접·용단 작업시 화재예방에 관한 기술지침)
- G-1-2011(소용량 탱크 및 드럼의 화기작업에 관한 안전가이드)
- G-7-2013(가스용접 및 절단작업에 관한 기술지침)
- M-66-2012(소형탱크 및 드럼에서의 화기작업에 관한 기술지침)
- P-3-2012(소형탱크 세정작업을 위한 안전에 관한 기술지침)
- P-165-2019(인화성물질 상압저장탱크의 안전작업에 관한 기술지침)

* KOSHA GUIDE는공단 홈페이지에서 다운로드 활용가능(www.kosha.or.kr → 자료마당 → 법령/지침정보 → 안전보건기술지침(GUIDE) → 안전보건기술지침 검색)