

중·소규모 사업장

화재 폭발 사고예방

HANDBOOK



CONTENTS

1

화학사고의 정의

2

화재·폭발 및 누출 위험 개요

3

화재·폭발 및 누출사고 예방을 위한
주요 확인사항

4

화재·폭발·누출 등 사고사례 및 예방대책
(중대산업사고 포함)

화학사고의 정의

화학사고는 「화학재난 합동방재센터의 설치 및 운영에 관한 규정」 제2조(정의)에서 다음과 같이 정의하고 있습니다.

2. “화학사고”란 화학물질이 시설의 교체 등 작업 시 작업자의 과실, 시설결함·노후화, 자연재해, 운송사고 등으로 인하여 유출·누출되거나 화재·폭발하는 등 사람이나 환경에 영향을 주는 일체의 상황을 말한다.

또한, 화학물질 관련 국내 주요 법령은 아래와 같이 구분할 수 있습니다.



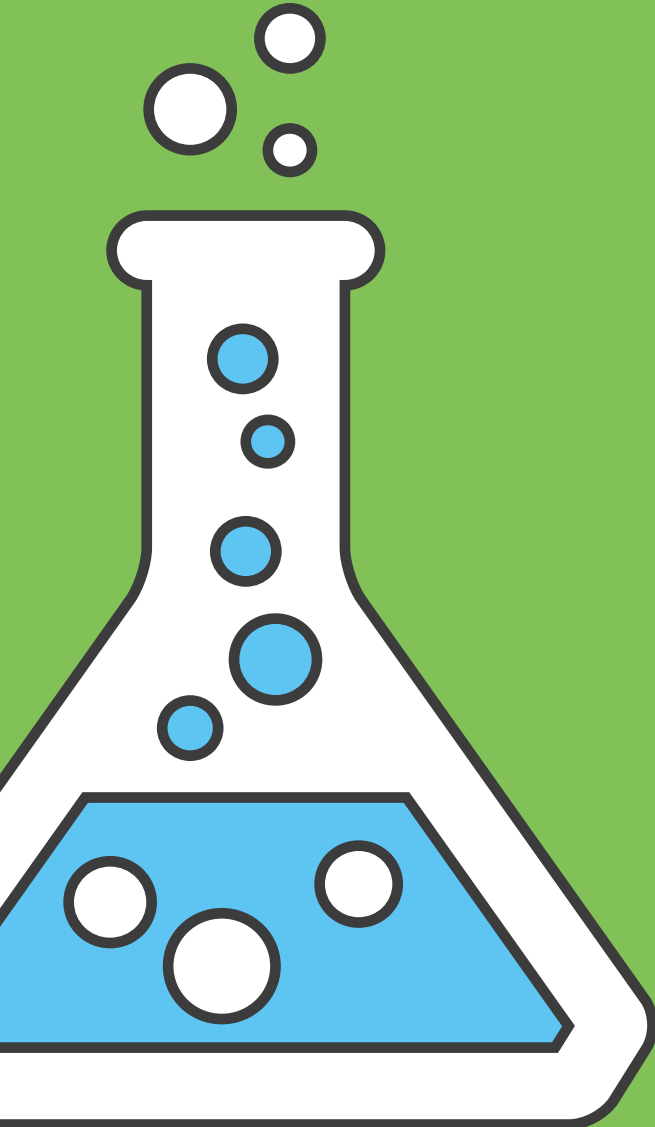
국내 화학물질 관련 주요 법령

관리대상	소관부처	관련법령	관리목적
유해·위험 물질	고용노동부	산업안전보건법	산업재해 예방 및 근로자의 안전보건의 유지·증진
유해 화학물질	환경부	화학물질관리법 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률 잔류성유기 오염물질관리법	화학물질로 인한 사람의 건강 및 환경보호
위험물, 화약류	산업통상자원부	고압가스안전관리법	위험물, 화약류 등으로 인한 위험과 재해 방지
	행정안전부	총포, 도검, 화약류 등의 안전 관리에 관한 법률 (총포화약법) 위험물안전관리법 (소방청)	위험물, 화약류 등으로 인한 위험과 재해 방지

PART

1

화학사고의 정의



PART

2

화재·폭발 및 누출 위험 개요

화재·폭발 현상의 이해
물질의 유해·위험 특성 개요



화재·폭발 현상의 이해

화재·폭발 발생 매커니즘 및 관리대책

가연물이 혼합된 공기가 점화원과 접촉하는 순간 화재·폭발 발생



위험물

- 휘발유 등 유류
- LPG, 도시가스
- 신너 등 유기용제
- 세척용제
- 수소, 아세틸렌
- 알코올 류



산소O2



점화원

- 불꽃(화염)
- 정전기
- 전기 스파크
- 충격 및 마찰
- 뜨거운 표면

1. 가연물 관리

작업시작 전 가연물의 제거·폐지·차단 확인
 제거 작업 전 가연물의 물질 특성 파악 후 시작
 작업장 주변 가연물의 제거, 용기나 배관 내용물 배출표식 등 안전조치 사항 확인
 용접불꽃 비산방지를 위한 각종 개구부 차단 여부 확인

가스 누출 여부 측정
 독성, 가연성 가스 퍼지 후 가스잔류 여부 확인
 용단 전 냉각 후 테스트 홀을 통하여 가스감지 비중, 환기상태, 누출원 등을 고려하여 실시

내용물 제거 시 안전대책
 제거 작업 전 가연물의 물질 특성 파악 후 시작
 작업장 주변 가연물의 제거, 용기나 배관 내용물 배출표식 등 안전조치 사항 확인
 용접불꽃 비산방지를 위한 각종 개구부 차단 여부 확인

2. 점화원 관리

가연성 물질, 인화성 물질 근처 화기 작업 금지
 스티로폼 등 가연물 주변, 인화성 물질 취급설비(용기, 배관 등) 근처 및 인화성 물질 취급 밀폐공간에서 화기작업 (용접·용단 등) 금지

집중 관리 철저
 산소와 점화원은 제거가 불가능하므로 가연물에 대한 집중관리 (격리, 제거, 방호)가 중요

안전점검 및 화기작업 허가 철저
 작업 전 안전점검 및 화기작업허가 철저
 작업허가서에 명시된 안전보건조치사항 확인
 작업내용 변동에 따른 추가위험 대응 조치

화기작업 중 확인사항

주변 작업조건의 변동 및 위험물질 유입 여부 / 작업 중 지속적인 인화성 가스 측정
 작업 관계자 외 인원의 출입통제 / 불꽃으로 인한 주변의 화재 가능성 방지 조치

환기 실시



접지 실시



배관 본딩 접지



제전복 착용



접지클램프 활용



불꽃비산 방지조치



물질의 유해·위험 특성 개요



· 유해성 · 위험성 분류

- 화학물질이 가지는 유해성 · 위험성을 한 눈에 파악할 수 있으며 GHS에서는 화학물질을 아래와 같은 유해성 · 위험성으로 분류하고 있습니다.
- 일반적으로 “OO 유해성 구분 OO(숫자)”로 표시되는데 보통 구분의 숫자가 작을수록 더 큰 유해성 · 위험성을 의미합니다.

물리적 위험성

- 01 폭발성 물질
- 02 자기반응성 물질
- 03 유기과산화물
- 04 산화성 가스
- 05 산화성 액체
- 06 산화성 고체
- 07 인화성 가스
- 08 인화성 에어로졸
- 09 인화성 액체
- 10 인화성 고체
- 11 자연발화성 액체
- 12 자연발화성 고체
- 13 물반응성 물질
- 14 고압가스
- 15 자기발열성 물질
- 16 금속부식성 물질

건강 및 환경 유해성

- 17 급성 독성 (경구, 경피, 흡입)
- 18 피부 부식성 또는 자극성
- 19 심한 눈 손상 또는 자극성
- 20 호흡기 과민성
- 21 피부 과민성
- 22 발암성
- 23 생식세포 변이원성
- 24 생식독성
- 25 특정표적장기 독성-1회 노출
- 26 특정표적장기 독성-반복노출
- 27 흡인 유해성
- 28 환경 유해성

이 폭발

폭발성 물질



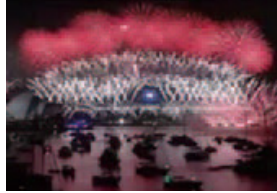
- TNT, 다이너마이트 같은 폭발물에서 탄약, 불꽃놀이와 같은 제품도 포함됩니다.
- 위험하므로 자격이 없는 사람은 취급하지 않는 것이 바람직합니다.



폭발성 물질



폭발물



불꽃놀이

자기반응성 물질, 유기과산화물



- 열(온도)과 마찰 등에 민감하여 폭발적으로 반응할 수 있으니 주의해야 합니다.
- 반응성이 커 다른 물질과 격렬하게 반응할 수 있습니다. 그러므로 다른 물질을 담았던 용기에 담으면 안 됩니다.

유기과산화물 예시



메틸에틸케톤
과산화물



디큐밀
과산화물



벤조일
과산화물



아세톤
과산화물

02 화재(가연성)

인화성 가스, 액체, 고체, 에어로졸



- 점화원(열, 불, 스파크 등)이 있으면 화재가 날 수 있습니다.
- 인화성 가스나 액체에서 발생한 증기가 밀폐된 공간(예. 도장 부스)에 체적되면 폭발적으로 화재가 발생하여 위험할 수 있으니, 용기나 설비를 접지하거나 방폭 설비를 설치하여 점화 가능성을 없애는 것이 바람직합니다.
- 해당 위험성이 있는 화학물질의 취급, 저장 장소 가까이에서는 담배를피워서는 안 됩니다.

인화성 가스 예시

프로판 / 아세틸렌 / LPG / 부탄 등

인화성 액체 예시

에탄올 / 알코올 / 매니큐어 / 아세톤 / 페인트 / 등유 / 휘발유 등

인화성 고체 예시



황



마그네슘 분말



나프탈렌



성냥

자연발화성 액체, 고체



- 점화원이 없이도 공기와 접촉하여 자연적으로 발화할 수 있습니다.
- MSDS 제9항에 낮은 자연발화점이 기재되어 있습니다. 저장 시 자연 발화점을 유념하여 저장하지 않으면 아무도 모르는 사이에 불이 날 수 있습니다.
- 공기에 접촉하지 않기 위해 내용물을 적절한 액체 또는 불활성 가스로 충전하여 보관하거나 밀봉하여 보관(부틸 리튬)하는 경우도 있을 수 있습니다.
- 불순물이 섞이는 경우 자연적으로 발화할 수 있으므로 주의해야 합니다.

자기발열성 물질



- 공기 중에서 열을 축적하여 스스로 열을 발생하는 물질입니다.
- 열축적은 세제급에 비례하고, 열방출은 제급에 비례하므로 부피가 커지면 열축적이 가속화되어 발열할 수 있으므로 저온을 유지하고 저장 시 적하물 사이에 간격을 유지하여 합니다.

물반응성 물질



- 물과 접촉하여 자연적으로 발화되거나 인화성 가스를 발생하는 물질입니다.
- 물과 접촉하지 않도록 불활성 기체 하에서 취급 · 저장하거나 습기를 주의하여 건조한 상태를 유지하여야 합니다.
- 화재 시 소화제로 물을 쓰는 것은 위험할 수 있습니다.

산화성 가스, 액체, 고체



- 연소를 촉진하므로 불이 났을 때 화재를 더욱 격렬하게 할 수 있습니다. 그러므로 가연성 물질과 따로 보관하여 합니다.
- 산화성물질은 부식성을 보일 수 있으므로 취급 시 보호구를 착용하여야합니다.

03 기타 물리적 위험성

고압가스



- 가압(실린더, Bombe 등의 용기)되어 충전되어 있는 가스입니다.
- 열에 노출되면 용기가 폭발하여 날아가 위험할 수 있습니다.
- 냉동액화가스(예. 액화질소) 같은 경우 내용물이 극저온이므로 주의해야 합니다.

금속부식성 물질



- 금속을 부식시켜 손상을 주는 물질입니다.
- 본래의 용기 외에 다른 용기에 담게되면 부식시켜 누출 등의 위험이 있습니다.

04 건강 유해성

급성 독성



- 짧은 시간에 입(경구), 피부(경피), 호흡기(흡입)를 통하여 노출되어 죽음에 이르게 할 수 있는 물질입니다. 해골 그림문자가 표시된 화학물질을 취급하는 경우 특히 주의하여야 합니다.
- 11항. 독성에 관한 정보에 보통 LD50(경구, 경피), LC50(흡입)의 표현과 함께 수치로 제시되어 있으며, 값이 작을수록 유해함을 뜻합니다.
- 이러한 표시가 있는 물질 중에는 전쟁 중에 사람을 죽이기 위한 용도로 쓰인 물질도 있습니다.
- 취급 후 취급 부위를 철저히 씻어야 하며, 눈, 피부, 의복에 묻지 않도록 해야 합니다.
- 일반적으로 화학물질을 먹는 경우는 없지만, 해당 물질을 취급하며 음식을 먹거나 흡연하는 행동은 손에 묻은 화학물질이 입에 들어가게할 수 있으므로 절대 금해야 합니다.
- 취급 시 보호구를 착용해서 노출되지 않도록 해야 합니다.

급성독성 물질 노출에 의한 사망

- 급성 독성(경피) 물질인 TMAH로 세척작업을 하며 피부에 노출된 지 불과 10여 분만에 사망한 사례가 있습니다. 근로자가 MSDS나 경고표지를 통하여 해골 그림문자를 확인하여 보호구를 착용하였다면 사고를 막을 수도있었던 안타까운 사례입니다

피부 부식성 또는 자극성/심한 눈 손상 또는 자극성



- 부식성은 눈과 피부에 비가역적인 변화(괴사, 조직 손상)를 주는 물질입니다.
- 자극성은 회복 가능(가역적)한 손상을 말합니다.
- 눈 부식에 관한 별도의 자료가 없는 경우, 피부 자극성은 심한 눈 손상을 가진다고 볼 수 있습니다.

호흡기 과민성/피부 과민성



- 과민성은 감작성, 알레르기 반응이라고도 하며, 과민성 물질에 노출되면 호흡기와 피부의 면역체계에 영향을 주어 과민하게 반응(알레르기)하게 될 수 있습니다.
- 일단 한 번 과민반응이 일어나면 낮은 농도에 노출되어도 반응이 일어나게 됩니다.
- 호흡기 과민반응으로 천식이 있으며, 피부가 과민반응을 일으키면 두드러기, 발적, 반점, 부종이 나타나게 됩니다.

발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성



- 많은 경우에 CMR*로 세가지 유해성이 함께 언급되기도 합니다.
- 발암성은 암을 유발하는 것이며, 생식세포 변이원성은 자손에게 유전될 수 있는 사람의 생식 세포에 영향을 주는 것, 생식독성은 정자와 난자에의 영향 등 생식기능에의 영향 및 태아 기형 등 태아의 발생·발육에 유해한 영향을 주는 것을 말합니다.

GHS 기준에 의한 CMR물질 구분

발암성(Carcinogenicity) 물질

암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질

1A : 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질

1B : 시험동물에서 발암성 증거가 충분히 있거나, 시험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질

2 : 사람이나 동물에서 제한된 증거가 있지만, 구분1로 분류하기에는 증거가 충분하지 않은 물질

생식세포 변이원성(Mutagenicity) 물질

자손에게 유전될 수 있는 사람의 생식세포에 돌연변이를 일으킬 수 있는 물질

1A : 사람에게서의 역학조사 연구결과 양성의 증거가 있는 물질

1B : 다음 어느 하나에 해당하는 물질

- ① 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 유전성 생식세포 변이원성 시험에서 양성
- ② 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성이고, 생식세포에 돌연변이를 일으킬 수 있다는 증거가 있음
- ③ 노출된 사람의 정자 세포에서 이수체 발생빈도의 증가와 같이 사람의 생식세포 변이원성 시험에서 양성

2 : 다음 어느 하나에 해당되어 생식세포에 유전성 돌연변이를 일으킬 가능성이 있는 물질

- ① 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성
- ② 기타 시험동물을 이용한 생체내(in vivo) 체세포 유전독성 시험에서 양성이고, 시험관내(in vitro) 변이원성 시험에서 추가로 입증된 경우

생식독성(Reproductive toxicity) 물질

생식기능, 생식능력 또는 태아의 발생·발육에 유해한 영향을 주는 물질

1A : 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 판단할 정도의 사람에서의 증거가 있는 물질

1B : 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 추정할 정도의 동물 시험 증거가 있는 물질

2 : 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 의심할 정도의 사람 또는 동물시험 증거가 있는 물질

수유독성 : 다음 어느 하나에 해당하는 물질

- ① 흡수, 대사, 분포 및 배설에 대한 연구에서, 해당 물질이 잠재적으로 유독한 수준으로 모유에 존재할 가능성을 보임
- ② 동물에 대한 1 세대 또는 2 세대 연구결과에서, 모유를 통해 전이되어 자손에게 유해영향을 주거나, 모유의 질에 유해영향을 준다는 명확한 증거가 있음
- ③ 수유기간 동안 아기에게 유해성을 유발한다는 사람에 대한 증거가 있음

주요 기관의 발암성 구분

IARC

- Group 1 인체 발암성 물질 (인체 발암성에 충분한 근거자료가 있는 경우)
- Group 2A 인체 발암 추정 물질 (인체자료는 제한적이지만 실험동물자료가 충분)
- Group 2B 인체 발암 가능 물질 (인체자료가 제한적이고 실험동물자료도 충분하지 않은 경우)
- Group 3 인체 발암성 비분류 물질 (인체 발암성에 대해서는 증거가 부적당하고 동물실험에서는 부적당하거나 제한된 증거)
- Group 4 인체 비발암성 추정 물질 (인간과 동물에서 발암성이 없다는 증거)

ACGIH

- A1 인체에 대한 발암성 확인물질
- A2 인체에 대한 발암성 의심물질
- A3 동물에서는 발암성이 있으나 인체에서는 발암성이 확인되지 않은 물질
- A4 인체 발암성 미분류 물질

NTP

- A5 인체 비발암 물질
- K Known To Be Human Carcinogen
- R Reasonably Anticipated To Be Human Carcinogen

2-bromopropane과 생식독성

- 전자부품공장의 여성근로자들이 2-브로모프로판(2-bromopropane)에 중독돼 생리불순, 난소부전증과 같은 집단적인 생식독성 증상을 보였으며, 남성근로자의 경우도 이로 인한 무정자증 등이 나타난 사례가 있습니다.

특징표적장기 독성(1회 및 반복 노출)



- 1회 또는 반복 노출에 따라 화학물질이 간, 신장, 신경계 등 특정 장기에 유해한 영향을 줄 수 있습니다.
- 노말렉산으로 전자제품을 세척하던 외국인 근로자들이 신경계에 영향을 받아 보행장애(앉은뱅이병) 및 상지의 무력감과 감각장애가 발생한 사례가 있습니다.

흡인 유해성



- 액체나 고체 물질이 코와 입을 통하여 직접적으로 또는 구토와 같이 간접적으로 기도를 통해 호흡기계로 들어가 화학적폐렴, 폐손상을 줄 수 있습니다.

05 환경 유해성

수생 환경 유해성



- 급성 또는 만성적으로 어류, 갑각류(새우 등), 조류(수생 식물) 등에 유해한 영향을 주는 것을 말하며, 먹이 사슬에 따라 간접적으로 사람에게 영향을 줄 수 있습니다.
- 보통 LC₅₀, EC₅₀, ErC₅₀의 표현과 함께 수치로 제시되어 있으며, 값이 작을수록 수생생물에 유해함을 뜻합니다.

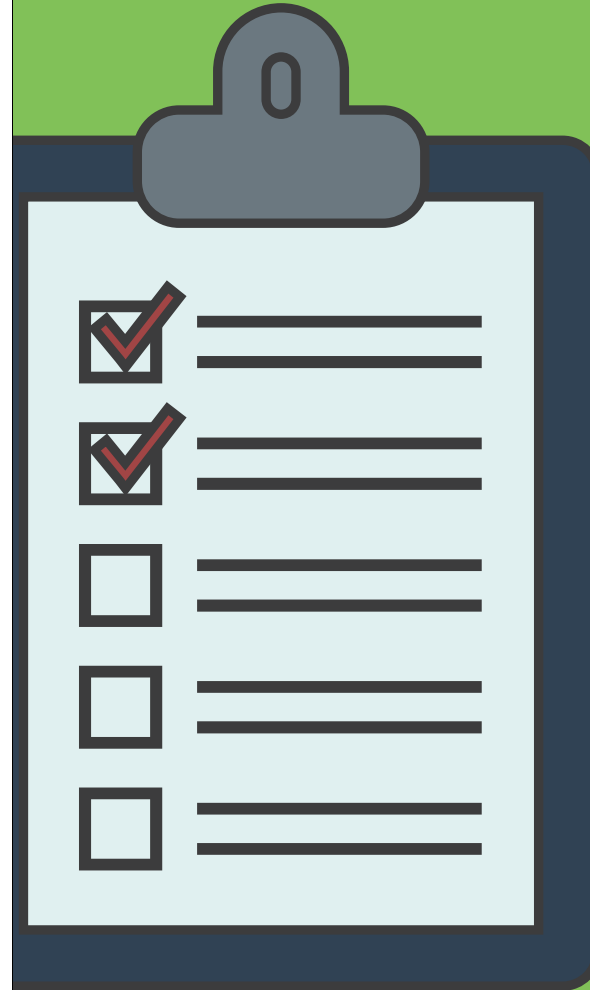
오존층 유해성



- 오존을 파괴하며 오존층을 고갈시키는 성질을 말합니다.
- '오존파괴 잠재성'으로 상대적인 특성을 비교합니다.
* 트리클로로플루오르 메탄(CFC-11)과 동등 방출량의 비

화재·폭발 및 누출사고 예방을 위한 주요 확인사항

유해·위험물질 관리방법
유해·위험 예방조치



유해·위험물질 관리방법

사업장에서 화학물질을 취급한다면 먼저 다음의 사항을 확인해야 합니다

01 사업장에서 취급하고 있는 화학물질의 목록을 정리합니다.



02 목록에 있는 화학물질별로 MSDS를 비치 혹은 게시하고 있는지 확인합니다.



03 목록에 있는 화학물질별 용기 및 포장에 경고표지가 부착되어 있는지 확인합니다.



04 화학물질을 취급하는 작업공정별로 관리 요령을 게시합니다.



05 화학물질을 취급하는 근로자들을 대상으로 교육을 실시합니다.



01 MSDS의 구성과 활용방법

① MSDS의 구성

• 물질안전보건자료에는 아래의 순서대로 16개 항목 및 72개 세부항목으로 구성되어 있으며, 상황에 따라 해당 항목의 필요한 정보를 이용할 수 있습니다.

16개 항목

- | | |
|-------------------|--------------|
| ① 화학제품과 회사에 관한 정보 | ⑨ 물리화학적 특성 |
| ② 유해성·위험성 | ⑩ 안전성 및 반응성 |
| ③ 구성성분의 명칭 및 함유량 | ⑪ 독성에 관한 정보 |
| ④ 응급조치 요령 | ⑫ 환경에 미치는 영향 |
| ⑤ 폭발·화재 시 대처방법 | ⑬ 폐기시 주의사항 |
| ⑥ 누출 사고 시 대처방법 | ⑭ 운송에 필요한 정보 |
| ⑦ 취급 및 저장방법 | ⑮ 법적 규제현황 |
| ⑧ 노출방지 및 개인보호구 | ⑯ 그 밖의 참고사항 |

02 MSDS의 세부항목별 이해

① 화학제품과 회사에 관한 정보

- ① 제품명(경고표시 상에 사용되는 것과 동일한 명칭 또는 분류코드를 기재한다) :
 - ② 제품의 권고 용도와 사용상의 제한 :
 - ③ 공급자 정보(제조사, 수입자, 유통업자 관계없이 해당 제품의 공급 및 물질안전보건자료 작성을 책임지는 회사의 정보를 기재하되, 수입품의 경우 문의사항 발생 또는 긴급 시 연락 가능한 국내공급자 정보를 기재)
- 회사명 : • 주소 : • 긴급전화번호 :

- **제품명** - MSDS, 경고표지, 용기나 포장의 제품명이 모두 동일해야 합니다. 이를 확인하여 제품에 대한 올바른 MSDS 보고 있는지 알 수 있습니다.
- **제품의 권고 용도와 사용상의 제한** - 제조자가 제시한 용도대로 화학물질을 사용해야 합니다. 그렇지 않으면 심각한 결과를 가져올 수 있습니다.

가습기 살균제 사건

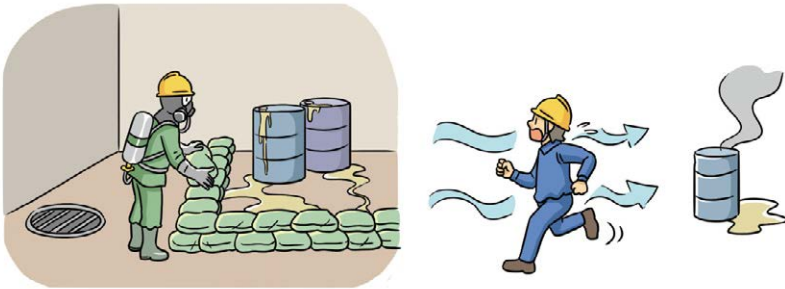
당초 카펫 등을 닦는 용도로 출시된 제품을 본래 허가된 용도와 다르게 가습기 살균제로 사용(분사)하면서 산모, 영유아 등 약 120여 명이 사망한 사건입니다. 이처럼, 화학물질의 용도 외 사용은 심각한 결과를 가져올 수 있으니, 사용자는 MSDS 등을 통해 제조자가 제시한 용도대로 화학물질을 사용하는 것이 바람직합니다.

- **공급자 정보** - 화학물질의 사용자는 공급자에게 문의하여 응급조치 요령 등 화학물질에 대한 추가적인 정보를 얻을 수 있습니다.

⑥ 누출 사고 시 대처방법

- 인체를 보호하기 위해 필요한 조치사항 및 보호구 :
- 환경을 보호하기 위해 필요한 조치사항 :
- 정화 또는 제거방법 :

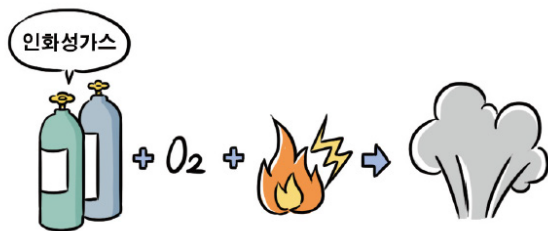
- 누출 사고 시에는 화학물질의 정화 및 제거도 중요하지만 누출로 인한 2차 사고도 예방해야 합니다. 누출 시에는 일반적인 사용환경보다 고동도로 노출될 수 있으므로 주의해야 합니다. “제8항. 개인보호구”를 참조할 수 있습니다.
- 정화 또는 제거 시에는 화학물질에 적합한 정화제를 사용하여야 합니다.



⑦ 취급 및 저장방법

- 안전취급요령 :
- 안전한 저장 방법(피해야 할 조건을 포함함) :

- 어떤 물질을 안전하게 취급 및 보관하고 제품의 질을 유지하기 위하여 특별한 조건이 요구될 수 있습니다.
- 화학물질의 물리적 위험성과 긴밀히 연관되었습니다. 예) 폭발성, 자기반응성, 유기과산화물은 온도, 압력, 마찰 등에 민감하고 인화성 물질은 온도, 물반응성은 물질은 습도에 영향을 받을 수 있습니다. 자기발화성 물질은 충전제에 넣어 보관해야 하는 경우도 있으며, 자연발화성 물질이나 자기발열성 물질을 잘못 저장하는 경우 아무도 모르는 새 불이 날 수도 있습니다.
- 7항에 기재가 없더라도 “제10항. 안정성 및반응성”도 추가로 참고하는 것이 좋습니다.



⑧ 누출방지 및 개인보호구

- | | |
|------------------------------|------------|
| ① 화학물질의 노출기준, 생물학적 노출 기준 등 : | ③ 개인보호구 |
| ② 적절한 공학적 관리 : | • 호흡기 보호 : |
| | • 눈 보호 : |
| | • 손 보호 : |
| | • 신체 보호 : |

• 노출기준

• 노출기준이란 1일 8시간을 기준으로 노출기준 이하로 노출되는 경우 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 공기 중의 농도입니다. 감수성이 예민한 근로자는 노출기준 이하의 작업환경에서도 영향을 받을 수 있습니다.

• 작업환경측정을 실시하는 경우, 측정값(노출수준)과 노출기준을 비교하여 작업환경을 평가할 수 있습니다.

• 관련 용어

① 시간가중 평균 노출기준(TWA) : 1일 8시간 작업기준

② 단시간 노출기준(STE L) : 1회 15분간 노출기준

③ 최고 노출기준, 천장값(C) : 1일 작업시간동안 잠시라도 노출되어서는 안 되는 기준

※ 화학물질의 노출기준은 고용노동부고시 제2013-38호 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」에서 확인할 수 있습니다.

• 공학적 관리

• 국소배기장치는 발생원 근처에서 진공청소기와 같이 오염원을 빨아들이는 것으로 공학적 관리에서 환기를 시키는 것보다 우선 고려되어야 합니다.

• 개인보호구

• 다양한 형태의 보호구가 있으므로 화학물질에 맞는 보호구를 선택하여 사용하여야 합니다.

• 호흡용보호구는 화학물질의 특성과 노출농도를 고려하여 결정해야 합니다.

화학물질의 특성에 따라 필터의 종류와 정화통을 선택하고 노출농도에 따라 공기정화식, 공기공급식 등을 알맞게 선택해야 합니다.

• 부식성이나 피부를 통한 침투가 가능한 화학물질인 경우 전면형 호흡 보호구와 불침투성의 보호장갑, 보호의 등을 착용해야 할 것입니다.

금성독성 물질 노출에 의한 사망

금성 독성(경피) 물질인 TMAH로 세척작업을 하며 피부에 노출된 지 불과 10여 분만에 사망한 사례가 있습니다. 근로자가 전면형 호흡 보호구와 불침투성의 보호장갑, 보호의 등의 보호구를 착용하였다면 사고를 막을 수도 있었던 안타까운 사례입니다.

⑨ 물리화학적 특성

• 외관(물리적 상태, 색 등) :	• 증기압 :
• 냄새 :	• 용해도 :
• 냄새역치 :	• 증기밀도 :
• pH :	• 비중 :
• 녹는점, 어는점 :	• n-옥탄올/물 분배계수 :
• 초기 끓는점과 끓는점의 범위 :	• 자연발화 온도 :
• 인화점 :	• 분해온도 :
• 증발속도 :	• 점도 :
• 인화성(고체, 기체) :	• 분자량 :
• 인화 또는 폭발 범위의 상한/하한 :	

• 냄새, 냄새역치

화학물질의 냄새로 물질이 있다는 것과 농도를 대략적으로 알 수 있습니다.

• pH

물질의 산성/알칼리성을 나타내는 지표입니다. 14까지의 값을 가지는 pH는 7이 중성이며 높거나(14에 가까운 값) 낮은(0에 가까운 값) pH는 부식성이 있으니 주의하여야 합니다.

• 녹는점/어는점

녹는점(어는점)은 고체(액체)에서 액체(고체)로 변하는 온도(물의 녹는점/어는점은 0°C)로 화학물질의 물리적 상태가 변할 수 있으므로 저장 및 취급 시 참고하여야 합니다. 녹는점/어는점이 상온보다 높으면 고체로, 낮으면 액체로 존재합니다.

• 끓는점

액체가 기체로 변화하기 시작하는 온도로 저장 및 취급 시 참고하여야 합니다. 끓는점이 상온보다 높으면 액체로, 낮으면 기체로 존재하게 됩니다.

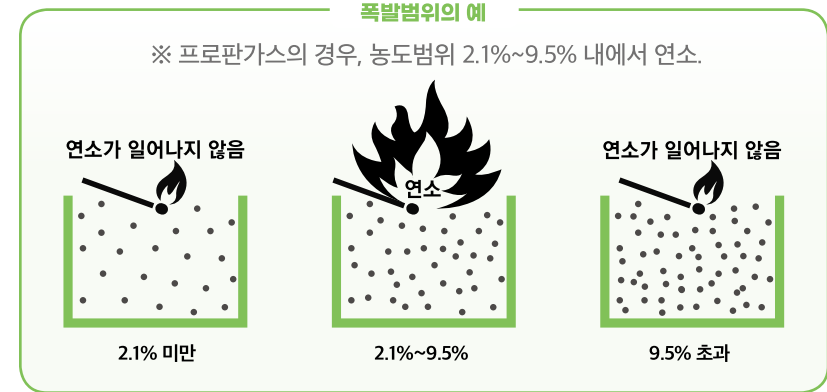
• 인화점

점화원에 의해 불이 붙을 만큼의 가연성 증기가 발생하는 최저 온도로 인화점이 낮을수록 화재위험이 큼니다. 인화성 액체는 저장 시 되도록 인화점 이하로 하여야 화재의 위험을 줄일 수 있습니다.



• 인화 또는 폭발 범위의 상한/하한

해당물질의 기체나 증기가 이 범위 내의 농도로 공기와 혼합하면 점화할 수 있습니다. 하한값이 낮을수록, 상한값과 하한값의 차이가 클수록 화재위험이 높게 됩니다.



• 증기압

액체나 고체가 증기를 발산할 수 있는 능력입니다. 온도가 높을수록 증기압이 커지며, 높은 숫자일수록 많은 증기를 발생시킬 수 있음을 뜻합니다.

• 용해도

물과 같은 용매에 녹는 정도가 수치로 표현되어 있습니다. 수용성/불용성 등에 따라 법적규제가 달라지는 경우도 있습니다.

• 증기밀도

공기(=1)에 상대적인 기체나 증기의 밀도로 1 보다 작으면 확산되어 흐트러지기 쉬우나, 1 보다 크면 가라앉아 퇴적될 수 있으므로 주의해야 합니다.

• 비중

물(=1)에 상대적인 고체나 액체의 밀도로 1 보다 작으면 물위로 뜨고, 1 보다 크면 가라앉게 됩니다.

• n-옥탄올/물 분배계수

물질이 n-옥탄올(지방을 상징)과 물 중 어느쪽에 친한가를 나타내는 수치입니다. 0 보다 크고 값이 클수록 지방에 잘 녹고, 반대로 0 보다 작고 값이 작을수록 물에 잘 녹는 것을 뜻합니다. n-옥탄올/물 분배계수를 보고 물질이 체내(지방)에 잔류할 것인가, 환경(물)으로 배출될 것인가를 예측할 수 있습니다. 0 보다 크고 값이 클수록 지방에 잘 녹는 것이므로 인체에도 잔류하기 쉽게 됩니다.

• 자연발화 온도

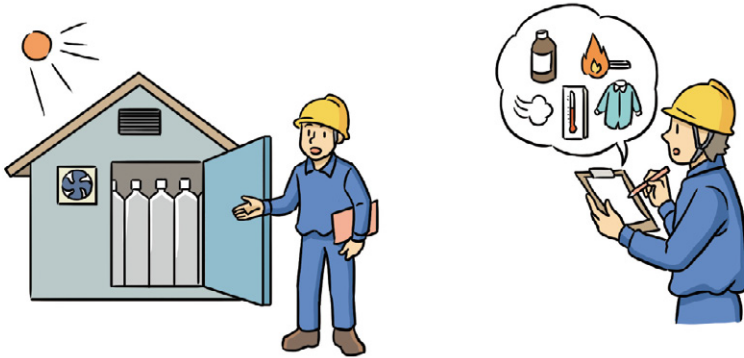
물질이 점화원 없이도 불이 붙을 수 있는 최저온도입니다. 값이 작을수록 자연적인 화재의 위험이 큼니다.

⑩ 안정성 및 반응성

- 화학적 안정성 및 유해 반응의 가능성 :
- 피해야 할 조건(정전기 방전, 충격, 진동 등) :
- 피해야 할 물질 :
- 분해 시 생성되는 유해물질 :

• 저장 및 취급 시 추가적으로 참고하여야 합니다.

• 일반적인 취급 및 저장 환경이 아닌 다른 환경에서 화학물질을 사용하는 경우 주의 깊게 봐야할 정보입니다. 열, 공기, 물, 햇빛, 다른 물질 등에 의한 영향을 참고할 수 있습니다. 예를 들어, 화학물질 옆에서 잠깐 동안 용접을 하는 경우에 각별히 신경써서 봐야할 정보입니다.



⑪ 독성에 관한 정보

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| ① 가능성이 높은 노출 경로에 관한 정보 : | • 발암성 : |
| ② 건강 유해성 정보 | • 생식세포 변이원성 |
| • 급성독성 : | • 생식독성 : |
| • 피부 부식성 또는 자극성 : | • 특정 표적장기 독성 (1회 노출) : |
| • 심한 눈 손상성 또는 자극성 : | • 특정 표적장기 독성 (반복 노출) : |
| • 호흡기 과민성 : | • 흡인 유해성 : |
| • 피부 과민성 : | |



⑫ 환경에 미치는 영향

- 생태 독성 :
- 잔류성 및 분해성 :
- 생물 농축성 :
- 토양 이동성 :
- 기타 유해 영향 :



⑬ 폐기 시 주의사항

- 폐기 방법 :
- 폐기 시 주의사항(오염된 용기 및 포장의 폐기 방법을 포함함) :

• 폐기 시에는 환경부 또는 각 지자체의 환경관련 법률과 규정에 따라 화학물질을 폐기하여야 합니다.



⑭ 운송에 필요한 정보

- 유엔 번호 :
- 유엔 적정 선적명 :
- 용기등급(해당하는 경우) :
- 운송에서의 위험성 등급 :
- 해양오염물질(해당 또는 비해당으로 표기) :
- 사용자가 운송 또는 운송 수단에 관련해 알 필요가 있거나 필요한 특별한 안전대책 :

• 오랫동안 UN의 전문가들에 의해 위험물이 분류되어 축적된 정보가 운송하는데 이용되어 왔습니다. 운송방식(해상, 육상, 항공, 내수로, 철도 등)에 따라 세부적인 차이는 있으나, 같은 위험물에는 동일하게 4자리 수의 UN 번호가 부여되어 있습니다. 각 UN 번호에는 위험성 등급과 함께 일반적으로 용기등급이 함께 있습니다. 쉽게 말하면 위험성 등급은 위험성 종류, 용기등급(I, II, III이 있으며 작을수록 위험)은 해당 위험성의 정도로 생각할 수 있습니다. 주요 위험성 등급은 아래와 같습니다.

UN의 위험성 등급

- Class 1 : 폭발물
- Class 2.1/2.3 : 인화성 가스/독성 가스
- Class 3 : 인화성 액체
- Class 4.1/4.2/4.3 : 인화성 고체, 자기반응성 물질/자연발화성 물질, 자기발열성 물질/물반응성 물질
- Class 5.1/5.2 : 산화성 물질/유기과산화물
- Class 6.1 : 급성 독성 물질
- Class 8 : 부식성 물질

⑮ 법적 규제 현황

- 산업안전보건법에 의한 규제 :
- 화학물질관리법에 의한 규제 :
- 위험물안전관리법에 의한 규제 :
- 폐기물관리법에 의한 규제 :
- 기타 국내 및 외국법에 의한 규제 :

유해한 화학물질을 각 법에서 규제하고 있습니다. 취급하는 화학물질의 규제내용을 알고 법에서 요구하는 사항들을 준수해야 합니다.

• 산업안전보건법

아래는 산업안전보건법의 주요 화학물질 규제입니다.

- ① 금지물질 : 제조 · 수입 · 양도 · 제공 또는 사용이 금지되는 유해물질(산업안전보건법 제117조 및 시행령 제87조)
- ② 허가 대상 유해물질 : 제조 또는 사용 허가를 받아야 하는 물질(산업안전보건법 제118조 및 시행령 제88조)

- ③ 관리대상 유해물질 : 법에서 정하는 관리가 필요한 물질로 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 12 에서 정한 물질 (산업안전보건기준에 관한 규칙 제420조부터 제451조까지)
- ④ 허용기준 이하 유지 대상 유해인자 : 정해진 노출기준 이하로 관리해야 하는 물질 (산업안전보건법 제118조 및 시행령 제88조)
- ⑤ 작업환경측정 대상 유해인자 : 사업장의 작업환경측정을 실시해야 하는 물질 (산업안전보건법 제125조 및 시행규칙 별표 21)
- ⑥ 특수건강진단 대상 유해인자 : 취급근로자의 특수검진을 실시해야 하는 물질 (산업안전보건법 시행규칙 제130조 및 시행규칙 별표 23)
- ⑦ 공정한정보고서(PSM) 제출 대상 유해 · 위험물질 (산업안전보건법 제44조, 시행령 제43조 및 시행령 별표 13)
- ⑧ 위험물질(산업안전보건기준에 관한 규칙 제43조 및 별표 9)
- ⑨ 노출기준 설정 유해인자 (고용노동부고시 『화학물질 및 물리적 인자의 노출기준』)

• 화학물질관리법*

* 종전의 유해화학물질관리법에서 화학물질관리법으로 개정

- ① 금지물질 : 모든 용도로의 제조, 수입, 판매, 보관 · 저장, 운반 또는 사용을 금지 (화학물질관리법 제18 조 등)
- ② 허가물질 : 환경부장관의 허가를 받아 제조, 수입, 사용(화학물질관리법 제19 조 등)
- ③ 제한물질 : 특정 용도로 사용되는 경우 위해성이 크다고 인정되는 화학물질로서 그 용도로의 제조, 수입, 판매, 보관 · 저장, 운반 또는 사용을 금지 (화학물질관리법 제20 조 등)
- ④ 유독물질 : 유해성이 있는 화학물질로서 대통령령으로 정하는 기준에 따라 환경부장관이 정하여 고시한 것(화학물질관리법 제20 조 등)
- ⑤ 사고대비물질 : 급성독성 · 폭발성 등이 강하여 화학사고의 발생 가능성이 높거나 화학사고가 발생한 경우에 그 피해 규모가 클 것으로 우려되는 화학물질 (화학물질관리법 제39 조 등)

※ 고시된 각 물질 목록은 환경부 홈페이지에서 찾아볼 수 있습니다.

• 위험물안전관리법 : 위험물안전관리법 시행령 별표 1의 물질



유해·위험 예방조치

1) 화학설비·압력용기 등

기본적으로 체크하여야 할 조항

산업안전보건기준에 관한 규칙

제255조	화학설비를 설치하는 건축물의 구조	제261조	안전밸브 등의 설치
제256조	부식 방지	제262조	파열판의 설치
제257조	덮개 등의 접합부	제263조	파열판 및 안전밸브의 직렬설치
제258조	밸브 등의 개폐 방향의 표시 등	제264조	안전밸브 등의 작동요건
제259조	밸브 등의 재질	제265조	안전밸브 등의 배출용량
제260조	공급 원재료의 종류 등의 표시	제266조	차단밸브의 설치 금지

※ 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

일터에서 적용하여야 할 유해·위험 예방 조치

화학설비를 설치하는 건축물의 구조

- 화학 설비 및 그 부속설비를 건축물 내부에 설치하는 경우, 바닥, 벽, 기둥, 계단, 지붕 등에 불연성 재료 사용



부식방지

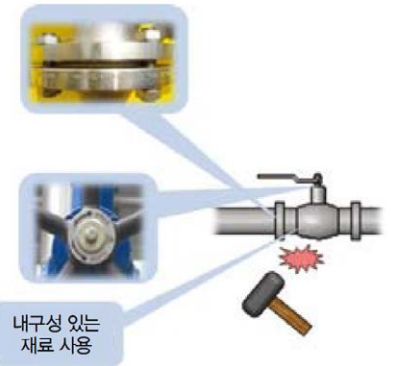
- 화학설비 또는 그 배관(화학설비 또는 그 배관의 밸브나 콕은 제외) 중 위험물 또는 인화점이 섭씨 60도 이상인 물질(이하 "위험물질 등")이 접촉하는 부분에 대해서
 - 부식되어 폭발·화재, 누출 방지를 위하여 위험물질 등의 종류·온도·농도 등에 따라 부식이 잘 되지 않는 재료를 사용하거나 도장(塗裝) 등의 조치 실시

※ 부식이 잘되지 않는 재료는 티타늄, 유리, 자기, 고무, 합성수지 등의 내식성 재료로 라이닝한 것으로 연간 부식률이 0.025mm/y 이하를말하고, 도장 등이란 내식도료의 도포, 산화피막처리, 전기방식처리 등을 말하며, 내구연한을 적절히 정하여 기간 내에 그 부분을 교환하는 뜻으로 해석이 가능하다.

※ 추가 정보는 KOSHA GUIDE M-116-2012 "기기 및 배관의 부식관리 기술지침" 참조

덮개 등의 접합부

- 화학 설비 또는 그 배관의 덮개, 플랜지, 밸브, 콕의 접합부는 적절한 개스킷(Gasket)을 사용하고 접합면 밀착시키는 등의 조치 실시
- ※ 추가 정보는 KOSHA GUIDE D-9-2016 "플랜지 및 개스킷 등의 접합부에 관한 기술지침" 참조



밸브 등의 재질

- 개폐 빈도, 위험물질의 종류, 온도, 농도에 따라 내구성 있는 재료 사용

밸브 등의 개폐방향의 표시

- 화학 설비/배관의 밸브, 콕, 스위치, 누름 버튼 등에 대하여 오조작 방지를 위하여 열고 닫는 방향을 색채 등으로 표시하여 구분

| 물질의 종류와 그 식별색

물질의 종류	식별색
물	파랑
증기	어두운 빨강
공기	흰색
가스	연한 노랑
산 또는 알칼리	회보라
기름	어두운 주황
전기	연한 주황

※ 한국산업규격 KS A 0503(배관계의 식별 표시) 참조

| 유체명 및 흐름방향 표시(예)



각 배관에 물질명 표시(예)



밸브 개폐 방향 표시(예)

공급 원재료의 종류 등의 표시

- 근로자가 보기 쉬운 위치에 원재료의 종류, 원재료가 공급되는 설비명 등을 표시

안전밸브 등의 설치

- 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 다음의 어느 하나에 해당되는 설비에 폭발방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브 또는 파열판을 설치

	<p>압력용기 안지름이 150mm 이하인 압력용기는 제외, 관형 열교환기의 경우 관의 파열로 인하여 상승한 압력이 최고사용압력을 초과할 우려가 있는 경우만 해당</p>		<p>정변위 압축기</p>
	<p>정변위 펌프 토출측에 차단밸브가 설치된 것</p>		<p>배관 2개 이상의 밸브에 의하여 차단되어 대기 온도에서 액체의 열팽창에 의해 파열 우려가 있는 것으로 한정</p>
	<p>그 밖의 화학설비 및 부속설비로 해당설비의 최고사용압력을 초과할 우려가 있는 것</p>		



※ 화학설비의 안전밸브 종류는 안전밸브, 파열판, 통기밸브, 통기구, 담파이프, Emergency vent, 용전 등이 있다.

- 다단형 압축기 또는 직렬로 접속된 공기압축기에 대해서는 각 단 또는 각 공기압축기별로 안전밸브 등을 설치
- 검사주기마다 안전밸브가 적정하게 작동하는지 검사한 후, 납으로 봉인 사용. 단, 공기나 질소취급용기 등에 설치된 안전밸브 중 안전밸브 자체에 부착된 레버 또는 고리를 통하여 수시로 안전밸브가 적정하게 작동하는지를 확인할 수 있는 경우 예외
 - 화학공정 유체와 안전밸브의 디스크 또는 시트가 직접 접촉될 수 있도록 설치된 경우 : 매년 1회 이상
 - 안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우 : 2년마다 1회 이상
 - 공정안전보고서 제출 대상으로 공정안전보고서 이행상태 평가결과가 우수한 사업장의 안전밸브의 경우 : 4년마다 1회 이상
- 납으로 봉인된 안전밸브를 해제하거나 조정할 수 없도록 조치

파열판의 설치

- 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 파열판 설치 필요





반응 폭주 등 급격한 압력 상승 우려가 있는 경우



급성 독성물질의 누출로 인하여 주위 환경을 오염시킬 우려가 있는 경우



운전 중 안전밸브에 이상물질이 누적되어 안전밸브가 작동되지 않을 우려가 있는 경우


※ 파열판은 안전밸브에 대체할 수 있는 가압 또는 음압 방지장치로 판 임구측의 압력이 설정압력에 도달하면 판이 파열하면서 유체가 분출 또는 유입하도록 용기 등에 설치된 얇은 판이 대부분이지만 graphite 재질은 두껍다.

파열판 및 안전밸브의 직렬설치

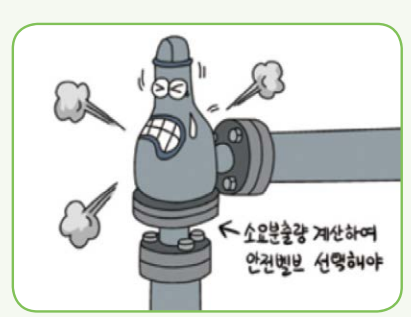
- 급성 독성물질이 지속적으로 외부에 유출될 수 있는 화학설비 및 그 부속설비에 파열판과 안전밸브를 직렬로 설치하고 그 사이에는 압력지시계 또는 자동경보장치를 설치

안전밸브 등의 작동조건/배출용량

- 안전밸브 등이 보호하려는 설비의 최고사용압력 이하에서 작동되도록 조치. 단, 안전밸브 등이 2개 이상 설치된 경우 1개는 최고사용압력의 1.05배(외부화재 대비는 1.1배) 이하에서 작동되도록 설치
- 안전밸브 등의 배출용량은 소요분출량을 계산하여 가장 큰 수치를 적용



보호하려는 설비의 최고 사용압력을 고려
← 최고사용압력 이하에서 작동해야 한다

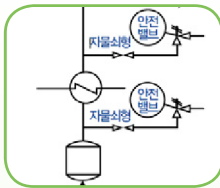


← 소요분출량 계산하여 안전밸브 선정해야

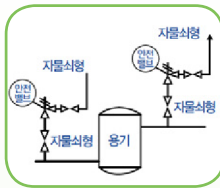
차단밸브의 설치 금지

- 안전밸브 등의 전단·후단에 차단밸브 설치 금지. 단, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 자물쇠형 또는 이에 준하는 형식의 차단밸브 설치할 수 있음
 - 인접한 화학설비 및 그 부속설비에 안전밸브 등이 각각 설치되어 있고, 해당 화학설비 및 그 부속설비의 연결배관에 차단밸브가 없는 경우
 - 안전밸브 등의 배출용량의 2분의 1 이상에 해당하는 용량의 자동압력조절밸브(구동용 동력원의 공급을 차단하는 경우 열리는 구조인 것으로 한정)와 안전밸브 등이 병렬로 연결된 경우
 - 화학설비 및 그 부속설비에 안전밸브 등이 복수방식으로 설치된 경우
 - 예비용 설비를 설치하고 각각의 설비에 안전밸브 등이 설치된 경우
 - 열팽창에 의하여 상승된 압력을 낮추기 위한 목적으로 안전밸브가 설치된 경우
 - 하나의 Flare stack에 둘 이상의 단위공정의 Flare header를 연결하여 사용하는 경우로 각각의 단위공정의 플레어헤더에 설치된 차단밸브의 열림·닫힘 상태를 중앙제어실에서 알 수 있도록 조치한 경우

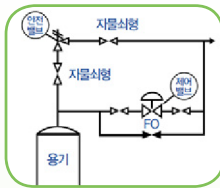
차단밸브를 설치할 수 있는 경우 예시



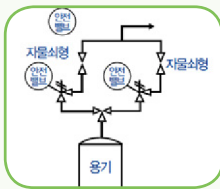
인접한 용기에 안전밸브가 이중으로 설치된 경우



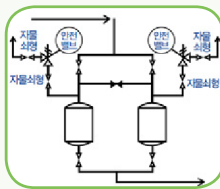
인접한 용기에 안전밸브가 이중으로 설치된 경우 (단 기체용기)



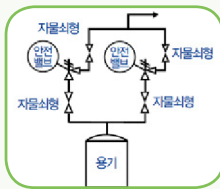
배출용량의 50% 이상에 Control Valve(FO)와 안전밸브가 병렬로 설치된 경우



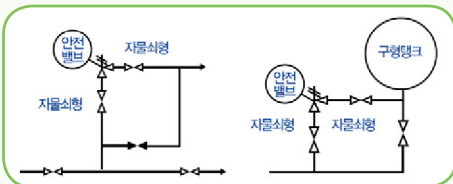
3Way Valve 복수 방식으로 안전밸브를 설치한 경우



예비용 용기와 각각에 안전밸브가 설치된 경우



복수방식으로 안전밸브를 설치한 경우



열팽창 안전밸브인 경우

기본적으로 체크하여야 할 조항

산업안전보건기준에 관한 규칙

제267조	배출물질의 처리	제274조	자동경보장치의 설치 등
제268조	통기설비	제275조	긴급차단장치의 설치 등
제269조	화염방지기의 설치 등	제276조	예비동력원 등
제270조	내화기준	제277조	사용 전의 점검 등
제271조	안전거리	제278조	개조·수리 등
제272조	방유제 설치	제279조	대피 등
제273조	계측장치 등의 설치		

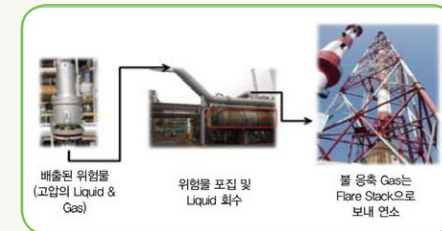
※ 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

ilter에서 적용하여야 할 유해·위험 예방 조치

배출물질의 처리

- 안전밸브 등으로부터 배출되는 위험물은 연소·흡수·세정·포집 또는 회수 등의 방법으로 처리. 단, 다음의 경우 배출 위험물을 안전한 장소로 유도하여 외부로 직접 배출가능
 - 배출물을 연소·흡수·포집, 회수 등의 방법으로 처리 시 파열판 기능 저해 우려가 있는 경우
 - 배출물질을 연소 처리할 때에 유해성가스를 발생시킬 우려가 있는 경우
 - 고압 위험물이 대량 배출되어 연소·흡수·포집, 회수 등으로 완전히 처리할 수 없는 경우
 - 공정설비가 있는 지역과 떨어진 인화성 가스, 인화성 액체 저장탱크에 안전밸브 등이 설치될 때에 저장탱크에 냉각설비 또는 자동소화설비 등 안전상의 조치를 하였을 경
 - 배출량이 적거나 배출 시 급격히 분산되어 재해의 우려가 없으며, 냉각설비 또는 자동소화설비를 설치하는 등 안전상의 조치를 하였을 경우

배출 위험물의 포집, 연소처리의 예



배출된 위험물 (고압의 Liquid & Gas) 위험물 포집 및 Liquid 회수 불 응축 Gas는 Flare Stack으로 보내 연소

통기설비

- 인화성 액체를 저장·취급하는 대기압탱크에는 통기관 또는 통기밸브(breather valve) 등 (이하 “통기설비”)을 설치
- 통기설비는 충분한 용량의 것을 사용, 철저히하게 유지·보수

3. 화재·폭발 및 누출사고 예방을 위한 주요 확인사항

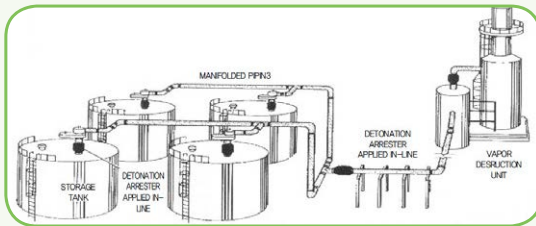


통기관 (Vent) 통기밸브 (Breather Valves) 비상(긴급)통기설비 (Emergency Vent) 통기밸브와 역화방지기 (Flame Arrester)

- ※ 통기관은 진공 또는 가압 상태가 되지 않도록 대기로 개방된 배관을 밀함
- ※ 통기밸브는 평상시에 닫힌 상태로 있다가 탱크의 압력이 미리 설정된 압력에 도달하면 밸브가 열려 탱크 내부의 가스, 증기 등을 외부로 방출하거나 또는 탱크 내부로 외부 공기를 흡입하는 밸브임
- ※ 비상(긴급)통기설비는 탱크 주변의 화재로 인해 일시에 발생되는 많은 량의 가스·증기 등을 방출할 수 있는 긴급 압력방출 맨홀뚜껑, 긴급압력방출 계기뚜껑(Gauge hatch) 등이 있음

화염방지 등 설치

- 인화성 액체 및 인화성 가스를 저장 취급하는 화학설비에서 증기나 가스를 대기로 방출하는 경우 외부로부터의 화염을 방지하기 위하여 화염방지기를 그 설비 상단에 설치
 - 단, 대기로 연결된 통기관에 화염방지 기능이 있는 통기밸브가 설치되어 있거나, 인화점이 섭씨 38도 이상 60도 이하인 인화성 액체를 저장·취급할 때에 화염방지 기능을 가지는 인화방지망을 설치한 경우 예외
- 화염방지기를 설치하는 경우 「산업표준화법」에 따른 화염방지장치기준에 적합한 것을 설치하며, 항상 철저히 보수·유지 실시
 - ※ 통기밸브가 있는 경우 당해 화학설비와 통기밸브 사이에 화염방지기를 설치
 - ※ 기타 KOSHA GUIDE P-70-2019 "화염방지기 설치 등에 관한 기술지침" 참조



폭굉차단 화염방지기 설치(예)



VOC소각설비 연관 화염방지기 설치(예)

3. 화재·폭발 및 누출사고 예방을 위한 주요 확인사항

내화기준

- 다음에 해당하는 건축물은 내화구조로 하며, 성능 유지를 위해 점검·보수 등 실시
 - 건축물의 기둥 및 보 : 지상 1층(지상 1층의 높이가 6m를 초과하는 경우 6m)까지
 - 높이 30cm 이상 위험물 저장·취급용기의 지지대 : 지상으로부터 지지대의 끝부분까지
 - 배관·전선관 등 지지대 : 지상으로부터 1단(1단 높이가 6m 초과하는 경우 6m)까지



※기타 KOSHA GUIDE D-45-2012 "내화구조에 관한 기술지침" 참조

- 철구조물은 화재 등으로 철의 온도가 450℃ 이상 올라가면 강도가 현저히 떨어져 철구조물의 붕괴, 변형, 파손 등의 위험이 있으므로, 화재 후 1~4시간 이상 견디도록 내화시공을 해야 함
 - 내화시공 방법은 콘크리트, 피복, 뿔칠, 도료, 판재 등이 있으며, 일반적으로 콘크리트 1인치는 약1시간의 내화성능이 있으며, 콘크리트는 흡수된 상태에서 화재가 발생하면 내부의 물이 기화, 팽창되어 내화콘크리트가 파손되어 내화기능이 떨어질 위험이 있으므로 발수기능이 있는 콘크리트로 시공하고, 외부에 도료 등을 칠하여 흡수를 예방하고, 평상시 균열이나 파손된 부분을 보수하여야 함

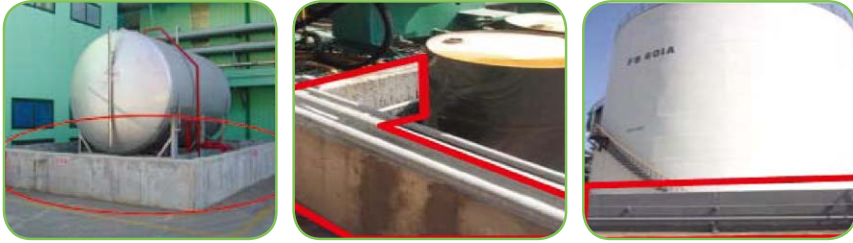
안전거리

- 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치하는 경우 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 8에 따라 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지
 - 단, 다른 법령에 따라 안전거리 또는 보유평지를 유지하거나, 공정안전보고서를 제출하여 피해최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인받은 경우 예외

구분	안전거리
단위공정시설 및 설비로부터 다른 단위공정 시설 및 설비의 사이	설비의 바깥 면으로부터 10미터 이상
플래어스택으로부터 단위공정시설 및 설비, 위험물질 저장탱크 또는 위험물질 하역설비의 사이	플래어스택으로부터 반경 20미터 이상. 단 단위공정시설 등이 불연재로 시공된 지붕 아래에 설치된 경우 예외
위험물질 저장탱크로부터 단위공정시설 및 설비, 보일러 또는 가열로의 사이	저장탱크의 바깥 면으로부터 20미터 이상. 단 저장탱크의 방호벽, 원격조종 화설비 또는 살수설비를 설치한 경우 예외
사무실·연구실·실험실·정비실 또는 식당으로부터 단위공정 시설 및 설비, 위험물질 저장탱크, 위험물질 하역설비, 보일러 또는 가열로의 사이	사무실 등의 바깥 면으로부터 20미터 이상. 다만, 난방용 보일러인 경우 또는 사무실 등의 벽을 방호구조로 설치한 경우 예외

방유제 설치

- 인화성 액체, 인화성 가스, 부식성 물질, 급성 독성 물질을 저장하는 탱크를 설치하는 경우 누출, 확산을 방지하기 위하여 방유제(防油堤)를 설치



※기타 KOSHA GUIDE D-8-2017 "방유제 설치에 관한 기술지침" 참조

계측장치 등의 설치

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 9에 따른 위험물을 같은 표에서 정한 기준량 이상으로 제조하거나 취급하는 다음의 어느 하나에 해당하는 화학설비(이하 "특수화학설비")를 설치하는 경우 내부의 이상 상태를 조기에 파악하기 위하여 필요한 온도계·유량계·압력계 등의 계측장치를 설치
 - 발열반응이 일어나는 반응장치
 - 증류·정류·증발·추출 등 분리를 하는 장치
 - 가열시켜 주는 물질의 온도가 가열되는 위험물질의 분해온도 또는 발화점보다 높은 상태에서 운전되는 설비
 - 위험물질이 발생할 우려가 있는 설비
 - 온도가 섭씨 350°C 이상이거나 압력이 980kPa 이상인 상태에서 운전되는 설비
 - 가열로 또는 가열기



자동경보장치의 설치 등 / 긴급차단장치의 설치 등

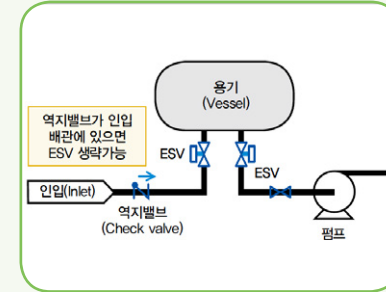
- 특수화학설비를 설치하는 경우, 그 내부의 이상 상태를 조기에 파악하기 위하여 필요한 자동경보장치를 설치. 곤란한 경우 감시인을 두고 그 특수화학설비의 운전 중 설비를 감시하도록 하는 등의 조치 필요
- 특수화학설비를 설치하는 경우, 이상 상태 발생에 따른 폭발·화재, 누출을 방지하기 위하여 원재료 공급의 긴급차단, 제품 등의 방출, 불활성가스의 주입이나 냉각용수 등의 공급을 위하여 필요한 장치 등을 설치



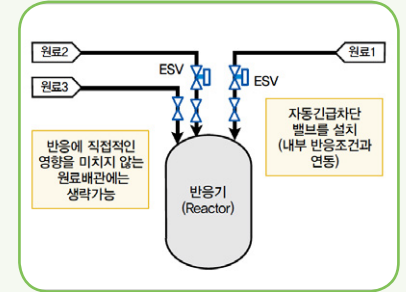
자동경보장치의 예



긴급차단장치의 예



저장용기에 설치하는 긴급차단밸브 예



반응기 유입배관에 설치하는 긴급차단밸브 예

- 화재발생가능지역에 설치하는 긴급차단밸브는 화재시 화염에 견딜 수 있는 재질을 사용하여야 하고, 전기나 압축공기 등의 동력원이 차단되면 닫히는 구조이어야 하며, 긴급차단밸브의 전기 설비와 압축공기공급배관은 화재시 15분 이상 작동이 가능하도록 불연성 또는 내화조치를 하여야 한다.



긴급차단밸브의 예

※기타 KOSHA GUIDE D-45-2012 "내화구조에 관한 기술지침" 참조

예비동력원

- 특수화학설비와 그 부속설비에 사용하는 동력원에 대하여 다음 사항을 준수
 - 동력원의 이상에 의한 폭발, 화재 방지를 위해 즉시 사용가능한 예비동력원을 갖추
 - 밸브·콰스위치 등에 대해서 잠금장치를 하고 색채표시 등으로 구분

사용 전의 점검 등

- 다음의 어느 하나에 해당하는 경우 화학설비 및 그 부속설비의 안전검사 내용을 점검한 후 해당 설비를 사용
 - 처음으로 사용하는 경우
 - 분해/개조/수리를 한 경우
 - 계속하여 1개월 이상 사용하지 아니한 후 다시 사용하는 경우
- 해당 화학설비 또는 그 부속설비의 용도를 변경하는 경우(사용하는 원재료의 종류를 변경하는 경우를 포함)에도 해당 설비의 다음 사항을 점검한 후 사용
 - 그 설비 내부에 폭발이나 화재의 우려가 있는 물질이 있는지 여부
 - 안전밸브·긴급차단장치 및 그 밖의 방호장치 기능의 이상 유무
 - 냉각장치·가열장치·교반장치·압축장치·계측장치 및 제어장치 기능의 이상 유무

개조·수리 등

- 화학설비와 그 부속설비의 개조·수리 및 청소 등을위하여 해당설비를 분해하거나 해당 설비의 내부에서 작업을 하는 경우 다음 사항을 준수
 - 작업책임자를 정하여 해당 작업을 지휘토록 조치
 - 작업장소에 위험물 등이 누출되거나 고온의 수증기가 새어나오지 않도록 조치
 - 작업장 및 그 주변의 인화성 액체의 증기나 인화성 가스농도를 수시로 측정



대피 등

- 폭발이나 화재에 의한 산업재해발생의 급박한 위험이 있는 경우 즉시 작업을 중지하고 근로자를 안전한 장소로 대피 조치
- 작업장에 관계자가 아닌 사람의 출입을 금지하고, 그 취지를 보기 쉬운 장소에 표시



경보장치



불꽃감지기



안전지역으로 대피

2) 화기 등의 관리

기본적으로 체크하여야 할 조항

산업안전보건기준에 관한 규칙

제239조	위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용금지
제240조	유류 등이 있는 배관이나 용기의 용접 등
제241조	화재 위험 작업 시의 준수 사항
제241조의 2	화재감시자
제242조	화기사용 금지
제243조	소화설비
제244조	방화조치
제245조	화기사용 장소의 화재 방지
제246조	소각장

※ 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

일터에서 적용하여야 할 유해·위험 예방 조치

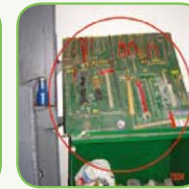
위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용금지

- 위험물이 있어 폭발, 화재가 발생할 우려가 있는 장소, 그 상부에서 불꽃이나 아크를 발생하거나 고온으로 될 우려가 있는 화기·기계·기구 및 공구 등을 사용해서는 안 됨

! 방폭형 전기기계기구 등 사용 예



방폭형 유도등



방폭형 수공구



방폭형 임시 조명등



방폭형 화재발신기

유류 등이 있는 배관이나 용기의 용접 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, 위험물을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후가 아니면 화재위험 작업을 시켜서는 아니 됨

화재 위험 작업 시의 준수 사항

- 통풍, 환기가 충분하지 않은 장소에서 화재 위험 작업을 하는 경우
 - 통풍, 환기를 위하여 산소를 사용해서는 아니 됨
- 가연물이 있는 장소에서 화재 위험 작업을 하는 경우
 - 화재예방에 필요한 다음의 사항을 준수해야 함



비산방지용 불받이포

- ① 작업 준비 및 작업 절차 수립
- ② 작업장 내 위험물의 사용·보관 현황 파악
- ③ 화기작업에 따른 인근 인화성 액체에 대한 방호조치 및 소화기구 비치
- ④ 용접불티 비산방지덮개, 용접방화포 등 불꽃, 불티 등 비산방지조치
- ⑤ 인화성 액체의 증기가 남아 있지 않도록 환기 등의 조치
- ⑥ 작업근로자에 대한 화재예방 및 피난교육 등 비상조치

※작업 시작 전 상기 사항을 확인하고 불꽃·불티 등의 비산 방지 등 안전조치 이행 후 화재 위험 작업 실시



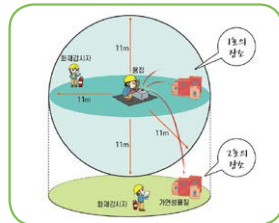
화재감시자 지정 및 배치

- 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 장소에서 용접·용단 작업을 하는 경우에는 화재감시자를 지정하여 용접·용단 작업 장소에 배치.

* 다만, 같은 장소에서 상시·반복적으로 용접·용단작업을 할 때 경보용 설비·기구, 소화설비 또는 소화기가 갖추어진 경우에는 화재감시자를 지정·배치하지 않을 수 있다.

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

- 화재감시자는 다음 각 호의 업무를 수행.
 - 감시대상 장소에 가연성물질이 있는지 여부의 확인
 - 가스 검지, 경보 성능을 갖춘 가스 검지 및 경보 장치의 작동 여부를 확인
 - 화재 발생 시 사업장 내 근로자의 대피 유도



- 배치된 화재감시자에게 업무 수행에 필요한 확성기, 휴대용 조명기구 및 화재 대피용 마스크 (한국산업표준 제품이거나 「소방산업의 진흥에 관한 법률」에 따른 한국소방산업기술원이 정하는 기준을 충족하는 것이어야 한다) 등 대피용 방연장비를 지급해야 함.

화기 사용 금지

- 화재 또는 폭발의 위험이 있는 장소에 화기 사용 금지
 - 화재, 폭발위험 장소에서 부득이 하게 정비, 운전을 위하여 화기사용을 해야하는 경우 사전에 가연성이나 인화성물질을 제거하고, 소화기 비치 등 사전 안전조치를 철저히 한다.
 - 화기작업 절차에 따라 화기작업 허가를 받아서 가능할 수 있다.



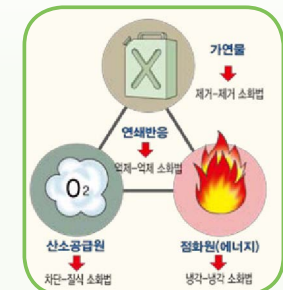
소화설비

- 건축물, 화학설비 또는 위험물 건조설비가 있는 장소, 그 밖에 위험물이 아닌 인화성 유류 등 폭발이나 화재의 원인이 될 우려가 있는 물질을 취급하는 장소(이하 '건축물 등')에는 소화설비를 설치
- 소화설비는 건축물 등의 규모·넓이 및 취급하는 물질의 종류 등에 따라 예상되는 폭발이나 화재를 예방하기에 적합하여야 함

Check Box | 소화 원리 / 소화기 종류 및 특징 / 사용 및 유지관리

소화 원리

- 소화는 물리적 소화와 화학적 소화로 나눌 수가 있다.
물리적 소화에 는 냉각소화, 질식소화, 제거소화가 있고 화학적 소화는 억제소화를 말한다.
- 냉각소화 : 열 균형을 깨뜨려 온도를 낮추어 소화한다.
 - 질식소화 : 산소를 차단해 농도 15% 이하로 조정하여 소화한다.
 - 제거소화 : 가연물을 제거하여 소화한다.
 - 억제소화 : 연쇄반응을 단절해 소화한다.



화재분류에 따른 적응 소화기

	종류	소화기 표시	소화방법	적용 소화기	비고
일반 화재	A급	백색	냉각소화	산·알카리, 포(泡), 물(주수) 소화기	목재, 섬유, 종이류 화재
유류 및 가스화재	B급	황색	질식소화	CO ₂ , 증발성 액체, 분말, 포 소화기	가연성 액체 및 가스 화재
전기 화재	C급	청색	질식소화	CO ₂ , 증발성 액체	전기 통전 전기기구 화재
금속 화재	D급	-	피복에 의한 질식	마른모래, 팽창질석	가연성 금속(Mg, Na, K 등)

※ 화재의 종류에 따른 소화기 적용성 분류



소화기의 종류 및 특징

- 물 소화기 : 물 또는 물에 계면활성제 등을 첨가 사용
- 산알카리 소화기 : 중탄산나트륨 수용액과 황산의 혼합 시 화학반응에 의해 발생하는 이산화탄소를 가압원으로 방사
- 포 소화기 : 화학포 소화기와 기계포 소화기가 있으며, 거품이 연소면을 덮어 질식 및 냉각에 의해 소화
- 분말 소화기 : 가스가압식과 축압식이 있으며, 연쇄반응 억제효과
- 이산화탄소 소화기 : 축압식의 일종으로 액화 CO₂를 사용하며, 질식 작용에 의한 소화효과
- 할로겐화합물 소화기 : 할로겐 화합물을 소화약제로 사용, 연쇄반응 억제효과가 큼

소화기 사용 및 유지관리

물 소화기

- 동결방지, 소화수량 충전확인, 피스톤작동상태 확인

분말 소화기

- 한 번 사용한 경우는 밸브와 밸브캡사이에 분말이 끼여 장기간에 걸친 압력손실 우려가 있으므로 주기적 확인
- 축압식은 재충전, 가스가압식은 가압용기 교체

이산화탄소 소화기

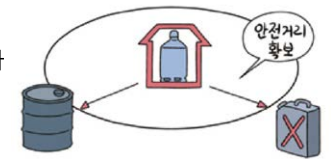
- 직사광선 및 고온다습 장소는 피할 것
- 지하층 및 무창층 장소의 사용에 유의 (질식 등)
- 사용 중 동상에 유의할 것
- 소화기 중량을 측정하여 충전량 확인

할론 소화기

- 온도변화가 민감한 장소는 피할 것 - 지하층 및 무창층 장소의 사용에 유의(질식 등)
- 소화기 중량을 측정하여 충전량 확인

방화조치

- 화로, 가열로, 가열장치, 소각로, 철제골뚝, 그 밖에 화재를 일으킬 위험이 있는 설비 및 건축물과 그 밖에 인화성 액체와의 사이에는 방화에 필요한 안전거리를 유지하거나 불연성 물체를 차열(遮熱)재료로 하여 방호



화기사용 장소의 화재 방지

- 흡연장소 및 난로 등 화기를 사용하는 장소에 화재예방에 필요한 설비 설치
- 화기를 사용한 사람은 불티가 남지 않도록 뒤처리를 확실하게 실시

소각장

- 소각장 설치 시 화재가 번질 위험이 없는 위치에 설치하거나 불연성 재료로 설치

3) 위험물 등의 취급

기본적으로 체크하여야 할 사항

산업안전보건기준에 관한 규칙




제225조	위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치
제226조	물과의 접촉 금지
제227조	호스 등을 사용한 인화성 액체 등의 주입
제228조	가솔린이 남아 있는 설비에 등유 등의 주입
제229조	산화에틸렌 등의 취급
제230조	폭발 위험이 있는 장소의 설정 및 관리
제231조	인화성 액체 등을 수시로 취급하는 장소
제232조	폭발 또는 화재 등의 예방
제233조	가스용접 등의 작업
제234조	가스등의 용기
제235조	서로 다른 물질의 접촉에 의한 발화 등의 방지
제236조	화재 위험이 있는 작업의 장소 등
제237조	자연발화의 방지
제238조	유류 등이 묻어 있는 걸레 등의 처리


※ 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

일터에서 적용하여야 할 유해·위험 예방 조치

위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치

- 위험물질을 제조하거나 취급하는 경우 폭발·화재 및 누출을 방지하기 위한 적절한 방호조치를 하지 아니하고는 다음의 행위를 해서는 아니됨

위험물질	행위 금지 사항 및 물질의 예
폭발성 물질/ 유기과산화물	 <ul style="list-style-type: none"> - 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 가열하거나 마찰시키거나 충격을 가하는 행위 · 질산에스테르류, 니트로화합물, 아조화합물, 하이드라진, 유기과산화물 등
물반응성 물질 및 인화성 고체	 <ul style="list-style-type: none"> - 각각 그 특성에 따라 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근, 발화를 촉진하는 물질 또는 물에 접촉, 가열, 마찰, 충격을 가하는 행위 · 리튬, 칼륨, 나트륨, 황, 황인, 마그네슘분말, 금속분말, 유기 금속화합물 등
산화성액체/ 산화성고체	 <ul style="list-style-type: none"> - 분해가 촉진될 우려가 있는 물질에 접촉, 가열, 마찰, 충격을 가하는 행위 · 염소산 및 그 염류, 과산화수소 및 무기과산화물, 질산 및 그 염류 등

위험물질	행위 금지 사항 및 종류
인화성 액체	 <p>인화점이 60°C 이하이거나 고온·고압의 공정운전조건으로 인하여 화재·폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성 물질</p> <ul style="list-style-type: none"> - 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근, 주입, 가열, 증발시키는 행위 · 메탄올, 아세톤, 산화프로필렌, 노르말헥산, 가솔린, 등유, 경유 등 인화점이 60°C 이하인 액체
인화성 가스	 <p>인화한계 농도의 최저한도가 13%이하 또는 최고한도와 최저한도의 차가 12%이상인 것으로서 표준압력하의 20°C에서 가스상태인 물질</p> <ul style="list-style-type: none"> - 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근, 압축·가열, 주입하는 행위 · 수소, 아세틸렌, 에틸렌, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄 등
부식성 물질/ 급성독성물질	 <ul style="list-style-type: none"> - 누출시키는 등으로 인체에 접촉시키는 행위 · 부식성 물질 : 황산·염산·질산 등의 부식성산류, 가성소다·수산화칼륨 등의 부식성 염기류 · 급성독성물질 <ol style="list-style-type: none"> ① LD50(경구, 쥐)이 kg당 300밀리그램 - (체중)이하인 화학물질 ② LD50(경피, 토끼 또는 쥐)이 kg당 1000밀리그램 (체중) 이하인 화학물질 ③ 가스 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 2500ppm 이하인 화학물질, 증기 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 10mg/l 이하인 화학물질, 분진 또는 미스트 1mg/l 이하인 화학물질

※ 추가적인 세부 내용은 별표1의 위험물질의 종류를 참고한다.

물과의 접촉 금지

- 물반응성 물질·인화성 고체를 취급하는 경우 물 접촉 방지를 위해 완전 밀폐 용기에 저장 또는 취급, 빗물 등이 스며들지아니하는 건축물 내에 보관 또는 취급토록 조치

호스 등을 사용한 인화성 액체 등의 주입

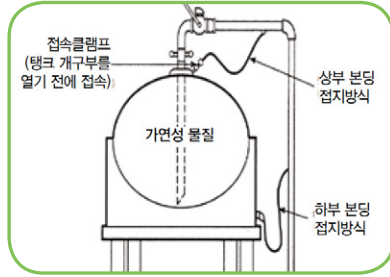
- 위험물을 액체 상태에서 호스 또는 배관 등을 사용하여 화학설비, 탱크로리, 드럼 등에 주입하는 작업을 하는 경우에는 그 호스 또는 배관 등의 결합부를 확실히 연결하고 누출이 없는지를 확인한 후에 작업 실시

※ 화학설비 및 그 부속설비의 종류는 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표7을 참조한다.



가솔린이 남은 설비에 등유 등 주입

- 화학설비로서 가솔린이 남아 있는 화학설비 (위험물을 저장하는 것으로 한정), 탱크로리, 드럼 등에 등유나 경유를 주입하는 작업을 하는 경우 미리 그 내부를 깨끗하게 씻어내고, - 가솔린 증기를 불활성 가스로 바꾸는 등 안전한 상태로 되어 있는지를 확인한 후에 그 작업 실시. 단, 다음의 조치를 하는 경우 적용제외



<그림> 탱크로리의 접지방식(상부주입방식)

- ① 주입 전 탱크·드럼 등과 주입설비 사이에 접속선이나 접지선을 연결하여 전위차를 줄임
- ② 주입하는 경우 그 액표면의 높이가 주입관의 선단 높이를 넘을 때 까지 주입속도를 초당 1미터 이하가 되도록 조치

※ 이동식 탱크로리는 운반상황에 따라 경유와 가솔린을 수시로 바꾸어 주입하다 정전기 등에 화재가 발생한다. 이는 가솔린을 비운 후에는 공기보다 3~4배 무거운 가솔린증기가 폭발 상한값 이상의 농도로 잔류되어 있는 탱크로리의 내부에 등유나 경유를 주입할 경우, 가솔린 증기가 액체 등유와 경유에 급속히 용해되어 내부의 압력이 낮아져 외부공기가 탱크 내부로 유입되어 가솔린 증기 농도가 폭발한계 이내로 도달하여 충격, 정전기 등의 점화원에 의한 증기폭발 위험이 있다.

※ 인화성 액체를 고무타이어로 절연된 탱크로리나 드럼 등에 주입하는 경우 운반체와 주입하는 경우 운반체와 주입배관 간에는 <그림>과 같이 상호 분당하여 전위차가 없도록 한다.

산화에틸렌 등의 취급

- 산화에틸렌, 아세트알데히드 또는 산화프로필렌을 화학설비, 탱크로리, 드럼 등에 주입 작업과 저장하는 경우 - 미리(항상) 그 내부를 불활성가스로 바꾸는 등 안전한 상태로 되어 있는 지 확인 및 상태에서 해당 작업을 실시하거나 저장

- 물성특징
 - 산화에틸렌(폭발범위 3.0~100%), 아세트알데히드(분자량 44.05, 녹는점 -121℃, 폭발범위 4.0~60.0%), 산화프로필렌 (폭발범위 1.9~36.3%)은 폭발범위가 넓어 폭발위험성이 높다.
 - 독성물질, 발암성 추정물질로 미국NFPA에서 화재등급이 4로 폭발범위가 넓고 인화점이 낮고 분자구조상 산소를 함유하고 있어 400℃ 이상 온도가 상승하면 분해반응이 일어나 급격한 압력상승으로 폭발위험이 매우 높다.

※ KOSHA GUIDE P-141-2014(산화에틸렌 취급설비의 안전에 관한 기술지침) 참조

폭발위험이 있는 장소의 설정 및 관리

- 인화성 액체의 증기나 인화성 가스 등을 제조·취급 또는 사용하는 장소, 인화성고체를 제조·사용하는 장소에 폭발위험장소의 구분도(區分圖)를 작성하는 경우 「산업표준화법」에 따라 가스폭발 위험장소 또는 분진폭발 위험장소로 설정하여 관리

※ 폭발위험장소의 구분도를 작성·관리하도록 조치

인화성 액체 등을 수시로 취급하는 장소

- 인화성 액체, 인화성 가스 등을 수시로 취급하는 장소에서 환기가 충분하지 않은 상태에서 전기기계·기구 작동 금지
 - 수시로 밀폐된 공간에서 스프레이 건을 사용하여 인화성 액체로 세척·도장 등의 작업을 하는 경우 다음 조치 후 전기기계·기구를 작동
 - 인화성 액체, 인화성 가스 등으로 폭발위험 분위기가 조성되지 않도록 해당 물질의 공기 중 농도가 인화하한계값의 25%를 넘지 않도록 충분한 환기를 유지
 - 조명 등은 고무, 실리콘 등의 패킹이나 실링재료를 사용하여 완전히 밀봉
 - 가열성 전기기계·기구를 사용하는 경우에는 세척 또는 도장용 스프레이 건과 동시에 작동되지 않도록 연동장치 등의 조치 실시
 - 방폭구조 외의 스위치와 콘센트 등의 전기기기는 밀폐 공간 외부에 설치
- ※ 상기에도 불구하고 방폭성능을 갖는 전기기계·기구에 대해서는 작동가능

폭발 또는 화재 등의 예방

- 인화성 액체의 증기, 인화성 가스, 인화성 고체가 존재하여 폭발, 화재가 발생할 우려가 있는 장소에서 폭발, 화재를 예방하기 위하여 환풍기, 배풍기 등 환기장치를 적절하게 설치
- 증기나 가스에 의한 폭발, 화재를 미리 감지하기 위하여 가스 검지 및 경보 장치를 설치. 단, 「산업표준화법」에 따른 0종 또는 1종 폭발위험장소에 해당하는 경우 방폭구조 전기기계·기구를 설치한 경우에는 예외

가스용접 등의 작업

- 인화성 가스, 불활성 가스 및 산소(이하 “가스 등”)를 사용하여 금속의 용접·용단, 가열작업을 하는 경우, 가스등의 누출, 방출로 인한 폭발·화재, 화상을 예방하기 위하여 다음 사항을 준수
 - 호스와 취관(吹管)은 손상·마모 등에 의하여 가스등의 누출 우려가 없는 것을 사용
 - 취관 및 호스의 상호 접촉부분은 호스밴드, 호스클립 등 조임기구를 사용하여 가스등이 누출되지 않도록 조치
 - 호스에 가스등을 공급 시 미리 그 호스에서 가스등이 방출되지 않도록 필요 조치
 - 사용 중인 가스등을 공급하는 공급구의 밸브나 콕에는 사용하는 사람의 이름을 붙이는 등 공급에 대한 오조작을 방지하기 위한 표시 실시
 - 용단작업 시 취관으로부터 산소의 과잉방출로 인한 화상을 예방하기 위하여 근로자가 조절밸브를 서서히 조작하도록 주지
 - 작업 중단, 종료 시 장소를 떠날 경우 가스등의 공급구의 밸브나 콕을 잠글 것
 - 가스등의 분기관은 전용 접속기구를 사용하여 불량체결을 방지하며, 서로 이어지지 않는 구조의 접속기구 사용, 서로 다른 색상의 배관·호스의 사용 및 꼬리표 부착 등을 통하여 서로 다른 가스배관과의 불량체결을 방지

더 많은 안전보건 정보는?

• KS C IEC 60079-10-1 : 폭발분위기 -제10-1부 : 폭발위험장소의 구분

가스 등의 용기

• 금속 용접·용단, 가열에 사용되는 가스등의 용기를 취급하는 경우 다음 사항을 준수

- 다음의 어느 하나에 해당하는 장소에서 사용, 설치·저장, 방치금지

- 통풍이나 환기가 불충분한 장소
- 화기를 사용하는 장소 및 그 부근
- 위험물 또는 제236조에 따른 인화성 액체를 취급하는 장소 및 그 부근

- 용기의 온도를 섭씨 40도 이하로 유지할 것
- 전도의 위험이 없도록 하고, 충격을 가하지 않도록하며, 운반 시 캡을 씌울 것
- 사용하는 경우에는 용기의 마개에 부착되어 있는 유류 및 먼지를 제거할 것
- 밸브의 개폐는 서서히 할 것
- 사용 전 또는 사용 중인 용기와 그 밖의 용기를 명확히 구별하여 보관할 것
- 용해아세틸렌의 용기는 세워 둘 것
- 용기의 부식·마모 또는 변형상태를 점검한 후 사용할 것



Check Box | 고압가스 용기외면 도색 및 가스명칭 표시방법

가스 종류	일반용		의료용		
	도색	문자	도색	문자	
가연성·독성가스	액체석유가스	회색	적색	-	-
	수소	주황색	백색	-	-
	아세틸렌	황색	흑색	-	-
	액화암모니아	백색	흑색	-	-
	액화염소	갈색	백색	-	-
	그 밖의 가스	회색	백색	회색	-
그 밖의 가스	산소	녹색	백색	백색	녹색
	액화탄산가스	청색	백색	회색	백색
	질소	회색	백색	흑색	백색
	소방용 용기	위험물안전관리법	백색	-	-
	이산화질소	회색	백색	청색	백색
	헬륨	회색	백색	갈색	백색
	에틸렌	회색	백색	자색	백색
	싸이크로프로판	회색	백색	주황색	백색
그 밖의 가스	회색	백색	회색	백색	

서로 다른 물질의 접촉에 의한 발화 등의 방지

• 서로 다른 물질끼리 접촉함으로써 인하여 해당 물질이 발화하거나 폭발할 위험이 있는 경우 해당 물질을 가까이 저장하거나 동일한 운반기에 적재해서는 아니 됨. 단, 접촉방지를 위한 조치를 한 경우에는 예외 적용

Check Box | 유별을 달리하는 위험물의 혼재기준

구분	산화성고체	가연성고체	발화성물질	인화성액체	자기반응성	산화성액체
산화성고체	-	x	x	x	x	x
가연성고체	x	-	x	○	○	x
발화성물질	x	x	-	○	x	x
인화성액체	x	○	○	-	○	○
자기반응성	x	○	x	○	-	x
산화성액체	x	x	x	○	x	-

비고 1. "x" 표시는 혼재할 수 없음을 표시한다.

2. "○" 표시는 혼재할 수 있음을 표시한다.

3. 이 표는 지정수량의 1/10 이하의 위험물에 대하여는 적용하지 아니한다.

출처 : 위험물의 운반에 관한기준(제50조) [별표 19] 위험물의 운반에 관한 기준

화재 위험이 있는 작업의 장소 등

- 합성섬유·면·양모·천조각·톱밥·짚·종이류 또는 그 밖에 인화성 액체를 다량으로 취급하는 작업을 하는 장소·설비 등은 화재예방을 위하여 적절한 구조로 배치
- 적절한 배치 : 방화상 필요한 거리 유지 방법과 이런 장소로부터 격리시키는 방법
- 적절한 구조 : 화재발생 방지와 소화에 편리하도록 하는 방법 등

자연발화의 방지

- 질화면, 알킬알루미늄 등 자연발화의 위험이 있는 물질을 쌓아 두는 경우 위험한 온도로 상승하지 못하도록 화재예방을 위한 조치 실시

• 물성특징

- 알킬알루미늄, 알킬리튬 등과 같은 물질은 누출하면 공기 중의 수분과 반응하여 인화성가스가 발생하고, 반응열에 의하여 자동으로 점화되므로, 통풍이 잘되도록 하고 직사광선을 피하여 밀봉상태로 저장한다.
- 산업용 질화면(나이트로셀룰로스, 면약, 면화약)은 화약, 도료, 특수 잉크 등에 사용하며, 질소의 함유량에 따라 공업용과 화약용으로 구분한다. 저장용기 파손 등으로 질화면이 건조한 상태에서 충격, 마찰, 열에 노출되면 점화될 수 있으므로 항상 습한상태로 유지한다.

유류 등이 묻어 있는 걸레 등의 처리

- 기름 또는 인쇄용 잉크류 등이 묻은 천조각이나 휴지 등은 뚜껑이 있는 불연성 용기에 담아 두는 등 화재예방을 위한 조치 실시

※ 한곳에 장시간 쌓아두면 기름이나 잉크류 등이 공기 중 산소와 산화반응을 발생된 열이 계속 축적될 경우 자연발화에 의한 화재위험이 있으므로 즉시 소각 등으로 가능한 빨리 처리하거나 열이 축적되지 않도록 한다.

기본적으로 체크하여야 할 조항

산업안전보건기준에 관한 규칙

제296조	지하작업장 등
제297조	부식성 액체의 압송설비
제298조	공기 외의 가스 사용 제한
제299조	독성이 있는 물질의 누출 방지
제300조	기밀시험시의 위험 방지

※ 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

일터에서 적용하여야 할 유해·위험 예방 조치

지하작업장

- 인화성 가스가 발생할 우려가 있는 지하작업장에서 작업하는 경우(제350조에 따른 터널 등의 건설작업의 경우 제외) 또는 가스도관에서 가스가 발생할 위험이 있는 장소에서 굴착작업(해당 작업이 이루어지는 장소 및 그와 근접한 장소에서 이루어지는 지반의 굴삭 또는 이에 수반한 토석의 운반 등의 작업)을 하는 경우 폭발이나 화재를 방지하기 위하여 다음 조치 실시
 - 가스 농도를 측정하는 사람을 지명하고 다음의 경우에 해당 가스 농도를 측정

- 매일 작업을 시작하기 전
- 가스의 누출이 의심되는 경우
- 가스가 발생하거나 정제할 위험이 있는 장소가 있는 경우
- 장시간 작업을 계속하는 경우(4시간마다 가스 농도를 측정)



가스농도측정기

- 가스의 농도가 인화하한계 값의 25% 이상으로 밝혀진 경우 즉시 근로자를 안전한 장소에 대피시키고 화기, 기타 점화 원이 될 우려가 있는 기계·기구 등의 사용을 중지하며 통풍·환기 등의 조치 실시

부식성 액체의 압송설비

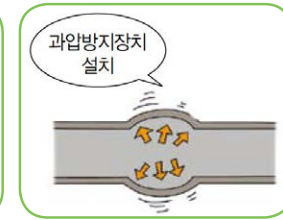
- 부식성 물질을 동력을 사용하여 호스로 압송하는 작업을 하는 경우 해당 압송에 사용하는 설비에 대하여 다음의 조치 실시
 - 압송에 사용하는 설비를 운전하는 사람(이하 "운전자")이 보기 쉬운 위치에 압력계를 설치하고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 동력을 차단할 수 있는 조치를 할 것
 - 호스와 그 접속용구는 내식성, 내열성 및 내한성을 가진 것 사용
 - 호스에 사용정격압력을 표시하고 그 사용정격압력을 초과하여 압송하지 아니할 것
 - 호스 내부에 이상압력이 가해져 위험할 경우 사용 설비에 과압방지장치 설치
 - 호스와 호스 외의 관 및 호스 간의 접속부분에 접속용구를 사용하여 누출이 없도록 확실히 접속
 - 운전자를 지정하고 압송에 사용하는 설비의 운전 및 압력계의 감시를 하도록 조치

- 호스 및 그 접속용구는 매일 사용하기 전에 점검하고 손상·부식 등의 결함에 의하여 압송하는 부식성 액체가 날아 흩어지거나 새어나갈 위험이 있으면 교환 조치



압력계

전원 차단기



과압방지장치 설치



접속부분 확실히 접속

공기 외의 가스 사용 제한

- 압축한 가스의 압력을 사용하여 부식성 액체를 압송하는 작업을 하는 경우 공기가 아닌 가스를 해당 압축가스로 사용해서는 아니 됨
 - 단, 해당 작업을 마친 후 즉시 가스를 배출한 경우나 가스가 남아 있음을 표시하는 등 근로자가 압송에 사용한 설비의 내부에 출입하여도 질식 위험이 발생할 우려가 없도록 조치한 경우 질소, 탄산가스를 사용 가능

독성이 있는 물질의 누출방지

- 사업장 내 급성 독성물질의 저장 및 취급량을 최소화 할 것
- 급성 독성물질을 취급 저장하는 설비의 연결 부분은 누출되지 않도록 밀착시키고 매월 1회 이상 연결부분에 이상이 있는지를 점검할 것



저장 및 취급량을 최소화



매월 1회 이상 연결부분 점검

- 급성 독성물질을 폐기·처리하여야 하는 경우에는 냉각·분리·흡수·흡착·소각 등의 처리공정을 통하여 급성 독성물질이 외부로 방출되지 않도록 할 것
- 급성 독성물질 취급설비의 이상 운전으로 급성 독성물질이 외부로 방출될 경우에는 저장·포집 또는 처리설비를 설치하여 안전하게 회수할 수 있도록 할 것

3. 화재·폭발 및 누출사고 예방을 위한 주요 확인사항



- 급성 독성물질을 폐기·처리 또는 방출하는 설비를 설치하는 경우에는 자동으로 작동될 수 있는 구조로 하거나 원격조정 할 수 있는 수동조작구조로 설치
- 급성 독성물질을 취급하는 설비의 작동이 중지된 경우에는 근로자가 쉽게 알 수 있도록 필요한 경보설비를 근로자와 가까운 장소에 설치
- 급성 독성물질이 외부로 누출된 경우 감지·경보할 수 있는 설비를 구비



기밀시험 시의 위험방지

- 배관, 용기, 그 밖의 설비에 대하여 불활성가스 (질소, 탄산가스등)의 압력을 이용하여 기밀시험을 하는 경우 국가교정기관에서 교정을 받은 압력계를 설치하고 내부압력을 수시로 확인
- 압력계는 기밀시험을 하는 배관의 내부압력을 확인할 수 있도록 작업자가 보기 쉬운 장소에 설치
- 기밀시험을 종료한 후 설비 내부를 점검할 때 반드시 환기를 하고 불활성가스가 남아 있는지를 측정하여 안전한 상태를 확인한 후 점검
- 기밀시험장비가 주입압력에 충분히 견딜 수 있도록 견고하게 설치하며, 이상압력에 의한 연결파이프 등의 파열방지를 위한 안전조치를 하고 그 상태를 미리 확인

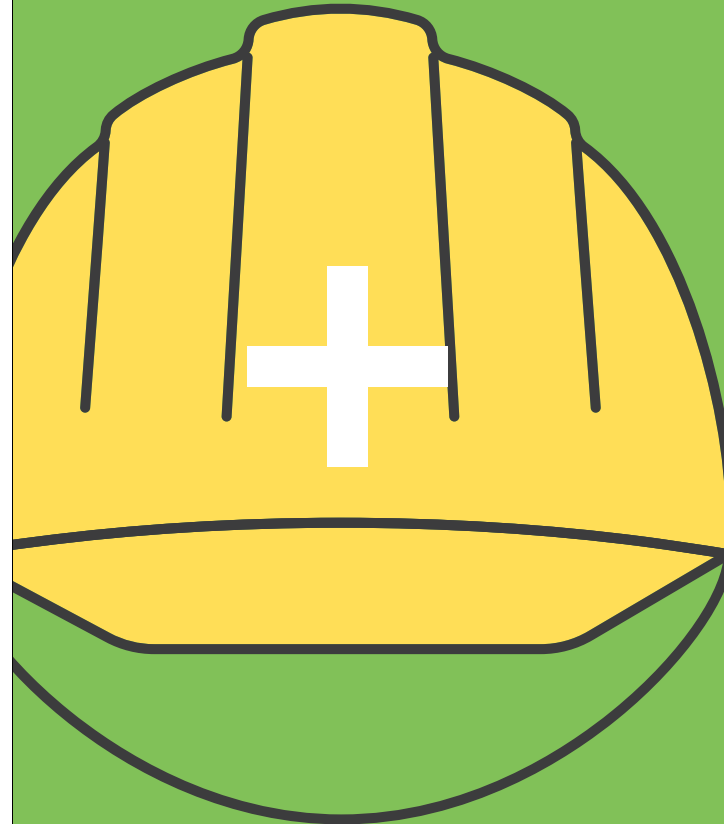


※ 기밀시험은 누설여부를 확인하는 것이지 내압력을 확인하는 것은 수압시험을 하여야 하고, 내압시험을 기밀시험으로 대신할 경우에는 용기 등의 파열을 고려하여 방벽을 쌓는 등의 특별한 안전조치를 하고 실시하여야 한다.

PART

4

화재·폭발·누출 등
사고사례 및 예방대책
(중대산업사고 포함)



운전 중 톨루엔 누출로 화재

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
화재	화상	42세	생산

2022. 8. 00.(수) 23:00경 경기도 안산시 소재 000에서 톨루엔을 반응기에 투입하던 중 톨루엔이 배관에서 누출, 화재가 발생하여 톨루엔 투입밸브를 조작 중이던 근로자가 화상을 입음



작업상황

- (제품 제조 공정) 설비 Leak Test 진행, 원료 투입, 톨루엔 투입, 반응의 생산절차를 거침
* 본 재해는 톨루엔 투입 단계 중 발생
- (톨루엔 투입 절차) 톨루엔 투입 배관에 필터(재질 : PP)를 연결하고 톨루엔 공급밸브를 열어 필터를 통해 톨루엔 공급

발생원인

- ① 직접원인
 - (점화원) 정전기 대전 또는 방전이 점화원으로 작용
 - (가연물) 캡슐형 필터 하우징 크랙 또는 원심펌프 과압에 의해 형성된 필터 하우징 크랙에서 톨루엔이 분출되어 가연물로 작용
- ② 기여요인
 - (가동전점검 부실) 공정배관계장도(P&ID)와 다른 순서로 밸브, 필터를 설치하여 운전함으로써 필터에 지속적인 힘이 작용하여 크랙이 발생

예방대책

- ① 사용전 점검 철저
 - 신규로 가동하는 설비는 사용전 점검을 통해 공정배관계장도(P&ID)등 도면에 따라 적절히 설치되어있는지 검토
- ② 내구성이 있는 재질 사용
 - 화학설비 또는 그 배관의 밸브나 콕은 개폐빈도를 고려하여 내구성이 있는 재질 사용
- ③ 안전운전절차서 확립 및 관련 교육 철저
 - 화학설비와 그 부속설비 사용방법의 내용에 따라 화학설비와 그 부속설비를 사용하는 작업을 하는 경우, 밸브 등의 조작을 통한 원재료 공급, 화학설비의 일시적 중단된 경우에 대한 작업 방법 등에 대한 작업계획서를 작성하여 그에 따라 작업을 실시

트레일러 탱크 점검 중 폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
폭발	사망	47세	운전

2022. 06. 00.(금) 07:26경 충청남도 당진시소재 0000에서 차량 트레일러 탱크의 시멘트를 사일로로 하역하는 중 탱크가 폭발하여 탱크 상부에서 점검 중이던 재해자가 사망함



현장상황

- (탱크 점검 시기) 시멘트 하역작업을 정지하지 않고 탱크 맨홀을 확인하기 위해 압력이 차있는 트레일러 탱크 상부로 재해자가 올라감

발생원인

- ① 직접원인
 - (고정장치 마모) 맨홀 덮개 고정장치가 반복사용에 의해 마모되어 고정력을 상실한 상태에서 탱크 내부로 붙여넣은 압축공기의 압력으로 인해 덮개의 고정장치가 밀려남
 - (보호구 미착용) 안전대, 안전대 등 추락에 대비한 안전보호구를 착용하지 않은 상태로 재해자가 탱크 상부로 올라가서 작업
- ② 기여요인
 - (잠금장치 관리 미흡) 하역작업 시 트레일러 탱크 내부 압력이 2.0kgf/cm² 까지 올라가지만 맨홀 잠금장치에 대한 점검 미실시

예방대책

- ① 정기적인 점검 실시
 - 설비 노후도에 따라 주기적인 점검 포인트를 정한 후 점검 실시
- ② 예방정비 실시
 - 설비 등이 본래 기능을 상실한 적이 있거나 상실할 우려가 있는 경우 예방정비를 실시
- ③ 하역 작업 시 주의사항 숙지
 - 공기압축기 작동 전 맨홀 및 석션홀이 정상적으로 잠겨있는지 확인
 - 탱크 내 압력이 제거되지 않은 상태에서 배출 호수 분리 금지
 - 배출작업장 호퍼와 연결된 밸브 개방
- ④ 작업 시 적절한 안전보호구 착용
 - 추락위험이 있는 장소에서 작업 시 안전대, 안전대 등 적절한 보호구 착용

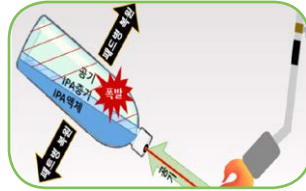
주형 건조작업 중 용기 폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
폭발	사망	63세	생산

'2022. 06. 00.(목) 14:26경 경기도 김포시 소재
OOO에서 이소프로필알코올(IPA)과 LPG 토치를 사용하여
주형* 건조 중 이소프로필알코올을 소분용기가 폭발하여
재해자가 화상을 입은 후 치료중 사망함

* 주형 : 금속을 용해하여 주물 제품을 만들기 위한 형틀(거푸집)



작업상황

- **(합형 공정)** 주형에 도형제를 바르고 토치로 표면을 건조시킨 후, 분리되어 있는 주형을 합하여 정렬 ※본 재해는 토치로 표면 건조 중 발생
- **(건조 작업)** 페트병에 이소프로필알코올(인화점 11.7℃ 인 인화성 액체)을 소분하여 몰출처럼 뿌리면서 동시에 LPG 토치로 주형을 건조
- **(용도의 사용)** 이소프로필알코올은 도형제 점도조절 용도이나, 도형제를 빠르게 건조하기 위한 용도로 사용

발생원인

- ① **직접원인**
 - **(인화성액체)** 주형을 빠르게 건조하기 위해 주형에 인화성액체인 이소프로필알코올을 분사
 - **(LPG 토치)** 주물을 건조하기 위해 이소프로필알코올을 분사하는 소분용기와 점화원이 될 수 있는 LPG 토치의 불꽃이 가까이 접근
- ② **기여요인**
 - **(경고표지 미부착)** 이소프로필알코올 소분 용기에 그림문자, 유해·위험 문구, 예방조치 문구를 담은 경고표지 미부착

예방대책

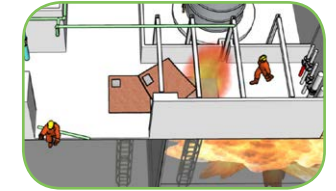
- ① **인화성 액체와 점화원 접근 금지**
 - 인화성액체는 화재·폭발의 위험이 높으므로 불꽃, 아크 등 점화원의 접근을 금지
- ② **소분용기에 경고표지 부착**
 - 위험물질을 소분하는 용기에는 그림문자, 유해·위험 문구, 예방조치 문구 등을 담은 경고표지를 부착하여 근로자가 해당 물질의 대한 위험성을 상시 인지하도록 조치
▶ 산업안전보건법 제115조(물질안전보건자료대상물질 용기 등의 경고표지)
- ③ **화학물질 사용에 관한 관리·감독 철저**
 - 사업주는 사업장에서 사용하는 화학물질을 본래의 용도 외에 사용하지 않도록 관리·감독 실시

배관 설치 작업 중 저류조 폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
폭발	사망	28세	용접공
	부상	52세	배관보조공

2022. 06. 00.(토) 13:45경 경기도 평택시 소재
OOOO에서 저류조 연결 배관 설치 작업 중 저류조가
폭발하여 1명이 사망하고 1명이 화상을 입음



현장상황

- **(저류조 유입물)** 바이오가스 생산공정에서 발생하는 슬러지를 유입
- **(신설배관 설치)** 설비 가동중단 없이 정상운전 중에 배관 설치 작업을 위해 배관에 용접기 작업 진행

발생원인

- ① **직접원인**
 - **(인화성가스)** 저류조에 유입되는 슬러지에 포함되어 있는 혐기성 미생물이 휘발성 고형물을 추가로 분해시켜 저류조 내부에서 바이오 가스가 생성
 - **(용접기작업)** 바이오가스가 발생할 수 있는 저류조 기존배관에 신설배관 연결을 위해 기존 배관에 용접기 작업을 실시
- ② **기여요인**
 - **(안전보건 정보 미제공)** 저류조 내 인화성 가스 채류 가능성 및 저류조 잔류 가스 성분 등 화기작업 시 필요한 안전보건 정보를 협력업체에 미제공

예방대책

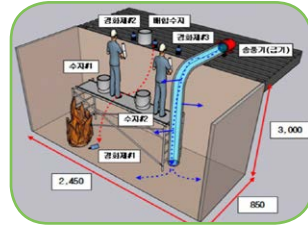
- ① **소화슬러지 저류조 내부를 폭발위험장소로 구분·관리**
 - 인화성 가스가 발생 또는 채류될 수 있는 소화슬러지 저류조 내부 등을 폭발위험장소로 구분·관리하여 점화원이 되는 작업을 제한하거나 작업전 안전조치 실시
- ② **협력업체 안전보건정보 제공**
 - 설비의 개조, 분해, 해체 또는 철거 작업을 할 때 적절한 작업 방법 및 안전보건 대책 수립을 위해 안전보건에 대한 정보를 문서 및 기타 적절한 방법으로 원청에서 협력업체에 제공
- ③ **작업에 대한 관리·감독 철저**
 - 작업자 및 관계자가 실제적인 위험요인 파악 및 대책을 수립하기 위한 위험성 평가 실시
 - 작업자 교육, 원청의 현장감독 실시 등 작업에 대한 관리·감독 철저

도금조 보수작업 중 화재

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
폭발	화상	62세	FRP기능공
	화상	57세	FRP기능공

2022. 06. 00.(토) 12:50경 부산시 사하구 소재 0000에서 도금조 보수작업 중 도금조 상부에 있던 경화제가 떨어지면서 화재가 발생하여 근로자 2명이 화상을 입음



현장상황

- (도금조 보수) 도금조 내부 표면 보수를 위해 FRP 적층공사를 진행함
작업순서 : 면처리 - 배합 - 적층 - 경화 - 검사
*본 재해는 적층 작업 중 발생, 배합된 수지액을 롤러로 도포하여 유리섬유를 붙이는 작업
- (경화제) FRP 적층 시 사용되는 인화성 물질이 도금조 위에 소분되어 방치됨

발생원인

- (인화성분위기) 도금조 표면 보수에 사용되는 물질이 인화성 분위기 형성
· 손상된 FRP 적층면의 접착성 향상을 위해 그라인딩 시 FRP분진(가연성 분진)이 형성, 도금조 내부 바닥에 분산
· 경화제에 포함된 스티렌모노머 등 인화점이 낮은 물질이 증발하여 인화성 분위기 형성
- (자연발화) FRP 분진과 경화제가 혼촉되어 발생한 반응열이 축적, 온도가 상승하여 경화제에 포함된 MEKPO의 자연발화온도에 도달

예방대책

- ① 도금조 내부 작업 시 작업 전·작업 중 환기 조치 실시
 - FRP 적층 시 사용되는 수지는 인화성 물질로 화재위험분위기를 형성할 수 있으므로 급·배기장치를 설치하여 충분한 환기를 실시
- ② 유기과산화물 취급 시 유의
 - 유기과산화물 등 위험물질이 포함된 경화제를 소분해서 사용 시 Dropper 형태의 전용 액체 용기를 이용
 - 작업이 끝난 후 보관장소로 이동
 - 이물질의 침투나 보관용기 누설이 없도록 관리 철저

페드럼 분쇄 중 화재·폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
화재	사망	39세	생산직

2022. 06. 00.(수) 14:24경 강원도 원주시 소재 0000에서 작업자가 페드럼을 분쇄기에 투입한 직후 화재·폭발이 발생하여 작업자가 사망함



작업상황

- (재생플라스틱 생산 공정) 페드럼을 분쇄하여 재생 플라스틱을 생산하는 공정에서 사고가 발생
- (페드럼 전처리 미실시) 페드럼을 분쇄기에 투입하기 전 세척 등 전처리 작업 미실시

발생원인

- ① 직접원인
 - (페드럼 잔류물) 분쇄기 화재·폭발 직전 작업자가 분쇄기로 넣은 페드럼에 인화성 물질이 잔류
 - (정전기 축적) 페드럼 하역 시 지면으로 던져짐, 회전시키면서 운반, 굴러서 분쇄기 투입을 실시하여 내부 잔존물 유동에 의한 마찰로 정전기가 발생 및 축적
 - (마찰열) 분쇄기 분쇄날과 페드럼 마찰에 의한 고온 형성으로 폭발
- ② 기여요인
 - (위험성평가 미실시) 페드럼을 분쇄기에 투입하기 전 화재·폭발 위험을 예방하기 위한 유해·위험요인 파악 및 그에 따른 감소대책 미수립

예방대책

- ① 작업 전 위험방지조치 철저
 - 분쇄기 작업 시 내부에 점화원이 발생할 위험이 있으므로 페드럼 투입 전 페드럼 내부의 인화성 액체를 제거하는 등 위험방지를 위한 사전 안전조치 실시
- ② 위험성평가 실시
 - 분쇄작업 중 화재·끼임과 같은 근로자의 부상 또는 질병으로 이어질 수 있는 유해·위험요인을 파악하고 그에 따른 개선대책을 수립하는 위험성평가 실시
- ③ 안전보건교육 실시 철저
 - 근로자에게 산업안전 및 사고 예방을 위한 안전보건교육 실시 철저

폐황산 이송작업 중 폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
폭발	화상	43세	생산

2022. 05. 00.(화) 15:35경 전라북도 소재 000에서 폐황산을 IBC 용기로 이액하던 중 IBC 용기에서 폭발이 발생하여 근로자가 화상을 입음



작업상황

비정상 작업

- (정상) 폐황산 전용 IBC 용기에 폐황산 이액
- (비정상) 재생오일 전용 용기에 잔류하는 재생오일을 제거하지 않고 폐황산 주입

발생원인

① 직접원인

- (인화성액체) IBC 용기에 인화성 액체가 포함된 재생오일 잔류
- (용기 내부 정전기) 황산 이액 시 발생하는 충돌대전, 분출대전 등 작업상황에서 발생 할 수 있는 정전기 축적

② 기여요인

- (잔류물질 관리) IBC 용기에 잔류하는 재생오일 미제거
- (전용 용기) 폐황산 전용 IBC 용기를 사용해야 하지만 재생오일 전용 IBC 용기 사용
- (재고관리) 폐황산 전용 IBC 용기의 재고관리 미실시

예방대책

① 취급물질별 작업 절차서 수립

- 공정에서 취급하는 모든 물질에 대한 작업 절차서 작성

② IBC 용기 재고관리 시스템 구축

- 공정유체 취급량을 고려하여 IBC 용기의 재고를 관리하도록 시스템 구축

③ 위험성 평가 실시

- 생산 절차/작업 절차에 대해 누락없이 위험성 평가 실시

④ 정전기축적방지조치실시

- 인화성 물질 취급 시 정전기 축적을 방지하기 위해 접지봉 및 접지 장치 사용
- 작업자 등전위로 인한 인체 대전방지를 위한 제전복, 제전화 착용

밸브 정비작업 중 폭발·화재

재해개요

발생형태	부상 정도	재해자수	연령	직종
폭발화재	사망	1명	39세	계기정비
	화상	4명	54세, 34세, 31세, 25세	기계조작
	화상	1명	45세	기타관리
	화상, 이명	3명	45세, 40세, 31세	계기정비
	경상	1명	32세	중장비기사
	경상, 타박상	2명	27세, 35세	경비

2022. 05. 00.(목) 20:51경 울산시 소재 0000에서 밸브 고착 해소를 위한 정비 작업 중 인화성 물질 누출로 인해 폭발·화재가 발생하여 1명이 사망하고 11명이 부상당함

작업상황

- (밸브고착) 공정 시운전 중 밸브가 정상 작동되지 않아 해당 밸브의 돌발정비를 진행
- (누출차단 미실시) 작업구간을 격리하기 위한 맹판 미설치
- (원료 투입방법 변경) 밸브가 설치된 공정의 설비 시운전을 위한 원료 투입방법 변경

발생원인

① 직접원인

- (인화성물질) 인화점 -97도인 극인화성 물질 취급 중 밸브에서 누출 발생
- (점화원) 기계적 에너지, 정전기 등 점화원으로 작용 가능
- * 밸브 BONNET 과ACTUATOR가 바닥과 부딪히며 스파크 발생 가능
- * 밸브 BODY를 통해 분출되며 분출대전 발생 가능

② 기여요인

- (맹판) 공정유체 누출 방지를 위한 맹판 미설치
- (작업허가서 안전조치사항) 작업허가서 발행 시 공정 격리를 위한 맹판 설치, 밸브 닫힘 조치여부 미확인

예방대책

① 위험물 누출방지조치

- 밸브 정비작업 시 타 설비로부터 공정유체가 흘러나오지 않도록 작업구간에 맹판 설치 등의 조치 실시

② 작업허가서 안전조치사항 점검 철저

- 작업허가서 발행 및 승인 시 작업 전 안전조치사항에 대한 필요 유무를 교차 확인
- 각각 점검 항목에 대해서 엄격히 점검

③ 작업 절차 변경 시 작업계획서 작성

- 원료 투입방법 변경 시 작업계획서 작성
- 부분적이고 일시적인 작업종지 후 운전재개를 포함하는 작업계획서 작성

인화성 액체 이송 중 화재·폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	동종경력
폭발	사망 1명	23세	
	부상 1명	61세	

2022. 05. 00.(월) 00:00경 경남 소재 ○○ 분체도장실 세척장에서 히터 교체를 위해 세척조 내부 세척제를 드럼 펌프를 사용하여 빈 드럼통으로 옮기는 작업 중 세척제 유증기에 화재·폭발이 발생하여 1명이 사망하고 1명이 부상당함



작업상황

비정상 작업

- (인화성 물질 제거 미실시) 세척조 내부 인화성 액체 제거하지 않고 작업실시
- (방폭 전기기계 기구 미사용) 비방폭형 드럼펌프 세척조 내부에 투입하여 점화원이 됨 주입

발생원인

- ① 직접원인
 - (인화성액체) 설비 내부에 인화성 액체의 제거 미 실시
- ② 기여요인
 - (폭발위험장소 설정 미실시) 인화성액체 저장 세척조 폭발위험장소 미설정 비방폭전기기계 기구를 사용
 - (작업절차 부적절) 세척조 내부 유지 보수시 인화성액체 제거를 위하여 작업자가 방독마스크 착용 후 입조하여 펌프를 작동시킴

예방대책

- ① 폭발위험장소 설정 및 방폭 전기기계 사용
 - 인화성 액체를 사용하는 세척작업 장소는 한국산업표준으로 정하는 기준에 따라 가스폭발위험장소로 설정하고, 위험장소에 따른 환기 및 인화성 증기에 적합한 방폭기능을 가진 방폭전기기계 기구를 사용하여 점화원을 제거
 - ② 안전한 방법으로 작업절차 변경
 - 세척조내 인화성액체 제거 작업시 작업자가 입조하지 않고, 비위험장소에 펌프를 설치하여 인화성 액체를 이송하는 등의 방법으로 작업방법 변경 작업전 인화성가스의 농도를 측정하고 환기 등의 방법으로 인화성 증기 제거 후 작업 실시
- 작업전 인화성 액체 및 증기 제거
 - 폭발위험장소 구분 및 방폭전기기계 기구 사용
 - 인화성 가스 농도 측정 및 환기 실시

화기 작업 중 비산물에 맞아 사망

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
폭발	사망	54세	취부공

'2022. 04. 00.(토) 07:45경 울산시 소재 0000에서 금속 절단면 이물질 제거를 위한 토치 작업 중, 인근 툴박스에 체류된 인화성 가스가 비산된 볼티에 의해 점화되면서 폭발에 의해 급격히 개방된 툴박스 문 및 비산된 자동 절단기 레일에 맞아 사망함



작업상황

비정상 작업

- (정상) 금속의 용접, 용단 작업 시 화재·폭발 위험 내용을 포함하여 위험성 평가 실시하고, 작업 전 가스누출여부, 밸브 잠금 상태 등에 대해 확인 후 안전점검 일지에 기록
- (비정상) 금속의 용접 등 인화성 가스 사용 작업 시 화재·폭발에 대한 위험성 평가를 누락 하였으며, 작업 전 가스누출여부, 밸브 잠금 상태 등의 확인여부를 기록 한 점검표 부재

발생원인

- ① 직접원인
 - (인화성가스 체류) 작업 위치 인근 툴박스에 인화성 가스가 체류
 - (비산볼티) 금속 절단 시 비산된 볼티가 점화원으로 작용
- ② 기여요인
 - (가스호스) 피재자가 사용한 가스 절단기의 에틸렌 호스 전단 손상부위에서 가스 누출
 - (폭발위험장소) 인화성 가스를 취급하는 지역에 대해 폭발위험장소 해당여부 미검토 및 적절한 관리 미실시

예방대책

- ① 관리감독자 유해·위험 방지 업무 이행 철저
 - 관리감독자는 특수한 상황(조기출근·휴일 등)에도 작업 지휘, 감시 및 작업 전 호스 등에 대한 점검을 실시하는 등 해당 업무를 수행할 수 있도록 관리
- ② 작업 전 점검사항에 대한 점검 및 조치 철저
 - 용접 용단 등 화재 위험 작업 시 작업 시작 전 주변에 가스가 체류할 만한 공간에 대해 환기조치 실시, 볼티 비산방지 조치를 실시
 - 용접 용단 등 화재 위험 작업 시 작업 중 쉽게 사용가능한 곳에 소화기구 비치
- ③ 폭발위험장소 설정 및 관리
 - 에틸렌, NG 등 인화성 가스를 취급하거나 사용하는 장소는 한국산업표준 (KS C IEC 60079- 10-1)에 따라 폭발위험장소 해당여부 검토
 - 폭발위험장소 설정 시 가스검지 및 경보장치 설치 등 적절한 관리 실시

폐유저장탱크 상부 작업 중 폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
화재·폭발	사망 1명	만 61세	20년

2022. 05. 00.(화) 15:35경 전라북도 소재 000에서 폐황산을 IBC 용기로 이액하던 중 IBC 용기에서 폭발이 발생하여 근로자가 화상을 입음



작업상황

① 인화성 가스 농도 측정 미실시

- 화기작업 전 인화성 가스의 농도 미측정

발생원인

① 직접원인

- (인화성증기)폐유 저장탱크의 통기관으로 배출되는 인화성 유증기에 토치 불꽃이 점화원으로 작용

② 기여요인

- (물질 정보 확인 미흡) 성분이 일정하지 않고 이물질이 혼입될 우려가 있는 폐유가 다양한 경로를 통하여 대량 입고 된 후, 물리적 방법만으로 정제가 이루어져 취급 및 저장 중인 폐유 내에 인화성 액체의 포함여부를 확인 할 수가 없음
- (작업절차 부적절) 저장된 폐유의 위험성(인화성 액체 포함 또는 인화성 증기 발생)을 알지 못하는 상태에서 화재/폭발 예방조치 없이 탱크상부에서 토치를 사용하여 화기작업을 실시함

예방대책

① 화재폭발 예방 조치 및 작업 절차 변경

- 위험물 혹은 인화성 유류 등이 있을 우려가 있는 배관, 저장탱크, 드럼 등 용기와 관련된 작업 전 인화성 가스 농도를 측정하고,
- 인화성액체를 제거 후 화기작업을 실시하거나, 안전한 장소에서 화기작업을 실시 후 위험 장소에서는 볼팅(Bolting) 등의 작업을 수행하여 화기작업으로 인한 점화원을 제거하여야 함

② 물질 정보 확인

- 폐유 수거시 업체로부터 물질안전보건자료(MSDS) 등을 받아 물질의 위험성을 확인하고, 인화성, 독성에 관한 정보를 근로자에게 교육하여 사고를 예방하여야 함

- 작업 전 인화성 가스 농도 측정
- 저장/취급중인 물질의 위험성 확인
- 화재 예방 조치 및 비 화기작업으로 절차 변경

점착제 이송 작업 중 화재

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
화재	화상 2명	55세/53세	기계조작원

2022. 04. 00.(수) 09:08경 부산시 소재 0000에서 교반기 내부에 잔류하는 점착제를 다른 교반기로 옮기는 작업을 하던 중 화재가 발생하여 작업자 2명이 화상을 입음

작업상황

- (배관막힘) 교반기작업 후 배관 막힘으로 점착제가 이송되지 않음
- (비정형 작업) 인력으로 점착제를 옮김
 1. 작업자②가 교반기 내부에 통을 넣어 점착제를 담은 후 작업자③에게 신호를 주어 통을 올리게 함
 2. 들어올려진 통을 작업자②가 작업자①에게 전달하면 옆 교반기 투입구에 점착제를 부음

발생원인

① 직접원인

- (인화성증기) 점착제 제조 시 사용되는 용제가 고인화성 액체이며, 점착제 이송작업 시 열려있는 맨홀을 통해 용제 유증기가 교반기에서 대기로 확산
- (점화원) 점착제 이송 시 사용한 도르래 베어링의 마찰 스파크, 인체에 및 작업복에 대전된 정전기 방전 또는 전기기계·기구의 스파크가 점화원으로 작용

② 기여요인

- (작업장환경) 작업장은 자연환기가 원활하지 않은 상태이며, 강제환기장치 미설치
- (점화원관리) 인화성 가스 분위기가 형성될 수 있는 작업장에서 점화원 관리 미실시

예방대책

① 화재 위험 장소 환기 실시

- 설비 노후도에 따라 주기적인 점검 포인트를 정한 후 점검 실시

② 정전기로 인한 화재 예방 조치 실시

- 인체에 대전된 정전기에 의해 화재 위험이 있는 경우 정전기 대전방지용 안전화 착용, 제전복 착용, 정전기 제전용기 사용 등의 조치 실시
- 작업도구는 정전기 발생의 최소화를 위해 대전방지제, 제전기를 사용하거나 도전성 재질 사용

③ 폭발위험장소 설정 및 관리

- 점착제 제조 작업장은 폭발위험장소 선정기준에 맞게 폭발위험장소로 구분
- 폭발위험장소는 적절한 환기 및 점화원 관리 실시

④ 안전한 점착제 이송방법 검토

- 이송배관 점검을 위해 점착제 이송 작업방법을 변경하는 경우 이동식 액체 이송펌프를 사용하는 등 안전하게 이송작업 실시

설비 청소 중 분진폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
폭발	부상	50세	정비
	부상	53세	정비

2022. 04. 00.(일) 09:50경 대구 달성군 소재 0000에서 쇼트 블래스트 기계의 국소 배기장치의 분진 청소를 위해 수공구를 사용하던 중 폭발로 인해 2명이 부상당함



작업상황

- (분진제거) 집진기 호퍼 내벽에 고착된 분진을 제거하는 청소 작업을 위해 호퍼 내부에 진입
- (금속 수공구) 고착된 분진 제거를 위해 금속 재질의 수공구를 사용
- (인화성 고체) 금속 수공구(작대기)로 호퍼 내벽에 고착된 분진을 타격하여 철분진(인화성고체) 부유

발생원인

- (금속 분진 취급장소에서 충격 행위) 금속분진이 존재하는 집진기 내부에서 청소작업을 하면서 수공구로 충격을 가함
- (금속 재질 수공구 사용) 금속분진이 발생할 수 있는 공간에서 충격에 의해 불꽃을 발생시킬 수 있는 금속 재질 수공구를 사용

예방대책

① 금속 분진 취급 장소에서 충격 금지

- 금속 분진이 존재하는 집진기 내부에서 청소작업 시 하면서 수공구로 충격을 가하는 행위 금지

권고사항

- ① 필터의 분진 탈락을 위해 사용하는 압축 공기로부터 수분 유입 방지
- ② 분진 배출 주기 개선
- ③ 분진 제거가 용이한 분리형으로 호퍼를 개선

② 불꽃을 발생시킬 수 없는 수공구 사용

- 집진기 내부의 금속 분진을 제거하기 위해 수공구 사용 시 불꽃을 발생시킬 수 없는 수공구 사용
- 불꽃이 발생하여도 점화 온도 이하 또는 점화에너지 이하로 생성되는 방폭 공구 사용

폐유기용제 저장탱크 폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
화재폭발	사망	59세	용접공
	사망	61세	용접공

'22. 3. 00.(화) 10:23경 경기도 소재 0000에서 폐유기용제 저장탱크 상부에서 배관 용접작업 중 탱크가 폭발하면서 작업자 2명 사망



작업상황

불안전한 상태

- (위험물질 잔류) 저장탱크에 인화성 물질이 잔류하는 상태에서 탱크 연결 배관 용접작업을 진행함

발생원인

① 직접원인

- (인화성물질) 탱크 내부에 인화성 폐유기용제 잔류
- (화기작업) 탱크 잔류 물질을 제거하지 않은 채 배관 연결 용접작업 진행

② 기여요인

- (위험성평가 미실시) 작업 방법, 작업 형태에 대한 위험성 평가 미실시
- (설계도서 부재) 배관 설치작업을 위한 사전 설계도서 부재

예방대책

① 위험물질 제거

- 탱크에 배관 연결을 위한 용접작업 실시 전 잔류하는 인화성 물질 제거

② 위험성 평가 철저

- 작업 단계별 위험성 평가를 실시하여 위험성 확인 및 개선

③ 작업자 교육 철저

- 설비 취급 물질 위험성, 작업 주의사항, 비상시 조치사항을 포함하여 작업자에 교육 철저

- 인화성 물질 취급 설비 화기작업 금지
- 용접용단작업 시 화기감시자 배치
- 용접 작업 전 잔류 위험물질 제거
- 위험성 평가 철저

세척조 청소 중 사망

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
중독	사망	57세	생산

'2022. 03. 00.(토) 09:30경 인천시 소재 OOOO에서 디클로로메탄을 사용하는 세척조 내부 청소를 위해 세척조에 남은 디클로로메탄을 바가지로 퍼내는 중 쓰러져 사망함

작업상황

비정상 작업

- (정상) 개인보호구를 착용하고 세척조 내부 물질 제거작업 실시
- (비정상) 개인보호구를 착용하지 않고 세척조 내부에서 단독으로 물질 제거작업 실시

발생원인

① 직접원인

- (개인보호구) 작업자가 유해물질 중독에 대비한 방독마스크 등 개인보호구를 착용하지 않은 상태로 세척조 내부에서 디클로로메탄 제거 작업 실시

② 기여요인

- (환기설비) 세척조 상부에 환기설비가 설치되어 있으나 설치 위치가 높고 설비 입구에 간섭물이 설치되어 환기시설의 역할이 불가능함
 - ① 세척조 입구로부터 약 2.6 m 상부에 환기설비 설치
 - ② 호이스트 이동을 위한 H-Beam 이 환기시설 입구에 설치되어 간섭
- (작업자 교육) 유해물질을 취급하는 작업자에게 유해물질 취급상 주의사항, 취급 시 착용해야 할 보호구에 대해 교육을 실시하지 않음

예방대책

① 관리대상 유해물질 관계 설비 설치 철저

- 관리대상 유해물질을 취급하는 업무에 종사하는 경우 증기 등의 발산원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치를 적절히 설치

② 개인보호구 착용 철저

- 디클로로메탄 취급 시 방독마스크 등 유해물질로부터 작업자를 보호할 수 있는 적절한 개인보호구를 착용

③ 근로자 안전보건교육 실시

- 관리대상 유해물질을 취급하는 근로자에게 유해물질의 특성 및 인체에 미치는 영향, 보호구 사용에 관한 사항 등을 내용으로 교육 실시

④ 세척조 청소방법 개선

- 디클로로메탄 배출을 위한 배출구를 세척조 하단에 설치하는 등 물질 배출 방법 보완
- 세척조 청소 시 내부에 진입하지 않고 외부에서 청소작업을 실시 하도록 청소방법 개선

기밀시험 중 열교환기 파열

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
폭발	사망 4명, 부상 4명	-	상용 2명, 일용 6명

22.2.11.(금) 09:26경 여수소재 사업장에서 고압공기를 이용하여 열교환기 기밀시험을 하던 중 Backing Device 파단으로 Floating Head Cover가 비래하면서 4명이 사망하고, 4명이 부상.

작업상황

비정상적 작업 수행

- (정상) Backing Device 등 취약부에 대해 기밀시험 전 적절한 상태 확인 및 파열방지를 위한 기밀시험 안전기준 준수
- (비정상) Backing Device 기계적 안전성이 미흡한 상태에서 기밀시험 전 취약부에 대한 적절한 상태 확인없이 기밀시험 안전기준을 미준수하고 고압의 기밀시험 수행



Backing Device 단면

발생원인

① 직접원인

- (기계적 안전성) Backing Device는 노치부의 응력집중, 가공오류, 재질, 장기간 사용에 따른 부식 등으로 기계적 안전성 취약
- (안전기준 준수) 기밀시험 전 취약부 상태 확인 미흡 및 기밀시험에 따른 안전 작업절차 (단계적 가압, 별도의 Holding Time, 수압테스트 원칙 등) 미준수

② 기여요인

- (위험성 인지) 위험성평가, 작업계획서, 교육 등 미흡한 위험성의 인식·관리·전달체계에 의해 근로자들이 기밀시험의 위험성을 충분히 인지하지 못함.
- (개선시스템) 과거 동종 열교환기의 Backing Device를 균열로 인해 교체하였으나 해당 내용이 공유되고 반영되지 못함

동종재해 예방대책

① 취약설비 유지관리 철저

- ①검수관리(규격, 재질, 용접부 등), ②노후설비 내구 연수 설정 및 특정부품 수명관리 철저, ③취약부에 대한 비파괴 검사 등 설비점검 강화

② 기밀시험 기준강화 및 준수

- 기밀시험 시 단계적 승압, Holding Time, 수압시험 우선, 시험압력 최소화, 최소 인원 작업 등 기준강화 및 준수

③ 위험성 인식·관리·전달 체계 강화

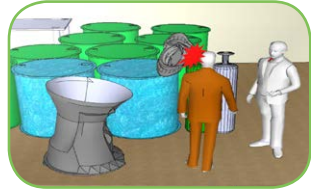
- ①위험성평가, 작업계획서, 교육 등 강화, ②위험상황·사고로부터 배우는 개선 시스템 강화, ③절차서의 일관성 유지 및 협력업체와 공유 철저

드럼통 용단작업 중 폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	동종경력
폭발	사망 1명	60세	26년

'22. 2. 00.(금) 12:00경 울산 소재 0000에서 산소-LPG 가스절단기로 드럼통 용단작업을 준비하던 중 드럼통이 폭발하여 작업자가 파편 (경판부)에 후두부를 맞아 사망



작업상황

불안전한 행동

- (잔류 물질 미확인) 드럼통은 도료용 알킬드 수지를 저장했던 설비로 인화성물질로 구분되어 잔류물질 및 그 증기가 가연물이 될 수 있음 ▶ 드럼통 주입구 및 통기구 닫힌 밀폐상태로 보관
- (점화된 토치 방치) 드럼통 상부 점화된 산소-LPG 가스 절단기 토치를 올려놓고 동료 작업자와 대화 ▶ 점화된 토치에 의한 드럼통 경판 구멍 생성 ⇒ 산소 유입

발생원인

① 직접원인

- (점화원) 점화된 토치를 가연성 물질 저장했던 드럼통 상부에 방치
- (내용물) 내용물 확인하지 않고 주입구 및 통기구 닫힌 밀폐상태보관

② 기여요인

- (안전조치) 작업 중단 시(동료와 대화) 가스 등을 공급하는 공급구 밸브나 콕 미차단
- (교육) 인화성 액체 취급작업시 해당 물질에 대한 유해·위험성과 취급 시 주의사항 등에 대한 근로자의 교육 미실시
- (위험요인) 드럼통 용단작업에 대한 위험요인 파악에 따른 필요조치 미이행

예방대책

① 점화된 토치 소화 및 드럼통 내 잔류상태 확인 후 제거

- 작업 중단 및 휴식 시 사용했던 가스 등의 공급구 밸브나 콕을 반드시 차단하여 토치 화상상태 확인
- 가스절단작업 전 내부세척 또는 퍼지·플러싱 등의 방법으로 인화성물질 체류 차단 후 작업 수행

② 인화성 액체 취급 작업에 대한 교육 실시

- 인화성 액체의 성질이나 상태, 취급방법 및 안전수칙, 화기 등 위험방지에 관한 사항에 대해 교육을 실시하고 해당물질의 유해성, 위험성 및 취급시 주의사항을 근로자가 숙지토록 조치

- 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치
- 특별안전보건교육 실시
- 위험성평가 실시

열매유 보일러 팽창탱크 화재·폭발

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	동종경력
화재·폭발	사망 1명	33세	
	부상 1명(중상)	31세	
	부상 1명(경상)	35세	
	부상 1명(경상)	26세	

2022.01.00.(금) 00:00경 충북 소재 (주)○○ 보일러실(4층)에서 열매유 보일러 팽창탱크 2기의 폭발·화재가 발생하여 근로자 1명 사망, 2명 부상당한 재해

※ 팽창탱크 A가 1차 폭발 후 화재영향 등으로 팽창탱크 B가 폭발한 것으로 추정

작업상황

① 열매유의 부적절한 사용

- 열매유의 끓는점(335°C) 이상의 고온으로 장기간 사용(17개월)하여 열매유가 열화,기화 및 열 분해됨

발생원인

① 직접원인

- (열매유 기화 및 열분해) 열매유 순환배관 및 팽창탱크 내 기화된 열매유 증기가 채워지고, 열 분해된 수소가 가연물이 됨

② 기여요인

- (설비의 용도 외 사용) 열매유 팽창탱크를 상압탱크로 설계,설치하였으나 질소 공급 설비를 추가하면서 압력용기로 변경하여 사용
- (작업계획서 미작성) 열매유가 급격히 줄어드는 등 이상발생시 작업계획서(안전운전절차서)에 따라 조치하여야 하나 작성하지 않음

동종재해 예방대책

① 열매유 특성을 반영한 사용 및 관리

- 열매유는 주로 수분에 의한 오염, 공기접촉에 의한 산화, 장기간 고온으로 사용할 경우 열화 또는 분해 등의 위험이 있으므로,
- 사용온도에 적합한 열매유를 선정하여 안전한 온도범위로 운전하여야 하며, 열매유 사용 기준에 미달할 경우 적합한 시기에 교체 또는 보충 등 관리

② 작업계획서(안전운전절차서) 작성 및 준수

- 각 상황 별로 안전하게 설비운전을 할 수 있도록 작업계획서를 상세하게 작성하여 그 계획서에 따라 안전하게 운전
- 작성된 작업계획서는 관련 근로자에게 교육하여 정상운전뿐만 아니라 시운전 및 비상 상황시에 적절하게 조치

③ 설비 및 공정 등의 변경시 위험성평가 실시

- 공정 사용유체, 설비 등을 변경하여 용도 외 사용할 경우 변경으로 인해 발생하는 유해위험 요인에 대하여 상세히 검토 후 실행

폐기를 선별 작업장 화재

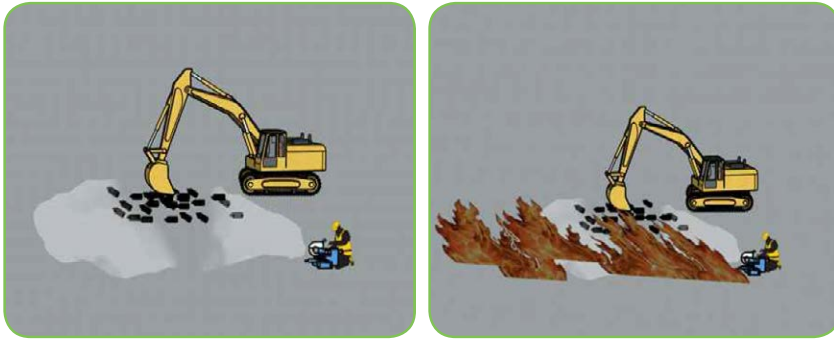
재해개요

'21.10.06.(수) 00000000(주) 소재 폐기물 선별 작업장에서 굴착기 사용 및 수작업으로 소각용 폐기물 선별 작업 중 미상의 원인에 의해 화재 발생하여 2명 화상(치료 중 1명 사망)

유사 재해사례

- 2016.02. 폐기물 운반차량 적재함 출입문 개폐장치 용접작업 중 미상의 원인에 의해 화재가 발생하여 2명 사망
- 2021.08. 굴착기로 산업용폐기물(소독제 스프레이 용기)을 압착하는 과정에서 발생한 인화성 물질에 인근에서 작업 중이던 용접 불티에 점화되어 1명 사망

재해상황도



재해예방대책

① 화재예방 조치 철저

- 펠스프레이 캔 압착·파쇄 과정에서 발생한 LPG가스 및 에탄올 증기에 의해 화재 위험 분위기가 형성되지 않도록 환기·통풍조치 철저
- 작업장내 인화성물질 누출에 의한 화재위험분위기 형성 여부를 사전에 확인할 수 있도록 가스검지 및 경보장치 설치

② 화기 등 관리 철저

- 화재 위험분위가 형성된 장소에서 점화원으로 작용할 수 있는 화기사용 금지

③ 화재위험작업 시 관리감독 업무 철저

- 인화성물질 누출에 의한 화재위험분위가 형성되지 않도록 현장 관리감독 실시 및 작업 전 물질 및 작업 중 발생 가능한 위험성, 비상조치 등에 대한 교육 실시

페스크랩 파·분쇄작업 중 화재

재해개요

'21.09.26.(일) 00000(주) 공장에서 파·분쇄기에서 페스크랩*을 투입하던 중 미상의 원인에 의해 화재가 발생하여 근로자 2명이 화상을 입은 재해임(치료 중 1명 사망)

* 페스크랩 : 2차전지 양극재 재료로 금속산화물이 알루미늄 포일에 도포된 것으로 도포되지 않은 양 쪽 끝부분을 재단한 스크랩

유사 재해사례

- 2011.11. 구리산화물+알루미늄합금분말 혼합기에서 이물질 혼입에 의한 화재로 2명 사망
- 2018.04. 혼합금속분말(금속산화물+알루미늄분말)을 용해대차 위 투입구에 삽 등을 이용하여 투입하던 중 화재가 발생하여 3명이 화상(치료 중 2명 사망)

재해상황도



재해예방대책

※ 초기 점화 이후 테르밋반응에 의해 빠른 속도로 화재 확산되었으며 초기 점화의 대책을 기술함

① 파·분쇄기 내부 분진 퇴적 및 부유 방지

- 파쇄기에 양극재 스크랩 투입 속도를 낮추고 국소배기장치의 용량 증대를 통해 파쇄기 내부에 알루미늄 분진이 퇴적 및 부유되지 않도록 조치
- 매일 작업 완료 후 파·분쇄기 내부에 퇴적된 분진을 제거(청소)하는 절차 필요

② 원재료 이물질 제거 선별작업 수행

- 양극재 스크랩을 파쇄기에 투입하기 전 점화원을 제거할 수 있는 이물질을 선별하는 작업을 추가

③ 양극재 스크랩 투입 방법 개선

- 파쇄기 및 양극재 스크랩 투입 위치가 2층으로 화재 발생 시 작업자의 신속한 대피를 위해 투입위치를 1층에서 컨베이어 등을 통해 투입되도록 방법 개선

탱크로리 용접 작업 중 화재·폭발

재해개요

'21.08.07.(토) 0000 공장에서 이온정제유 운반용 탱크로리 상부에 유증기 회수 배관 설치 용접작업 중 탱크 내부에 잔류하고 있던 유증기가 점화되어 화재·폭발이 발생하여 1명이 사망한 재해임

유사 재해사례

- 2013.10. 탱크로리 상부에서 내부 청소작업 중 불상의 이유로 탱크로리 폭발로 1명 사망
- 2011.09. 폐유 운반용 탱크로리 상부맨홀 볼트를 산소 절단기로 제거하던 중 폭발로 1명 사망

재해상황도



재해예방대책

- 용접 작업 전 탱크로리 내부 잔류 연료 제거 및 세정조치**
 - 탱크 보수를 위한 용접 작업 전 탱크로리 내 연료를 완전히 제거하고, 물 등을 이용해 철저히 세척한 후
 - 탱크로리 내부에 잔류가스농도를 측정하여 정상인 경우에만 용접작업 실시
- 연료탱크 용접작업 전 위험성 평가 철저**
 - 연료탱크 용접 작업 전 잔류 연료에 의한 화재·폭발의 위험성을 사전 검토하여 세정, 잔류가스 검지, 불활성화 등 조치 실시

소각재 낙하에 의한 수증기폭발

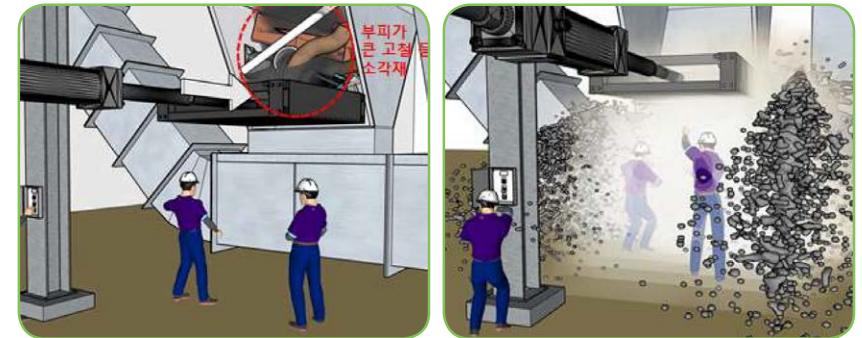
재해개요

'21.06.05.(토) 000000(주) 소각로 재배출 슈트가 막혀 뚫는 과정에서 불시에 고온의 재가 하부의 수조로 떨어지며 수증기 폭발이 발생하고 수증기와 고온의 재가 비산되어 근로자 1명이 사망하고 2명이 화상을 입은 재해임

유사 재해사례

- 2016.11. 소각로 재배출 슈트의 점검구를 개방한 상태에서 점검 작업 중 분출된 용융고형물 및 화염으로 1명 사망, 5명 화상
- 2006.11. 소각로 배출구가 막혀 점검 중 막혀있던 고온의 소각재가 수조로 떨어지며 수증기 폭발로 인해 1명 사망, 2명 화상

재해상황도



재해예방대책

- 부피가 큰 고형류 사전 선별**
 - 소각로에서 처리가 어려운 부피가 큰 고형류를 사전 선별하여 막히는 현상 방지
- 재배출 슈트 뚫는 절차 변경**
 - 막힌 소각재를 제거하는 경우 소각로를 먼저 가동중지 한 후에 막혀있는 소각재에 물을 분사하여 충분히 냉각시킨 후 제거
- 재배출 슈트 뚫는 작업 절차 교육 실시, 관리감독 철저**
 - 재배출 슈트 뚫는 작업 절차에 대해 근로자에게 교육을 실시하고, 관리감독 철저
- 고온의 소각재 비산 방지 조치 실시**
 - 고온의 소각재 비산으로 인한 화상 등 위험을 방지하기 위해 조치를 실시하고 근로자에게 방열복 등 보호구 지급 (예시. 조작판넬 안전한 위치로 이격설치, 방호벽 설치 등)

톨루엔 주입작업 중 화재

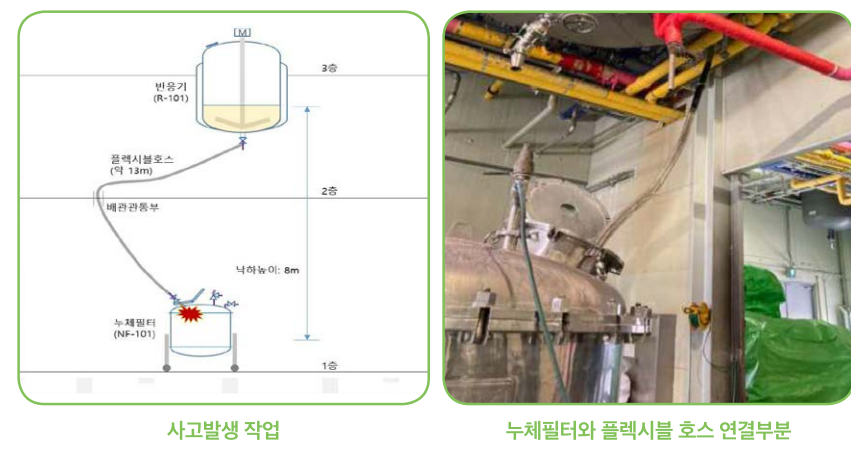
재해개요

2021.3.23(화) 15:30분경 2층 반응기에서 톨루엔(Toluene)으로 구조토 혼합물을 정제한 후 플렉시블 호스(50A)를 이용하여 1층 누체필터 * 상부의 맨홀로 이송(낙하높이: 8m) 투입하던 중 화재·폭발 발생(부상 2명)

* 누체필터: 원료 및 용제의 혼합이나 반응 후 고체와 액체상태로 혼합된 물질을 분리하기 위해 사용하는 설비

- 유사 재해사례**
- 2016.05. 톨루엔을 저장탱크에서 배합용기에 주입하던 중 화재 (사망 1명)
 - 2015.04. 톨루엔을 저장드럼에서 자유낙하방식으로 용기에 소분하던 중 화재 (사망 1명)

재해상황도



사고발생 작업

누체필터와 플렉시블 호스 연결부분

재해예방대책

- 톨루엔 혼합물의 이송방법 개선**
 - 톨루엔 혼합물 등의 인화성 액체를 이송하는 경우 유증기에 의한 폭발분위기가 형성되지 않도록 해야 하며 이를 위해 인화성 액체가 공기 중 산소와 접촉하지 않도록 밀폐형 이송구조로 개선이 필요
- 정전기 방지조치 실시**
 - 인체대전 방지를 위한 제전복, 대전방지용 안전화, 정전기 방지용 손목팔찌, 정전기 방지 스프레이 사용
 - 설비 대전 방지를 위한 접지 클램프 설치 및 정기적인 접지저항 측정
 - 배관 내 인화성액체 이송 시 안전이송속도를 1m/s로 유지 등

용해 공정 원재료 투입 시 수증기 폭발

재해개요

2021.02.22.(월) 20시 24경 0000(주)에서 금속 원재료 용해 공정에서 재해자가 지게차를 이용하여 원재료(알루미늄 거푸집)를 반사로에 장입하는 순간, 재료 내부에 고여 있던 물이 수증기로 상(相)변화되면서 폭발하여 비산된 원재료 및 용탕에 작업자가 맞아 1명 사망, 1명 부상을 입은 재해임

- 유사 재해사례**
- 2014.05.20. 0000작업장 고주파용해로에서 특수강을 용해하던 중 수분유입으로 예상되는 수증기 폭발로 분출된 용탕에 작업자가 맞아 1명 사망함

재해상황도



원재료 내부 수분 상태

원재료 장입

재해예방대책

- 원재료 입고 시 수분 상태 확인**
 - 반사로에 투입하는 원재료가 입고되는 경우 담당자를 지정하여 수분 및 기타 위험물이 포함되어있는지 확인하는 절차를 마련
- 원재료 보관 장소 변경**
 - 원재료 입고 시 수분 및 기타 위험물이 포함되어 있는지 확인한 후 빗물의 유입을 방지할 수 있는 장소에 보관
 - 폐 알루미늄 거푸집 등 물이 고일 수 있는 원재료는 물이 고일 수 없는 상태(뒤집어서 보관하거나 파쇄 등)로 적재
- 반사로에 원재료 장입 전 수분 포함 여부 재확인**
 - 원재료 입고 후 장기간 보관한 경우에는 반사로에 장입 전 수분이 있는지 재확인하고
 - ※ 원재료 입고 시 수분 상태 확인 후 바로 투입하는 경우 제외
 - 수분이 있는 경우에는 별도의 건조를 통해 수분을 제거하는 절차 필요

산소배관 밸브 조작 중 화재

재해개요

2020.11월 (주)○○○ 내 산소공장에서 잠겼던 고압(약 22kgf/cm²) 산소배관 차단밸브 (볼밸브)를 다시 여는 과정에서 화재·폭발 발생(사망3명)

유사 재해사례

- 2014.07. 산소공급설비 설치후 산소배관 감압밸브 조작중 화재(사망1명, 부상2명)
- 2014.05. 산소용기 충전후 배관 밸브 조작중 폭발(사망1명)

재해상황도



사고발생 현장



사고발생 밸브

재해예방대책

- 차단밸브 조작전 전·후단 균압조치 철저**
 - 밸브 전·후단에 균압조치를 위해 적절한 재질의 균압배관을 설치하고,
 - 균압여부 확인을 위해 차단밸브 전·후단에 압력계를 설치하여 밸브 조작전 균압여부 확인
- 제한 유속에 적절한 재질 배관 선정**
 - 배관내 허용유속 이상의 산소 흐름이 형성되는 경우 스테인레스강 등 적합한 재질 사용
- 금속 입자충돌에 의한 점화방지를 위한 필터 설치**
 - 산소배관내 생성된 금속입자들 간 충돌에 의한 점화방지를 위해 산소공급 배관계통 내 필터(스트레이너 등)를 설치하여 배관 내 생성된 금속입자를 제거
- 화재·폭발 위험개소에 대한 방호조치 실시**
 - 차단밸브 조작에 따른 화재·폭발 위험으로부터 근로자를 보호하기 위해, 수동조작 밸브 설치개소에 방호벽 등 물리적 차단장치 설치를 고려하거나,
 - 차단밸브를 자동조작(공압 기동 방식 등) 방식으로 변경하여 근로자의 화재·폭발 위험 노출 가능성을 원천적 차단
- 사용 및 취급물질에 대한 사전 위험성 주지 교육 실시**
 - 산소공장 설계자료, 안전운전매뉴얼, MSDS 등 사전에 취급물질에 대한 사전 교육 실시

공드럼 용단작업 중 폭발

재해개요

2020.10.31. 14시경 (주)0000에서 공드럼통에 용단작업 중 내부에 남아있던 속건신나(톨루엔 등 함유) 증기에 점화, 폭발되어 폭발압에 의해 공드럼통 본체에 맞아 넘어지면서 두부를 부딪혀 1명 사망한 재해임

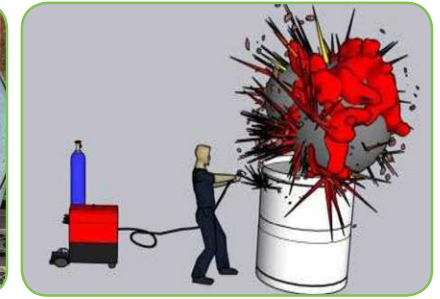
유사 재해사례

- 2019.12.11. (주)00000에서 공드럼 상판을 절단하던 중 폭발하여 1명 사망함
- 2018.07.16. 0000에서 가정용 기름통 절단작업 중 폭발로 1명 사망함
- 2017.09.22. (주)000000에서 메탄올이 들어 있던 공드럼 상부 뚜껑을 절단하던 중 폭발하여 1명 사망함
- 2016.09.25. 0000000에서 메탄올이 들어 있던 공 드럼통을 절단 작업 중 폭발하여 1명 사망함

재해상황도



공드럼통



재해 상황도

재해예방대책

- 공드럼통 세척 실시**
 - 인화성 액체를 보관하였던 트럼통의 용단(화기)작업 시에는 드럼통 내부를 깨끗이 세척하고 물을 가득 채워 인화성 액체 증기 등이 체류할 수 없도록 완전히 제거한 후 절단 작업 실시
- 작업 전 공드럼통 내부 물질에 대한 교육 실시**
 - 공드럼통 내부 물질에 대한 유해·위험성, 화재·폭발 위험성 등에 대한 MSDS 교육 실시

폐차 용단 작업 중 화재

재해개요

발생형태	부상 정도	연령	직종
화재	화상	26세	차량 해체
	화상	27세	차량 해체
	화상	27세	차량 해체

2020. 04. 00.(목) 17:50경 경기도 평택시 소재 0000에서 폐차 대상 차량의 하체를 분리하는 작업 중 화재가 발생하여 용단 작업자 및 인근 작업자 2명이 화상을 입음



작업상황

- (하체 및 엔진탈거공정) 폐차를 프레스로 압축하기 전 화재를 일으킬 수 있는 연료탱크, 엔진, 머플러 등 부속품을 탈거하는 작업

발생원인

- ① 직접원인
 - (점화원) 산소절단기로 엔진, 머플러 등 하체 부속품 용단 작업을 진행하여 스파크 발생
 - (가연물) 폐차 차량 연료탱크에 연료가 잔류
- ② 기여요인
 - (화재감시자 미배치) 용단 작업 시 현장에 화재감시자 미배치
 - (근로자 교육 미실시) 산소절단기를 사용하는 작업자에게 화재예방교육 미실시

예방대책

- ① 용단작업 시 화재위험에 대한 안전조치 실시
 - 산소절단기를 이용한 용단작업 시 작업 준비 및 작업 절차 수립, 불티 비산방지조치, 화재 예방교육을 포함하여 화재 위험에 대한 안전조치 이행
- ② 작업 관리감독 철저
 - 작업에 대한 안전조치가 이행되도록 현장에 관리감독자 배치
- ③ 화재감시자 배치
 - 화재위험 감시 및 화재 시 근로자 대피를 유도하는 화재감시자 배치

용제 여과 작업 중 화재

재해개요

2020.03월 ○○(주) 내 용제 여과공정에서 여과막(PE)을 사용하여 용제(헵탄) 여과 중 화재 발생(부상1명)

유사 재해사례

2020.06 LPG 충전소 저장탱크 개방검사 중 화재(사망2, 부상2)

재해상황도



재해발생원인

- ① 폭발·화재 예방조치 미흡
 - 작업시 인화성 액체의 증기나 미스트가 제거되지 못하고 실내로 지속적으로 유출
- ② 부적절한 충전방법 채택
 - 스플래쉬 필링(Splash filling)으로 인해 헵탄 증기 및 미스트 다량 발생
- ③ 등전위 및 접지 조치 소홀
 - 플렉서블 호스, 작업자, 용기 등 등전위 및 접지 조치 소홀

재발방지대책

- ① 화재·폭발위험분위기 제거를 위한 환기
 - 국소배기장치를 통해 인화성액체의 증기나 미스트를 효과적으로 제거하고, 질소 등 불활성 가스를 사용해 불활성화
- ② 충전방법 변경
 - 다량의 인화성 액체의 증기나 미스트가 발생하기 쉬운 스플래쉬 필링을 하지 말고, 침액관 등을 사용하여 증기나 미스트 발생 억제
- ③ 접지 및 등전위 조치 강화
 - 각 설비간 등전위 조치 및 설비와 대지간 접지조치, 작업자 제전복 착용

반응기 내벽 청소 작업중 화재·폭발

재해개요

2020.02월 (주)○○○○에서 반응기 내벽에 붙어있던 중간생성물 세척을 위해 맨홀을 열고 플라스틱용기로 인화성 액체를 뿌리던 중 화재·폭발 발생(부상2명)

- 유사 재해사례**
- 2019.12. 산소공급설비 설치후 산소배관 감압밸브 조작중 화재(사망1명, 부상2명)
산소용기 충전후 배관 밸브 조작중 폭발(사망1명)
 - 2016.03. 반응기에 인화성액체 투입 후 분말 원료 추가 투입 중 인화성 액체 증기 폭발(부상2명)

재해상황도



재해발생원인

- ① 반응기 내 불활성 조치 미흡
 - 반응기의 세척작업을 위해 맨홀을 개방하기 전 치환(불활성가스) 또는 세척작업(물)을 실시하여 폭발위험분위기를 제거하여야 하나 미실시함
- ② 점화원(정전기) 관리 미흡
 - 반응기 세척작업 시 정전기를 축적시킬 수 있는 플라스틱 용기를 사용함
- ③ 세척 작업 방법 부적절
 - 맨홀을 열고 외부 공기 유입이 가능한 상태에서 인화성 액체를 뿌리는 방식의 세척방법 채택

재발방지대책

- ① 폭발위험분위기 형성 방지
 - 인화성액체를 사용함으로써 반응기내 폭발위험분위기 형성의 우려가 있는 경우, 불활성가스로 치환하거나 물, 스팀 등을 사용하여 세척작업을 실시하여 폭발위험분위기 형성 방지
- ② 점화원(정전기) 방지조치 실시
 - 세척제 등을 담은 용기 및 도구는 정전기 대전방지가 가능한 도전성(금속제) 재질 사용
 - 반응기, 배관 등 정전기 대전방지용 접지 실시
 - 인체대전 방지를 위한 제전복, 대전방지용 안전화 등 착용
- ③ 세척 작업 방법 변경
 - 인화성 액체를 사용하여 세척 작업 전 반응기 내부를 불활성가스로 치환 하는 등 폭발위험 분위기를 제거한 후 배관 또는 스프레이 볼 등을 사용하여 세척작업 진행

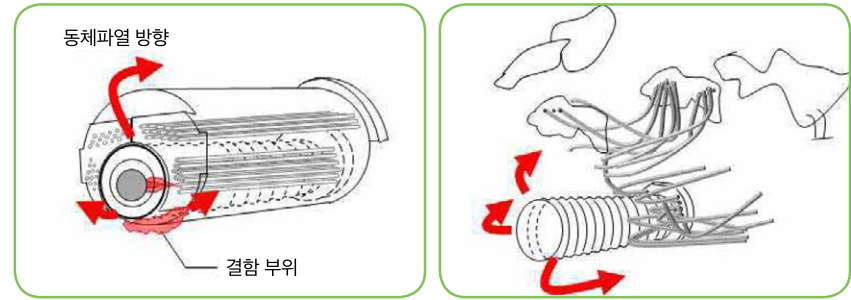
보일러수 유입에 의한 수증기 폭발

재해개요

2020.01월 (주)0000의 운전 중이던 보일러에서 노통과 동체사이의 용접부 결함으로 보일러수 유입에 의한 수증기 폭발 발생 (사망2명, 부상5명)

- 유사 재해사례**
- 2011.02. 폐섬유 조각보일러의 좌측 노통(자켓) 하단부에서 용접불량 또는 부식 등에 의한 용접부 결함으로 보일러수 유입에 의한 수증기폭발 발생(사망1)

재해상황도



재해발생원인

- ① 보일러 동체 결함으로 인한 보일러수 수증기 폭발
 - 보일러 노통(연소실)을 개조 또는 수리하는 과정에서 동체와 노통 사이의 용접불량 및 균열로 인해 보일러수가 누출되어 수증기 폭발 발생함(추정)
- ② 무자격자의 보일러 운전
 - 보일러 취급 작업에 자격을 갖춘 사람이 운전 및 관리하여야 하나 미자격자를 배치함
- ③ 안전검사 미실시(에너지이용합리화법)
 - 보일러 노통(연소실) 변경 후 관련법령에 따른 안전검사를 미실시함

재발방지대책

- ① 보일러 유지·보수 및 점검 철저
 - 노통교체, 수리 시 용접을 하는 경우 용접상태 등 확인을 통해 보일러수가 누출되지 않도록 관리
- ② 유자격자를 보일러 취급자로 선임
 - 보일러 화재·폭발 방지를 위해 운전시 점검사항 및 조치사항 등에 대해 자격을 갖춘 사람을 선임하여 관리
- ③ 관련 법령에 따른 안전검사 실시
 - 보일러 내압에 영향을 주는 노통 등의 개조 시 안전검사를 통해 설비 건전성 확보

페드럼통 용단작업 중 폭발

재해개요

2019.12.12.일(수) 산소-LPG를 사용하여 공드럼 상판을 용단작업 중 폭발하여 머리를 부딪혀 사망
 * 틀루엔이 잔류하고 있던 공드럼의 상판 절단작업을 실시하였으며 작업대상 공드럼 4개중 3개는 작업완료

유사 재해사례

- 2017.09.22. 공드럼(잔류물질:메탄올) 상판을 제거하려고 알곤용접기를 드럼 상판에 가져다 대는 순간 폭발하여 폭발압력에 의해 넘어지면서 지면에 머리를 부딪혀 사망
- 2016.09.25. LPG·산소 절단기를 사용하여 페드럼통(잔류물질:메탄올) 절단작업 중 드럼통내 잔류 인화성액체의 증기가 폭발하여 화상으로 사망
- 2015.02.26. 핸드그라인더를 사용하여 페드럼통(잔류물질:초산에틸) 상판을 제거하던중 드럼통 내부에 잔류하던 인화성액체의 증기가 폭발하여 폭발압력에 의해 뒤로 넘어지면서 지면에 머리를 부딪혀 사망
- 2015.02.24. LPG·산소 절단기를 사용하여 페드럼통(잔류물질:인화성액체) 상부를 절단하던 중 폭발하여 화상으로사망

재해상황도



재해발생원인

- ① 드럼통내 잔류물질 제거 미흡
 - 페드럼 내부에 잔류하고 있던 인화성 액체의 증기를 충분히 제거하지 않아 폭발(연소)위험 분위기를 형성하고 있는 상태에서 점화원(LPG·산소 절단기)과 접촉시킴

재발방지대책

- ① 페드럼통 용단작업시 용기 내부 위험물 사전 제거
 - 페드럼통 용단작업시 반드시 드럼내 잔류 물질 제거 및 세척 (잔류물질의 증기가 남아 있는 경우 점화원과의 접촉시 폭발위험성 높음)
- ② 근로자 특별안전보건교육 실시
 - 특별안전보건교육 실시 및 작업을 시작할 때마다 안전한 작업방법 등을 주지

용해로 원료(LPG)배관에서 역화로 화재·폭발

재해발생 개요

재해일시	2018년 12월 7일(금) 19:46경	상해정도	사망 1명, 부상 1명
작업명	용해로 재점화작업	기인물	용해로, LPG배관, LPG 등

충남 당진시 소재 ○○(주) 알루미늄 용해로에서 LPG공급이 중단된 후 용해로 재점화과정에서 LPG 역화로 LPG 차단밸브, 감압밸브가 파손되어 누출된 LPG에 화재·폭발이 발생하여 사망1명, 화상 1명이 발생한 사고임

재해발생 원인

- ① 용해로 LPG배관에 역화방지조치 미실시
 - 용해로에 버너 실화 후 LPG가 공급되는 상태에서 버너 재점화 시 LPG, 연소공기 공급비율이 적절하지 않을 경우 등에는 역화가 발생할 수 있으나 역화방지 조치 미실시
- ② 비방폭 전기기계·기구의 사용
 - 용해로의 연료인 LPG는 외부로 누출될 경우 지면으로 체류되어 점화원에 의해 화재·폭발이 발생할 수 있으나, 사고발생 장소에는 다수의 비방폭 전기·기계기구를 설치하여 사용
- ③ 안전운전절차 작성, 위험성평가 실시 미흡
 - 용해로에 LPG공급이 차단되고 버너가 꺼진 후 이를 재점화하는 과정에서 발생 가능한 유해위험요인을 미도출 및 상세한 안전운전절차서가 작성되지 않음



재해예방 대책

- ① 용해로 LPG배관에 역화방지조치 및 비상배출밸브 설치
 - 용해로 LPG배관에는 역화방지기, 체크밸브 등을 설치하여 역화방지
 - 용해로 버너가 꺼질시 즉시 감지하여 신속히 차단할 수 있도록 차단밸브를 복수로 설치 및 긴급차단밸브 사이에는 자동밸브를 F.O 형태로 설치
- ② 적합한 전기기계·기구의 사용
 - 용해로의 연료인 LPG는 외부로 누출될 경우 점화원에 의해 화재·폭발이 발생할 수 있으므로 폭발위험장소에는 적합한 방폭전기·기계기구를 설치하여 사용
- ③ 안전운전절차 작성, 위험성평가 실시 철저
 - 용해로 운전조건 및 범위, 이상상황 발생, 운전이 일시적으로 또는 부분적으로 중단될 경우 등에 대한 상세한 안전운전절차 작성 및 준수
 - 용해로에서 발생 가능한 유해위험요인을 상세하게 도출 및 적합한 조치계획 수립, 이행-작업자 교육, 원청의 현장감독 실시 등 작업에 대한 관리감독 철저

혼합기 맨홀로 충전재 투입작업중 유증기에 의한 화재·폭발

재해발생 개요

재해일시	2018년 11월 23일(금) 14:40경	상해정도	부상 2명
작업명	부원료 투입작업	기인물	혼합기, 자일렌 등

충남 아산시 소재 ○○(주) 방수제 제조공정에서 혼합기 맨홀로 충전재를 폴리프로필렌 포대로 넣는 과정에서 자일렌 유증기에 화재·폭발이 발생하여 2명이 부상(화상 1명, 골절 1명)을 입은 사고임

재해발생 원인

- 고체원료 투입방법 부적절**
 - 인화성물질(자일렌)이 들어 있는 혼합기에 폴리프로필렌 포대로 고체원료를 맨홀로 넣는 부적절한 작업방법을 사용
- 폭발위험장소에서 작업시 점화원 제거 미실시**
 - 점화원에 의해 화재·폭발 사고 위험이 있는 자일렌을 취급, 사용하는 설비에 폴리프로필렌 포대를 사용하는 등 정전기 제거조치 미실시
- 취급물질 위험성 미파**
 - 방수제 제조공정에서 사용하는 물질(PAS, BRS 등)은 자일렌이 포함되어 화재·폭발 사고 위험이 있으나 그 위험성에 대해 파악하지 않음



사고 혼합기

화재폭발 중인 혼합기

폴리프로필렌 포대

재해예방 대책

- 혼합기에 물질 투입방법 개선**
 - 인화성물질이 포함된 혼합기에는 맨홀을 닫은 상태에서 질소 등의 불활성가스를 주입한 상태에서 호퍼, 전용의 분체 투입장치, 스크류 컨베이어 등을 사용하여 안전하게 작업
- 폭발위험장소에서 작업시 점화원 제거**
 - 인화성물질을 취급하는 폭발위험장소에서는 정전기 대전을 완하시킬 수 있는 작업방법으로 작업
 - 포대는 도전성섬유 및 필라멘트로 만든 재질 사용 및 사용시 전기적 접지 실시
 - 인체 대전 방지를 위해 도전성 바닥, 대전방지용 신발, 도전성 의류 등 착용
- 취급물질의 위험성 파악 및 근로자 교육**
 - 방수제 제조공정에서 사용하는 물질의 상세한 위험성을 파악하여 해당근로자에게 교육

황산탱크 배관 누설부위 작업 중 황산누출

재해발생 개요

재해일시	2018년 10월 12일(금) 00:03경	상해정도	부상 1명
작업명	황산 배관작업	기인물	황산배관, 황산 95% 등

경기도 포천시 소재 ○○(주) 폐수처리공정에서 황산탱크와 펌프사이의 배관에서 누출이 발생하여 누출을 막기 위해 닫혀진 수동 차단밸브를 오조작으로 개방하여 황산이 누출되어 1명이 화상을 입은 사고임

재해발생 원인

- 황산배관 용접시공 불량 추정**
 - PVDF 배관을 플라스틱 용접으로 연결하였으나 시공불량으로 황산 누출됨
- 지식이 없는 근로자가 위험물 취급설비 조작**
 - 황산설비에 대한 지식이 없는 근로자가 황산 취급밸브를 조작하다 오조작에 의해 닫혀진 밸브를 개방함
- 설비 유지관리 미흡**
 - 최초의 황산 누출시점에서 4일이 지나서 수리 시작하는 등 설비 유지관리 미흡
- 보호구 미착용**
 - 황산은 인체에 접촉되면 화상 등의 중대한 부상을 가하는 물질이나 보호구를 미착용하고 작업



보온재 내 황산배관

황산 누출부위

재해예방 대책

- 황산배관 용접시공 후 품질관리 철저**
 - PVDF 배관을 플라스틱 용접으로 연결 후에는 용접품질을 철저히 검증 필요
- 위험물 취급설비 정비·보수시 적정 인력 투입**
 - 황산 등의 위험물 취급설비의 정비보수 시에는 적절한 지식 및 교육을 받은 인력이 수행
- 설비 유지관리 미흡**
 - 황산 등의 위험물을 취급하는 배관은 주기적으로 점검을 실시하고 이상시 신속히 보수하여 사용
- 위험물 취급시 적합한 보호구 착용**
 - 위험물질을 취급하는 작업시에는 반드시 적합한 보호구를 착용하고 작업

수지 배합중 인화성증기에 의한 화재·폭발

재해발생 개요

재해일시	2018년 8월 19일(일) 10:34경	상해정도	부상 1명
작업명	수지 교반작업	기인물	교반기, 솔벤트 등

경기도 안성시 소재 ㈜○○ 안성공장에서 수지 배합 교반기에 고무와 솔벤트를 1차 투입, 교반된 상태에서 솔벤트를 추가 투입한 후 추가 원료인 수지를 맨홀로 투입하기 위해 지게차를 사용하여 수지원료 포대를 교반기 맨홀이 위치한 중 2층으로 올리던 중 실내에 체류한 유증기에 화재·폭발이 발생하여 1명이 화상을 입은 사고임

재해발생 원인

- 폭발위험분위기 조성 작업**
 - 교반작업 중에는 증기압이 높은 인화성액체를 취급함에 있어 교반기의 벤트구를 개방하고, 맨홀을 개방하여 교반기 상부에 형성된 인화성증기가 폭발위험분위기를 조성함
- 가스감지기 미설치**
 - 교반실내에 인화성 증기를 감지할 수 있는 설비를 설치하지 않아, 솔벤트(HD-250) 증기에 의한 폭발이나 화재의 징후를 미리 감지할 수 없었음
- 비방폭전기기계·기구 사용**
 - 폭발위험장소에 비방폭 지게차를 사용하여 운전하는 등 점화원을 제공하였음



사고 교반기

제조소로 들어가는 지게차

화염발생중인 제조소

재해예방 대책

- 교반작업 중 생성된 인화성증기 적절 처리**
 - 인화성물질이 포함된 물질을 교반작업 중에는 발생한 인화성증기를 배관을 통하여 적절한 처리설비로 연결
- 인화성물질 취급시 감지설비 설치**
 - 인화성물질을 취급하는 설비 주위에는 적합한 위치에 가스감지기를 설치 및 유지관리 실시
- 폭발위험장소 내에 적합한 전기기계·기구 사용**
 - 폭발위험장소 내에 사용하는 전기기계·기구는 적합한 방폭등급의 설비로 사용

공기구동 밸브 조작기 오조작으로 인한 혼합C4 누출

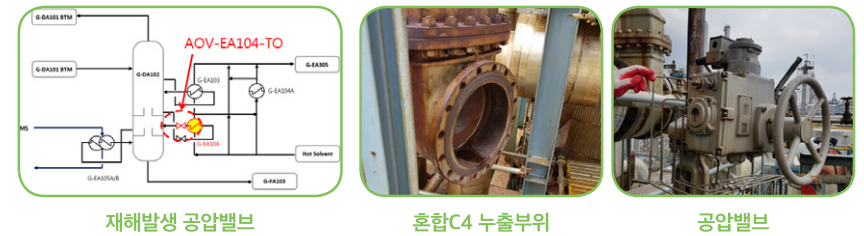
재해발생 개요

재해일시	2018년 8월 17일(금) 10:53경	상해정도	부상 1명
작업명	열교환기 세척작업	기인물	열교환기, 공압밸브, 혼합C4 등

전남 여수시 소재 ○○(주) NCC 1팀 BD공장에서 열교환기 세척 후 이동식크레인으로 열교환기 덮개(channel)를 설치하던 중 증류컬럼의 공기구동 밸브 조작기 오조작으로 밸브가 열려 증류 컬럼 내부의 혼합C4 및 추출용제가 누출되어 협력업체 근로자 4명이 흡입하여 대피 중 1명이 부상을 입은 사고임

재해발생 원인

- 공압밸브 작동원 미차단**
 - 공압밸브를 닫은 후 오조작이나 오작동에 의해 공압밸브가 불시에 열려 위험물이 누출되지 않도록 작동원인 공기공급 밸브를 차단하지 않음
- 공압밸브 조작 절차 미준수**
 - 최초 공압밸브를 닫은 후 클러치가 완전한 수동 선택이 되었는지 안전핀 결속 여부를 확인하지 않음
- 작업발판 부적절 설치**
 - 작업자가 열교환기 덮개(channel) 부위로 이동할 수 있게 설치된 작업발판이 공압밸브 조작부위 근처에 설치되어 밸브 조작부위에 접촉함



재해발생 공압밸브

혼합C4 누출부위

공압밸브

재해예방 대책

- 공압밸브 작동원 차단**
 - 공압밸브와 같은 작동원에 의해 조작되는 밸브는 조작 후 불시 작동을 방지하기 위해 반드시 작동원을 차단하여야 하며, 현장 밸브 조작스위치와 작동원 차단밸브에 시건 및 표지를 부착하여 다른 작업자의 오조작을 방지
- 공압밸브 조작 절차 준수**
 - 공압밸브 조작 절차서의 내용이 현장에서 준수될 수 있도록 하고, 클러치 수동 등 절차서 준수 여부를 작업자가 과정에서 확인할 수 있도록 조치
- 작업에 적합한 작업발판 설치**
 - 정비작업 시 작업에 필요한 작업자의 이동 경로, 장애물, 설비 간섭 등을 고려한 작업발판을 설치하여 작업자가 현장 조작스위치 등을 잡고 이동하는 경우가 발생하지 않도록 설치

과압에 의한 스팀보일러 폭발

재해발생 개요

재해일시	2018년 6월 15일(금)	상해정도	사망 2명
작업명	보일러에 폐의류 투입	기인물	보일러

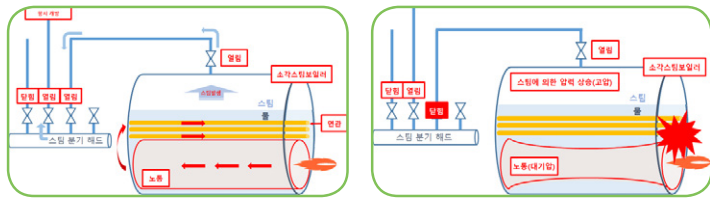
경북 고령군 소재 (주)OOO 보일러실에서, OOENG가 운영하는 소각스팀보일러*가 과압에 의해 폭발하여 소각스팀보일러에 폐의류를 투입하던 작업자 2명이 사망한 재해임

재해발생 원인

- 보일러의 스팀 배출배관 밸브를 차단한 상태에서 보일러 계속 가동**
 - 보일러에서 발생한 스팀이 보일러 내부에 축적될 수밖에 없는 상태에서 계속하여 열원이 공급됨으로써, 보일러 내부에 설계압력(7 kgf/cm²) 이상의 과압 발생
- 보일러 내부의 과압을 방출시키는 압력방출용 안전밸브 미작동**
 - 보일러에 설치된 안전밸브의 압력방출 작동부가 부식·고착되어 작동하지 않음으로써 소각스팀보일러 내부에 발생한 과압을 외부로 방출하지 못하여 보일러 폭발



사고 발생 순간



사고 발생 전 운전상황(밸브 개방)

사고 발생 시 운전상황(밸브 차단)

재해예방 대책

- 보일러의 안전성 확보 철저**
 - 압력방출장치는 매년 1회 이상 설정압력에서 적정하게 작동하는지를 검사한 후 납으로 봉인하여 사용
 - 압력방출장치인 안전밸브의 기능이 정상적으로 작동될 수 있도록 유지·관리
 - 보일러에 대한 검사수검(설치검사, 계속사용검사) 철저
- 보일러 운전자의 불안정한 행동 예방활동 철저**
 - 보일러 운전자에게 열관리 및 방호장치에 관한 사항, 작업순서 및 방법에 관한 사항 등을 포함한 산업안전·보건 특별교육 실시
 - 보일러 운전자격을 갖춘 자가 보일러를 운전하도록 관리

산화성물질이 포함된 추진제 충전 중 화재

재해발생 개요

재해일시	2018년 5월 29일(화) 16:13경	상해정도	사망 5명, 부상 4명
작업명	추진제 충전작업	기인물	혼합기, 과염소산암모늄 등

대전광역시 소재 (주)OOO 추진공실에서 믹서볼에 담긴 추진제를 추진기관에 충전작업 중 화재(연소)가 발생하여 작업자 5명이 사망하고 4명이 부상을 입은 사고임

재해발생 원인

- 산화성물질 및 혼합물 취급시 부적절한 작업방법 실시**
 - 과염소산암모늄이 포함된 추진제를 추진기관에 충전작업 시 밸브가 개방되지 않자 나무막대로 추진제에 충격을 가하는 작업을 실시함
- 안전운전절차서 작성 누락**
 - 비정상작업(밸브 개방작업)에 대한 안전작업절차(작업계획서)가 작성되어 있지 않음
- 사용물질에 대한 자료 부족 및 근로자 교육 미흡**
 - 과염소산암모늄이 포함된 추진제에 대한 정확한 자료를 보유하고 있지 않았으며 근로자에 대해 물질의 위험성 교육 실시 미흡



추진작업 화학설비



나무막대 가격 망치



나무막대

재해예방 대책

- 산화성물질 취급시 안전조치 실시**
 - 산화성물질 및 혼합물 취급 시 마찰시키거나 충격을 가하는 행위를 하지 않도록 안전하게 작업 실시
- 비정상 작업시 운전방법 변경**
 - 비정상 작업 시 산화성물질 혼합물인 추진제에 직접 충격 또는 마찰을 주지 않고 배출밸브를 개방할 수 있도록 작업방법 변경
- 안전운전절차 작성 및 위험성 교육 철저**
 - 화학설비 및 그 부속설비 사용작업 시 비정상작업 시 화재폭발 방지를 위하여 필요한 조치 등에 대해 상세한 안전운전절차를 작성하고 그 위험성에 대해 평가 및 근로자 교육 실시

염소 탱크로리 하역작업 중 염소 누출

재해발생 개요

재해일시	2018년 5월 17일(목) 09:50경	상해정도	부상 3명
작업명	염소 하역작업	기인물	염소하역설비, 염소 등

울산광역시 소재 ○○(주) 울산공장 염소하역장에서 염소하역작업 중 질소퍼지를 위해 설치된 플렉시블 호스 일부가 파손되어 염소가스가 누출되어 근로자 3명 및 인근 근로자 25명이 호흡계통에 불편함을 느껴 병원진료를 받은 사고임

재해발생 원인

① 부적절한 호스 사용

- 염소에 부식 저항성이 없는 스테인레스 304를 사용 및 사용압력 보다 낮은 압력등급의 호스를 사용함



파손된 플렉시블 호스 1

② 염소 외부 누출방지조치 미흡

- 급성 독성물질인 염소가 외부로 누출될 경우를 대비한 방재설비가 설치되어 있지 않음

③ 염소 하역작업시 배관에 정체구간 발생

- 설계 당시와 상이하게 질소배관에 밸브가 설치되지 않아 염소 하역작업시 플렉시블 호스에 염소가 정체되어 부식 발생



파손된 플렉시블 호스 2

④ 변경관리 미흡

- 염소 플렉시블 호스 직경 변경사항이 발생하였으나 변경관리(공정안전자료, 위험성평가 등)를 실시하지 않음

재해예방 대책

① 물질 및 사용조건에 적합한 호스 사용

- 염소를 취급하는 플렉시블 호스는 염소에 내화학성이 있는 재질, 두께 등으로 설치 및 사용

② 염소 외부 누출방지조치 실시

- 급성 독성물질인 염소가 누출되었을 경우에는 외부 확산이 되지 않도록 유출방지 및 회수설비(위터커튼 등)를 설치

③ 설계시와 동일하게 설비 설치

- 설계 당시와 동일하게 질소배관에 밸브를 설치하여 염소 하역작업시 플렉시블 호스에 염소가 정체되지 않도록 조치

④ 변경관리 미흡

- 안전에 중대한 변경요소가 발생할 경우에는 적합하게 변경관리를 실시하여 위험요인을 제거

황산 하역작업 중 플렉시블 호스 파손

재해발생 개요

재해일시	2018년 5월 10일(목) 10:30경	상해정도	부상 1명
작업명	황산 하역작업	기인물	황산 하역설비, 황산 등

울산광역시 온산읍 소재 ○○(주) 황산하역장에서 탱크로리의 황산을 플렉시블 호스를 통해 저장 탱크로 이송하는 과정 중 탱크로리와 플렉시블 호스 연결부에서 소량의 황산이 비산되어 작업자 얼굴과 목부위에 화상을 입은 사고임

재해발생 원인

① 플렉시블 호스 관리 미흡

- 플렉시블 호스 점검 및 교체기준이 없어 연결 캄록커플링이 호스와 분리되어 황산이 비산됨

② 적합한 보호구 미착용

- 위험물질(황산) 하역작업 등의 취급작업 시에 적합한 보호구를 착용하지 않음



황산 탱크로리 연결부



분리된 커플링 등



플렉시블 호스

재해예방 대책

① 플렉시블 호스 점검주기 마련 및 점검

- 플렉시블 호스는 작업부하, 작업환경, 운전조건을 고려하여 적절한 점검주기를 마련, 점검 사용
- 커플링이나 피팅류와 연결된 소스는 인접 300mm 부위를 특별히 주의하여 점검
- 호스를 완전히 펼친 상태에서 다음의 손상유무 점검하여 이상이 없을시 사용
 - 외피의 갈라짐, 브레이드 부식, 호스 내부 침식, 비틀림 등

② 취급물질에 적합한 보호구 착용

- 위험물질 하역작업 등의 취급작업시에 적합한 보호구를 착용하고 작업

스트레이너 교체 중 염산 누출

재해발생 개요

재해일시	2018년 5월 09일(수) 13:55경	상해정도	부상 1명
작업명	스트레이너 교체작업	기인물	스트레이너, 염산

충남 보령시 소재 ○○(주) ○○호기에서 염산공급 펌프 스트레이너가 손상되어 탈착, 교체과정에서 염산이 누출되었으며, 염산 누출 차단을 위해 차단밸브를 잠그는 도중에 염산 35%가 좌측 눈에 비산되어 상해를 입은 사고임

재해발생 원인

- ① 위험물질 차단 및 제거조치 미실시**
 - 염산 스트레이너를 교체시 운전중인 염산배관을 차단 및 잔류 염산을 제거하지 않고 작업 실시함
- ② 보호구 미착용**
 - 염산 스트레이너 교체작업시 일시적으로 안면보호구를 벗고 작업을 실시함
- ③ 안전작업허가 승인 전 현장확인 미실시**
 - 안전작업허가 승인시 원청 현장관리자가 작업현장의 안전상태를 확인하지 않고 승인함
- ④ 안전운전절차서 작성 및 작업위험성평가 실시 미흡**
 - 염산 스트레이너 교체작업절차가 마련되어 있지 않았고, 작업시 위험요인에 대한 상세한 평가가 누락됨



손상된 스트레이너



스트레이너 탈착 부위

재해예방 대책

- ① 작업 전 위험물질 차단 및 제거 조치**
 - 위험물질이 포함된 배관 부속품을 교체시에는 작업전 배관과 연결된 공정설비 등은 차단 및 격리 조치
- ② 위험물질 취급작업시 적합한 보호구 착용**
 - 위험물질이 포함된 설비 보수, 교체작업 중에는 적합한 보호구를 항상 착용
- ③ 안전작업허가 승인 전 현장확인 철저**
 - 안전작업허가 승인시 반드시 원청 현장관리자가 작업현장의 안전상태를 확인하고 안전할 경우 작업승인
- ④ 안전운전절차서 작성 및 작업위험성평가 실시 철저**
 - 정기적 작업은 안전운전절차를 누락 없이 작성하고, 작업전에는 작업위험성평가 실시
 - 작성된 안전운전절차 및 위험성평가를 원·하청 근로자에게 교육 및 공유

반응기에 과투입 인화성액체 회수작업 중 화재

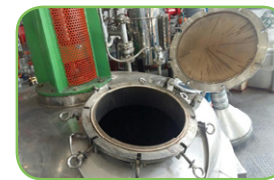
재해발생 개요

재해일시	2018년 4월 17일(화) 05:00경	상해정도	부상 1명
작업명	인화성액체 회수작업	기인물	반응기, MMA, 금속제 용기 등

충남 공주시 소재 ○○(주) 수지제조공장 2층 반응기에서 맨홀을 열고 금속제 용기로 과투입된 원료(MMA)를 회수하는 작업을 하는 과정에서 반응기 내부에서 화재가 발생하여 작업자 1명이 얼굴과 목 부위에 화상을 입은 사고임

재해발생 원인

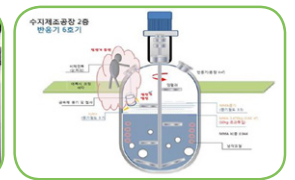
- ① 작업방법 부적절**
 - 과투입된 인화성액체 회수를 맨홀을 열고 회수하는 등 폭발위험분위기가 조성된 상태에서 작업 실시함
- ② 점화원 관리 미실시**
 - 작업도구(금속제 용기, 철사), 인체 대전 등에 대해 정전기의 발생을 억제하거나 제거하기 위하여 필요한 조치를 실시하지 않음
- ③ 안전운전절차서 작성 미흡**
 - 원료 과투입에 따른 회수작업 등 비일상작업에 대한 안전작업절차가 마련되어 있지 않음



반응기 맨홀 개방상태



인화성액체 회수작업 용기



인화성액체 회수작업

재해예방 대책

- ① 안전한 작업방법으로 작업 실시**
 - 과투입된 반응기 내부 액체를 회수할 경우 반응기 하단의 드레인라인 등을 이용하여 안전하게 작업 실시
- ② 점화원 관리(정전기 제거) 실시**
 - 폭발위험분위기를 조성하는 작업시에는 다음의 조치를 실시하고 작업
 - 도전성 재료를 사용 및 접지체와 등전위 분당을 실시, 인체 대전방지를 위해 제전화, 제전복 등을 착용
 - 설비, 인체에 대한 접지상태를 주기적으로 모니터링 등
- ③ 안전운전절차서 작성 및 교육 철저**
 - 과투입된 원료 회수작업 등 비정상작업에 대해서도 안전작업절차서 마련하여 준수 및 근로자 교육 실시

점화약을 풍건 후 용기에 옮겨 담던 중 화재

재해발생 개요

재해일시	2018년 1월 25일(목) 09:15경	상해정도	부상 1명
작업명	원료 풍건작업	기인물	용기, 비닐, 점화약 등

충북 보은군 소재 (주)○○공장 1사업장 생산2팀 제조공실 풍건공정에서 재해자가 풍건작업이 완료된 점화약을 비닐대에서 도전성 용기에 옮겨 담던 중 화재가 발생하여 1명이 화상을 입은 사고임

재해발생 원인

① 위험물질 취급시 안전조치 미흡

- 점화약은 가연성분체이나 비닐대에서 도전성 용기에 옮겨 담는 과정에서 충격이나 마찰 등 정전기를 발생시키는 행위를 함

② 정전기 대전방지 및 제전조치 미흡

- 등전위 분당을 미실시한 상태로 점화약 분체를 도전성 용기로 옮기던 중 비닐대와 용기의 접촉면, 용기 내부에 정전기가 축적됨

③ 안전운전절차서 작성 미흡

- 점화약 풍건작업표준에는 제전기능이 없는 가정용 고무장갑을 사용하도록 작성되고, 작업전 비닐대와 제전복 접지, 온·습도 관리 등 구체적인 내용이 작성되지 않음



점화약 담는 모습



분체 투입작업



풍건작업 배풍기

재해예방 대책

① 위험물질 취급시 안전조치 준수

- 점화약 분체(가연성) 등 위험물질 취급시에는 화재를 예방하기 위해 가열·마찰시키거나 충격을 가하는 행위 금지

② 정전기 대전방지 및 제전조치 철저

- 점화약 등을 사용하는 폭발위험장소에서 작업시에는 다음의 조치를 실시하고 작업
 - 도전성 재료를 사용 및 접지체와 등전위 분당을 실시, 인체 대전방지를 위해 제전화, 제전복 등을 착용
 - 온·습도 환경을 철저히 유지

③ 안전운전절차 작성 및 교육 철저

- 가연성 분체를 취급하는 공정에는 화재예방을 위하여 적합한 안전운전절차를 작성하고 근로자 교육 실시

가공작업 중 텐터기 폭발

재해발생 개요

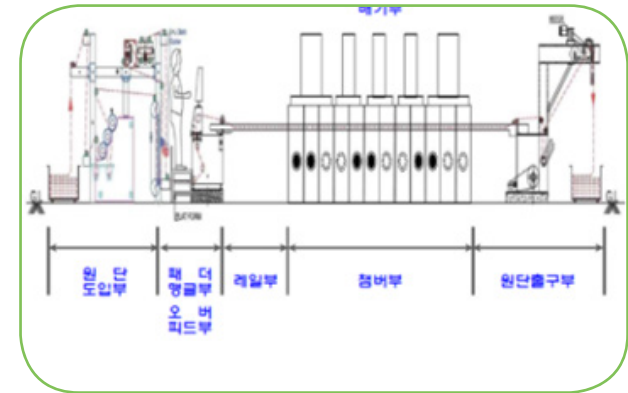
재해일시	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	원단가공	기인물	텐터기 파편 등

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

재해발생 원인

① 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

재해예방 대책

① 텐터기 내부의 인화성액체 증기 제거를 위한 환기 조치 등

- 국소배기장치 흡입 및 배기능력 등에 대한 작업 시작전 점검 및 주기적 청소 실시로 탄화물 제거

② 점화원 관리(정전기 제거) 실시

- 제전기 등의 제전장치를 대전물체(원단이 풀리는 장소, 롤러 위 등)에 가능한 가까운 위치에 설치

도료생산 공정에서 분체원료 투입작업 중 화재

재해발생 개요

재해일시	2017년 12월 18일(수) 13:20경	상해정도	부상 2명
작업명	분체원료 투입작업	기인물	혼합기, 톨루엔, 탄산칼슘

부산시 강서구 소재 ○○화학공업(주)에서 도로 표지용 흰색 도료를 생산하기 위한 조합공정에서 톨루엔을 포함한 수지에 크레인을 이용 탄산칼슘(CaCO3)을 Bulk Conbag 으로 투입하는 과정에서 조합탱크 내 인화성 혼합물이 정전기에 의한 발화로 화재가 발생하여 2명이 화상 재해를 입음

재해발생 원인

- ① 인화성 액체의 증기에 대한 화재를 예방하기 조치 미실시
 - 점화원은 가연성분체이나 비닐대에서 도전성 용기에 옮겨 담는 과정에서 충격이나 마찰 등 정전기를 발생시키는 행위를 함
- ② 안전운전절차서 미흡
 - 운전절차서에 '점중제 및 첨가제를 정량 투입한다.'라고만 명시되어 있고, 투입방법 및 투입 시 주의사항 등이 누락됨
 - 점중제, 안료, 첨가제 투입 시 정전기 발생 억제 또는 제거를 위한 설비를 설계하거나, 운전자가 투입 시 포장 비닐의 제전여부를 확인하는 등 절차가 필요하나 관련 기준이 없음
 - 운전 전 냉각수 투입 및 토출밸브를 확인하도록 규정하고 있으나, 작업 시 냉각수 투입 미실시
- ③ 폭발위험장소 내의 설비 등의 정전기 발생 억제 또는 제거 미실시

재해예방 대책

- ① 폭발위험장소 내 화재를 예방하기 위한 조치 실시
 - 조합탱크 내부 열 제거를 위한 냉각수 공급하면서 작업, 투입 및 교반 작업 시 충분한 용량의 국소배기장치 설치 가동
 - 조합탱크 주변 가스농도 감지를 위한 가스 검지 및 경보장치 설치
- ② 안전운전절차서 및 관련설비개선
 - 안전운전절차서는 명확하고 구체적으로 작성하여 서류화하고 운전자가 숙지, 작업내용에 대한 위험성평가를 실시하여 평가결과를 안전운전절차서에 반영
- ③ 점화원(정전기)제거 및 원료 투입 방법의 개선
 - Bulk Conbag을 종이, 비도전성 플라스틱(바깥 면은 종이로 싸여진) 필름과 종이의 겹 또는 대전방지 플라스틱으로 대체하거나, 로터리 밸브나 동등의 장치를 가진 중간 호퍼를 통해 이루어 질 수 있도록 투입 방법의 개선

드럼 절단작업 중 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 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

재해예방 대책

- ① 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

열매배관 온도센서 정비작업 중 열매누출

재해발생 개요

재해일시	2017년 9월 27일(수) 09:45경	상해정도	부상 1명
작업명	온도센서 보수작업	기인물	열매유, 온도센서

충북 증평군 소재 (주)○○전자 증평공장에서 PCB기판을 압착하는 압착설비에 공급되는 열매 배관(온전중)에서 온도계 오지시를 확인하기 위해 온도센서(TE)를 분리하던 중 고온의(250℃) 열매유가 분출되어 오른팔에 화상(열상)을 입고, 일정시간(4~9분 추정) 후 누출된 열매유에 의해 화재가 발생한 사고임.

재해발생 원인

① 정비·교체 등의 작업시의 운전정지 미실시

- 열매유 온도센서의 검사·교체 등 작업시 운전을 정지하여 위험상황이 발생하지 않도록하여야 하나, 미실시함

② 온도센서, 열전대보호관(Thermo-well), 배관의 연결 방식 문제

- 열전대보호관(Thermo-well)과 배관의 연결방식은 스크류 형식(Screw Type)으로 온도센서를 분리하기 위해 온도센서와 열전대보호관(Thermo-well)의 스크류(Screw)를 회전하여 풀었을 경우, 하부에 열전대보호관(Thermo-well)과 배관의 Screw 연결부위가 동시에 회전을 하여 배관 내부에 있는 열매유가 외부로 누출
- 주 순환배관에 있는 온도센서가 보일러 후단 온도센서와 차이가 발생하여 피재자가 온도센서를 정비

③ 열매유의 열화(Degradation)에 의한 인화점, 발화온도 변화

- 열매유 열화(Degradation) 시험결과 MSDS 인화점 204℃ 보다 66℃, 발화온도 384℃ 보다 129℃ 하락함
- 열매유는 게이지압력 0.5 Mpa, 온도 250℃로 운전됨에 따라 누출시 인화점 이상으로 미스트를 형성하여 분출 후 국부구간에서 방열이 되기 어려워 발화

재해예방 대책

① 정비운전자에게 열매유에 대한 화재위험교육 실시

- 열매유는 장기간 사용 및 공기 중 노출에 의한 열화(Degradation)로 인화점 및 발화온도가 낮아져 화재 위험성이 높아질 수 있음을 정비운전자에게 교육시켜야 함

② 작업위험성평가를 통한 안전운전절차(SOP)의 구체적인 작성

③ 센서, 계기류 교체시 사전 안전조치 후 작업

④ 열매유 물성의 정기분석(연1회 이상)을 통한 안전성 확보

⑤ 온도센서 등과 배관의 접합 방법 변경 (스크류 형식 → 용접, 플랜지 형식)

전기 유도 용해로 작업 중 잔류 화약류 폭발

재해발생 개요

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

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.

재해발생 원인

① 폭발위험 방지조치 미실시

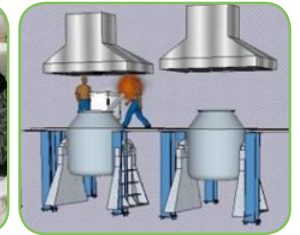
- 전기유도 용해로에 각종 균용 탄피 스크랩등의 재료를 장입·용해할 경우 불발탄 및 잔류 화약류 의한 폭발 위험이 있으나 이를 방지하기 위한 사전 불순물 선별작업 미실시



탄피 넣는 상황



선별되지 않는 탄피스크랩



폭발 시 직후 전경

재해예방 대책

① 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

② 개인보호구 착용

- 전기 유도 용해로 작업은 고온의 용탕 비산 및 불순물 장입에 의한 폭발위험이 상존하는 작업이므로 안전모, 보안면, 방열복 등의 보호구를 착용한 상태에서 작업 실시교육 실시

침강조 용접작업중 폭발

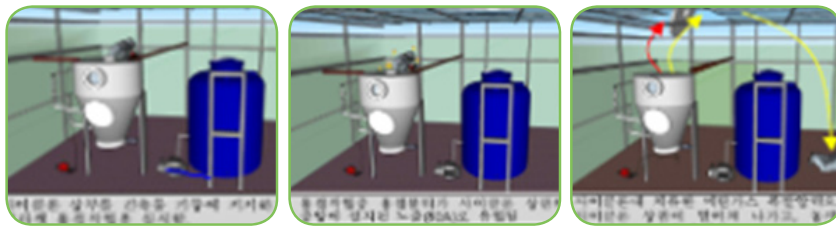
재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 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

재해예방 대책

- ① 위험물이 있을 우려가 있는 용기에 대하여 위험물을 제거하는 등 화재·폭발 예방조치 후 용접·용단 등 화기작업 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.

탱크 연결배관에 드레인 밸브 설치작업 중 폭발

재해발생 개요

재해일시	2017년 8월 18일(금) 09:01경	상해정도	부상 2명
작업명	배관에 밸브설치작업	기인물	배관, 용접기

경남 양산시 소재 OOOO산업(주)에서 에탄올 워셔액 탱크(60ton) 이설을 완료하고 물 공급 배관에 드레인 밸브 설치를 위해 용접기로 구멍을 뚫던 중 폭발이 발생하여 2명이 부상을 당하고 워셔액 탱크 및 사무실 유리창 일부가 파손된 사고임

재해발생 원인

- ① 유류 등이 있는 배관이나 용기의 화기작업 시 안전조치 미실시
 - 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 배관, 탱크 등의 용기에 대하여 미리 위험물을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후 작업을 실시하여야 하나 위험방지를 위한 조치 미실시
 - ※ 워셔액탱크 이설작업 완료(2017. 7. 31) 후 에탄올워셔액 생산 출하 일시 확인결과 사고 당일인 8월 18일 전날까지 탱크 내에는 약 6톤에서 최대 15톤의 에탄올(95%, 인화점 13℃)을 저장하고 있었음
 - 대기온도가 30℃정도로 탱크 내 고농도의 에탄올이 인화성 증기가 워셔액탱크 내에서 폭발분위기를 형성
 - 사고발생 당일 드레인 밸브 설치를 위해 구멍을 뚫고, 기존 드레인 밸브를 통해 드레인을 하면서 진공이 걸려 물 배관으로 폭발분위기의 에탄올 증기가 역류 하여 물 배관이 폭발분위기를 형성 하였을 것으로 추정됨
- ② 개조·수리 등의 방지조치 미실시
 - 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 작업장소에 위험물 등이 누출되지 않도록 방지조치 미실시
- ③ 작업위험성평가 실시 미흡
 - 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 화재, 폭발재해 등의 위험이 항상 내재되어 있음에도 정비보수 작업위험성평가에 미반영

재해예방 대책

- ① 유류 등이 있는 배관이나 용기의 화기작업 시 안전조치 실시
 - 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 배관, 탱크 등의 용기에 대하여 미리 위험물 위에 인화성 유류를 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후 작업을 실시하여야 함
- ② 개조·수리 등의 방지조치 실시
 - 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 ①작업책임자를 정하여 해당 작업을 지휘하도록 하고, ②작업 장소에 위험물 등이 누출되지 않도록 하며, ③작업장 및 그 주변의 인화성 가스 농도를 수시로 측정하여 화재, 폭발재해를 예방하여야 함
- ③ 위험성평가 실시
 - 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업에 대해서는 정비보수 작업위험성 평가에 반영하여야 하며 화재, 폭발방지대책을 수립하여야 함
- ④ 안전작업허가 제도 운영

RTO설비 점검 중 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

① 연소실 내 미처리 잔류가스 배기 불량 등

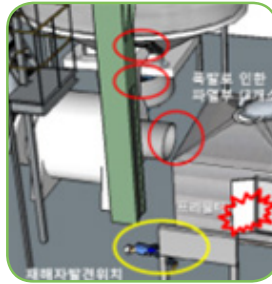
- 퍼지팬(F-102)의 고장 및 트립 등이 발생할 경우 다량의 미처리 잔류가스가 연소실 하부에 체류할 수 있으며 이때 형성된 폭발 분위기에 원인 미상의 점화원이 가해져 폭발한 것으로 추정



폭발 부위



작업상황도



폭발 시 직후 전경

재해예방 대책

① 긴급 압력방출장치(파열판) 및 폭발 방산구 설치

- 소각설비 및 배관(또는 덕트) 등에는 화재·폭발을 대비하여 긴급방출장치(파열판), 폭발방산구 등을 설치하여 관리하여야 함

② 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 확보

바이오 디젤 증발기 운전 중 화재·폭발

재해발생 개요

재해일시	2016년 12월 22일(목) 17:32경	상해정도	사망 1명
작업명	증류설비 운전 작업	기인물	증발기, 바이오 디젤 등

경기도 시흥시 (주)0000의 바이오 디젤 증류 공정의 증발기(Evaporator) 부분에서 폭발이 발생한 후 화염 전파로 인하여 부스터 펌프 스테이션(지상으로부터 약 2.3m 높이에 설치됨) 상부에서 작업하고 있던 근로자 1명이 사망한 재해임.

재해발생 원인

① 폭발위험분위기 형성

- 설비 내부 치환 시 벤트밸브 개방에 의한 공기유입) 진공상태로 운전되는 증발기의 정비보수를 위해 진공펌프를 운전 중 중단하고 내부를 질소 치환하는 과정 중, 증발기 내부의 진공이 완전히 해제되지 않은 상태에서 대기벤트 밸브를 개방함으로써 외부공기가 설비 내부로 유입되고, 내부에 잔존하는 인화성 유증기와 유입된 공기가 혼합되어 폭발위험분위기를 형성함.

② 전기기계기구 작동에 의한 점화원

- (정비보수 작업 시 전원 미차단) 증류설비 정비작업을 위해 바이오 디젤 원료 수동공급 밸브를 잠금으로써 증발된 만큼 액위가 낮아져 액위 전송기(Level Transmitter)에서는 계속적으로 원료 자동공급 밸브를 열도록 신호를 보내던 전기에너지가 점화원으로 작용함.



바이오 디젤 증류설비



파손된 바이오 디젤 증발기



액위 전송기

재해예방 대책

① 폭발위험분위기 형성 억제

- (정비보수 작업 발생 시 인화성 액체 방출 및 불활성화) 정비 및 보수 작업 전에는 화재·폭발을 방지하기 위하여 설비 내부에 있는 인화성 액체를 방출하고 내부 인화성 증기를 불활성화하고 환기 조치하여 폭발 분위기 형성을 억제 하여야 함
- (충분한 퍼지 및 환기 조치) 인화성 액체, 인화성 가스 등으로 폭발위험 분위기가 조성되지 않도록 해당 물질의 공기 중 농도가 폭발 하한계 값의 25%를 넘지 않도록 충분한 환기조치 하여야 함

② 정비·보수 작업시 전원차단

- 정상 운전 시 내부에 인화성액체 및 인화성 가스가 상시 존재하는 설비를 정비·유지·보수 시 설비 내부가 퍼지 및 환기가 충분하지 않을 경우 설비 내부에 설치된 액위 전송기 등 전기장치의 전기에너지가 점화원으로 작용하여 화재·폭발의 위험이 있으므로 전기장치의 전원을 차단하여야 함.

고체 연료 취급 작업 중 화재·폭발

재해발생 개요

재해일시	2016년 9월 1일(목) 09:25경	상해정도	부상 1명
작업명	고체 연료 건조 작업	기인물	나노분말 결합체, IPA 등

대전광역시 유성구 소재 (주)OO에서 고체연료(나노분말 결합체) 개발 실험 과정 중 CuO와 Si 분말 등을 이소프로필알코올(IPA)과 혼합·합성 후 취급(건조 확인)과정에서 폭발화재가 발생한 사고임.

재해발생 원인

① 폭발성 위험분위기 형성

- (인화성증기 발생) 대기 중에서 반 건조된 결합체를 섞거나 펼치는 작업 중 건조되지 않은 인화성 액체(IPA)의 증기가 발생되어 폭발위험 분위기가 형성함.

② 정전기 발생(대전) 및 방전

- (분말의 대전) 결합체 분말 취급 시 또는 운반기 트레이와의 마찰, 분말간의 충돌 등에 의해 빠른 접촉·분리로 인한 정전기가 발생함.
- (인체 및 작업복 대전) 작업자의 모든 동작은 정전기를 발생시킬 수 있으며 작업자가 걸을 때의 신발과 바닥과의 마찰, 동작시의 작업복의 마찰, 작업자에 의하여 이동되는 물체 등에 의해 정전기가 발생함.

③ 취급 물질에 대한 유해·위험 특성 파악 미흡

- (결합체 개발수행절차 시) 개발수행절차 수립 시 합성에 따른 폭발 등 안전여부만 검토되었으며 취급 시 안전대책 부분이 누락 검토됨
- (개발실험 시 정전기 감도실험 미실시) 개발실험 시 마찰, 충격 실험은 수행하였으나, 이에 무반응하여 정전기 감도가 둔감할 것으로 추정하여 정전기감도 실험을 미실시함.

재해예방 대책

① 위험분위기 생성방지

- 인화성액체의 증기 등이 존재하여 폭발이나 화재가 발생 할 우려가 있는 장소에는 통풍·환기 등의 조치를 하여 인화성 증기 등의 존재로 인하여 폭발 화재가 발생하지 않도록 하여야 함.

② 정전기 발생(대전) 및 방전

- (도전성 재료 사용) 폭발위험장소 내에서는 도전성 재료의 취급을 사용하고 접지체와 등전위 본딩을 실시하여야 하며, 기존의 도전성 재료의 경우에도 스파크 유도체(Spark promoter)가 될 수 있으므로 본딩을 실시하여야 함.
- (인체의 대전방지 대책 실시) 인체에 정전기가 축적되는 것을 방지하기 위하여 도전성 바닥 및 정전기 대전 방지용 신발 착용, 개인용 접지 장치 사용, 대전방지 또는 도전성 의류와 장갑 착용 등의 필요한 조치를 하여야 함.

③ 취급물질의 유해·위험특성 파악 철저

- 단일 또는 혼합물(결합체)에 대한 위험특성을 철저히 파악하고 소량을 사용하더라도 위험특성에 따른 안전수칙을 철저히 준수하여야 함.
- 현재 연구소 내 프로젝트 별 사용하고 있는 위험물질의 양을 철저히 파악하여 해당 물질에 적합한 안전대책을 수립하여야 함.

고무원료 생산 공정 교반기 맨홀부위에서 용매 누출로 인한 화재

재해발생 개요

재해일시	2016년 8월 26일(금) 19:50경	상해정도	부상 5명
작업명	용매 순환 작업	기인물	교반기, 핵산 등

전남 여수시 소재 OOOOO(주) OOO 고무원료(EPDM)* 생산 공정의 교반기 맨홀부위에서 핵산 등 내용물 누출로 인한 화재가 발생하여 인근에 있던 작업자 5명이 화상을 입은 사고임.

※ EPDM(ethylene propylene diene monomer) : 절연전선, O-ring 등 내후성과 전기절연성이 우수한 고무 원료로 사용

재해발생 원인

① 맨홀 누출방지 조치 미흡

- 맨홀에 삽입하는 Retaining plate가 개스킷보다 직경이 작아 Retaining plate의 끝부분에 의해 개스킷 외륜과 Sealing element 경계면이 손상을 입음.
- 개스킷과 Retaining plate의 중심이 맞지 않아 개스킷의 Sealing element 부분과 Retaining plate가 균일하게 접합되지 않음.

② 공정지역에 비방폭형 디젤엔진 지게차 출입

- 디젤엔진을 사용하는 지게차의 머플러(muffler) 등 배기계통 또는 배기가스등의 고온부위나 지게차 시동 및 운전과 관련된 전기회로(비방폭)의 전기에너지가 점화원이 될 수 있으나 공정지역 출입을 제한하지 않음.

③ 기밀시험방법 부적합

- 자체 규정 상 최고사용압력의 1.1배 이상으로 기밀시험을 실시하고, 시험 중에는 비누물로 누출 여부를 검증하도록 되어 있으며, 이러한 시험과정 및 결과는 철저히 기록 유지하도록 되어 있으나 부적절한 압력(10kg/cm²)으로 기밀시험을 실시하고 이에 대한 상세한 시험과정 및 결과 등을 기록관리하지 않음.화약류 의한 폭발 위험이 있으나 이를 방지하기 위한 사전 불순물 선별작업 미실시

재해예방 대책

① 맨홀 누출방지 조치 보완

- 맨홀에 설치하는 Retaining plate의 크기는 개스킷의 크기와 동일하게 변경하여 Retaining plate로 인하여 개스킷이 손상되지 않도록 하여야 하며, 볼트 체결 시에는 개스킷과 Retaining plate의 중심을 맞추어 개스킷의 Sealing element 부분과 Retaining plate가 균일하게 접합되도록 하여야 함.

② 공정위험지역에 비방폭형 지게차 출입금지

- 운전 중인 공정 내에 디젤엔진 지게차의 출입을 금지하고 반드시 출입 필요한 경우 공정과 가까운 도로까지로 출입지역을 제한하는 것이 바람직함. 이 경우에도 주변에 가연성증기 가스 누출 여부를 확인하고 이상이 없는 경우에만 사용하여야 하며, 사용시간도 최소화 시켜야함.

③ 기밀시험방법 준수 철저

- 기밀시험은 최고사용압력의 1.1배 이상으로 실시하는 등 시험압력과 시험방법을 사내 기준으로 실시하고, 기밀시험 특성상 누출현상을 육안으로 확인하기 어려우므로 시험 중에는 비누물로 누출여부를 검증하기 바람. 아울러 시험압력, 압력유지시간 등 모든 시험과정 및 결과는 철저히 기록 유지하여야 함.

삼불화질소(NF3) 이송 펌프 교체 운전 중 폭발

재해발생 개요

재해일시	2016년 8월 3일(수) 10:29경	상해정도	부상 7명
펌프 교체운전	침강조 보강	기 인 물	삼불화질소(NF3), 펌프 등

울산시 남구 소재 ㈜OOOOO 삼불화질소(NF3) 제조 공정의 최종 정제탑 하부 펌프(B)의 교체 운전을 위해 예비 펌프(A)를 가동하는 순간 펌프가 폭발하여 인근의 근로자 7명이 부상을 입은 사고임.

재해발생 원인

① 펌프 기동 시 공정 시스템 미흡

- (펌프A의 비정상적인 공회전) 펌프 A의 토출 및 흡입 측 밸브가 완전히 열려 있는 상태에서 펌프 B에서 토출된 NF3가 급속히 펌프 A로 유입되면서 임펠러(Impeller)가 역회전하면서 맥동현상(surging)과 공동현상(cavitation)이 발생하면서 펌프의 과부하 및 NF3의 기화가 발생한 것으로 추정됨.
- (NF3 기체 열분해) 수차례 기동 실패로 펌프가 과열된 상태에서 펌프 기동을 위하여 토출 측 자동유량조절밸브를 수동으로 열어 NF3 저장탱크에서 펌프 쪽으로 유입된 NF3 기체가 열분해 되어 폭발함.

② 펌프의 사용 전 점검 미실시

- 펌프를 처음 설치(2015년 10월)후 계속하여 1개월 이상 사용하지 않은 상태에서 펌프의 사용 전 점검을 실시하지 않고 정상운전을 실시함.

③ 작업계획서(SOP) 미작성 운영

- 초저온용 펌프의 시운전(Start-Up) 및 정상 작업을 위한 작업절차서 및 지침서가 작성되어 있지 않음.

재해예방 대책

① 공정 시스템 보완

- (펌프의 온도를 감지할 수 있는 시스템 보완) 펌프의 입구, 출구 측 등 NF3의 냉각 여부를 수시로 확인할 수 있는 시스템을 보완하여야함.
- (최소유량 흐름배관 정상흐름 확보) 이송용 펌프를 기동할 때 공동현상의 발생을 줄이기 위해 최소유량 흐름배관에는 최소유량이 확실하게 흐를 수 있도록 제한 오리피스(Restricted Orifice)를 설치하여야 함.
- (Warming-up Flow 배관 추가설치) 출구 측에서 입구 측으로 가동을 위한 Warming-up Flow 배관을 추가로 설치하여 정상흐름 방향으로 Warming-up 상태를 유지하면서 대기할 수 있도록 하고, 정비작업 후 습기제거용(Drying-out)용 노즐 설치(4개).

② 펌프의 사용전 점검

- 펌프를 1개월 이상 사용하지 않은 상태에서 펌프를 사용할 경우에는 반드시 사용전 점검을 실시하고 정상운전을 실시하여야 함.

③ 표준작업절차서(SOP) 작성 준수

- 초저온용 펌프는 기동 시 밸브조작, 마중물 주입(PRIMING), 정상운전 확인방법, 재기동 방법 등이 포함된 안전운전 작업절차서를 작성하고 검토, 승인 후 준수하여야 함.

도료합성수지 제조공정 반응기 내용물 누출로 인한 화재·폭발

재해발생 개요

재해일시	2016년 7월 27일(수) 18:05경	상해정도	사망 1명, 부상 2명
작업명	원료 투입작업	기 인 물	반응기, 톨루엔 등

경남 양산시 소재 ㈜OOOO의 공장동 2층 도료합성수지 제조용 반응기에서 인화성액체(톨루엔 혼합물로 추정)가 끓어 넘쳐 누출되면서 원인 미상의 점화원에 의해 폭발, 화재가 발생하여 1, 2층에서 작업 중이던 근로자 1명 사망 및 2명이 화상을 입은 재해임.

재해발생 원인

① 인화성 액체 누출 (끓는점 이상으로 운전되는 반응기에 톨루엔 주입으로 인한 끓어 넘침)

- 반응기 내부 온도가 충분히 떨어지지 않은 상태에서 사전 계량을 해놓았던 톨루엔(끓는점 111℃)을 투입하여 톨루엔 혼합물이 끓어 넘쳐 가연물이 누출됨.
- 작업지시서 상 톨루엔을 몇 도에서 투입해야 하는지 상세한 내용이 작성되어 있지 않음.

② 폭발위험장소 내 비방폭형 전기기계기구 사용 및 방폭전기기계기구 유지관리 미흡

- 반응기 주변은 2중 폭발위험장소로 구분되어 있으나 비방폭형 대형선풍기 및 콘센트 등이 설치되어 있어 점화원으로 작용함.
- 반응기 주위에 설치된 제어 판넬의 체결볼트의 결합 상태가 미흡하여 톨루엔이 끓어 넘치면서 발생한 다량의 톨루엔 증기가 견고히 체결되지 않은 제어 판넬 내부로 들어가 전기적 점화원에 의해 폭발했을 가능성이 있음.

③ 안전운전절차서 미흡

- 사고발생 제조공정과 관련하여 작업지시서가 작성되어 있으나 톨루엔의 끓는점 등을 포함한 화학물질의 유해/위험성, 위험물질 누출 예방조치 등 공정안전 관련고시에서 제시하고 있는 안전운전지침서를 작성, 작업자에게 교육을 실시하지 않음.

재해예방 대책

① 상세한 안전운전절차서 작성

- 운전절차서는 운전경험이 없는 운전자라도 안전하게 운전이 가능하도록 각 물질별 투입 조건(온도, 시간 등) 등을 단계적으로 구체적이고 명확하게 작성하여야 하며, 운전원에게 사전에 교육을 실시하여 안전운전절차서를 숙지한 상태에서 공정운전을 실시하여야함.

② 공정위험지역에 비방폭형 지게차 출입금지

- 폭발위험장소내에는 그 위험지역에 적절한 방폭전기기기를 사용하여 인화성물질 누출시에 점화원으로 작용하지 않도록 하여야 함.
- 방폭전기설비의 경우 각 방폭형식별 요구되어지는 상태가 있으므로(내압방폭설비의 경우 접촉되는 부분의 틈새 간격 등) 방폭전기기기의 특성을 이해하고 있는 전문가로 하여금 상시 방폭성능이 유지될 수 있도록 기기를 관리하여야 함.

불산(HF, 55%) 상차작업 중 누출

재해발생 개요

재해일시	2016년 6월 4일(토) 18:00경	상해정도	부상 1명
펌프 교체운전	불산(55%) 상차차 작업	기 인 물	파열판, 불산(55%) 등

충남 금산군 소재 OOOO(주)에서 불산(HF,55%)을 IBC*로부터 여과작업을 거쳐 탱크로로 이송 작업 중 여과 설비인 필터하우징 상부에 부착된 파열판(Rupture Disk)의 파열로 불산(HF,55%)이 배관을 통해 집수조 주변 트렌치 상부면을 따라 불화수소 하역장 외부로 유출된 사고임.

※ IBC(Intermediate Bulk Container): 선박이나 차량으로 위험물질을 운송하기 위한 용기임.

재해발생 원인

① 필터하우징의 이상과압으로 인한 파열판 파열

- (이송펌프 토출압력의 과다) IBC에서 필터를 거쳐 탱크로리로 불산을 이송하는 이송펌프(에어다리아프램)에 구동용으로 공급되는 압축공기 공급 시 작업자가 밸브 수동 오조작으로 인한 압축공기의 과다 공급으로 인해 이상 과압 발생.
- (이송 중 필터 막힘) 필터하우징 내부에 사용하는 카트리지는 사고발생 기준 2달 전부터 작업물량이 기존 대비 10배로 증가하였으나 교체를 하지 않아 불순물 등에 의해 필터가 막혔을 가능성이 높음.

② 비상집수조와 폐수조 사이의 수중펌프 작동 불능

- (레벨 스위치 관리 미흡) 비상집수조 내에 있는 레벨스위치는 부유식으로 움직이는 범위에 이물질 등이 끼일 경우 작동하지 않을 가능성이 있으나 주기적인 관리 상태가 미흡함.

③ 불산(HF,55%)의 경보설비 등 미설치

- 불화수소 하역장 내에는 불화수소(HF,100%) 감지기가 하역장 상부에 1개 설치되어 있으나, 불산(HF, 55%)의 누출을 감지할 수 있는 적절한 누액감지장치가 미설치됨.

재해예방 대책

① 위험물질(불산 55%) 누출 방지 조치 강화

- (펌프 구동용 압축공기의 과압방지 대책 수립) 이송펌프의 구동용 압축공기 라인에 정압밸브(Regulator Valve)를 설치하여 과압을 방지하고, 정압밸브의 고장을 대비하여 정압밸브의 후단에 적정압력의 안전밸브를 설치해야 함.
- (필터의 막힘상태 상시 확인) 필터의 막힘 상태를 확인할 수 있는 차압계의 설치가 필요하며, 경보값을 설정하고 목시 관리가 가능해야 함.

② 비상집수조 내의 레벨스위치의 적정성 유지

- 비상집수조 내의 수중펌프에 연동되는 레벨스위치의 사용 환경을 검토 후 오작동이 되지 않도록 해당 사용 환경에 적합한 레벨게이지를 사용하여 연동설비의 정상 작동에 대한 적정성 유지 (PH Meter, 수위에 따른 접점 센서 부착, 물리적 간섭의 가능성이 적은 부유식 등).

③ 관리대상물질(불산, HF55%)에 대한 경보설비 설치

- 사업주는 관리대상 물질을 1일 평균 합계 100리터 이상 취급하는 장소에는 해당 물질이 셀 우려가 있는 경우 누액감지기 등의 경보설비를 설치하거나 경보용 기구를 갖추어야 함.

원료의약품 제조 반응기에 원료투입 작업 중 화재·폭발

재해발생 개요

재해일시	2016년 1월 14일(목) 22:40경	상해정도	부상 2명
작업명	원료 투입작업	기 인 물	반응기, 아세톤, 분체 등

충남 아산시 소재 ㈜OOO 제약 원료의약품 합성3공장에서 록소프로펜 나트륨(Loxoprofen Sodium)을 제조하기 위하여 분말상태의 원료(Loxoprofen Acid)를 아세톤과 정제수 혼합물이 들어있는 반응기에 투입 중 화재·폭발이 발생하여 작업자 2명이 부상을 당하고 천장 및 반응기 주변 벽체가 일부 파손되는 사고가 발생함.

재해발생 원인

① 폭발분위기 형성(인화성증기 및 가연성분진 발생)

- (인화성증기 발생) 반응기(R-401, 6m)에 아세톤(인화점: -20℃)을 주입 및 록소프로펜산 분말을 교반하는 과정(분말 투입시 교반기 동시 가동)에서 인화성 증기가 다량 발생됨
- (가연성 분진운 발생) 아세톤과 정제수 혼합물에 록소프로펜산 분말을 교반하기 위해 반응기 상부 맨홀을 이용하여 직접 원료를 낙하 투입 함으로서 낙차에 의해 분진운이 다량 형성됨

② 정전기 발생(대전) 및 방전

- (분말의 대전) 분말 원료를 낙하 투입시 용기벽과의 마찰, 분말간의 충돌 등에 의해 정전기가 발생함
- (포장비닐 대전) 록소프로펜산 분말이 용기(화이버 드럼) 및 포장비닐백과 마찰, 박리 등에 의해 정전기가 발생함

③ 안전운전절차서 미흡

- 분체투입 절차서에 소분에 대한 내용이 불명확하고 반응기 내부 질소 퍼지시간 등 불활성절차에 대한 내용이 미흡함

재해예방 대책

① 위험분위기 생성방지 및 투입방법 개선

- (작업방법 개선 및 불활성 분위기 조성) 인화성 액체에 가연성 분체를 주입시 열린 상태의 주입을 삼가하고 질소 퍼지 등의 방법으로 완전한 불활성 분위기를 유지한 상태에서 주입작업(분체자동이송장치 등 사용)을 실시

② 점화원 제거(정전기 대전 및 방전방지)

- 도전성을 가진 드럼(금속용기 등) 및 주입용 도구를 사용하고, 모든 도전성 부분은 등전위 분당(접지)를 실시
- 인체의 정전기 축적방지를 위해 도전성바닥, 정전화, 개인용 접지장치, 도전성 의류 등의 필요한 조치 실시

인화성액체 이용 여과작업 중 폭발사고

재해발생 개요

재해일시	2016년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
펄프 교체운전	여과 및 세척	기인물	정전기(점화원)

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



후드부착상태

재해발생 원인

- ① 여과기 내부 폭발분위기 형성 방지
 - 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
- ② 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
- ③ 밸브조작 순서 등 방법 미지정
 - 질소의 공급·차단을 통한 액상물질의 이송 등 시스템 운전에 필요한 모든 밸브를 수동으로 조작하고 있고 이를 단순히 작업자의 경험과 판단에 의해 밸브 조작

재해예방 대책

- ① 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 함.
- ② 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
- ③ 화학설비 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 과다하게 공급되는 경우 포함), 위험물 누출 시의 조치(세척액 투입배관을 연결하거나 해제할 때) 등에 대한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업 실시

점착제 제조과정 교반기에 원료(용제) 투입 중 화재·폭발

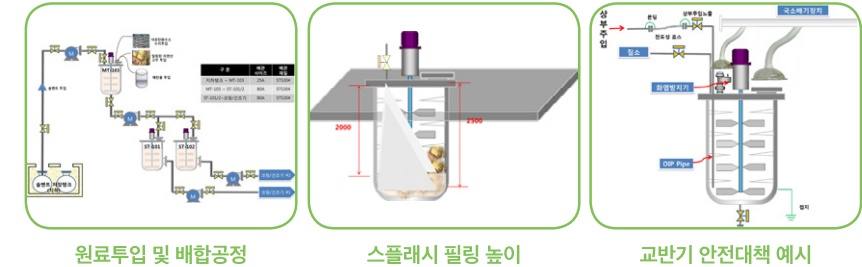
재해발생 개요

재해일시	2016년 10월 22일(토) 16:12경	상해정도	사망 1명
작업명	원료 투입작업	기인물	교반기, 솔벤트, 고무 등

충북 청주시 소재 (주)OOO 점착테이프의 점착제 제조 공정에서 교반기에 고무를 투입 후 원료 공급 파이프를 통해 솔벤트 공급 중 교반기 내부에서 화재·폭발이 발생하여 주변 작업자에게 화염이 옮겨 붙어 병원에서 화상 치료 중 11월 12일(토) 중증 화상으로 사망한 재해임.

재해발생 원인

- ① 위험성평가에 따른 안전운전절차 수립 미흡
 - 불활성화 대책 수립 미흡) 폭발 및 화재 예방을 위해 위험성 평가 수행 시 솔벤트의 농도와 관계없이 산소의 농도를 감소시키는 등의 불활성 대책을 강구하여 최소산소농도 이하의 운전 대책을 마련하여야 하나 교반기 내부의 불활성화에 대책을 수립하지 않음.
- ② 정전기 발생(대전) 및 방전
 - 용제 투입방식 검토 미흡) 교반기 상부 노즐 투입 시, 스플래시 필링(Splash Filling)으로 인한 정전기 다량 발생
 - (제전설비 기준 미흡) 접지설비, 가습, 점화원이 될 우려가 없는 제전장치의 사용 등 정전기 발생을 억제하기 위한 조치를 미 실시함.
- ③ 통풍환기조치 미흡
 - 인화성 증기운 형성에 의한 화재폭발 위험이 있는 장소에서는 이를 예방하기 위해 통풍, 환기 등의 조치를 하여야 하나 이를 미 실시함.



재해예방 대책

- ① 위험분위기 생성방지 및 투입방법 개선
 - (작업방법 개선 및 불활성 분위기 조성) 용제 주입방식을 상부 주입방식에서 하부 주입방식으로 개선하거나 상부 주입방식일 경우 침액파이프를 사용하여 인화성 증기 발생을 억제하고 스플래시 필링으로 인한 정전기 발생을 억제하여야 함.
 - (최대 주입속도 준수) 배관 또는 연결부에서 최대 유속은 7m/s 또는 (0.5/d)m/s 중 작은 값으로 제한하며, 충전절차 또는 설계를 통해 억제해야함.
- ② 밀폐형 교반기 사용 및 내부 불활성화 실시
 - 밀폐형 교반기 사용 및 내부에 솔벤트 주입 시 불활성화 기체(질소 등)를 치환함으로써 연소범위 축소 및 MOC(최소산소농도)를 관리하여야 함.

차량용 내장재 원료 생산 공정 혼합작업 중 화재

재해발생 개요

재해일시	2016년 5월 19일(목) 14:30경	상해정도	화상 1명
펌프 교체운전	혼합기 혼합 작업	기 인 물	혼합기, 메탄올, 수지 등

경남 밀양시 소재 OOOOO(주) 차량용 내장재 원료 생산공정의 첨가제 배합탱크(2층)에서 혼합 작업 중 온도조절 실패로 메탄올 등의 내용물이 끓어 넘쳤으며, 1층 건조기 전원 판넬의 전기 점화원에 의해 점화되어 급격히 화재가 확산되면서 누출된 내용물을 수거 작업 중이던 근로자 1명이 화상을 입은 재해임.

재해발생 원인

① 배합탱크 온도조절용 스팀 제어밸브의 기계적 이상

- 스팀 제어밸브의 기계적 동작이상(내부적으로 끼임 등)으로 인한 스팀(7kg/cm², 170℃)의 지속적인 공급으로 인해 배합탱크의 온도제어에 실패함으로써 가연물인 메탄올 등 내용물이 끓어 넘쳐 누출됨.

② 배합탱크 맨홀덮개 체결 상태 미흡

- 배합탱크 용해작업 시 탱크 상부 덮개는 닫은 상태로 운전을 하였으나, 맨홀 덮개 나비볼트를 체결하지 않아 배합탱크와 맨홀 접합면으로 메탄올 용액과 증기가 끓어 넘쳐 배합탱크 외부로 흘러나옴.

③ 가스누출 감지 및 경보장치 미설치

- 인화성액체(메탄올)가 비점(65℃)이상 온도로 상승되어 메탄올 용액과 증기가 다량 누출되었으나, 누출을 조기에 감지하여 경보할 수 있는 가스누출감지 및 경보장치가 설치되지 않았음.

재해예방 대책

① 온도제어 시스템 개선

- 배합탱크 운전 판넬 온도제어기에 경보(ALARM) 기능을 추가하여 배합탱크 내부온도가 일정온도를 초과하는 온도조절 실패 시 경보를 발생함으로써 작업자에게 이상상태를 알릴 수 있도록 온도제어시스템(TICA)으로 개선하여 사용

② 배합탱크 맨홀덮개 볼트는 견고하게 체결

- 배합탱크 용해작업 시 탱크 상부 맨홀덮개 나비볼트는 견고하게 체결하여 탱크 내부에서 발생하는 인화성액체 증기 등은 벤트배관을 통하여 공기정화장치로 배기 처리될 수 있는 상태에서 운전하여야 함

③ 가스누출감지 및 경보설치 설치

- 인화성액체(메탄올) 취급 장소에서 인화성액체가 바닥으로 누출되거나 설비에서 인화성증기가 누출되는 경우 조기에 감지하여 경보를 발할 수 있는 가스누출감지 및 경보설비를 설치 사용

톨루엔 주입작업 중 정전기에 의한 화재

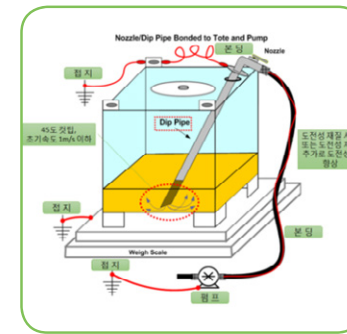
재해발생 개요

재해일시	2016년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용제 배합	기 인 물	정전기(점화원)

2016년 0월 0일 경기도 김포에 소재한 OOOO 사업장 내 배합실에서 재해자가 이형지에 도포 하는 실리콘 이형제 배합을 위해 원료인 톨루엔을 지하 저장탱크로부터 배합용기에 주입하던 중 배합용기 에서 정전기 방전에 의한 화재가 발생한 사고임

재해발생 원인

- ① 가연물 : 톨루엔 증기
- ② 산 소 : 대기중의 공기
- ③ 점화원 : 고무호스와 배합용기 가장자리 원형테두리 간 정전기 방전



재해예방 대책

톨루엔 고정배관에 절연재질의 고무호스를 연결하여 배합용기 상부에서 직접 톨루엔을 주입하던 중 고무호스와 배합용기 가장자리 간에 정전기 방전이 일어나 화재가 발생함

재해예방 대책

① 도전성 재질의 호스 사용

- 정전기가 축적되지 않는 도전성 재질의 호스로 교체

② 등전위 본딩 실시

- 배합용기와 주입배관 사이에 정전기 방전이 일어나지 않도록 주입배관과 배합용기 사이를 직접 본딩
- 배합용기에 전용 접지편 설치
- 각 도전체를 접지

③ 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

폐차장 연료탱크 잔유(휘발유) 회수 작업 중 화재

재해발생 개요

재해일시	2016년 0월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
펌프 교체운전	용제 투입	기 인 물	정전기(점화원)

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.

재해발생 원인

- ① 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
- ② 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



후드부착상태

재해예방 대책

- ① 인화성 액체(휘발유) 취급 장소 화재예방 조치 실시
 - 인화성 액체(휘발유) 취급 장소에서는 점화원이 발생하지 않도록 흡연 및 화기 사용 등을 금지하거나, 인화성 액체와 화기사이에는 방화에 필요한 안전거리 유지, 불연성 차열재료 사용 등의 조치를 하여야 함
- ② 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

포스겐 벤트 배관 맹판 교체 작업 중 중독

재해발생 개요

재해일시	2016년 5월 27일(목) 19:40경	상해정도	사망 1명
작업명	맹판 교체 작업	기 인 물	포스겐, 플랜지 등

전남 여수시 소재 00000(주)의 포스겐 제조공정 Chamber 내에서 대정비 준비 작업을 위해 공무팀 1명, 생산팀 1명과 협력업체 작업자 2명이 송기마스크(전면형)를 착용하고 포스겐 벤트 배관에 설치된 맹판(Spectacle Blind) 교체작업(close→open 위치 변경)을 실시하던 중 작업 대상 배관내부의 가압된 포스겐 가스가 플랜지 사이로 누출되어 협력업체 직원 1명이 가스에 중독, 사망한 사고임.

재해발생 원인

- ① 공정안전보고서의 안전운전계획 운영 소홀
 - (작업절차 미준수) 맹판 설치 및 제거 관리 절차서에 따라 배관의 맹판을 해체할 경우 맹판을 해체 하여야 할 연결 배관에 vent 또는 drain을 open하여 압력과 유체 존재유무를 확인하도록 되어 있으나 배관에 잔류한 포스겐 가스를 vent하지 않음.
- ② 송기마스크의 착용 부적절
 - 조도가 확보되지 않고, 비좁은 챔버 내에서의 작업임에도 불구하고 송기마스크의 안면부의 상태가 좋지 않고 에어라인 방식으로 공기를 공급 받는 형식의 송기마스크를 착용하여 긴급한 대피과정에서 안전한 외부 탈출에 지장을 초래함.
- ③ 작업허가 시 위험성평가의 결함
 - 포스겐 반응기와 연결된 배관의 작업에 있어 차단밸브를 사용한 차단이 완벽하게 이루어지지 않았을 경우의 상황, 체류할 수 있는 가스의 챔버 내 농도, 노출 시 인체의 영향에 대해 사전에 충분히 검토되지 않았으며, 가스의 잔류상황에 대비한 감압배출, 배기, 축정 등의 필요한 조치에 대한 언급이 이루어지지 않음.

재해예방 대책

- ① 공정안전보고서의 안전운전계획 이행 준수
 - (작업절차 준수) 배관의 맹판을 해체하거나 절환할 경우 내부 절차서에 따라 맹판을 해체 하여야 할 연결 배관의 물질을 안전하게 vent 또는 drain하여 압력과 유체 존재유무를 확인한 후 작업이 실시되어야 함.
- ② 급성독성가스 취급공정에 사용하는 송기마스크 개선
 - 급성독성가스가 누출될 우려가 있는 장소에서 작업 시 착용하기 위한 송기마스크는 자급식 송기마스크를 사용하거나, 장소나 비용 등의 제한이 있을 경우 정상적인 상태에서는 에어라인 방식을 사용하되, 비상시에는 개인별로 부착된 공기탱크의 공기를 사용할 수 있는 방식의 송기마스크를 지급하여야 함.
 - 이러한 송기마스크를 제대로 활용할 수 있도록 사전에 충분한 훈련이 되어야 함.
- ③ 작업허가 시 위험성평가 철저
 - 포스겐과 같은 급성독성가스와 관련된 각종 작업에 있어 각종 밸브와 기기가 잘못될 수 있는 경우에 대한 충분한 작업위험성 평가가 이루어져야 하며, 이에 대한 보완적 절차가 충분히 검토되고 대안이 제시되어야 함.

황산 제조공정 보수 작업 준비 중 누출

재해발생 개요

재해일시	2016년 6월 28일(화) 09:05경	상해정도	사망 2명, 부상 3명
펄프 교체운전	맹판 해제작업	기인 물	황산, 맹판 등

울산시 울주군 소재 0000(주) 내 황산 제조공정에서 보수 작업준비를 위하여 공정운전을 정지하고, 최종 흡수탑*의 순환배관에 설치된 맹판을 개방하는 순간, 흡수탑과 배관내부에 체류되어 있던 황산(약 98 wt%)이 쏟아지면서 맹판 개방 작업자 2명과 주변에서 작업하던 근로자를 포함 5명이 화상을 입게 된 사고임.

* 최종 흡수탑(Final Absorbing Tower, FAT) : 순도 98% 황산을 제조하는 마지막 처리공정

재해발생 원인

① 작업 전 황산 미제거

- 최종 흡수탑, 순환 배관 등 설비 내부에 체류되어 있던 황산을 제거하고, 누출 우려가 없는 것을 확인한 후에 맹판 개방을 하여야 하나, 설비 내부에 황산이 그대로 있는 상태에서 맹판 개방 작업을 시작함.

② 부적합한 안전작업허가 실시

- 안전작업허가 시, 해당 작업 부서는 현장의 안전조치사항, 보호구 착용상태 등을 확인한 후 승인해야 할 의무가 있으나 최종 흡수탑에 황산이 있고, 작업자가 내산 보호구를 착용하지 않은 상태에서 작업허가가 이루어짐.

③ 정비·보수 작업에 대한 작업 위험성평가 미실시

- 정비·보수 등 작업 시에는 해당 작업을 시작하기 전에 작업 위험성평가를 실시하여 작업상의 위험요인을 최소화하고 작업자에게 유해·위험요인에 대한 내용을 알려주어야 하나, 작업 위험성평가를 미실시함.

재해예방 대책

① 작업 전 설비 내부 위험물 제거 후 작업 실시

- 정비·보수 작업 시 설비내부에 액체 등이 방출되어 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 경우에는 작업 전에 미리 위험물을 방출, 세척, 치환 시키는 등 필요한 사전 안전조치를 실시한 후에 작업을 실시하여야함.

② 안전작업허가 절차 철저 준수

- 안전작업허가 절차에 따라 「작업 전 안전조치 상태 확인」, 「작업자 보호구 착용상태 확인」등 부서별 임무를 충실히 수행 한 후에 안전작업허가서가 발행 될 수 있도록 절차를 준수하여야 함

③ 정비·보수 작업에 대한 작업 위험성평가 실시

- 정비·보수 등 작업 시에는 해당 작업을 수행하기 전에 작업 위험성평가를 실시하여 사전에 유해·위험요인을 최소화해야하고 작업자 교육을 통해서 유해·위험요인을 작업자가 사전에 인지 할 수 있도록 하여야함

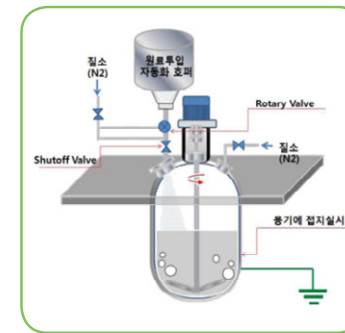
회분식반응기에 원료 투입작업 중 폭연·화재

재해발생 개요

재해일시	2016년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	투입 작업	기인 물	정전기(점화원)

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

재해발생 원인



사고예방대책안

① 가연물 : 옥탄올 증기 + PTA 분진

② 산소 : 대기중의 공기

③ 점화원 : 톤백, TPA 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

재해예방 대책

① 작업방법 개선

- PTA 투입 자동화 설비 설치
- 반응완료 후 충분히 냉각된 상태에서 옥탄올 투입
- 개방된 맨홀을 통해 고체를 일시에 투입 할수 있는 양은 25[kg] 이내로 제한하며, 25[kg] 이상의 투입은 로터리 밸브나 기타 동등의 장치를 가진 중간 호퍼를 통해 투입을 실시하여야 함

② 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

가열된 아스팔트에 등유를 투입하여 교반 중 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 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
- ② 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



사고발생 현장



등유 소분용기



비방폭구조의 교반기 스위치

재해예방 대책

- ① 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
- ② 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·기구에는 당해 인화성 증기에 대하여 적합한 방폭 성능을 가진 방폭구조 전기기계·기구를 선정 사용하여야 함

계면활성제 제조 반응기 폭발사고

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 반응열 제어실패에 의한 폭주반응(추정)
 - 발열반응이 발생하는 반응기는 반응열 제어가 실패 시 온도상승에 의한 폭주반응 발생 위험이 있으나 반응열 제어에 실패하여 폭주반응이 발생됨
- ② 변경관리 절차 미준수
 - 반응기에서 기존과 다른 원료사용 및 반응이 이루어지는 경우에는 변경관리 절차를 준수해야하나 변경관리 절차를 준수하지 않음
- ③ 폭주반응 발생 가능 반응기에 파열판 미설치
 - 주반응 발생 시에는 일시에 폭발적으로 증가하는 대용량의 물질을 외부로 방출하기 위한 파열판을 설치하여 내부의 압력을 해소하여야 하나 미설치



사고공장 외부 전경



사고발생 현장

재해예방 대책

- ① 반응열 제어방법 확보
 - 발열반응이 발생하는 반응기는 반응열을 효과적으로 제어하기 위한 냉각시스템(Jacket, Coil)을 설치하여 반응열을 제거하여야 함
- ② 변경관리 절차 준수
 - 반응기에서 기존과 다른 원료사용 및 반응이 이루어지는 경우에는 변경관리절차를 준수하여야함
 - 또한 변경 시 변경에 따른 위험성을 체계적으로 검토하여 변경으로 인해 발생 가능한 위험을 제거하여야 함
- ③ 폭주반응 발생 가능 반응기에 파열판 미설치
 - 폭주반응 위험이 있는 반응기는 일시에 폭발적으로 증가하는 대용량의 물질을 외부로 방출하기 위한 파열판을 설치하여야 함

냉매충전 작업 중 냉매용기가 폭발

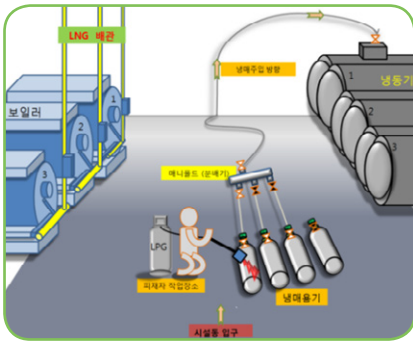
재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 압력용기(냉매용기) 가열에 의한 내압상승 및 강도저하
- ② 개인보호구 미지급 및 미착용



재해발생 상황도



폭발한 냉매용기

재해예방 대책

- ① 냉동기에 냉매 충전시 안전밸브가 내장된 냉매충진장치 사용
- ② 냉매용기의 온도를 높여 냉매를 주입할 때에는 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 안전밸브 설치 후 작업 실시
- ③ 작업 중 압력용기(냉매용기) 폭발로 인하여 충돌 등의 위험요인이 있는 장소에서 작업하는 경우 작업자에게 안전모를 지급하고 착용토록 하여야 함.

바닥방수제 배합공정 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 인화성 액체에 의한 저장조의 기상부에 폭발분위기 형성
 - 용제저장조 상부 맨홀을 개방한 상태에서 플라스틱 용기를 사용해 용제를 담은 작업 중 저장조 상부의 기상공간에 폭발분위기 형성
- ② 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



사고발생 현장



용제저장조 및 플라스틱 용기

재해예방 대책

- ① 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
- ② 가스검지 및 경보장치 설치
 - 인화성액체의 증기나 가스에 의한 폭발분위기의 사전 감지를 위한 가스 검지 및 경보장치 설치
- ③ 가스폭발위험장소 설정·관리 및 환기조치 철저
 - 인화성액체 취급 시 산업표준화법에 따라 가스폭발 위험장소 구분도를 작성하고, 이에 따라 적절하게 관리해야하며, 저장조 내부에 폭발성분위기 제어를 위한 환기조치 실시
- ④ 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

MMA 중합반응 중 인화성증기에 정전기 점화로 폭발 (메틸마타크릴레이트)

재해발생 개요

재해일시	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	부상 0명
펌프 교체운전	MMA 중합	기 인 물	정전기(점화원)

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

재해발생 원인

① 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

② 전기적 스파크, 정전기 제어 등 점화원 통제·관리 미흡

- 펌프 사용하여 원료 이송 시 플라스틱 배관(PE)와 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 작용할 수 있었음



반응기 내부에서 시작된 화염의 모습

재해예방 대책

① 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

② 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 잠기기까지 1m/s 이하 유지), 침액파이프(Dip-pipe)를 설치하여 정전기 대전 최소화, 충전 후 정지시간을 두어 정전기 완화조치 실시
- ③ 반응기 교반장치, 중합실 조명등, 벽체 선풍기 등과 같은 전기설비는 방폭형 전기·기계기구 사용

산소공급 상태인 에어자켓 착용 작업 중 화재

재해발생 개요

재해일시	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	사상 작업	기 인 물	불꽃(점화원)

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

재해발생 원인

① 산소 분기관에 압축공기 연결이 가능한 접속기구 설치·사용

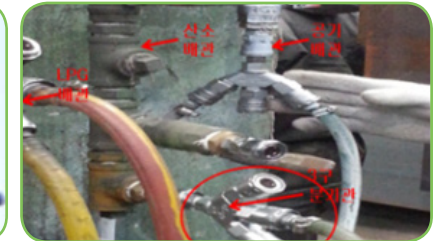
- 가스별 분기관의 연결구가 동일한 직경의 크기(3구 분기관)로 설치되어 있어 공기용 암(Female)분기관을 산소용 분기관 연결구에 연결하여 사용하여 에어자켓에서 나오는 고농도의 산소와 그라인더 불꽃에 의해 에어자켓이 점화되어 화재 발생.

② 화재발생 시 초기 진화 미흡

- 휴대용 그라인더로 사상 작업시 불꽃이 발생되어 화재 발생시 초기에 소화할수 있도록 소화기 등 소화기구를 비치한 후 작업하여야 하나 소화기는 재해자에게 약 20미터 떨어진 위치에 있어 초기 소화에 어려움이 있었음.



에어자켓



산소배관 분기관

재해예방 대책

① 압축공기와 산소 분기관은 상호 연결되지 않는 접속기구 사용

- 가스 등의 분기관은 전용 접속기구를 사용하여야 하며, 서로 이어지지 않는 구조의 접속기구 사용, 서로 다른 색상의 배관·호스의 사용 또는 꼬리표 부착 등을 통하여 서로 다른 가스배관과의 체결을 방지할 것

② 화재발생시 초기가 가능하도록 소화기구 비치

- 휴대용 그라인더로 사상 작업시 불꽃이 발생되어 화재 발생시 초기에 소화할수 있도록 소화기 등 소화기구 비치 후 작업 실시

③ 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

진공탱크 내 슬러지 제거 중 화재로 인한 사망

재해발생 개요

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

합성수지제조업 사업장 내 유틸리티실에서 진공펌프 전단에 위치한 진공탱크 내부에 굳어 놓여붙은 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

재해발생 원인

① 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 가스와 산소-LPG 절단기(토치)의 불꽃이 점화원이 되어 화재가 발생함



진공탱크



붙어붙은 PP슬러지



화재발생 직후 전경

재해예방 대책

① 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

탱크로리 재검사 중 잔존 인화성 물질에 의한 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

① 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

② 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

③ 화재·폭발 발생 우려 장소에서 화기 등 사용금지 조치 소홀

- 탱크 재검사 시 탱크 개방작업은 잔존 인화성물질에 의해 화재폭발위험분위기 조성의 우려가 높아 인화성물질 제거 위한 조치 외에 점화원이 될 수 있는 화기 등의 사용이나 행위를 금지해야 하나 일반인 출입통제조치 미실시, 비방폭구조 배풍기 스위치 및 공구사용, 정전기 발생 유발 물질(이불)을 사용한 행위 등 화재폭발 발생 우려장소에서 점화원 관리 미흡

재해예방 대책

① 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

② 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(접촉분리, 마찰 등) 금지

③ 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

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 촉매 투입시기 오류 등 안전운전절차 미준수
 - 페놀수지 투입 후 촉매(수산화칼륨수용액)를 정량 투입해야 하나, 촉매 투입밸브 고장으로 적정량의 촉매 일부가 미투입되자 반응 도중 잔량의 촉매 투입→폭주반응으로 반응기 폭발
- ② 반응기 반응폭주를 대비한 파열판 미설치
 - 10m3 반응기에 20A 크기의 안전밸브가 설치되어 있으나, 급격한 압력발생을 해소하기에는 미흡



사고발생 현장 외부



사고발생 현장 내부



반응기

재해예방 대책

- ① 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
- ② 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

페드럼통 절단 중 잔류 인화성증기에 의한 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 유류 등이 있는 드럼의 절단 작업 시 안전조치 미실시
 - 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



재해예방 대책

- ※ 기인물 (페드럼통 내 잔류 인화성증기)
 - 제품명 : SAIVINOL MS-300
 - 성분(CAS No.) : 아크릴공중합체, 44% (26760-85) 초산에틸, 50.6% (141-78-6) 아세톤, 5.4% (67-64-1)
- ※ 점화원 (4인치 그라인더)
 - 그라인딩 작업 시 볼티 온도 약 1,000~1,300℃

재해예방 대책

- ① 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
- ② 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

LPG-산소 용접기를 이용하여 빈드럼 상판 제거작업 중 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

① 유류 등이 있는 용기의 용단작업시 안전조치 미흡

- 위험물, 인화성 유류가 있을 우려가 있는 드럼 등의 용기에 대하여 화기작업시에는 내용물을 제거하고 내부를 깨끗이 세척한 후 인화성물질의 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



사고발생장소



폭발발생한 드럼

재해예방 대책

① 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

금형가열작업 중 유압작동유 분출로 인한 화재

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

① 화기사용 장소의 화재방지 조치 미실시

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



사고발생장소



유압작동유 파손사진

재해예방 대책

① 화기사용 장소의 화재방지 조치 실시

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

아스팔트방수 후 PIT 청소 중 용접 불티로 화재

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- 엘리베이터 PIT 내부 방수작업을 오전에 실시하여 아스팔트 프라이머가 경화되지 않고 유증기가 체류 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



사고발생상황도



사고발생시 작업추정

재해예방 대책

- 아스팔트 프라이머 미경화 및 유증기로 화재발생 위험이 있을 경우에는 PIT 주변의 화기작업을 금지하여야 하며, 부득이하게 용접작업을 실시할 경우에는 PIT 내부로 근로자 출입을 통제한 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.

용해작업 중 폭발로 용탕 비산

재해발생 개요

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

2013년 0월 0일(수) 07:59분경 경남 창원시 진해구 00금속 용해작업장에서 벨브류 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

재해발생 원인

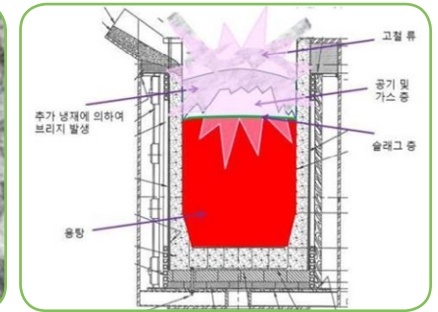
① 작업방법 불량

- 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



용해로 내부전경



재해당시 상황도

재해예방 대책

① 작업방법 개선

- 용해로 내에 고철 투입 시 한꺼번에 투입하지 말고 고철의 용융상태를 보면서 조금씩 투입 하여야 함.

② 방열복 등 개인보호구 미착용

- 용해작업 시에는 반드시 규정된 방열복, 보안면, 안전장갑 등 개인보호구를 착용한 후 용해작업을 실시하여야 함.

선박 용접 작업중 폭발 발생

재해발생 개요

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

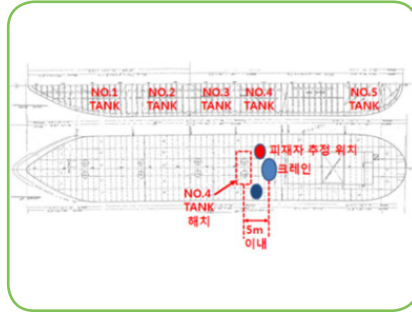
2012.0.0(화), 13:15분경 충남 서산시 OO읍 OO항 관리부두에 정박되어 있던 폐유 운반선에서 해당 선박 기관장이 크레인 보강작업을 위해, 전기 용접기를 사용하여 용접작업 중 해당 선박의 폭발 및 침몰 사고가 발생함

재해발생 원인

- ① 폐유 저장 탱크 내부에 유증기가 채류한 상태에서 전기 용접기를 사용한 용접 작업을 실시함.
- ② 용접 작업 전 폐유 저장 탱크 내부의 유증기 및 인화물을 제거하기 위한 조치를 시행하지 않음.



재해직후 선박사진



재해당시 선박관련도면

재해예방 대책

- ① 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
- ② 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

소각로 내 휴대용 가스용기 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 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.
- ② 출입의 금지 미실시
 - 사업주는 화재 또는 폭발의 위험이 있는 장소에 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지시켜야 하나, 이를 미실시함.



사고발생장소



사고발생 기인물

재해예방 대책

- ① 위험물질 등의 제조 등 작업시의 안전 조치 실시
 - 사업주는 인화성 가스를 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 압축·가열 또는 주입하는 행위를 하지 말아야 함.
- ② 출입의 금지 실시
 - 사업주는 화재 또는 폭발의 위험이 있는 장소에 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하여야 함.

역화로 인한 LPG가스 용기 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- ① 이동식 가스용접장치 안전장치(역화방지) 미 설치
 - 가스용접장치에는 각 용기내의 압력차에 의해서 가스의 역류에 의한 화염 역화를 방지하는 안전기를 가연가스 압력조정기 후단과 토치호스 사이에 설치하여야 하나 미설치하여 사고가 발생함.
- ② 설비 고장시 수리 후 사용 등의 안전수칙 미준수
 - 토치에서 가스가 나오지 않고, 압력조정기의 눈금이 비정상적임에도 불구하고 계속 점화를 시도하다가 역화가 발생함



사고발생장소



역화로 전소된 LPG호스

재해예방 대책

- ① 이동식 가스용접장치 안전조치 실시
 - 가스용접장치에는 각 용기내의 압력차에 의해서 가스의 역류에 의한 화염 역화를 방지하는 안전기(역화방지)를 가연가스 압력조정기 후단과 토치호스 사이에 설치해야 함
- ② 설비 고장 시 수리 후 사용
 - 가스용접기의 토치 및 배관 자재 이상 발견 시에는 가스를 안전한 방법으로 모두 배출 시키고 원인을 파악하여 수리 또는 교체 후 사용

핸드폰 케이스 세척작업 중 정전기 화재

재해발생 개요

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

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 제거 작업을 위해 면장갑을 이용하여 세척작업 중 세척액(JB-4000, 인화점 0°C 이하)에 정전기로 추정되는 화재 발생으로 화상을 입은 사고임

재해발생 원인

- ① 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.



사고발생장소



세척제용기 사진

재해예방 대책

- ① 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
- ② 세척제 대체물질 사용 검토 및 지속적인 교육 실시
 - 현재 사용중인 세척제(JB-4000)는 인화점 0°C 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.

부원료 투입 용해작업중 전기로 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- 수분이 함유된 부원료 등을 전기로에 투입**
 - 전기로에 페로실리콘 등 부원료를 넣는 작업을 하는 때에는 수증기폭발을 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



사고발생장소



사고발생 기인물

재해예방 대책

- 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

철제 폐 드럼통 절단 작업 중 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- 내용물에 대한 물리적 위험 및 잔량의 확인, 물질 특성을 제대로 인지하지 않았고, 폐 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.



재해발생후 사진



드럼 외부 사진

재해예방 대책

- 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
- 폐 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.

LPG가스 누출에 따른 착화 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- 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



재해당시 작업자위치



재해당시 용접도치

재해예방 대책

- ① 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
- ② 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

신너와 페인트 혼합작업중 화재

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

- 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



사고발생장소



사고발생시 작업추정

재해예방 대책

- ① 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.

인화성 세척제 증기에 의한 폭발

재해발생 개요

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

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

재해발생 원인

① 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.



사고발생장소



폭발후 상황



재해예방 대책

① 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

금속칩 용융작업 시 화재

재해발생 개요

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

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.

재해발생 원인

① 알루미늄, 마그네슘 등 금속칩의 종류별 분리 미흡

- 알루미늄괴를 생산하기 위해 알루미늄 등 금속성 물질의 칩을 용해로에 넣는(장입) 작업 시 발화성 물질인 마그네슘 칩이 제대로 선별·분류되어 제거되지 않고 용해로에 투입됨.

② 일반 작업복을 착용한 상태에서 용해로에 원재료 장입작업 실시

- 용해로에 원재료를 장입하는 용융고열물 취급작업시 일반 작업복을 착용한 상태로 함으로써, 분출된 화염에 의해 피부가 점화되어 화상을 입음.



사고발생장소



산화된 마그네슘분말

재해예방 대책

① 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

② 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

빈드럼 용단 작업 중 폭발

재해발생 개요

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

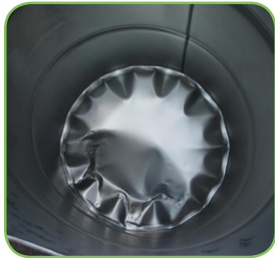
2009년 0월 0일 11시 20분경 대구 북구 소재 볼트 제조 사업장에서 피해자가 공드럼 용단 작업을 하던 중 내부에 잔류된 인화성물질 증기에 착화되어 발생한 화재·폭발에 의해 비래되는 공드럼 상부 덮개에 근로자가 맞은 사고임

재해발생 원인

- ① 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



사고발생기인물



폭발후 상황



재해예방 대책

- ① 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

탄소섬유공장 산화오븐에서 화재

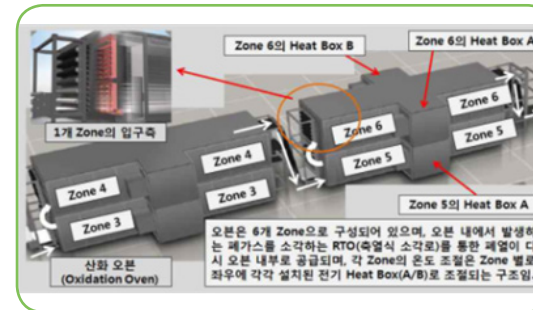
재해발생 개요

재해일시	2010년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	제거 작업	기인물	반응열(점화원)

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

재해발생 원인

- ① 아크릴사에 대한 위험성 파악 미흡
 - 아크릴사를 이용하여 탄화섬유를 생산하는 공정에서 아크릴사의 산화공정(Oven)에서는 폭발반응이 발생하는 사실이 알려져 있으나 사업장의 물질안전보건자료에는 반영되어 있지 않음
- ② 안전운전지침 미흡
 - 안전운전지침에 따르면 오븐에서 장시간 실이 방치되면 내부에서 화재 발생위험이 있어 비상정지를 하도록 규정하고 있으나 장시간이라는 개념이 명확치 않아 비상정지를 수행하지 않음



산화오븐



사고발생사진

재해예방 대책

- ① 아크릴사에 대한 위험성 파악
 - 아크릴사에 대한 물질안전보건자료에 해당물질의 산화반응시 발열반응 및 시안화수소(HCN) 발생 등의 위험성을 포함하여 관리하여야 함
- ② 안전운전 지침의 명확화
 - 안전운전지침에 대량 사절 및 감김에 대한 개념과 장시간 지속에 대한 개념을 명확히 표시하여 현장 관리자가 공정을 가동정지 할 수 있도록 반영

2023년 중소기업 사업장 화재🔥폭발 사고예방 핸드북

2023-전문기술실-121

- 발행처 한국산업안전보건공단
- 발행인 한국산업안전보건공단 이사장 안종주
- 발행일 2023년 4월
- 주 소 울산광역시 중구 중가로 400
- 전 화 (052)703-0605
- 홈페이지 www.kosha.or.kr



비매품