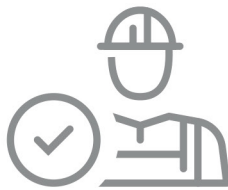


화학사고 사례연구

『정비보수 작업중 저장탱크 폭발사고』



목차 contents	용어설명	2
	01. 사고개요	3
	02. 사업장 현황	4
	03. 사고분석	7
	04. 사고발생 원인	13
	05. 동종사고 예방대책	15
	06. 사고로부터 얻은 교훈	16
	07. 유사 사고사례	18
	08. 참고자료	20



02

용어설명



위험물 옥외탱크

석유화학공장에서 제품을 생산하고 발생하는 부산물, 배출유 등의 혼합물을 저장하는 옥외탱크이다.

Slop oil

석유 공업의 제조 혹은 정제 공정에서 부산물로 생성되는 물질 또는 배출물로 열중합 과정에서 발생된 고분자와 공정축매 등의 혼합유를 말한다.

용접열

용접은 접합부에 금속재료를 가열·용융시켜 서로 다른 두 재료의 원자 결합을 재배열 하여 결합시키는 방법으로 이때 열원으로부터 공급되는 열을 말한다.

01. 사고개요

2019년 10월 울산광역시 ○○○사업장의 옥외탱크저장소 내 Slop oil 저장탱크 외벽에서 물 분무 소화설비 설치를 위한 배관 지지대 용접 작업 중 고온에 의해 탱크 내 잔류하던 인화성증기가 탱크 내부에서 폭발이 발생하여 근로자 2명이 부상한 사고이다.



[사진 1] 폭발이 발생한 저장탱크

1 인명피해

- 협력업체 근로자 2명(배관, 용접공) 부상*

* 1일 입원 후 퇴원

2 물적피해

- 저장탱크(1기) 파손

03

용어 설명 / 사고개요



02. 사업장 현황

04

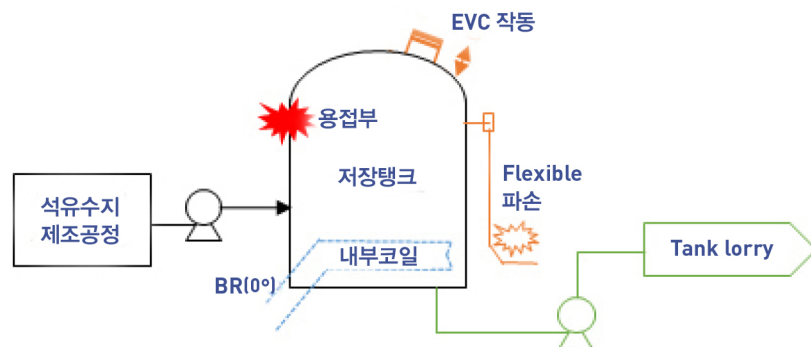
○○○사업장은 석유수지를 생산하는 공장이다.

1 석유수지 제조 공정

- 원유의 유분을 전처리, 중합, 중화, 농축, 조립공정을 거쳐 점·접착제 등에 사용되는 석유수지를 생산하는 공정이다.
- 폭발사고가 발생한 옥외 저장탱크는 석유수지 공정에서 발생하는 부산물, 배출유 등의 혼합물을 저장하는 탱크이다.



[그림 1] 석유수지 제조 공정 개략도



[그림 2] 사고 저장탱크 개략도

2 사고 발생 물질

Slop oil

물질명	CAS No.	함량(%)	폭발한계(%)		인화점(°C)	발화점(°C)	증기압(20 °C)
			하한	상한			
Pentane	109-66-0	3.0~4.3	1.5	7.8	-40 °C	260 °C	53.3 kPa(18.5 °C)
Xylene	1330-20-7	24.3~30.6	0.9	6.7	18 °C	528 °C	6.61 mmHg(25 °C)
기타 혼합물	-	65.1~72.7	-	-	-	-	

경고표지
그림문자



인화성물질



급성독성물질



특정표적장기 독성
(간장, 신장, 생식)



수생환경유해성
(만성)

3 사고 발생 설비

저장탱크 명세

명칭	용량	재질	압력(MPa)		저장 물질
			운전	설계	
Slop oil Storage Tank	70 m ³ (ID 3,872 x H 6,145)	A240-304	0.018	0.05	R-TCD

05

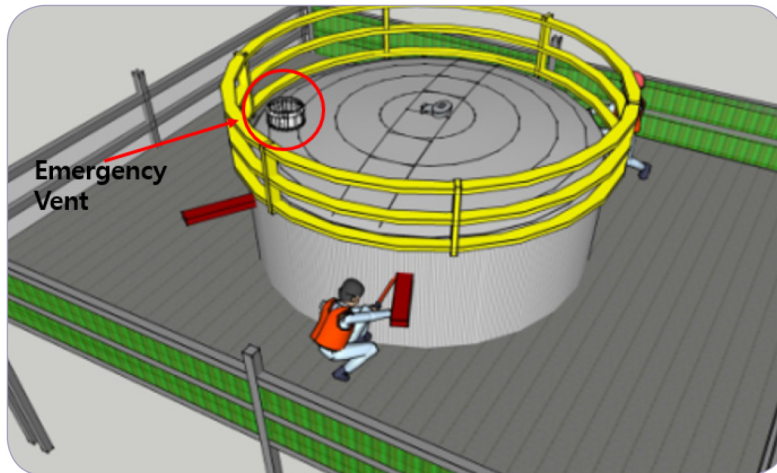
사업장 현황



Emergency Vent Cover 명세

크기	배출용량	재질	압력(MPa)	
			보호기기	설정압력
16 B	900,000 SCFH (= 25,485 m ³ /h)	(Body) SCS13A (Cover) SUS 304	0.05	0.05

- 긴급방출장치(Emergency Vent)는 탱크 내부에서 화재나 폭발 등 비상상황이 발생할 경우 발생하는 과압을 배출해주기 위한 목적으로 설치되며, 금번 사고 시 폭발 과압의 일부가 긴급방출장치(Emergency Vent)를 통해 방출되면서 탱크 본체는 파손되지 않고 기초 볼트 등만 파손됨.



[그림 3] 사고발생당시 작업 상황도

03. 사고분석

1 사고 발생 과정

작업 상황

일 시	작업 현황
10월 ○○일	위험물 옥외 저장소 내 소방시설 공사 시작
10월 △△일 10:05	탱크 내부 내용물 배출 시작
10월 □□일 13:45	탱크 내부 내용물 배출 완료
17:30	탱크 내 질소(N ₂) 공급 중단
17:40	탱크 내 잔류 슬러지* 세정 작업을 위해 탱크 하부 맨홀을 개방하였으나 양이 많아 추후 작업으로 연기 * Dead stock이라 하며 탱크재고 중 Suction level 이하의 물량으로 펌프로 배출이 불가능한 원료 또는 제품의 양을 의미
18:00	탱크 맨홀을 닫음(맨홀의 볼트 중 일부만 체결 함)
10월 ◇◇일 07:35	저장탱크 외부의 가연성가스 농도 측정 결과를 바탕으로 소방시설 지지대 설치를 위한 특별 작업허가서(화기)를 발급 - 탱크 작업 위치에서의 가연성가스 농도 측정만 실시되었으며, 탱크 내부의 농도 측정은 실시되지 않음
08:05	작업자 투입 후 탱크 외벽에 지지대 설치를 위한 Tig 용접 작업 실시
08:15	두번째 지지대의 용접 중 탱크 내부에서 폭발이 발생하여 탱크가 크게 진동하고, 비계 위에서 작업하던 근로자가 비계위에 쓰러짐 - 내부 폭발 시 폭발 과압의 일부가 긴급방출장치(Emergency Vent)를 통해 방출되면서 탱크 본체는 파손되지 않고 기초볼트 등이 파손된 것으로 추정



2 사고 원인 분석

인화성증기가 잔류한 탱크 내부에서 폭발이 발생한 사고로 화재 및 폭발이 발생하기 위해서 필요한 가연물, 공기(산소) 및 점화원을 추정해보았다.

가연물

- 저장탱크 내부 슬러지와 잔류액 등에서 발생한 유증기
 - 사고발생 탱크는 석유수지의 제조공정으로부터 발생한 Slop oil을 처리하는 설비로, 소방설비 설치를 위하여 10월 △△일 10:05 분경부터 10월 □□일 13:45 분경까지 배출구(Drain)를 통해 탱크내부에 저장되어있던 액상 물질을 배출하였다.
- 사고발생 전날(10/□□) 맨홀을 개방하여 탱크 내부에 슬러지*와 잔류액이 남아 있음을 확인 하였으며, 맨홀을 다시 닫은 후 슬러지와 잔류액 제거를 위해 세정작업 대기 상태였다.
 - * 슬러지는 공정의 열중합 과정 중 발생된 고분자와 공정 촉매, 중화염 잔류물이 정제되며 생성된다.
- 펜탄(Pentane)을 포함한 인화성 증기가 잔존해 있던 슬러지에서 발생하여, 폭발 범위 1.5 ~ 7.8 % 내의 폭발분위기가 형성되었을 것으로 추정된다.

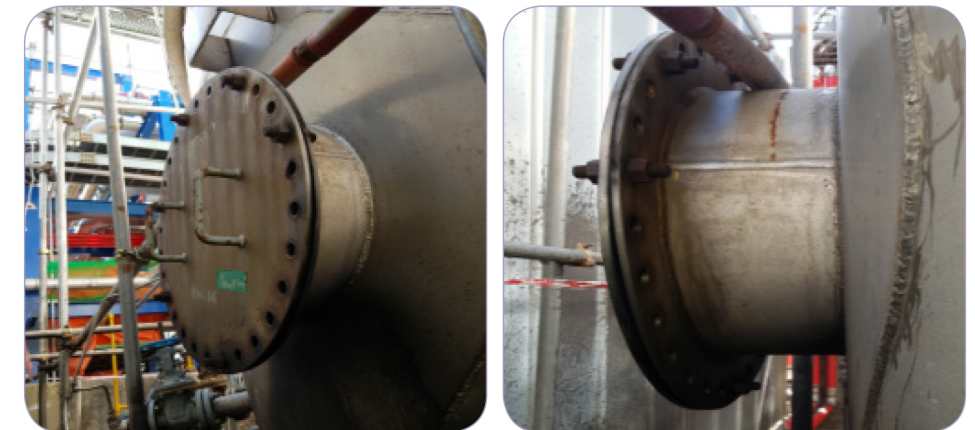


[그림 4] 저장탱크 액위 Time table

공기(산소)

• 맨홀개방으로 유입된 공기에 의한 폭발분위기 조성

- 위험지역 내 작업을 위해 탱크내부 물질을 배출 한 후 탱크내부 슬러지 잔류 여부를 확인하고자 퍼지중이던 질소를 차단하였다.
- 10월 □□일 17:40분경 맨홀을 열어 육안으로 탱크내부를 점검하였으며 이 때 외부의 공기가 탱크로 유입된 것으로 추정된다.
- 또한, 17:50분경 점검 완료 후 맨홀 뚜껑이 이탈되지 않을 만큼의 볼트만을 이용하여 맨홀에 느슨하게 고정하였으며 이로 인해 [사진 2]와 같이 외부공기와 차단이 되지 않아 탱크 내부는 충분한 공기량이 유지 될 수 있었다.



[사진 2] 개방 후 밀폐되지 않은 맨홀로 인한 공기(산소) 유입

- 맨홀을 개방한 시점으로부터 사고발생시점 까지 내부가스 치환용 질소 공급을 차단하여 탱크 내부에 유입된 공기가 제거되지 않아 폭발분위기가 형성 되었을 것으로 추정 된다.

점화원

• 모재의 용접열 전달에 의한 탱크 내부 고온표면

- 물질이 공기 중에서 스스로 발열하여 발화·연소되는 현상인 자연발화가 발생하기 위해서는 각 물질이 가진 발화점 이상의 온도를 필요로 한다. 금번 사고발생 물질의 구성성분 중 펜탄(Pentane), 크실렌(Xylene)의 물질안전보건자료(MSDS)를 참조하면 각각 260 °C, 528 °C에서 고온표면 접촉으로 발화될 수 있다.

9. 물리·화학적 특성

자. 인화성(고체, 기체)	자료없음
차. 인화 또는 폭발 범위의 상한	7.8 / 1.5 %
카. 증기압	53.3 kPa (18.5°C)
타. 용해도	38.5 mg/g (25°C)
파. 증기밀도	2.48
하. 비중	0.63
거. n-옥탄올/물 분배 계수 (Kow)	3.45 (25°C)
너. 자연발화온도	260 °C
디. 분해온도	3272 (kJ/mol)
러. 점도	0.2224 (25°C, mPa·s)
매. 분자량	72.15

9. 물리·화학적 특성

자. 인화성(고체, 기체)	자료없음
차. 인화 또는 폭발 범위의 상한/하한	(6.7/0.9 % (오쏘), 7.0/1.1 % (메타), 7.0/1.1 % (파라))
카. 증기압	8.84 mmHg (25°C)
타. 용해도	1.62×10 ⁻² (mg/L)
파. 증기밀도	3.7
하. 비중	0.864
거. n-옥탄올/물 분배 계수 (Kow)	3.15
너. 자연발화온도	528 °C
디. 분해온도	자료없음
러. 점도	자료없음
매. 분자량	106.16

[그림 5] 물질별 자연발화온도 펜탄(좌), 크실렌(우)

- Tig 용접은 텅스텐 전극에 아크 발생 후 상승하는 온도에 의해 모재를 녹여 붙이는 용접 방법으로 용접불꽃이 비산되지 않아 물질의 인화점에 영향을 주는 직접적인 점화원은 될 수 없으나, <그림 9> Jeffus, Larry의 Welding: Principles and Applications에 따르면 용접 시 발생하는 용접열은 최대 6,000 °C 까지 조절할 수 있고,

The high melting temperature and good electrical conductivity make tungsten the best choice for a nonconsumable electrode. The arc temperature, around 11,000°F (6000°C), is much higher than the melting temperature of tungsten but not much higher than its boiling temperature.

[그림 6] Welding: Principles and Applications Jeffus, Larr 저

- 실제 탱크의 재질과 같은 Stainless steel(SUS304)의 용점은 1,400 °C로 용접기의 전류를 조절하여 2,000 °C의 열로 용접을 실시하는 것으로 확인되어,

- 용접열과 인화성증기의 직접접촉이 아닌 모재를 통해 탱크 내부로 전달된 열에 의한 탱크 내부에서 폭발한 상황으로 가정하여 아래와 같은 실험을 진행하였다.

• 용접열 전달 실험절차

- 1) 사고설비와 같은 재질(SUS304) 및 두께(5T)의 맹판(Blind)을 준비
- 2) 가용점으로 맹판과 사고발생 시 설치 중이었던 지지대를 고정
- 3) 용접 시작
- 4) 표면온도계로 용접을 하는 반대편 맹판의 표면온도를 측정



[사진 3] 용접열전달 실험

순번	경과시간(초)	온도(°C)	상태
1	0	76.0	초기온도(모재 가용점으로 인한 열)
2	4.9	274.3	펜탄 발화점(260 °C) 초과
3	14.2	530.6	크실렌 발화점(528 °C) 초과
4	21.0	621.9	실험 최고 온도

[표 1] 용접열전달 실험 결과

- 모재를 통한 용접열의 열전달에 의한 표면온도 측정결과 4.9 초 경과시 펜탄의 발화점을 초과하고, 14.2 초 경과 시 크실렌의 발화점을 초과하며 21초 경과 시 실험에 사용한 표면온도계의 최고 측정치 650 °C에 근접하는 621.9 °C가 확인되었다.
- 이를 통해 탱크 내부에서 발화온도 이상의 온도상승에 의한 고온표면 접촉으로 인해 발화되어 폭발이 발생했을 것으로 추정 할 수 있다.

결론

- 앞선 사고조사 내용을 바탕으로 이번 사고는 용접 시 발생된 열에 의한 탱크 내부 인화성 증기의 폭발이 직접적인 원인으로 분석된다.
 - 화재가 발생하기 위해서는 연소의 3요소인 가연물, 공기(산소), 점화원이 필요하다.
 - 사고발생 작업은 위험물 저장탱크에 소방배관 지지대를 설치하는 작업으로, 탱크 내부에 잔존해 있던 슬러지로부터 인화성증기(가연물)이 발생하였고,
 - 사고발생 전날 개방한 맨홀을 통해 유입된 공기와 볼트가 완전히 체결되지 않은 맨홀로 공기가 유입되어 폭발분위기가 조성되었으며,
 - 외부 Tig 용접으로 발생한 열이 모재(저장탱크)를 통해 내부로 전달되며 인화성증기의 발화점 이상 온도까지 내부온도를 상승시켜 폭발이 발생한 것으로 추정된다.

04. 사고발생 원인

1 위험물을 제거하지 않고 화기작업 실시

- 위험물 및 인화성 유류 또는 인화성 고체가 있을 우려가 있는 용기에 대하여 미리 위험물을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후 작업을 실시하여야 하나,
- 저장탱크 내부 인화성증기를 발생시킬 수 있는 물질(슬러지)을 배출하고 빈 용기를 질소 등의 불활성 가스로 치환, 뜨거운 물을 주입시켜 남은 증기의 증발을 통해 내부물질을 완전히 제거하지 않은 채 화기작업을 실시하여 폭발이 발생하였다.

2 작업 절차 미 준수

- 인화성증기가 발생 할 수 있는 저장탱크의 화기작업을 위한 세정작업으로 질소 또는 스팀 퍼지, 슬러지 배출, 충수 등의 안전작업절차를 작성하였으나, 작업 시 절차를 준수하지 않아 가연물의 잔류로 인한 폭발분위기를 형성하였다.
- 또, 화기작업 전 화기작업이 직접적으로 영향을 미치는 탱크 내부의 가스농도를 측정하지 않아 탱크 내부에 형성 된 폭발분위기를 감지하지 못하였다.

3 안전작업허가서 승인 부적절

- 사고 발생 전 발급 된 특별(화기)작업허가서(소방 line 및 support 설치)에 따르면 화기작업 시 허가부서의 준비 및 조치사항으로 가연성물질 제거 여부를 확인 후 작업허가서를 발급 하도록 되어있으나,
- 사고발생 원인 조사결과 가연성물질 제거 절차가 수행되지 않았음에도 불구하고 허가 부서(생산팀) 및 안전부서를 통해 특별작업허가서가 부적절하게 승인되었다.



4 위험성평가 실시 미흡

- 원청의 참여 없이 협력업체 직원만의 작업위험성평가가 실시되었고, 원청은 완료된 위험성평가에 대한 실시 여부 확인절차만 진행되었으며, 작성된 위험성평가는 화기작업에 대한 근로자 안전교육 실시와 같은 일반적인 사항만 검토되었다.
- 일시적으로 작업에 참여하는 협력업체의 특성 상 현장 및 작업조건에 대한 검토가 이루어지지 않은 상태에서 위험성평가를 진행하여 작업 전 탱크 내용물(위험물) 제거 등 위험요소에 대한 세부적인 위험성평가가 진행되지 않았다.

5 협력업체 작업에 대한 관리감독 미흡

- 많은 협력업체 근로자들이 출입하여 다수의 위험작업이 동시에 시작되는 시점에 원청업체 근로자의 관리감독 범위가 넓어 안전조치가 완료되기 전에 화기작업을 하는 협력업체 근로자의 행동을 감독하지 못하였다.
- 현장소장 등 협력업체 관리자를 통한 작업 전 근로자 교육 시 작업지시에 관한 사항을 중점적으로 관리함으로써 작업의 위험요인에 대한 근로자들의 인지가 미흡하였다.

05. 동종사고 예방대책

1 화기작업 시 위험물 제거 등의 화재·폭발 예방 조치 철저

- 위험물 및 인화성 물질이 있을 우려가 있는 저장탱크에서의 화기작업 시작 전 물질제거와 질소 또는 스팀 퍼지등의 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후 작업을 실시하여야 한다.

2 작업 절차 준수 철저

- 위험설비의 안전한 유지·보수를 위하여 작성한 작업 절차를 작업에 참여하는 근로자들에게 교육하고, 절차에 따른 작업이 수행되도록 감독이 필요하다.

3 화기작업 등에 대한 안전작업허가서 발급 절차 강화

- 안전작업허가서의 작성 및 승인 시 도급업체 근로자 등이 작업을 할 때 필요한 위험물질 제거, 격리 등의 조치를 완료한 후에 작업허가서를 승인하여야 한다.

4 작업 현장에 부합하는 위험성평가 실시

- 작업위험성평가 수행 시 원청의 참여로 공정에 대한 이해도를 높여 각 작업에 대한 위험요인 발굴이 필요하며,
- 근로자들에게 작업하는 공정에서의 화재 또는 폭발의 위험성 및 비상조치계획 등의 자료 제공이 필요하다.

5 협력업체 작업에 대한 관리감독 강화

- 경험있는 근로자를 충분히 배치하여 협력업체 작업에 대한 관리감독을 강화하여야 한다. 특히, 사고가 주로 발생하는 야간시간 작업허가서 발행/승인 절차를 강화하고, 작업 중 위험요인에 대한 근로자교육을 철저히 실시하는 등 특별한 주의가 필요하다.



06. 사고로부터 얻은 교훈

정비보수 작업중 저장탱크 폭발사고로부터 얻은 교훈은 다음과 같다.

1 화학공장 정비보수는 위험물의 제거부터 시작된다

- 이번 사고는 화학공장 정비보수 전 위험물을 제거하지 않아 발생한 인화성 증기가 용접시 발생한 열에 의해 자연발화하며 발생한 사고로, 정비보수 전 위험물제거 중요성을 인지하지 못한데서 비롯되었다.
- 배관, 탱크 또는 드럼 등 화학공장에서 사용되는 용기의 내부 또는 주위에 인화성 가스, 액체나 고체가 남아있는 상태에서 용접·용단 시 발생하는 고열, 불꽃 등으로 인화성 물질이 점화되어 화재 및 폭발이 발생한다.
- 위험물제거 4단계를 통해 사고를 방지하는 노력이 필요하다.
 - ① 용기 내부에 남아있는 물질을 제거
 - ② 빈 용기를 질소 등의 불활성 가스로 치환
 - ③ 뜨거운 물을 주입시켜 남아있는 인화성 액체 또는 증기 증발
 - ④ 물의 제거를 통한 위험물 제거

2 현장 상황에 대한 작업 위험성평가가 필요하다

- 최근 정비보수 작업 시 발생한 사고를 보면 작업에 대한 위험성평가를 대부분 실시한 것으로 확인된다. 그러나, 그 내용을 살펴보면 도급업체 근로자만이 작업위험성평가를 실시하여 작업현장이 반영되지 않은 채 도급작업 계약만을 위한 형식적 위험성평가가 실시되고 있다.

- 이처럼 원청이 참여하지 않은 작업 위험성평가는 설비 내부에 잠재하고 있는 유해·위험요인을 제대로 파악하지 못한다.
- 따라서, 작업공정(설비)에서 잠재하고 있는 유해·위험요인을 인지하는 원청이 작업 위험성평가를 주관하여 현장상황에 적합한 위험성을 도출하고, 작업 관련자들에게 공유할 때 동종 사고를 예방할 수 있다.

3 공정안전관리(PSM)는 철저히 이행되어야 한다

- 공정안전관리 시스템은 다양한 부분에 대해 적절한 절차를 마련하고 절차에 따라 작업함으로써 미처 예상하지 못한 사고를 예방하는 것을 목적으로 한다.
- 이번 사고의 경우 협력업체 관리감독이 미흡하여 안전조치가 완료되기 전에 화기작업이 진행되었으며, 안전작업허가서 발행 내용과 실제 작업이 상이하였을 뿐 아니라 작업 절차 또한 지켜지지 않는 등 협력업체 관리감독이 미흡하였다.
- 사소하다고 판단되는 작업이라 할지라도, 철저한 공정안전관리를 통해 유해·위험요소를 검토하고 제거하는 작업이 반드시 이루어져야 한다.



07. 유사 사고사례

1 워셔액 탱크 폭발 사고

발생일시	2017년 8월
사고장소	경남 소재 플라스틱가공제품 제조공장
피해내용	부상 2명
사고내용	에탄올 워셔액 탱크(60 ton) 이설 완료 후 물 공급 배관에 드레인 밸브 설치를 위해 용접기로 구멍을 뚫던 중 폭발이 발생하였다.

2 유류 저장탱크 화재 사고

발생일시	2014년 8월
사고장소	인천 소재 저유소
피해내용	화상 1명
사고내용	유류 저장탱크의 개방검사를 위하여 내부 혼합유(가솔린, 등유 혼합)를 제거 후, 내부 물 청소작업을 완료하는 시점에서 최종 청소완료 여부 확인(탱크내 부유지붕 측면 실(Seal)상태 점검 등)을 하기 위해 협력업체 작업자가 입조한 상태에서 화재가 발생하였다.

3 광물 저장탱크 폭발 사고

발생일시	2019년 6월
사고장소	전남 소재 기타금속제품 제조공장
피해내용	사망 1명, 부상 1명
사고내용	광물 저장탱크(Quenching buffer Tank) 상부에서 냉각수 배관 개조를 위해 그라인더를 사용하여 배관을 절단하던 중 탱크 내부에 체류한 수소가 폭발하는 사고가 발생하였다.

4 페드럼통 절단 중 폭발 사고

발생일시	2015년 2월
사고장소	경기 소재 식료품 제조공장
피해내용	사망 1명
사고내용	페드럼통을 이용해 바비큐그릴을 만들기 위해 4인치 그라인더로 상판을 절단하던 중 내부에 체류된 인화성증기가 폭발하는 사고가 발생하였다.



08. 참고자료

1. 산업안전보건법, 고용노동부; 2020
2. 산업안전보건용어사전, 한국산업안전보건공단; 2006
3. 중대산업사고 조사의견서, 한국산업안전보건공단; 2010~2020
4. KOSHA Guide O-4-2011 화학공장의 정비 보수에 관한 안전관리 지침
5. Welding: Principles and Applications Jeffus, Larr 저

작성

이 상 범 (안전보건공단 경기지역본부 화학사고예방센터(울산))
 신 비 오 (안전보건공단 경기지역본부 화학사고예방센터(울산))
 오 경 석 (안전보건공단 경기지역본부 화학사고예방센터(울산))

검 토

중대산업사고예방실 양상철 실장
 중대산업사고예방실 기술기준부 이준연 부장
 중대산업사고예방실 공정안전부 임지표 부장
 중앙사고조사단 강성광 부장
 중앙사고조사단 박웅기 과장
 산업안전보건교육원 권현길 교수
 산업안전보건교육원 강민수 교수

화학사고 사례연구 『정비보수 작업중 저장탱크 폭발사고』

발행일	• 2020년 6월
발행인	• 안전보건공단 이사장 박두용
발행처	• 안전보건공단 중대산업사고예방실 울산광역시 중구 종가로 400 Tel 052.703.0500
편집디자인	• 필드가이드 Tel 02.6375.2665

이 교재는 안전보건공단의 동의 없이 무단으로 수정, 편집하거나 이를
 활용하여 다른 저작물을 제작하는 것은 저작권법에 위반되는 것이므로,
 이를 금하며, 자료 내용은 안전관리 업무의 절대적인 기준이 아닌
 참고자료로 업무상 이익제기 등 소명자료로서 효력이 없음을 알려드립니다.



정비보수 작업중 저장탱크 폭발사고

사고개요

2019년 10월 울산광역시 ○○○사업장의 옥외탱크저장소 내 Slop oil 저장탱크 외벽에서 물 분무 소화설비 설치를 위한 배관 지지대 용접 작업 중 고온에 의해 탱크 내 잔류하던 인화성증기가 탱크 내부에서 폭발이 발생하여 근로자 2명이 부상한 사고임 ※ Slop oil : 석유 공업의 제조 혹은 정제 공정에서 부산물로 생성되고 또는 배출물 중에 섞이는 유류



[사진 1] 사고발생 저장탱크



[사진 2] 폭발 시 압력이 방출된 비상토출구

사고발생과정 및 물질

석유수지 공정에서 발생하는 부산물, 배출유 등의 혼합물을 저장하는 탱크에서 발생한 유증기와 정비보수를 위한 용접열에 의해 폭발한 사고임



사고발생물질

물질명	CAS No.	함량(%)	폭발한계(%)		인화점(°C)	발화점(°C)	증기압(20 °C)
			하한	상한			
Pentane	109-66-0	3.0~4.3	1.5	7.8	-40 °C	260 °C	53.3 kPa(18.5 °C)
Xylene	1330-20-7	24.3~30.6	0.9	6.7	18 °C	528 °C	6.61 mmHg(25 °C)
기타 혼합물	-	65.1~72.7	-	-	-	-	

정비보수 작업중 저장탱크 폭발사고사례 (2019.10.)

본 사례는 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다

정비보수 작업중 저장탱크 폭발사고

사고발생원인

위험물을 제거하지 않고 화기작업 실시

- 위험물이 있을 우려가 있는 용기에 대하여 미리 위험물을 제거하는 등 화재·폭발 예방을 위한 조치 후 작업을 실시하여야 하나,
- 인화성증기를 발생시킬 수 있는 물질(슬러지)의 제거 및 세정을 실시하지 않은 채 화기작업을 실시하여 폭발이 발생함

안전운전계획 준수 소홀

- 가연성물질 제거 절차가 수행되지 않았음에도 허가부서의 준비 및 조치사항을 확인하지 않은 채 작업허가서가 부적절하게 승인 됨
- 작업위험성평가 시 협력업체만 참여하여 현장 및 작업조건에 대한 검토가 이루어지지 않아 위험물의 제거 여부에 대한 위험성평가가 진행되지 않음

작업절차 미준수

- 인화성물질 저장탱크의 화기작업 전 세정작업(찌지, 슬러지 제거, 충수 등)에 대한 안전작업절차가 제정되어있으나 따르지 않았으며, 가스농도 측정을 하지 않아 탱크 내부에 형성된 폭발분위기를 감지하지 못함
- 협력업체 관리감독이 미흡하여 안전조치가 완료되기 전에 화기작업이 진행되었으며, 안전작업허가서 발행 내용과 실제 작업이 상이하고 작업 절차가 지켜지지 않음

동종사고 예방대책

화기작업 시 위험물 제거 등의 화재·폭발 예방 조치 철저

- 슬러지를 제거할 수 있도록 건조기, 덕트 등에 점검구를 마련하고 설비 점검 및 정비 유지보수 관리 지침에 건조기, 건조기 버너 챔버실, 덕트 등을 반영하여 정기적으로 슬러지를 제거하여야 함

안전운전계획 준수 철저

- 위험설비의 안전한 유지·보수를 위하여 작성한 작업 절차를 작업에 참여하는 근로자들에게 교육하고, 절차에 따른 작업이 수행되도록 감독이 필요
- 안전작업허가서의 작성 및 승인 시 도급업체 근로자 등이 작업을 할 때 필요한 위험물질 제거, 격리 등의 조치를 완료한 후에 작업허가서가 승인되어야 함
- 작업위험성평가 수행 시 원청의 참여로 공정에 대한 이해도를 높여 각 작업에 대한 유해·위험요인 발굴이 필요하며, 근로자들에게 작업하는 공정에서의 화재 또는 폭발의 위험성 및 비상조치계획 등의 자료 제공이 필요
- 경험있는 근로자를 충분히 배치하여 협력업체 작업에 대한 관리감독을 강화하고 특히, 사고가 주로 발생하는 아침시간 작업허가서 발행/승인 절차를 강화하고, 작업 중 위험요인에 대한 근로자교육을 철저히 실시하는 등 특별한 주의 필요