

위험을 보는 것이 안전의 시작입니다



# 화재·폭발·누출 사고예방 가이드북

산업재해예방

안전보건공단

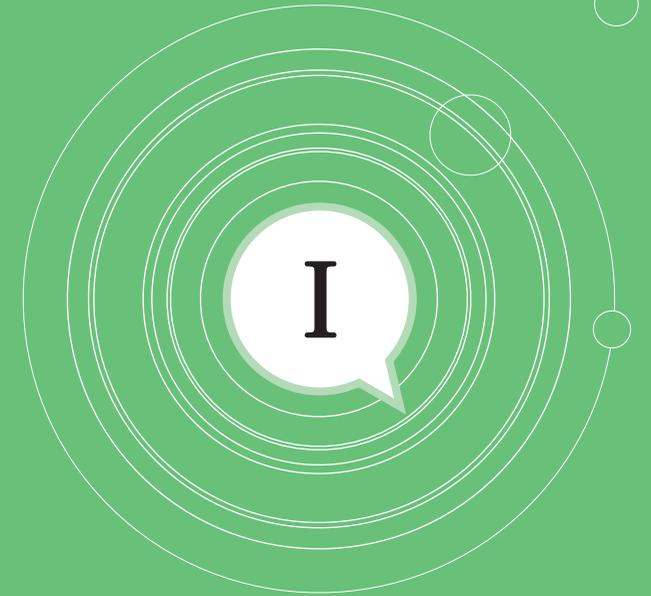


# Contents

	<b>I</b> 화학사고 예방을 위한 화재·폭발·누출의 이해	03
	<b>II</b> 사업장내 유해위험물질 취급에 따른 파악 방법	17
	<b>III</b> 화재 폭발 누출사고 발생률이 높은 물질별 설비별 One Point Lesson	31
	<b>IV</b> 화학설비 등의 주요 안전장치 안내	105
	<b>V</b> 자연재해 및 날씨(계절)별 화재·폭발·누출사고 예방대책	117
	<b>VI</b> 화재·폭발·누출 등 사고사례 및 예방대책	137
	<b>VII</b> 공정안전보고서 등 제도안내	177



작업전 안전점검 당신의 생명을 지킵니다

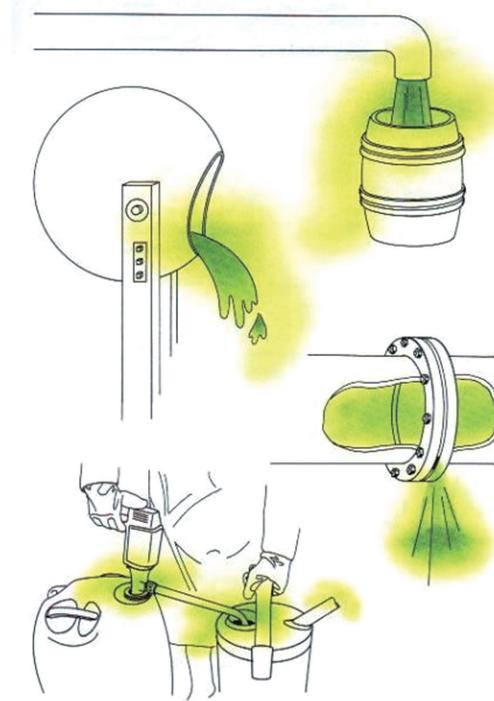


화학사고 예방을 위한  
화재 · 폭발 · 누출의 이해

# 1장 화재·폭발·누출 현상에 대한 이해

## 1. 작업장 내 인화성 가스, 증기 또는 미스트에 의한 화재·폭발 위험이 언제 발생되는가?

작업장 내 인화성 가스 또는 액체를 생산, 취급, 저장으로 인하여 이들 가스, 증기 또는 미스트가 생성 될 경우는 항상 폭발 위험은 존재한다.



[그림 1] 인화성 액체로부터 증기와 미스트 형성의 예

## 2. 인화성 액체란?

어떤 액체의 증기 또는 미스트가 공기와 혼합하여 폭발성 혼합물을 형성하는 경우로서

- 인화점 이상의 온도에서 액체로부터 가연성 증기가 발생된다.
- 액체를 스프레이 할 경우 미스트가 발생된다.

1장 화재·폭발·누출 현상에 대한 이해 5p

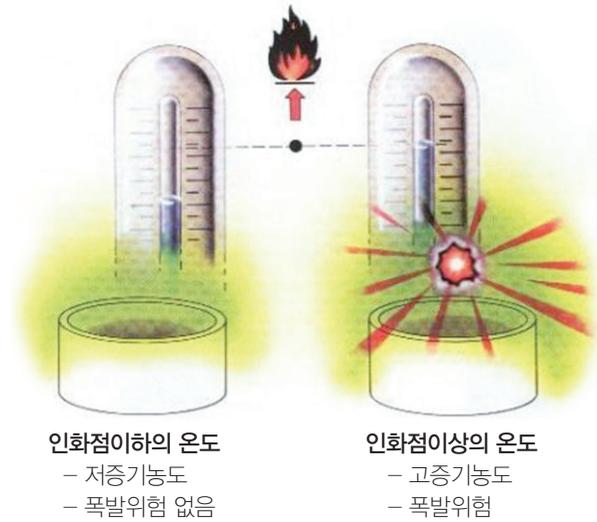
2장 화재·폭발·누출 방지 대책 11p

3장 화재·폭발·누출 영향 최소화 대책 14p

3. 인화성 액체의 인화점은?

인화성 액체의 표면이 증발되고 연소범위 혼합물이 형성되어 점화원을 가까이 했을 때 인화되는 가장 낮은 온도, 즉 불이 붙을 수 있는 가장 낮은 온도를 말한다.

증기농도가 작으면 불이 붙지 않으나 일정농도 이상 시 점화원에 의해 불이 붙게 된다.



[그림 2] 인화점의 의미

<표 1-1> 위험물질의 인화점과 발화점

구 분	인화점(°C)	발화점(°C)
메탄	-188	538
에탄	-135	515
부탄	-60	405
가솔린	-43	300
등유	35	229
경유	50~70	257
나프타	-49	288
아세톤	-17	558
톨루엔	4.4	480
크실렌	27.2	465
메틸알콜	11	385
에틸알콜	12.8	415
메틸에틸케톤(MEK)	-4	516

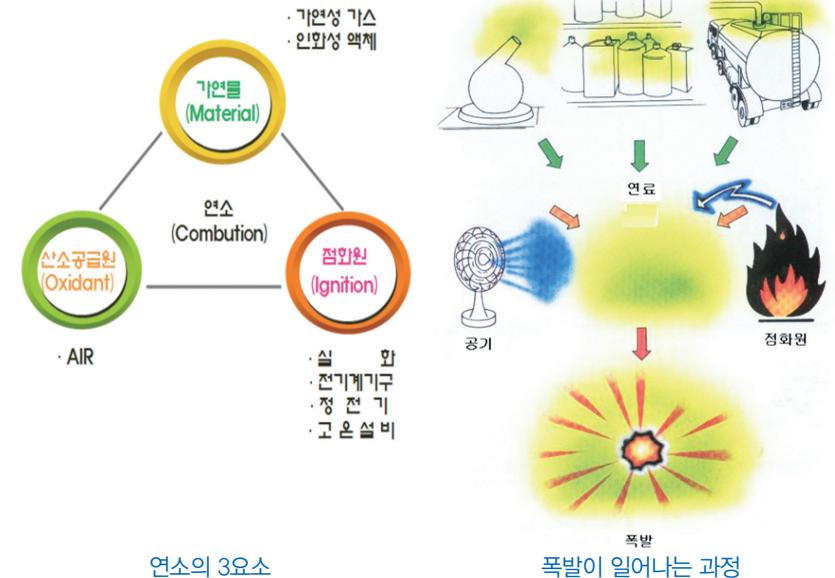
4. 폭발성 혼합물이란?

인화성 가스, 증기 또는 미스트가 점화되어 폭발반응이 자동으로 확산 가능한 충분한 양(폭발범위)으로 존재하는 경우를 말함

5. 화재·폭발은 언제 발생하는가?

가스, 증기 또는 미스트로 인한 폭발은 다음경우에 발생할 수 있다.

- 가스, 증기 또는 미스트가 폭발범위 내에 있을 경우
  - 충분한 가연물과 공기
- 유효 점화원
- 상기의 3요소가 같은 장소에 동시에 존재 할 경우 발생하며 3요소 중 1개 요소만 제거하면 폭발을 방지 할 수 있다.
- 여기에 연쇄반응이라는 요소가 추가되게 되면 연소가 지속될 수 있는 4요소를 구성하게 된다.



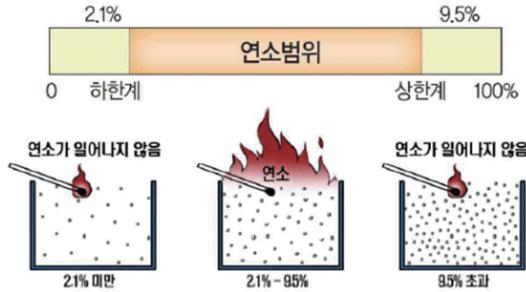
연소의 3요소

폭발이 일어나는 과정

6. 폭발범위란?

공기와 혼합된 가연성 가스, 증기 또는 미스트는 특정범위 내에서만 폭발이 가능하게 극히 적은 양이 존재하는 폭발 하한(LFL) 이하에서 혼합물은 농도가 너무 낮고 매우 많은 양이 존재하는 폭발 상한(UFL) 이상에서는 농도가 너무 진하여 폭발이 발생할 수 없으므로 폭발하한과 상한 사이에서만 폭발이 가능하게 이러한 범위를 폭발범위라고 말하며 단위는 vol% 또는 g/m<sup>3</sup>으로 표시한다.

폭발범위는 물질마다 다른 특징치를 갖고 있으며 알려지지 않은 물질의 경우는 실험에 의하여 결정 될 수 있다



〈표 1-2〉 위험물질의 연소범위

물 질 명	연소범위 (공기내의 부피%)	UFL - LFL	물 질 명	연소범위 (공기내의 부피%)	UFL - LFL
1. 산화에틸렌	3.6~100	96.4	11. 에틸알콜	3.3~19	15.7
2. 디보란	1~99	98	12. 아세톤	2.5~13	10.5
3. 아세틸렌	2.5~80	77.5	13. 메탄	5.3~14	8.7
4. 수소	4.1~74	69.9	14. 에탄	3.2~12.5	9.3
5. 트리클로로에틸렌	12~40	28	15. 프로판	2.4~9.5	7.1
6. 일산화탄소	12.5~74	61.5	16. 부탄	1.8~8.4	6.6
7. 메틸클로로포름	6.8~10.5	3.7	17. 펜탄	1.4~7.8	6.4
8. 카본디설파리드	1.25~44	42.8	18. 벤젠	1.4~6.7	5.3
9. 황화수소	4.3~45.5	41.2	19. 톨루엔	1.3~6.7	5.4
10. 암모니아	15~28	13	20. 가솔린	1.4~6.2	4.8

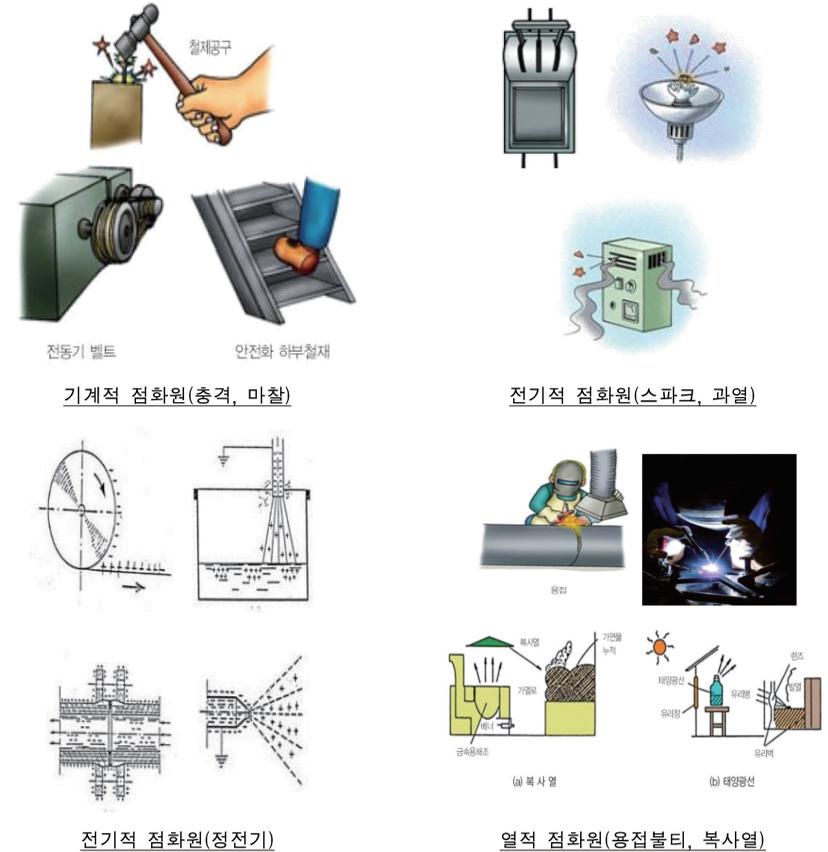
7. 충분한 산소농도란?

통상적으로 대기의 산소농도만으로 충분하며 어떤 인화성 가스, 증기 또는 미스트는 더 낮은 산소농도에서도 폭발이 가능하며 산소농도가 공기 중의 산소농도보다 높을 경우는 특별한 조치가 필요하다.

8. 점화원의 종류?

산업현장에서는 많은 점화원의 존재가 가능할 수 있지만 다음 점화원이 중요하다.

- 고온물체의 표면
- 화염, 불꽃, 불티
- 기계적 충격 및 마찰열
- 전기기계기구에서 발생하는 스파크(Spark)
- 정전기
- 단열압축열, 자연발화



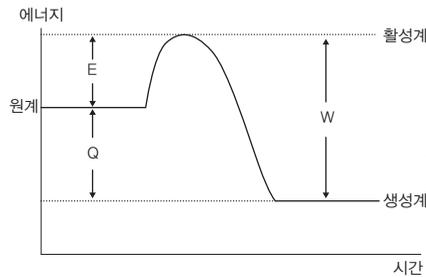
〔그림 4〕 가능한 점화원

9. 유효점화원이란?

연소가 지속적으로 유지될 수 있도록 가연성 혼합물에 충분한 에너지를 공급하는 점화원

〈표 1-3〉 위험물질의 점화에너지

구 분	mJ	Cal(10 <sup>-6</sup> )
수 소	0.017	4.06
아세틸렌	0.017	4.06
에틸렌	0.07	16.7
프로판	0.27	64.5
톨루엔	2.5	600



인화성액체 또는 인화성가스가  
공장내에서 취급될 때 **화재·폭발**  
위험은 항상 존재한다.

E : 점화에너지(점화원)  
Q : 연소열  
W : 방출에너지

폭발위험장소 설정(KS C IEC 60079-10-1) 등과 같은 위험성 평가 결과를 통하여 폭발위험이 존재할 수 있다고 판단되면 위험성을 사전에 차단하기 위하여 다음과 같은 안전조치들을 취할 수 있다.

- 폭발발생방지조치
- 폭발 결과 발생할 수 있는 위험성 방지 및 최소화

경우에 따라 위의 두 가지 가능한 조치의 조합이 필요할 수도 있으며 관리적인 조치도 병행 추진하여야 한다.

1. 폭발발생방지 조치

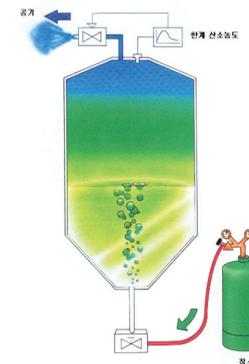
가스, 증기, 미스트로 인한 폭발 방지조치

- 폭발성혼합물이 조성에 필요한 산소농도 억제
- 유효 점화원의 확실한 차단
- 폭발이 더 이상 진전되지 못하도록 가연물과 공기혼합물의 농도를 최대한 낮게 유지
- 인화성 물질을 비인화성 물질로 대체

폭발성 혼합물이 조성될 수 없도록 하거나 점화원을 제거한다면 화재·폭발은 방지할 수 있다.

● 산소농도의 제한 (불활성화)

폭발이 일어날 수 없는 범위까지 산소를 질소 또는 이산화탄소 등과 같은 불활성가스로 대체 하는 방법을 취할 수 있는데 이 방법은 매우 효과적이거나 밀폐단위 공정에서만 적용이 가능하며 시스템의 가스 밀폐도와 크기에 따라 불활성기체 소모비용과 제어 또는 감시 장비 추가설치 비용의 부담이 있다.



[그림 5] 불활성화



[그림 6] 점화원 차단

- 유효 점화원의 차단

다음 그림에 묘사된 방법과 같은 조치를 취 할 수 있으며 이러한 방법을 단일적으로 취할 경우 일반적으로 신뢰성이 떨어지므로 반드시 부가적인 조치가 필요하다.

폭발성 혼합물이 조성될 수 없도록 하거나 점화원을 제거한다면 화재·폭발은 방지할 수 있다.

- 폭발성혼합물 조성 억제

폭발성혼합물의 조성은 다음조치를 취함으로써 억제될 수 있다.

- 환기
- 인화성 가스감지기와 환기설비의 연동조치

- 환기

환기를 실시하는 방법에는 개방된 공간에서 흐르는 공기로 충분한 환기가 이루어지는 자연환기방식과 공기의 흐름이 제한된 공간에서 실시하는 강제환기방식이 있는데 이들 두 방식에는 차이점이 있다.

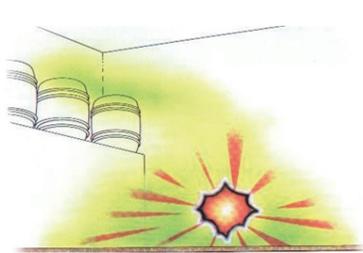
- 강제환기는 자연환기와는 대조적으로 더욱 많은 공기량의 흐름과 공기가 선택적으로 흐를 수 있는 덕트가 필요하나 제한된 공간에 요구되는 농도를 비교적 정확하게 조절 가능하다.

- 공기에 대한 증기 또는 가스의 상대밀도와 환기에 대한 영향

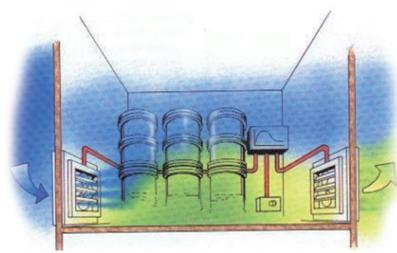
강제 환기를 실시할 경우 반드시 인화성가스 또는 증기의 밀도를 반드시 고려하여야하는데 일반적으로 인화성액체의 밀도는 공기밀도보다 높다.

- ※ 즉, 같은 부피의 공기보다 인화성액체의 증기가 무겁다는 것을 의미하며 수소, 메탄, 일산화탄소, 에틸렌, 시안화수소, 암모니아, 아세틸렌 등을 제외한 가스들도 거의 대부분이 공기보다 무겁다.

따라서 공기보다 무거운 가스 또는 증기의 경우 가연성 가스감지기의 감지부(Sensor)나 가스 흡입후드 또는 배관의 위치는 바닥에 가까운 장소에 설치하여야하며, 공기보다 가벼운 가스의 경우 천장에 가까운 장소에 설치되어야 한다.



[그림 7] 증기의 행태



[그림 8] 강제환기와 연계한 가스경보기 사용

- 인화성가스 감지 경보기 설치

인화성 가스 감지 경보기는 폭발위험이 있는 장소에 설치되어 안전한 운전조건 내(폭발하한의 25%이하)에서 작동될 수 있도록 감시하며 가스감지 및 경보 시 비상절차에 따라 공장 또는 단위 설비가 정지될 수 있도록 긴급차단밸브 등 다른 방호조치와 연동되도록 하여 한다.

또한 가스 감지 경보기는 장소에 따라 적합하게 설치되어야하며 경보기 수신반은 항상 감시가 가능한 지역에 설치하고 감지기 설치 위치를 쉽게 알 수 있도록 배치도를 비치하여야한다. 그리고 주기적으로 감지부(Sensor)등을 정비 점검하여 항상 정상적으로 작동 될 수 있도록 유지관리를 철저히 하여야 한다.

- 인화성물질을 비인화성 물질로 대체

이 방법의 적용은 상당히 제한적이며 다음과 같은 몇몇 경우에 대체가 가능하다.

- 가연성 용제 또는 세척제를 물이나 비가연성 할로겐화 탄화수소류로 대체
- 인화점이 낮은 탄화수소를 취급온도보다 훨씬 높은 온도의 인화점을 가진 탄화수소류로 대체
- 가연성 유압유를 할로카본 오일로 대체

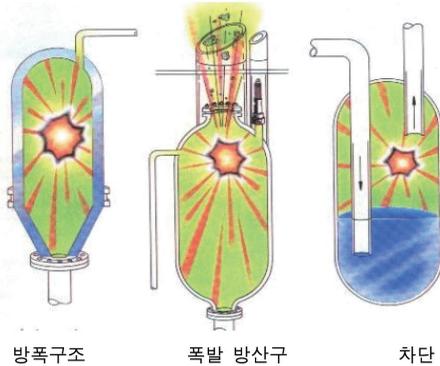
폭발을 완벽하게 방지할 수 없는 경우 당해 설비에서 일어날 수 있는 최대 폭발압력에 견딜 수 있도록 용기를 설계하거나 폭발을 최소화 할 수 있는 조치를 취하여야하는데 이러한 조치들을 구조적인 안전조치 라고 하며 설치되는 모든 용기 등 공정기기는 공정기내에서 폭발이 일어나더라도 작업자에게 상해를 유발시킬 수 없도록 함은 물론 건물이나 다른 설비에도 최소한의 손상만을 줄 수 있도록 설계하여야 한다.

## 1. 구조적인 안전조치

폭발의 영향을 최소화하기 위한 조치

- 방폭 구조 (Explosion-resistant)

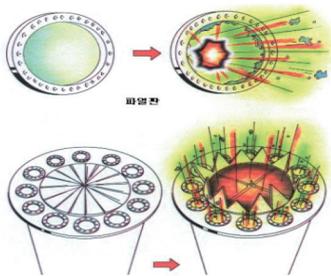
예상되는 폭발압력에 견딜 수 있도록 설계



[그림 9] 구조물의 예

- 폭발 방산구 (Explosion venting)

보호기기의 설계압력과 같거나 낮은 압력에서 작동하여 보호기기를 이상압력으로부터 보호 할 수 있도록 파열판 등의 안전장치를 보호기기에 설치



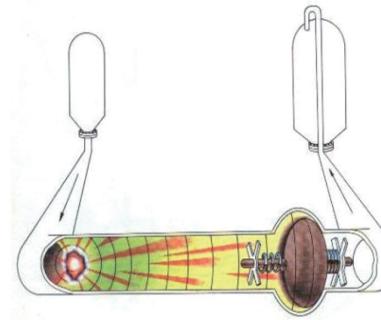
[그림 10] 폭발 방산구 장치의 예

- 폭발 억제(Explosion suppression)

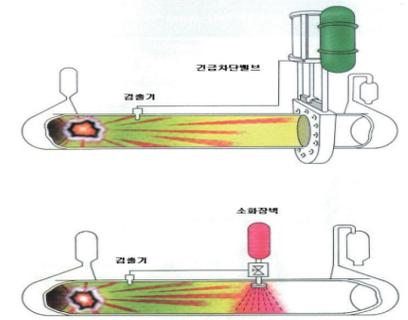
폭발의 초기 단계에서 발생하는 불꽃이나 압력파 등을 조기에 감지하여 소화약제 등의 신속한 투입을 통하여 폭발을 초기에 억제

- 폭발 차단(Explosion isolation)

폭발위험이 있는 용기 또는 단위공정 등이 배관으로 연결되어 있는 경우 적절한 장치(긴급차단밸브, 자동차단 소화설비 등)를 설치하여 폭발로부터 이들 용기 또는 단위공정 사이를 격리시킴으로서 폭발을 극히 작은 지역으로 제한



[그림 11] 긴급차단밸브에 의한 폭발 차단



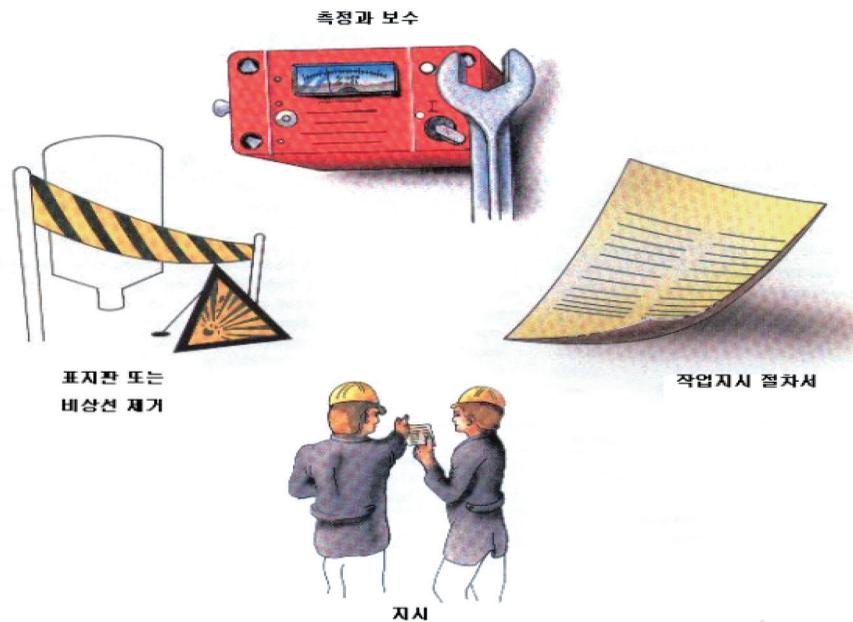
[그림 12] 긴급차단밸브 또는 소화장비에 의한 폭발 차단

적정한 방호조치수단의 선택은 해당분야의 전문가에 의해 결정되어야 한다.

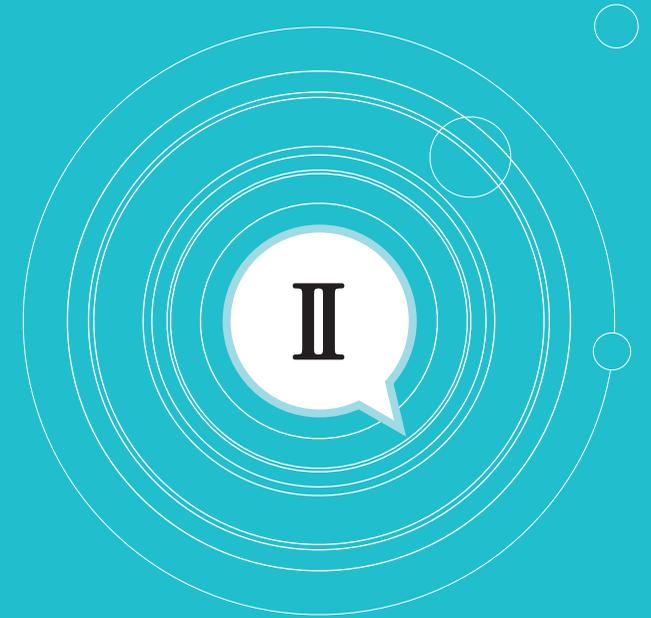
## 2. 관리적인 안전조치

발위험을 최소화하기 위하여 공정설비에 대한 각종 기술적인 안전조치는 물론 휴먼에러를 방지하기 위한 공정안전관리제도의 시행 등을 통하여 다음과 같은 관리적인 안전조치의 확보가 병행되어야 한다.

- 정비유지보수절차
- 안전작업허가 및 위험지역 표시
- 안전작업절차
- 정기적인 근로자 안전교육 및 훈련
- 비상시 조치계획 및 훈련
- 변경관리
- 협력업체 안전관리 등



[그림 13] 관리적 안전조치 예



# 사업장내 유해위험물질 취급에 따른 파악 방법



## 물질안전보건자료(MSDS)의 이해



### 물질안전보건자료(MSDS)란?

- 물질안전보건자료(MSDS, Material Safety Data Sheet)란 물질에 관한 여러 가지 정보를 담은 자료를 말한다.
- 물질에 관한 정보는 그 물질의 이름, 성분, 유해성, 위험성, 보관방법, 다룰 때 주의할 점, 필요한 보호구, 몸에 묻거나 먹었을 때 등의 응급조치 등 여러 가지 정보가 포함된다.



### ✓ 물질안전보건자료의 필요성

#### [ 사례 ]

- 사례 1 : 경기도 소재 사업장에서 수산화테트라메틸암모늄(TMAH)이라는 세척제가 몸에 쏟아졌으나 해당물질의 유해·위험성을 알지 못한 근로자가 작업이 끝난 후 닦으려고 하다가 급성 중독으로 사망
- 사례 2 : 충북 소재 사업장에서 수산화테트라메틸암모늄(TMAH)이 작업자의 얼굴, 목 등 부위에 분사되어 샤워실에서 얼굴, 목 등을 닦았으나 20여분이 지난 후 급성중독으로 사망

- 수산화테트라메틸암모늄에 대한 물질안전보건자료(MSDS)의 유해위험문구에 “피부와 접촉하면 치명적임”, “근육약화 및 호흡기마비를 야기함”, “미스트 및 에어로졸 형태로 흡입시 기도에 자극성이 있음” 등의 정보가 포함되어 있으나 작업자는 해당 내용을 알지 못하고 일하던 중 사망하였다.
- MSDS 교육을 통해 안전한 작업방법 및 보호구를 착용하고 작업을 할 경우 사고를 예방할 수 있다.





물질안전보건자료(MSDS)의 이해

### 물질안전보건자료 교육

#### ✓ 물질안전보건자료 교육

- 유해성·위험성이 유사한 대상화학물질을 그룹별로 분류하여 교육 가능
- 교육을 했을 때에는 교육시간 및 내용 등을 기록·보존
- 교육시기
  - 대상화학물질을 제조·사용·운반 또는 저장하는 작업에 근로자를 배치하게 된 경우
  - 새로운 대상화학물질이 도입된 경우
  - 유해성·위험성 정보가 변경된 경우
- 교육내용
  - 대상 화학물질의 명칭(또는 제품명)
  - 물리적 위험성 및 건강 유해성
  - 취급 주의사항
  - 적절한 보호구
  - 응급조치 요령 및 사고시 대처방법
  - 물질안전보건자료 및 경고표지를 이해하는 방법



#### ✓ 물질안전보건자료의 작성·비치 등 제외 제외

(산업안전보건법 시행령 제32조의 2)

- 「원자력안전법」에 따른 방사성물질
- 「약사법」에 따른 의약품·의약품외품
- 「화장품법」에 따른 화장품
- 「마약류관리에 관한 법률」에 따른 마약 및 향정신성의약품
- 「농약관리법」에 따른 농약
- 「사료관리법」에 따른 사료
- 「비료관리법」에 따른 비료
- 「식품위생법」에 따른 식품 및 식품첨가물
- 「총포·도검·화약류 등 단속법」에 따른 화약류
- 「폐기물관리법」에 따른 폐기물
- 「의료기기법」제2조1항에 따른 의료기기
- 위 11 가지 외의 제제로서 주로 일반 소비자 생활용으로 제공되는 제제
- 그 밖에 고용노동부장관이 독성·폭발성 등으로 인한 위해의 정도가 적다고 인정하여 고시하는 제제
  - 위 적용대상 물질의 분류기준에 해당되지 않는 물질. 다만, 물리적 위험성에 해당하는 물질이 1% 미만 함유된 제제를 포함
  - 고형화된 완제품으로서 취급근로자가 작업 시 그 제품과 그 제품에 포함된 대상화학물질에 노출될 우려가 없는 제제(다만, 발암성물질이 함유된 제품은 제외)



유해위험물질 취급관리(01)

## 화학물질의 인화성에 대한 이해



### 화학물질의 인화성이란?

- 화학물질이 얼마나 쉽게 연소가 이루어지는가에 대한 위험정도를 의미
- 인화성이 높으면 쉽게 불이 붙고, 화재위험이 높다고 할 수 있음
- 인화성이 높은 화학물질은 화재와 폭발을 유발함

#### 화재·폭발 사례



[탱크화재]



[드럼 저장소 화재]



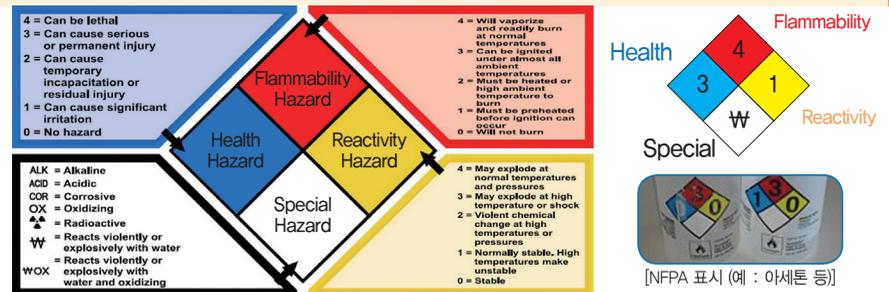
[LPG탱크의 BLEVE 폭발]



[메탄가스 실내폭발]

#### 안전 TIP : 화학물질 위험성 분류

- 미국 NFPA(National Fire Protection Association) 704의 물질 위험 등급 분류 기준에 유해성(건강), 인화성(화재), 반응성(폭발), 기타 특성 위험으로 구분 됨
  - NFPA지수의 의미는 4(매우 높은 위험), 2(보통), 0(위험 없음)이고, 대부분 사고사례는 직업병/중독사망은 유해성 3 이상, 화재는 인화성 3 이상, 폭발은 반응성 1이상의 물질이 관계되어 있음
  - 해당 지수는 MSDS 2번 항목의 유해성·위험성에 언급되고, 용기·저장탱크 등에 부착되는 경우가 있음



- 고용노동부 고시 「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준, 예 물리적 위험성(16종), 건강 유해성(11종), 환경 유해성(1종)으로 물질을 분류하고, 각 분류별로 다른 위험지수를 적용(1~6, A~F 등)



화학물질의 인화성에 대한 이해

## 화학물질 인화성의 파악방법

### • 인화점

- 화학물질의 인화성은 인화점이 가장 중요하며, 인화점이 낮을수록 위험하다.
- 화학물질에서 증발된 증기가 공기와 섞여서 최저폭발범위 이상의 가연성 혼합기체를 형성하는 최저온도를 말한다.
- 액체상태의 물질은 인화점 이하의 온도에서 화재나 폭발이 일어나지 않는다.
- 기체상태의 물질은 연소범위만 조성되면 화재나 폭발이 가능하다.
- 각 법과 기준의 인화성 위험분류도 인화점을 기준으로 한다.

### 1) 산업안전보건법

- 인화성액체 : 인화점 60°C 미만의 물질

### 2) 위험물안전관리법

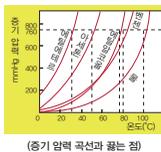
제4류(인화성액체) 물질분류	정의
제1석유류	인화점 21°C 미만(아세톤, 휘발유 등)
제2석유류	인화점 21°C 이상 70°C 미만(등유, 경유 등)
제3석유류	인화점 70°C 이상 200°C 미만(중유 등)
제4석유류	인화점 200°C 이상 250°C 미만(기어유 등)

### 3) NFPA 지수의 인화성 분류

인화성 지수	정의 및 대상물질
4	인화점 23°C 미만 및 비등점 38°C 미만(LNG, 실린)
3	인화점 23°C 미만이고 비등점 38°C 이상 인화점 23°C 이상 38°C 이하(휘발유, 아세톤, 등유)
2	인화점 38°C 이상 93°C 이하(경유, 중유)
1	인화점 93°C 이상(식용유, 열매체유)
0	타지 않음(물)

### • 증기압

- 액체의 증기압이 높을수록 증기화되는 양이 많아지고 인화점은 낮아짐
- 온도가 높을수록 증기압은 증가하고, 증기압이 1기압(760mmHg) 이상이면 기체로 존재함
- 증기압이 17기압이 되는 지점을 비등점이라 함



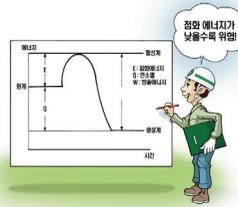
(증기 압력 곡선과 끓는 점)

### • 발화점

- 점화원이 없는 상태에서 물질자체의 에너지로 인해 연소가 발생 하는 온도
- 대부분 발화점은 400~500°C 내외이나 특이하게 낮은 경우 위험하다(예 : 이황화탄소 102°C) 방폭기기의 온도등급(TA, TB, TC)을 결정함

### • 점화에너지

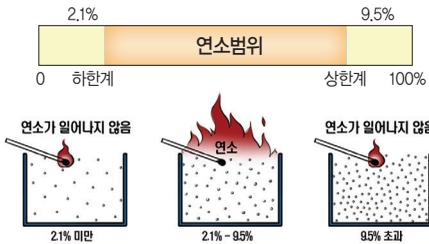
- 점화에너지가 낮으면 쉽게 불이 붙고 점화에너지가 높으면 연소에 필요한 활성화에너지가 높아 쉽게 불이 붙지 않는다.



- 대부분 물질의 점화에너지는 0.2~2.5mJ 내외이나 수소는 0.02mJ로서 정전기로도 쉽게 점화되며, 암모니아는 수백mJ로서 점화위험성이 낮다.

### • 폭발범위(Explosion Limit) 또는 연소범위 (Flammability Limit)

- 증기나 가스는 폭발범위 내에서만 연소가 가능하다. 폭발하한계가 낮거나 폭발범위의 폭이 클수록 인화성위험이 높다.



### • MSDS의 내용

- 2. 유해성·위험성항목에 포함된 유해성·위험성 분류 내용, 경고표지항목에 포함되는 그림문자, 신호어, 유해·위험문구, 예방조치문구 등
- 그림문자 가 있는 경우 인화성물질이므로 화재폭발 예방 조치와 관련된 내용을 검토
- 물질위험분류 수치는 낮을수록(1, A 등) 위험이 높으므로 NFPA 지수와 혼동하지 않도록 한다.



유해위험물질 취급관리(02)

## 화학물질의 유해성에 대한 이해



### 화학물질의 유해성이란?

- 화학물질로 인하여 생물체, 특히 인체의 건강과 생명에 어느 정도의 유해한 정도를 미치는가에 대한 정도와 특성
- 유해성이 높은 화학물질은 직업병, 작업중 고농도 폭로로 인한 중대재해, 환경피해 및 이로 인한 민원 등 사업장 내부 및 외부의 문제를 야기시킴



[독성물질 누출사고 영향]



[독성물질 누출로 인한 농작물 고사]

- 가스상태 독성물질의 다량누출시 상상하기 어려운 피해를 초래할 수 있으므로, 만일의 누출시 누출농도와 피해범위를 미리 예측 평가하고 그 결과를 바탕으로 사고확률 감소조치, 만일의 사고시 대응조치, 대피반경 설정 등 사고대응조치를 준비

독성 Level	관심농도	농도값의 의미(1시간내 미대피시)
1	ERPG 1	사망가능
2	ERPG 2	중상가능
3	ERPG 3	상해가능

\* ERPG (Emergency Response Planning Guideline) : 미국 AIHA에서 비상대피와 관련하여 1시간내 대피하지 않을 경우 발생할 수 있는 상황별 농도

### 물질 유해성의 파악방법

#### • 급성독성 물질 대상여부 및 독성치

- 급성독성 물질은 그림 표지 의미 그대로 치명적 재해(사망) 및 직업병과 관련이 높음 (급성독성 물질기준(안전보건규칙 별표1의 7항))
  - 1) LD<sub>50</sub>(경구, 쥐) 300mg/kg-(체중) 이하인 화학물질
  - 2) LD<sub>50</sub>(경피, 토끼 또는 쥐) 1000mg/kg-(체중) 이하인 화학물질
  - 3) 가스 LC<sub>50</sub>(쥐, 4시간 흡입)이 2500ppm 이하인 화학물질, 증기 LC<sub>50</sub>(쥐, 4시간 흡입)이 10mg/l 이하인 화학물질, 분진 또는 미스트 1mg/l 이하인 화학물질
- \* LD(Lethal Dose), LC(Lethal Concentration)
- \* LD<sub>50</sub>과 LC<sub>50</sub>은 해당 생물체에 임의로 마시거나, 피부를 통해 흡수시키거나, 흡입하게 했을 때 50%가 죽는 확률의 농도를 말한다.
- 화학물질의 유해성은 독성치인 LD<sub>50</sub> 경구, LD<sub>50</sub> 경피, LC<sub>50</sub>의 값을 주로 참고한다.
- NFPA의 유해성 등급분류도 LC<sub>50</sub> 값을 기준으로 함

《표》 NFPA 유해성 등급분류의 LC<sub>50</sub> 기준

유해성지수	건강위험
4	LC <sub>50</sub> 1000ppm 이하 (예 : 염소, 불화수소)
3	LC <sub>50</sub> 3000ppm 이하 (예 : 포스겐, 염화수소)
2	LC <sub>50</sub> 5000ppm 이하 (예 : 메틸알콜, 메틸알콜)
1	LC <sub>50</sub> 10000ppm 이하 (예 : 질산암모늄)
0	무해(물)

\* 산안법상 급성독성물질(LC<sub>50</sub> 2500ppm 이하)은 NFPA 지수 3 또는 4에 해당



2013-교육미디어-1243



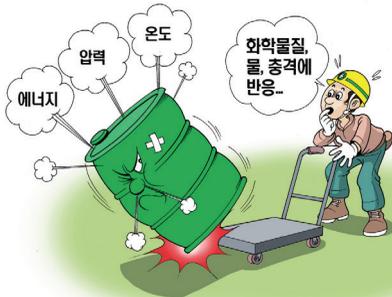
유해위험물질 취급관리(03)

# 화학물질의 반응성에 대한 이해



## 화학물질의 반응성이란?

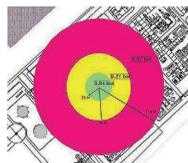
- 화학물질이 다른 화학물질, 물 또는 충격에 반응하여 상당한 에너지, 압력파, 압력, 온도의 상승을 유발하는 특성을 말할



- 반응성의 정도는 반응조건에 의해서 반응 후 발생하는 에너지의 강도가 포함되어 분류됨
- 반응성이 높은 화학물질은 강력한 폭발을 수반하며 이로 인한 2차 화재, 건물의 붕괴나 물체의 비재로 작업자 및 인근주민의 치명적인 상해사고를 유발함
- 반응성 물질은 많지 않지만 사고시 큰 피해를 주게 되므로 반응성이 있는 물질의 파악과 반응조건에 대한 파악이 매우 중요함
- 반응조건에 따른 제어방법, 만일의 반응사고시 피해 예측과 이에 따른 이격거리 확보, 방폭벽설치, 사고 예방방안, 사고시 대응방안보완 등의 조치가 필요함

(폭발시 피해예측 사례)

폭발압력 Level	관심값(bar)	예상피해	반경(m)
1	0.84	구조물전파	23
2	0.21	철골파손	56
3	0.07	고막파열	114



- NFPA 지수 3개 분야(유해성, 인화성, 반응성) 중 반응성 지수는 등급1 물질도 대폭발을 야기하므로 일단 반응성 지수가 1 이상이면 상당히 정밀한 검토가 필요함

<사고사례>

- 2012년 화성 0000 혼합조 폭발사고 유발물질 : AIBN(반응지수 3)
- 2008년 김천 000유화 반응중 폭발사고 유발물질 : 프루프릴알콜(반응지수 1)



화학물질의 반응성에 대한 이해

## 물질 반응성 파악방법

- NFPA 704의 분류에 따른 반응성지수를 확인하는 것이 가장 쉽고 합리적이다.
- 특별한 조건에서의 반응성은 NFPA 지수 표시 사각형 하단에 별도의 문자로 표시된다.  
예) W(물반응성), OX(산화성 물질)
- MSDS 2, 유해성·위험성항목에 포함된 유해성·위험성 분류 내용, 경고표지항목에 포함되는 그림문자, 신호어, 유해·위험문구, 예방조치문구 등
  - 산화성 물질( ), 폭발성물질( )은 반응성이 높으며 부식성 물질( )도 대부분 NFPA 반응성 지수가 1 이상이다.

## 반응성물질 취급시 유의사항

### 취급 중 반응성에 영향을 미치는 요소

- 취급온도 및 압력
  - 중합반응시 폭발할 수 있는 물질(NFPA 반응성 지수 1)의 경우 취급온도와 압력이 상승하면 어느 순간 반응성이 급격하게 높아지고 반응 폭주가 발생한다.



### 반응성 화학물질 취급에 따른 준수사항

- 화학물질취급시 작업현장에 관련 안전보건표지 부착 (예: 등)
- 화학물질의 유해위험성, 올바른 취급방법, MSDS의 이해방법 등을 교육
- NFPA 반응성지수가 1 이상인 경우 MSDS의 '10항 안정성 및 반응성'에서 반응을 일으키는 조건과 '7항 취급 및 저장방법'의 내용대로 저장, 취급하는지 확인
- NFPA 반응성지수가 1 이상인 경우 물과의 반응성이 있는 경우가 있고, 화재시 물을 사용한 주수 진화시 오히려 더 큰 폭발을 유발할 수 있음
  - MSDS의 '5항 폭발화재시 대처방법'에 물 사용 가능 또는 불가능 여부 확인



화학물질의 반응성에 대한 이해

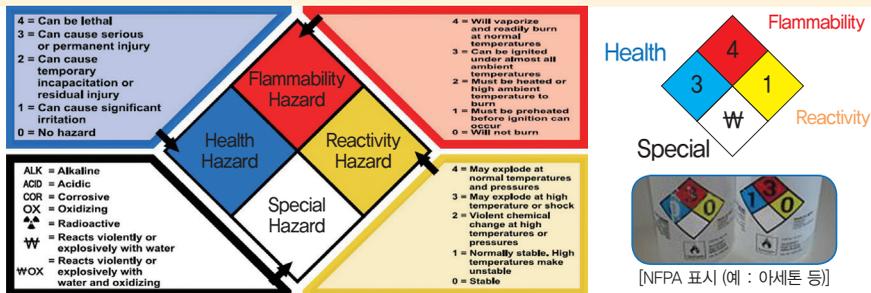
III 관련 법규 및 안전보건기준

- **산업안전보건법**
  - 제12조(안전보건표지설치) 취급장소 및 설비에 금지, 경고, 지시, 안내 표지 부착
  - 제31조(안전보건교육) 물질취급 특별위험 작업안전보건 및 MSDS 내용
  - 제41조(물질안전보건자료의 작성 및 비치) MSDS 확보, 교육, 물질경고표시 등
  - 제49조의2(공정안전보고서 제출) 대상물질 규정량 이상 취급시 공정안전보고서 제출
- **산업안전보건기준에 관한 규칙**
  - 제225조(위험물질 작업시의 조치) 폭발성물질, 산화성액체 등의 가열, 마찰, 충격 금지
  - 제226조(물과의 접촉금지) 물반응성 물질, 인화성고체는 물과의 접촉 금지
  - 제229조(산화에틸렌의 취급) 산화성물질의 주입 및 저장시 내부 불활성화
  - 제235조(서로 다른 물질의 접촉에 의한 발화 등의 방지)
  - 제2장-제4절(화학설비·압력용기 등)
- **위험물안전관리법**
  - 시행령 별표2(위험물의 범위)
  - 시행규칙 별표4(제조소의 위치·구조 및 설비의 구조)

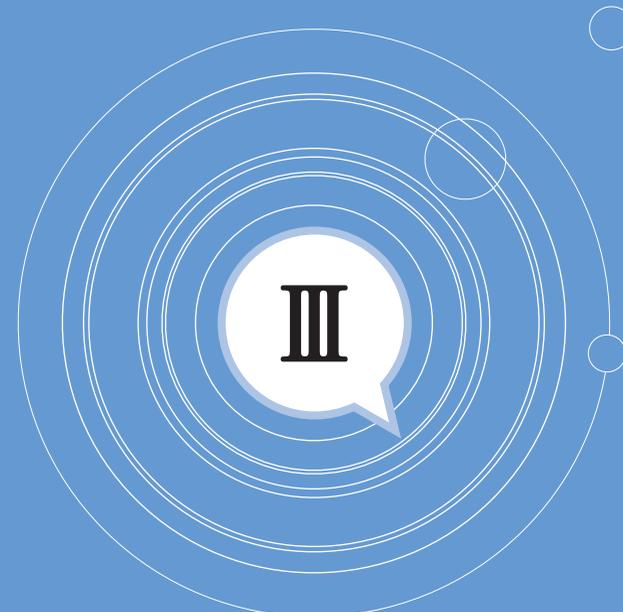


안전 TIP : 화학물질 위험성 분류

- 미국 NFPA(National Fire Protection Association) 704의 물질 위험 등급 분류 기준에 유해성(건강), 인화성(화재), 반응성(폭발), 기타 특성 위험으로 구분됨
  - NFPA지수의 의미는 4(매우 높은 위험), 2(보통), 0(위험 없음)이고, 대부분 사고사례는 직업병/중독사망은 유해성 3이상, 화재는 인화성 3이상, 폭발은 반응성 1이상의 물질이 관계되어 있음
  - 해당 지수는 MSDS 2번 항목의 유해성·위험성에 언급되고, 용기·저장탱크 등에 부착되는 경우가 있음



- 고용노동부 고시「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」에 물리적 위험성(16종), 건강 유해성(11종), 환경 유해성(1종)으로 물질을 분류하고, 각 분류별로 다른 위험지수를 적용(1~6, A~F 등)



화재 · 폭발 · 누출사고 발생률이 높은  
물질 · 설비별 One Point Lesson



유해위험물질 취급관리(04)

## 인화성가스



### 인화성가스란?

- 폭발한계 농도의 하한(폭발하한)이 13퍼센트 이하 또는 상하한의 차가(폭발상한-폭발하한)가 12퍼센트 이상인 것으로서 1기압 20℃에서 가스 상태인 물질
- 수소, 아세틸렌, 에틸렌, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 도시가스(NG), LPG, 암모니아 등
- ※ 폭발하한(LEL : Lower Explosive Limit) : 공기 중에서 인화성가스 등의 농도가 이 값 미만에서는 폭발되지 않는 한계
- ※ 폭발상한(UEL : Upper Explosive Limit) : 공기 중에서 인화성가스 등의 농도가 이 값을 넘는 경우에는 폭발되지 않는 한계



### 인화성가스의 종류

물질명	Cas. No	주요 용도	유해위험성				
			인화성	고압가스	발암성	산화성	자극성/특정독성
수소	1333-74-0	암모니아, 염산, 메탄을 합성 원료, 수소첨가제	☠	☠			
아세틸렌	74-86-2	용접·절단용 가스 합성섬유 및 고무 원료	☠	☠			!
에틸렌	74-85-1	석유화학제품 원료		☠		☠	
메탄	74-82-8	메탄올 원료, 천연가스 주성분	☠	☠			
에탄	74-84-0	염소화 유도체, 냉동제	☠	☠			!
프로판	74-98-6	LPG 성분, 냉매	☠	☠			!
부탄	106-97-8	냉동제, 첨가제, LPG 성분	☠	☠	☠		!
천연가스	8006-14-2	연료	☠				
LPG	68476-85-7	가정용 연료, 용접	☠	☠	☠		

1장 물질 - 인화성 가스 33p

2장 물질 - 인화성 액체 37p

3장 물질 - 수소 41p

4장 물질 - 가연성 분진 45p

5장 물질 - 황산(Sulfuric acid) 47p

6장 물질 - 염산(Hydrochloric acid) 51p

7장 물질 - 불산(Hydrofluoric acid) 55p

8장 설비 - 드럼(Drum) 59p

9장 설비 - 저장탱크 61p

10장 설비 - 용해로 63p

11장 설비(장비) - 에어재킷(Air Jacket) 67p

12장 설비 - 반응기(Reactor) 71p

13장 설비 - 건조설비 74p

14장 설비 - 보일러(Boiler) 78p

15장 설비 - 공기압축기 82p

16장 설비 - 탱크로리 86p

17장 용접·용단 작업 90p

18장 화학물질 세척작업 102p

 인화성가스

## 인화성가스 취급관리

### 유해위험요인

- 누출되어 밀폐된 공간에 가스가 축적될 때 점화원에 의해 화재나 폭발 발생
- 용기파손에 의한 누출 및 폭발 위험
- 화염 또는 가스(액화가스)와 접촉 시 화상 또는 동상 위험

### 취급시 주의사항 및 예방조치



개인보호구 착용

배기설비 가동 / 용기 밀폐

금연 화기엄금

밀폐공간에서는 공기공급식 송기마스크 착용  
면 마스크, 일반방진 방독 마스크 착용 금지

- 안전하게 취급
  - 누출되면 쉽게 화재를 유발하므로 누출되지 않는 밀폐구조로 취급
  - 인화성가스 사용, 저장장소는 누설 여부를 알 수 있도록 가스경보장치 설치
  - 인화성가스 취급장소에서는 흡연, 용접, 그라인딩 작업, 비방폭형 전기기기 사용을 금지하고, 접지 조치로 인체 및 설비 정전기를 없애는 등 점화원 제거
- 안전하게 저장
  - 직사광선을 피하고 환기가 잘 되는 곳에 저장하여 용기온도를 40°C 이하로 유지
  - 용기가 넘어질 위험이 없도록 하고 용기에 충격 행위 금지
  - 운반하는 경우에는 캡을 씌울 것. 캡은 전용 도구로 개방할 것
  - 커플링 연결시 규정된 힘으로 체결/분리하고 와서는 1회 사용 후 폐기
  - 용기의 부식·마모 또는 변형상태를 점검 후 사용
- 누출 및 화재폭발시 대응방법
  - 인화성가스 누출시 지연된 폭발을 수반하는 경우가 많으므로 원격이나 안전한 방법으로 차단할 수 없으면 접근을 지양하고 경보 후 대피 조치
  - 폭발 후 누출로 인한 Jet Fire 발생시 가스차단 외에는 소화할 수 없으므로 다 타도록 내버려 두고 인접시설의 피해방지에 주력

 인화성가스

## 관련 법규 및 안전보건기준

### 산업안전보건법

- 제12조(안전보건표지설치) 취급장소 및 설비에 금지, 경고, 지시, 안내 표지 부착
- 제31조(안전보건교육) 물질취급 특별위험작업 안전보건 및 MSDS 내용
- 제41조(물질안전보건자료의 작성 및 비치) MSDS 확보, 교육, 물질경고표시 등
- 제49조의2(공정안전보고서 제출) 규정량 이상 취급설비의 공정안전보고서 제출

### 산업안전보건기준에 관한 규칙

- 제230조(폭발위험이 있는 장소의 설정 및 관리) 폭발위험장소 구분도 작성·관리
- 제232조(폭발 또는 화재 등의 예방) 통풍·환기 조치 및 가스검지 및 경보장치 설치
- 제239조(위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용 금지)
- 제311조(폭발위험장소에서 사용하는 전기 기계·기구의 선정 등) 방폭형 전기기기 사용



### 법적 규제사항

- 산업안전보건법
  - 공정안전보고서 제출 대상 : 1일 5,000kg 이상 제조·취급, 200,000kg 이상 저장
  - ※ 수소 1일 제조·취급·저장 50,000kg 이상, 암모니아 1일 제조·취급·저장 200,000kg 이상
- 고압가스안전관리법
  - 사용신고 및 완성·정기검사(제20조) : 수소, 액화암모니아, 아세틸렌, 천연가스
  - ※ 저장능력 250kg 이상인 액화가스저장설비
  - 저장능력 50m³ 이상인 압축가스저장설비
  - 배관으로 특정고압가스(천연가스)는 제외한다를 공급받는 경우



인화성가스

## 재해사례 : 산소-LPG 배관 절단작업 중 폭발

### 개요

발전기를 교체하고자 발전기 및 관련 설비 철거작업 중 가스압축기실 내에 있던 메탄가스 유입배관의 차단 밸브를 해체하자 메탄가스가 발전기실 내부로 유입되어 폭발분위기를 형성하고 산소-LPG 절단기로 배관을 절단시 발생한 용단불꽃에 의해 점화되어 폭발한 사고



### 발생원인

- 가스취급 배관 해체작업에 대한 작업준비 및 안전작업허가 미흡
- 인화성가스 농도 미측정 등 폭발이나 화재 예방조치 미흡
- 가스누출이 인지되었음에도 작업지속 및 안전한 장소로 대피조치 미실시
- 하청업체 관리감독 소홀

### 예방대책

- 위험작업에 있어 정확한 작업 지시 및 안전작업허가에 따른 안전조치 확인
- 작업시 충분한 환기 실시 및 수시로 인화성가스 농도 측정
- 화재폭발 등 급박한 위험이 있을 때 작업중단 및 신속한 대피조치
- 공사 하도급 관계에서의 관리감독 및 사전 안전조치 철저



## 2장 물질 - 인화성 액체



유해위험물질 취급관리(05)

## 인화성액체



### 인화성액체란?

인화성액체란 상온상압(섭씨 20도 1기압)에서 액체상태로서 불에 탈 수 있는 물질을 말하며 국내에서는 통상적으로 산업안전보건법과 위험물안전관리법에 따라 인화성액체를 관리하고 있음

#### 산업안전보건법

- 인화성액체란 표준압력(101.3kPa)하에서 인화점이 60°C 이하이거나 고온·고압의 공정운전조건으로 인하여 화재·폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성 물질을 말한다.

#### 위험물안전관리법

- “인화성액체”라 함은 액체(제3석유류, 제4석유류 및 동식물유류에 있어서는 1기압과 섭씨 20도에서 액상인 것에 한한다)로서 인화의 위험성이 있는 것을 말한다.

1. 특수인화물
2. 제1석유류 : 인화점 21°C 미만(아세톤, 휘발류 등)
3. 알코올류
4. 제2석유류 : 인화점 21°C 이상 70°C 미만(등유, 경유 등)
5. 제3석유류 : 인화점 70°C 이상 200°C 미만(중유 등)
6. 제4석유류 : 인화점 200°C 이상 250°C 미만(기여유 등)
7. 동식물유류



### NFPA 지수의 인화성 분류

인화성지수	정의 및 대상물질	그림문자/유해위험정보
4	인화점 23°C 미만 및 비등점 38°C 미만(LNG, 포스핀)	<p>인화성물질</p>
3	인화점 23°C 미만 비등점 38°C 이상 인화점 23°C 이상 38°C 이하(휘발유, 아세톤, 등유)	
2	인화점 38°C 이상 93°C 이하(경유, 중유)	
1	인화점 93°C 이상(식용유, 열매채유)	
0	타지 않음(물)	

 인화성액체

 인화성액체

## 인화성 액체 취급관리

## 관련 법규 및 안전보건기준

### 유해위험요인

### 산업안전보건법

- 상온에서 증발 기화하는 성질이 있으며, 인화성가스와 똑같이 공기 중에 확산해서 폭발성 혼합기를 생성하며 약간의 에너지에 의해 연소폭발 가능
- 대부분의 경우 인화성액체가 완전히 소멸되기까지 연소 지속
- 신너 등 유기용제에 속하는 인화성액체의 경우 화재의 위험성뿐만 아니라 근로자 인체에 대한 중독 등 건강 유해성이 있음

- 제12조(안전보건표지설치) 취급장소 및 설비에 금지, 경고, 지시, 안내 표지 부착
- 제31조(안전보건교육) 물질취급 특별위험작업 안전보건 및 MSDS 내용
- 제41조(물질안전보건자료의 작성 및 비치) MSDS 확보, 교육, 물질경고표시 등
- 제49조의2(공정안전보고서 제출) 규정량 이상 취급설비의 공정안전보고서 제출

### 취급시 주의사항 및 예방조치

### 산업안전보건기준에 관한 규칙



- 제230조(폭발위험이 있는 장소의 설정 및 관리) 폭발위험장소 구분도 작성·관리
- 제232조(폭발 또는 화재 등의 예방) 통풍·환기 조치 및 가스검지 및 경보장치 설치
- 제239조(위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용 금지)
- 제311조(폭발위험장소에서 사용하는 전기 기계·기구의 선정 등) 방폭형 전기기계기구 사용
- 제325조(정전기로 인한 화재폭발 등 방지) 정전기 위험설비의 접지, 도전성재료 사용, 가습 또는 제전장치 사용 및 작업자 제전화, 제전복, 제전용구 사용, 제전바닥 시공

#### • 안전하게 취급

- 압력을 가하거나, 자르거나, 용접, 납땜, 접합, 뚫기, 연마 또는 열에 폭로, 화염, 불꽃, 정전기 등 점화원 금지
- 취급 중인 용기는 덮개를 사용하여 증발억제
- 반응기의 맨홀 밀폐 및 배기벤트로 실내로 증발하지 않도록 함
- 취급시 모든 용기, 배관을 반드시 접지, 제전복 및 제전화 착용
- 폭발위험지역 내 전기기구는 방폭형을 사용
- 반응기나 밀폐용기 내부 정전기 위험시 퍼지하여 MOC 이하로 관리

#### • 안전하게 저장

- 용기는 환기가 잘 되는 곳에 단단히 밀폐하여 저장
- 저장용기 및 배관은 접지 및 본딩 실시
- 저장탱크에 방유제 설치

#### • 누출 및 화재폭발시 대응방법

- 누출 및 화재시 자동 또는 원격으로 원료공급 정지 가능하도록 설치
- 수용성, 불용성, 물반응성 등을 고려 물질특성에 맞는 적절한 소화기 및 소화설비 설치
- 대형화재시 복사열을 고려, 실제 화재진압 가능하도록 소화전 배치
- 실내화재시 유독가스가 생성되므로 지체하지 말고 신속히 대피
- 이상반응 위험이 있을 경우 원료공급중지-냉각-억제제 투입-대피 시점을 미리 정할 것



### 법적 규제사항

#### • 산업안전보건법

- 인화성액체 중 작업환경측정 대상 유기화합물질에 해당되는 물질이 많음.(MA, MEK, MIBK, 벤젠, 시클로헥산, 아세톤, 크실렌, 톨루엔, 헥산 등)
- 공정안전보고서 제출 대상물질(일 5,000kg 이상 제조취급, 200,000kg 저장)
- 특수건강진단물질

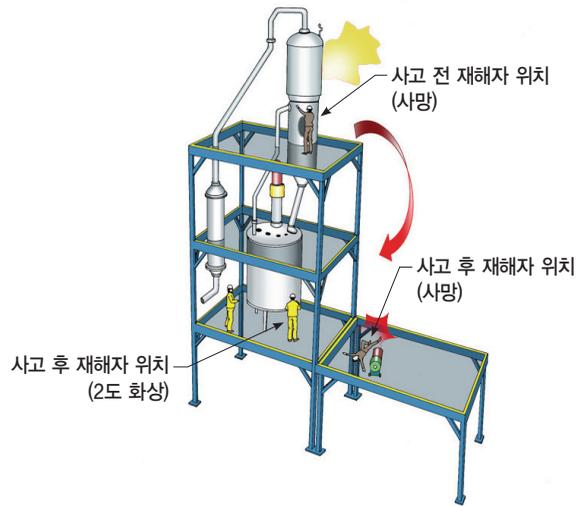
#### • 위험물안전관리법 : 제4류 위험물질



## 재해사례 : 노말렉산 체류 드럼에서 폭발·화재

### 개요

PP(폴리프로필렌) 제조시설에서 정기보수작업 중 노말렉산이 채류된 드럼에서 폭발 및 화재가 발생하여 드럼 세척작업을 하던 작업자가 폭발 과압에 의해 떨어져 사망하고 작업자 2명이 부상



### 발생원인

- 대전방지용 포대 미사용
- 세척작업시 드럼 내부 정전기 발생 억제 작업 미실시
- 안전작업허가서 미발행
- 세척작업 절차서 및 기록관리 미흡

### 예방대책

- 대전방지용 포대 사용
- 세척작업시 드럼 내부 정전기 발생 억제 작업 실시
- 안전작업허가서 발행
- 세척작업 절차서 재작성, 준수 및 교육 등의 기록관리 철저



## 3장 물질 - 수소

## H<sub>2</sub> 수소가스 취급안전



### 수소 가스란?

- 수소 가스는 철강, 석유화학, 반도체 등 여러 산업 분야에서 널리 쓰이는 가스다. 최근에는 수소가스를 연료로 사용하는 자동차가 개발 단계에 있으므로 향후에는 일상생활에서도 쉽게 접할 수 있을 것이다.
- 수소 가스는 점화원 (불꽃, 스파크 등)에 접촉할 경우 가스 자체가 불이 붙거나 폭발할 수 있는 가연성 가스이다. 인화성이 높으며 화재나 폭발을 일으킬 수 있는 폭발 하한값(LEL)은 4%이고 폭발 상한값(UEL)은 75%이다.
- 수소 가스는 공기보다 아주 가벼워 누설되면 상부로 쉽게 흩어진다.



### 용어의 정의

- 폭발 하한계(LEL) : 가스폭발이 시작되는 가스의 농도
- 폭발 상한계(UEL) : 가스폭발이 일어나는 최대 가스 농도

**H<sub>2</sub>** 수소가스 취급안전

**주요 위험요인**

- 화재 · 폭발**

  - 고압 용기의 밸브나 충전호스 연결 부위 혹은 사용 시설의 장비 등에서 가스 누설되어 화재나 폭발 발생
- 용기 비래 · 충돌**

  - 고압 용기가 넘어져 밸브 파손 시 고압의 가스의 급격한 분출로 인하여 용기가 비래
  - 이 때 용기 충돌로 인한 시설이나 인명 피해가 발생

**안전대책**

- **화재 · 폭발 예방**

  - 수소 가스를 사용하는 장비나 시설은 수소가스가 누설되지 않는 밀폐된 구조이어야 하며 사용 전에 누설 여부를 확인
  - 용기 밸브나 충전 호스는 밸브를 열기 전에 누설 여부를 확인
  - 스파크나 정전기 등의 점화원 발생 예방을 위해 정전기 방지복을 착용
  - 스파크가 발생하지 않는 스페너 등을 사용
  - 가스 저장소의 전등은 방폭용 전등을 사용하여 누설된 가스가 전등 내부의 전기와의 접촉을 차단
  - 수소가스 용기를 저장하는 저장시설은 가스 누설 시 경보를 줄 수 있는 가스 경보기를 설치
  - 수소 가스 주위에서는 화기를 사용하지 않음
- **밸브 파손에 의한 재해 예방**

  - 이동이나 보관 중에 용기밸브를 보호하도록 반드시 밸브 보호캡을 씌움
  - 용기 전도방지를 위해 체인으로 고정



스파크 방지 공구



일반공구(사용 ×)



방폭형 전등 설치

**H<sub>2</sub>** 수소가스 취급안전

**재해사례 : 수소가스 용기가 바닥에 떨어지면서 화재 발생**

**개요**

가스용기에 수소가스를 충전 후 출하를 위해 차량을 이동하던 중, 용기가 차량 바닥으로 넘어지면서 새어나온 수소가스에 화재가 발생함



**발생원인**

- 고압가스용기 전도방지조치 미흡

**예방대책**

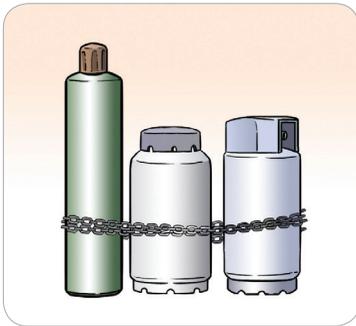
- **고압가스 전도방지 조치 실시**
  - 차량으로의 이동 시 차량 적재함에 체인 등을 이용하여 전도방지조치 실시
  - 용기 이동 시에는 용기 이동용 카트를 사용하여 이동
  - 용기 밸브 부분에는 보호캡 등을 설치

H<sub>2</sub> 수소가스 취급안전

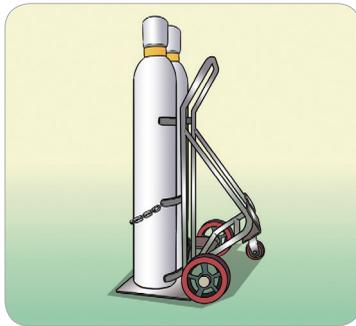
가스업

안전수칙

- 사용 전에 누설 여부를 체크한다.
- MSDS를 작업 현장에 비치하고 직원에게 MSDS를 교육하여 수소가스의 위험성을 교육한다.
- 용기나 저장탱크는 관계기관의 검사를 받는다.
- 사용 설비는 최초 사용 전에 관계기관의 승인을 받고 사용한다.
- 조연성 가스와 최소한 6m 이상을 이격하여 보관한다.
- 용기 보관 시에는 전도 방지를 위해 체인으로 고정한다.
- 용기 보관 장소에 가연성 가스 표지판을 부착하고 외부인의 출입을 금지한다.
- 용기는 체인 등으로 전도 방지 장치를 하고 밸브 이동 시 밸브 보호캡을 씌워 이동한다.
- 용기 이동 시에는 이동용 카트를 사용한다.
- 스파크가 발생하지 않는 공구를 사용한다.
- 가스경보기는 최소 년 1회 이상 자격 있는 자에 의해 검교정을 실시한다.
- 가스 주변에서 화기를 취급하지 않는다.
- 용기의 밸브 취급 시나 가스의 이·충전 시에는 보안경을 착용한다.



용기 보관 시 전도예방조치 및 용기보호캡 설치



용기이동용 카트



관련 법령

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제234조 (가스 등의 용기)



화재폭발 사고예방

분진폭발방지 안전수칙



2016-교육미디어-947  
OPEN  
KOSHA

재해사례

다량의 분진 발생 작업장에서 화기 작업중 화재·폭발 발생



분진이란?

분진은 직경 420미크론(Micron) 이하인 미세한 분말상의 물질로서 적절한 비율로 공기와 혼합되면 점화원에 의하여 폭발할 위험성이 있는 물질

분진폭발방지 대책

- 분진 제거
  - 건축물의 바닥에 분진이 누적, 비산되지 않도록 제 때에 제거
- 분진발생 설비의 구조 개선
  - 분진이 외부로 비산되지 않도록 조치(뚜껑 또는 밀폐구조로 설치)
- 금속분리 장치 설치
  - 분쇄기의 입구에 스파크 발생 방지를 위한 금속 분리 장치 설치
- 제진설비
  - 모든 분진발생 설비를 제진설비 장치에 연결
  - ※ 제진설비 비가동시 분진발생 설비도 가동되지 않도록 연동조치 실시
  - 여과포를 사용하는 제진설비에 차압계 설치 (여과포는 전도성 소재로 구성)
- 내부 고착물에 의한 열축적 등의 우려가 있는 경우 온도에 설치
- 점화원 관리
  - 분진발생 또는 분진취급 지역에서 흡연 등 불꽃을 발생시키는 기기 사용 금지
- 접지
  - 공기로 분진물질을 수송하는 설비 및 수송덕트의 접속부위에 접지 실시
- 불활성가스 봉입
  - 질소 등의 불활성가스 봉입을 통해 산소를 폭발 최소농도 이하로 낮춤
- 폭발 방호장치 설치
  - 고속 작동밸브, 폭발 압력 방산구, 폭발 억제장치 등 설치

분진 발생 물질의 세부종류



곡물 분진 발생 물질

• 셀룰로오스, 코르크, 옥수수, 보리, 콩, 아마씨, 귀리, 밀, 쌀, 해바라기씨, 달걀 흰자위, 분유, 콩가루, 녹말, 설탕 등



[밀가루 분진 입자 모습]

탄소질 분진 발생 물질

• 목탄, 역청탄, 코크스, 갈탄, 이탄, 목재, 지류 등

화학 분진 발생 물질

• 아디프산, 안트라퀴논, 칼슘 아세테이트, 칼슘 스테아레이트, 카복시메틸 셀룰로오스, 덱스트린, 락토오스, 스테아린산 납, 메틸셀룰로오스, 파라 포름알데히드, 소듐 아스코베이트, 소소듐 스테아레이트, 황 등

금속 분진 발생 물질

• 알루미늄, 청동, 철카보닐, 마그네슘, 아연 등

플라스틱 분진 발생 물질

• 폴리아크릴아마이드, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에틸렌, 에폭시 수지, 멜라민 수지, 페놀 셀룰로오스, 메틸아크릴레이트, 페놀수지, 폴리프로필렌, 테르펜 페놀수지, 요소-포름알데히드 셀룰로오스, 비닐아세테이트 공중합체, 폴리비닐알코올, 폴리비닐부티랄, 폴리비닐 클로라이드, 폴리비닐 클로라이드/비닐아세틸렌 공중합체 등

참고 법령 및 작성 기준

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 232조, 236조, 239조, 240조  
- KOSHA GUIDE D-12-2012 「분진폭발방지에 관한 기술지침」

\* 해당 자료의 자세한 내용은 산업보건기술지침(KOSHA GUIDE)을 참고하시기 바랍니다.



5장 물질 - 황산(Sulfuric acid)



유해·위험물질 취급관리

황산



황산(Sulfuric acid, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 이란?

- 무색의 비휘발성 액체로 강산성 화합물
- 질산 다음으로 강한 산성을 띠며, 물과 혼합하면 다량의 열이 발생함
- 황을 가열해서 무수이황산을 만들어 질산 증기와 함께 연실에 도입한 후 수증기를 통해서 만드는 연실법과, 무수이황산을 백금·오산화바나듐 등의 촉매로 산화시켜, 물에 녹이는 접촉법에 의해 생산
- 폭약·염료·화공약품, 염산·질산의 제조, 건조제·탈수제, 비료와 석유화학공업 등에 쓰이며, 시약으로서도 매우 중요



화학물질(CAS No : 7664-93-9) 정보 요약

유해·위험성 정보	그림문자 / 일반정보
<ul style="list-style-type: none"> <li>• NFPA 지수                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보건 : 3(매우 짧은 신체적 노출로도 사망 혹은 심각한 부상을 야기할 수 있음)</li> <li>- 화재 : 0(타지 않음)</li> <li>- 반응 : 2(기온/기압 상승시 화학적 변화를 수반할 수 있고, 물과 쉽게 반응하거나, 물과 혼합시 폭발할 가능성이 있는 물질)</li> </ul> </li> <li>- W : 물과 반응할 수 있으며, 반응시 심각한 위험을 수반할 수 있음</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물리화학적 특성 : 비중 1.8, 증기비중 3.4, 분자량 98.08</li> <li>• 독성 : LD50(경구, 쥐) 2,140 mg/kg, LC50(쥐, 4시간 흡입) 0.094 mg/l</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인화성 : 해당없음</li> <li>• 유해위험문구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 금속을 부식시킬 수 있음, 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴</li> </ul> </li> <li>• 예방조치문구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보호장갑, 보호의, 보안경, 안면보호구를 착용하십시오.</li> <li>- 흡, 증기, 스프레이를 흡입하지 마시오.</li> </ul> </li> </ul>	

참고 : 해당 화학물질은 공급자 또는 제조사의 MSDS자료에 따라 일부 특성이 달라질 수 있음





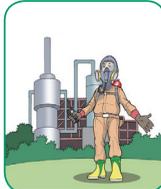
황산

## 황산 취급 관리

### ✓ 유해 · 위험요인

- 눈과 피부에 심한 손상을 일으키고, 흡입하면 치명적이며 암을 유발할 수 있음
- 금속을 부식시켜 수소가스를 발생시 킬 수 있고, 고온에서 분해되어 독성가스를 생성할 수 있음
- 증기, 분진, 물질의 흡입, 섭취, 접촉은 심각한 상해, 화상, 죽음을 초래 할 수 있음
- 밀폐공간에 인화성·독성 가스가 축적될 수 있음

### ✓ 취급 상 주의사항



작업조건에 맞는 보호구 착용



배기설비 가동 / 용기밀폐



화기엄금 / 취식금지



밀폐공간 : 송기마스크 착용, 면/방진/방독마스크 착용금지

### 안전한 취급 및 저장방법

- 개봉 전에 조심스럽게 마개를 열 것
- 공학적 관리(국소배기, 공정격리 등) 및 작업조건에 맞는 보호구를 참조하여 작업 실시
- 용기가 비워진 후에도 제품 찌꺼기가 남아 있을 수 있으므로 모든 MSDS/라벨 예방조치를 따를 것
- 이 제품을 사용할 때에는 먹거나, 마시거나 흡연하지 말 것
- 장기간 또는 지속적인 피부접촉을 막을 것
- 금속부식성 물질이므로 (제조사 또는 행정관청에서 정한) 내부식성 용기에 보관
- 용기는 환기가 잘 되는 곳에 단단히 밀폐하여 저장
- 피해야 할 조건(습기, 열, 오염) 및 피해야 할 물질(금속, 물, 가연성 물질)에 유의
- 이 물질을 저장하거나 사용하는 설비는 세안설비와 안전 샤워를 설치

### 누출 및 화재폭발 시 대응방법

- 눈에 들어갔을 때 긴급 의료조치를 받을 것
- 눈에 묻으면 몇 분간 물로 계속 씻을 것
- 경미한 피부 접촉시 오염부위 황산을 방지할 것
- 피부에 묻으면 오염된 모든 의복은 벗거나 제거하고 피부는 물로 씻을 것
- 가연성물질과 멀리할 것
- 적절한 보호의를 착용하지 않고 파손된 용기가 누출물에 손대지 말것
- 화재가 없는 누출시 전면보호형 증기 보호의를 착용할 것
- 물과 (격렬히)반응하여 부식성/독성가스를 방출하니 주의할 것



제조사 또는 행정관청이 정한...

내부식성 용기

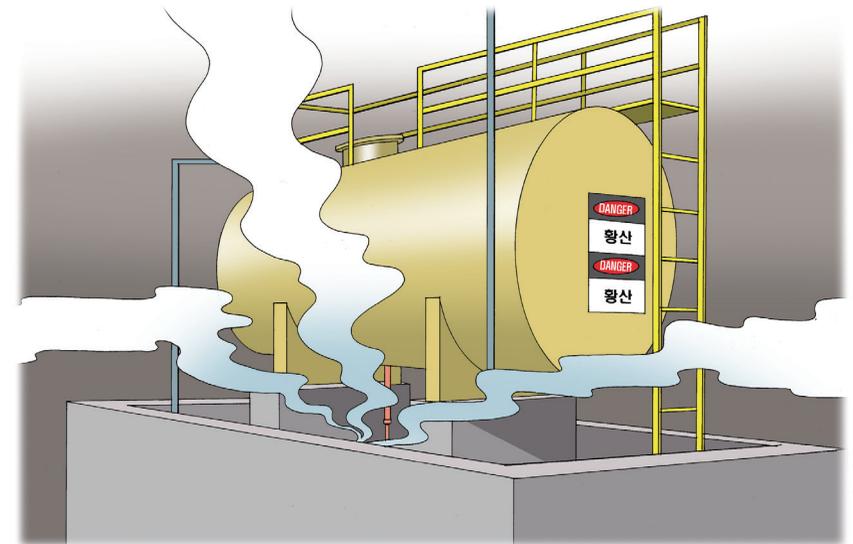


황산

## 재해사례 : 황산 누출 사고

### ✓ 발생 개요

- 황산 저장탱크(40,000ℓ) 방유제 내부에 설치된 펌프 토출 측의 플랜지에서 황산(농도 98%)이 누출되어 방유제 외부로 확산됨



### ✓ 재해발생 원인

- 펌프 토출 측의 플랜지 접합면이 정상적으로 밀착되지 않음
- 방유제 배수밸브를 열어놓은 상태였으며, 방유제 중간지점이 밀폐되지 않음

### ✓ 재해예방 대책

- 펌프 토출 측의 플랜지 접합면을 정상적으로 밀착
- 방유제를 완전한 밀폐구조로 하고 배수밸브는 차단된 상태에서 관리



원천한 밀폐구조로 방유제 설치



황산

## 참고 법규 및 안전보건기준

### 산업안전보건법

- 제12조(안전보건표지설치) 취급장소 및 설비에 금지, 경고, 지시, 안내 표지 부착
- 제24조(보건조치) 원재료·가스·분진 등에 의한 건강장해 예방조치
- 제29조(도급사업 시의 안전·보건조치) 도급하는 경우 안전보건정보 등 제공
- 제31조(안전보건교육) 물질취급 특별위험작업 안전보건 및 MSDS 내용
- 제41조(물질안전보건자료의 작성 및 비치) MSDS 확보, 교육, 물질경고표시 등
- 제42조(작업환경측정 등) 작업환경 측정, 근로자 건강보호 조치, 측정 결과 등 설명회
- 제43조(건강진단) 특수건강진단 및 배치전건강진단 실시
- 제49조의2(공정안전보고서 제출) 규정량 이상 취급설비의 공정안전보고서 제출

### 산업안전보건기준에 관한 규칙

- 제225조(위험물질 등의 제조 등의 작업시의 조치) 위험물질을 누출시키는 등으로 인체에 접촉시키는 행위금지
- 제256조(부식방지) 화학설비 또는 그 배관 중 위험물질이 접촉하는 부분에 대해서 부식되어 누출되는 것을 방지하기 위하여 부식이 잘되지 않은 재료를 사용하거나 도장 등의 조치
- 제257조(덮개 등의 접합부) 화학설비 또는 그 배관의 덮개, 플랜지, 밸브 및 콕의 접합부에 대해서는 접합부에서 위험 물질이 누출되는 것을 방지하기 위하여 적절한 가스킷(gasket)을 사용하고 접합면을 서로 밀착시키는 등 적절한 조치
- 제259조(밸브 등의 재질) 화학설비 또는 그 배관의 밸브나 콕에는 개폐의 빈도, 온도, 농도 등에 따라 내구성이 있는 재료를 사용
- 제297조(부식성 액체의 압송설비) 위험물질을 동력을 사용하여 호스로 압송하는 작업을 하는 경우 ① 보기 쉬운 위치에 압력계를 설치하고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 동력 차단기능 조치, ② 호스와 그 접속용구는 압송하는 위험 물질에 대하여 내식성, 내열성 및 내한성을 가진 것을 사용, ③ 호스에 사용정격압력을 표시하고 그 사용정격압력을 초과하여 압송 금지, ④ 호스 내부에 이상압력이 가하여져 위험할 경우에는 압송에 사용하는 설비에 과압방지장치 설치, ⑤ 호스와 호스 외의 관 및 호스 간의 접속부분에는 접속용구를 사용하여 누출이 없도록 확실히 접속
- 제431조(작업장의 바닥) 관리대상 위험물질을 취급하는 실내작업장의 바닥에 불침투성의 재료를 사용하고 청소하기 쉬운 구조로 함
- 제434조(경보설비 등) 관리대상 위험물질이 쉐 우려가 있는 경우에는 경보설비를 설치하거나 경보용 기구 비치, 새는 경우에 대비하여 제거용 약제, 기구 또는 설비 비치



세부 사항은 제2편(안전기준) 제2장(폭발, 화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지: 제225조~300조), 제3편(보건기준) 제1장(관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방: 제420조~451조) 참조

### 법적 규제사항

- **산업안전보건법**
  - 공정안전보고서(PSM) 제출대상 물질(제조·취급·저장 20,000kg - 중량 10% 이상)
  - 부식성 물질(농도 20% 이상), 급성 독성물질
  - 관리대상 유해물질, 특별관리물질(pH 2.0 이상)
  - 작업환경측정 대상물질, 특수건강진단 대상물질
- **유해화학물질관리법** : 사고대비물질, 유독물

산업안전보건법  
안전보건공단



유해·위험물질 취급관리

## 염산



### 염산(Hydrochloric acid) 이란?

- 무색 투명하고 부식성이 강한 염화수소 수용액
- 대표적인 강산 중 하나로 물로 희석한 '묽은 염산' 을 이용
- 농도 35% 이상의 것을 진한 염산이라고 함. 진한 염산은 습한 공기 중에서 두드러지게 발연하고 자극적인 냄새가 남
- 공업적으로 염소와 수소에서 직접 합성한 염화수소를 물에 흡수시켜서 생산
- 염산 자체가 폭발하지는 않으나 염산에서 생성된 수소는 폭발할 수 있음



### 화합물질(CAS No : 7647-01-0) 정보 요약

유해·위험성 정보	그림문자 / 일반정보
<ul style="list-style-type: none"> <li>• NFPA 지수                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보건 : 3(매우 짧은 신체적 노출로도 일시적 혹은 만성적 부상을 야기할 수 있음)</li> <li>- 화재 : 0(타지 않음)</li> <li>- 반응 : 1(일반적으로 안정적이거나, 기온/기압 상승시 불안정해질 수 있는 물질)</li> </ul> </li> <li>• 물리화학적 특성 : 비중 1.19, 증기비중 1.3, 분자량 36.5</li> <li>• 독성 : LD50(경구, 쥐) 238 mg/kg, LC50(쥐, 1시간 흡입) 4.2 mg/l</li> <li>• 인화성 : 해당없음</li> <li>• 유해위험문구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 흡입하면 치명적임</li> <li>- 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴</li> </ul> </li> <li>• 예방조치문구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보호장갑, 보호의, 보안경, 안전보호구를 착용하십시오.</li> <li>- 흠, 증기, 스프레이를 흡입하지 마시오.</li> <li>- 취급 후에는 취급부위를 철저히 씻으시오.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 그림문자 : GHS05 (Corrosive), GHS09 (Explosive)</li> <li>• 일반정보 : 급성독성 물질, 특정표적장기독성 물질</li> <li>• 부식성 물질, 수생환경유해</li> <li>• NFPA 지수 : 3, 0, 1</li> </ul>

참고 : 해당 화학물질은 공급자 또는 제조사의 MSDS자료에 따라 일부 특성이 달라질 수 있음

산업안전보건법  
안전보건공단



염산

## 염산 취급 관리

### ✓ 유해 · 위험요인

- 흡입, 섭취, 피부흡수 시 유독하거나 치명적일 수 있음
- 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴
- 흡입하면 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡곤란을 일으킬 수 있음
- 증기는 매우 자극적이고 부식성이 있음

### ✓ 취급 상 주의사항



작업조건에 맞는 보호구 착용



배기설비 가동 / 용기밀폐



화기엄금 / 취식금지



밀폐공간 : 송기마스크 착용, 면/방진/방독마스크 착용금지

### 안전한 취급 및 저장방법

- 증기의 흡입을 피하고, 개봉 전에 조심스럽게 마개를 열 것
- 공학적 관리 및 개인보호구를 참조하여 작업 실시
- 용기가 비워진 후에도 제품 찌꺼기가 남아 있을 수 있으므로 모든 MSDS/라벨 예방조치를 따를 것
- 이 제품을 사용할 때에는 먹거나, 마시거나 흡연하지 말 것
- 장기간 또는 지속적인 피부접촉을 막을 것
- 취급 후에는 취급 부위를 철저히 씻을 것
- 용기는 열에 노출되었을 경우 압력이 올라갈 수 있으므로 열에 폭로되지 않도록 조치
- 용기는 환기가 잘 되는 곳에 단단히 밀폐하여 보관

### 누출 및 화재폭발 시 대응방법

- 눈에 들어갔을 때 긴급 의료조치를 받을 것
- 눈에 묻으면 몇 분간 물로 계속 씻을 것
- 흡에 노출된 경우 깨끗한 공기로 제거하고 기침이나 다른 증상이 있을 경우 의료 조치를 받을 것
- 피부에 묻으면 오염된 모든 의복은 벗거나 제거하고 피부는 물로 씻을 것
- 오염 지역을 격리할 것
- 화재가 없는 누출 시 전면보호형 증기 보호의를 착용할 것



염산

## 재해사례 : 염산 누출 사고

### ✓ 발생 개요

- 염산 배관에 설치된 리듀서를 수리·보수 작업 중에 리듀서가 완전히 파단되어 염산(35%) 약 200m<sup>3</sup> 가 방유제 내부로 누출된 사고



### ✓ 재해발생 원인

- 저장탱크에 염산이 남아 있는 상태에서 보수작업 실시
- 리듀서 재질 선정의 부적합(FRP 사용)
- 배관의 해체 작업 방법 부적절

### ✓ 재해예방 대책

- 저장탱크에 남아 있는 염산은 안전한 곳으로 이송 후 보수작업 실시
- 염산에 적합한 리듀서 재질 선정(탄소강에 PTFE 등으로 라이닝 등)
- 배관의 해체 시 배관지지대 추가 설치 등 작업방법 변경





염산

## 참고 법규 및 안전보건기준

### 산업안전보건법

- 제12조(안전보건표지설치) 취급장소 및 설비에 금지, 경고, 지시, 안내 표지 부착
- 제24조(보건조치) 원재료·가스·분진 등에 의한 건강장해 예방조치
- 제29조(도급사업 시의 안전·보건조치) 도급하는 경우 안전보건정보 등 제공
- 제31조(안전보건교육) 물질취급 특별위험작업 안전보건 및 MSDS 내용
- 제41조(물질안전보건자료의 작성 및 비치) MSDS 확보, 교육, 물질경고표시 등
- 제42조(작업환경측정 등) 작업환경 측정, 근로자 건강보호 조치, 측정 결과 등 설명회
- 제43조(건강진단) 특수건강진단 및 배치전건강진단 실시
- 제49조의2(공정안전보고서 제출) 규정량 이상 취급설비의 공정안전보고서 제출

### 산업안전보건기준에 관한 규칙

- 제225조(위험물질 등의 제조 등의 작업시의 조치) 위험물질을 누출시키는 등으로 인체에 접촉시키는 행위금지
- 제256조(부식방지) 화학설비 또는 그 배관 중 위험물질이 접촉하는 부분에 대해서 부식되어 누출되는 것을 방지하기 위하여 부식이 잘되지 않는 재료를 사용하거나 도장 등의 조치
- 제257조(덮개 등의 접합부) 화학설비 또는 그 배관의 덮개, 플랜지, 밸브 및 콕의 접합부에 대해서는 접합부에서 위험 물질이 누출되는 것을 방지하기 위하여 적절한 개스킷(gasket)을 사용하고 접합면을 서로 밀착시키는 등 적절한 조치
- 제259조(밸브 등의 재질) 화학설비 또는 그 배관의 밸브나 콕에는 개폐의 빈도, 온도, 농도 등에 따라 내구성이 있는 재료를 사용
- 제297조(부식성 액체의 압송설비) 위험물질을 동력을 사용하여 호스로 압송하는 작업을 하는 경우 ① 보기 쉬운 위치에 압력계를 설치하고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 동력을 차단할 수 있는 조치, ② 호스와 그 접속용구는 내식성, 내열성 및 내한성을 가진 것을 사용, ③ 호스에 사용정격압력을 표시하고 그 사용정격압력을 초과하여 압송 금지, ④ 호스 내부에 이상압력이 가하여져 위험할 경우에는 압송에 사용하는 설비에 과압방지장치를 설치, ⑤ 호스와 호스 외의 관 및 호스 간의 접속부분에는 접속용구를 사용하여 누출이 없도록 확실히 접속
- 제431조(작업장의 바닥) 관리대상 위험물질을 취급하는 실내작업장의 바닥에 불침투성의 재료를 사용하고 청소하기 쉬운 구조로 함
- 제434조(경보설비 등) 관리대상 위험물질이 쉐 우려가 있는 경우에는 경보설비를 설치하거나 경보용 기구 비치, 새는 경우에 대비하여 제거용 약제, 기구 또는 설비 비치



세부 사항은 제2편(안전기준) 제2장(폭발, 화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지: 제225조~300조), 제3편(보건기준) 제1장(관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방: 제420조~451조) 참조

### 법적 규제사항

- **산업안전보건법**
  - 공정안전보고서(PSM) 제출대상 물질(제조·취급·저장 20,000kg - 중량 10% 이상)
  - 부식성 물질(농도 20% 이상), 급성 독성물질
  - 관리대상 유해물질, 작업환경측정 대상물질, 특수건강진단 대상물질
- **유해화학물질관리법** : 사고대비물질, 유독물

산업재해예방  
안전보건공단

## 7장 물질 - 불산(Hydrofluoric acid)

2014-교육미디어-667



유해·위험물질 취급관리

## 불산



### 불산(hydrofluoric acid)이란?

- 수소와 불소가 합쳐진 불화수소(HF)를 물에 녹인 액체를 말하는 것으로, 무색의 자극적 냄새가 나는 휘발성 액체
- 이온화가 잘 되지 않아 약산으로 분류되지만, 강한 수소 결합력으로 공기 중의 수분과 반응을 일으킬 경우 큰 폭발을 일으킴
- 다른 산과 달리 피부를 뚫고 조직 속으로 쉽게 침투해 강력한 독성을 일으킴
- 불산이나 고농도의 불산 증기가 피부에 닿으면 하얗게 탈색되며 물집이 잡히고, 눈에 닿으면 각막이 파괴되거나 혼탁해짐
- 반응성이 높은 성질 때문에 촉매제나 탈수제로도 이용되며, 반도체 실리콘 웨이퍼의 불필요한 부분을 녹이는 데 탁월하여 반도체 산업의 필수 화학물질임



### 화학물질(CAS No : 7664-39-3) 정보 요약

유해·위험성 정보	그림문자 / 일반정보
<ul style="list-style-type: none"> <li>• NFPA 자수                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보건 : 4(매우 짧은 산제적 노출로도 사망 혹은 심각한 부상을 야기할 수 있음)</li> <li>- 화재 : 0(타지 않음)</li> <li>- 반응 : 1(일반적으로 안정적이나, 기온/기압 상승시 불안정해질 수 있는 물질)</li> </ul> </li> <li>• 물리화학적 특성 : 비중 1.258, 증기비중 0.7, 분자량 20.01</li> <li>• 독성 : LC50(쥐, 1시간 흡입) 342 ppm</li> <li>• 인화성 : 해당없음</li> <li>• 유해위험문구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 금속을 부식시킬 수 있으며 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음</li> <li>- 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴</li> </ul> </li> <li>• 예방조치문구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보호장갑, 보호의, 보안경, 안면보호구를 착용하십시오.</li> <li>- 흡, 증기, 스프레이를 흡입하지 마시오.</li> </ul> </li> </ul>	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>부식성 물질</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>급성독성 물질</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>특정표적장기/독성 물질</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>NFPA 자수</p> </div> </div>

참고 : 해당 화학물질은 공급자 또는 제조사의 MSDS자료에 따라 일부 특성이 달라질 수 있음

산업재해예방  
안전보건공단



불산

## 불산 취급 관리

### ✓ 유해 · 위험요인

- 일부 물질은 흡입, 섭취, 피부흡수 시 유독하거나 치명적일 수 있음, 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴
- 증기는 매우 자극적이고 부식성이 있음, 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음
- 유전적인 결함을 일으킬 것으로 의심됨

### ✓ 취급 상 주의사항



작업조건에 맞는 보호구 착용



배기설비 가동 / 용기밀폐



열, 물과 같은 물질 및 조건을 피할 것



안전보건예방 문구 이해

### 안전한 취급 및 저장방법

- 가스·증기 등의 흡입을 피하고, 모든 안전 예방조치 문구를 읽고 이해하기 전에는 취급하지 말 것
- 옥외 또는 환기가 잘 되는 곳에서만 취급
- 이 제품을 사용할 때에는 먹거나, 마시거나 흡연하지 말 것
- 장기간 또는 지속적인 피부접촉 금지, 취급 후에는 취급 부위를 철저히 씻을 것
- 금속 부식성 물질이므로 (제조사 또는 행정관청에서 정한) 내부식성 용기에 보관
- 용기는 환기가 잘 되는 곳에 단단히 밀폐하여 저장하고, 원래의 용기에만 보관

### 누출 및 화재폭발 시 대응방법

- 눈에 들어갔을 때 긴급 의료조치를 받을 것
- 눈에 묻으면 몇 분간 물로 계속 씻을 것
- 피부에 접촉했을 때 오염된 의복은 세척할 것
- 불화수소와 접촉한 경우 5분간 물로 피부와 눈을 씻어낸 후 피부는 갈숨/젤리 배합으로 문지르고, 눈은 15분간 물/갈숨 용액으로 씻어낼 것
- 오염 지역을 격리할 것
- 화재가 없는 누출시 전면보호형 증기 보호의를 착용할 것



불산

## 재해사례 : 불산 누출 사고

### ✓ 발생 개요

- 50% 불산탱크 하부 밸브 누출 방지조치 작업 등을 하던 근로자가 불산 증기에 노출되어 1명이 사망하고, 4명이 경상을 입은 사고



### ✓ 재해발생 원인

- 산업재해가 발생할 급박한 위험이 있을 시 작업중지 등 조치 미실시
- 화학설비의 개조·수리 작업 시의 작업책임자 미지정
- 불산 취급에 부적절한 보호구, 보호복 착용

### ✓ 재해예방 대책

- 급박한 산재발생위험이 있을 때 신속한 재해예방조치 이행
- 안전작업절차서 제정 및 이의 철저한 준수 이행·감독
- 사용·취급·저장물질에 적합한 보호구 및 보호복 등의 상시 착용





불산

## 참고 법규 및 안전보건기준

### 산업안전보건법

- 제12조(안전보건표지설치) 취급장소 및 설비에 금지, 경고, 지시, 안내 표지 부착
- 제24조(보건조치) 원재료·가스·분진 등에 의한 건강장해 예방조치
- 제29조(도급사업 시의 안전·보건조치) 도급하는 경우 안전보건정보 등 제공
- 제31조(안전보건교육) 물질취급 특별위험작업 안전보건 및 MSDS 내용
- 제41조(물질안전보건자료의 작성 및 비치) MSDS 확보, 교육, 물질경고표시 등
- 제42조(작업환경측정 등) 작업환경 측정, 근로자 건강보호 조치, 측정 결과 등 설명회
- 제43조(건강진단) 특수건강진단 및 배치전건강진단 실시
- 제49조의2(공정안전보고서 제출) 규정량 이상 취급설비의 공정안전보고서 제출

### 산업안전보건기준에 관한 규칙

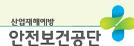
- 제225조(위험물질 등의 제조 등의 작업시의 조치) 위험물질을 누출시키는 등으로 인체에 접촉시키는 행위금지
- 제256조(부식방지) 화학설비 또는 그 배관 중 위험물질이 접촉하는 부분에 대해서 부식되어 누출되는 것을 방지하기 위하여 부식이 잘되지 않은 재료를 사용하거나 도장 등의 조치
- 제257조(덮개 등의 접합부) 화학설비 또는 그 배관의 덮개, 플랜지, 밸브 및 콕의 접합부에 대해서는 접합부에서 위험 물질이 누출되는 것을 방지하기 위하여 적절한 개스킷(gasket)을 사용하고 접합면을 서로 밀착시키는 등 적절한 조치
- 제259조(밸브 등의 재질) 화학설비 또는 그 배관의 밸브나 콕에는 개폐의 빈도, 온도, 농도 등에 따라 내구성이 있는 재료를 사용
- 제297조(부식성 액체의 압송설비) 위험물질을 동력을 사용하여 호스로 압송하는 작업을 하는 경우 ① 보기 쉬운 위치에 압력계를 설치하고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 동력을 차단할 수 있는 조치, ② 호스와 그 접속용구는 압송하는 산에 대하여 내식성, 내열성 및 내한성을 가진 것을 사용, ③ 호스에 사용정격압력을 표시하고 그 사용정격압력을 초과하여 압송 금지, ④ 호스 내부에 이상압력이 가하여져 위험할 경우에는 압송에 사용하는 설비에 과압방지장치를 설치, ⑤ 호스와 호스 외의 관 및 호스 간의 접속부분에는 접속용구를 사용하여 누출이 없도록 확실히 접속
- 제431조(작업장의 바닥) 관리대상 위험물질을 취급하는 실내작업장의 바닥에 불침투성의 재료를 사용하고 청소하기 쉬운 구조로 함
- 제434조(경보설비 등) 관리대상 위험물질이 샐 우려가 있는 경우에는 경보설비를 설치하거나 경보용 기구 비치, 관리대상 위험물질이 새는 경우에는 대비하여 제거용 약제, 기구 또는 설비 비치



☞ 세부 사항은 제2편(안전기준) 제2장(폭발, 화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지: 제225조~300조), 제3편(보건기준) 제1장(관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방: 제420조~451조) 참조

### 법적 규제사항

- **산업안전보건법**
  - 공정안전보고서(PSM) 제출대상 물질(제조·취급·저장 1,000kg - 중량 1% 이상)
  - 부식성 물질(농도 60% 이상), 급성 독성물질
  - 관리대상 유해물질, 작업환경측정 대상물질, 특수건강진단 대상물질
- **유해화학물질관리법**: 사고대비물질, 유독물



## 8장 설비 - 드럼(Drum)



화재폭발 사고예방

## 소용량 탱크 및 드럼 화기 작업안전



2016-교육미디어-937  
OPEN  
Korea Education Resource Platform

### 재해사례

### 인화성 액체가 있었던 페드럼통을 절단하던 중 드럼통 폭발



### 발생 원인

- 드럼 내부 인화성물질 전화에 따른 폭발
  - 드럼 내부에 남아 있던 인화성액체 증기에 절단기 토치 불꽃이 점화되어 폭발
- 잔류 인화성물질 제거 미흡
  - 드럼 내부에 남아 있던 인화성액체를 완전히 세척하지 않거나 내부의 가연성 증기를 치환하지 않음

### 화기작업 허가와 훈련

- 화기작업이 필요할 경우 위험작업을 주로 다루는 전문회사에 우선적으로 의뢰하고, 화기작업 전 잔류 액체와 증기 제거, 세척, 불활성화와 같은 방법들을 사용하여 위험을 최소화
- 화기작업에 관한 작업 허가시스템 운영
- 훈련
  - 탱크, 드럼 그리고 기타 용기 등은 관련 위험작업 예방대책에 대해 적절한 교육훈련을 받은 사람이 수리하거나 해체



소용량 탱크 및 드럼의 화기작업 안전대책 및 수칙



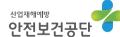
- 탱크 및 드럼에 대한 화기 작업시 안전조치 및 위험성 평가
- 1. 격리**
    - 탱크의 경우 연결되어 있는 다른 설비들과 격리, 특히 배관 부분은 반드시 분리해서 격리
    - 작은 탱크는 분리시켜 안전한 장소로 이동
  - 2. 용기 내부 비움**
    - 적절한 저장장치로 펌핑하거나 배수를 시켜 내부를 비움
    - 관련 법규에 따라 잔류물 폐기
  - 3. 청소**
    - 물이나 세척용액을 사용하는 세척 또는 분사
    - 수증기 청소
    - 솔벤트 세척 또는 분사
  - 4. 가스 제거**
    - 탱크 및 드럼 내부의 증발기체와 다른 휘발성 물질들을 공기 또는 수증기 형태로 분사하여 내부 가스 제거
  - 5. 검사**
    - 탱크 내부 검사시 빛이나 열에너지를 가진 장비는 주의해서 사용
    - 가스 누출감지경보기 등을 사용하여 안전하게 검사 실시
  - 6. 용기 내부 불활성화**
    - 물 또는 질소 등의 불활성기체로 탱크 또는 드럼 내부를 채워 공기 대체
  - 7. 위험성 평가 실시**
    - 작업장 내에서의 위험요소들을 평가하여 근로자와 관련자들의 안전을 보장할 수 있도록 실제적인 예방대책 마련



참고 법령 및 작성 기준

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 240조 (유류 등이 있는 배관이나 용기의 용접 등)
- KOSHA GUIDE G-1-2011 「소용량 탱크 및 드럼의 화기작업에 관한 안전가이드」

\* 해당 자료의 자세한 내용은 안전보건기술지침(KOSHA GUIDE)을 참고하시기 바랍니다.



9장 설비 - 저장탱크



작업 전 안전점검  
저장탱크

설비별



작업 전 안전점검  
당신의 생명을 지킵니다

2015 - 교육미디어 - 716

내부에 화학물질을 저장할 수 있도록 제작된 용기중 그 내부에 작업자가 들어갈 수 있도록 된 구조의 것을 말하며, 운전압력에 의하여 대기압, 저압탱크, 압력 탱크 등으로 구별된다.

주요 유해 · 위험 요인으로는,

- 탱크내부 공간에서 작업 중 질식, 화재, 폭발 등의 위험
- 탱크 정비 보수 작업 중 인화성 증기 등에 의한 화재, 폭발위험
- 저장탱크 내부 위험물 정보 인식 미흡에 의한 재해위험
- 저장탱크에서의 비방폭형 전기기계기구 등의 사용에 따른 재해위험 등이 있다.



안전점검 체크리스트

점검항목	점검결과	조치사항
통기설비, 폭발방산구, 화염방지 등 방호설비가 적정하게 설치되어 있는가? 인화성물질 누출이 우려되는 장소에는 방폭구조의 전기기계 · 기구, 가스검지 및 경보장치가 설치되어 있는가? 원재료의 종류, 원재료가 공급되는 설비명 등이 표시되고 방유제가 적정하게 설치되었는가? 입력계, 유량계, 온도계, 레벨게이지 등의 계기류는 정상적으로 동작하는가? 안전밸브(파열판), 압력제한스위치 등 과압해소장치는 정상적으로 작동하는가? 위험물을 저장 및 취급하는 경우 폭발위험장소에는 방폭형 전기기계 · 기구를 사용하는가? 위험물 취급 및 이송 시 발생하는 정전기를 제거하기 위해 본딩 및 접지는 실시하는가? 저장탱크 내외면 및 이음매, 플랜지, 기초부 등에 부식 및 균열이 발생하였는가? 입조작업 전 위험물질방출 및 차단, 불활성가스 치환, 환기 등은 적절하게 이루어졌는가? 입조작업 전 산소 및 유해가스농도는 측정하는가?		

\* 본 점검항목은 참고용으로 사업장 특성(아차사고, 위험성평가 등)에 맞도록 자체적인 점검항목을 추가하여 사용하세요.

Safety Point

저장탱크 작업 중 재해사례

재해사례 1 저장탱크에 배관 설치 용단작업 중 폭발

중고로 들어온 저장탱크 배관을 설치하기 위해 작업자 3명이 용단 작업을 하던 중 저장탱크 내 진류하고 있던 병커C유 인화성 증기에 용접. 불티가 점화되어 폭발(사망 2, 부상 1)

재해원인

- 위험물 등이 있는 장소에서 화기작업 실시
- 용기에 화기작업시 안전조치 미실시

예방대책

- 병커C유 등 인화성 물질이 있는 저장탱크는 폭발 또는 화재가 발생할 우려가 높으므로 불꽃 또는 아크를 발생하거나 화기작업을 금지
- 위험물 또는 인화성 유류 등이 존재할 위험이 있는 탱크, 배관, 드럼 등의 용기에 화기작업을 실시할 때에는 인화성 물질 제거 후 세정작업 또는 불활성 가스로 치환하는 등의 안전조치를 실시



재해사례 2 인화성 물질 저장탱크 상부의 화재·폭발로 떨어진

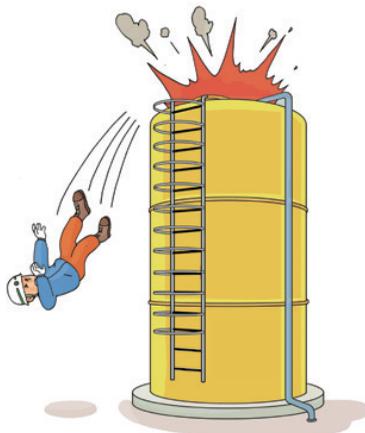
높이 6미터의 인화성 물질 저장탱크 상부에서 맨홀을 통해 내부 유량을 점검하기 위해 라이터를 켜는 순간, 맨홀을 통해 증발한 인화성 증기에 점화되면서 화재·폭발이 발생하여 그 충격에 의해 지면으로 떨어짐

재해원인

- 화재발생 위험장소에서 화기 사용
- 자동계측 장치불량

예방대책

- 인화성 증기로 인한 화재·폭발 위험이 있는 장소에서는 직접 점화원이 될 수 있는 화기의 사용을 금지하고 부득이한 경우 방폭형 손전등을 사용
- 자동 계측장치는 항상 그 기능을 유지토록 하여 근로자가 불필요하게 위험 장소에 접근하는 것을 방지

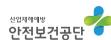


작업 전 안전점검의 승진화 / 실천문화 조성  
 \* 작업 전 안전점검 문화 조성 및 지원  
 \* 근로자 수행 작업의 위험요인 파악, 보고 및 대응  
 \* 관리감독자 해당 작업의 안전점검 및 개선대책 수립

기억하세요!

산업현장 4대 필수 안전수칙

1. 안전보건표지 부착(위험장소, 설비 등)
2. 안전보건교육 실시(위험요인, 안전작업방법 인지)
3. 안전작업절차 지키기(절차 제정, 준수)
4. 보호구 지급·착용(작업에 적합한 보호구)

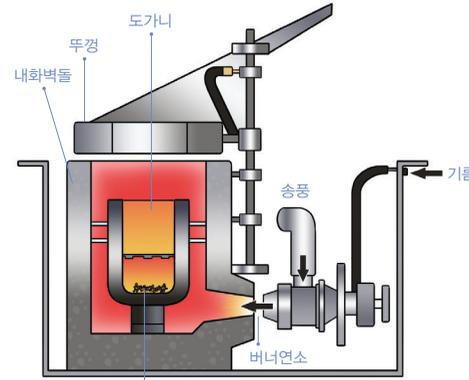


금속용해로



금속용해로란?

고체재료를 녹는점 이상으로 가열하여 용해할 목적으로 제조된 노로서 가열하는 방식에는 코크스·석탄 가스·천연가스·중유·석탄 등을 연료로 하는 것과 전열식(電熱式)으로 행하는 것, 아크열을 이용하는 것 등이 있으며, 이 밖에 용해하려는 물질이 전기도체일 경우에는 그 자체에 유도전류(誘導電流)를 흘려서 저항 발열을 이용하여 가열하는 유도가열방식도 있다.



• 도가니로

- 금속 또는 광석을 용융, 정련, 배스할 때 이들을 도가니에 넣어 가열시키는 노로서 내용물이 연료 및 연소가스와 직접 닿지 않으므로 내용물이 그들의 영향을 받아 변화하지 않는 것이 좋으며, 특수강, 동합금, 알루미늄합금 등의 용융 및 안티몬의 정련 등에 사용됨

• 전기로

- 전기에너지로 가열하는 노(爐), 실험실뿐만 아니라 금속·기계·화학공업·요업(窯業)을 비롯한 여러 분야에서 널리 사용되며, 가열 방식에 따라 분류하면 저항로·아크로·유도로(誘導爐)·전자빔로 등이 있음
- 일반적으로 전기로는 연료를 사용하는 연소로(燃燒爐)에 비해 폐기가스의 발생이 없고 노내 분위기의 제어가 용이하며, 온도제어 등의 조작 및 자동화가 쉽지만, 열변환효율(熱變換效率)이 낮고 값이 비싸다.



• 작업순서

- 용해대상 금속(철, 알루미늄, 동 등)을 용해로에 장입한다.
- 연료 또는 전기에너지를 공급하여 금속을 녹인다.
- 용해된 금속을 출탕하여 조형공정으로 이동시킨다.



금속용해로

### 주요 위험요인

- ✔ 용해대상 금속의 잔류수분에 의한 수증기 폭발
- ✔ 내화벽돌 등 내화재 손상에 따른 냉각수 유입으로 폭발
- ✔ 용융물 비산에 따른 화상
- ✔ 고열작업에 따른 열경련 · 열탈진 등 건강장해

### 안전대책

- 용해대상 금속에 대한 수분유입 방지조치 철저
  - 옥내 별도의 보관장소에서 보관
  - 용해로 투입 전 건조작업 실시
  - 고철재료 입고 시 수분함유 여부에 대한 검수 철저
- 내화벽돌 등 내화재의 설치기준을 준수
- 고열 감소용 국소배기장치 설치
- 작업장소 내 냉방 또는 통풍설비 설치
- 용해로 내화재 손상 검출장치 작동상태 확인
- 고열의 금속찌꺼기는 건조한 장소에서 보관
- 고열작업장소에 적합한 개인보호구 착용
  - 방열복, 안면보호구 등의 개인보호구 지급 및 착용



용해대상 금속에 대한 수분유입 방지



방열복, 보호구 착용



금속용해로

### 재해사례 : 수분이 함유된 재료의 투입으로 인한 수증기 폭발

#### 개요

수분이 함유된 폐알미늄 칩을 알미늄 용해로에 투입하던 중 알미늄 칩에 포함되어 있던 빗물에 의한 수증기 폭발로 투입용 지게차가 전소되고 운전자가 화상으로 사망



#### 발생원인

- 수분이 함유된 알미늄칩을 용해로에 투입
  - 폭우로 간이 창고에 보관되어 있던 알미늄 칩에 수분이 함유된 상태였으나, 무리하게 660℃의 용탕이 들어있는 알미늄 용해로에 투입

#### 예방대책

- 알미늄 칩 보관장소 내 빗물침입 방지조치
- 빗물이 함유된 칩은 충분히 건조 후 투입
  - 별도의 건조장소 마련 또는 투입 전 건조조치 실시



금속용해로

각종기계 또는 동부속품제조업

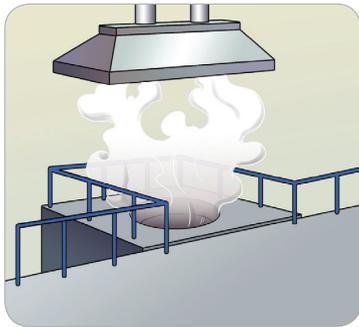
### 안전수칙

#### 작업 전

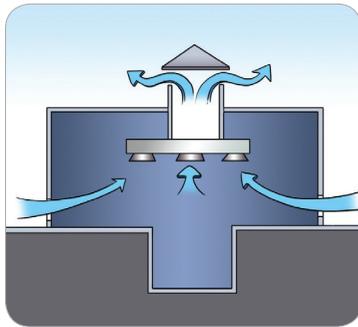
- 용해로 내화재 손상 검출장치 작동상태를 확인한다.
- 용해대상 금속체의 수분함유 여부를 확인한다.
- 고열 감소용 국소배기장치 설치 및 냉방 또는 통풍설비 작동상태를 확인한다.

#### 작업 중

- 용해로 주변에 불필요한 접근을 금지한다.
- 수분이 함유된 물질의 용해로 투입을 금지한다.
- 고열의 금속찌꺼기는 건조한 장소에 보관한다.
- 방열복, 안면보호구 등 지정 보호구를 착용한다.



작업장 내 국소배기장치 설치



통풍설비 설치



### 관련 법령

- 산업안전보건기준에 관한 규칙
  - 제247조 (고열물 취급설비의 구조)
  - 제248조 (용융고열물 취급 피트의 수증기 폭발방지)
  - 제249조 (건축물의 구조)
  - 제250조 (용융고열물의 취급작업)
  - 제251조 (고열의 금속찌꺼기 물처리 등)
  - 제252조 (고열 금속찌꺼기 처리작업)
  - 제253조 (금속의 용해로에 금속부스러기를 넣는 작업)
  - 제254조 (화상 등의 방지)
  - 제32조 (보호구의 지급 등)

## 11장 설비(장비) - 에어재킷(Air Jacket)

2012-교육미디어-1042



### 에어재킷

Air Jacket



### 에어재킷이란?

선박용 블록의 내부와 같은 공간에서 용접·용단 등의 작업을 하는 작업자의 작업복 안으로 시원한 공기(Air)를 공급하여 더위를 식히기 위한 것으로서 재킷, 호스, 플러그 등으로 구성되어 있으며, 매니폴드의 커플러에 플러그를 연결하여 공기를 공급받는 구조를 말한다.



공기재킷의 모습



공기재킷의 착용 모습

#### • 용어의 정의 •

- 재킷 (Jacket) : 작업자가 몸통에 착용하는 조끼 형태의 의복으로써 내부에는 공기를 공급하는 호스가 부착되어 있고, 이 호스에는 작은 구멍이 여러 개 있어서 시원한 공기를 재킷 안으로 고르게 분산하는 구조를 말한다.
- 호스 (Hose) : 공기를 공급하는 고무재질의 관을 말한다.
- 플러그 및 커플러 (Plug and Coupler) : 호스와 매니폴드를 서로 연결하는 연결기구를 말한다. 플러그는 고무호스에 부착되어 있고, 커플러는 매니폴드에 부착되어 있으며 플러그를 커플러에 연결하면 매니폴드에 있는 공기가 호스를 통하여 공기재킷으로 공급된다.
- 매니폴드(Manifold) : 공기, 산소, 이산화탄소, 에틸렌 등의 가스를 작업현장에 공급하기 위하여 이들 가스 공급배관의 끝부분에 설치한 다기관을 말하며 일반적으로 하나의 매니폴드에 여러 개의 커플러를 부착하여 사용한다.



에어재킷

### 에어재킷 취급 시 안전대책

- 재킷
  - 재킷은 좁은 공간에서 용접, 용단작업 시 불편함이 없도록 작업자가 편하게 착용할 수 있는 것을 착용
  - 재킷의 안쪽 부분은 땀을 잘 흡수하는 재질의 원단을 사용
  - 재킷의 바깥쪽은 용접불티가 접촉하여도 견딜 수 있는 내열성 재질이나 또는 방염처리 한 재질을 사용
  - 재킷은 작업자의 신체에 따라서 크기를 조절할 수 있는 구조이어야 함
- 호스 등
  - 호스는 용접 불티가 접촉하여도 쉽게 손상되지 않는 재질의 호스를 사용
  - 호스는 공급되는 공기압력에 견딜 수 있는 충분한 강도의 호스를 사용
  - 호스, 배관 및 매니폴드의 색상은 가스의 종류별로 서로 다른 색상을 사용
  - 동일한 가스를 취급하는 호스, 배관, 매니폴드의 색상은 동일한 색상으로 사용

[ 가스 종류별 호스, 배관 및 매니폴드의 색상 예시 ]

내용물의 종류	배관의 색상	비 고
공기(AIR)	회색	* 어떤 종류의 배관에 대해 보온이나 보호 커버를 설치할 경우 보온재나 보호커버의 색상도 배관색상과 동일한 색상으로 할 것
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	청색	
산소(O <sub>2</sub> )	녹색	
용수(H <sub>2</sub> O)	흑색	
에틸렌(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	황색	

- 유량조절 밸브
  - 호스에는 유량조절 밸브를 부착하여 재킷으로 공급되는 공기(Air)의 양을 조절
- 플러그 및 커플러
  - 동일한 가스를 취급하는 플러그 및 커플러는 동일한 구경의 것을 사용
  - 서로 다른 가스를 취급하는 플러그 및 커플러의 구경은 서로 다른 구경의 것을 사용하여, 작업자가 실수로 공기호스의 플러그를 산소 또는 다른 가스용 커플러에 연결하지 않도록 하여야 함



유량조절 밸브      플러그 및 커플러에 연결된 플러그

- 매니폴드
  - 매니폴드의 색상은 가스의 종류별로 서로 다른 색상을 사용하여 취급하는 가스의 종류를 구별
  - 매니폴드에는 취급하는 가스의 종류별로 해당 가스명을 표기한 명찰을 부착
  - 매니폴드와 재킷을 연결하는 호스는 공기의 압력에 충분히 견딜 수 있는 재질의 호스를 사용



매니폴드 예시



에어재킷

### 재해사례 : 에어재킷에 산소가 공급되어 용접 중 화재

#### 개요

선박블록 제작사업장의 대형블록 내부에서 용접작업자가 에어재킷(이동용 공기 매니폴드가 메인 산소 매니폴드 배관에 잘못 연결되어 에어재킷에 산소가 공급됨)을 입고 용접작업을 하던 중 재해자 작업복에 용접불티가 인화되어 화상을 입고 치료 중 사망



#### 발생원인

- 동일한 규격의 접속기구 사용
  - 이동용 매니폴드의 모든 가스 공급호스 전용 접속기구(Socket 및 Coupler)를 동일한 규격으로 사용하여 임의 또는 오체결로 인한 공기가 아닌 산소가 공급됨으로써 용접 불티에 의한 화재가 발생

#### 예방대책

- 가스용접 등의 작업 시의 안전조치 준수
  - 가스등의 분기관은 규격이 서로 다른 전용의 접속기구(Socket 및 Coupler)를 사용하여 서로 다른 가스배관과의 체결이 되지 않도록 근원적인 예방 조치를 실시



에어재킷

강선건조 또는 수리업

### 안전수칙

#### 작업 전

- 에어재킷 안으로 공급되는 공기(Air)의 양은 재킷과 호스의 연결부에 부착된 유량조절밸브로 조절한다.
- 원단이 찢어져 있거나 기름 등이 묻어 있는 재킷은 사용하지 않는다.
- 결함이 있거나 외관이 손상된 호스는 사용하지 않는다.
- 호스의 색상이 공기공급 매니폴드의 색상과 동일한 색상인지를 확인한다.
- 플러그를 호스에 연결할 때는 쉽게 이탈하지 않도록 호스밴드, 호스클립 등의 조임기구로 확실하게 체결한다.
- 호스의 플러그는 반드시 공기공급 매니폴드의 커플러에 연결한다.
- 에어재킷 사용방법에 대한 안전수칙을 제정하여 교육한다.

#### 작업 후

- 에어재킷은 사용한 후 캐비닛 등에 청결하게 보관하고 수시로 세탁하여 기름때가 묻지 않도록 한다.
- 오래 사용하여 호스의 색상이 변한 경우에는 새것으로 교체한다.
- 오래 사용하여 매니폴드의 색상이 변한 경우에는 새로 페인트를 칠하여 관리한다.
- 매니폴드에 부착된 취급 가스의 종류를 표시하는 명찰은 글씨나 색상이 잘 보이도록 관리한다.

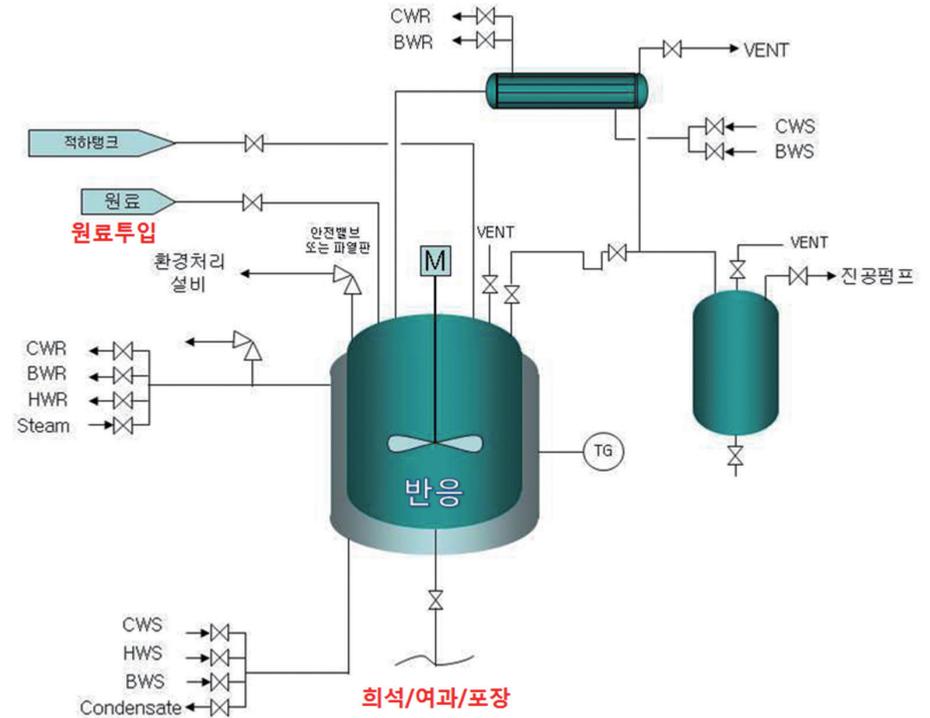


### 관련 법령

- 산업안전보건기준에 관한 규칙
  - 제233조 (가스용접 등의 작업)
  - 제241조 (통풍 등이 충분하지 않은 장소에서의 용접 등)
  - 제295조 (가스집합용접장치의 관리 등)
  - 제619조 (밀폐공간 보건작업 프로그램 수립 · 시행 등)
  - 제629조 (용접 등에 관한 조치)
- KOSHA GUIDE
  - G-76-2011 공기재킷의 제작 · 사용에 관한 기술지침
  - G-17-2011 압축공기의 안전한 사용에 관한 안전가이드

## 12장 설비 - 반응기(Reactor)

### 반응공정 흐름도 (Process Flow Diagram)



〈회분식(Batch) 반응기 계통도〉



## 작업 전 안전점검 회분식 반응기

설비별



회분식 공정(BATCH PROCESS)이라 함은 일반적으로 원료를 투입하여 일정시간 혹은 일정공정을 거쳐 제품을 얻는 모든 공정을 말한다. 회분식 반응기는 반응기에 원료 및 촉매 등을 순서적으로 투입하여 일정시간 반응 후 생성물을 배출하는 방식으로 조작되는 반응기이다.

### 회분식 공정 특성

- 공정 운전이 여러단계로 구성
- Batch별 Start-up, Shutdown 빈번함
- 장치결함 예측이 연속공정보다 어려움
- Grade 변경시 운전조건 변화
- 현장 작업자의 수동운전이 많음

- 인적오류 가능성 높음
- 장치결함 가능성 높음
- 장치결함 예측이 어려움
- 인적피해 가능성 높음
- 인적피해 규모가 큼



### 안전점검 체크리스트

#### 점검항목

- 온도·압력계 등 계측장치가 설치되어 있고, 내부 이상상태를 조기 파악을 위한 자동 경보장치가 설치되어 있는가?
- 비상 시 원재료의 긴급차단, 제품 등의 방출, 냉각용수 등의 공급장치가 정상 작동되는가?
- 원재료, 개시제 등의 투입량, 순서 등 운전절차를 숙지하고 원료 투입일지가 작성되고 있는가?
- 제품(Grade) 변경에 따른 원재료 준비가 잘 되었는가?
- 제어실과 무선연락이 잘 이루어지고, 작업자간 연락체계가 잘 유지되고 있는가?
- 원재료가 인화성 물질 또는 독성물질인지 확인하였는가?
- 취급물질에 따른 적절한 보호구를 착용하고 작업하고 있는가?
- 반응기 온도 및 압력이 매뉴얼대로 유지되고 있는가?
- 반응기 비상정지절차 등 비정상상태일 때 조치사항을 숙지하고 있는가?
- 화재발생시 비상연락 등 대응조치 요령을 숙지하였는가?

#### 점검결과

#### 조치사항

\* 본 점검항목은 참고용으로 사업장 특성(이차사고, 위험성평가 등)에 맞도록 자체적인 점검항목을 추가하여 사용하세요.



### Safety Point

## 회분식 공정 안전운전

### 작업기준

각각 공정마다 작업 포인트를 구체적이고 명확하게 작업기준을 만들어 오조작 등으로 인한 사고를 방지한다.



- 작업자는 작업기준을 충분히 이해한 후에 작업에 임하고 이를 철저히 준수한다.
- 작업기준은 공정의 특성, 화학약품 취급 시 위험성, 이상 반응 등으로 인한 재해사례 등을 참고하여 충분히 검토한 후에 작성한다.
- 작업방법 변경, 작업자 제한 등 관계자 전원의 의견교환 등을 통하여 필요시 변경한다.
- 단위공정마다 포인트를 정하여 그렇게 하지 않으면 위험하거나 공정상 문제가 될 수 있는 것, 그렇게 하면 작업이 순조롭고 능률이 향상되는 것을 명시한다.
- 작업 전에 점검할 사항의 인수인계에 관한 사항을 정한다.
- 비정상 운전 또는 사고수습대책 등에 관한 사항은 별도로 작업기준을 정한다.
- 특히 다음 사항은 명시되어야 한다.

- ① 밸브, 코크의 조작
- ② 냉각, 가열 및 교반장치의 조작
- ③ 계측 및 제어장치의 감시 및 조정
- ④ 안전밸브, 긴급차단장치 및 기타 안전장치 및 자동경보장치의 조정
- ⑤ 맨홀, 플랜지, 밸브 및 코크 등의 접합부에서 누출여부 점검
- ⑥ 시료의 채취
- ⑦ 일시적 또는 부분적인 운전중단의 작업방법 및 운전재개시 방법
- ⑧ 제품 및 제조공정 변경에 따른 설비의 개조, 배관의 변경 등 작업 방법
- ⑨ 가연물질의 이송, 인입설비 등의 정전기 제거를 위한 조치
- ⑩ 이상상태 발생 시의 응급조치

### 작업방법

- 위험물질이나 단량체 등을 저장·취급 또는 반응시키는 경우에는 질소 등 불활성가스 분위기하에서 실시하거나 강제 배기 등에 의해 폭발성분위기를 형성하지 않도록 한다.
- 인화성액체 등 위험물질을 탱크로리로 주입하는 경우에는 15분 이상의 정지시간을 두고 액체의 유속을 1m/sec 이하로 하는 등 정전기 발생을 방지하기 위한 조치를 취한다.
- 인화성액체 등 위험물질을 드럼으로부터 반응기나 탱크 등에 옮기는 경우는 드럼을 접지하고 전도성파이프를 사용하며 공구는 방폭형을 사용한다.
- 폭발·화재위험이 있는 장소에서 용접, 용단 등의 작업, 착화원 가능성이 있는 기계기구를 사용하여서는 안되며, 착화원이 될 우려가 있는 물질을 휴대하지 않는다.
- 인화성물질 또는 가연성가스를 설비나 드럼 등에 주입할 때는 호스의 결합부를 확실하게 연결한 후에 작업한다.
- 서로 다른 물질의 접촉으로 인하여 발화하거나 폭발할 위험이 있을 때는 이들 물질을 접근시켜 저장하거나 동일 운반기에 적재하여서는 안된다.

\* 더 많은 정보는 KOSHA Guide P-89-2012 회분식공정의 안전 운전지침, P-20-2012 회분식공정의 인적오류 사고 방지 기술 지침을 추가로 참조하세요.



<p>작업 전 안전점검의 승인과 실천문화 조성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사 업 주 작업 전 안전점검 문화 조성 및 지원</li> <li>· 근 로 자 수행 작업의 위험요인 파악, 보고 및 대응</li> <li>· 관리감독자 해당 작업의 안전점검 및 개선대책 수립</li> </ul>	<p>기억하세요!</p> <p>산업현장 4대 필수 안전수칙</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 안전보건표지 부착(위험장소, 설비 등)</li> <li>2. 안전보건교육 실시(위험요인, 안전작업방법 인지)</li> <li>3. 안전작업절차 지키기(절차, 제정, 준수)</li> <li>4. 보호구 지급·착용(작업에 적합한 보호구)</li> </ol>
--	--



2012-교육미디어-1035



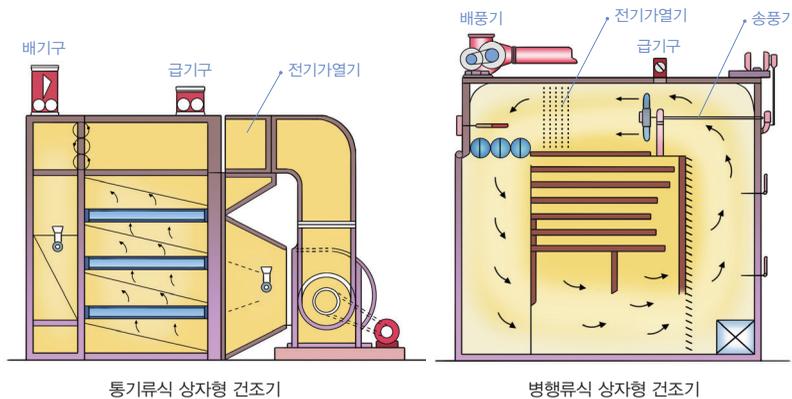
## 건조설비



### 건조설비란?

건조설비는 어떤 물체를 가열하여 건조하는 설비를 말하며, 산업안전보건법에서 말하는 건조설비는 다음과 같다.

- 위험물 또는 위험물이 발생하는 물질을 가열·건조하는 경우 내용적이 1m<sup>3</sup> 이상인 건조설비
- 위험물이 아닌 물질을 가열·건조하는 경우로서 다음에 해당하는 설비
  - 고체 또는 액체연료의 최대사용량이 10kg/hr 이상
  - 기체연료의 최대사용량이 1m<sup>3</sup>/hr 이상
  - 전기사용 정격용량이 10kW 이상



통기류식 상자형 건조기

병행류식 상자형 건조기

- 건조설비의 용도
  - 기계부속품 제조업체에서 도장된 물건의 빠른 건조를 위해 사용되며, 통상적으로 도장라인과 연계 설치함
  - 건조열에너지를 얻는 방식에 따라 도시가스나 같은 가스를 사용하는 가스버너 방식과 전기히터를 사용하는 전기식이 있음
  - 가스버너 또는 전기히터에 의해 발생된 열은 Fan에 의해 건조대상물에 열풍으로 가해짐
- 작업순서
  - 건조설비에 설치된 국소배기장치를 가동한다.(건조 시 발생하는 가연성 증기 배출용)
  - 가스버너 또는 전기히터를 가동한다.
  - 열풍 송기용 Fan을 가동한다.
  - 건조설비 내부의 온도가 규정온도에 도달하는지 확인한다.
  - 건조대상물을 건조설비내부로 투입한다.(일반적으로 트롤리 컨베이어 또는 메쉬 컨베이어 방식이 많음)
  - 건조가 완료된 제품을 회수한다.



### 건조설비

#### 주요 위험요인

- ✔ 건조 시 발생하는 가연성 증기에 의한 화재·폭발위험(정전기, 전기히터 등의 점화원)
- ✔ 가스버너에 공급되는 가스의 누출에 따른 화재·폭발위험
- ✔ 건조대상물의 낙하에 따른 발손상 위험
- ✔ 건조대상물의 단순반복취급에 의한 근골격계질환 위험

#### 안전대책

- 건조설비의 바깥 면은 불연성 재료로 제작
- 건조설비(유기과산화물을 가열 건조하는 것은 제외한다)의 내면과 내부의 선반이나 틀은 불연성 재료로 제작
- 위험물 건조설비의 측벽이나 바닥은 견고한 구조로 설치
- 위험물 건조설비는 그 상부를 가벼운 재료로 만들고 주위상황을 고려하여 폭발구를 설치
- 위험물 건조설비는 건조하는 경우에 발생하는 가스·증기 또는 분진을 안전한 장소로 배출시킬 수 있는 구조로 설치
- 액체연료 또는 인화성 가스를 열원의 연료로 사용하는 건조설비는 점화하는 경우 폭발이나 화재를 예방하기 위하여 연소실이나 그 밖에 점화하는 부분을 환기시킬 수 있는 구조로 설치
- 청소하기 쉬운 구조로 건조설비 내부를 구성
- 건조설비의 감시창·출입구 및 배기구 등과 같은 개구부는 발화 시에 불이 다른 곳으로 번지지 않는 위치에 설치하고 필요한 경우에는 즉시 밀폐할 수 있도록 조치
- 건조설비는 내부의 온도가 국부적으로 상승하지 않는 구조로 설치
- 위험물 건조설비의 열원으로서 직화를 사용하지 않음
- 위험물 건조설비가 아닌 건조설비의 열원으로서 직화를 사용하는 경우 불꽃 등에 의한 화재를 예방하기 위하여 덮개를 설치하거나 격벽을 설치
- 근로자 안전화 등 개인보호구 지급, 착용관리
- 주기적인 스트레칭 실시 등 근골격계질환 예방활동 시행

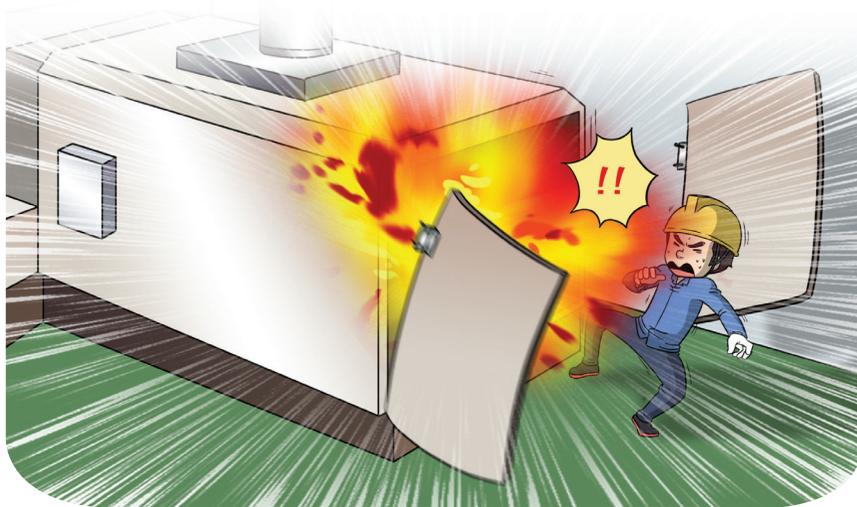
건조설비

각종기계 또는 동부속품제조업

재해사례 : 인화성 증기가 체류중인 건조설비에서 폭발

개요

건조설비 내부에서 발생한 인화성 증기가 배출되지 않은 상태에서 열원으로 사용한 전기히터의 발열부 표면에 의한 자연발화로 건조설비가 폭발하여 작업자가 사망



발생원인

- 건조설비 내부의 인화성 증기 미배출로 폭발분위기 형성

예방대책

- 인화성 증기에 의한 화재·폭발 예방
  - 건조설비 내부의 인화성 증기 배출용 국소배기장치 가동 철저
  - 건조설비 내부에는 점화원이 될 수 있는 전기기계·기구 또는 배선 사용 금지(방폭형 사용)

건조설비

각종기계 또는 동부속품제조업

안전수칙

작업 전

- 건조설비의 구조적 결함이 없는지 확인한다. (폭발구, 환기장치 등의 적정성)
- 가스버너 연료계통의 누설여부를 확인한다. (가스누설감지기의 정상 작동상태 확인)
- 건조실 내부 온도제어 설비의 정상 작동상태를 확인한다.
- 전기히터 관련 전기설비의 손상유무를 확인한다. (방폭구조의 적정성, 절연손상 등)
- 건조설비의 열원용 가스버너 또는 전기히터 가동 전 건조실 내부 인화성 증기 배출용 국소배기 장치를 가동한다.

작업 중

- 건조실 내부 인화성 증기 배출용 국소배기장치의 작동상태를 수시로 확인한다.
- 건조실 내부의 온도제어 설비의 작동상태를 수시로 확인한다.
- 건조대상물의 낙하예방 및 안전화 착용을 철저히 한다.
- 주기적인 스트레칭 등 근골격계질환 예방활동을 실시한다.



관련 법령

- 산업안전보건기준에 관한 규칙
  - 제32조 (보호구의 지급 등)
  - 제281조 (건조설비의 구조 등)
  - 제283조 (건조설비의 사용)
- 제280조 (위험물 건조설비를 설치하는 건축물의 구조)
- 제282조 (건조설비의 부속전기설비)
- 제284조 (건조설비의 온도 측정)

2011-교육미디어-1531

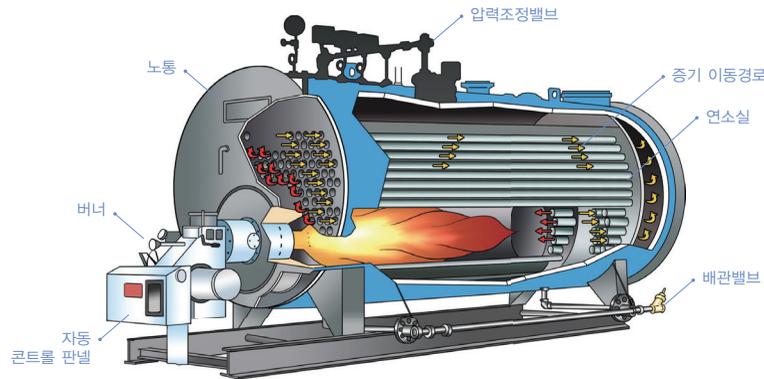


## 보일러 Boiler



### 보일러란?

- 보일러란 연료의 연소로 발생하는 열을 밀폐용기 내에 있는 물에 전달하여 일정 압력의 증기를 발생시켜 건물의 난방, 온수 등에 사용하는 설비이다.
- 보일러는 연료의 연소로 열을 발생하는 부분과 밀폐용기의 벽을 통하여 열을 내부의 물에 전하여 증발시키는 부분(보일러 본체)으로 구성된다.



### ● 보일러의 종류 ●

- **원통보일러** : 보일러 형식으로는 가장 간단한 것으로 한 개 혹은 수개의 원통으로 구성되며, 각각의 양 끝에 경판으로 막는다. 구조가 간단하고 취급이 용이한 반면 보유수량이 많아 증기 발생 시간이 길다.
- **수관식 보일러** : 직경이 작은 수관을 주체로 하여 구성된 보일러로서 관내의 물의 유동을 위하여 펌프를 사용하는 것을 강제순환식 수관보일러, 관내의 물 또는 기수혼합물의 밀도 차로 순환하는 보일러를 자연순환식 수관보일러라 하며, 고압대용량이 가능한 화력발전 등에 사용한다.
- **특수보일러** : 간접가열방식을 채용하는 슈미트, 뢰플러 보일러와 가스터빈의 폐가스를 열원으로 사용하는 폐열회수 보일러가 있으며, 연료로 나무껍질 등을 사용하는 특수연료 보일러가 있다.



## 보일러

### 주요 위험요인

- Ⓧ 착화불량에 따른 연소실 역화(Back Fire)로 노내 폭발
- Ⓧ 이상 압력 상승으로 인한 수관 또는 노통 파열
- Ⓧ 버너 노즐이 막혀 국부 가열로 노통 또는 수관 파열
- Ⓧ 자동급수장치 고장으로 인한 저수위 급수로 노통 또는 수관 폭발

### 안전대책

#### ● 보일러의 안전장치

- 압력방출장치(안전밸브) : 증기압력이 규정이상으로 될 때 자동적으로 열리게 하여 일정압력을 유지
- 압력제한스위치 : 상용압력 이상으로 압력이 상승할 경우 보일러의 파열을 방지하기 위해 버너연소를 차단하여 열원을 제거시켜 정상압력을 유지시키는 장치
- 고저수위 조절장치 : 보일러 통내 수위를 적당한 범위 내에서 유지시키며, 이상시 경보를 울리는 장치
- 압력계 : 보일러의 압력을 지시하며, 압력계 사이에 U자형 사이면 판을 장착하여 고온 증기를 냉각하여 압력 지시에 오류를 막음
- 자동경보장치 : 운전조건이 미리 설정된 범위를 이탈한 경우에 계기류의 검출단에서 직접 신호를 받아 부자를 울리는 등 경보장치를 작동시켜 정상적인 운전조건을 유지

#### ● 보일러 가스폭발 방지에 관한 작업 시 준수사항

- 점화 전 또는 보일러에 따라 정지 시에도 로내 및 연도 내의 충분한 환기
- 매연(그을음) 퇴적에 주의하여 퇴적한 매연에 의한 착화 방지
- 버너의 청소를 주기적으로 실시
- 연소 안전장치는 그 기능을 잃은 채로 보일러 운전 강행 금지
- 화염검출기로 화염의 유무를 검출하고, 검출부의 오손, 소손 등의 유무 및 검출기능 점검
- 연료차단밸브는 정기적으로 그 기능, 누설 및 이물질의 유무를 점검하고, 청소 실시

#### ● 보일러 저수위 사고방지에 관한 작업 시 확인사항

##### 가동 전

- 급수탱크의 수위
- 분출장치의 폐지상태
- 급수배관 밸브의 개폐
- 수면 측정장치 각 연락배관의 밸브 또는 콕크의 상태
- 보일러의 수위

##### 가동 중

- 수면 측정장치의 기능
- 연료차단밸브, 연료리턴밸브의 기능
- 수위검출기의 증기와 물쪽 연락관 및 배수관에 설치되어 있는 밸브 또는 콕크의 상태
- 분출장치에서의 누설 유무



보일러

### 재해사례 : 보일러가 폭발하여 사망

#### 개요

기관실에서 온수보일러가 폭발하여 본체가 약 2m 정도 뒤로 밀리면서 보일러와 물탱크 사이에 있던 건물 시설관리자인 재해자가 협착 사망한 재해임



#### 발생원인

- 보일러 이상 발생 시 안전조치 미흡  
보일러 이상 압력 발생 시 즉시 가동을 중지하는 등의 안전조치 미실시
- 압력방출장치 미작동  
과압 시 압력을 방출시킬 수 있는 안전밸브 등 압력방출장치가 미작동

#### 예방대책

- 보일러 이상 발생 시 안전조치 철저  
이상 발생 시에는 보일러 가동을 중지하고, 원인을 조사하여 근본대책 수립·시행 후 안전한 상태에서 가동
- 안전밸브 토출시험 및 유지관리 철저  
안전밸브는 이상 유무를 수시 점검하고 이상 압력 발생 시 설정된 압력에서 토출될 수 있도록 관리



보일러

건물 등의 종합관리사업

### 안전수칙

#### 작업 전

- 점화 전 충분히 환기시킨다.
- 급수탱크의 수위가 정상상태인지 수시로 확인한다.
- 점화에 실패한 경우 계속해서 연료를 공급하지 말고 환기 후 다시 점화한다.
- 기기를 가동시킬 때 주위를 정돈하고, 불필요한 물건을 제거한 후 조작한다.
- 보일러 소음으로 인한 청력손실 예방을 위한 귀마개·귀뉘개를 착용한다.
- 노내의 점검 시에는 입회인을 꼭 대기시킨 후 작업을 실시한다.

#### 작업 중

- 보일러 내에서 증발이 시작되면 소정압력에 달할 때까지 보일러의 압력, 수위의 움직임 및 연소 상태를 감시한다.
- 일정압력으로 상승 후 수면 측정장치의 기능, 수위검출기의 작동상황, 연료차단밸브의 기능 등을 점검 후 송기를 시작한다.
- 운전 중 다른 사정으로 수위 확인이 불가능할 경우 일단 보일러 운전을 정지한 후, 원인을 파악한다.
- 수위검출기나 조절기를 너무 신뢰하지 말고 수면계를 수시로 확인한다.



#### 관련 법령

- 산업안전보건기준에 관한 규칙
  - 제119조 (폭발위험의 방지)
  - 제116조 (압력방출장치)
  - 제117조 (압력제한 스위치)
  - 제118조 (고수위조절장치)

# 15장 설비 - 공기압축기

2011-교육미디어-1583



## 공기압축기 안전작업

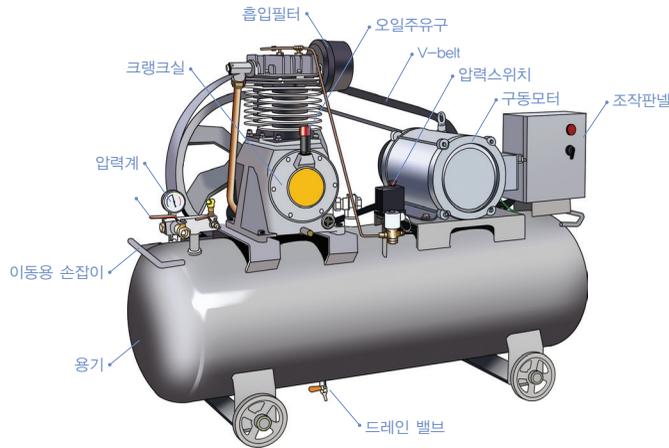
Air compressor



자동차에 의한  
여객운수업

### 공기압축기란?

- 외부로부터 동력을 받아 공기를 압축하는 기계를 말하며, 왕복동식(피스톤식) 압축기, 스크류식 압축기, 베인식 압축기 등이 있다. 공기압축기는 공기를 압축 생산하여 높은 공압으로 저장하였다가 이것을 필요에 따라서 각 공압 공구에 공급해 주는 기계이다. 통상의 가공 현장에서 사용되고 있는 공기 압축기는 압축기 본체와 압축 공기를 저장해 두는 탱크로 구성되어 있다.
- 공기압축기의 사양은 매분 당 공기 토출량과 탱크 용량으로 표시되는 경우가 많다. 압축한 공기는 칩의 청소 등에 사용되는 에어건 등에 쓰인다. 또한, 공기를 압축할 때 공기 중의 수분이 응축되어 압축 공기 중에 물이 고이는 경우가 있다. 그래서 수분을 제거할 필요가 있을 때는 공기압축기에 드라이어(건조기)를 접속하는 경우가 있다.



공기압축기 구조



왕복동식 공기압축기 : 가장 많이 사용



스크류식 공기압축



### 공기압축기 안전작업

#### 주요 위험요인

- 공기압축기의 회전부(V-BELT, FULLY)의 노출로 작업자 접근 시 말림 위험과 벨트의 장력이 느슨한 상태로 작동 중 벨트 이탈에 의하여 파편이 작업자를 강타하는 사고 발생의 위험이 있음
- 공기저장탱크 내부 압력상승에 의한 파열사고 발생의 위험이 있음
- 전기배선 및 전원부의 충전부 노출, 미접지로 인한 신체접촉 및 누전 시 감전사고 발생의 위험이 있음

#### 안전대책

- 공기압축기의 회전부 방호덮개, 주요 안전장치 등에 대한 정기적인 점검과 작동유무 확인

주요구조부	점검사항	사진
동력전달부	- 회전부(구동벨트, 플라이휠)의 안전덮개 설치상태, 회전방향표지판 부착상태, - 벨트의 이탈, 소손 및 벨트장력 등의 상태	
압력계	- 압력계 외관(지시계, 유리 등)의 손상유무 - 압력계의 정상 작동상태	
안전(safety) 밸브	- 안전밸브의 성능검정품 사용여부 - 안전밸브의 외관 및 조작용 레버의 이탈 유무 및 정상 작동상태 * 안전밸브의 압력조정 너트는 임의의 조작을 금지토록 봉인실시(최대사용 압력의 110% 이하로 설정)	
드레인(drain) 밸브	- 드레인밸브 손잡이 등의 이탈 및 누유 유무 - 드레인밸브의 조작 및 드레인(drain) 실시 상태 * 자동 드레인 장치를 부착하거나, 1일 1회 이상 드레인 실시	

- 공기압축기의 철대 외함 접지 실시 및 절연저항 측정을 통한 정기적인 점검

- 접지저항 측정 시 : 400V 이하인 경우는 100Ω 이하, 400V 이상인 경우는 10Ω 이하 일 것
- 배선(전선)의 절연 저항 측정 시 : 대지전압 150V 이하인 경우 0.1MΩ 이상, 대지전압 150V 초과 300V 이하인 경우 0.2MΩ 이상, 사용전압 300V 초과 400V 미만인 경우 0.3MΩ 이상, 사용전압 400V 이상인 경우 0.4MΩ 이상 일 것



공기압축기 안전작업



공기압축기 안전작업

자동차에 의한 여객운수업

재해사례 : 공기압축기에 손이 끼임

안전수칙

개요

2010년 11월 18일 사업장내에서 공기압축기의 고장으로 벨트를 손으로 조작 중 공기압축기가 갑자기 작동하면서 손가락이 끼임



발생원인

- 공기압축기의 고장 시 수리, 점검 등의 작업을 하는 경우 반드시 전원을 차단하여야 하나 미실시
- 공기압축기는 전기기계기구로 전기누전에 대한 감전보호조치를 하지 않음
- 공기압축기 주변의 오일 등의 장애물을 사업장 현장에 방치

예방대책

- 공기압축기의 고장 시 수리, 점검 등의 작업을 하는 경우 반드시 전원을 차단하고 작동이 되지 않음을 확인한 후에 작업하여야 하고, 작업 중 타작업자의 오조작에 의한 재해예방을 위하여 기동전원 스위치에 잠금장치 또는 조작금지 표지 등을 추가적인 조치를 하여야 함
- 공기압축기 외함에 대한 접지 실시 : 전기기계·기구의 금속제 외함·금속제 외피 및 철대에는 누전에 의한 감전의 위험을 방지하기 위하여 확실하게 접지를 실시하여야 하고, 아울러, 주기적인 절연상태를 점검하여야 함
- 주변의 오일 등에 의한 전도재해예방을 위하여 주기적으로 청소를 실시하여야 함

- 공기압축기는 충분한 안전교육과 작동 법을 익힌 사람만 조작한다.
- 압축기가 운전 중일 때에는 벨트커버나 회전부에 가까이 가지 않는다.
- 압축기를 작동하기 전에 압축기 주변에 다칠 위험이 있는 사람은 없는 지 확인 후 가동한다.
- 작업 시작 전 점검 시 압력계이지, 온도계 등을 점검하여 공기압축기가 정상작동임을 확인한다.
- 공기압축기는 정상적인 대기 공기만을 흡입하여 압축하도록 설계되어 있으므로 다른 종류의 가스, 기체, 증기류는 절대로 공기압축기에 흡수되거나 사용하지 않는다.
- 공기압축기의 정비작업 개시 전에 리모트 컨트롤러를 포함하여 모든 전원을 차단한다.
- 압축기의 청소 정비 시에는 반드시 압축기를 정지하고 모든 전원을 차단한 다음 내부압력이 완전히 방출된 후 충분히 냉각된 상태에서 실시한다.
- 적합한 규격의 안전벨트를 설치하여야 한다.
- 안전벨트는 설정압력을 변경하거나 그 기능을 제한하거나 플러그 등으로 대체하지 않는다.
- 공기압축기의 시스템 어느 부분에도 플라스틱 파이프, 고무호스의 사용 및 납땜을 하지 말아야 한다.
- 에어필터나 부품의 세척 시 인화성 또는 독성이 있는 솔벤트, 신나 등의 사용을 금지한다.
- 공기압축기가 작동중일 때에는 정비작업을 실시하지 않는다.
- 규정된 압력이상으로 공기압축기를 작동시키지 않는다.
- 공기압축기 작동 중에는 보호커버나 판넬 등을 제거하지 않는다.
- 모든 보수/정비수칙을 준수하고 모든 안전장치를 정기점검계획에 따라 점검한다.
- 압축된 공기는 위험하므로 함부로 다루지 않는다.
- 항상 공기압축기에 적합한 윤활유를 사용하고 교환주기를 철저히 지킨다.



관련 법령

- 산업안전보건법 시행령 제28조의2 (자율안전확인대상 기계·기구 등)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙
  - 제87조 (원동기·회전축 등의 위험 방지)      - 제92조 (정비 등의 작업 시의 운전정지 등)
  - 제116조 (압력방출장치)                      - 제120조 (최고사용압력의 표시 등)
  - 제302조 (전기 기계·기구의 접지)

2012-교육미디어-1136



## 탱크로리 적재 및 하역작업



도소매 및 소비자용품수리업

### 탱크로리 적재 및 하역작업이란?

유해·위험물을 저장하는 탱크를 트럭이나 트레일러와 같은 이동용 차량에 탑재하여 유해·위험물 운송차량에서 당해물질을 사업장 내에서 하역하거나 적재하는 작업이다.



적재·하역 커플링, 배관, 밸브



이송 펌프(내부)



적재·하역 조작반



호스릴 및 미터기

#### ● 탱크로리 구조 ●

- 차량(트럭), 탱크, 커플링, 배관, 밸브, 이송 펌프, 적재·하역 조작반, 호스릴, 미터기, 상부 맨홀, 이동 사다리 등

#### ● 탱크로리 적재·하역작업 특징 ●

- 탱크로리에 적재하는 작업은 판매사 근로자와 운전기사가 함께 작업하고 하역작업은 탱크로리 운전기사와 주유소 등 사용 사업장의 근로자와 공동으로 작업
- 탱크로리 적재·하역작업은 펌프를 이용하여 이송하는 방법과 탱크로리와 저장탱크의 낙차에 의한 중력 이송방법으로 나뉨
- 탱크로리 적재·하역작업 시 다량의 유증기가 방출되며 이송에 따른 정전기 발생으로 화재·폭발의 위험성이 있음



### 탱크로리 적재 및 하역작업

#### 주요 위험요인

- ❖ 유해 위험물 누출로 인한 화재·폭발
- ❖ 탱크로리 상부 또는 사다리에서 추락 위험

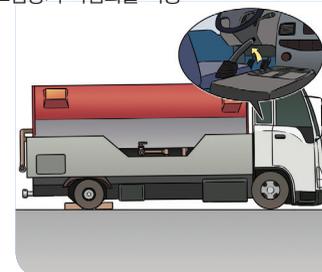
#### 안전대책

##### ● 화재·폭발재해 예방

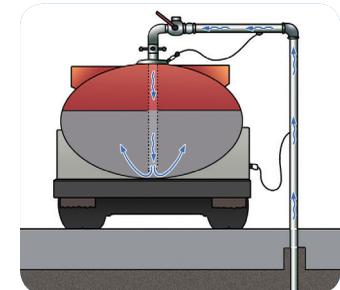
- 차량은 평평한 곳에 주·정차하고 고임목 등을 사용하여 고정
- 충전작업 시 차량 시동 정지하고 주차브레이크를 확실히 제동
- 차량의 펌프를 이용하지 않고 적재 및 하역할 경우 자동차 키를 뽑아 위험물취급자에게 보관
- 하역작업 중 위험물취급자 입회
- 혼유되지 않도록 배관의 색깔이나 명칭을 확실히 확인하여 호스 접속
- 접속구는 동일 규격(크기)의 것을 사용
- 정전기 축적을 예방하기 위하여 탱크로리 차체 접지 실시
- 탱크로리 적재·하역 작업 시 규정 유속 및 바텀로딩(Bottom Loading)을 준수
  - ※ 바텀로딩(Bottom Loading) : 이송 배관이나 호스를 거의 탱크 바닥까지 내려 자유낙하에 의한 정전기 축적을 최소화하는 이송 방법
- 부득이한 경우가 아니면 교환적재 금지
  - ※ 교환적재 : 증기압이 낮은 제품을 이전에 증기압이 높은 제품이 담겨있던 곳에 적재하는 것 (예 : 휘발유를 담았던 탱크에 경유나 등유를 적재)
- 국소배기장치나 유증기 회수설비를 활용하여 유증기를 회수
- 탱크로리 적재·하역 작업 시 불꽃, 기계적인 마찰, 전기스파크를 발생시키는 행위 금지
- 적재 및 하역작업장 주변에 소화기 비치

##### ● 추락재해 예방

- 사다리 혹은 탱크로리 상부에 올라갈 경우 추락하지 않도록 주의
- 안전대 및 구명줄 등 추락방지 보호장비 활용
- 미끄럼방지 작업화를 착용



고임목 사용 및 주차브레이크 제동



규정 유속 및 바텀로딩 준수

탱크로리 적재 및 하역작업

재해사례 : 휘발유 출하대에서 적재작업 중 탱크로리 폭발

개요

인화성액체 화학물질 저장소 출하대에서 탱크로리에 휘발유를 적재하던 중 적재 호스를 통해 탱크로리 유창 내부로 낙하되는 유체에서 발생한 정전기로 추정되는 점화원에 의해 화재·폭발이 발생하여 탱크로리 운전기사과 출하담당 근로자가 사망



발생원인

- 바텀로딩 방법 미준수
- 비전도성 호스 사용

예방대책

- 인화성액체 적재방법 준수
  - 인화성액체를 탱크로리에 상부 맨홀을 통해 적재할 경우 바텀로딩 준수
  - 고증기압의 인화성액체 적재 시 상부 맨홀을 통해 주입하는 방법보다 하부 배관을 통해 펌핑하는 방법으로 적재하여 정전기 발생을 최소화
- 전도성 주입 호스 설치
  - 출하대 인화성액체 주입 호스는 전도성 호스를 사용하고 주입호스 끝이 탱크로리 유창의 바닥이나 벽에 닿도록 하여 충유작업 시 발생하는 정전기가 유창의 바닥이나 벽을 타고 흘러 접지를 통하여 제거되도록 적재

탱크로리 적재 및 하역작업 도소에 및 소비자용품수리업

안전수칙

작업 전

- 차량은 평평한 곳에 주·정차하고 고임목 등을 사용하여 고정한다.
- 적재·하역작업 시 차량 시동 정지하고 주차브레이크를 확실시 제동한다.
- 차량의 펌프를 이용하지 않고 적재·하역할 경우 차량의 키를 뽑아 위험물취급자에게 보관한다.
- 정전기 축적을 예방하기 위하여 탱크로리 차체를 접지한다.
- 적재 및 하역작업장 주변에 소화기 비치한다.

작업 중

- 적재·하역작업 중 위험물취급자가 입회한 상태에서 작업한다.
- 혼유되지 않도록 배관의 색깔이나 명칭을 확실시 확인하여 호스를 접속한다.
- 접속구는 동일 규격(크기)의 것을 사용한다.
- 탱크로리 적재·하역 작업 시 규정 유속 및 바텀로딩(Bottom Loading)을 준수한다.
  - ※ 바텀로딩(Bottom Loading) : 이송 배관이나 호스를 거의 탱크 바닥까지 내려 자유낙하에 의한 정전기 축적을 최소화하는 이송 방법
- 부득이한 경우 아니면 교환적재를 하지 않고 교환적재를 할 경우 탱크내부를 철저히 세척한다.
  - ※ 교환적재 : 증기압이 낮은 제품을 이전에 증기압이 높은 제품이 담겨있던 곳에 적재하는 것 (예, 휘발유를 담았던 탱크에 경유나 등유를 적재)
- 국소배기장치나 유증기 회수설비를 활용하여 유증기를 회수한다.
- 탱크로리 적재·하역 작업 시 불꽃, 기계적인 마찰, 전기스파크가 발생하지 않도록 주의하고 감시한다.
- 사다리 혹은 탱크로리 상부에 올라갈 경우 미끄럼방지 작업화, 안전모 등 개인보호구를 착용한다.



관련 법령

- 산업안전보건기준에 관한 규칙
  - 제42조 (추락의 방지)
  - 제225조 (위험물질 등의 제조 등 작업시의 조치)
  - 제228조 (가솔린이 남아 있는 설비에 등유 등의 주입)
  - 제232조 (폭발 또는 화재 등의 예방)
  - 제260조 (공급 원재료의 종류 등의 표시)
  - 제44조 (안전대의 부착설비 등)
  - 제227조 (호스 등을 사용한 인화성 액체 등의 주입)
  - 제228조 (가솔린이 남아 있는 설비에 등유 등의 주입)
  - 제257조 (덮개 등의 접합부)
  - 제325조 (정전기로 인한 화재 폭발 등 방지)

# 17장 용접·용단 작업

본 OPL은 용접·용단 작업에 따른 참고자료입니다. 용접·용단 작업은 감전, 흡입 시 용접폐증 등이 발생할 수 있으며, 넓은 불티 비산, 고온 축열 등으로 화기작업 시 화재·폭발 등 대형사고의 발생가능성이 높으므로, 해당 내용을 잘 숙지하셔서 사고예방에 만전을 기해주시기 바랍니다.

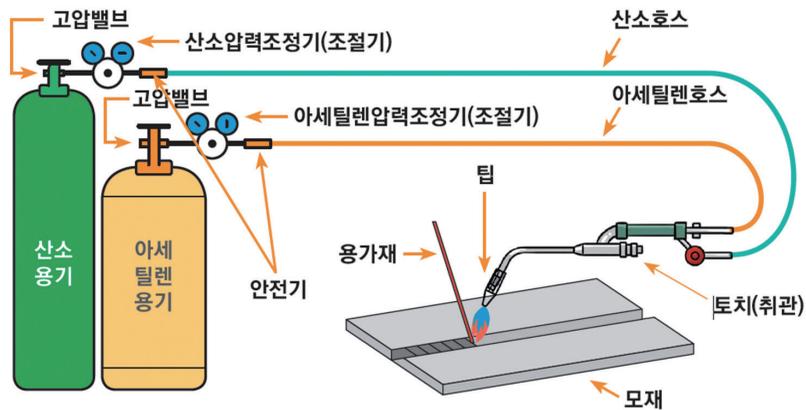
## 주요 유해·위험 요인

- 용접·용단 작업 시 발생하는 불티에 의한 화재 위험
- 탱크, 배관 등의 용접·용단 작업 시 내부 인화성 액체 또는 인화성 가스에 의한 폭발 위험
- 용접·용단 작업 시 신체접촉에 의한 화상 위험
- 밀폐공간 내부 용접 작업 시 질식 위험
- 이동식 비계에서의 용접·용단 작업 시 떨어지 위험
- 파손된 홀더, 케이블, 용접봉 등 충전부 접촉에 의한 감전 위험
- 교류아크용접기 자동전격방지기 미설치에 의한 감전 위험

## ■ 가스용접 및 용단이란?

가스용접이란 사용하는 가스에 따라 산소-아세틸렌(oxygen-acetylene) 용접, 산소-수소(oxygen-hydrogen) 용접, 산소-프로판 용접 등이 있으며, 산소-아세틸렌(oxygen-acetylene) 용접이 가스 불꽃중 화염온도가 높고 화염조절이 용이하며 모재에 끼치는 악영향이 적어서 가장 널리 사용된다.

용단작업은 자재 절단을 위한 용도로 산업 현장에 광범위하게 사용되고 있으며, 가열(예열)용으로도 이용이 늘고 있다.



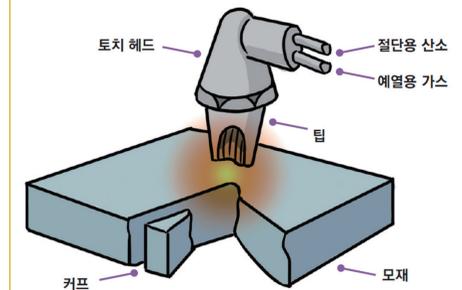
산소-아세틸렌 가스용접 장치의 구성

## ■ 가스절단의 원리 및 가스절단 장치

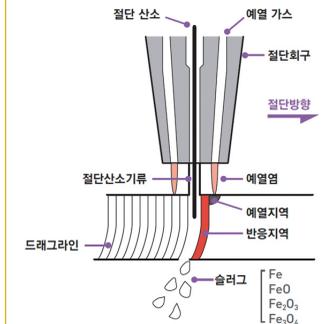
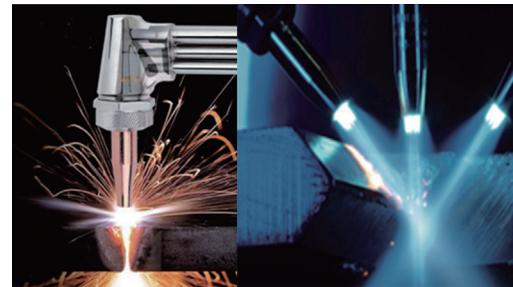
가스절단은 강 또는 합금강의 절단에 널리 이용되며 비철금속에서는 분말가스 절단 또는 아크 절단이 이용된다.

강의 가스 절단은 산소 절단이라고도 하며 산소와 철의 화학 반응열을 이용하는 절단법이다. 이 방법은 강재의 절단부분을 팁(tip)에서 불어 나오는 산소-아세틸렌 가스 불꽃으로 약 850~900℃가 될 때까지 예열한 후 팁의 중심에서 고압의 산소(절단 산소)로 불어 내면 철은 연소하여 산화철이 되고 그 산화철의 용융과 동시에 절단된다.

## ● 가스절단



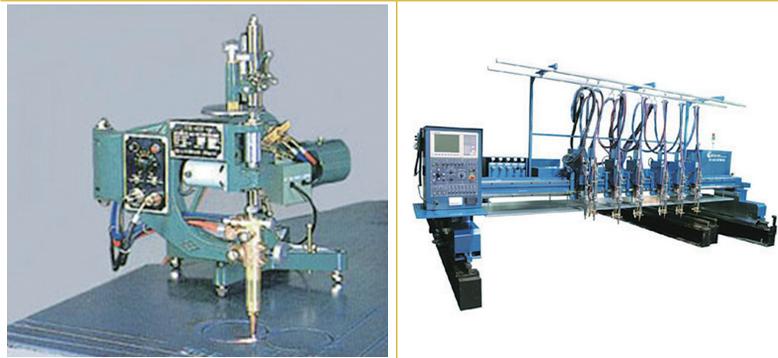
## ● 가스절단의 원리



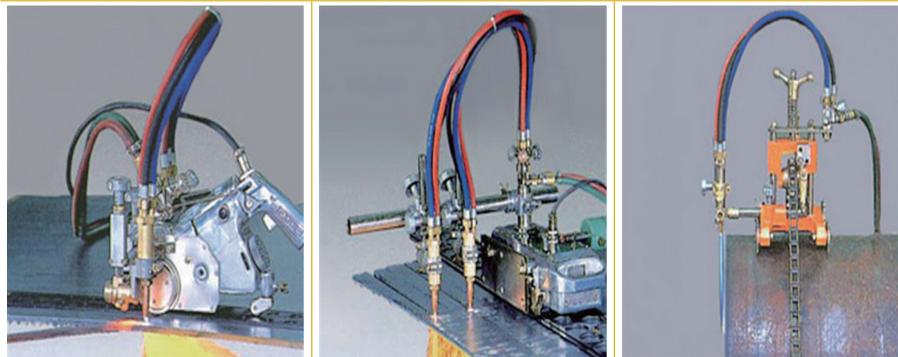
● 가스절단의 종류



수동가스 절단장치



형 자동 가스 절단기



자동 가스 절단기

■ 재해 예방대책

● 화재사고



■ 예방대책

용접작업 장소에서는 반드시 4가지 물품을 비치

- 물통(바스켓 약1,000l에 물을 담은 것)
- 불연성 포(칸막이 등)
- 건조사(바스켓 1개에 마른 모래 담은 것)
- 소화기(분말 소화기 2대)



※ 소방기본법 제15조 및 동법 시행령 제5조

용접 또는 용단작업자로부터 5m이내 소화기를 비치 / 용접 또는 용단 작업장 주변 10m이내에는 가연물을 쌓아두거나 놓지 말 것

● 폭발사고



■ 예방대책

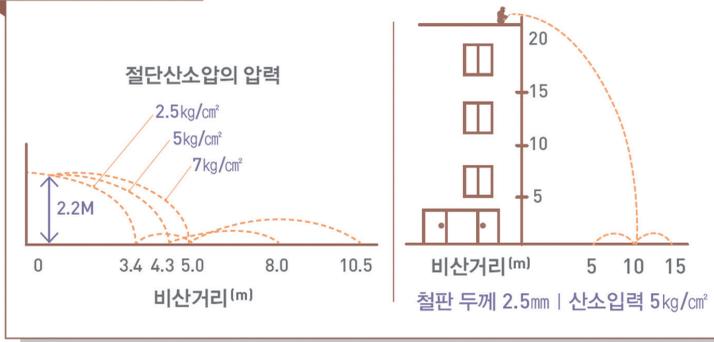
- 건식 역화방지기 또는 수봉식 역화방지기를 설치한다.
- 탱크, 배관 등의 용접·용단 작업시 내부에 인화성 액체 또는 가연성 가스 등이 존재하는지 여부를 확인하고 작업 실시
- 가스 누설이 없는 토치나 호스를 사용한다.



**안전 TIP** 용접·용단 시 불티의 특성

- 작업 시 수천개가 발생·비산된다.
- 용융금속의 점적은 작업장소의 높이에 따라 수평 방향으로 최대 11 m 정도까지 흩어진다.
- 축열에 의하여 상당 시간 경과 후, 불꽃이 발생되어 화재를 일으키는 경향이 있다.
- 절단작업 시 비산되는 불티는 3,000 °C 이상의 고온체이다.
- 산소의 압력, 절단속도, 절단기의 종류 및 방향, 풍속 등에 따라 불티의 양과 크기가 달라진다.
- 발화원이 될 수 있는 불티의 크기는 직경이 0.2~3 mm 정도이다

절단불꽃의 비산 예



● 화상사고



■ 예방대책

- 난연성의 작업복을 착용한다.
- 개인 보호구 착용(용접앞치마, 보안면, 용접장갑 등)



● 질식사고



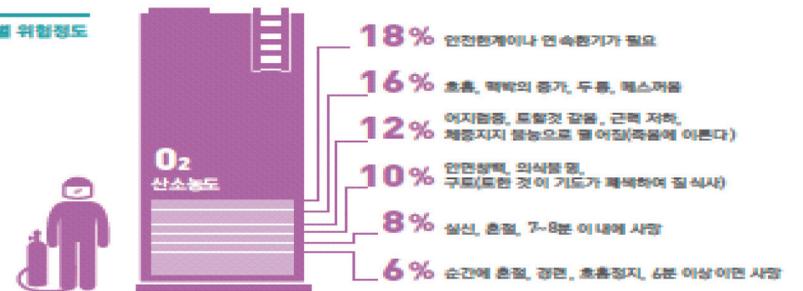
■ 예방대책

- 작업 전에는 산소농도가 최소 18% 이상 되는지 확인
- 작업 중에는 감시인을 둔다.



**안전 TIP** 용접·용단 시 불티의 특성

산소농도별 위험정도



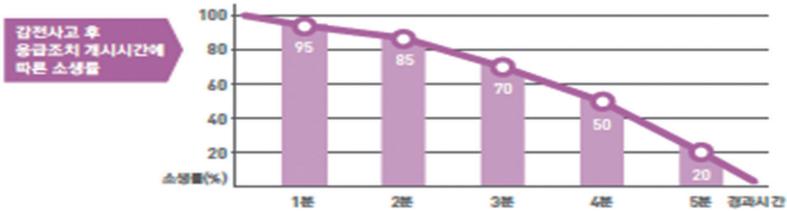
● 감전사고



■ 예방대책

- 절연형 안전홀더를 사용
- 용접케이블, 케이블커넥터 등 절연손상 부위는 보수한 후 사용
- 용접기 외함을 접지
- 물 등 습윤장소 또는 철판, 철골 위 등 고소 장소에 사용하는 용접기는 감전방지용 누전차단기에 접속
- 용접작업을 중지하고 작업장소를 떠날 경우 용접기의 전원개폐기를 차단

안전 TIP 감전작업시 응급조치 요령



● 감전사고



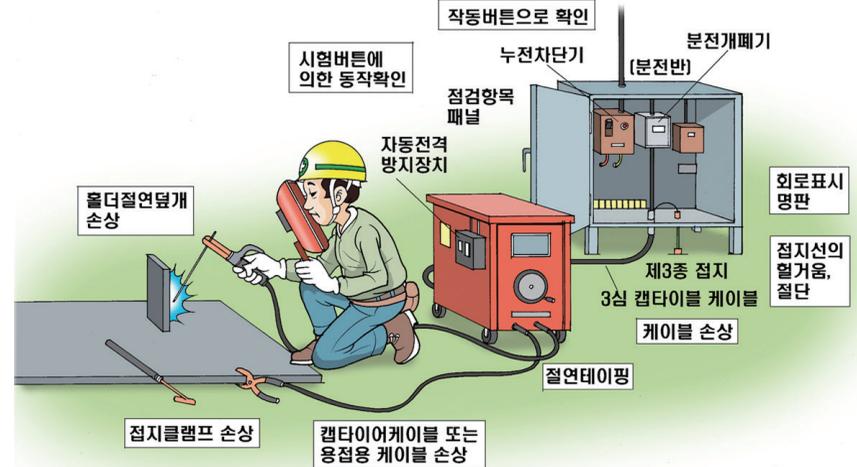
■ 예방대책

- 안전대, 안전난간을 설치한다
- 긴급한 자세 변경, 이동시 주변 상황 및 몸의 상태 확인 등 발생 가능한 추락위험에 대한 안전교육 실시



안전 TIP 안전 Tip 교류아크용접기 작업 전 점검사항

- 작업시작 전 충전부, 케이블 피복, 용접봉 홀더, 접지 등을 점검한다.



안전 TIP 아크용접 작업 중 감전재해 위험요소



## ■ 재해사례

### 용접 작업 중 충전부 접촉에 의한 감전 사망

#### ● 재해개요

엔진 Frame Box 내부의 협소한 공간에서 불안정한 자세로 용접작업을 하던 중 용접봉과 절연이 파괴된 홀더에 신체 일부가 접촉되어 감전



#### ● 재해 발생 원인

- 설치한 자동전격방지기 고장으로 감전
- 절연덮개가 파손된 홀더 사용 또는 용접봉에 신체 접촉

#### ● 재해 예방대책

- 자동전격방지기 사용
  - 도전성이 높은 장소에서 교류아크용접기를 사용하는 경우에는 자동전격방지기를 설치
- 절연현 안전홀더 및 절연손상 부위 보수 후 용접작업 실시
  - 절연현 안전홀더를 사용하고, 용접케이블, 케이블커넥터 등 절연손상 부위는 보수한 후 사용한다.

### 인화성 가스 취급 배관 근처에서 용접작업 중 폭발·화재

#### ● 재해개요

인화성 가스 배관 주입 작업 중 압력이 상승하여 인화성 가스가 누출된 상태에서 인근 작업장에서 용접작업 중 발생한 용접불티에 의해 폭발·화재가 발생하여 사망.



#### ● 재해 발생 원인

- 인화성 가스 누출 등 화재·폭발 발생 우려가 있는 장소에서 용접작업 실시
- 인화성 가스의 유해위험 정보 제공 소홀

#### ● 재해 예방대책

- 화재·폭발 발생 우려가 있는 장소에서 화기작업(용접 및 용단) 금지
  - 인화성 액체 또는 인화성 가스를 취급하는 화재·폭발 발생 우려가 있는 장소에서는 용접·용단 등 화기작업 금지
- 주변설비 취급물질에 대한 유해위험 정보 제공 등
  - 용접·용단 작업 등 화기작업 주위의 설비에서 취급되는 물질에 대한 유해위험성 정보를 제공하고 인화성 액체 및 인화성 가스 누출방지조치 실시

■ 안전보건 점검 체크리스트

● 교류아크용접기

순번	평가문항	평가결과			비고
		개선 필요	보통	우수	
1	자동전격방지기는 부착되어 있는가?				
2	용접봉 홀더의 절연상태는 양호한가?				
3	클램프의 충전부분이 노출되지 않았는가?				
4	케이블(전선)의 용접기와 접속부의 부착, 절연상태는 좋은가?				
5	케이블(전선)의 피복에 손상된 부분은 없는가?				
6	케이블(전선)은 전류용량에 적합한가?				
7	용접기 본체에 접지선이 연결되어 있는가?				
8	작업장 부근에 기름, 나무조각, 도로, 형강 등의 타기 쉬운 물건을 두지 않았는가?				
9	물기 있는 장갑, 작업복, 신발을 착용하고 있지 않는가?				
10	앞치마, 보안경, 보안면, 방진방독검용마스크 (1급 방진필터)를 착용하고 있는가?				

● 가스 절단기

순번	평가문항	평가결과			비고
		개선 필요	보통	우수	
1	각종 호스와 취관은 손상·마모가 없는가?				
2	호스밴드 및 호스클립의 체결상태는 양호한가?				
3	가스절단기 작업 시 불반이포를 사용하는가?				
4	작업장 주변에 인화성·가연성 물질은 제거하였는가?				
5	작업 중 토치부가 호스에 접근하지 않는가?				
6	작업을 중단하거나 종료하고 작업장소를 떠날 때에는 가스 등의 공급구의 밸브 또는 콕을 잠그는가?				
7	가스조절 밸브는 서서히 조작하는가?				
8	작업장 주변에 소화기 등을 비치하였는가?				
9	작업장 주변 정리정돈은 되어 있는가?				
10	작업자는 보안면 및 방독마스크를 착용하고 작업하는가?				

● 산업안전보건법 상 관련 법령

- 안전보건규칙 제32조(보호구의 지급 등)
- 안전보건규칙 제232조(폭발 또는 화재 등의 예방)
- 안전보건규칙 제233조(가스용접 등의 작업)
- 안전보건규칙 제234조(가스등의 용기)
- 안전보건규칙 제241조(통풍 등이 충분하지 않은 장소에서의 용접 등)
- 안전보건규칙 제241조의2(화재감시자)
- 안전보건규칙 제243조(소화설비)
- 안전보건규칙 제245조(화기 사용 장소의 화재 예방)
- 안전보건규칙 제301조(전기기계·기구 등의 충전부 보호)
- 안전보건규칙 제302조(전기기계·기구의 접지)
- 안전보건규칙 제304조(누전차단기에 의한 감전 방지)
- 안전보건규칙 제306조(교류아크용접기 등)
- 안전보건규칙 제313조(배선 등의 절연피복 등)
- KOSHA GUIDE(H-73-2012) 용접작업 보건관리지침
- KOSHA GUIDE(F-1-2014) 용접·용단 작업 시 화재예방 기술지침

# 18장 화학물질 세척작업

본 OPL은 화학물질 세척작업 시 참고자료입니다. 화학물질 세척작업 시 내용물이 미제거 되면 폭발 분위기 형성에 따른 화재폭발 등 대형사고로 발전할 수 있고 흡입 시 독성에 따른 건강장해를 입을 수 있습니다. 해당 내용을 잘 숙지하셔서 사고예방에 만전을 기해주시기 바랍니다.

## ■ 화학물질 세척작업

### ● 화학설비 세척작업 정의

- 사업장에서 다른 물질을 생산 및 유지·보수 시 설비 내부에 침전된 고분자 물질, 스케일 등 이물질 제거하기 위함.

## ■ 세척작업 종류 및 특징

- 세척작업의 종류로는 ① 물세척, ② 스팀세척, ③ 화학세척, ④ 물리적 세척으로 나눌 수 있으며, 이중 화학세척은 유독성과 유증기 발생가능성으로 인해 취급 시 많은 주의가 필요함.

### ① 물세척

- 설비 내 화학물질이 수용성이면 물을 설비 내에 주입하고 배수시켜 세척
- 증기 배출구를 만들어 설비 내에 증기공간이 생기지 않도록 조치

### ② 스팀세척

- 스팀이 응축되지 않도록 스팀온도를 일정온도 이상으로 유지 (ex 77℃)
- 스팀호스는 도전성 재질의 호스를 사용하고 설비와는 본딩 실시
- 세척 후 설비 내부로 작업자가 들어 갈 수 있도록 탱크 내부 온도 낮춤 (공기치환 등)

### ③ 화학세척

- 세척용 화학물질의 제조업의 주의사항 준수(보호구 및 보안경 착용 등)

## ■ 세척작업 시 주의사항

- 세정 작업 시 발생할 수 있는 화재 및 폭발 위험을 파악하고 있는 감독자 배치
- 탱크 안의 내용물의 화재·폭발 특성 사전 파악
- 탱크 내 압력을 대기압으로 낮추고 내용물을 안전한 장소로 배출
- 반응성이 높은 불안정 물질 저장 탱크는 안전작업절차에 따라 세정
- 폭발위험장소 작업 시 적합한 방폭·전기기계기구 등 사용
- 인화성 가스농도 측정기를 사용하여 인화성 가스 농도 수시 확인
- 인화성 증기의 인화한계농도 하한선의 10% 초과 시 즉시 작업 중단

## ■ 세척작업 시 안전조치

- 개방된 상태에서 세정작업 실시
- 산소 농도 측정 실시
  - 산소 측정기를 사용하여 산소 농도 측정 실시
- 탱크 주변의 점화원 차단 또는 제거
- 독성 및 부식성 증기 또는 가스에 노출되지 않도록 방호조치 실시
- 물·공기·불활성 가스 및 스팀 퍼지를 통한 인화성 증기 제거 및 설비 내부의 불활성화
- 스팀, 화학적 세정 및 고압 물분사시 정전기 전하 발생 주의
- 맹판 및 표식 부착
  - ※ 세정작업 전에 탱크 또는 용기에 설치된 연결부와 모든 파이프는 차단, 플러그는 뽑거나 폐쇄, 밸브를 통해 물질이 쉼 수 있으므로 이중밸브 또는 맹판(Blind)을 설치하여 차단

### 〈 사고사례1〉

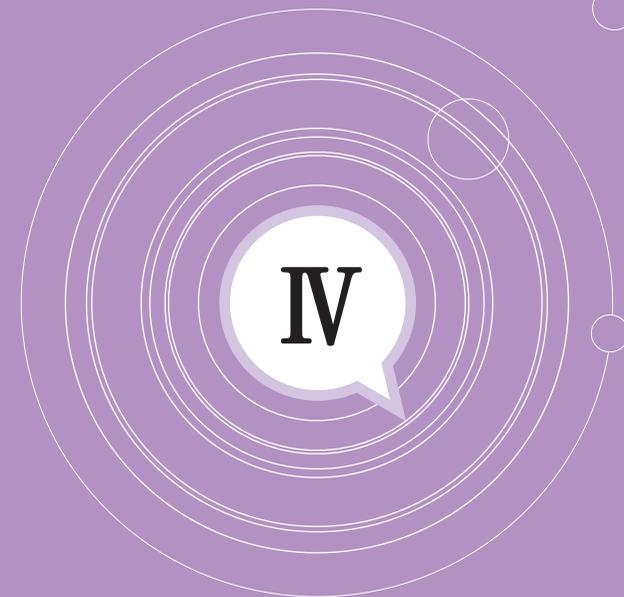
재해자는 2008년 0월 00일 08시경 울산시 소재 000(주) 사업장내 저장탱크 세척작업을 위해 보호구 없이 입조하여 내부 세척작업을 진행 중 잔존하고 있던 유해위험물질에 의해 흡입으로 가스중독 되어 사망함.

### 〈 사고사례2〉

재해자는 2011년 0월 00일 08시경 울산시 소재 000(주) 사업장내 저장탱크 세척작업을 위해 내벽에 붙어 있는 슬러리(유기화합물질 잔사)를 소화전 물로 세척하기 위해 소화전을 오픈하여 물을 투입하던 중 동 탱크에서 폭발이 발생하여 충격에 따른 추락으로 사망함.



작업전 **안전점검** 당신의 **생명**을 지킵니다



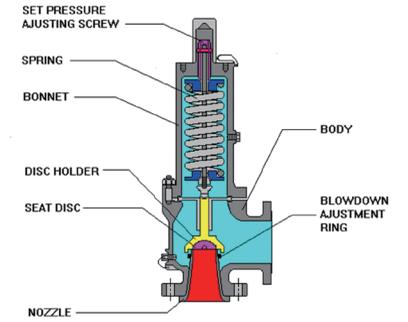
## 화학설비 등의 주요 안전장치 안내

# 1장 안전밸브 (Safety valve) ; S/V

## ■ 안전밸브



안전밸브



안전밸브 단면도

1장 안전밸브 (Safety valve) ; S/V 107p

2장 파열판 (Rupture Disc) ; R/D 109p

3장 통기설비 (Breather valve) 111p

4장 폭발방산구 (Explosion venting) 112p

5장 화염방지 (Flame arrestor) 113p

6장 가스감지기 (Gas Detector) 114p

### ● 안전밸브 정의 등

: 설비나 배관의 압력이 설정압력을 초과하는 경우 작동하여 내부압력을 분출하는 장치

### ● 안전밸브의 종류

: 스프링식(화학설비에서 가장 많이 사용), 증추식, 지렛대식 등이 있다.

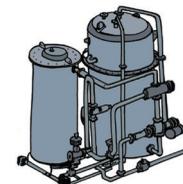
### ● 안전밸브 설치 기준

- 압력상승의 우려가 있는 경우
- 반응생성물에 따라 안전밸브 설치가 적절한 경우
- 열팽창 우려가 있을 때 압력상승을 방지할 경우

### ● 안전밸브 등의 설치

: 다음에 해당하는 화학설비 및 그 부속설비에는 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 안전밸브 또는 파열판을 설치하여야 한다.

#### 압력용기



#### 설치기준 (예외포함)

- 압력용기(안지름이 150mm 이하인 압력용기는 제외하며, 열교환기는 관의 파열로 인한 압력상승이 동체의 최고 사용압력을 초과할 우려가 있는 경우에 한정한다)

정변위 압축기

정변위 펌프



- 토출측에 차단밸브가 설치된 것에 한정한다

설치기준 (예외포함)

배관



- 2개 이상의 밸브에 의하여 차단되어 대기온도에서 액체의 열팽창에 의한 파열이 우려되는 것에 한정한다

설치기준 (예외포함)

그 밖의 화학설비 및 그 부속설비



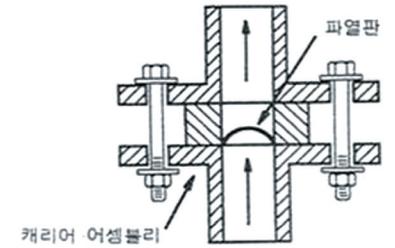
- 이상 화학 반응, 밸브의 막힘 등 이상상태로 인한 압력 상승으로 해당 설비의 최고사용압력을 초과할 우려가 있는 것에 한정한다

설치기준 (예외포함)

파열판



파열판



파열판 단면도

파열판 정의 등

: 밀폐된 압력용기나 화학설비 등이 설정압력 이상으로 급격하게 압력이 상승하면 파단 되면서 압력을 토출하는 장치이다. 짧은 시간 내에 급격하게 압력이 변하는 경우 적합하다.

파열판의 설치 기준



- 반응폭주 등 급격한 압력상승의 우려가 있는 경우



- 급성 독성물질의 누출로 인하여 주위의 작업환경을 오염시킬 우려가 있는 경우



- 운전 중 안전밸브에 이상물질이 누적되어 안전밸브가 작동이 안 될 우려가 있는 경우

● 파열판 설계기준식

$$P = 3.5 \sigma_u \times \left(\frac{t}{d}\right) \times 100$$

여기서, P : 파열압력(kg/cm<sup>2</sup>), d : 직경, Qu : 재료의 인장강도(kg/mm<sup>2</sup>), t : 두께(mm)

● 파열판의 특징

- 압력 방출속도가 빠르며, 분출량이 많다.
- 높은 점성의 슬러리나 부식성 유체에 적용할 수 있다.
- 설정 파열압력 이하에서 파열될 수 있다.
- 한번 작동하면 파열되므로 교체해야 한다.

### 3장 통기설비 (Breather valve)

■ 통기설비



통기설비(Breather valve)



통기밸브 원리

● 통기설비 정의 등

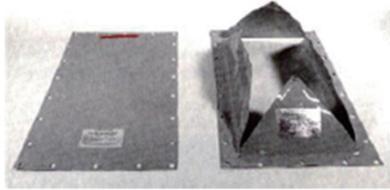
인화성 액체를 저장·취급하는 대기압 탱크에는 통기관(Vent) 또는 통기밸브(Breather Valve)를 설치하여 정상운전 시에 탱크 내부가 진공 또는 가압되지 않도록 외기를 흡입 또는 증기를 방출 수 있는 충분한 용량의 통기설비를 사용하여야 한다.

○ 인화성 액체를 저장하는 용기의 통기관 및 통기밸브에는 외부의 화염이 탱크로 유입하지 못하도록 끝단에 화염방지기를 설치하여야 한다.

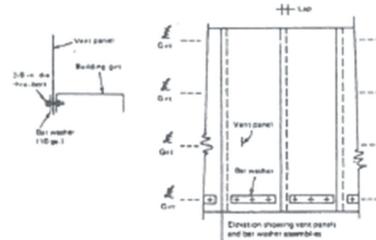
○ 휘발성이 높아 증발손실이 많고 위험성이 높은 인화성 액체 저장탱크에는 통기밸브(Breather Valve)를 설치한다.

## 4장 폭발방산구 (Explosion venting)

### ■ 폭발 방산구



폭발 방산구



폭발 방산구 원리

#### ● 폭발 방산구 정의 등

폭발 방산구는 건물, 건조로 또는 분체의 저장설비 등에 설치하는 압력방출장치로서 폭발로부터 건물, 설비 등을 보호하는 기능을 갖는다.  
다른 압력방출장치에 비해 구조가 간단하고 방출 면적이 넓어 방출량이 많고, 방출에 따른 2차적인 피해를 예방하기 위해 방출방향을 안전한 장소로 향하게 하는 것이 중요하다.

#### ○폭발 방산구 설치 기준

- 패널, 출입문, 개구부 등을 이용 1: 15법칙 준수
- 방출구 주위에 가이드 레일 설치와 경고표지
- 가능한 연소장치 가까이 설치
- 패널이 비산되지 않도록 끈으로 묶어
- 패널은 0.5psig의 서지 내압력
- 지붕 패널을 단위면적당 최대 24.4kg/m<sup>2</sup> 설치
- 길이가 긴 건조설비는 최소 내경의 5배 초과 금지
- 초기 증기폭발압력을 조기에 배출시켜 배출시간을 길게

#### ○폭발 방산구 덕트 설치

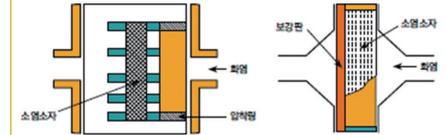
- 배출구 덕트는 폭발 방산구 면적 이상
- 벤트 면적은 가능한 균형 있고, 대칭적으로 분포
- 덕트는 가능한 짧게(3m 이하) 일직선으로 가능한 상부에 높이 설치하고 장애물 없도록 외벽에 가깝게 옥외 안전한 곳으로 배출
- 폭발 방산구 주위에 경고표지판 설치

## 5장 화염방지기 (Flame arrestor)

### ■ 화염방지기



화염방지기



화염방지기 구조

#### ● 화염방지기 정의 등

- 비교적 저압 또는 상압에서 가연성 증기를 발생하는 인화성 물질 등을 저장하는 탱크에서 외부로 그 증기를 방출하거나 탱크 내로 외기를 흡입하는 부분에 설치하는 안전장치
- 일반적으로 40mesh 이상의 가는 눈금의 철망을 여러 겹 겹친 소염소자식 화염방지기와 밀봉 액체를 사용하는 액봉식 화염방지기가 있다.
- 소염소자식 화염방지기는 인화성가스가 통과하는 통기관에 금속망 혹은 좁은 간격을 가지는 금속판을 사용하여 고온의 화염이 좁은 간격의 벽면에 접촉, 열전도에 의해서 급속히 열을 빼앗겨 착화온도 이하로 낮아지게 하여 소염하는 원리이고, 액봉식 화염방지기는 통기관을 물속을 통과하게 함으로써 냉각효과를 증대시켜 소염시키는 원리이다.

## ■ 가스누출감지 경보기



가스누출감지 경보기



가스누출감지기

## ● 가스누출감지 경보기 정의 등

## ○정의

가연성 또는 독성 물질의 가스를 감지하여 그 농도를 지시하고, 미리 설정해 놓은 가스 농도에서 자동적으로 경보가 울리도록 하는 장치를 말하며, 감지부와 수신경보부로 구성된 것을 말한다.

## ● 선정기준

- 감지대상 가스의 특성을 충분히 고려하여 가장 적절한 것을 선정
- 감지대상 가스가 가연성이면서 독성인 경우에는 독성을 기준으로 가스누출감지경보기를 선정

## ● 설치대상 물질

- 가연성 물질 : 인화성 물질 중 인화점이 35℃ 이하인 인화성 액체
- 독성 물질 : 독성 물질로서 35℃, 0.1MPa(1bar) 기체상태인 것

## ● 설치장소

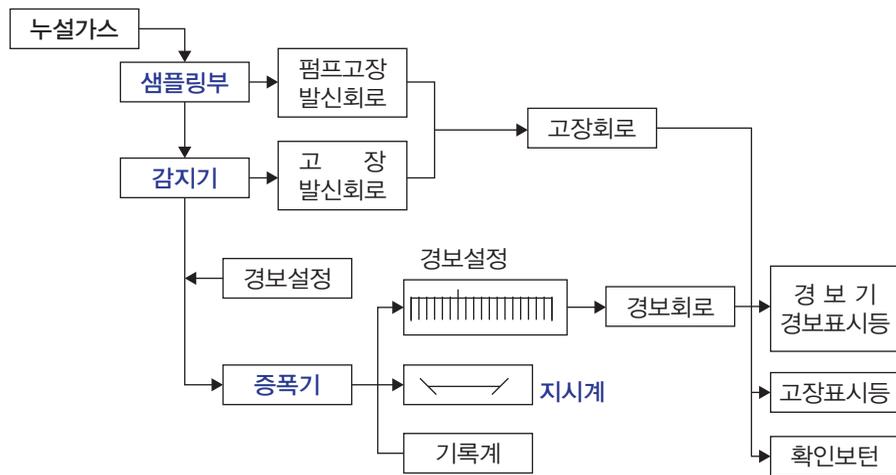
- 건축물 내·외에 설치되어 있는 가연성 물질 또는 독성 물질을 취급하는 압축기, 밸브, 반응기 및 배관 연결부위 등 가스 누출이 우려되는 화학설비 및 그 부속설비 주변
- 가열로 등 점화원이 있는 제조설비 주위에 가스가 체류하기 쉬운 장소
- 가연성 물질 또는 독성 물질의 충전용 설비의 접속부위 주위
- 폭발위험장소 내에 위치한 변전실, 배전반실 및 제어실 내부 등
- 기타 특별히 가스가 체류하기 쉬운 장소

## ● 설치위치

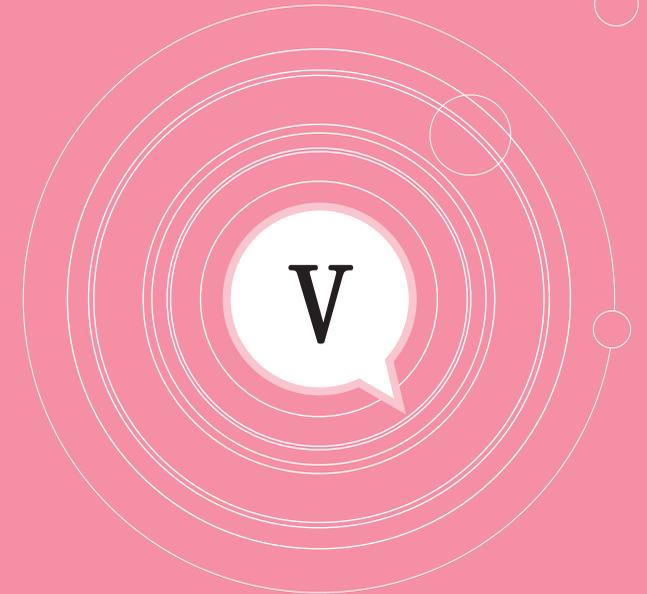
- 감지부는 가능한 한 가스의 누출이 우려되는 누출 부위 가까이에 설치
- 직접적인 가스누출은 예상되지 않으나 주변에서 누출된 가스가 체류하기 쉬운 곳에 설치하되, 공기보다 가벼운 가스는 급속히 상부방향으로 확산되고, 공기보다 무거운 가스는 지표면을 따라 서서히 확산되는 경향을 고려하여야 한다.

## ● 경보 설정 및 성능

- 가연성 가스누출감지경보기 감지대상 가스의 폭발하한계 25% 이하 (다경보 설정형인 경우 1차 경보는 폭발하한계의 20% 이하에서 2차경보는 폭발하한계의 25% 이하에서 경보를 설정), 독성 가스누출감지경보기는 당해 독성 물질의 허용농도 이하에서 경보가 발하여지도록 설정. 다만, 독성 가스누출감지 경보기로서 당해 독성 물질의 허용농도이하에서 감지부가 감지할 수 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
- 가스누출감지경보기의 감지부 정밀도는 경보 설정점에 대하여 가연성 가스누출감지경보기는  $\pm 25\%$  이하, 독성 가스누출감지경보기는  $\pm 30\%$  이하이어야 한다.
- 가연성 가스누출감지경보기는 경보 설정점에서 램프의 점등 또는 점멸과 동시에 경보를 발하여야 하고 정상 및 오동작 상태가 식별될 수 있는 구조여야 한다.
- 가연성 가스누출감지경보기는 담배연기 등, 독성 가스누출감지경보기는 담배연기, 세척유 증기, 석유류 증기 및 배기가스 등에는 경보를 발하여서는 아니 된다.
- 수신 경보부의 지시계 눈금범위는 가연성 가스누출감지경보기의 경우에는 0에서 폭발하한계 값, 독성 가스누출 감지경보기의 경우에는 0에서 허용농도의 3배 값(암모니아를 실내에서 사용하는 경우에는 150ppm)이어야 한다.



〈가스누출감지기의 구성〉



자연재해 및 날씨(계절)에 따른  
화재 · 폭발 · 누출사고 예방대책



## 겨울철 화재 예방



### 겨울철 화재란?

- 겨울철에는 대기가 건조하고 날씨가 추워 보온 등을 위한 전열기구 사용이 급증하여 화재가 많이 발생한다.



### 이것만은 꼭!

- ✓ 화기주변에는 항상 소화기나 모래를 비치하여 만일의 사태에 대비한다.
- ✓ 난로주변에서 세탁물을 건조하지 않고 커튼 등이 난로에 닿지 않게 한다.
- ✓ 사용하지 않는 전열기구는 플러그를 뽑고, 뽑을 때는 몸 전체를 잡고 뽑는다.
- ✓ 올바른 소화기 사용방법을 익힌다.
- ✓ 소화기, 소화전 등 소방시설을 정기적으로 점검 한다.

겨울철 화재 예방

주요 재해사례

유류 등 화학물질 화재



석유난로가 쓰러져 화재 발생

전기 화재



전열기 사용 시 장시간 사용으로 화재 발생

소화기를 이용한 초동진압 미흡



초기 화재 발생 시 대처를 못해 큰 불로 번짐

화재 예방 방법

유류 등 화학물질화재 예방



- 석유난로는 불이 붙어있는 상태에서는 절대 주유하거나 이동해서는 안된다.
- 가스난로는 충분한 거리를 두어 설치하고 주변의 인화성 물질을 제거한다.
- 난로주변에서 세탁물을 건조하지 않고 커튼 등이 난로에 닿지 않게 한다.
- 화기주변에는 항상 소화기나 모래를 비치하여 만일의 사태에 대비한다.
- 건설현장, 창고 등에 도장을 위해 스프레이 할 때는 환기를 철저히 한다.
- 공장, 사무실, 창고 등 시설물의 내장재는 불연성 소재로 한다.
- 소화기, 소화전 등 소방시설을 정기적으로 점검한다.



건조한 날씨로 인한 정전기 화재폭발사고

2011-교육미디어-1283



정전기란?

- 두 물체를 마찰시키면 그 물체들은 전기를 띠게 되는데 이 전기를 마찰전기라 한다. 각각의 물체에는 양전기와 음전기의 두 종류로 대전(帶電)된다. 이와 같이 어떤 물체가 양전기와 음전기만을 띠는 대전체로부터 외부에 나타나는 전기적인 현상을 정전기(靜電氣, static electricity, electrostatic)라 한다.
- 이러한 정전기는 동전기와는 다른 고유한 성질을 가지고 있어 대전이나 방전현상에 의해서 대형화재나 폭발사고를 유발하기도 한다.
- 정전기 현상은 산업분야에서는 산업기기의 오작동으로 인한 작업의 방해 및 재해, 정전기 방전불꽃에 의한 화재·폭발, 작업자의 감전 등의 사고에 대한 위험요소로 되고 있다.



이것만은 꼭!

- ✓ 도체의 대전방지를 위한 접지를 실시한다.
- ✓ 부도체의 대전방지를 위한 대전방지제를 사용한다.
- ✓ 가슴을 하여 정전기를 예방한다.
- ✓ 인체의 대전을 방지한다.
- ✓ 폭발 위험분위기의 생성을 방지한다.



건조한 날씨로 인한 정전기 화재폭발사고



건조한 날씨로 인한 정전기 화재폭발사고

주요 재해사례

- 가연성 가스 화재·폭발
- 분진 폭발

- 폭발위험장소에서의 화재·폭발



유기용제 드럼통 주입시 화재·폭발



집진설비 청소 중 분진 폭발



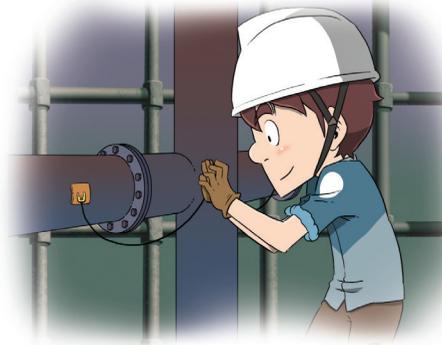
폭발위험장소에서의 정전기 화재·폭발

정전기로 인한 화재폭발 위험 장소

위험물을 탱크로리·탱크차 및 드럼 등에 주입하는 설비	탱크로리·탱크차 및 드럼 등 위험물저장 설비	인화성액체를 함유하는 도로 및 접착제 등을 제조·저장·취급 또는 도포(塗布)하는 설비	위험물 건조설비 또는 그 부속설비	인화성 고체를 저장하거나 취급하는 설비
드라이클리닝설비·염색가공설비 또는 모피류 등을 씻는 설비 등 인화성유기용제를 사용하는 설비	유압·압축공기 또는 고전위정전기 등을 이용하여 인화성 액체나 인화성 고체를 분무하거나 이송하는 설비	고압가스를 이송하거나 저장·취급하는 설비	화약류 제조설비	발파공에 장전된 화약류를 점화시키는 경우에 사용하는 발파기(발파공을 막는 재료로 물을 사용하거나 경도발파를 하는 경우를 제외한다)

안전한 작업방법

정전기 발생 방지 대책



- 도체의 대전방지를 위한 접지를 실시한다.
- 부도체의 대전방지를 위해 대전방지제를 사용한다.
- 가습을 하여 정전기를 예방한다.
- 도전성 섬유를 사용한다.
- 제전기를 사용한다.
- 인체의 대전방지를 예방한다.

정전기의 화재 및 폭발 방지대책



위험분위기 생성 방지

- 가스 중의 폭발 혼합기체의 생성을 방지한다.
- 분진 폭발 혼합기체의 생성을 방지한다.
- 불활성, 불연성 물질에 의한 폭발 혼합기체의 생성을 방지한다.

착화성 방전의 발생 방지

- 대전된 물체가 방전시 주위의 가연성 또는 폭발성 물질의 최소착화에너지보다 큰 경우 화재·폭발이 발생하는데 이를 착화성 방전이라 하며 이에 대한 대책은 다음과 같다.
  - 정전기 발생을 방지한다.
  - 정전기 대전을 방지한다.

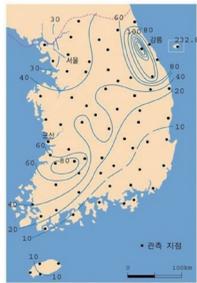


# 기습한파 및 폭설 재해예방



본 OPL은 최근 동절기 기습한파, 폭설에 따른 화재·폭발·누출 관련 참고자료입니다. 폭설, 한파에 따라 사업장내 취급 유해위험물질 결빙, 건축물 붕괴 등으로 이어져 대형사고로 발전할 수 있으므로, 해당 내용을 잘 숙지하셔서 사고예방에 만전을 기해주시기 바랍니다.

## 동절기 한파, 폭설이란?



### 한파(주의보)란?

- 10월에서 4월 사이에 아침최저 기온이 전날보다 10℃(경보 15℃)이상 하락
- 아침최저기온이 -12℃(경보 -12℃)이하가 2일 이상 지속이 예상될 때
- 급격한 저온 현상으로 중대한 피해가 예상될 때

### 대설(폭설)이란?

- 주의보 : 신적설이 5cm/24hr 이상 예상될 때
- 경 보 : 신적설이 20cm/24hr 이상 예상될 때 (산지는 30cm 이상)

전국 연평균 강설량

폭설, 한파 발령범위

## 동절기 기습한파, 폭설에 따른 화학공장 등의 직·간접영향

- 한파 시 수분 동결에 따른 화학설비 및 부속설비 동파로 유해위험물질의 누출우려
  - 기습한파 시 수분결빙에 따른 밸브, 액면계 등 파손으로 누출원이 됨으로서 인화성물질, 독성물질 등이 누출되어 화재·폭발·누출이 발생할 수 있음.
- 한파 시 화학공장 내 취급하는 유해위험물질 상변화에 따른 팽창 등으로 파손 우려
  - 어는점이 높은 물성을 가진 유해위험물질의 경우 기습한파 시 결빙되고 기온이 올라 해소되는 과정에서 급격한 상변화에 따른 열팽창 등으로 공정설비(부속설비 포함)가 파손됨으로써 경우에 따라 화재·폭발·누출이 발생될 수 있음.
- 폭설에 따른 적설하중 증가로 인한 화학공장 지붕 등 건축물 붕괴 우려
  - 폭설 시 적설하중 증가에 따라 지붕 등 건축물이 변형·붕괴되어 화학설비 등이 손상을 받으면서 화재·폭발·누출이 발생할 수 있음.

## 동절기 한파 및 폭설에 따른 대책 및 사고사례 전파

### ● 사업장 자체 사전점검 철저 및 예방조치 시행

- 동절기 접어들기 전 결빙 등에 따른 동파 취약 부분을 파악하는 사전안전점검을 실시하고 취약부분에 대해 보온재, 스티트레이싱, 전기열선 등 결빙, 동파방지조치 및 필요시 방호장치(예: 안전밸브 등) 추가구성 검토

### ● 사업장내 신속한 제설작업 및 건축물 구조진단으로 내력보강 실시

- 폭설이 많이 내리는 지역에서는 적설에 따른 하중붕괴를 예방하기 위해 신속하게 제설작업을 실시하고 여의치 않는 경우 건축물 구조진단 등을 시행하고 취약부분에 대해 지지대 보강 등을 통한 내력확보

## ※ 기습한파 등의 영향에 따른 화학공장 최근 사고사례

### < 사고개요 >

2016년 0월 00일(O) 00:00분경 울산광역시 소재 000(주) Condensate 원유 분리탑(Condensate Fractionator)에서 등유 스트리퍼(Kerosene Stripper)로 연결되는 배관(12인치)의 드레인(Drain) 배관 투시경(Sight Glass)에서 고온(218℃)의 등유(Kerosene)가 누출되어 화재가 발생함



그림-1. CCTV 영상 자료(화재)



그림-2. 동파로 파손된 투시경(누출부위)

### < 사고개요 >

2018년 0월 00일(O) 00:00분경 충청남도 서산시 소재 00000 00공장 D-BTX 공장에서 저장 탱크로 이송하는 벤젠 배관(6", 300m 구간)이 결빙 등의 원인에 의한 파손으로 벤젠이 누출된 사고임 (현재 사고조사중임)



그림-1. 벤젠누출로 방재작업(1)



그림-2. 벤젠누출로 방재작업(2)

2011-교육미디어-1295



## 여름철 유기용제 중독



### 유기용제 중독이란?

도장 작업 시 휘발하는 희석제(신나 등) 가스를 흡입하여 중추신경 마비로 인해 현기증, 혼절 또는 사망에 이르는 재해로 고온 환경 때문에 유해물질의 휘발이 활발하게 이루어지는 여름철에 많이 발생 한다.



### 여름철 유기용제 중독

#### 주요 재해사례

##### 도장 작업 근로자



도장 작업 근로자의 유기용제 중독

##### 인테리어 종사자



인테리어 시공 작업자의 유기용제 중독

##### 세척작업 근로자



부품 세척 근로자의 유기용제 중독

### 안전한 작업방법

#### 도장작업 근로자



- 작업장 출입 시 공기호흡기를 쓴다.
- 밀폐공간에 들어가기 전 유해가스 농도를 반드시 측정한다.
- 밀폐공간에는 출입금지 표시를 한다.
- 작업장은 공기를 항상 환기시킨다.
- 작업장 출입 시 유해가스 경보기를 지참하고 들어간다.
- 작업 중 쓰러진 동료 구출은 구조장비를 완벽하게 착용한 상태에서만 실시한다.
- 세면 및 목욕할 수 있는 시설을 갖춘다.

### 이것만은 꼭!

- ✓ 작업장은 공기를 항상 환기시킨다.
- ✓ 밀폐공간에 들어가기 전 유해가스 농도를 반드시 측정한다.
- ✓ 응급 시 활용할 병원과의 연락망을 갖춘다.
- ✓ 작업자는 송기마스크를 착용토록 하며 안전담당자를 지정하여 작업을 지휘·감독토록 한다.
- ✓ 작업 중 쓰러진 동료 구출은 구조장비를 완벽하게 착용한 상태에서만 실시한다.

### 여름철 유기용제 중독

#### 인테리어 종사자



- 작업 중 급·배기장치를 계속 가동한다.
- 작업 시 유해가스용 호흡보호구를 쓴다.
- 유해가스의 농도를 수시로 측정 한다.
- 작업장에는 항상 작업 감시자를 두어 감시한다.
- 취급하는 유해물질에 대한 독성 정보 등을 익힌다.
- 정기적으로 유해물질에 대한 특수건강진단을 실시 한다.
- 노출 수준이상의 유해가스 검출 시 작업장에 들어 가지 않는다.

#### 세척작업 근로자



- 국소배기장치를 설치 항상 가동시킨다.
- 유기가스용 호흡용보호구(방독마스크)를 쓴다.
- 세면 및 목욕할 수 있는 시설을 갖춘다.
- 피부 노출을 최소화 하도록 몸을 덮는 작업복을 입는다.
- 정기적으로 유해물질에 대한 특수건강진단을 실시 한다.
- 응급 시 활용할 병원과의 연락망을 갖춘다.
- 달리기 및 걷기 등 유산소 운동을 통하여 건강 관리를 한다.



## 낙뢰로 인한 재해

### 낙뢰란?

낙뢰란 양(+)전하나 음(-)전하가 분리 축적된 뇌운과 뇌운사이, 뇌운과 대지사이에 절연이 파괴되어 일어나는 정전기에 의한 방전현상을 말한다. 낙뢰는 다음과 같은 상황에서 발생한다. 첫째, 주로 공기밀도가 큰 한기가 공기밀도가 작은 난기를 급격히 파고들 때 발생한다. 둘째로는 여름철 햇볕이 내리쬐는 오후에 국지적으로 지면에 접한 대기가 가열되어 빠른 속도로 상승하면서 뇌운이 발달할 때 발생한다.



### 이것만은 꼭!

- ✓ 평지나 산 위에서 번개를 만났을 때는 몸을 가능한 낮게 하고 안전한 건물 등으로 피한다.
- ✓ 자동차에 타고 있을 때는 차를 세우고 차 안에 그대로 있는 것이 안전하다.
- ✓ 전화 통화를 하고 있거나 샤워기로 목욕을 하면 번개를 유도할 수도 있다.
- ✓ 건물에 번개가 치면 상수도관이나 전선을 따라 전류가 흐를 수 있으므로 주의한다.
- ✓ 피뢰설비를 정상상태로 유지·관리한다.

**낙뢰로 인한 재해**

**주요 재해사례**

인명사고(감전 등)



직접적인 낙뢰에 의한 감전

화재·폭발 사고



낙뢰에 의한 화재

구조물이나 전기설비 파손



낙뢰로 인한 전기·통신설비 파손

**안전한 작업방법**

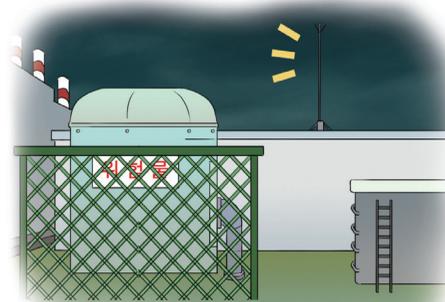
**인명안전대책**



- 평지나 산 위에서 번개를 만났을 때는 몸을 가능한 낮게 하고 안전한 건물 등으로 피한다.
- 나무 밑은 벼락이 떨어질 가능성이 크므로 피해야 한다.
- 낚시대나 골프채 같은 전기가 통하는 뾰족한 물건은 버리고 이로부터 멀리 피한다.
- 자동차에 타고 있을 때는 차를 세우고 차 안에 그대로 있는 것이 안전하다. 차에 번개가 치면 전류는 도체인 차 표면을 따라 흘러 타이어를 통해 지면에 접지된다.
- 건물에 번개가 치면 상수도관이나 전선을 따라 전류가 흐를 수 있으므로 주의한다.
- 번개가 칠 때 전화 통화를 하고 있거나 샤워기로 목욕을 하면 번개를 유도할 수도 있다.

**낙뢰로 인한 재해**

**물적손실에 따른 안전대책**



- 낙뢰로 인한 물적 피해는 직격뢰에 의한 건축물이나 설비의 손상, 화재로 이어지는 피해 등을 들 수 있고, 간접뢰 즉 전력선을 타고 건물에 침입하는 이른바 써지제 의한 전자장비 등의 소손과 오작동이 있다.
- 낙뢰로부터 물적인 손실을 방지하기 위해서는 다음과 같은 조치를 취한다.

- ① 피뢰침 설비
- ② 접지
- ③ 본딩과 써지보호기(SPD)
- ④ 차폐

**피뢰설비의 조건**



**피뢰설비의 조건**

- 보호대상물에 접근한 뇌격은 반드시 피뢰설비로 막아야 한다.
- 피뢰설비에 뇌격전류가 흘렀을 때 피뢰설비와 보호대상물 사이에 불꽃 플래시 오버를 발생시키지 않아야 한다.
- 피뢰설비로의 낙뢰시에 그 접지점 근방에 있는 사람 및 동물에 장애를 미치지 않아야 한다.
- 낙뢰시 건축물 안의 전위를 균등화한다.(건축물 안의 각 점의 전위차를 없앨 것)
- 건축물 안의 전자, 통신용 전기회로 및 기기를 낙뢰에 기인하는 2차 재해로부터 보호해야 한다.

※ 자료 출처 : 소방방재청

# 3장 자연재해 - 지진

2011-교육미디어-1286



## 지진 발생시 대피방법



### 지진이란?

- 지진은 지하에 축적된 탄성에너지의 급격한 방출에 의해 지구가 진동하는 현상이다.
- 세계에서 지진이 가장 많이 발생하는 지역은 환태평양지진대이며 지진의 크기를 나타내는 척도로는 진도와 규모가 사용된다.
- 진도는 지진의 크기를 나타내는 상대적 개념의 단위로, 사람이 느끼는 지진의 정도와 건물의 피해 정도를 기준으로 나타낸다.
- 규모는 지진의 강도를 나타내는 절대적 개념의 단위로, 지진발생 시 방출되는 에너지의 양을 나타내는 척도이며 보통 규모 1이 차이가 나면 에너지 방출에 있어서 25~30배의 에너지 증가를 가져온다.



### 이것만은 꼭!

- ✓ 머리를 보호하고 위험물로부터 몸을 피한다.
- ✓ 화재 발생시 침착하고 빠르게 불을 끈다.
- ✓ 지진 발생 시 진동 중에 밖으로 나가면 유리창이나 간판 등이 떨어져 매우 위험하다.
- ✓ 지진이나 화재 발생시에는 엘리베이터를 이용해서는 안된다.
- ✓ 여진은 지진에 의해 취약해진 건물에 치명적인 손상을 줄 수 있으므로 여진에 대비한다.



## 지진 발생 시 대피방법

### 주요 사례

#### 물건 낙하



높이 올려진 물건이 떨어지면서 부상

#### 화재 발생



조리 중 지진으로 인해 화재가 발생

#### 서둘러 뛰어 나감



간판 등 외부구조물이 떨어짐

### 안전한 작업방법

#### 물건 낙하 및 화재



- 튼튼한 테이블 밑에 들어가서 몸을 보호한다.
- 테이블 등이 없을 때는 방석 등으로 머리를 보호한다.
- 머리를 보호하고 위험물로부터 몸을 피한다.
- 낙하물, 자동판매기, 불룩담, 대문기둥은 피해야 한다.
- 대지진 발생 때는 구조대에 의한 구조가 어려울 수 있으므로 침착하게 대처해야 한다.
- 화재 발생시 침착하고 빠르게 불을 끈다.
- 주변 사람들과 협력하여 초기에 불을 끄도록 한다.

지진 발생 시 대피방법

서둘러 뛰어나가지 말 것



- 지진이나 화재 발생시에는 엘리베이터를 이용해서는 안되며, 갇혔을 경우에는 도움을 청하고 당황하지 않는다.
- 공공장소에서는 당황하지 말고 안내자의 지시를 따른다.
- 지진 발생 시 진동 중에 밖으로 나가면 유리창이나 간판 등이 떨어져 매우 위험하다.
- 운전시에는 도로의 오른쪽에 차를 정차하고 도로의 중앙을 비운다.
- 블록담, 자동판매기 등 고정되지 않은 물건 가까이에는 가지 않는다.
- 문을 열어서 출구를 확보한다.
- 간헐 사태를 대비하여 대피방법을 미리 준비해 뒀다.

지진이 멈춘 후



- 부상자를 살펴보고 즉시 구조를 요청한다. 만약 부상자를 옮겨야만 한다면 머리와 부상부위를 고정 한 후 안전한 곳으로 옮긴다.
- 만약 부상자의 호흡이나 심장이 멈추었으면 신속하고 조심스럽게 심폐소생술(인공호흡)을 실시한다.
- 정전이 되었다면 손전등을 사용하고 불(양초, 성냥, 라이터)은 누출된 가스가 폭발할 위험이 있으므로 안전을 확인하고 사용한다. 전기에 문제 있을시에는 전기차단기를 내린다.
- 유리파편 등에 대비하여 견고한 신발을 신도록 한다.
- 가스가 누출되면 가스 밸브를 잠근 후, 관계기관에 신속히 신고하고 전문가의 조치를 받은 다음 재사용 한다.
- 여진은 지진에 의해 취약해진 건물에 치명적인 손상을 줄 수 있으므로 여진에 대비한다.

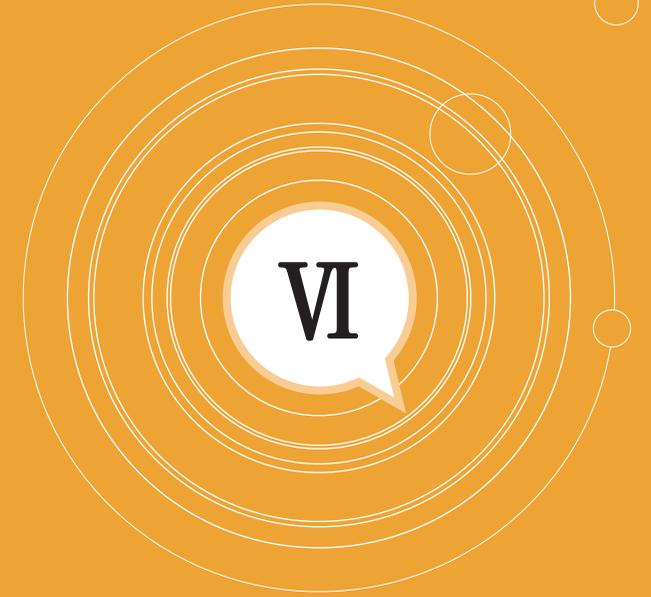
※ 자료 출처 : 소방방재청

지진 발생시 대피방법





작업전 **안전점검** 당신의 **생명**을 지킵니다



## 화재 · 폭발 · 누출 사고사례 및 예방대책

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용제 투입	기인물	정전기(점화원)

재해발생개요



< 사고발생 현장 >

충북 진천군 소재 바닥방수제 생산·배합공정에서 점도조절 목적으로 배합기(8m3)에 용제를 추가 투입하기 위해 용제저장조 상부에서 플라스틱 용기로 용제를 담는 작업 중 용제저장조 맨홀 부위에 폭발분위기가 형성된 상태에서 기계적 마찰 또는 정전기가 점화원으로 작용하여 폭발한 것으로 추정되는 재해임

재해발생원인



<용제저장조 및 플라스틱 용기>

- 인화성 액체에 의한 저장조의 기상부에 폭발분위기 형성
  - 용제저장조 상부 맨홀을 개방한 상태에서 플라스틱 용기를 사용하여 용제를 담는 작업 중 저장조 상부의 기상공간에 폭발분위기 형성
- 비방폭 전기 기계·기구 또는 기계적 마찰 스파크, 정전기가 점화원으로 작용(추정)
  - 용제를 담기 위해 사용된 플라스틱 용기에 부착된 중량추로 인해 기계적 마찰 스파크, 플라스틱 용기에 의한 유동대전으로 발생한 정전기 등이 점화원으로 작용할 가능성이 있음

재해예방대책

- 점도조절 시 솔벤트 투입 방법 변경
  - 인화성 액체의 증기에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위해 솔벤트 투입방법을 플라스틱용기를 사용하는 방법에서 침액배관(Dip pipe) 투입방식으로 개선
- 가스검지 및 경보장치 설치
  - 인화성액체의 증기나 가스에 의한 폭발분위기의 사전 감지를 위한 가스 검지 및 경보장치 설치
- 가스폭발위험장소 설정·관리 및 환기조치 철저
  - 인화성액체 취급 시 산업표준화법에 따라 가스폭발 위험장소 구분도를 작성하고, 이에 따라 적정하게 관리해야하며, 저장조 내부에 폭발성분위기 제어를 위한 환기조치 실시
- 가스폭발위험장소에서 방폭성능의 전기 기계·기구 사용
  - 인화성액체의 취급 장소 등 가스폭발위험장소에서 전기·기계기구 사용 시 가스에 적합한 방폭성능을 가진 방폭구조 전기 기계·기구 선정하고 시공하여 정상적으로 그 성능이 유지되도록 적절하게 관리하여야 함

## 폐차장 연료탱크 잔유(휘발유) 회수 작업 중 화재

재해일자	2016년 0월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용제 투입	기인물	정전기(점화원)

### 재해발생개요



< 사고발생 현장 >

2016년 0월 00일 14:38경 ○○폐차장 작업장에서 재해자가 폐차를 위하여 입고된 차량을 해체하는 과정에서 탈거한 연료탱크 내 잔유(휘발유)를 플라스틱 용기에 담던 중 원인미상의 점화원에 의한 화재가 발생한 사고임.

### 재해발생원인



< 재해상황도 >

- 인화성 액체(휘발유) 취급 장소에서 흡연 및 화기 사용
  - 잔유를 모아두는 용도의 저장용기에 휘발유를 주입하는 등 인화성 액체 취급 시에는 화재가 발생하지 않도록 흡연 및 화기 사용을 금지하는 등의 방호조치를 하여야 하나 미흡하였음
- 정전기로 인한 화재 방지 미흡
  - 플라스틱 용기에 담긴 인화성 액체(휘발유)를 저장용기에 주입 시 정전기 발생에 의한 화재의 위험이 있었으나 접지, 도전성 재료의 사용, 가습 등 정전기 방지를 위한 조치를 실시하지 않음

### 재해예방대책

- 인화성 액체(휘발유) 취급 장소 화재예방 조치 실시
  - 인화성 액체(휘발유) 취급 장소에서는 점화원이 발생하지 않도록 흡연 및 화기 사용 등을 금지하거나, 인화성 액체와 화기 사이에는 방화에 필요한 안전거리 유지, 불연성 차열재로 사용 등의 조치를 하여야 함
- 정전기로 인한 화재 방지조치 실시
  - 인화성 액체(휘발유) 취급 장소에서 정전기에 의한 화재를 방지하기 위하여 가습, 제전장치 사용 등의 조치를 하거나 잔유(휘발유)회수 설비는 도전성 있는 재질로 제작하고 접지를 하는 등의 조치를 하여야 함

## 톨루엔 주입작업 중 정전기에 의한 화재

재해일자	2016년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용제 배합	기인물	정전기(점화원)

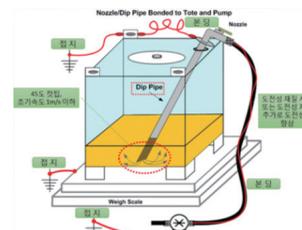
### 재해발생개요



< 사고발생 현장 >

2016년 0월 0일 경기도 김포에 소재한 0000 사업장 내 배합실에서 재해자가 이형지에 도포하는 실리콘 이형제 배합을 위해 원료인 톨루엔을 지하 저장탱크로부터 배합용기에 주입하던 중 배합용기에서 정전기 방전에 의한 화재가 발생한 사고임

### 재해발생원인



< 재해예방 대책 >

- 가연물 : 톨루엔 증기
- 산 소 : 대기중의 공기
- 점화원 : 고무호스와 배합용기 가장자리 원형태두리 간 정전기 방전
  - 톨루엔 고정배관에 절연재질의 고무호스를 연결하여 배합용기 상부에서 직접 톨루엔을 주입하던 중 고무호스와 배합용기 가장자리 간에 정전기 방전이 일어나 화재가 발생함

### 재해예방대책

- 도전성 재질의 호스 사용
  - 정전기가 축적되지 않는 도전성 재질의 호스로 교체
- 등전위 본딩 실시
  - 배합용기와 주입배관 사이에 정전기 방전이 일어나지 않도록 주입배관과 배합용기 사이를 직접 본딩
  - 배합용기에 전용 접지면 설치
  - 각 도전체를 접지
- 톨루엔 주입방식 개선
  - 용기 상부 주입방식(Splash filling)에서 용기 하부 주입방식으로 개선
  - 주입배관을 용기 하부까지 확장(Dip pipe)하고 끝단에 45도 컷팁 또는 티(Tee) 사용
  - 초기 배관 내 유속을 1m/sec 이하로 유지

## 산소공급 상태인 에어자켓 착용 작업 중 화재

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	사상 작업	기인물	불꽃(점화원)

### 재해발생개요



< 에어자켓 >

2015년 0월 00사업장내에서 피재자가 산소 배관에 잘못 연결된 에어자켓을 입고 휴대용 그라인더를 사용하여 사상작업 중 그라인더 불꽃이 튀면서 에어자켓에 불이 붙어 상체에 화상을 입은 사고임

### 재해발생원인



< 산소배관 분기관 >

- 산소 분기관에 압축공기 연결이 가능한 접속기구 설치·사용
  - 가스별 분기관의 연결구가 동일한 직경의 크기(3구 분기관)로 설치되어 있어 공기용 암(Female)분기관을 산소용 분기관 연결구에 연결하여 사용하여 에어자켓에서 나오는 고농도의 산소와 그라인더 불꽃에 의해 에어자켓이 점화되어 화재 발생.
- 화재발생 시 초기 진화 미흡
  - 휴대용 그라인더로 사상 작업시 불꽃이 발생되어 화재 발생시 초기에 소화할수 있도록 소화기 등 소화기구를 비치한 후 작업하여야 하나 소화기는 재해자에서 약 20미터 떨어진 위치에 있어 초기 소화에 어려움이 있었음.

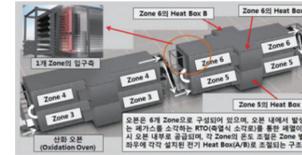
### 재해예방대책

- 압축공기와 산소 분기관은 상호 연결되지 않는 접속기구 사용
  - 가스 등의 분기관은 전용 접속기구를 사용하여 하며, 서로 이어지지 않은 구조의 접속기구 사용, 서로 다른 색상의 배관·호스의 사용 또는 꼬리표 부착 등을 통하여 서로 다른 가스배관과의 체결을 방지할 것
- 화재발생시 초기가 가능하도록 소화기구 비치
  - 휴대용 그라인더로 사상 작업시 불꽃이 발생되어 화재 발생시 초기에 소화할수 있도록 소화기 등 소화기구 비치 후 작업 실시
- 관리감독 업무 철저
  - 관리감독자는 소속된 근로자의 작업복·보호구 및 방호장치의 점검과 그 착용 및 사용에 관한 교육·지도 등의 사전 안전조치를 수행하여야 함.
  - 특히, 에어자켓에 산소 주입에 따른 동종 재해가 다수 발생하고 있어 이에 대한 근로자 안전교육 및 현장 확인 등 관리를 함

## 탄소섬유공장 산화오븐에서 화재

재해일자	2000년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	제거 작업	기인물	반응열(점화원)

### 재해발생개요



< 산화오븐 >

울산시 남구 소재 00산업 탄소섬유공장의 산화오븐(Oxidation Oven)에서 오븐의 롤(Roll)에 감긴 아크릴사를 제거하는 작업중 오븐 내부에 축적된 반응열에 의하여 아크릴사의 국부적인 발열반응에 의한 화재가 발생한 사고임

### 재해발생원인



< 사고발생사진 >

- 아크릴사에 대한 위험성 파악 미흡
  - 아크릴사를 이용하여 탄소섬유를 생산하는 공정에서 아크릴사의 산화공정(Oven)에서는 폭주반응이 발생하는 사실이 알려져 있으나 사업장의 물질안전보건자료에는 반영되어 있지 않음
- 안전운전지침 미흡
  - 안전운전지침에 따르면 오븐에서 장시간 실이 방치되면 내부에서 화재 발생위험이 있어 비상정지를 하도록 규정하고 있으나 장시간이라는 개념이 명확치 않아 비상정지를 수행하지 않음

### 재해예방대책

- 아크릴사에 대한 위험성 파악
  - 아크릴사에 대한 물질안전보건자료에 해당물질의 산화반응시 발열반응 및 시안화수소(HCN)발생 등의 위험성을 포함하여 관리하여야 함
- 안전운전 지침의 명확화
  - 안전운전지침에 대량 사절 및 감김에 대한 개념과 장시간 지속에 대한 개념을 명확히 표시하여 현장 관리자가 공정을 가동정지 할 수 있도록 반영

## 신너와 페인트 혼합작업중 화재

재해일자	2010년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	혼합 작업	기인물	정전기(점화원)

### 재해발생개요



〈사고발생장소〉

2010. 0. 0(토) 13:40분경 화성시 소재 (주)○○○ 소속 재해자가 사업장 내 도장반에서 철재류 방청작업을 하기위해 신너와 방청페인트 혼합작업 준비도중 작업장 주변에 누설된 신너 유증기가 전기스파크로 추정되는 점화원에 의해 착화되어 화재가 발생하면서 전신에 화상을 입은 사고임

### 재해발생원인



〈사고발생시 작업추정〉

- 신너와 페인트를 배합하기 위해 혼합통에 투입하던 중 일정량을 바닥에 흘린 상태에서 주변의 선풍기를 가동하기 위해 작업장 바닥에 놓여 있던 비방폭형 이동식 콘센트에 선풍기 전원플러그를 접속하는 순간 스파크가 발생하면서 인근에 흘려 있던 인화성 물질인 신너 또는 신너가 증발하면서 발생한 유증기에 착화하여 발생한 화재로 추정

### 재해예방대책

- 인화성 물질 취급시 불꽃 또는 아크 발생기구 사용금지
  - 사업주는 신너 등의 인화성 물질이 존재하여 폭발 또는 화재가 발생할 우려가 있는 장소에서는 불꽃 또는 아크를 발생하거나 고온으로 될 우려가 있는 화기 또는 기계·기구 및 공구 등을 사용해서는 아니 됨.

## 아스팔트방수 후 PIT 청소 중 용접 불티로 화재

재해일자	2013년 0월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용접 작업	기인물	용접불티(점화원)

### 재해발생개요



〈사고발생상황도〉

2013년 0월 0일 0시경 전남 장성군 북이면 소재 000종합건설 엘리베이터 증축공사작업장에서 아스팔트 도막 방수가 오전에 완료된 E/V PIT에 들어가 청소작업을 진행하던 중 상부에서 용접하던 불티가 PIT에 떨어져 화재가 발생하면서 전신에 화상을 입은 사고임

### 재해발생원인



〈사고발생시 작업추정〉

- 엘리베이터 PIT 내부 방수작업을 오전에 실시하여 아스팔트 프라이머가 경화되지 않고 유증기가 채워 할 수 있는 상태에서 화재예방에 필요한 안전조치 없이 상부 용접 작업과 PIT 내부 청소 작업을 병행하면서 용접 불티에 의해 화재가 발생함.
- 작업자가 취급하는 화학물질(아스팔트 프라이머)에 대한 물질안전보건자료(MSDS)를 현장에 비치하지 않음.
- 인화성물질 취급으로 화재위험성이 있는 현장에 소화설비를 비치하지 않고 작업 실시

### 재해예방대책

- 아스팔트 프라이머 미경화 및 유증기로 화재발생 위험이 있을 경우에는 PIT 주변의 화기작업을 금지하여야 하며, 부득이하게 용접작업을 실시할 경우에는 PIT 내부로 근로자 출입을 통제된 상태에서 불티 비산방지조치 등 충분한 화재예방조치를 실시 후 작업을 수행.
- 현장에서 사용하는 화학물질의 유해·위험성에 대해 작업자가 인지할 수 있도록 해당물질에 대한 MSDS를 비치하고, 취급작업자에 대한 교육을 실시하여야 함.
- 화재발생 위험이 있는 장소에서 작업을 수행할 경우에는 해당 건물의 규모나 취급물질의 종류 등을 고려한 소화설비를 비치하여야 함.

## 금속칩 용융작업 시 화재

재해일자	2010년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용해 작업	기인물	불꽃(점화원)

### 재해발생개요



<사고발생장소>

2010.0.0(금) 오전 07시 경 대전광역시 소재 00사업장의 용해로 작업장에서 근로자가 알루미늄 등 금속칩을 지게차를 이용해 용해로 전면에 있는 원료 거치대에 올려놓은 후 일정시간이 지난 후 순간적으로 거대한 백색 화염이 발생, 화염에 의해 화상을 입은 사고임.

### 재해발생원인



<산화된 마그네슘분말>

- 알루미늄, 마그네슘 등 금속칩의 종류별 분리 미흡
  - 알루미늄과 마그네슘을 생산하기 위해 알루미늄 등 금속성 물질의 칩을 용해로에 넣는(장입) 작업 시 발화성 물질인 마그네슘 칩이 제대로 선별·분류되어 제거되지 않고 용해로에 투입됨.
- 일반 작업복을 착용한 상태에서 용해로에 원재료 장입작업 실시
  - 용해로에 원재료를 장입하는 용융고열물 취급작업시 일반 작업복을 착용한 상태로 함으로써, 분출된 화염에 의해 피복이 점화되어 화상을 입음.

### 재해예방대책

- 용해로에 금속 부스러기 등을 넣는 작업시 위험물질 사전 제거
  - 용해로에 스크랩/칩과 같은 금속 부스러기를 넣는 작업을 하는 때에는 화재·폭발을 예방하기 위해 물·화약류·발화성물질 등과 같은 위험물질이나 밀폐된 용기 등이 포함되어 있는 지를 확인하고, 포함되어 있을 경우 이를 사전 제거하여야 함
- 용융고열물에 의한 화상 방지용 방열복 등 보호구 착용
  - 다량의 용융고열물을 취급하는 작업시에는 화염이나 용융고열물 등의 비산 등으로 인한 화상 등의 위험을 방지하기 위해 방열복·안전장갑·안전장화 등을 착용 후 작업토록 조치

## 핸드폰 케이스 세척작업 중 정전기 화재

재해일자	2012년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	세척 작업	기인물	정전기(점화원)

### 재해발생개요



<사고발생장소>

2012년 0월 0일(목) 19:00경, 인천 부평구 청천동 소재 000 electronics내 세척(마사지) 공정에서 UV 코팅작업을 위한 전처리 작업으로 플라스틱 휴대폰 케이스에 묻어있는 이물질 제거작업을 위해 면장갑을 이용하여 세척작업 중 세척액(JB-4000, 인화점 0℃ 이하)에 정전기로 추정되는 화재 발생으로 화상을 입은 사고임

### 재해발생원인



<세척제용기 사진>

- 정전기로 인한 화재 폭발 등 방지조치 미흡
  - 사업주는 인체에 대전된 정전기에 의해 화재 또는 폭발 위험이 있는 경우에는 정전기 대전방지용 안전화 착용, 제전복 착용, 정전기 제전용구 사용등의 조치를 하거나 작업장 바닥 등에 도전성을 갖추도록 하는 등 필요한 조치를 하여야 하나 제전복만 착용한 상태에서 작업을 실시함.

### 재해예방대책

- 정전기로 인한 화재 폭발 등 방지조치 실시
  - 사업주는 인체에 대전된 정전기에 의해 화재 또는 폭발 위험이 있는 경우에는 정전기 대전방지용 안전화 착용, 정전기 제전용구 사용등의 조치를 하거나 작업장 바닥 등에 도전성을 갖추도록 안전조치 실시
  - 정전기에 의해 화재 또는 폭발 위험이 있는 장소에 가슴을 실시하여 정전기에 의한 재해예방 방지조치 실시
- 세척제 대체물질 사용 검토 및 지속적인 교육 실시
  - 현재 사용중인 세척제(JB-4000)는 인화점 0℃ 이하로 고인화성 물질이므로 조그만 점화원만 있어도 화재·폭발 위험성이 있는 물질이므로, 향후 대체물질 사용적극 검토하시기 바라며, 해당 물질의 MSDS 자료에 대한 위험성 게시 및 지속적인 교육을 통한 관리감독 실시.

## 금형가열작업 중 유압작동유 분출로 인한 화재

재해일자	2013년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	세척 작업	기인물	정전기(점화원)

### 재해발생개요



<사고발생장소>

2013.0.0, 02:17분경 경기도 시흥시에 소재한 사업장에서 금형이 교체된 다이캐스팅기의 금형 일부분을 LPG 토오치로 가열작업하던 중 유압작동유가 분출되면서 화재가 발생하여 발생한 재해임

### 재해발생원인



<유압작동유 파손사진>

- 화기사용 장소의 화재방지 조치 미실시
  - 흡연장소 및 난로 등 화기를 사용하는 장소에 화재예방에 필요한 설비를 하여야 하나 이에 대한 조치 미비

### 재해예방대책

- 화기사용 장소의 화재방지 조치 실시
  - LPG 토오치로 다이캐스팅기 금형을 예열할 때에는 토오치의 불꽃으로 유압작동유 호스가 손상되어 화재가 발생할 수 있으므로 유압작동유 호스를 불반이포 등으로 호스를 덮는 등의 화재예방조치를 강구하여야 함
  - 또한, 화기를 사용하는 장소 인근에서 사용하는 유압작동유는 난연성으로 사용할 것을 권장함

## LPG-산소 용접기를 이용하여 빈드럼 상판 제거작업 중 폭발

재해일자	2015년 00월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	제거 작업	기인물	용접불꽃(점화원)

### 재해발생개요



<사고발생장소>

2015년 0월 00일 경기도 화성시 소재의 사업장내에서 LPG-산소 용접기를 이용하여 철재 공(空)드럼 상판 제거 작업중 철재 드럼이 폭발하여 전신에 3도 화상을 입은 사고임

### 재해발생원인



<폭발발생한 드럼>

- 유류 등이 있는 용기의 용단작업시 안전조치 미흡
  - 위험물, 인화성 유류가 있을 우려가 있는 드럼 등의 용기에 대하여 화기작업시에는 내용물을 제거하고 내부를 깨끗이 세척한 후 인화성 물질의 잔류여부를 확인하여야 하나 확인 및 조치작업 없이 화기작업 실시
  - 위험물, 인화성 유류 등이 담겨져 있던 페드럼 용기를 주입구와 통기구가 모두 닫혀 밀폐된 상태에서 용단작업 실시

### 재해예방대책

- 유류 등이 있는 용기의 용단작업시 안전조치 철저
  - 위험물, 인화성 유류가 있을 우려가 있는 드럼 등의 용기에 대하여 미리 내용물을 제거하고 내부를 깨끗이 세척하는 등의 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후 화기작업 실시
  - 내부에 인화성 물질이 잔재할 가능성이 있는 용기를 용단하는 경우 불꽃 등으로 인해 용기에 폭발을 일으키지 않는 방법으로 주입구와 통기구를 모두 개방하는 등 환기구가 있는 상태에서 용단작업 실시

## 역화로 인한 LPG가스 용기 폭발

재해일자	2012년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용단 작업	기인물	불꽃(점화원)

### 재해발생개요



<사고발생장소>

2012. 0. 0(토) 09:20분경 절단 공정의 000 이 열처리 공정으로 와서 재해자 000에게 LPG가스절단기를 빌리러 갔는데, 신규로 교체(LPG레귤레이터 및 호스)한 가스 토치에 쉽게 불이 붙지 않아 000 이 이를 조작해 보던 중 불꽃이 역화 되어 LPG용기가 폭발한 사고임

### 재해발생원인



<역화로 전소된 LPG호스>

- 이동식 가스용접장치 안전장치(역화방지) 미 설치
  - 가스용접장치에는 각 용기내의 압력차에 의해서 가스의 역류에 의한 화염 역화를 방지하는 안전기를 가연가스 압력조정기 후단과 토치 호스 사이에 설치하여야 하나 미설치하여 사고가 발생함.
- 설비 고장시 수리 후 사용 등의 안전수칙 미준수
  - 토치에서 가스가 나오지 않고, 압력조정기의 눈금이 비정상적임에도 불구하고 계속 점화를 시도하다가 역화가 발생함

### 재해예방대책

- 이동식 가스용접장치 안전조치 실시
  - 가스용접장치에는 각 용기내의 압력차에 의해서 가스의 역류에 의한 화염 역화를 방지하는 안전기(역화 방지)를 가연가스 압력조정기 후단과 토치호스 사이에 설치해야 함
- 설비 고장 시 수리 후 사용
  - 가스용접기의 토치 및 배관 자체 이상 발견 시에는 가스를 안전한 방법으로 모두 배출 시키고 원인을 파악하여 수리 또는 교체 후 사용

## 소각로 내 휴대용 가스용기 폭발

재해일자	2012년 0월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	소각 작업	기인물	불꽃(점화원)

### 재해발생개요



<사고발생장소>

2012년 0월 00작업장 내에서 피재자 000은 추위를 피하기 위해 소각로 앞에 서 있다가 휴대용 가스용기의 폭발(압력)에 의해 화구문이 열리면서 개방된 화구문의 충격으로 바닥으로 넘어져 다친 사고임

### 재해발생원인



<사고발생 기인물>

- 위험물질 등의 제조 등 작업시의 안전 조치 미실시
  - 사업주는 인화성 가스를 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 압축·가열 또는 주입하는 행위를 하지 말아야 하나 점화원이 있는 소각로에 투입함.
- 출입의 금지 미실시
  - 사업주는 화재 또는 폭발의 위험이 있는 장소에 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지시켜야 하나, 이를 미실시함.

### 재해예방대책

- 위험물질 등의 제조 등 작업시의 안전 조치 실시
  - 사업주는 인화성 가스를 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 압축·가열 또는 주입 하는 행위를 하지 말아야 함.
- 출입의 금지 실시
  - 사업주는 화재 또는 폭발의 위험이 있는 장소에 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하여야 함.

## 부원료 투입 용해작업중 전기로 폭발

재해일자	2011년 0월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	투입 작업	기인물	전기로

### 재해발생개요



<사고발생장소>

2011. 0월 000작업장 내에서 고철을 전기로에 장입시켜 용해작업을 완료하고 부원료를 투입하는 과정에서 전기로가 폭발하여 전선에 화상을 입은 사고임

### 재해발생원인



<사고발생 기인물>

- 수분이 함유된 부원료 등을 전기로에 투입
  - 전기로에 페로실리콘 등 부원료를 넣는 작업을 하는 때에는 수증기 폭발을 방지하기 위하여 부원료에 수분 등이 들어있지 아니함을 확인 한 후에 투입하여야하나 이를 소홀히 함
- 부원료 보관 및 사용장소에 빗물 유입
  - 페로실리콘 등 부원료를 보관 및 사용하는 장소의 지붕, 외벽 등은 빗물이 새어들지 않는 구조로 되어야 하나 여러곳이 파손되어 빗물이 유입됨
- 방열복 등 보호구 미착용
  - 전기로 등 다량의 고열물을 취급하는 작업을 하는 장소에는 고열물의 비산에 의한 화상을 방지하기 위하여 방열복 또는 적합한 보호구를 착용한 상태로 작업을 실시하여야 하나 보호구를 미착용함

### 재해예방대책

- 전기로에 투입하는 부원료 등의 수분관리 철저
  - 전기로에 페로실리콘 등 부원료를 넣는 작업을 하는 때에는 수증기폭발을 방지하기 위하여 부원료에 수분 등이 들어있지 아니함을 확인 한 후에 투입하여야함
- 부원료 보관 및 사용장소에 빗물 유입 방지조치 철저
  - 페로실리콘 등 부원료를 보관 및 사용하는 장소의 지붕, 외벽 등은 빗물이 새어들지 않는 구조로 설치하여야함
- 방열복 등 보호구 착용
  - 전기로 등 다량의 고열물을 취급하는 작업을 하는 장소에는 고열물의 비산에 의한 화상을 방지하기 위하여 근로자로 하여금 방열복 또는 적합한 보호구를 착용하도록 하여야함

## 빈드럼 용단 작업 중 폭발

재해일자	2009년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용단 작업	기인물	공드럼

### 재해발생개요



<사고발생기인물>

2009년 0월 0일 11시 20분경 대구 북구 소재 볼트 제조 사업장에서 피재자가 공드럼 용단 작업을 하던 중 내부에 잔류된 인화성물질 증기에 착화되어 발생한 화재·폭발에 의해 비래되는 공드럼 상부 덮개에 근로자가 맞은 사고임

### 재해발생원인



<폭발후 상황>

- 유기용제 증기가 체류된 공드럼에 점화원이 될 수 있는 불꽃 접촉
  - 인화점이 외기온도보다 낮은 물질이 저장되어 있던 공드럼을 밀폐시킨 상태에서 산소-LPG 절단기로 용단 작업을 실시하다가 불꽃이 인화성 증기에 착화되어 공드럼 내부에서 화재·폭발이 발생하였으며, 이로 인한 압력상승으로 인해 공드럼 상부덮개가 이탈, 비래됨

### 재해예방대책

- 공드럼 내부의 인화성물질 제거 철저
  - 산소-LPG 절단기 또는 그라인더 등으로 불꽃이 발생하는 공드럼 용단작업을 하는 경우에는 공드럼 내부의 인화성 물질 등을 완전히 제거하여야 함

## 인화성 세척제 증기에 의한 폭발

재해일자	2010년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	세척 작업	기인물	정전기(점화원)

### 재해발생개요



〈사고발생장소〉

2010년 0월 0일 경북 칠곡군 소재 휴대폰 부품 생산 사업장에서 세척 공정 세척조의 이상유무를 점검하던 피재자가 인화성 세척제 증기에 정전기 방전 또는 금속마찰 불꽃이 착화되어 발생한 화재에 의해 화상을 입은 사고임

### 재해발생원인

- 인화성 증기의 발생억제 및 체류방지 조치 미흡
  - 인화점 이상의 외기 온도에서 취급함으로써 인화성 증기가 발생될 수 있는 세척조에는 인화성 증기가 체류되지 않도록 충분한 환기를 시킬 수 있는 국소배기장치를 설치하고 항상 그 기능을 유지하여야 하나 그러하지 않음.



〈폭발후 상황〉

### 재해예방대책

- 인화성 증기의 발생억제 및 체류방지 조치 철저
  - 인화점 이상의 외기 온도에서 취급함으로써 인화성 증기가 발생될 수 있는 세척조에는 인화성 증기가 체류되지 않도록 충분한 환기를 시킬 수 있는 국소배기장치를 설치하고 항상 그 기능을 유지하여야 함

## 철제 페 드럼통 절단 작업 중 폭발

재해일자	2011년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용단 작업	기인물	불꽃(점화원)

### 재해발생개요



〈재해발생후 사진〉

2011. 0. 0 10:30분경 ○○공장 외곽 주변정리를 하던 피재자가 철제 페 드럼통을 산소절단기로 절단작업을 하던 중 드럼통 내부에 잔류된 인화성 증기와 액체에 점화·폭발되면서 드럼통 일부 비래와 확산된 화염으로 골절, 화상 부상자가 발생한 재해임

### 재해발생원인

- 내용물에 대한 물리적 위험 및 잔량의 확인, 물질 특성을 제대로 인지하지 않았고, 페 드럼통 내부 인화성 잔류 증기 유무를 확인하지 않은 상태에서, 산소절단기로 절단작업을 하던 중 내부에 체류되어 있던 인화성 가스가 산소절단기 예열 등에 의해 내부 인화성 증기에 착화되어 드럼 용기가 폭발하면서 비래된 하판 또는 몸체, 화염에 의해 재해가 발생함.



〈드럼 외부 사진〉

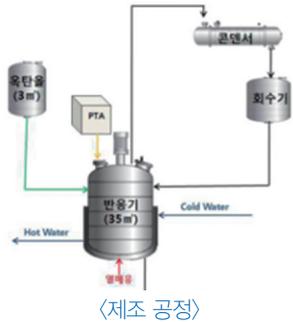
### 재해예방대책

- 밀폐된 페드럼통 절단 작업시 인화성 증기 존재여부 확인
  - 드럼통 절단작업을 하는 경우 드럼 내부에 인화성 잔류 증기에 의한 폭발위험이 상존하므로 증기 잔류 여부를 확인한 후 작업을 실시
- 페 드럼통 처리 절차 및 방법 준수 철저
  - 장기간 인화성 증기가 체류된 상태에서 보관하였던 페드럼통은 전문처리 업체에 의해 폐기 처리하여야 하고,
  - 부득이 드럼통을 절단하는 경우 사전에 필히 뚜껑을 개방하고, 물, 모래 또는 불활성 기체 등으로 내용물을 완전히 치환하여 위험요인을 완전 제거함.
- 밀폐된 페드럼통의 타용도 사용금지
  - 페드럼통은 용접·용단 등을 통해 개조하는 것은 매우 위험하므로 가급적 원래의 용도의 사용을 제한하여야 함.

## 회분식반응기에 원료 투입작업 중 폭연·화재

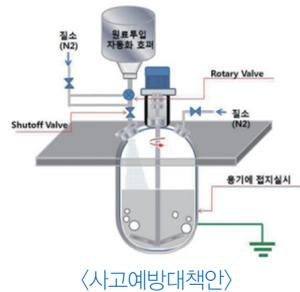
재해일자	2016년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	투입 작업	기인물	정전기(점화원)

### 재해발생개요



2016. 0. 0(화) 16:48분경 경기도 연천군 소재 ○○화학(주)의 가스제 (DOTP, Dioctyl Terephthalate) 제조공정에서 작업자 2명이 분말상태의 테레프탈산(PTA, Purified Terephthalic Acid)을 옥탄올(Octano)이 들어있는 반응기에 직접 투입하던 중 폭연·화재가 발생한 사고임

### 재해발생원인



- 가연물 : 옥탄올 증기 + PTA 분진
- 산소 : 대기중의 공기
- 점화원 : 톤백, PTA 분진의 마찰 등에 의해 발생한 정전기
  - 반응기 내부의 옥탄올 증기와 부유상태의 PTA 분진이 대기중의 공기와 폭발분위기를 형성한 상태에서 PTA를 투입하는 과정에서 마찰 등에 의한 정전기에 의해 폭발이 발생한 후 반응기 외부로 확산됨

### 재해예방대책

- 작업방법 개선
  - PTA 투입 자동화 설비 설치
  - 반응완료 후 충분히 냉각된 상태에서 옥탄올 투입
  - 개방된 맨홀을 통해 고철을 일시에 투입 할수 있는 양은 25[kg] 이내로 제한하며, 25[kg] 이상의 투입은 로터리 벨트나 기타 동등의 장치를 가진 중간 호퍼를 통해 투입을 실시하여야 함
- 정전기 제거
  - 비도전성인 톤백을 이용한 PTA 투입은 금지하고, 도전성 섬유 또는 도전성 필라멘트로 만든 컨테이너를 접지 후 사용
  - 폭발성 분위기가 존재하는 용기 내부에는 위험 분위기를 없애기 위해 질소 등의 불활성 가스를 주입하여 산소부족 상태로 유지

## 용해작업 중 폭발로 용탕 비산

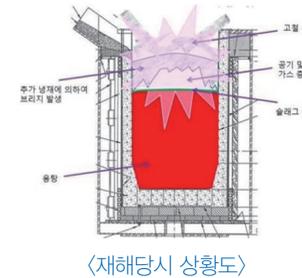
재해일자	2013년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용해 작업	기인물	용탕

### 재해발생개요



2013년 0월 0일(수) 07:59분경 경남 창원시 진해구 ○○금속 용해작업장에서 밸브류 주물품을 제조하기 위하여 고철을 용해하던 중 용탕의 내부 압력 증가 및 과열로 인하여 용탕이 비산하여 용해로 주변에 있던 피재자 4명이 화염에 노출되어 화상을 입은 사고임

### 재해발생원인



- 작업방법 불량
  - 고철을 용해로내에 한꺼번에 다량 투입하여 용융물 상부에 브리징(Bridging)이 형성되어 용탕에서 발생된 가스가 분출되지 못하고 압축된 상태로 존재하여 용탕의 온도 및 압력상승으로 용탕이 비산됨.
  - ※ 브리징(Bridging)현상 : 추가 냉재가 하부의 용탕에 직접 닿아 용해되지 않고 로체 상부에 걸려 있는 것으로 브리징이 발생하면 상부의 차가운 장입재와 하부의 용탕 사이에 공기 층(단열층)이 형성되어 하부 용탕의 열이 상부로 발산되지 못하고 투입된 출력에 의해 과열되어 라이닝의 급격한 손상이 일어날 수 있음

### 재해예방대책

- 작업방법 개선
  - 용해로 내에 고철 투입 시 한꺼번에 투입하지 말고 고철의 용융상태를 보면서 조금씩 투입하여야 함.
- 방열복 등 개인보호구 미착용
  - 용해작업 시에는 반드시 규정된 방열복, 보안면, 안전장갑 등 개인보호구를 착용한 후 용해작업을 실시하여야 함.

## LPG가스 누출에 따른 착화 폭발

재해일자	2011년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용접 작업	기인물	불꽃(점화원)

### 재해발생개요



〈재해당시 작업자위치〉

2011.0.0(월), 10:15분경 경기도 시흥시 정왕동 소재 사업장에서 피재자 등 작업자 5명이 휴식을 마치고 용접을 하려는 순간 갑작스런 폭발이 발생하여 정반위에서 작업중이던 피재자 2명이 폭발 충격에 의해 정반과 함께 위로 치솟은 후 작업장 주변으로 떨어져 사상자가 발생한 재해임

### 재해발생원인



〈재해당시 용접토치〉

- 가연성 가스가 존재하여 폭발 또는 화재가 발생할 우려가 있는 장소에서는 당해 가스에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위하여 통풍·환기를 실시하여야 하나 이를 실시하지 않음
- 통풍 또는 환기가 불충분한 장소에서 가연성 가스를 사용하여 속의 용접·용단을 하는 때에는 가스 등의 누출로 인한 폭발·화재를 예방하기 위해 호스와 치관, 연결부 등이 손상·마모 등에 의하여 가스 등이 누출되지 않도록 조치를 하여야 하나 이를 실시하지 않음

### 재해예방대책

- 통풍·환기 실시
  - 가연성 가스가 존재하여 폭발 또는 화재가 발생할 우려가 있는 장소에서는 당해 가스에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위하여 통풍·환기를 실시할 것
- 폭발 예방조치 실시
  - 통풍 또는 환기가 불충분한 장소에서 가연성 가스를 사용하여 금속의 용접·용단을 하는 때에는 가스 등의 누출로 인한 폭발·화재를 예방하기 위해 호스와 치관, 연결부 등이 손상·마모 등에 의하여 가스 등이 누출되지 않도록 조치를 할 것

## 선박 용접 작업중 폭발 발생

재해일자	2012년 0월 0일 화요일	상해정도	사망 0명
작업명	용접 작업	기인물	전기열원(점화원)

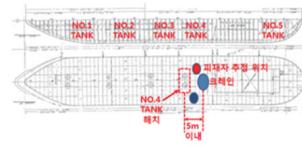
### 재해발생개요



〈재해직후 선박사진〉

2012.0.0(화), 13:15분경 충남 서산시 00읍 00항 관리부두에 정박되어 있던 폐유 운반선에서 해당 선박 기관장이 크레인 보강작업을 위해, 전기 용접기를 사용하여 용접작업 중 해당 선박의 폭발 및 침몰 사고가 발생함

### 재해발생원인



〈재해당시 선박관련도면〉

- 폐유 저장 탱크 내부에 유증기가 채류한 상태에서 전기 용접기를 사용한 용접 작업을 실시함.
- 용접 작업 전 폐유 저장 탱크 내부의 유증기 및 인화물을 제거하기 위한 조치를 시행하지 않음.

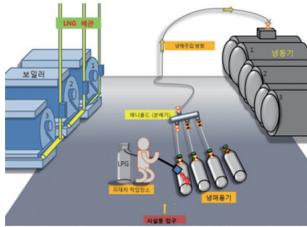
### 재해예방대책

- 폭발이나 화재가 발생할 수 있는 우려가 있는 장소 또는 그 상부에서 용접 작업 금지
  - 폭발이나 화재가 발생할 수 있는 위험물이 있는 장소 또는 그 상부에서 불꽃이나 아크를 발생하거나, 고온으로 될 우려가 있는 화기, 기계·기구 및 공구의 사용을 금지
- 탱크 내부의 인화성 증기를 완전히 제거한 후 용접 등의 보수 작업 실시
  - 인화성 유류 또는 가스를 제거하기 위하여 질소 등의 불활성 기체로 치환하거나 또는 물을 주입시킨 후 물을 빼는 방법으로, 인화성 유류 또는 증기를 완전 제거한 후 용접 등의 보수작업 실시

## 냉매충전 작업 중 냉매용기가 폭발

재해일자	2015년 0월 0일 목요일	상해정도	사망 0명
작업명	충진 작업	기인물	불꽃(점화원)

### 재해발생개요



<재해발생 상황도>

2015. 0월 0일(목) 09:00경 대전 대덕구 소재의 ○○사업장에서 피재자가 냉동기에 냉매를 충전하기 위해 LPG가스 토치를 이용하여 냉매용기를 가열하던 중 냉매용기가 폭발하고, 폭발된 용기에 피재자가 다친 사고임.

### 재해발생원인



<폭발한 냉매용기>

- 압력용기(냉매용기) 가열에 의한 내압상승 및 강도저하
- 개인보호구 미지급 및 미착용

### 재해예방대책

- 냉동기에 냉매 충전시 안전밸브가 내장된 냉매충진장치 사용
- 냉매용기의 온도를 높여 냉매를 주입할 때에는 과압에 따른 폭발을 방지하기위하여 안전밸브 설치 후 작업 실시
- 작업 중 압력용기(냉매용기) 폭발로 인하여 충돌 등의 위험요인이 있는 장소에서 작업하는 경우 작업자에게 안전모를 지급하고 착용토록 하여야 함.

## 가열된 아스팔트에 등유를 투입하여 교반 중 폭발

재해일자	2015년 0월 0일 목요일	상해정도	사망 0명
작업명	아스팔트 프라이머 제조	기인물	정전기(점화원)

### 재해발생개요



<사고발생 현장>

충북 음성군 삼성면 소재 유제아스팔트를 생산하는 업체에서 아스팔트 프라이머를 제조하기 위해 180℃의 Hot-Asphalt를 교반기(3m×2.5m×1m)에 넣고 제품 유동성을 증가시키기 위해 등유를 투입 후, 교반 과정에서 화재·폭발이 발생하여 전신에 화상을 입은 사고임

### 재해발생원인



<등유 소분용기>

- 폭발·화재방지를 위한 방호조치 없이 인화성액체(등유)를 가열·증발하는 작업 실시

- 사고 당일 입고된 Hot-Asphalt 온도는 180℃로서 여기에 인화점이 37℃인 등유를 넣고 교반하는 것은 등유를 가열·증발시키는 행위로서 인화성 증기에 의한 화재·폭발을 방지하기 위한 방호조치 없이 교반작업 실시



<비방폭구조의 교반기 스위치>

- 폭발위험이 있는 장소에 대해 폭발위험장소 미 설정 및 관리

- 교반기가 위치하는 장소는 150~160℃(사고 당일 180℃) Hot-Asphalt에 인화점이 낮은 등유를 넣고 가열하는 장소로서 항상 인화성 증기에 의한 폭발위험이 높은 장소이나 폭발위험장소로 설정하지 않음

### 재해예방대책

- 폭발 또는 화재 등의 예방조치 실시
  - 150℃이상의 Hot-Asphalt에 인화점이 낮은 등유나 경유를 넣고 교반하는 행위는 항상 인화성 액체의 증기에 의한 화재·폭발위험이 높으므로 다음과 같은 시설을 구비하여 안전하게 처리하여야 함
    - ① 교반기 덮개에 통기설비 설치
    - ② 교반과정에서 가열·증발된 유증기를 안전하게 흡수 또는 흡착할 수 있는 시설 설치
    - ③ 통기설비와 흡수 또는 흡착시설 사이에 화염방지기 설치
- 폭발위험이 있는 장소로 설정·관리
  - Asphalt에는 Benzene, Toluene, Xylene 등 휘발성이 높은 물질이 미량 함유되어 있고 등유를 인화점 이상으로 가열·증발함으로써 정상작업 중에 폭발위험분위기 조성이 가능한 장소이므로 교반작업장소는 폭발위험장소로 설정·관리하여야 함
  - 폭발위험장소에서 사용하는 전기기계·기구류는 당해 인화성 증기에 대하여 적합한 방폭 성능을 가진 방폭구조 전기기계·기구를 선정 사용하여야 함

## MMA 중합반응 중 인화성증기에 정전기 점화로 폭발 (메틸마타크릴레이트)

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	부상 0명
작업명	MMA 중합	기인물	정전기(점화원)

### 재해발생개요



충북 음성군 금왕읍 소재 아크릴판 제조업체에서 아크릴수지 원료인 MMA(메틸메타크릴레이트)의 중합반응 중 반응기 주변에 체류하고 있던 인화성증기에 유동, 분출 대전으로 발생한 정전기에 의해 점화되면서 폭발한 것으로 추정

◀ 사고발생 현장

### 재해발생원인

- 폭발위험분위기 조성 방지 위한 통풍·환기 조치 미흡
  - 중합실은 밀폐된 장소로 용기에 원료 투입하거나 육안으로 수위 확인을 위해 투입구 개방 시 MMA 증기가 작업장으로 흘러 체류하는 구조이나 벽체 환풍기에 의존할 뿐 충분한 환기조치 미 실시
- 전기적 스파크, 정전기 제어 등 점화원 통제·관리 미흡
  - 펌프 사용하여 원료 이송 시 플라스틱 배관(PE)과 유체(MMA)의 마찰에 의한 유동대전 및 반응기와 충돌대전, 배관 끝단에서의 분출대전 등으로 반응기 내에 정전기 대전
  - 중합실 벽체의 환풍기, 제어반 등 비방폭 구조 전기설비는 점화원으로 작동할 수 있었음



◀ 반응기 내부에서 시작된 화염의 모습

### 재해예방대책

- 관리대상물질(유기화합물) 증기 체류 방지를 위한 통풍·환기조치
  - MMA와 같은 인화성액체의 취급 장소에는 화재·폭발을 예방하기 위해 증기 농도가 폭발한계 내에 들어가지 않도록 통풍 또는 환기 조치를 하여야 함
  - 특히, 반응기 원료투입구 개방 시 배출되는 증기가 작업장내로 확산되지 않도록 국소배기장치 설치
- 정전기 등 점화원 관리 철저
  - 인화성액체 취급 설비 사용 시 정전기에 의한 화재·폭발 등의 위험 발생 우려가 있는 경우 접지, 정전기 제거장치 설치, 온습도 관리, 방폭 전기·기계기구 사용, 기계적 마찰금지 등 점화원 관리 필요
  - ① 주입배관은 도전성 배관(접지, 클램프) 설치, 해당 설비는 상시 접지가 되는 정전기적 접지 실시
  - ② 충전 초기 유속을 제한(주입파이프가 잠기까지 1m/s 이하 유지), 침액파이프(Dip-pipe)를 설치하여 정전기 대전 최소화, 충전 후 정지시간을 두어 정전기 완화조치 실시
  - ③ 반응기 교반장치, 중합실 조영등, 벽체 선풍기 등과 같은 전기설비는 방폭형 전기·기계기구 사용

## 탱크로리 재검사 중 잔존 인화성 물질에 의한 폭발

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명, 부상 0명
작업명	LPG 탱크로리 재검사	기인물	정전기(점화원) 추정

### 재해발생개요



충북 충주시 금가면 소재 탱크재검사 사업장에서 LPG 탱크로리에 대한 재검사를 위해 입고된 차량의 탱크 맨홀을 개방하고 탱크 내부의 잔류 가스를 빼내기 위한 작업 중 배풍기 플렉시블 호스(자바라 호스)와 맨홀 사이의 틈새를 막아 가스를 빨아내기 위해 이불을 집어 드는 과정에서 화재·폭발 발생

◀ (사고발생 현장)

### 재해발생원인

- 폭발 또는 화재 등의 예방조치 미실시
  - 탱크로리 내 잔존 LPG(인화성증기)에 의한 화재·폭발위험을 방지하기 위해 인화성증기 제거 위한 연소 또는 세척 등의 조치를 하지 않고 탱크 개방하여 내부의 인화성증기 누출로 화재폭발분위기가 조성
- 탱크 재검사 시 안전수칙 미준수 및 관리감독 소홀
  - 탱크 내 잔존 액체 또는 가스 제거 위한 시설을 사용하지 않고, 화재폭발위험이 높은 작업을 경험적인 판단과 단순 배기시설을 통해 수행하고 있는 등 재검사 안전수칙 준수여부의 관리감독 소홀
- 화재·폭발 발생 우려 장소에서 화기 등 사용금지 조치 소홀
  - 탱크 재검사 시 탱크 개방작업은 잔존 인화성물질에 의해 화재폭발위험분위기 조성의 우려가 높아 인화성 물질 제거 위한 조치 외에 점화원이 될 수 있는 화기 등의 사용이나 행위를 금지해야 하나 일반인 출입통제 조치 미실시, 비방폭구조 배풍기 스위치 및 공구사용, 정전기 발생 유발 물품(이불)을 사용한 행위 등 화재폭발 발생 우려장소에서 점화원 관리 미흡

### 재해예방대책

- 폭발 또는 화재 등의 예방조치 철저
  - 탱크 재검사 작업순서 및 방법 변경 : 잔존 물질 육안 체크 폐지, 가스회수시설 및 물 충수시설 활용
  - 탱크 재검사 안전수칙 준수 관리감독 철저
- 탱크 개방작업 시 불꽃 또는 아크를 발생하는 기계기구 및 공구 사용금지
  - 탱크 개방작업 시 사용하는 배풍기 스위치는 방폭구조의 것으로 교체, 공구는 황동재질의 방폭공구 사용
  - 화재폭발 발생 우려지역 내 가연성 물질 취급사용 금지, 정전기 발생 유발 행위(접촉부리, 마찰 등) 금지
- 작업시작 전 안전점검 철저
  - 탱크 재검사지역은 항상 화재·폭발위험이 존재하는 위험지역으로 인화성물질의 누출 뿐만 아니라 점화원이 될 수 있는 일반차량 및 일반인 출입통제 이행여부를 확인하고 비방폭구조의 전기·기계기구 설치 사용여부 등에 대한 작업 전 안전점검 필요

## PF(페놀폼)단열제 제조공장 반응기 폭발사고

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	설비 · 건물 파손
작업명	중합반응	기인물	작업 오류



< 사고발생 현장 외부 >

### 재해발생개요

충북 청주시 옥산면 소재 PF(페놀폼)단열제 제조공장에서 페놀수지와 파라포름알데히드를 중합반응 중 촉매(수산화칼륨수용액) 투입 작업 오류로 인해 반응기 내 폭발반응이 일어나면서 반응기가 폭발한 재해로 인명피해는 없으나 사회적 물의를 일으킴



< 사고발생 현장 내부 >

### 재해발생원인

- **촉매 투입시기 오류 등 안전운전절차 미준수**
  - 페놀수지 투입 후 촉매(수산화칼륨수용액)를 정량 투입해야 하나, 촉매 투입밸브 고장으로 적정량의 촉매 일부가 미투입되자 반응도중 잔량의 촉매 투입→폭주반응으로 반응기 폭발
- **반응기 반응폭주를 대비한 파열판 미설치**
  - 10m3 반응기에 20A 크기의 안전밸브가 설치되어 있으나, 급격한 압력발생을 해소하기에는 미흡



< 반응기 >

### 재해예방대책

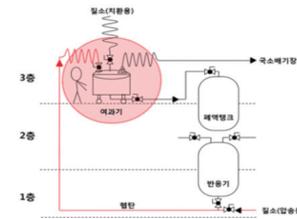
- **촉매 투입량, 투입시기, 온도조건 등을 고려한 안전운전절차 준수 및 인터록 설치**
  - 반응기 원료(촉매) 투입량, 투입시기, 온도조건 등을 고려한 안전운전절차 준수
  - 작업자의 실수가 있을 경우를 대비하여 인터록 설치
- **발열 반응기 등 반응폭주의 위험이 있는 경우 파열판 설치**
  - 폭주반응기의 방출 시 거품형상(액상-기상)으로 토출되며, 그 크기는 가스 단일상의 파열판 크기의 2배에서 10배 크기가 요구됨

## 인화성액체 이용 여과작업 중 폭발사고

재해일자	2016년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	여과 및 세척	기인물	정전기(점화원)

### 재해발생개요

충북 음성군 대소면 소재 의약품 생산업체에서 합성·추출과정을 거쳐 결정화된 농축액을 여과·세척하는 작업 중 정전기로 추정되는 화재가 발생하여 전신에 화상을 입은 사고임



< 여과과정 >

### 재해발생원인

- **여과기 내부 폭발분위기 형성 방지**
  - 여과기는 여과기 덮개의 틈새로 외기가 유입될 수 있는 구조이며, 여과기 내부는 배기량이 유입량(질소 공급량과 유증기발생량)을 초과하여 내부 음압으로 외기가 유입되며 폭발분위기 형성
- **정전기 발생 억제조치 미흡**
  - 배관에 잔류한 세척액을 질소로 밀어낼 때 비전도성 유체가 흐르는 동안 배관과의 마찰로 생긴 정전기가 유체에 축적되고, 정전기 축적된 유체가 노즐에서 분사될 때 분출대전이 발생, 노즐에서 분사된 후 비말에도 대전되며 정전기가 점차 강화된 것으로 추정
- **밸브조작 순서 등 방법 미지정**
  - 질소의 공급·차단을 통한 액상물질의 이송 등 시스템 운전이 필요한 모든 밸브를 수동으로 조작하고 있고 이를 단순히 작업자의 경험과 판단에 의해 밸브 조작



< 후드부착상태 >

### 재해예방대책

- **덮개 등의 접합부에서 누출방지 조치**
  - 여과기 용기와 덮개 사이는 위험물 누출을 방지하기 위해 전 둘레에 걸쳐 적절한 개스킷 사용, 덮개는 일체형으로 실링이 유지되도록 아이볼트 체결
- **정전기 발생(비말대전) 억제조치**
  - 잔류 세척액을 질소로 밀어낼 시 여과기 몸체 및 덮개에 정전기적 접지 실시 및 비말대전이 생기지 않도록 세척액이 여과기 용기 하부에서부터 채워지도록 침액배관(Dip-pipe)을 설치
- **화확설비 및 그 부속설비 사용 작업에 대한 사전조사 및 작업계획서 작성**
  - 중간생성물 농축액이나 인화성물질인 세척액 여과 및 세척작업 시 밸브 조작, 덮개의 위험물 누출여부 점검, 운전 일시 정지 또는 부분적으로 중단된 경우의 작업방법 또는 운전 재개 시의 작업방법(세척액 투입배관의 연결 및 해제방법 포함), 이상 상태 발생 시의 조치(세척액의 투입량이 부족하거나 과도하게 공급되는 경우 포함), 위험물 누출 시의 조치(세척액 투입배관을 연결하거나 해제할 때) 등에 대한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업 실시

## 계면활성제 제조 반응기 폭발사고

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	부상 0명
작업명	교반&승온	기인물	폭발 파편

### 재해발생개요



〈 사고공장 외부 전경 〉

계면활성제 생산공장 교반&승온 공정 내 반응기에서 반응열 제어 실패로 추정되는 폭주반응으로 반응기 폭발과 생산설비 파손이 발생하였으며, 폭발 당시 공장 밖에서 제품드럼 이송 작업 중이던 근로자 3명이 피난과정에서 폭발로 비산된 파편 등에 접촉하여 타박상을 입은 재해임

### 재해발생원인



〈 사고발생 현장 〉

- **반응열 제어실패에 의한 폭주반응(추정)**
  - 발열반응이 발생하는 반응기는 반응열 제어가 실패 시 온도상승에 의한 폭주반응 발생 위험이 있으나 반응열 제어에 실패하여 폭주반응이 발생됨
- **변경관리 절차 미준수**
  - 반응기에서 기존과 다른 원료사용 및 반응이 이루어지는 경우에는 변경관리 절차를 준수해야하나 변경관리 절차를 준수하지 않음
- **폭주반응 발생 가능 반응기에 파열판 미설치**
  - 폭주반응 발생 시에는 일시에 폭발적으로 증가하는 대용량의 물질을 외부로 방출하기 위한 파열판을 설치하여 내부의 압력을 해소하여야하나 미설치

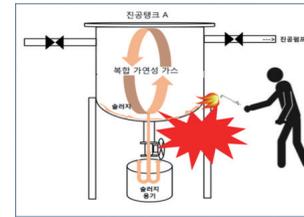
### 재해예방대책

- **반응열 제어방법 확보**
  - 발열반응이 발생하는 반응기는 반응열을 효과적으로 제어하기 위한 냉각시스템(Jacket, Coil)을 설치하여 반응열을 제거하여야 함
- **변경관리 절차 준수**
  - 반응기에서 기존과 다른 원료사용 및 반응이 이루어지는 경우에는 변경관리절차를 준수하여야 함
  - 또한 변경 시 변경에 따른 위험성을 체계적으로 검토하여 변경으로 인해 발생 가능한 위험을 제거하여야 함
- **폭주반응 발생 가능 반응기에 파열판 설치**
  - 폭주반응 위험이 있는 반응기는 일시에 폭발적으로 증가하는 대용량의 물질을 외부로 방출하기 위한 파열판을 설치하여야 함

## 진공탱크 내 슬러지 제거 중 화재로 인한 사망

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명, 부상 0명
작업명	슬러지 제거(토치 가열)	기인물	가연성가스(PP 열분해 생성물)

### 재해발생개요



〈 재해발생 상황도 〉

합성수지제조업 사업장 내 유틸리티실에서 진공펌프 전단에 위치한 진공탱크 내부에 굳어 붙어있는 PP슬러지를 제거하기 위해 산소-LPG 절단기 토치로 진공탱크 외부를 가열하는 중 탱크 하부의 벤트관으로 흘러나온 가연성가스(PP 열분해 생성물)에 화염이 순간적으로 점화되어 유틸리티실에 화재 발생함

### 재해발생원인

- **통풍 등이 충분하지 않은 장소에서 화기작업 실시**
  - 진공탱크 내부의 복합PP는 녹는점이 130~170℃, 분해온도는 328~410℃이며 산소-LPG 절단기(토치)로 외부가열시 온도는 분해온도 이상이었던 것으로 추정되며, 이때 발생한 가연성 가스를 환기시키지 않아 가연성 가스 산소-LPG 절단기(토치)의 불꽃이 점화원이 되어 화재가 발생함



〈 진공탱크 〉



〈 붙어붙은 PP슬러지 〉



〈 화재발생 직후 전경 〉

### 재해예방대책

- **통풍이나 환기가 충분하지 않고 가연물이 있는 설비 내부에서 화기작업을 하는 경우 화재예방을 위하여 다음의 사항을 준수**
  - 작업준비 및 작업절차 수립
  - 화기작업에 따른 인근 인화성 액체에 대한 방호조치 및 소화기구 비치
  - 인화성 액체의 증기가 남아있지 않도록 환기 등 조치
    - ※ 진공탱크 상부 맨홀을 개방
  - 근로자 화재예방 및 피난교육 등 비상조치

## 페드럼통 절단 중 잔류 인화성증기에 의한 폭발

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 1명
작업명	페드럼통 절단	기인물	잔류 인화성증기

### 재해발생개요



〈 페드럼통 〉

식품제조업 사업장 옥외 주차장에서 페드럼통(외부에서 구매)을 이용해 재떨이나 바비큐그릴을 만들기 위해 4인치 그라인더로 상판을 절단하던 중 내부에 채워진 인화성증기가 폭발하면서 재해자가 그 충격으로 뒤로 넘어지며 바닥에 머리가 부딪혀 사망한 재해임

### 재해발생원인



〈 페드럼통 내 잔류물질 〉

- 유류 등이 있는 드럼의 절단 작업 시 안전조치 미 실시
  - 사업주는 인화성 물질 등이 있을 우려가 있는 드럼 등의 용기에 대하여 인화성 물질을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 실시하여야 하며, 이를 한 후가 아니면 절단 등 불꽃을 발생시킬 위험한 작업을 금지하여야 하나 이를 소홀히 함
- ※ 기인물 (페드럼통 내 잔류 인화성증기)
  - 제품명 : SAVINOL MS-300
  - 성분(CAS No.) : 아크릴공중합체, 44% (26760-85)  
초산에틸, 50.6% (141-78-6)  
아세톤, 5.4% (67-64-1)
  - 인화점 : -15~-5℃
- ※ 점화원 (4인치 그라인더)
  - 그라인딩 작업 시 불티 온도 약 1,000~1,300℃

### 재해예방대책

- 유류 등이 있는 드럼의 절단 작업 시 안전조치 철저
  - 인화성 물질을 보관하였던 페드럼통은 반드시 주입구와 통기구를 개방하고, 물 등을 이용하여 완전히 충수, 배출하는 작업을 반복 실시하여 내부의 인화성증기를 완전히 제거한 뒤 절단작업을 실시하여야 함
- 유해·위험물질의 물질안전보건자료(MSDS) 교육 및 관리감독 철저
  - 모든 화학물질 보관용기는 해당 용기(드럼통)에 물질안전보건자료(MSDS) 관리요령(경고표지, 그림문자)이 부착되어 있으므로 취급 및 사용 전 이에 대한 안전보건교육 및 관리감독 철저

## 전기 유도 용해로 작업 중 잔류 화약류 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용해로 작업	기인물	탄피 및 신관 등

### 재해발생개요



〈 전기유도용해로 〉

2017년 4월 경기도 안산시 소재한 00사업장 내에서 재해자가 동료 작업자와 탄피 스크랩 등을 전기 유도 용해로로 투입하는 작업을 하던 중 탄피 내부의 잔류 화약(추정)이 폭발하면서 파편을 맞고 쓰러져서 병원으로 후송되었으나 사망한 재해임.

### 재해발생원인

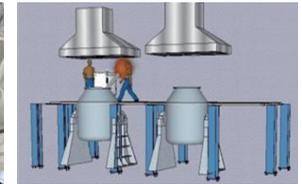
- 폭발위험 방지조치 미 실시
  - 전기유도 용해로에 각종 균용 탄피 스크랩등의 재료를 장입·용해할 경우 불발탄 및 잔류 화약류 의한 폭발 위험이 있으나 이를 방지하기 위한 사전 불순물 선별작업 미 실시



〈 탄피 넣는 상황 〉



〈 선별되지 않는 탄피스크랩 〉



〈 폭발 시 직후 전경 〉

### 재해예방대책

- 폭발위험 방지조치 실시
  - 전기 유도 용해로에 금속 부스러기 등을 용해하는 작업을 하는 경우 수증기, 화약류 등의 폭발을 방지하기 위해 물, 위험물(화약류 등), 밀폐된 용기 등이 장입되지 않도록 사전 선별 작업 실시
- 개인보호구 착용
  - 전기 유도 용해로 작업은 고온의 용탕 비산 및 불순물 장입에 의한 폭발위험이 상존하는 작업이므로 안전모, 보안면, 방열복 등의 보호구를 착용한 상태에서 작업 실시

## RTO설비 점검 중 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	RTO 설비 점검	기인물	RTO 파편 등

### 재해발생개요



〈 폐가스 소각시설(RTO) 〉

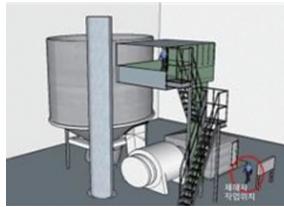
17년 0월 0일(금) 18:55분경 경기도 안산시 소재 ○○에서 재해자가 폐가스 소각시설의 이상온도 상승여부를 점검하던 중 잔류VOC(휘발성 유기화합물)에 의한 폭발로 인해 18:59분경 사망한 재해임

### 재해발생원인

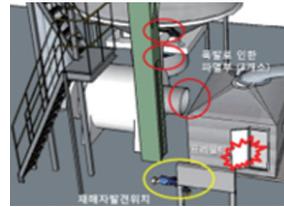
- 연소실 내 미처리 잔류가스 배기 불량 등
  - 퍼지팬(F-102)의 고장 및 트립 등이 발생할 경우 다량의 미처리 잔류가스가 연소실 하부에 체류할 수 있으며 이때 형성된 폭발 분위기에 원인 미상의 점화원이 가해져 폭발한 것으로 추정



〈 폭발 부위 〉



〈 작업상황도 〉



〈 폭발 시 직후 전경 〉

### 재해예방대책

- 긴급 압력방출장치(파열판) 및 폭발 방산구 설치
  - 소각설비 및 배관(또는 덕트) 등에는 화재·폭발을 대비하여 긴급방출장치(파열판), 폭발방산구 등을 설치하여 관리하여야 함
- 연소실 내 미처리 잔류 가스 배기·순환 조치 실시
  - 배기·순환팬 고장 등에 대비한 예비설비(보조팬), 경보(Alarm) 등 연동장치(인터록) 설치 등 설비 신뢰도

## 가공작업 중 텐터기 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	원단가공	기인물	텐터기 파편 등

### 재해발생개요

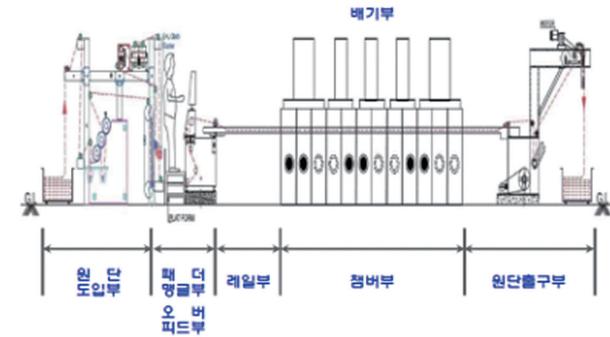


〈 텐터기 〉

2017년 9월 섬유가공 사업장에서 텐터기를 사용하여 코팅액을 도포한 원단을 가공(건조, 폭 조정)하는 작업 도중 텐터기 내부(챔버부)에서 폭발이 발생, 폭발 과압 및 화염에 의하여 텐터기의 패더앵글부에서 작업 중이던 근로자 0명이 사망하고 0명이 부상을 당한 재해임.

### 재해발생원인

- 텐터기 내부의 인화성액체 증기 제거를 위한 환기 미흡 등
  - 배기팬 고장, 배기 덕트 내부 섬유분진 및 기름 등의 탄화물 제거조치 미흡 등으로 텐터기 내부 (챔버부)에 가스폭발위험분위기 형성



〈 텐터기 사고 발생 상황 〉

### 재해예방대책

- 텐터기 내부의 인화성액체 증기 제거를 위한 환기 조치 등
  - 국소배기장치 흡입 및 배기능력 등에 대한 작업 시작전 점검 및 주기적 청소 실시로 탄화물 제거
- 접지 등 정전기 발생 억제 및 제거조치 실시
  - 제전기 등의 제전장치를 대전물체(원단이 풀리는 장소, 롤러 위 등)에 가능한 가까운 위치에 설치

## 침강조 용접작업중 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	침강조 보강	기인물	사이클론 상판

### 재해발생개요

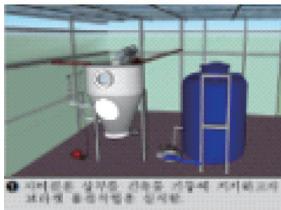


< 침강조 >

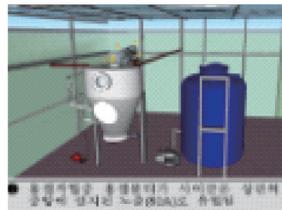
2017. 0. 0(수) 11:06경 충남 서천군 소재 00현장에서 시스템 구성설비 중 사이클론(침강조) 하부 지지대를 약1m 높이는 작업을 완료한 후, 재해자가 사이클론(침강조) 상판을 건축물 기둥에 지지하고자 브라켓(ㄷ형강)을 덧대어 용접하다가 용접불티가 사이클론(침강조) 내부로 유입되어 분뇨에 의해 발생되어 체류중이던 가스(메탄)가 폭발하면서 사이클론 상판과 함께 비래하여 지상으로 떨어져 사망한 재해임.

### 재해발생원인

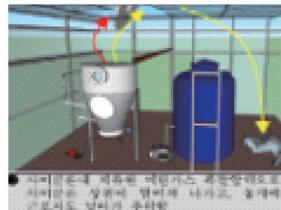
- 위험물(메탄)이 체류할 우려가 있는 용기(사이클론)에 대하여 위험물 제거조치를 하지 않고 용접작업 실시 등
  - 돼지 분뇨원수 및 슬러지에 의해 메탄이 발생하여 사이클론 내부에 체류할 우려가 있음에도 환기 등 위험물(메탄) 제거조치를 하지 않고 용접작업을 실시함.



< 작업상황도-1 >



< 작업상황도-2 >



< 폭발 시 직후 >

### 재해예방대책

- 위험물이 있을 우려가 있는 용기에 대하여 위험물을 제거하는 등 화재·폭발 예방조치 후 용접·용단 등 화기 작업 실시 등
  - 위험물, 위험물 외의 인화성 유류 또는 인화성 고체가 있을 우려가 있는 배관·탱크 또는 드럼 등의 용기에 대하여 미리 위험물 외의 인화성 유류, 인화성 고체 또는 위험물을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후가 아니면 용접·용단 그 밖에 화기를 사용하는 작업이나 불꽃을 발생시킬 위험한 작업을 하여서는 안 됨.

## 계기용 변압기 교체중 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	부상 0명
작업명	변압기 교체	기인물	변압기

### 재해발생개요



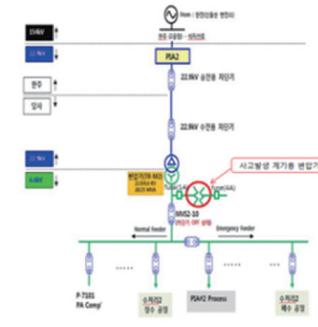
< 변압기 >

2017. 0. 0(화) 13:41분경 울산광역시 남구 소재 00케미칼(주) 내 전기실에서 전기담당 근로자 8명과 협력사 대표 2명이 계기용 변압기(PT)를 교체하던 중 계기용 변압기가 폭발하면서 발생한 화염에 화상을 입고 병원에서 치료를 받은 재해임.

※ 계기용 변압기(PT) : 전력계통에 공급되는 전압의 크기를 측정하기 위해 사용하는 변압기를 말함

### 재해발생원인

- 전원공급 전 확인 및 전기적 불꽃에 의한 위험예방 조치 미흡
  - 계기용 변압기에 전원을 공급하기 전에 2차측 회로의 단락(합선) 상태 등 이상여부를 확인하면서 T상 퓨즈 전단의 배선이 이탈되어 배전반 내부 철판에 접촉되어 있는 것을 미처 확인치 못하고 점검 상 발생할 수 있는 전기적 불꽃에 대한 위험방지(화상보호복 미착용 등)를 소홀히 함.



< 전력계통도 >



< 재해발생 상황도 >

### 재해예방대책

- 전기작업 관련 작업계획서 작성 및 준수, 전기적 불꽃에 의한 위험예방 조치 철저
  - 사업주는 근로자가 50V를 넘거나 전기에너지가 250VA를 넘는 전기작업 시 발생하는 위험을 예방하기 위하여 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 4의 5'전기작업에 관한 작업계획서 내용'을 모두 포함하는 작업계획서를 작성하고 이를 준수하도록 하여야 함.
  - 전기적 불꽃 또는 아크에 의한 화상의 우려가 있는 고압(교류 600V) 이상의 충전전로 작업에 근로자를 종사시키는 경우에는 방염 처리된 작업복 또는 난연성을 가진 작업복을 착용시켜야 함.



## 냉각탑(Cooling Tower) 약품투입 중 발판 부식으로 추락

재해일자	2018년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	냉각탑 상부 약품 투입	기인물	냉각탑

### 재해발생개요



< 쿨링타워 >

2018. 0. 0(목) 09:03분경 작업자가 충남 서산시 소재 0000화학(주) 냉각탑 상부 작업발판(그레이팅)에 올라가 약품(부식방지제, 스케일방지제 등)을 투입하던 중 그레이팅 지지대 일부가 부식에 의해 파손되면서 그레이팅과 함께 냉각탑내부로 추락하여 사망한 재해임

### 재해발생원인

- 작업발판을 견고하게 고정하지 않는 등 안전조치 소홀 및 부식관리 미흡
  - 작업발판이 견고하게 고정되지 않아 지지가 제대로 이루어지지 않았으며 장시간 부식에 따른 그레이팅 노후화로 재해자의 몸무게를 견디지 못하고 파손되어 냉각탑 내부로 추락함.



< 파손된 그레이팅 부위 >



< 재해자가 추락한 장소 >

### 재해예방대책

- 작업발판을 견고하게 고정(부식 관리 철저포함)하고 작업방법 개선
  - 작업발판을 견고하게 고정하고 부식관리를 철저히 하여 추락재해가 발생하지 않도록 설비적 안전성을 강화하고 추락의 근원적 원인을 해소하기 위해 작업자가 직접 냉각탑 상부에 올라가서 투입하는 방법을 회전기기 등을 사용하여 투입하는 작업방법으로 공정개선이 필요함.



## 드럼 절단작업 중 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	드럼 절단	기인물	드럼

### 재해발생개요



< 드럼 >

2017년 0월 0일 20시 24분경 경남 밀양시 소재 00000000 사업장 내에서 재해자가 공드럼의 뚜껑을 용접기를 사용하여 절단해 내기 위해 공드럼을 세워놓고 알곤용접기를 작동시키는 순간 공드럼 내부에 남아 있던 메탄올 증기에 점화, 폭발되어 폭발압에 의해 분리되어 날아든 공드럼 뚜껑에 1차 충격되어 뒤로 넘어지며 지면에 머리를 부딪쳐 뇌출혈, 뇌부종에 의하여 사망한 재해임

### 재해발생원인

- 폭발이나 화재 예방을 위한 조치 미실시
  - 위험물, 위험물 외의 인화성 유류 또는 인화성 고체가 있을 우려가 있는 배관·탱크 또는 드럼 등의 용기에 대하여 미리 위험물 등을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후가 아니면 용접·용단 그 밖에 화기를 사용하는 작업이나 불꽃을 발생시킬 위험한 작업을 시켜서는 아니 되나 이를 미준수



< 작업상황도 >



< 재해발생 상황도 >

### 재해예방대책

- 위험물 등이 있는 장소에서의 화기 금지
  - 위험물 등이 있는 배관·탱크 또는 드럼 등의 용기에 대하여 용접·용단 그 밖에 화기를 사용하는 작업이나 불꽃을 발생시킬 위험한 작업을 할 때 미리 위험물 등을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 실시



작업전 **안전점검** 당신의 **생명**을 지킵니다



## 공정안전보고서 등 제도안내

# 1장 공정안전보고서(PSM) 심사·확인

## 법령요지

- 법 제49조의2(공정안전보고서의 제출 등) ① 대통령령으로 정하는 유해·위험설비를 보유한 사업장의 사업주는 그 설비로부터의 위험물질 누출, 화재, 폭발 등으로 인하여 사업장 내의 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근지역에 피해를 줄 수 있는 사고로서 대통령령으로 정하는 사고(이하 이 조에서 "중대산업사고"라 한다)를 예방하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 공정안전보고서를 작성하여 고용노동부장관에게 제출하여 심사를 받아야 한다. 이 경우 공정안전보고서의 내용이 중대 산업사고를 예방하기 위하여 적합하다고 통보받기 전에는 관련 설비를 가동하여서는 아니 된다.

## ■ PSM 제출대상

- (대상) 8개 업종\*은 보유설비, 그 외 업종은 51개 화학물질을 규정수량\*\* 이상 제조, 취급 또는 저장하는 설비·공정이 설치, 이전 또는 주요구조부분 변경 시

\* 8개 업종 : 원유정제 처리업, 기타 석유정제물 재처리업, 석유화학계 기초화학물질 제조업, 합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업 질소 화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업 복합비료 및 기타 화학비료 제조업(단순혼합 또는 배합에 의한 경우는 제외), 화학 살균·살충제 및 농업용 약제 제조업(원제제조), ⑧화학 및 불꽃제품 제조업

\*\* 51개 화학물질 및 규정수량

번호	유해·위험물질	규정량(kg)
1	인화성 가스	제조·취급: 5,000(저장: 200,000)
2	인화성 액체	제조·취급: 5,000(저장: 200,000)
3	메틸 이소시아네이트	제조·취급·저장: 150
4	포스겐	제조·취급·저장: 750
5	아크릴로니트릴	제조·취급·저장: 20,000
6	암모니아	제조·취급·저장: 200,000
7	염소	제조·취급·저장: 20,000
8	이산화황	제조·취급·저장: 250,000
9	삼산화황	제조·취급·저장: 75,000
10	이황화탄소	제조·취급·저장: 5,000
11	시안화수소	제조·취급·저장: 1,000
12	불화수소(무수불산)	제조·취급·저장: 1,000
13	염화수소(무수염산)	제조·취급·저장: 20,000
14	황화수소	제조·취급·저장: 1,000
15	질산암모늄	제조·취급·저장: 500,000
16	니트로글리세린	제조·취급·저장: 10,000
17	트리니트로톨루엔	제조·취급·저장: 50,000

1장 공정안전보고서(PSM) 심사·확인

179p

2장 유해·위험방지기획서 심사·확인

182p

번호	유해·위험물질	규정량(kg)
18	수소	제조·취급·저장: 50,000
19	산화에틸렌	제조·취급·저장: 10,000
20	포스핀	제조·취급·저장: 50
21	실란(Silane)	제조·취급·저장: 50
22	질산(중량 94.5% 이상)	제조·취급·저장: 250
23	발연황산(삼산화황 중량 65% 이상 80% 미만)	제조·취급·저장: 500,000
24	과산화수소(중량 52% 이상)	제조·취급·저장: 3,500
25	톨루엔디이소시아네이트	제조·취급·저장: 100,000
26	클로로술폰산	제조·취급·저장: 500,000
27	브롬화수소	제조·취급·저장: 2,500
28	삼염화인	제조·취급·저장: 750,000
29	염화 벤질	제조·취급·저장: 750,000
30	이산화염소	제조·취급·저장: 500
31	염화 티오닐	제조·취급·저장: 150
32	브롬	제조·취급·저장: 100,000
33	일산화질소	제조·취급·저장: 1,000
34	붕소 트리염화물	제조·취급·저장: 1,500
35	메틸에틸케톤과산화물	제조·취급·저장: 2,500
36	삼불화 붕소	제조·취급·저장: 150
37	니트로아닐린	제조·취급·저장: 2,500
38	염소 트리플루오르화	제조·취급·저장: 500
39	불소	제조·취급·저장: 20,000
40	시아누르 플루오르화물	제조·취급·저장: 50
41	질소 트리플루오르화물	제조·취급·저장: 2,500
42	니트로 셀룰로오스(질소 함유량 12.6% 이상)	제조·취급·저장: 100,000
43	과산화벤조일	제조·취급·저장: 3,500
44	과염소산 암모늄	제조·취급·저장: 3,500
45	디클로로실란	제조·취급·저장: 1,500
46	디에틸 알루미늄 염화물	제조·취급·저장: 2,500
47	디이소프로필 퍼옥시디카보네이트	제조·취급·저장: 3,500
48	불산(중량 1% 이상)	제조·취급·저장: 1,000
49	염산(중량 10% 이상)	제조·취급·저장: 20,000
50	황산(중량 10% 이상)	제조·취급·저장: 20,000
51	암모니아수(중량 10% 이상)	제조·취급·저장: 20,000

(비교)

1. 인화성 가스란 인화한계 농도의 최저한도가 13퍼센트 이하 또는 최고한도와 최저한도의 차가 12퍼센트 이상인 것으로서 표준압력(101.3 kPa)하의 20℃에서 가스 상태인 물질
2. 인화성 액체란 표준압력(101.3 kPa)하에서 인화점이 60℃ 이하이거나 고온·고압의 공정운전조건으로 인하여 화재·폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성 물질
3. 인화점의 수치는 타구밀폐식 또는 펜스키말테식 등의 인화점 측정기로 표준압력(101.3 kPa)에서 측정된 수치 중 작은 수치
4. 유해·위험물질의 규정량이란 제조·취급·저장 설비에서 공정과정 중에 저장되는 양을 포함하여 하루 동안 최대로 제조·취급 또는 저장할 수 있는 양
5. 규정량은 화학물질의 순도 100퍼센트를 기준으로 산출하되, 농도가 규정되어 있는 화학물질은 해당 농도 기준
6. 두 종류 이상의 유해·위험물질을 제조·취급·저장하는 경우에는 해당 유해·위험물질 각각의 제조·취급·저장량을 구한 후 다음 공식에 따라 산출한 값 ROI 1 이상인 경우 유해·위험설비로 봄. 이때 동일한 유해·위험물질을 제조·취급·저장하는 경우 각각의 양을 모두 고려

$$R = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

주) Cn: 유해·위험물질별(n) 규정량과 비교하여 하루 동안 제조·취급 또는 저장할 수 있는 최대치 중 가장 큰 값  
Tn: 유해·위험물질별(n) 규정량

7. 가스를 전문으로 저장·판매하는 시설 내의 가스는 제외한다.

※ PSM보고서 구성 내용

- ①공정안전자료 ②공정위험성 평가서 ③안전운전 지침서 ④설비점검·검사·유지·보수계획 ⑤안전작업 허가 ⑥하도급업체 관리
- ⑦근로자 교육 ⑧가동전 점검 ⑨변경요소 관리 ⑩자체감사 ⑪사고조사 ⑫비상조치계획

## 2장 유해·위험방지계획서 심사·확인

### 법령요지

- 법 제48조(유해·위험방지계획서의 제출 등) ① 대통령령으로 정하는 업종 및 규모에 해당하는 사업의 사업주는 해당 제품생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물·기계·기구 및 설비 등 일체를 설치·이전하거나 그 주요 구조부분을 변경할 때에는 이 법 또는 이 법에 따른 명령에서 정하는 유해·위험 방지 사항에 관한 계획서(이하 "유해·위험방지계획서"라 한다)를 작성하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 제출하여야 한다.

### ■ 유해·위험방지계획서 제출대상

구분	제 출 대 상																																
업종에 의한 대상	▶ 전기계약용량 300kW 이상인 한국표준산업분류표(9차, 2007년)의 13대 업종으로써 제품생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물·기계·기구 및 설비 등 일체를 설치·이전 또는 전기정격용량 100kW 이상 증설·교체·개조·이설하는 경우(업종은 공장등록증 확인)																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>업종코드</th> <th>업종명(중분류)</th> <th>업종코드</th> <th>업종명(중분류)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10***</td> <td>식품 제조업</td> <td>261**</td> <td>반도체 제조업</td> </tr> <tr> <td>16***</td> <td>목재 및 나무제품 제조업</td> <td>262**</td> <td>전자부품 제조업</td> </tr> <tr> <td>20***</td> <td>화학물질 및 화학제품 제조업</td> <td>29***</td> <td>기타 기계 및 장비 제조업</td> </tr> <tr> <td>22***</td> <td>고무제품 및 플라스틱제품 제조업</td> <td>30***</td> <td>자동차 및 트레일러 제조업</td> </tr> <tr> <td>23***</td> <td>비금속 광물제품 제조업</td> <td>32***</td> <td>가구 제조업</td> </tr> <tr> <td>24***</td> <td>1차 금속 제조업</td> <td>33***</td> <td>기타 제품 제조업</td> </tr> <tr> <td>25***</td> <td>금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	업종코드	업종명(중분류)	업종코드	업종명(중분류)	10***	식품 제조업	261**	반도체 제조업	16***	목재 및 나무제품 제조업	262**	전자부품 제조업	20***	화학물질 및 화학제품 제조업	29***	기타 기계 및 장비 제조업	22***	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	30***	자동차 및 트레일러 제조업	23***	비금속 광물제품 제조업	32***	가구 제조업	24***	1차 금속 제조업	33***	기타 제품 제조업	25***	금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)		
	업종코드	업종명(중분류)	업종코드	업종명(중분류)																													
	10***	식품 제조업	261**	반도체 제조업																													
	16***	목재 및 나무제품 제조업	262**	전자부품 제조업																													
	20***	화학물질 및 화학제품 제조업	29***	기타 기계 및 장비 제조업																													
	22***	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	30***	자동차 및 트레일러 제조업																													
	23***	비금속 광물제품 제조업	32***	가구 제조업																													
	24***	1차 금속 제조업	33***	기타 제품 제조업																													
	25***	금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)																															
* 비금속 광물제품 제조업(23***), 금속가공제품 제조업(25***) ['09.2.1 이후 적용]																																	
* 화학물질 및 화학제품 제조업(20***), 반도체 제조업(261**), 전자부품 제조업(262**) ['14.9.13 이후 적용]																																	
* 상기 5대 업종 외 10대 업종 [2012.7.1 이후 적용]																																	
용해로	▶ 3톤 이상 금속 또는 비금속광물 용해로를 설치·이전하거나 열원의 종류를 변경하는 경우																																
화학설비	▶ 안전보건규칙 별표1의 위험물질을 안전보건규칙 별표9 기준량 이상을 저장·제조·취급하는 「안전보건규칙」 제273조에 따른 "특수화학설비"를 설치·이전하거나 생산량 증가, 원료·제품 변경을 위해 교체·변경·추가하는 경우																																
건조설비	▶ 유기화합물 건조, 인화성증기·가연성가스 발생, 건조시 가연성 분진이 발생하는 연료 최대 사용량이 매시간당 50킬로그램 이상 또는 최소소비전력이 50킬로와트 이상인 건조설비를 설치·이전하거나 열원의 종류를 변경하는 경우																																
가스집합 용접장치	▶ 인화성가스 집합량이 1,000kg 이상인 고정식 가스집합 용접장치를 설치·이전하거나 가스집합 용량, 주관의 구조를 변경하는 경우																																
국소배기 전체환기 밀폐설비	▶ 안전검사 대상 물질 49종을 제거하는 국소배기장치(이동식 제외), 전체환기장치 및 밀폐설비를 설치·이전하거나 설비의 추가, 변경으로 인하여 후드 제어풍속 감소 또는 배풍량이 증가하는 경우: 배풍량 60m <sup>3</sup> /min 이상																																
	▶ 안전검사 대상물질 49종 이외의 허가대상, 관리대상물질 사용 또는 분진작업장소에 국소배기장치(이동식제외), 밀폐설비 및 전체환기장치를 설치·이전하거나 설비의 추가, 변경으로 인하여 후드 제어풍속 감소 또는 배풍량이 증가하는 경우: 배풍량 150m <sup>3</sup> /min 이상																																

#### ☞(전기계약용량 판단법)

- (1) 전기사용계약서(6kW 이상), 전기사용계약변경신청서, 사용설비내역서 등을 통해 전기계약용량 300kW 사용여부를 확인
- (2) 각 설비별 판단법을 활용하여 대상여부 확인

이 자료는 안전보건공단의 허락 없이 타 기관에서 부분 또는 전부를 복사, 복제, 전제하는 것은 저작권법에 저촉됩니다.

## 화재 · 폭발 · 누출 사고예방 가이드북

---

**발행일** 2018년 6월 1판 발행  
**발행인** 박 두 용  
**발행처** 한국산업안전보건공단 전문기술실 화학사고예방부  
**주 소** 울산광역시 중구 종가로 400  
**전 화** 052) 7030-599  
**디자인 및 인쇄** (주)한아름피앤디