



화재·폭발사고 예방 길잡이



화재·폭발사고 예방 길잡이

발행일 2017년 5월
발행인 안전보건공단 이사장 이영순
발행처 안전보건공단 전문기술실
주소 우)44429 울산광역시 중구 종가로 400(북정동)
전화 052)7030-599
디자인 대일인쇄(주) 052-260-3110
홈페이지 <http://www.kosha.or.kr>

2017-전문-510

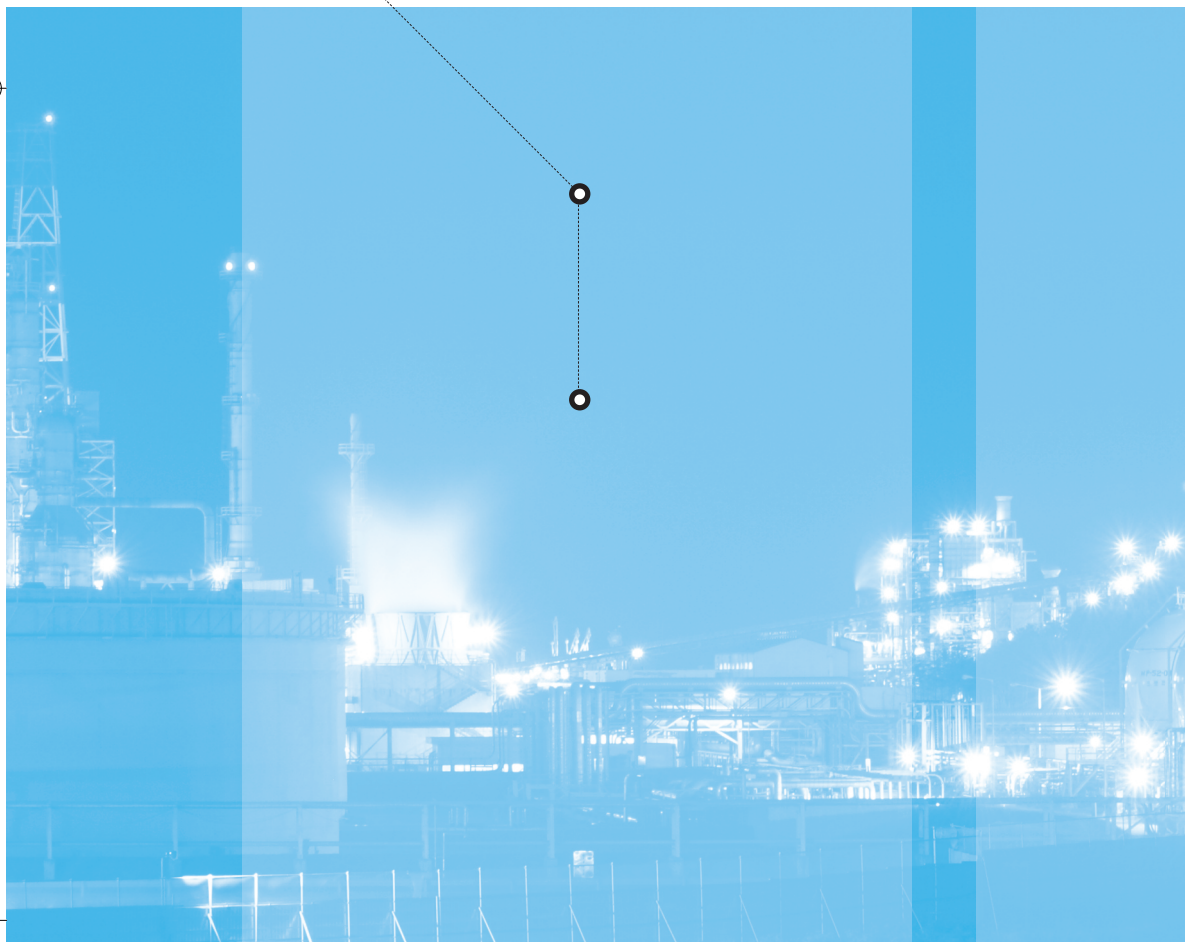
해당 자료는 공단의 동의 없이 무단으로 수정, 편집하거나 이를 활용하여 다른 저작물을 제작하는 것은 저작권법에 위반되는 것이므로 이를 금합니다.

해당자료의 내용은 안전관리 업무의 절대적인 기준이 아닌 참고 자료로 작성 하였습니다. 업무상 이의제기 등 소명자료로서 효력이 없음을 알려드립니다.

C o n t e n t s

Chapter 01	05 page 화학사고 예방을 위한 화재·폭발의 이해
Chapter 02	19 page 화재·폭발사고 발생률이 높은 물질별 One Point Lesson
Chapter 03	49 page 화재·폭발사고 발생률이 높은 설비별 One Point Lesson
Chapter 04	81 page 화재·폭발·누출 등 사고사례 및 예방대책
Chapter 05	115 page 공정안전보고서 등 제도안내
참고문서	121 page 최근 10년간 발생한 화재·폭발사고 경향

화재·폭발사고 예방 길잡이



Chapter

01

화학사고 예방을 위한 화재·폭발의 이해

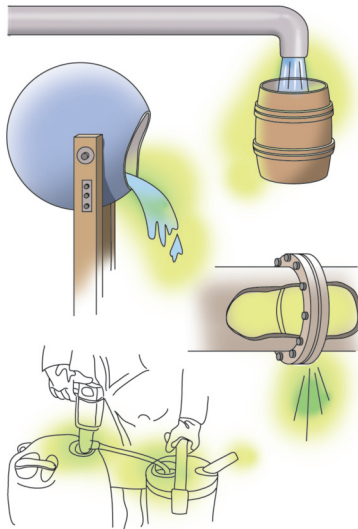


제1장

화재·폭발 현상에 대한 이해

1 작업장내 가연성 가스, 증기 또는 미스트에 의한 화재·폭발 위험이 언제 발생되는가?

작업장내 가연성 가스 또는 액체를 생산, 취급, 저장으로 인하여 이들 가스, 증기 또는 미스트가 생성될 경우는 항상 폭발 위험은 존재한다.



[그림 1] 인화성 액체로부터 증기와 미스트 형성의 예

2 인화성 액체란?

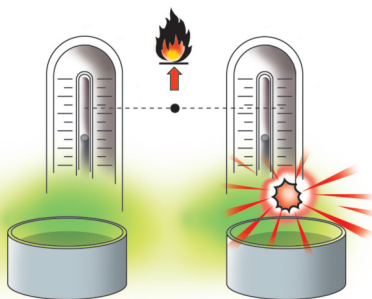
어떤 액체의 증기 또는 미스트가 공기와 혼합하여 폭발성 혼합물을 형성하는 경우로서

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

3 인화성 액체의 인화점은?

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

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



인화점이하의 온도

- 저증기농도
- 폭발위험 없음

인화점 이상의 온도

- 고증기농도
- 폭발위험

[그림 2] 인화점의 의미

〈표 1-1〉 위험물질의 인화점과 발화점

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

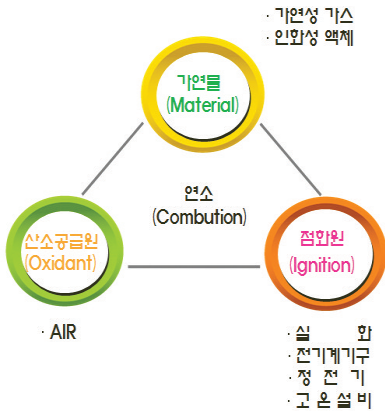
4 폭발성 혼합물이란?

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

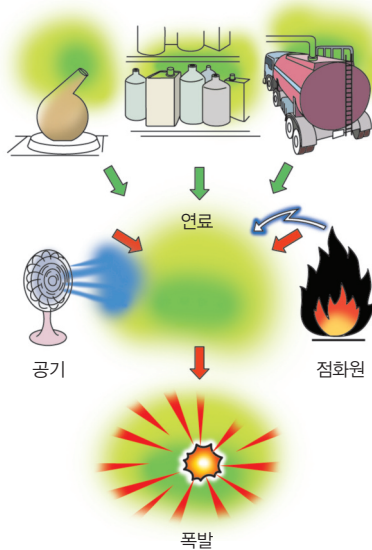
5 화재·폭발은 언제 발생하는가?

가스, 증기 또는 미스트로 인한 폭발은 다음경우에 발생할 수 있다

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



연소의 3요소

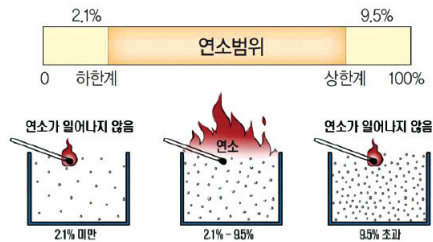


폭발이 일어나는 과정

6 폭발범위란?

공기와 혼합된 가연성 가스, 증기 또는 미스트는 특정범위 내에서만 폭발이 가능한데 극히 적은 양이 존재하는 폭발 하한(LFL) 이하에서 혼합물은 농도가 너무 낮고 매우 많은 양이 존재하는 폭발 상한(UFL) 이상에서는 농도가 너무 진하여 폭발이 발생할 수 없으므로 폭발 하한과 상한 사이에서만 폭발이 가능한데 이러한 범위를 폭발범위라고 말하며 단위는 vol% 또는 g/m³으로 표시한다.

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



〈표 1-2〉 위험물질의 연소범위

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

7 충분한 산소농도란?

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

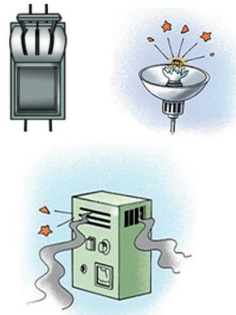
8 점화원의 종류?

산업현장에서는 많은 점화원의 존재가 가능할 수 있지만 다음 점화원이 중요하다.

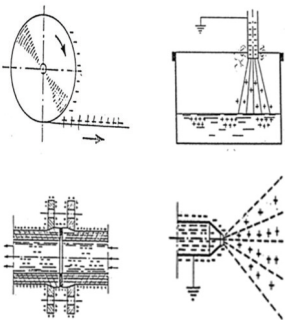
- 고온물체의 표면
- 화염, 불꽃, 불티
- 기계적 충격 및 마찰열
- 전기기계기구에서 발생하는 스파크
- 정전기
- 단열압축열, 자연발화



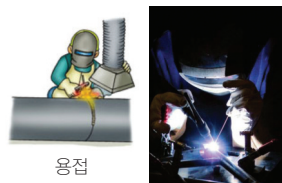
기계적 점화원(충격, 마찰)



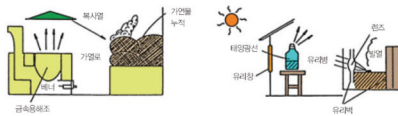
전기적 점화원(스파크, 과열)



전기적 점화원(정전기)



용접



(a) 복사열

(b) 태양광선

열적 점화원(용접불티, 복사열)

[그림 4] 가능한 점화원

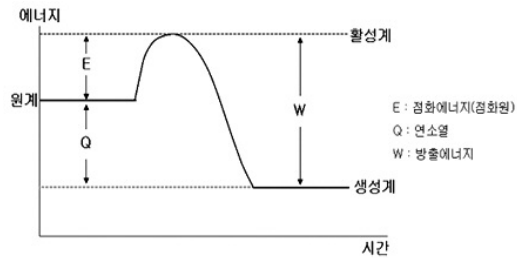
9 유효점화원 이란?

연소가 지속적으로 유지될수 있도록 가연성 혼합물에 충분한 에너지를 공급하는 점화원

〈표 1-3〉 위험물질의 점화에너지

구 분	mJ	Cal(10^{-6})
수 소	0.017	4.06
아세틸렌	0.017	4.06
에 틸 렌	0.07	16.7
프 로 판	0.27	64.5
톨 루 엔	2.5	600

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



제2장

화재·폭발 방지 대책

체크리스트, 위험과 운전분석(HAZOP) 등과 같은 위험성 평가 결과를 통하여 폭발위험이 존재할 수 있다고 판단되면 위험성을 사전에 차단하기 위하여 다음과 같은 안전조치들을 취할 수 있다.

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

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

1 폭발발생방지 조치

가스, 증기, 미스트로 인한 폭발 방지조치

- 폭발성혼합물이 조성에 필요한 산소농도 억제
- 유효 점화원의 확실한 차단
- 폭발이 더이상 진전되지 못하도록 가연물과 공기혼합물의 농도를 최대한 낮게 유지
- 가연성물질을 비가연성 물질로 대체

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

2 산소농도의 제한(불활성화)

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



[그림 5] 불활성화



[그림 6] 점화원 차단

3 점화원의 차단

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

현실적으로 점화원을 완벽하게 차단하는 것이 불가능하기 때문에 다른 방호조치가 부가적으로 필요하다

4 폭발성혼합물 조성 억제

폭발성혼합물의 조성은 다음조치를 취함으로써 억제될 수 있다.

- 환기
- 가연성 가스감지기와 환기설비의 연동조치

5 환기

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

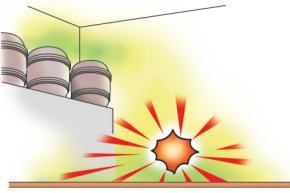
- 강제환기는 자연환기와는 대조적으로 더욱 많은 공기량의 흐름과 공기가 선택적으로 흐를 수 있는 덕트가 필요하나 제한된 공간에 요구되는 농도를 비교적 정확하게 조절 가능하다.

6 공기에 대한 증기 또는 가스의 상대밀도와 환기에 대한 영향

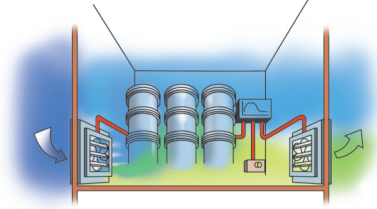
강제환기를 실시할 경우 반드시 가연성가스 또는 증기의 밀도를 반드시 고려하여야하는데 일반적으로 인화성액체의 밀도는 공기밀도보다 높다.

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

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



[그림 7] 증기의 행태



[그림 8] 강제환기와 연계한 가스경보기 사용

7 가연성가스 감지 경보기 설치

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

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

8 가연성물질을 비가연성 물질로 대체

이방법의 적용은 상당히 제한적이며 다음과 같은 몇몇 경우에 대체가 가능하다.

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

제3장

화재·폭발 영향 최소화 대책

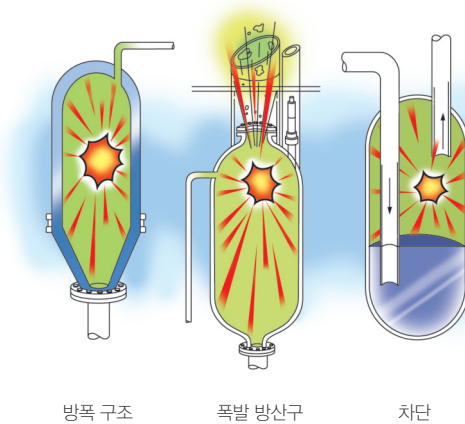
폭발을 완벽하게 방지할 수 없는 경우 당해 설비에서 일어날 수 있는 최대 폭발압력에 견딜 수 있도록 용기를 설계하거나 폭발을 최소화 할 수 있는 조치를 취하여야하는데 이러한 조치들을 구조적인 안전조치 라고 하며 설치되는 모든 용기 등 공정기기는 공정기기 내에서 폭발이 일어나더라도 작업자에게 상해를 유발시킬 수 없도록 함은 물론 건물이나 다른 설비에도 최소한의 손상만을 줄 수 있도록 설계하여야 한다.

1 구조적인 안전조치

폭발의 영향을 최소화 하기 위한 조치

○ 방폭 구조(Explosion-resistant)

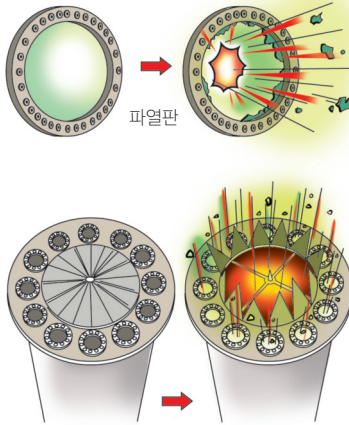
예상되는 폭발압력에 견딜 수 있도록 설계



[그림 9] 구조물의 예

○ 폭발 방산구(Explosion venting)

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



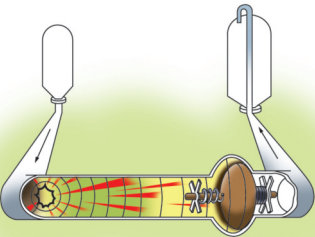
[그림 10] 폭발 방산구 장치의 예

○ 폭발 억제(Explosion suppression)

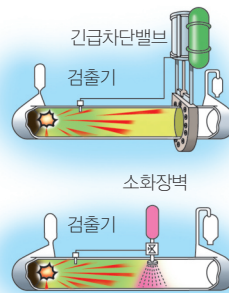
폭발의 초기 단계에서 발생하는 불꽃이나 압력파 등을 초기에 감지하여 소화약제 등의 신속한 투입을 통하여 폭발을 초기에 억제

○ 폭발 차단(Explosion isolation)

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



[그림 11] 긴급차단밸브에 의한 폭발 차단



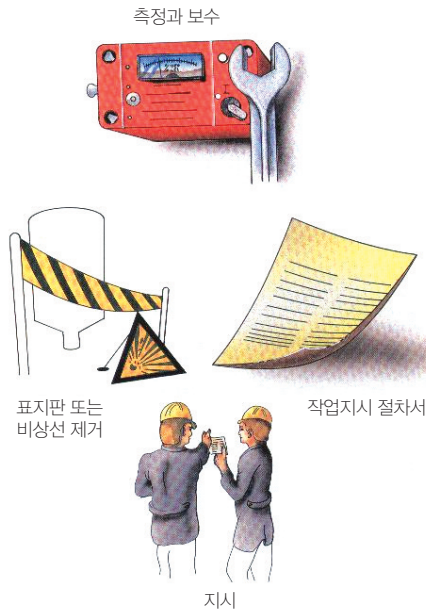
[그림 12] 긴급차단밸브 또는 소화장벽에 의한 폭발 차단

적정한 방호조치수단의 선택은 해당분야의 전문가에 의해 결정되어야 한다.

2 관리적인 안전조치

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

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



[그림 13] 관리적 안전조치 예

화재·폭발사고 예방 길잡이



Chapter

02

화재·폭발사고 발생률이 높은 물질별 One Point Lesson

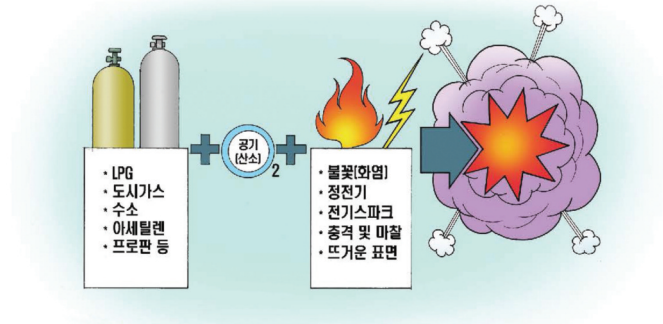




인화성가스

인화성가스란?

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



인화성가스의 종류

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

인화성가스 취급관리

유해위험요인

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

취급시 주의사항 및 예방조치



개인보호구 착용



배기설비 가동
/ 용기 밀폐



금연 화기엄금



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

○ 안전하게 취급

- 누출되면 쉽게 화재를 유발하므로 누출되지 않는 밀폐구조로 취급
- 인화성가스 사용, 저장장소는 누설 여부를 알 수 있도록 가스경보장치 설치
- 인화성가스 취급장소에서는 흡연, 용접, 그라인딩 작업, 비방폭형 전기기기 사용을 금지하고, 접지 조치로 인체 및 설비 정전기를 없애는 등 점화원 제거

○ 안전하게 저장

- 직사광선을 피하고 환기가 잘 되는 곳에 저장하여 용기온도를 40℃ 이하로 유지
- 용기가 넘어질 위험이 없도록 하고 용기에 충격 행위 금지
- 운반하는 경우에는 캡을 씌울 것, 캡은 전용 도구로 개방할 것
- 커플링 연결시 규정된 힘으로 체결/분리하고 화서는 1회 사용 후 폐기
- 용기의 부식·마모 또는 변형상태를 점검 후 사용

○ 누출 및 화재폭발시 대응방법

- 인화성가스 누출시 지연된 폭발을 수반하는 경우가 많으므로 원격이나 안전한 방법으로 차단할 수 없으면 접근을 지양하고 경보 후 대피 조치
- 폭발 후 누출로 인한 Jet Fire 발생시 가스차단 외에는 소화할 수 없으므로 다 타도록 내버려 두고 인접시설의 피해방지에 주력

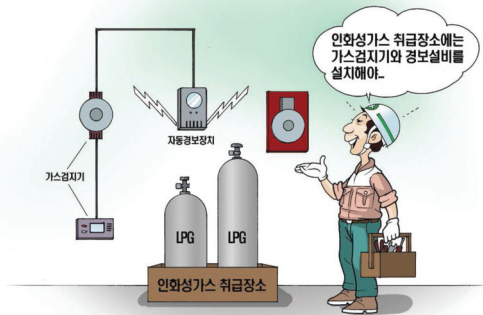
관련 법규 및 안전보건기준

산업안전보건법

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

산업안전보건기준에 관한 규칙

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



법적 규제사항

○ 산업안전보건법

- 공정안전보고서 제출 대상 : 1일 5,000kg 이상 제조·취급, 200,000kg 이상 저장
※ 수소 1일 제조·취급·저장 50,000kg 이상, 암모니아 1일 제조·취급·저장 200,000kg 이상

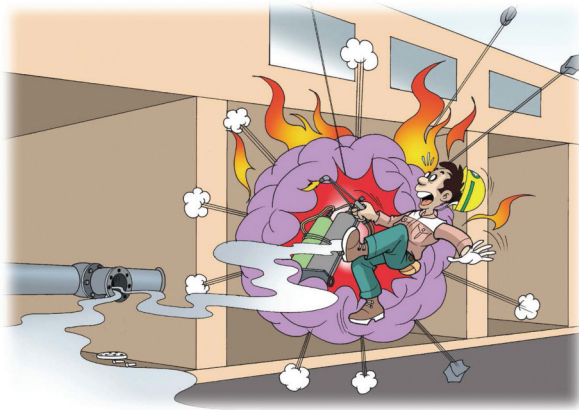
○ 고압가스안전관리법

- 사용신고 및 완성·정기검사(제20조) : 수소, 액화암모니아, 아세틸렌, 천연가스
※ 저장능력 250kg 이상인 액화가스저장설비
저장능력 50m³ 이상인 압축가스저장설비
배관으로 특정고압가스(천연가스는 제외한다)를 공급받는 경우

제해사례 : 산소-LPG 배관 절단작업 중 폭발

개요

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



발생원인

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

예방대책

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





인화성액체

인화성액체란?

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

산업안전보건법

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

위험물안전관리법

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

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



NFPA 지수의 인화성 분류

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

인화성 액체 취급관리

유해위험요인

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

취급시 주의사항 및 예방조치



개인보호구 착용



배기설비 가동
/ 용기 밀폐



금연 화기엄금



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

○ 안전하게 취급

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

○ 안전하게 저장

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



○ 누출 및 화재폭발시 대응방법

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

관련 법규 및 안전보건기준

산업안전보건법

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

산업안전보건기준에 관한 규칙

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



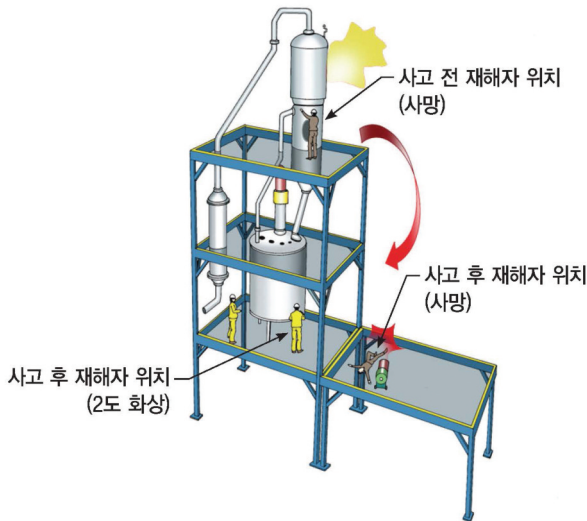
법적 규제사항

- 산업안전보건법
 - 인화성액체 중 작업환경측정 대상 유기화합물질에 해당되는 물질이 많음.(MA, MEK, MIBK, 벤젠, 시클로헥산, 아세톤, 크실렌, 톨루엔, 헥산 등)
 - 공정안전보고서 제출 대상물질(1일 5,000kg 이상 제조취급, 200,000kg 저장)
 - 특수건강진단물질
- 위험물안전관리법 : 제4류 위험물질

재해사례 : 노말핵산 체류 드럼에서 폭발·화재

개요

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



발생원인

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

예방대책

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

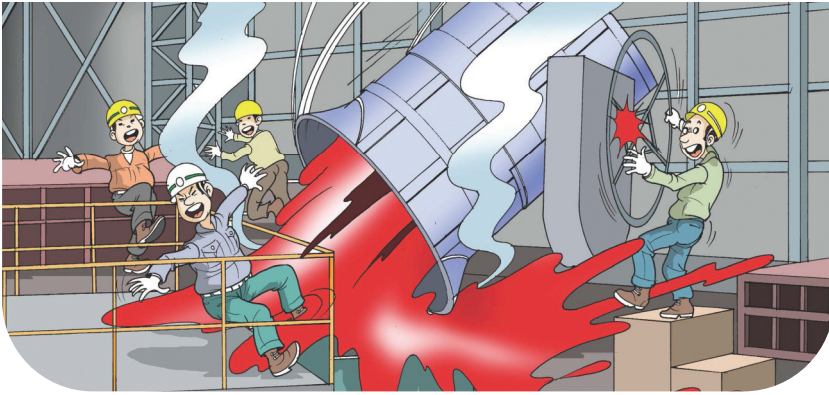


재해사례
(용탕)

용탕 래들이 뒤집혀 용탕이 쏟아짐

용탕이 담겨 있는 래들을 천장크레인으로 운반한 후 조형에 주입하기 직전 용탕 표면의 슬래그(Slag) 제거를 위해 래들 수동(핸들) 조작 중 갑자기 래들이 뒤집혀 용탕(약 1,330℃, 약 45톤)이 쏟아져 작업자 2명이 사망

※래들(Ladle) : 용해로(融解爐)에서 나온 쇳물을 받아서 운반하여 주형에 주입하는 데 사용하는 용기



재해발생 원인

- 래들 기울기에 따른 무게중심 변화와 회전 모멘트 작용
 - ※ 설계용량을 초과한 용탕을 담은 래들 기울기에 따른 무게중심의 변화, 축이음 윤활 성분 등에 의한 토오크 값의 급격한 감소, 외부 충격 등에 의한 회전모멘트 작용
- 작업조건에 맞는 보호구 지급 및 착용 미흡
- 신규 설비 안전성 평가 및 운전 시작 전 안전조치 미흡

안전작업 방법 TIP

- 래들 설계 기준을 고려한 최적 사용 조건 준수
 - 설계 기준 이내 사용 중량을 제한하는 등 최적 사용 조건 준수
- 1. 설비 사전 안전성 평가 및 운전 시작 전 안전조치 철저
 - 신규 설비 사전 안전성 평가 후 잠재 위험성 등 제거
 - 신규 설비 운전 시작 전 교육, 안전한 작업방법, 방호장치 사용법, 보호구 착용 등 필요한 안전조치 실시
- 2. 개인 보호구 지급 및 착용
 - 고열물의 비산 또는 누출 등 위험 방지에 필요한 방열복 등 적합한 보호구를 지급하고 올바르게 착용



만화로 보는 재해사례

용탕 래들이 뒤집혀 용탕이 쏟아짐

고열물체 취급시 잠재위험요인 꼭 확인하세요!



참고법령 및 기준

○ 산업안전보건기준에 관한 규칙

제32조(보호구의 지급 등), 제89조(운전 시작 전 조치), 제254조(화상 등의 방지)

H₂ 수소가스 취급안전

수소 가스란?

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



● 용어의 정의 ●

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

주요 위험요인

○ 화재·폭발

- 고압 용기의 밸브나 충전호스 연결 부위 혹은 사용 시설의 장비 등에서 가스 누설되어 화재나 폭발 발생

○ 용기 비레·충돌

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

안전대책

○ 화재·폭발 예방

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

○ 밸브 파손에 의한 재해 예방

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



스파크 방지 공구



일반공구(사용X)

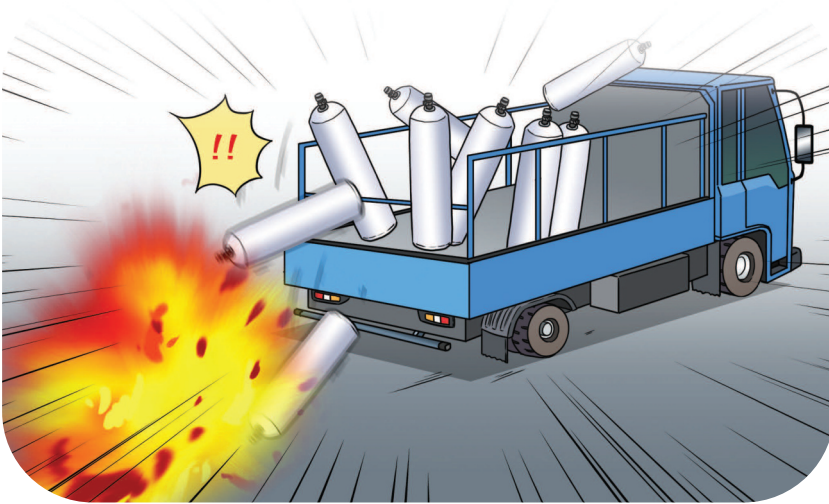


방폭형 전등 설치

재해사례 : 수소가스 용기가 바닥에 떨어지면서 화재 발생

개요

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



발생원인

고압가스 용기 전도방지조치 미흡

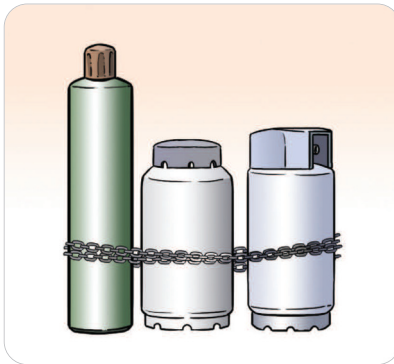
예방대책

○ 고압가스 전도방지 조치 실시

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

안전수칙

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



용기 보관 시 전도예방조치 및
용기보호캡 설치



용기이동용 카트



관련 법령

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제234조(가스 등의 용기)



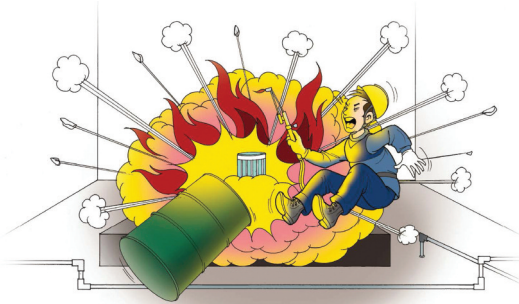
분진폭발방지 안전수칙

재해사례

**다량의 분진 발생 작업장에서
화기 작업중 화재·폭발 발생**

분진이란?

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



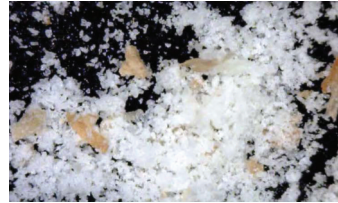
분진폭발방지대책

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

분진 발생 물질의 세부종류

곡물 분진 발생 물질

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



밀가루 분진 입자 모습

탄소질 분진 발생 물질

목탄, 역청단, 코크스, 갈탄, 이탄, 목재, 지류 등

화학 분진 발생 물질

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

금속 분진 발생 물질

알루미늄, 청동, 철카보닐, 마그네슘, 아연 등

플라스틱 분진 발생 물질

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



참고 법령 및 작성 기준

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제232조, 236조, 239조, 240조
- KOSHA GUIDE D-12-2012 「분진폭발방지에 관한 기술지침」

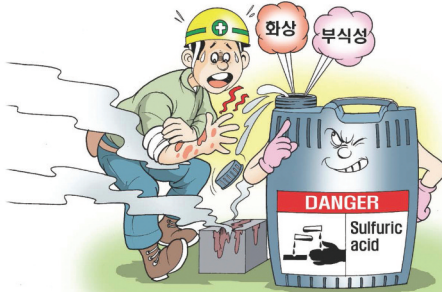
※ 해당 자료의 자세한 내용은 안전보건기술지침(KOSHA GUIDE)를 참고하시기 바랍니다.



황산

황산(Sulfuric acid, H_2SO_4) 이란?

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



화학물질(CAS No : 7664-93-9) 정보 요약

유해·위험성 정보	그림문자/일반정보
○ NFPA 지수 • 보건 : 3(매우 짧은 신체적 노출로도 사망 혹은 심각한 부상을 야기할 수 있음) • 화재 : 0(타지 않음) • 반응 : 2(기온/기압 상승시 화학적 변화를 수반할 수 있고, 물과 쉽게 반응하거나, 물과 혼합시 폭발할 가능성이 있는 물질) • W : 물과 반응할 수 있으며, 반응시 심각한 위험을 수반할 수 있음 ○ 물리화학적 특성 : 비중 1.8, 증기비중 3.4, 분자량 98.08 ○ 독성 : LD50(경구, 쥐) 2,140 mg/kg, LC50(쥐, 4시간 흡입) 0.094 mg/l ○ 인화성 : 해당없음 ○ 유해위험문구 • 급속을 부식시킬 수 있음, 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴 ○ 예방조치문구 • 보호장갑, 보호의, 보안경, 안전보호구를 착용하시오. • 흠, 증기, 스프레이를 흡입하지 마시오.	 부식성 물질 급산화성 물질 특정표정장기독성 NFPA 지수

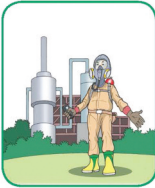
참고 : 해당 화학물질은 공급자 또는 제조사의 MSDS자료에 따라 일부 특성이 달라질 수 있음

황산 취급 관리

유해·위험요인

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

취급 상 주의사항



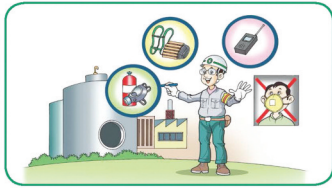
작업조건에 맞는
보호구 착용



배기설비 가동 /
용기밀폐



화기엄금 /
취식금지



밀폐공간 : 송기마스크 착용,
연/방진/방독마스크 착용금지

○ 안전한 취급 및 저장방법

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

○ 누출 및 화재폭발 시 대응방법

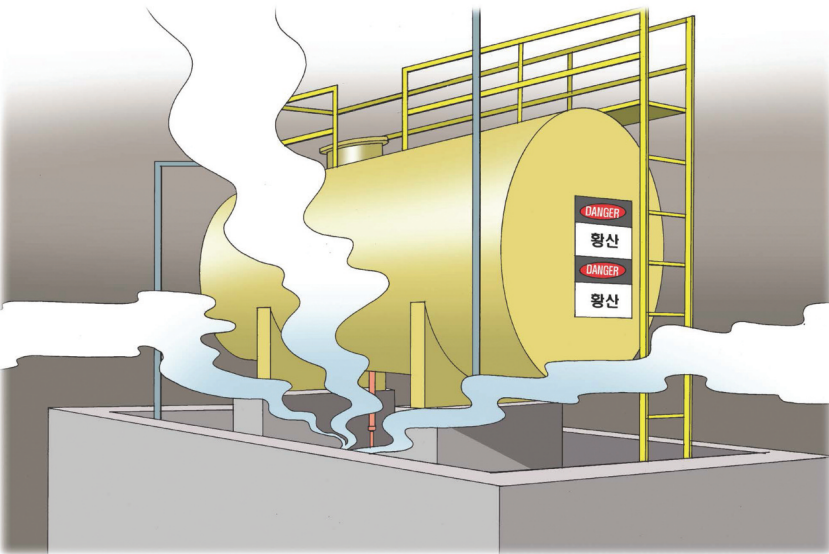
- 눈에 들어갔을 때 긴급 의료조치를 받을 것
- 눈에 묻으면 몇 분간 물로 계속 씻을 것
- 경미한 피부 접촉시 오염부위 확산을 방지할 것
- 피부에 묻으면 오염된 모든 의복은 벗거나 제거하고 피부는 물로 씻을 것
- 가연성물질과 멀리할 것
- 적절한 보호의를 착용하지 않고 파손된 용기나 누출물에 손대지 말 것
- 화재가 없는 누출시 전면보호형 증기 보호의를 착용할 것
- 물과(격렬히) 반응하여 부식성/독성가스를 방출하니 주의할 것



재해사례 : 황산 누출 사고

발생 개요

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



재해발생 원인

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

재해예방 대책

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



참고 법규 및 안전보건기준

산업안전보건법

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

산업안전보건기준에 관한 규칙

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



세부 사항은 제2편(안전기준) 제2장(폭발, 화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지 : 제225~300조), 제3편(보건기준) 제1장(관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방 : 제420조~451조) 참조



법적 규제사항

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



염산

염산(Hydrochloric acid)이란?

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



화학물질(CAS No : 7647-01-0)정보 요약

유해·위험성 정보	그림문자/일반정보
○ NFPA지수 • 보건 : 3(매우 짧은 신체적 노출로도 일시적 혹은 만성적 부상을 야기할 수 있음) • 화재 : 0(타지않음) • 반응 : 1(일반적으로 안정적이나, 기온/기압 상승시 불안정해질 수 있음) ○ 물리화학적 특성 : 비중 1.19, 증기비중 1.3, 분자량 36.5 ○ 독성 : LD50(경구, 쥐)238mg/kg, LC50(쥐, 1시간 흡입) 4.2mg/ℓ ○ 인화성 : 해당없음 ○ 유해위험문구 • 흡입하면 치명적임 • 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴 ○ 예방조치문구 • 보호장갑, 보호의, 보안경, 안전보호구를 착용하십시오. • 흡, 증기, 스프레이를 흡입하지 마시오. • 취급 후에는 취급부위를 철저히 씻으시오.	금식독성 물질 특정표정장기독성 물질 부식성 물질 수생환경유해 NFPA 지수

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

염산·취급 관리

유해·위험요인

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

취급 상 주의사항



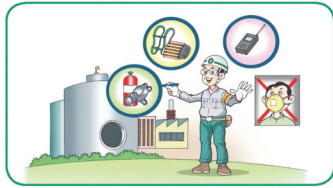
작업조건에 맞는
보호구 착용



배기설비 가동 /
용기밀폐



화기엄금 /
취식금지



밀폐공간 : 송기마스크 착용,
연/방진/방독마스크 착용금지

○ 안전한 취급 및 저장방법

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

○ 누출 및 화재폭발 시 대응방법

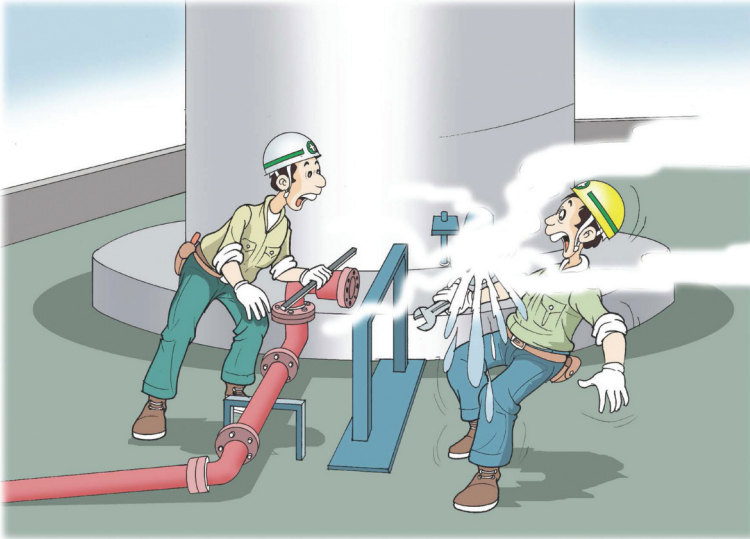
- 눈에 들어갔을 때 긴급 의료조치를 받을 것
- 눈에 묻으면 몇 분간 물로 계속 씻을 것
- 흉에 노출된 경우 깨끗한 공기로 제거하고 기침이나 다른 증상이 있을 경우 의료 조치를 받을 것
- 피부에 묻으면 오염된 모든 의복은 벗거나 제거하고 피부는 물로 씻음
- 오염 지역을 격리할 것
- 화재가 없는 누출 시 전면보호형 증기 보호의를 착용할 것



재해사례 : 염산 누출 사고

발생 개요

염산 배관에 설치된 리듀서를 수리·보수 작업 중에 리듀서가 완전히 파단되어 염산(35%) 약200m가 방유제 내부로 누출된 사고



재해발생 원인

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

재해예방 대책

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



참고 법규 및 안전보건기준

산업안전보건법

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

산업안전보건기준에 관한 규칙

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

세부 사항은 제2편(안전기준) 제2장(폭발, 화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지 : 제225~300조), 제3편(보건기준) 제1장(관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방 : 제420조~451조) 참조



법적 규제사항

○ 산업안전보건법

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

○ 유해화학물질관리법 : 사고대비물질, 유독물



불산

불산(Hydrofluoric acid) 이란?

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



화학물질(CAS No : 7664-39-3) 정보 요약

유해·위험성 정보	그림문자/일반정보
○ NFPA 지수 • 보건 : 4(매우 짧은 신체적 노출로도 사망 혹은 심각한 부상을 야기할 수 있음) • 화재 : 0(타지않음) • 반응 : 1(일반적으로 안정적이나, 기온/기압 상승시 불안정해질 수 있음) ○ 물리화학적 특성 : 비중 1.258, 증기비중 0.7, 분자량 20.01 ○ 독성 : LC50(쥐, 1시간 흡입) 342 ppm ○ 인화성 : 해당없음 ○ 유해위험문구 • 금속을 부식시킬 수 있으며 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 • 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴 ○ 예방조치문구 • 보호장갑, 보호의, 보안경, 안면보호구를 착용하십시오. • 흡, 증기, 스프레이를 흡입하지 마시오.	부식성 물질 급성독성 물질 특정표정장기독성 NFPA 지수

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

불산 취급 관리

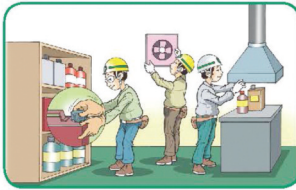
유해·위험요인

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

취급 상 주의사항



작업조건에 맞는
보호구 착용



배기설비 가동 / 용기밀폐



열, 물과 같은 물질 및
조건을 피할 것



안전보건예방 문구 이해

○ 안전한 취급 및 저장방법

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

○ 누출 및 화재폭발 시 대응방법

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

재해사례 : 불산 누출 사고

발생 개요

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



재해발생 원인

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

재해예방 대책

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



참고 법규 및 안전보건기준

산업안전보건법

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

산업안전보건기준에 관한 규칙

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



세부 사항은 제2편(안전기준) 제2장(폭발, 화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지 : 제225~300조), 제3편(보건기준) 제1장(관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방 : 제420조~451조) 참조



법적 규제사항

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

화재·폭발사고 예방 길잡이



Chapter

03

화재·폭발사고 발생률이 높은 설비별 One Point Lesson





소용량 탱크 및 드럼 화기 작업안전

재해사례

인화성 액체가 있었던 폐드럼통을
절단하던 중 드럼통 폭발



발생원인

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

화기작업 허가과 훈련

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

소용량 탱크 및 드럼의 화기작업 안전대책 및 수칙

탱크 및 드럼에 대한 화기 작업시 안전조치 및 위험성 평가

격리

- 탱크의 경우 연결되어 있는 다른 설비들과 격리, 특히 배관 부분은 반드시 분리해서 격리
- 작은 탱크는 분리시켜 안전한 장소로 이동

용기내부 비움

- 적절한 저장장치로 펌핑하거나 배수를 시켜 내부를 비움
- 관련 법규에 따라 잔류물 폐기

청소

- 물이나 세척용액을 사용하는 세척 또는 분사
- 수증기 청소
- 솔벤트 세척 또는 분사

가스 제거

- 탱크 및 드럼 내부의 증발기체와 다른 휘발성 물질들을 공기 또는 수증기 형태로 분사하여 내부 가스 제거

검사

- 탱크 내부 검사시 빛이나 열에너지를 가진 장비는 주의해서 사용
- 가스 누출감지경보기 등을 사용하여 안전하게 검사 실시

용기 내부 불활성화

- 물 또는 질소 등의 불활성기체로 탱크 또는 드럼 내부를 채워 공기 대체

위험성 평가 실시

- 작업장 내에서의 위험요소들을 평가하여 근로자와 관련자들의 안전을 보장할 수 있도록 실제적인 예방대책 마련



참고 법령 및 작성 기준

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제240조(유류 등이 있는 배관이나 용기의 용접 등)
- KOSHA GUIDE G-1-2011 「소용량 탱크 및 드럼의 화기작업에 관한 안전가이드」
- ※ 해당 자료의 자세한 내용은 안전보건기술지침(KOSHA GUIDE)를 참고하시기 바랍니다.



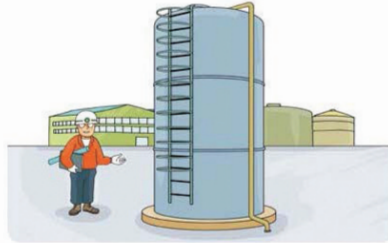
저장탱크

저장탱크란?

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

주요 유해·위험 요인으로는

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



안전점검 체크리스트

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

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

저장탱크 작업 중 재해사례

재해사례 1 저장탱크에 배관 설치 용단작업 중 폭발

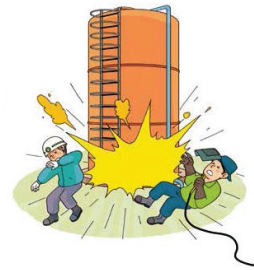
중고로 들어온 저장탱크 배관을 설치하기 위해 작업자 3명이 용단 작업을 하던 중 저장탱크 내 잔류하고 있던 벙커C유 인화성 증기에 용접, 불티가 점화되어 폭발(사망 2, 부상 1)

○ 재해원인

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

○ 예방대책

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



재해사례 2 인화성 물질 저장탱크 상부의 화재·폭발로 떨어짐

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

○ 재해원인

- 화재발생 위험장소에서 화기 사용
- 자동계측 장치불량

○ 예방대책

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



작업 전 안전점검 당신의 생명을 지킵니다.

○ 작업 전 안전점검의 습관화/실천문화 조성

- 사업주 작업 전 안전점검 문화 조성 및 지원
- 근로자 수행작업이 위험요인 파악, 보고 및 대응
- 관리감독자 해당 작업이 안전점검 및 개선대책 수립

기억하세요! 산업현장 4대 필수 안전수칙

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



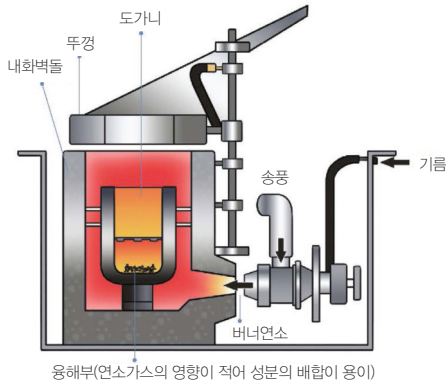
금속용해로

금속용해로란?

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

도가니로

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



전기로

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



작업순서

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

주요 위험요인

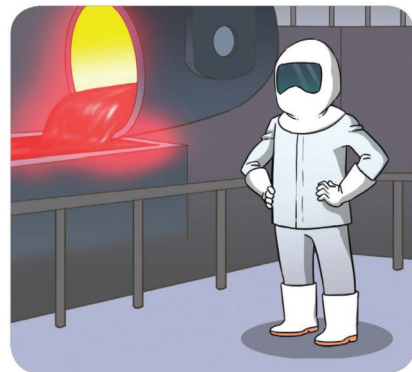
- 용해대상 금속의 잔류수분에 의한 수증기 폭발
- 내화벽돌 등 내화재 손상에 따른 냉각수 유입으로 폭발
- 용융물 비산에 따른 화상
- 고열작업에 따른 열경련·열탈진 등 건강장해

안전대책

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



용해대상 금속에 대한 수분유입 방지



방열복, 보호구 착용

재해사례 : 수분이 함유된 재료의 투입으로 인한 수증기 폭발

개요

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



발생원인

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

예방대책

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

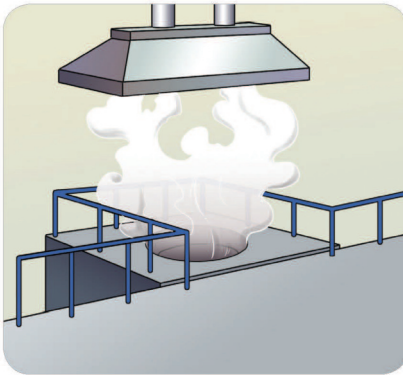
안전수칙

작업 전

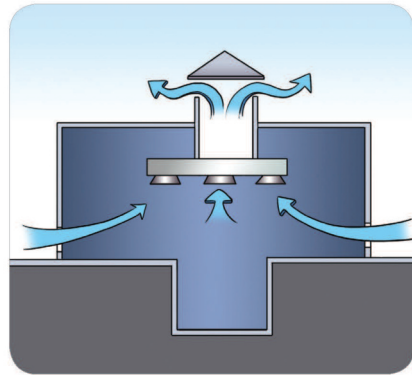
- 용해로 내화재 손상 검출장치 작동상태를 확인한다.
- 용해대상 금속체의 수분함유 여부를 확인한다.
- 고열 감소용 국소배기장치 설치 및 냉방 또는 통풍설비 작동상태를 확인한다.

작업 중

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



작업장 내 국소배기장치 설치



통풍설비 설치



관련 법령

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



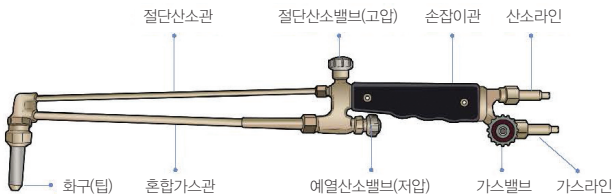
가스용접 및 용단 안전작업

가스용접 및 용단이란?

- 가연성 가스와 산소와의 반응 시에 생기는 고열 즉, 가스 연소열을 용접 열원으로 사용하는 용접법이며, 가연성 가스와 산소의 혼합가스를 적당한 압력으로 토치(Torch) 끝으로부터 분출 연소시켜, 가스 불꽃을 만들어, 이 가스 불꽃을 용접의 열원으로 사용한다.
- 가연성 가스로는 아세틸렌, 프로판, 부탄 등이 사용되며 이들 가스 불꽃 중 아세틸렌-산소 불꽃은 가장 화염온도가 높고 화염조절이 용이하며 모재에 끼치는 악영향이 적어서 공업적으로 가장 널리 사용된다.
- 용단 작업은 자재 절단을 위한 용도로 산업현장에서 광범위하게 사용되고 있으며, 가열(예열)용으로도 이용이 늘고 있다.



산소아세틸렌 용접기



토치(Torch) 주요 구조부

주요 위험요인

- 고열·불티에 의한 화재·폭발 위험
- 용접 흠, 유해가스, 유해광선, 소음, 고열에 의한 건강 장애
- 용접·용단작업 중 화상 위험
- 유독물 체류장소 및 밀폐장소작업 중 중독 또는 산소결핍 위험
- 불꽃 역화에 의한 폭발 및 화상 위험

안전대책

○ 고열·불티에 의한 화재·폭발

- 용접·용단 시 발생하는 수천도(℃)의 고온과 불티는 인접한 위험물질에 직접적인 점화원을 제공하며 화재·폭발의 대형 사고로 발전될 가능성이 높으므로 불반이포, 소화기 등을 비치하고 작업 실시
- 아세틸렌-산소 용접 용단 온도는 3,200℃이며, 불티는 비산 거리는 작업장소 높이에 따라 최대 11M정도 흩어지므로 주변의 인화성 물질 제거 후 작업 실시

○ 역화 방지 조치

- 불꽃이 역화 되는 것을 방지하기 위해 반드시 역화방지기 설치
- 호스 및 연결부 파손 상태 확인하여 파손품은 즉시 교체

○ 화재 및 폭발 예방 대책

- 용접·용단 작업 시 사전 조치 사항
 - 용접 및 용단 작업 신고서 제출 및 작업허가서 신청



역화방지기

용접 용단 작업 허가 장소

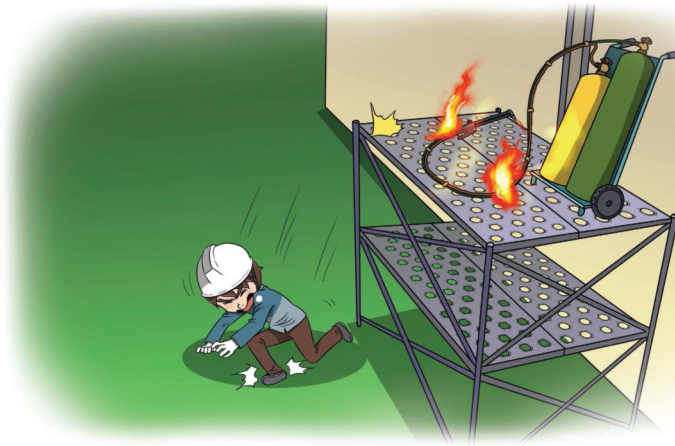
- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| • 자가주유소 및 폐유창고 인근 10미터 이내 작업 | • 유연탄치장, 유연탄분쇄기, 수송라인(B/C) 작업 |
| • B,C 유 탱크 방유제 내에서 작업 | • 보일러실 내 |
| • 대체연료 취급 치장 및 투입설비, 수송 라인 등 | • 기타 가연성 연료를 취급하는 장소에서의 작업 |

- 화기 화재 감시인 배치하여 해당 작업에 대한 관리 감독 실시
- 용접·용단 장소에서는 불연성 불반이포, 소화기, 등을 비치하여 화재 등 대비
- 용접·용단 작업 장소에 인접한 인화성, 가연성 물질은 격리 후 작업 실시
- 가연성 가스 체류 위험 장소는 가스 농도 측정 후 폭발 하한계 1/4 이하로 유지하고 작업 실시
- 도장작업 장소에서는 동시 작업 절대 금지
- 기타 안전보호구 반드시 착용하고 작업 실시한다.(용접면, 방진마스크, 용접장갑, 용접 앞치마 등)

재해사례 : 용접작업 중 화재발생으로 작업대에서 뛰어내리다 골절

개요

가스토치(Gas Torch)로 크랙(Crack) 부위 용접작업을 하던 중 가스토치(Gas Torch)와 호스(Hose) 연결부에서 가스(Gas)가 누설되어 용접불티에 의해 불이 붙으면서 호스(Hose)가 이탈되고 불꽃이 크게 발생 하자 LPG 가스통의 밸브를 잠그고 작업대(약 1.15m)에서 바닥으로 뛰어내리다 다리가 골절됨



발생원인

○ 가스용접장치 관리 미흡

- 가스토치(Gas Torch)와 호스(Hose) 연결부에 고정조치를 하지 않아 가스(Gas) 누설 및 가스토치 (Gas Torch)에서 호스(Hose)가 이탈됨
- 용접불티가 떨어질 위험이 있는 용접작업장 하부에 가연성 물질인 가스호스를 방치함
- 가스토치를 사용하지 않을 경우, 가스통의 메인밸브를 잠궜야 하나, 잠그지 않아 가스가 누설됨

예방대책

○ 용접장치 점검 철저

- 가스토치와 호스 연결부에 밴드로 고정조치 철저
- 용접작업 시 주변 가연성 및 인화성 물질 제거 및 불티 비산방지포 설치
- 가스토치를 사용하지 않을 경우, 가스통의 메인밸브를 잠가, 누설되지 않도록 조치

○ 화기작업 현장 감독 배치

용접작업 등 화재위험이 있는 작업에는 화재감시원 1명을 배치하여 주변에 화재발생 유무 감시 및 화재 발생 시 초기 진화태세를 갖추고 대기

안전수칙

사용 시

- 고압가스 용기 및 관련부품(역화방지, 호스, 토치, 라이터, 압력조정기 용기밸브)을 항상 깨끗이 유지해야 하고 특히 기름 등이 묻지 않도록 한다.
- 고압가스용기의 밸브는 서서히 개폐하여야 하며, 아세틸렌용기의 밸브는 1/3회전 이상을 열어서는 아니 된다.
- 작업자는 점화전에 호스와 토치에 남아있는 불순물을 제거하기 위하여 일단 불어낸 후에 토치를 점화한다.
- 모든 용기는 직사광선에 노출되지 않도록 하며 용기 표면온도가 40℃을 초과하여서는 안 된다.
- 고압가스용기는 떨어뜨리거나 부딪히는 등의 충격을 주어서는 안 된다.
- 사용 고압가스용기는 작업자 또는 화염 열원으로부터 최소한 5m 이상을 이격시키고 사람의 통행이 빈번하지 않은 안전한 장소에 두어야 한다.
- 용기밸브와 호스, 토치와 호스 및 호스를 연결할 때에는 클립 및 바인더 등으로 꼭 조여 가스가 누출되지 않도록 한다.
- 용기의 식별을 용이하게 하기 위하여 산소호스의 색깔은 검정색을, 아세틸렌호스의 색깔은 적색으로 사용한다.
- 호스의 연결표준은 산소호스가 우수방향 나사를, 아세틸렌 호스는 좌수방향 나사임을 명심하여 확실하게 사용하여야 한다.
- 토치를 함머 대용으로 용접 슬래그를 제거하거나 용접철편을 두드려서는 안 된다.
- 용기 내 가스를 전부 사용하였을 때에는 밸브를 잠궜 잔류가스의 누설이 없도록 하고 캡을 씌워야 한다.
- 폭발방지를 위하여 점화 시에는 스파크 라이터를 사용한다.
- 압력 조정기는 규격품을 사용하여야 하며 그 성능을 주기적으로 점검한다.

산소-아세틸렌 취급 유의사항

- 불꽃이 토치내부로 역류 시 산소밸브를 먼저 닫은 다음 가스 밸브를 닫는다.
- 산소용기 고장으로 산소 분출시 분출구는 약 -50℃ 까지 내려가므로 맨손으로 만져서는 안 되며, 분출방사력이 강하여 용기가 세계 회전하므로 접근을 금지하고 화기의 접근을 금한다.
- 용기에서 가스가 분출되어 폭발 또는 화재의 위험이 있을 때에는 큰소리로 주변을 알리고 신속히 대피한다.
- 진화 후 그 일대가 냉각되지 않으면 화재의 재발을 방지하기 위해 주위를 확실히 냉각시키고 재차 확인 점검한다.



관련 법령

- 산업안전보건기준에 관한 규칙
 - 제233조(가스용접 등의 작업)
 - 제243조(소화설비)
- 제234조(가스 등의 용기)



에어재킷

에어재킷이란?

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



공기재킷의 모습



공기재킷의 착용 모습

• 용어의 정의 •

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

에어재킷 취급 시 안전대책

○ 재킷

- 재킷은 좁은 공간에서 용접, 용단작업 시 불편함이 없도록 작업자가 편하게 착용할 수 있는 것을 착용
- 재킷의 안쪽 부분은 땀을 잘 흡수하는 재질의 원단을 사용
- 재킷의 바깥쪽은 용접불티가 접촉하여도 견딜 수 있는 내열성 재질이나 또는 방염처리 한 재질을 사용
- 재킷은 작업자의 신체에 따라서 크기를 조절할 수 있는 구조이어야 함

○ 호스 등

- 호스는 용접 불티가 접촉하여도 쉽게 손상되지 않는 재질의 호스를 사용
- 호스는 공급되는 공기압력에 견딜 수 있는 충분한 강도의 호스를 사용
- 호스, 배관 및 매니폴드의 색상은 가스의 종류별로 서로 다른 색상을 사용
- 동일한 가스를 취급하는 호스, 배관, 매니폴드의 색상은 동일한 색상으로 사용

[가스 종류별 호스, 배관 및 매니폴드의 색상 예시]

내용물의 종류	배관의 색상	비고
공기(Air)	회색	※어떤 종류의 배관에 대해 보온이나 보호 커버를 설치할 경우 보온재나 보호커버의 색상도 배관색상과 동일한 색상으로 할 것
이산화탄소(CO ₂)	청색	
산소(O ₂)	녹색	
용수(H ₂ O)	흑색	
에틸렌(C ₂ H ₄)	황색	

○ 유량조절 밸브

- 호스에는 유량조절 밸브를 부착하여 재킷으로 공급되는 공기(Air)의 양을 조절

○ 플러그 및 커플러

- 동일한 가스를 취급하는 플러그 및 커플러는 동일한 구경의 것을 사용
- 서로 다른 가스를 취급하는 플러그 및 커플러의 구경은 서로 다른 구경의 것을 사용하여, 작업자가 실수로 공기호스의 플러그를 산소 또는 다른 가스용 커플러에 연결하지 않도록 하여야 함



유량조절 밸브



플러그 및 커플러에
연결된 플러그

○ 매니폴드

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



매니폴드 예시

재해사례 : 에어재킷에 산소가 공급되어 용접 중 화재

개요

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



발생원인

○ 동일한 규격의 접속기구 사용

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

예방대책

○ 가스용접 등의 작업 시의 안전조치 준수

가스등의 분기관은 규격이 서로 다른 전용의 접속기구(Socket 및 Coupler)를 사용하여 서로 다른 가스배관과의 체결이 되지 않도록 근원적인 예방 조치를 실시

안전수칙

작업 전

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

작업 후

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



관련 법령

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



회분식 반응기

회분식 반응기관?

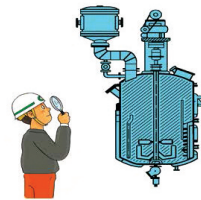
회분식 공정(BATCH PROCESS)이라 함은 일반적으로 원료를 투입하여 일정시간 혹은 일정공정을 거쳐 제품을 얻는 모든 공정을 말한다. 회분식 반응기는 반응기에 원료 및 촉매 등을 순서적으로 투입하여 일정시간 반응 후 생성물을 배출하는 방식으로 조작되는 반응기이다.

회분식 공정 특성

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



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



안전점검 체크리스트

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

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

회분식 공정 안전운전

작업표준

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



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

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

작업방법



- 위험물질이나 단량체 등을 저장·취급 또는 반응시키는 경우에는 질소 등 불활성가스 분위기하에서 실시하거나 강제 배기 등에 의해 폭발성분위기를 형성하지 않도록 한다.
 - 인화성액체 등 위험물질을 탱크로리로 주입하는 경우에는 15분 이상의 정차시간을 두고 액체의 유속을 1m/sec 이하로 하는 등 정전기 발생을 방지하기 위한 조치를 취한다.
 - 인화성액체 등 위험물질을 드럼으로부터 반응기나 탱크 등에 옮기는 경우는 드럼을 접지하고 전도성파이프를 사용하며 공구는 방폭형을 사용한다.
 - 폭발·화재위험이 있는 장소에서 용접, 용단 등의 작업, 착화원 가능성이 있는 기계기구를 사용하여서는 안되며, 착화원이 될 우려가 있는 물질을 휴대하지 않는다.
 - 인화성물질 또는 가연성가스를 설비나 드럼 등에 주입할 때는 호스의 결합부를 확실하게 연결한 후에 작업한다.
 - 서로 다른 물질의 접촉으로 인하여 발화하거나 폭발할 위험이 있을 때는 이들 물질을 접근시켜 저장하거나 동일 운반기에 적재하여서는 안된다.
- ※ 더 많은 정보는 KOSHA Guide P-89-2012 회분식공정의 안전 운전지침, P-20-2012 회분식공정의 인적오류 사고 방지 기술 지침을 추가로 참조 하세요

작업전 안전점검 당신의 생명을 지킵니다.

- 작업 전 안전점검의 습관화/실천문화 조성
 - 사업주 작업 전 안전점검 문화 조성 및 지원
 - 근로자 수행 작업이 위험요인 파악, 보고 및 대응
 - 관리감독자 해당 작업이 안전점검 및 개선대책 수립

기억하세요! 산업현장 4대 필수

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

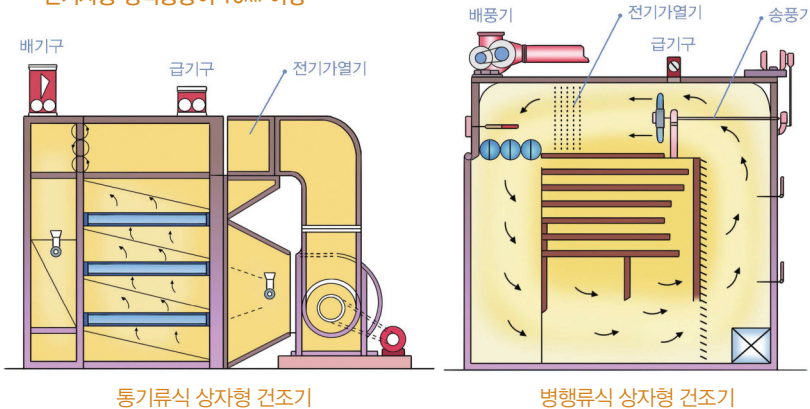


건조설비

건조설비란?

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

- 위험물 또는 위험물이 발생하는 물질을 가열·건조하는 경우 내용적이 1m³ 이상인 건조설비
- 위험물이 아닌 물질을 가열·건조하는 경우로서 다음에 해당하는 설비
 - 고체 또는 액체연료의 최대사용량이 10kg/hr 이상
 - 기체연료의 최대사용량이 1m³/hr 이상
 - 전기사용 정격용량이 10kW 이상



통기류식 상자형 건조기

병행류식 상자형 건조기

● 건조설비의 용도 ●

- 기계부속품 제조업체에서 도장된 물건의 빠른 건조를 위해 사용되며, 통상적으로 도장라인과 연계 설치함
- 건조열에너지를 얻는 방식에 따라 도시가스과 같은 가스를 사용하는 가스버너 방식과 전기 히터를 사용하는 전기식이 있음
- 가스버너 또는 전기히터에 의해 발생된 열은 Fan에 의해 건조대상물에 열풍으로 가해짐

● 작업순서 ●

- 건조설비에 설치된 국소배기장치를 가동한다.(건조 시 발생하는 가연성 증기 배출용)
- 가스버너 또는 전기히터를 가동한다.
- 열풍 송기용 Fan을 가동한다.
- 건조설비 내부의 온도가 규정온도에 도달하는지 확인한다.
- 건조대상물을 건조설비내부로 투입한다.(일반적으로 트롤리 컨베이어 또는 메쉬 컨베이어 방식이 많음)
- 건조가 완료된 제품은 회수한다.

주요 위험요인

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

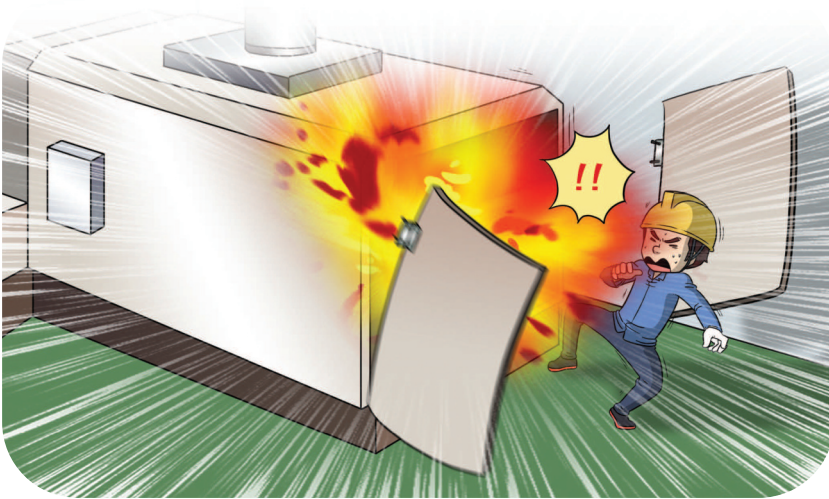
안전대책

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

재해사례 : 인화성 증기가 체류중인 건조설비에서 폭발

개요

건조설비 내부에서 발생한 인화성 증기가 배출되지 않는 상태에서 열원으로 사용한 전기히터의 발열 부 표면에 의한 자연발화로 건조설비가 폭발하여 작업자가 사망



발생원인

- 건조설비 내부의 인화성 증기 미배출로 폭발분위기 형성

예방대책

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

안전수칙

작업 전

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

작업 중

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



관련 법령

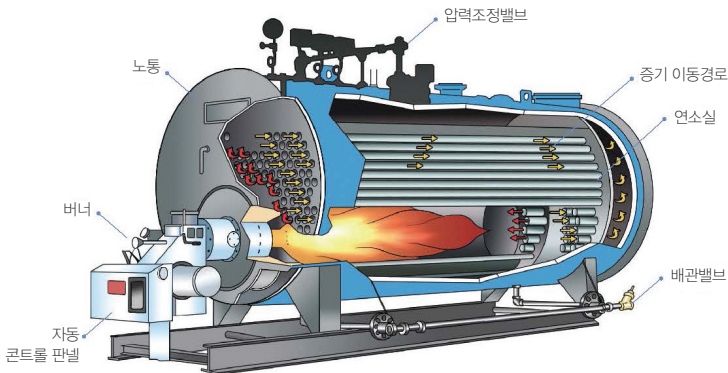
- 산업안전보건기준에 관한 규칙
 - 제32조 (보호구의 지급 등)
 - 제281조 (건조설비의 구조 등)
 - 제283조 (건조설비의 사용)
 - 제280조 (위험물 건조설비를 설치하는 건축물의 구조)
 - 제282조 (건조설비의 부속전기설비)
 - 제284조 (건조설비의 온도 측정)



보일러

보일러란?

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



● 보일러의 종류 ●

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

주요 위험요인

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

안전대책

○ 보일러의 안전장치

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

○ 보일러 가스폭발 방지에 관한 작업 시 준수사항

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

○ 보일러 저수위 사고방지에 관한 작업 시 확인사항

가동 전

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

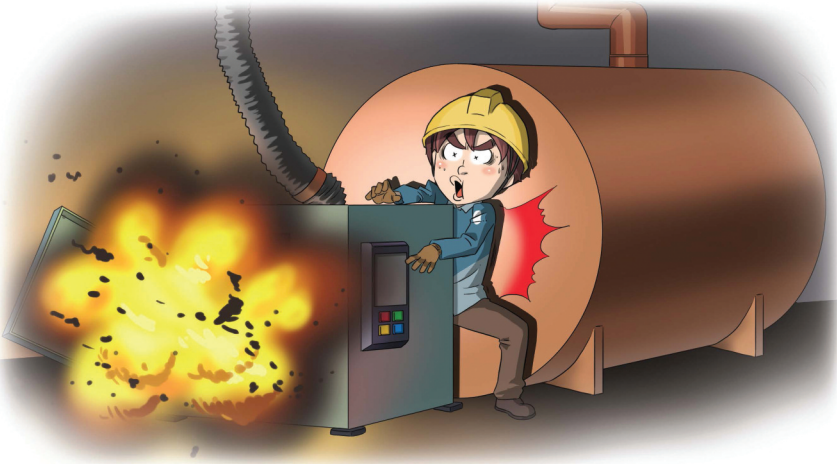
가동 중

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

재해사례 : 보일러가 폭발하여 사망

개요

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



발생원인

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

예방대책

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

안전수칙

작업 전

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

작업 중

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



관련 법령

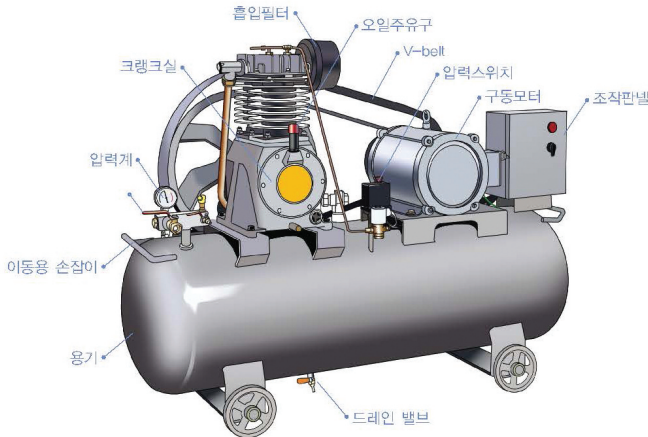
- 산업안전보건기준에 관한 규칙
 - 제119조 (폭발위험의 방지)
 - 제116조 (압력방출장치)
 - 제117조 (압력제한 스위치)
 - 제118조 (고수위조절장치)



공기압축기 안전작업

공기압축기란?

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



공기압축기 구조



왕복동식 공기압축기 : 가장 많이 사용



스크류식 공기압축

주요 위험요인

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

안전대책

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

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

- 공기압축기의 절대 외함 접지 실시 및 절연저항 측정을 통한 정기적인 점검
 - 접지저항 측정 시 : 400V 이하인 경우는 100Ω 이하, 400V 이상인 경우는 10Ω 이하 일 것
 - 배선(전선)의 절연 저항 측정 시 : 대전전압 150V 이하인 경우 0.1MΩ 이상, 대전전압 150V초과 300V이하인 경우 0.2MΩ 이상, 사용전압 300V 초과 400V 미만인 경우 0.3MΩ 이상, 사용전압 400V 이상인 경우 0.4MΩ 이상 일 것

재해사례 : 공기압축기에 손이 끼임

개요

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



발생원인

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

예방대책

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

안전수칙

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



관련 법령

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

화재·폭발사고 예방 길잡이



Chapter

04

화재·폭발·누출 등 사고사례 및 예방대책



바닥방수제 배합공정 폭발

재해일자	2015년 3월 18일 수요일	상해정도	사망 2명
작업명	용제 투입	기인물	정전기(점화원)

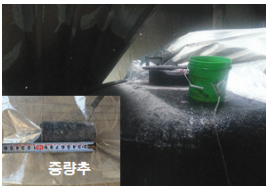
●○ 재해발생개요



[사고발생 현장]

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

●○ 재해발생원인



[용제저장조 및 플라스틱 용기]

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

●○ 재해예방대책

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

폐차장 연료탱크 잔유(휘발유) 회수 작업 중 화재

재해일자	2016년 3월 12일 토요일	상해정도	사망 0명
작업명	용제 투입	기인물	정전기(점화원)

●○ 재해발생개요



[사고발생 현장]

2016년 3월 12일(토) 14:38경 ○○폐차장 작업장에서 재해자가 폐차를 위하여 입고된 차량을 해체하는 과정에서 탈거한 연료탱크 내 잔유(휘발유)를 플라스틱 용기에 담던 중 원인미상의 점화원에 의한 화재가 발생한 사고임.

●○ 재해발생원인

○ 인화성 액체(휘발유) 취급 장소에서 흡연 및 화기 사용

잔유를 모아두는 용도의 저장용기에 휘발유를 주입하는 등 인화성 액체 취급 시에는 화재가 발생하지 않도록 흡연 및 화기 사용을 금지하는 등의 방호조치를 하여야 하나 미흡하였음

○ 정전기로 인한 화재 방지 미흡

플라스틱 용기에 담긴 인화성 액체(휘발유)를 저장용기에 주입 시 정전기 발생에 의한 화재의 위험이 있었으나 접지, 도전성 재료의 사용, 가습 등 정전기 방지를 위한 조치를 실시하지 않음



[재해상황도]

●○ 재해예방대책

○ 인화성 액체(휘발유) 취급 장소 화재예방 조치 실시

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

○ 정전기로 인한 화재 방지조치 실시

인화성 액체(휘발유) 취급 장소에서 정전기에 의한 화재를 방지하기 위하여 가습, 제전장치 사용 등의 조치를 하거나 잔유(휘발유)회수 설비는 도전성 있는 재질로 제작하고 접지를 하는 등의 조치를 하여야 함

톨루엔 주입작업 중 정전기에 의한 화재

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

●○ 재해발생개요



[사고발생 현장]

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

●○ 재해발생원인

○ 가연물 : 톨루엔 증기

○ 산 소 : 대기중의 공기

○ 점화원 : 고무호스와 배합용기 가장자리 원형테두리 간 정전기 방전

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

●○ 재해예방대책

○ 도전성 재질의 호스 사용

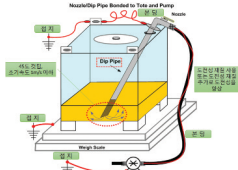
정전기가 축적되지 않는 도전성 재질의 호스로 교체

○ 등전위 본딩 실시

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

○ 톨루엔 주입방식 개선

- 용기 상부 주입방식(Splash filling)에서 용기 하부 주입방식으로 개선
- 주입배관을 용기 하부까지 확장(Dip pipe)하고 끝단에 45도 컷팁 또는 티(Tee) 사용
- 초기 배관 내 유속을 1m/sec 이하로 유지



[재해예방 대책]

산소공급 상태인 에어자켓 착용 작업 중 화재

재해일자	2015년 4월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	사상 작업	기인물	불꽃(점화원)

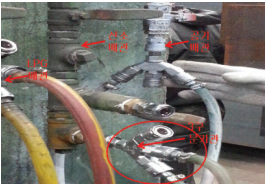
●○ 재해발생개요



[에어자켓]

2015년 4월 ○○사업장내에서 피재자가 산소 배관에 잘못 연결된 에어자켓을 입고 휴대용 그라인더를 사용하여 사상작업 중 그라인더 불꽃이 튀면서 에어자켓에 불이 붙어 상체에 화상을 입은 사고임

●○ 재해발생원인



[산소배관 분기관]

○ 산소 분기관에 압축공기 연결이 가능한 접속기구 설치·사용
가스별 분기관의 연결구가 동일한 직경의 크기(3구 분기관)로 설치되어 있어 공기용 암(Female)분기관을 산소용 분기관 연결구에 연결하여 사용하여 에어자켓에서 나오는 고농도의 산소와 그라인더 불꽃에 의해 에어자켓이 점화되어 화재 발생

○ 화재발생 시 초기 진화 미흡

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

●○ 재해예방대책

○ 압축공기와 산소 분기관은 상호 연결되지 않는 접속기구 사용

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

○ 화재발생시 초기가 가능하도록 소화기구 비치

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

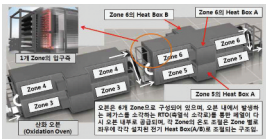
○ 관리감독 업무 철저

- 관리감독자는 소속된 근로자의 작업복·보호구 및 방호장치의 점검과 그 착용 및 사용에 관한 교육·지도 등의 사전 안전조치를 수행하여야 함.
- 특히, 에어자켓에 산소 주입에 따른 동종 재해가 다수 발생하고 있어 이에 대한 근로자 안전교육 및 현장 확인 등 관리를 함

탄소섬유공장 산화오븐에서 화재

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

●○ 재해발생개요



[산화오븐]

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

●○ 아크릴사에 대한 위험성 파악 미흡

○ 아크릴사에 대한 위험성 파악 미흡

아크릴사를 이용하여 탄화섬유를 생산하는 공정에서 아크릴사의 산화과정(Oven)에서는 폭발반응이 발생하는 사실이 알려져 있으나 사업장의 물질안전보건자료에는 반영되어 있지 않음

○ 안전운전지침 미흡

안전운전지침에 따르면 오븐에서 장시간 실이 방치되면 내부에서 화재 발생위험이 있어 비상정지를 하도록 규정하고 있으나 장시간이라는 개념이 명확치 않아 비상정지를 수행하지 않음



[사고발생사진]

●○ 재해예방대책

○ 아크릴사에 대한 위험성 파악

아크릴사에 대한 물질안전보건자료에 해당물질의 산화 반응 시 발열반응 및 시안화수소(HCN)발생 등의 위험성을 포함하여 관리하여야 함

○ 안전운전 지침의 명확화

안전운전지침에 대량 사절 및 감김에 대한 개념과 장시간 지속에 대한 개념을 명확히 표시하여 현장 관리자가 공정을 가동정지 할 수 있도록 반영

신너와 페인트 혼합작업중 화재

재해일자	2010년 9월 4일 토요일	상해정도	사망 0명
작업명	혼합 작업	기인물	정전기(점화원)

●○ 재해발생개요



[사고발생장소]

2010. 9. 4(토) 13:40분경 화성시 소재(주)○○○ 소속 재해자가 사업장내 도장반에서 철재류 방청작업을 하기 위해 신너와 방청 페인트 혼합작업 준비도중 작업장 주변에 누설된 신너 유증기가 전기스파크로 추정되는 점화원에 의해 착화되어 화재가 발생 하면서 전신에 화상을 입은 사고임

●○ 재해발생원인



[사고발생시 작업추정]

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

●○ 재해예방대책

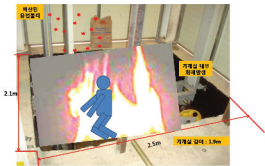
○ 인화성 물질 취급시 불꽃 또는 아크 발생기구 사용금지

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

아스팔트방수 후 PIT 청소 중 용접 불티로 화재

재해일자	2013년 9월 27일 금요일	상해정도	사망 0명
작업명	용접 작업	기인물	용접불티(점화원)

●○ 재해발생개요



[사고발생상황도]

2013년 9월 27일 13시경 전남 장성군 북이면 소재 000종합건설 엘리베이터 증축공사작업장에서 아스팔트 도막 방수가 오전에 완료된 E/V PIT에 들어가 청소작업을 진행하던 중 상부에서 용접하던 불티가 PIT에 떨어져 화재가 발생하면서 전신에 화상을 입은 사고임

●○ 재해발생원인



[사고발생시 작업추정]

- 엘리베이터 PIT 내부 방수작업을 오전에 실시하여 아스팔트 프라이머가 경화되지 않고 유증기가 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 물질 안전보건자료(MSDS)를 현장에 비치하지 않음
- 인화성물질 취급으로 화재위험성이 있는 현장에 소화설비를 비치하지 않고 작업 실시

●○ 재해예방대책

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

금속칩 용융작업 시 화재

재해일자	2010년 8월 06일 금요일	상해정도	사망 0명
작업명	용해 작업	기인물	불꽃(점화원)

●○ 재해발생개요



[사고발생장소]

2010.8.6(금) 오전 07시 경 대전광역시 소재 00사업장의 용해로 작업장에서 근로자가 알루미늄 등 금속칩을 지게차를 이용해 용해로 전면에 있는 원료 거치대에 올려놓은 후 일정시간이 지난 후 순간적으로 거대한 백색 화염이 발생, 화염에 의해 화상을 입은 사고임

●○ 재해발생원인



[산화된 마그네슘분말]

○ 알루미늄, 마그네슘 등 금속칩의 종류별 분리 미흡

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

○ 일반 작업복을 착용한 상태에서 용해로에 원재료 장입작업 실시

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

●○ 재해예방대책

○ 용해로에 금속 부스러기 등을 넣는 작업시 위험물질 사전 제거

용해로에 스크랩/칩과 같은 금속 부스러기를 넣는 작업을 하는 때에는 화재·폭발을 예방하기 위해 물·화약류·발화성물질 등과 같은 위험물질이나 밀폐된 용기 등이 포함되어 있는 지를 확인하고, 포함되어 있을 경우 이를 사전 제거하여야 함

○ 용융고열물에 의한 화상 방지용 방열복 등 보호구 착용

다량의 용융고열물을 취급하는 작업시에는 화염이나 용융고열물 등의 비산 등으로 인한 화상 등의 위험을 방지하기 위해 방열복·안전장갑·안전장화 등을 착용 후 작업토록 조치

핸드폰 케이스 세척작업 중 정전기 화재

재해일자	2012년 3월 29일 목요일	상해정도	사망 0명
작업명	세척 작업	기인물	정전기(점화원)

●○ 재해발생개요



[사고발생장소]

2012년 3월 29일(목) 19:00경, 인천 부평구 청천동 소재 OOO electronics내 세척(마사지) 공정에서 UV 코팅작업을 위한 전처리 작업으로 플라스틱 휴대폰 케이스에 묻어있는 이물질 제거작업을 위해 면장갑을 이용하여 세척작업 중 세척액(JB-4000, 인화점 0℃ 이하)에 정전기로 추정되는 화재 발생으로 화상을 입은 사고임

●○ 정전기로 인한 화재 폭발 등 방지조치 미흡



[세척제용기 사진]

사업주는 인체에 대전된 정전기에 의해 화재 또는 폭발 위험이 있는 경우에는 정전기 대전방지용 안전화 착용, 제전복 착용, 정전기 제전용구 사용 등의 조치를 하거나 작업장 바닥 등에 도전성을 갖추도록 하는 등 필요한 조치를 하여야 하나 제전복만 착용한 상태에서 작업을 실시함

●○ 재해예방대책

○ 정전기로 인한 화재 폭발 등 방지조치 실시

- 사업주는 인체에 대전된 정전기에 의해 화재 또는 폭발 위험이 있는 경우에는 정전기 대전방지용 안전화 착용, 정전기 제전용구 사용등의 조치를 하거나 작업장 바닥 등에 도전성을 갖추도록 안전 조치 실시
- 정전기에 의해 화재 또는 폭발 위험이 있는 장소에 가습을 실시하여 정전기에 의한 재해예방 방지조치 실시

○ 세척제 대체물질 사용 검토 및 지속적인 교육 실시

현재 사용중인 세척제(JB-4000)는 인화점 0℃ 이하로 고인화성 물질이므로 조그만 점화원만 있어도 화재·폭발 위험성이 있는 물질이므로, 향후 대체물질 사용적극 검토하시기 바라며, 해당 물질의 MSDS 자료에 대한 위험성 게시 및 지속적인 교육을 통한 관리감독 실시.

금형가열작업 중 유압작동유 분출로 인한 화재

재해일자	2013년 12월 14일 토요일	상해정도	사망 0명
작업명	세척 작업	기인물	정전기(점화원)

●○ 재해발생개요



[사고발생장소]

2013.12.14, 02:17분경 경기도 시흥시에 소재한 사업장에서 금형이 교체된 다이캐스팅기의 금형 일부분을 LPG 토오치로 가열작업하던 중 유압작동유가 분출되면서 화재가 발생하여 발생한 재해임

●○ 재해발생원인

○ 화기사용 장소의 화재방지 조치 미실시

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



[유압작동유 파손사진]

●○ 재해예방대책

○ 화기사용 장소의 화재방지 조치 실시

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

LPG-산소 용접기를 이용하여 빈드럼 상판 제거작업 중 폭발

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

●○ 재해발생개요



[사고발생장소]

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

●○ 재해발생원인

○ 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



[폭발발생한 드럼]

●○ 재해예방대책

○ 유류 등이 있는 용기의 용단작업시 안전조치 철저

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

역화로 인한 LPG가스 용기 폭발

재해일자	2012년 6월 16일 토요일	상해정도	사망 0명
작업명	용단 작업	기인물	불꽃(점화원)

●○ 재해발생개요



[사고발생장소]

2012. 6. 16(토) 09:20분경 절단 공정의 ○○○ 이 열처리 공정으로 와서 재해자 000에게 LPG가스절단기를 빌리러 갔는데, 신규로 교체(LPG레귤레이터 및 호스)한 가스 토치에 쉽게 불이 붙지 않아 ○○○ 이 이를 조작해 보던 중 불꽃이 역화 되어 LPG 용기가 폭발한 사고임

●○ 재해발생원인

○ 이동식 가스용접장치 안전장치(역화방지기) 미 설치

가스용접장치에는 각 용기내의 압력차에 의해서 가스의 역류에 의한 화염 역화를 방지하는 안전기를 가연가스 압력조정기 후단과 토치호스 사이에 설치하여야 하나 미설치하여 사고가 발생함

○ 설비 고장시 수리 후 사용 등의 안전수칙 미준수

토치에서 가스가 나오지 않고, 압력조정기의 눈금이 비정상적임에도 불구하고 계속 점화를 시도하다가 역화가 발생함



[역화로 전소된 LPG호스]

●○ 재해예방대책

○ 이동식 가스용접장치 안전조치 실시

가스용접장치에는 각 용기내의 압력차에 의해서 가스의 역류에 의한 화염 역화를 방지하는 안전기(역화방지기)를 가연가스 압력조정기 후단과 토치호스 사이에 설치해야 함

○ 설비 고장시 수리 후 사용

가스용접기의 토치 및 배관 자재 이상 발견 시에는 가스를 안전한 방법으로 모두 발충시키고 원인을 파악하여 수리 또는 교체 후 사용

소각로 내 휴대용 가스용기 폭발

재해일자	2012년 1월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	소각 작업	기인물	불꽃(점화원)

●○ 재해발생개요



[사고발생장소]

2012년 1월 00작업장 내에서 피해자 000은 추위를 피하기 위해 소각로 앞에 서 있다가 휴대용 가스용기의 폭발(압력)에 의해 화구문이 열리면서 개방된 화구문의 충격으로 바닥으로 넘어져 다친 사고임

●○ 재해발생원인



[사고발생 기인물]

○ 위험물질 등의 제조 등 작업시의 안전 조치 미실시

사업주는 인화성 가스를 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 압축·가열 또는 주입하는 행위를 하지 말아야 하나 점화원이 있는 소각로에 투입함.

○ 출입의 금지 미실시

사업주는 화재 또는 폭발의 위험이 있는 장소에 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지시켜야 하나, 이를 미실시함.

●○ 재해예방대책

○ 위험물질 등의 제조 등 작업시의 안전 조치 실시

사업주는 인화성 가스를 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 압축·가열 또는 주입하는 행위를 하지 말아야 함.

○ 출입의 금지 실시

사업주는 화재 또는 폭발의 위험이 있는 장소에 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하여야 함.

부원료 투입 용해작업중 전기로 폭발

재해일자	2011년 7월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	투입 작업	기인물	전기로

●○ 재해발생개요

2011. 7월 000작업장 내에서 고철을 전기로에 장입시켜 용해 작업을 완료하고 부원료를 투입하는 과정에서 전기로가 폭발하여 전신에 화상을 입은 사고임



[사고발생장소]

●○ 재해발생원인

○ 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



[사고발생 기인물]

●○ 재해예방대책

○ 전기로에 투입하는 부원료 등의 수분관리 철저

전기로에 페로실리콘 등 부원료를 넣는 작업을 하는 때에는 수증기폭발을 방지하기 위하여 부원료에 수분 등이 들어있지 아니함을 확인 한 후에 투입하여야함

○ 부원료 보관 및 사용장소에 빗물 유입 방지조치 철저

페로실리콘 등 부원료를 보관 및 사용하는 장소의 지붕, 외벽 등은 빗물이 새어들지 않는 구조로 설치하여야함

○ 방열복 등 보호구 착용

전기로 등 다량의 고열물을 취급하는 작업을 하는 장소에는 고열물의 비산에 의한 화상을 방지하기 위하여 근로자로 하여금 방열복 또는 적합한 보호구를 착용하도록 하여야함

빈드럼 용단 작업 중 폭발

재해일자	2009년 08월 25일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용단 작업	기인물	공드럼

●○ 재해발생개요



[사고발생기인물]

2009년 8월 25일 11시 20분경 대구 북구 소재 볼트 제조 사업장에서 피재자가 공드럼 용단 작업을 하던 중 내부에 잔류된 인화성물질 증기에 착화되어 발생한 화재·폭발에 의해 비래되는 공드럼 상부 덮개가 이탈, 비래됨

●○ 재해발생원인

○ 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



[폭발후 상황]

●○ 재해예방대책

○ 공드럼 내부의 인화성물질 제거 철저

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

인화성 세척제 증기에 의한 폭발

재해일자	2010년 7월 6일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	세척 작업	기인물	정전기(점화원)

●○ 재해발생개요



[사고발생장소]

2010년 7월 6일 경북 칠곡군 소재 휴대폰 부품 생산 사업장에서 세척공정 세척조의 이상유무를 점검하던 피해자가 인화성 세척제 증기에 정전기 방전 또는 금속마찰 불꽃이 착화되어 발생한 화재에 의해 화상을 입은 사고임

●○ 재해발생원인

○ 인화성 증기의 발생억제 및 체류방지 조치 미흡

인화점 이상의 외기 온도에서 취급함으로써 인화성 증기가 발생될 수 있는 세척조에는 인화성 증기가 체류되지 않도록 충분한 환기를 시킬 수 있는 국소배기장치를 설치하고 항상 그 기능을 유지하여야 하나 그러하지 않음.



[폭발후 상황]

●○ 재해예방대책

○ 인화성 증기의 발생억제 및 체류방지 조치 철저

인화점 이상의 외기 온도에서 취급함으로써 인화성 증기가 발생될 수 있는 세척조에는 인화성 증기가 체류되지 않도록 충분한 환기를 시킬 수 있는 국소배기장치를 설치하고 항상 그 기능을 유지하여야 함

철제 폐 드럼통 절단 작업 중 폭발

재해일자	2011년 03월 03일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	용단 작업	기인물	불꽃(점화원)

●○ 재해발생개요



[재해발생후 사진]

2011. 3. 3 10:30분경 ○○공장 외곽 주변정리를 하던 피재자가 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

●○ 재해발생원인



[드럼 외부 사진]

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.

●○ 재해예방대책

○ 밀폐된 폐드럼통 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 폐드럼통은 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.

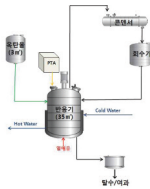
○ 밀폐된 폐드럼통의 타용도 사용금지

- 폐드럼통은 용접·용단 등을 통해 개조하는 것은 매우 위험하므로 가급적 원래의 용도 외 사용을 제한하여야 함.

회분식반응기에 원료 투입작업 중 폭연·화재

재해일자	2016년 3월 15일 0요일	상해정도	사망 0명
작업명	투입 작업	기인물	정전기(정화원)

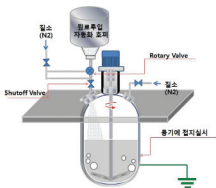
●○ 재해발생개요



[제조 공정]

2016. 3. 15(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

●○ 재해발생원인



[사고예방대책안]

○ 가연물 : 옥탄올 증기 + PTA 분진

○ 산소 : 대기중의 공기

○ 점화원 : 톱백, TPA 분진의 마찰 등에 의해 발생한 정전기
반응기 내부의 옥탄올 증기와 부유상태의 PTA 분진이 대기중의 공기와 폭발분위기를 형성한 상태에 PTA를 투입하는 과정에서 마찰 등에 의한 정전기에 의해 폭발이 발생한 후 반응기 외부로 확산됨

●○ 재해예방대책

○ 작업방법 개선

- PTA 투입 자동화 설비 설치
- 반응완료 후 충분히 냉각된 상태에서 옥탄올 투입
- 개방된 맨홀을 통해 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

○ 정전기 제거

- 비도전성인 톱백을 이용한 PTA 투입은 금지하고, 도전성 섬유 또는 도전성 필라멘트로 만든 컨테이너를 접지 후 사용
- 폭발성 분위기가 존재하는 용기 내부에는 위험 분위기를 없애기 위해 질소 등의 불활성 가스를 주입하여 산소부족 상태로 유지

용해작업 중 폭발로 용탕 비산

재해일자	2013년 8월 14일 수요일	상해정도	사망 0명
작업명	용해 작업	기인물	용탕

●○ 재해발생개요



[용해로 내부전경]

2013년 8월 14일(수) 07:59경 경남 창원시 진해구 ○○금속 용해작업장에서 밸브류 주물품을 제조하기 위하여 고철을 용해 하던 중 용탕의 내부 압력 증가 및 과열로 인하여 용탕이 비산 하여 용해로 주변에 있던 피재자 4명이 화염에 노출되어 화상을 입은 사고임

●○ 재해발생원인

○ 작업방법 불량

- 고철을 용해로내에 한꺼번에 다량 투입하여 용융물 상부에 브리징(Bridging)이 형성되어 용탕에서 발생된 가스가 분출되지 못하고 압축된 상태로 존재하여 용탕의 온도 및 압력상승으로 용탕이 비산됨

※ 브리징(Bridging)현상 : 추가 냉재가 하부의 용탕에 직접 닿아 용해되지 않고 로체 상부에 걸려 있는 것으로 브리징이 발생하면 상부의 차가운 장입재와 하부의 용탕 사이에 공기 층(단열층)이 형성되어 하부 용탕의 열이 상부로 발산되지 못하고 투입된 출력에 의해 과열 되어 라이닝의 급격한 손상이 일어날 수 있음

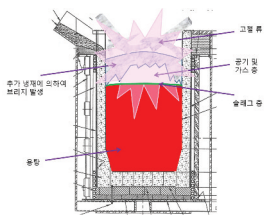
●○ 재해예방대책

○ 작업방법 개선

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

○ 방열복 등 개인보호구 미착용

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



[재해당시 상황도]

LPG가스 누출에 따른 착화 폭발

재해일자	2011년 1월 31일 월요일	상해정도	사망 0명
작업명	용접 작업	기인물	불꽃(점화원)

●○ 재해발생개요



[재해당시 작업자위치]

2011.01.31(월), 10:15분경 경기도 시흥시 정왕동 소재 사업장에서 피재자 등 작업자 5명이 휴식을 마치고 용접을 하려는 순간 갑작스런 폭발이 발생하여 정반위에서 작업중이던 피재자 2명이 폭발 충격에 의해 정반과 함께 위로 치솟은 후 작업장 주변으로 떨어져 사상자가 발생한 재해임

●○ 재해발생원인



[재해당시 용접토치]

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

●○ 재해예방대책

○ 통풍·환기 실시

가연성 가스가 존재하여 폭발 또는 화재가 발생할 우려가 있는 장소에서는 당해 가스에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위하여 통풍·환기를 실시할 것

○ 폭발 예방조치 실시

통풍 또는 환기가 불충분한 장소에서 가연성 가스를 사용하여 금속의 용접·용단을 하는 때에는 가스 등의 누출로 인한 폭발·화재를 예방하기 위해 호스와 치관, 연결부 등이 손상·마모 등에 의하여 가스 등이 누출되지 않도록 조치를 할 것

선박 용접 작업중 폭발 발생

재해일자	2012년 1월 3일 화요일	상해정도	사망 0명
작업명	용접 작업	기인물	전기열원(점화원)

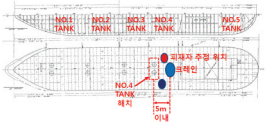
●○ 재해발생개요



[재해직후 선박사진]

2012.1.3(화), 13:15분경 충남 서산시 OO읍 OO항 관리부두에 정박되어 있던 폐유 운반선에서 해당 선박 기관장이 크레인 보강 작업을 위해, 전기 용접기를 사용하여 용접작업 중 해당 선박의 폭발 및 침몰 사고가 발생함

●○ 재해발생원인



[재해당시 선박관련도면]

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

●○ 재해예방대책

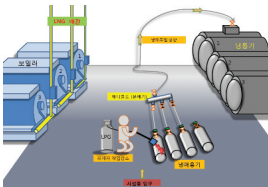
- 폭발이나 화재가 발생할 수 있는 우려가 있는 장소 또는 그 상부에서 용접 작업 금지
폭발이나 화재가 발생할 수 있는 위험물이 있는 장소 또는 그 상부에서 불꽃이나 아크를 발생하거나, 고온으로 될 우려가 있는 화기, 기계·기구 및 공구의 사용을 금지
- 탱크 내부의 인화성 증기를 완전히 제거한 후 용접 등의 보수 작업 실시
인화성 유류 또는 가스를 제거하기 위하여 질소 등의 불활성 기체로 치환하거나 또는 물을 주입시킨 후 물을 빼는 방법으로, 인화성 유류 또는 증기를 완전 제거한 후 용접 등의 보수작업 실시

냉매충전 작업 중 냉매용기가 폭발

재해일자	2015년 04월 30일 목요일	상해정도	사망 0명
작업명	충진 작업	기인물	불꽃(점화원)

●○ 재해발생개요

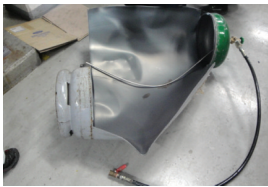
2015. 04월 30일(목) 09:00경 대전 대덕구 소재의 ○○사업장에서 피재자가 냉동기에 냉매를 충전하기 위해 LPG가스 토치를 이용하여 냉매용기를 가열하던 중 냉매용기가 폭발하고 폭발된 용기에 피재자가 다친 사고임



[재해발생 상황도]

●○ 재해발생원인

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



[폭발한 냉매용기]

●○ 재해예방대책

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

가열된 아스팔트에 등유를 투입하여 교반 중 폭발

재해일자	2015년 6월 4일 목요일	상해정도	사망 0명
작업명	아스팔트 프라이머 제조	기인물	정전기(점화원)



[사고발생 현장]



[등유 소분용기]



[비방폭구조의 교반기 스위치]

●○ 재해발생개요

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

●○ 재해발생원인

○ 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

○ 폭발위험이 있는 장소에 대해 폭발위험장소 미 설정 및 관리

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

●○ 재해예방대책

○ 폭발 또는 화재 등의 예방조치 실시

150℃이상의 Hot-Asphalt에 인화점이 낮은 등유나 경유를 넣고 교반하는 행위는 항상 인화성 액체의 증기에 의한 화재·폭발위험이 높으므로 다음과 같은 시설을 구비하여 안전하게 처리하여야 함

- ① 교반기 덮개에 통기설비 설치
- ② 교반과정에서 가열·증발된 유증기를 안전하게 흡수 또는 흡착할 수 있는 시설 설치
- ③ 통기설비와 흡수 또는 흡착시설 사이에 화염방지장치 설치

○ 폭발위험이 있는 장소로 설정·관리

- Asphalt에는 Benzene, Toluene, Xylene 등 휘발성이 높은 물질이 미량 함유되어 있고 등유를 인화점 이상으로 가열·증발함으로써 정상작업 중에 폭발위험분위기 조성이 가능한 장소이므로 교반작업장소는 폭발위험장소로 설정·관리하여야 함
- 폭발위험장소에서 사용하는 전기기계·기구: 당해 인화성 증기에 대하여 적합한 방폭 성능을 가진 방폭구조 전기기계·기구를 선정 사용하여야 함

MMA 중합반응 중 인화성증기에 정전기 점화로 폭발

[메틸메타크릴레이트]

재해일자	2015년 9월 4일 금요일	상해정도	부상 0명
작업명	MMA 중합	기인물	정전기(점화원)



[사고발생 현장]

●○ 재해발생개요

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

●○ 재해발생원인

○ 폭발위험분위기 조성 방지 위한 통풍·환기 조치 미흡

중합실은 밀폐된 장소로 용기에 원료 투입하거나 육안으로 수위 확인을 위해 투입구 개방 시 MMA 증기가 작업장으로 흘러 체류하는 구조이나 벽체 환풍기에 의존할 뿐 충분한 환기조치 미 실시

○ 전기적 스파크, 정전기 제어 등 점화원 통제·관리 미흡

- 펌프 사용하여 원료 이송 시 플라스틱 배관(PE)과 유체(MMA)의 마찰에 의한 유동대전 및 반응기와 충돌대전, 배관 끝단에서의 분출대전 등으로 반응기 내에 정전기 대전
- 중합실 벽체의 환풍기, 제어반 등 비방폭 구조 전기설비는 점화원으로 작동할 수 있었음



[반응기 내부에서 시작된 화염의 모습]

●○ 재해예방대책

○ 관리대상물질(유기화합물) 증기 체류 방지를 위한 통풍·환기조치

- MMA와 같은 인화성액체의 취급 장소에는 화재·폭발을 예방하기 위해 증기 농도가 폭발한계 내에 들어가지 않도록 통풍 또는 환기 조치를 하여야 함
- 특히, 반응기 원료투입구 개방 시 배출되는 증기가 작업장내로 확산되지 않도록 국소배기장치 설치

○ 정전기 등 점화원 관리 철저

- 인화성액체 취급 설비 사용 시 정전기에 의한 화재·폭발 등의 위험 발생 우려가 있는 경우 접지, 정전기 제거장치 설치, 온습도 관리, 방폭 전기·기계기구 사용, 기계적 마찰금지 등 점화원 관리 필요
- ① 주입배관은 도전성 배관(접지, 클램프) 설치, 해당 설비는 상시 접지가 되는 정전기적 접지 실시
 - ② 충전 초기 유속을 제한(주입파이프가 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

탱크로리 재검사 중 잔존 인화성 물질에 의한 폭발

재해일자	2015년 5월 26일 화요일	상해정도	사망 0명, 부상 0명
작업명	LPG 탱크로리 재검사	기인물	정전기(점화원) 추정



[사고발생 현장]

● 재해발생개요

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

● 재해발생원인

○ 폭발 또는 화재 등의 예방조치 미실시

탱크로리 내 잔존 LPG(인화성증기)에 의한 화재·폭발위험을 방지하기 위해 인화성증기 제거 위한 연소 또는 세척 등의 조치를 하지 않고 탱크 개방하여 내부의 인화성증기 누출로 화재폭발분위기가 조성

○ 탱크 재검사 시 안전수칙 미준수 및 관리감독 소홀

탱크 내 잔존 액체 또는 가스 제거 위한 시설을 사용하지 않고, 화재폭발위험이 높은 작업을 경험적인 판단과 단순 배기시설을 통해 수행하고 있는 등 재검사 안전수칙 준수여부의 관리감독 소홀

○ 화재·폭발 발생 우려 장소에서 화기 등 사용금지 조치 소홀

탱크 재검사 시 탱크 개방작업은 잔존 인화성물질에 의해 화재폭발위험분위기 조성의 우려가 높아 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 물품(이불)을 사용한 행위 등 화재폭발 발생 우려장소에서 점화원 관리 미흡

● 재해예방대책

○ 폭발 또는 화재 등의 예방조치 철저

- 탱크 재검사 작업순서 및 방법 변경 : 잔존 물질 육안 체크 폐지, 가스회수시설 및 물 충수시설 활용
- 탱크 재검사 안전수칙 준수 관리감독 철저

○ 탱크 개방작업 시 불꽃 또는 아크를 발생하는 기계기구 및 공구 사용금지

- 탱크 개방작업 시 사용하는 배풍기 스위치는 방폭구조의 것으로 교체, 공구는 황동재질의 방폭 공구 사용
- 화재폭발 발생 우려지역 내 가연성 물질 취급사용 금지, 정전기 발생 유발 행위(접촉분리, 마찰 등) 금지

○ 작업시작 전 안전점검 철저

탱크 재검사지역은 항상 화재·폭발위험이 존재하는 위험지역으로 인화성물질의 누출 뿐만 아니라 점화원이 될 수 있는 일반차량 및 일반인 출입통제 이행여부를 확인하고 비방폭구조의 전기·기계 기구 설치 사용여부 등에 대한 작업 전 안전점검 필요

PF(페놀폼)단열제 제조공장 반응기 폭발사고

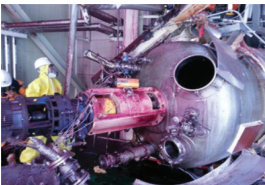
재해일자	2015년 9월 4일 금요일	상해정도	설비·건물 파손
작업명	중합반응	기인물	작업 오류



[사고발생 현장 외부]



[사고발생 현장 내부]



[반응기]

●○ 재해발생개요

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

●○ 재해발생원인

○ 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

○ 반응기 반응폭주를 대비한 파열판 미설치

10m³ 반응기에 20A 크기의 안전밸브가 설치되어 있으나, 급격한 압력발생을 해소하기에는 미흡

●○ 재해예방대책

○ 촉매 투입량, 투입시기, 온도조건 등을 고려한 안전운전절차 준수 및 인터록 설치

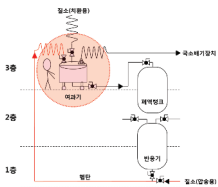
- 반응기 원료(촉매) 투입량, 투입시기, 온도조건 등을 고려한 안전운전절차 준수
- 작업자의 실수가 있을 경우를 대비하여 인터록 설치

○ 발열 반응기 등 반응폭주의 위험이 있는 경우 파열판 설치

폭주반응기의 방출 시 거품형상(액상-기상)으로 토출되며, 그 크기는 가스 단일상의 파열판 크기의 2배에서 10배 크기가 요구됨

인화성액체 이용 여과작업 중 폭발사고

재해일자	2016년 1월 8일 금요일	상해정도	사망 0명
작업명	여과 및 세척	기인물	정전기(집화원)



[여과공정]



[후드부착상태]

●○ 재해발생개요

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

●○ 재해발생원인

○ 여과기 내부 폭발분위기 형성 방지

여과기는 여과기 덮개의 틈새로 외기가 유입될 수 있는 구조이며, 여과기 내부는 배기량이 유입량(질소 공급량과 유증기 발생량)을 초과하여 내부 음압으로 외기가 유입되며 폭발분위기 형성

○ 정전기 발생 억제조치 미흡

배관에 잔류한 세척액을 질소로 밀어낼 때 비전도성 유체가 흐르는 동안 배관과의 마찰로 생긴 정전기가 유체에 축적되고, 정전기 축적된 유체가 노즐에서 분사될 때 분출대전이 발생, 노즐에서 분사된 후 비말에도 대전되며 정전기가 점차 강화된 것으로 추정

○ 밸브조작 순서 등 방법 미지정

질소의 공급·차단을 통한 액상물질의 이송 등 시스템 운전에 필요한 모든 밸브를 수동으로 조작하고 있고 이를 단순히 작업자의 경험과 판단에 의해 밸브 조작

●○ 재해예방대책

○ 덮개 등의 접합부에서 누출방지 조치

여과기 용기와 덮개 사이는 위험물 누출을 방지하기 위해 전 둘레에 걸쳐 적절한 개스킷 사용, 덮개는 일체형으로 실링이 유지되도록 아이볼트 체결

○ 정전기 발생(비말대전) 억제조치

잔류 세척액을 질소로 밀어낼 시 여과기 몸체 및 덮개에 정전기적 접지 실시 및 비말대전이 생기지 않도록 세척액이 여과기 용기 하부에서부터 채워지도록 침액배관(Dip-pipe)을 설치

○ 화학설비 및 그 부속설비 사용 작업에 대한 사전조사 및 작업계획서 작성

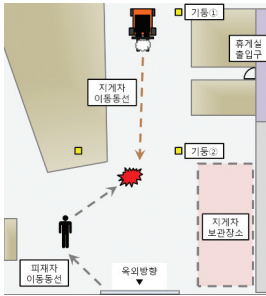
중간생성물 농축액이나 인화성물질인 세척액 여과 및 세척작업 시 밸브 조작, 덮개의 위험물 누출 여부 점검, 운전 일시 중지 또는 부분적으로 중단된 경우의 작업방법 또는 운전 재개 시의 작업방법(세척액 투입배관의 연결 및 해체방법 포함), 이상 상태 발생 시의 조치(세척액의 투입량이 부족하거나 과다하게 공급되는 경우 포함), 위험물 누출 시의 조치(세척액 투입배관을 연결하거나 해체할 때) 등에 대한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업 실시

지게차와 충돌로 인한 사망

재해일자	2016년 1월 22일 금요일	상해정도	사망 0명
작업명	작업장 내 이동	기인물	지게차

●○ 재해발생개요

충북 괴산군 소재 화학비료제조업체에서 오전 8시 10분경 피재자가 주간 교대근무를 위해 출근하여 공장 내부에 위치한 휴게실로 이동하다 옥외 여과집진기 분진(원재료) 회수용 톤백을 교체하기 위해 빈 톤백을 포크에 싣고 운행하던 지게차와 정면 충돌하고 지게차 바퀴 전륜에 깔린 사고임



[재해발생 상황도]

●○ 재해발생원인

○ 안전 통로 미확보

작업장 내에서 톤백 교체작업을 위해 10km/h 이상의 속도로 지게차를 운행하는 장소에 근로자가 안전하게 통행할 수 있는 통로가 설치되지 않아 교대 근무를 위해 휴게실로 보행 중이던 피재자와 충돌

○ 전방 시야가 미확보된 상태에서 지게차 운행

차량계 하역 운반기계인 지게차의 포크에 화물(빈 톤백)을 적재하여 운반할 때 화물 상부 높이가 약 1.3m로 화물과 마스트에 가려 전방 시야 미확보된 상태에서 재해자가 다가오는 것은 확인하지 못함

○ 무자격자에 의한 지게차 운전

재해발생 지게차는 건설기계종사자 면허를 소지한 운전자가 운행해야 하나 면허가 없는 상태에서 지게차를 운전함

●○ 재해예방대책

○ 안전한 통로의 설치(안전보건기준에 관한 규칙 제22조 1항)

근로자가 작업장으로 통하는 장소 또는 작업장 내에는 근로자가 안전하게 사용할 수 있도록 통로를 설치하고 항상 사용가능한 상태로 유지하여야 함

○ 화물 적재시 조치(안전보건기준에 관한 규칙 제173조 1항)

차량계 하역운반기계 등에 화물을 적재하는 경우에는 운전자의 시야를 가리지 않도록 화물을 적재해야 함

○ 유자격자에 의한 지게차 운전(법 제47조 자격 등에 의한 취업 제한)

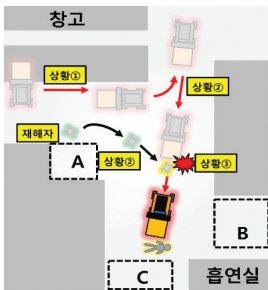
지게차 등의 건설기계를 사용하여 행하는 작업은 관련 면허를 가진 자만 수행하도록 하여야 함

시야 미확보된 지게차에 충돌하여 사망

재해일자	2015년 7월 29일 수요일	상해정도	사망 0명
작업명	화물운반·적재	기인물	지게차

●○ 재해발생개요

충북 청주시 소재 화장품제조업체 내 하차장에서 피재자가 화물 정리를 위해 작업 장소로 이동 중 화물차에서 제품을 내려 운반 중인 지게차와 부딪혀 사망한 재해임



[재해발생 상황도]



[화물 인양 높이]

●○ 재해발생원인

○ 지게차에 화물 적재 시 운전자 시야 가림

지게차에 화물(원료제품)을 실었을 경우 화물 높이는 1.8m 정도가 되어 화물과 마스트에 의해 전방 및 측방 시야확보가 어려움

※ 화물 상부 높이 : 화물 높이+팔레트 높이+포크 띄우는 높이

○ 작업지휘자 미배치

해당 장소는 일반 차량이 수시 출입하고 작업자가 화물을 인력으로 이적하는 작업이 행해지는 장소로서 작업자 및 외부인 출입이 불가피하여 지게차와 충돌위험이 높으나 출입통제와 안전하게 지게차를 유도하는 작업지휘자를 배치하지 않음

○ 협소한 작업 공간

화물차량의 주차, 화물의 임시 적치 등으로 인해 지게차 운행 경로 폭이 약 4m로 협소하여 보행자와 충돌위험 높음

●○ 재해예방대책

○ 화물 적재 시의 조치

지게차에 화물 적재 시 운전자 시야를 가리지 않도록 화물을 적재하여야 함

○ 작업지휘자 또는 유도자를 배치하여 근로자와 지게차 간 접촉 방지

해당 하차장은 지게차를 이용한 화물의 상·하차작업과 인력 운반 작업이 동시에 이루어져 지게차에 의한 접촉사고 발생 가능성이 높은 장소로 작업지휘자 또는 유도자를 배치하고 그 지휘에 따라 안전하게 지게차를 유도하여야 함

○ 보행자 전용 통로 및 하역운반기계별 작업 공간 확보(권장)

- 대형화물차의 통행과 지게차가 운행되는 장소는 보행자 출입을 금지하고 보행자 통행이 불가피한 장소에는 보행자 전용통로 설치
- 소형화물차 출입 및 작업장소는 대형화물차와 다른 장소로 지정하여 충분한 작업 공간 확보

계면활성제 제조 반응기 폭발사고

재해일자	2015년 3월 17일 화요일	상해정도	사망 0명
작업명	교반&승온	기인물	폭발 파편

●○ 재해발생개요



[사고공장 외부 전경]

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

●○ 재해발생원인

○ 반응열 제어실패에 의한 폭주반응(추정)

발열반응이 발생하는 반응기는 반응열 제어가 실패 시 온도 상승에 의한 폭주반응 발생 위험이 있으나 반응열 제어에 실패하여 폭주반응이 발생됨

○ 변경관리 절차 미준수

반응기에서 기존과 다른 원료사용 및 반응이 이루어지는 경우에는 변경관리 절차를 준수해야하나 변경관리 절차를 준수하지 않음

○ 폭주반응 발생 가능 반응기에 파열판 미설치

폭주반응 발생 시에는 일시에 폭발적으로 증가하는 대용량의 물질을 외부로 방출하기 위한 파열판을 설치하여 내부의 압력을 해소하여야 하나 미설치

●○ 재해예방대책

○ 반응열 제어방법 확보

발열반응이 발생하는 반응기는 반응열을 효과적으로 제어하기 위한 냉각시스템(Jacket, Coil)을 설치하여 반응열을 제거하여야 함

○ 변경관리 절차 준수

- 반응기에서 기존과 다른 원료사용 및 반응이 이루어지는 경우에는 변경관리절차를 준수하여야함
- 또한 변경 시 변경에 따른 위험성을 체계적으로 검토하여 변경으로 인해 발생 가능한 위험을 제거하여야 함

○ 폭주반응 발생 가능 반응기에 파열판 설치

폭주반응 위험이 있는 반응기는 일시에 폭발적으로 증가하는 대용량의 물질을 외부로 방출하기 위한 파열판을 설치하여야 함



[사고발생 현장]

사출성형기 금형교환 중 머리 끼어 사망

재해일자	2016년 2월 29일 월요일	상해정도	사망 0명
작업명	사출기 금형교환	기인물	사출성형기

●○ 재해발생개요

자동차부품제조업 사업장 내 사출공정에서 재해자가 사출성형기의 금형교환 작업을 위해 안전문을 열고 금형을 점검하던 중 이동금형이 전진하여 이동금형과 고정금형 사이에 머리가 끼어 사망한 재해임

●○ 재해발생원인

○ 정비 등의 작업시 운전정지 미실시

사출성형기의 정비·청소·급유·검사·수리·교체 등의 작업을 할 때에는 해당기계의 운전을 정지하여야 하나, 비상정지스위치를 작동하지 않는 중 전원이 투입된 상태에서 성형구역인 금형내부로 신체일부가 들어가 작업을 실시

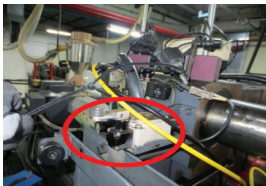
○ 정비 등의 작업시 운전정지 미실시

- 사출성형기의 게이트가드가 닫히면 작동되고 열리면 작동을 멈추도록 하는 연동구조의 리미트 스위치에 케이블타이로 묶어 기능을 무효화시킴
- 사출성형기의 게이트가드가 열리면 기계적으로 이동형판 동작을 정지하게 하는 기계식 방호장치 기능을 무효화*

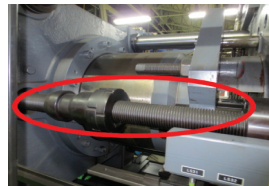
※ 무효화 : 정상기능을 할 수 없는 상태(조건)으로 만들



[재해자 머리 위치]



[리미트 스위치 무효화]



[기계식 방호장치 무효화]

●○ 재해예방대책

○ 정비 등의 작업시 운전정지 실시

사출성형기의 정비·청소·급유·검사·수리·교체 등의 작업을 할 때에는 전원차단, 비상정지스위치 동작 등 해당기계의 운전을 정지하여야 함

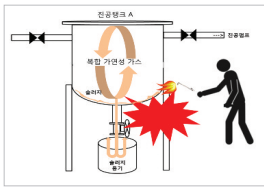
○ 사출성형기의 방호장치 기능 유지 확인 철저

사출성형기의 게이트가드가 닫히면 작동되고 열리면 작동을 멈추도록 하는 연동구조의 방호장치(전기식, 기계식)가 정상 기능을 유지하는지 작업 전 안전점검 등 확인을 실시하여야 함

진공탱크 내 슬러지 제거 중 화재로 인한 사망

재해일자	2015년 11월 30일 월요일	상해정도	사망 0명, 부상 0명
작업명	슬러지 제거(토치 가열)	기인물	가연성가스(PP 열분해 생성물)

●○ 재해발생개요



[재해발생 상황도]

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

●○ 재해발생원인

○ 통풍 등이 충분하지 않은 장소에서 화기작업 실시

진공탱크 내부의 복합PP는 녹는점이 130~170℃, 분해온도는 328~410℃이며 산소-LPG 절단기(토치)로 외부가열시 온도는 분해온도 이상이었던 것으로 추정되며, 이때 발생한 가연성 가스를 환기시키지 않아 가연성 가스와 산소-LPG 절단기(토치)의 불꽃이 점화원이 되어 화재가 발생함



[진공탱크]



[눌러붙은 PP슬러지]



[화재발생 직후 전경]

●○ 재해예방대책

○ 통풍이나 환기가 충분하지 않고 가연물이 있는 설비 내부에서 화기작업을 하는 경우 화재예방을 위하여 다음의 사항을 준수

- 작업준비 및 작업절차 수립
- 화기작업에 따른 인근 인화성 액체에 대한 방호조치 및 소화기구 비치
- 인화성 액체의 증기가 남아있지 않도록 환기 등 조치
 - ※ 진공탱크 상부 맨홀을 개방
- 근로자 화재예방 및 피난교육 등 비상조치

페드럼통 절단 중 잔류 인화성증기에 의한 폭발

재해일자	2015년 2월 26일 목요일	상해정도	사망 1명
작업명	페드럼통 절단	기인물	잔류 인화성증기

●○ 재해발생개요



[페드럼통]

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

●○ 재해발생원인

○ 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

- 기인물 (페드럼통 내 잔류 인화성증기)
 - 제품명 : SAMINOL MS-300
 - 성분(CAS No.) : 아크릴공중합체, 44% (26760-85)
초산에틸, 50.6% (141-78-6)
아세톤, 5.4% (67-64-1)
 - 인화점 : -15~-5℃
- 점화원 (4인치 그라인더)
 - 그라인딩 작업 시 불티 온도 약 1,000~1,300℃

●○ 재해예방대책

○ 유류 등이 있는 용기의 용단작업시 안전조치 철저

- 인화성 물질을 보관하였던 페드럼통은 반드시 주입구와 통기구를 개방하고, 물 등을 이용하여 완전히 충수, 배출하는 작업을 반복 실시하여 내부의 인화성증기를 완전히 제거한 뒤 절단작업을 실시하여야 함

○ 유해·위험물질의 물질안전보건자료(MSDS) 교육 및 관리감독 철저

- 모든 화학물질 보관용기는 해당 용기(드럼통)에 물질안전보건자료(MSDS) 관리요령(경고표지, 그림문자)이 부착되어 있으므로 취급 및 사용 전 이에 대한 안전보건교육 및 관리감독 철저



[페드럼통 내 잔류물질]

Chapter

05

공정안전보고서 등
제도안내



1. 공정안전보고서(PSM) 심사·확인



법령요지

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

○ 공정안전보고서(PSM) 제출대상

- (대상) 7개 업종*은 보유설비, 그 외 업종은 21개 화학물질을 규정수량** 이상 제조, 취급 또는 저장하는 설비·공정이 설치, 이전 또는 주요구조부분 변경 시

* 7개 업종 : ①원유정제 처리업, ②기타 석유정제물 재처리업, ③석유화학계 기초화학물 또는 합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업, ④질소/인산 및 칼리질 비료, ⑤복합비료 제조업(단순혼합 또는 배합에 의한 경우는 제외), ⑥농약제조업(원제제조), ⑦화약 및 불꽃제품 제조업

** 51개 화학물질 및 규정수량

번호	유해·위험물질	규정량(kg)
1	인화성 가스	제조·취급: 5,000(저장: 200,000)
2	인화성 액체	제조·취급: 5,000(저장: 200,000)
3	메틸 이소시아네이트	제조·취급·저장: 150
4	포스겐	제조·취급·저장: 750
5	아크릴로니트릴	제조·취급·저장: 20,000
6	암모니아	제조·취급·저장: 200,000
7	염소	제조·취급·저장: 20,000
8	이산화황	제조·취급·저장: 250,000
9	삼산화황	제조·취급·저장: 75,000
10	이황화탄소	제조·취급·저장: 5,000
11	시아나화수소	제조·취급·저장: 1,000
12	불화수소(무수불산)	제조·취급·저장: 1,000
13	염화수소(무수염산)	제조·취급·저장: 20,000
14	황화수소	제조·취급·저장: 1,000
15	질산암모늄	제조·취급·저장: 500,000
16	니트로글리세린	제조·취급·저장: 10,000
17	트리니트로톨루엔	제조·취급·저장: 50,000
18	수소	제조·취급·저장: 50,000
19	산화에틸렌	제조·취급·저장: 10,000
20	포스핀	제조·취급·저장: 50
21	실란(Silane)	제조·취급·저장: 50
22	질산(중량 94.5% 이상)	제조·취급·저장: 250
23	발연황산(삼산화황 중량 65% 이상 80% 미만)	제조·취급·저장: 500,000
24	과산화수소(중량 52% 이상)	제조·취급·저장: 3,500
25	톨루엔디이소시아네이트	제조·취급·저장: 100,000
26	클로로술포산	제조·취급·저장: 500,000

27	브롬화수소	제조·취급·저장: 2,500
28	삼염화인	제조·취급·저장: 750,000
29	염화 벤질	제조·취급·저장: 750,000
30	이산화염소	제조·취급·저장: 500
31	염화 티오닐	제조·취급·저장: 150
32	브롬	제조·취급·저장: 100,000
33	일산화질소	제조·취급·저장: 1,000
34	붕소 트리염화물	제조·취급·저장: 1,500
35	메틸에틸케톤과산화물	제조·취급·저장: 2,500
36	삼불화 붕소	제조·취급·저장: 150
37	니트로아닐린	제조·취급·저장: 2,500
38	염소 트리플루오르화	제조·취급·저장: 500
39	불소	제조·취급·저장: 20,000
40	시아누르 플루오르화물	제조·취급·저장: 50
41	질소 트리플루오르화물	제조·취급·저장: 2,500
42	니트로 셀룰로오스(질소 함유량 12.6% 이상)	제조·취급·저장: 100,000
43	과산화벤조일	제조·취급·저장: 3,500
44	과염소산 암모늄	제조·취급·저장: 3,500
45	디클로로실란	제조·취급·저장: 1,500
46	디에틸 알루미늄 염화물	제조·취급·저장: 2,500
47	디소프로필 퍼옥시디카보네이트	제조·취급·저장: 3,500
48	불산(중량 1% 이상)	제조·취급·저장: 1,000
49	염산(중량 10% 이상)	제조·취급·저장: 20,000
50	황산(중량 10% 이상)	제조·취급·저장: 20,000
51	암모니아수(중량 10% 이상)	제조·취급·저장: 20,000

〈비고〉

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

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

주) C_n: 위험물질 각각의 제조·취급·저장량, T_n: 위험물질 각각의 규정량

※ PSM보고서 구성 내용

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

2. 유해·위험방지계획서 심사·확인



법령요지

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

○ 유해·위험방지계획서 제출대상

구분	제 출 대 상																																
업종에 의한 대상	전기계약용량 300kW 이상인 한국표준산업분류표(9차, 2007년)의 13대 업종으로써 제품생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물·기계·기구 및 설비 등 일체를 설치·이전 또는 전기정격용량 100kW이상 증설·교체·개조·이설하는 경우(업종은 공장등록증 확인)																																
	<table><tr><th>업종코드</th><th>업종명(중분류)</th><th>업종코드</th><th>업종명(중분류)</th></tr><tr><td>10***</td><td>식료품 제조업</td><td>261**</td><td>반도체 제조업</td></tr><tr><td>16***</td><td>목재 및 나무제품 제조업</td><td>262**</td><td>전자부품 제조업</td></tr><tr><td>20***</td><td>화학물질 및 화학제품 제조업</td><td>29***</td><td>기타 기계 및 장비 제조업</td></tr><tr><td>22***</td><td>고무제품 및 플라스틱제품 제조업</td><td>30***</td><td>자동차 및 트레일러 제조업</td></tr><tr><td>23***</td><td>비금속 광물제품 제조업</td><td>32***</td><td>가구 제조업</td></tr><tr><td>24***</td><td>1차 금속 제조업</td><td>33***</td><td>기타 제품 제조업</td></tr><tr><td>25***</td><td colspan="2">금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)</td><td></td></tr></table>	업종코드	업종명(중분류)	업종코드	업종명(중분류)	10***	식료품 제조업	261**	반도체 제조업	16***	목재 및 나무제품 제조업	262**	전자부품 제조업	20***	화학물질 및 화학제품 제조업	29***	기타 기계 및 장비 제조업	22***	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	30***	자동차 및 트레일러 제조업	23***	비금속 광물제품 제조업	32***	가구 제조업	24***	1차 금속 제조업	33***	기타 제품 제조업	25***	금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)		
	업종코드	업종명(중분류)	업종코드	업종명(중분류)																													
	10***	식료품 제조업	261**	반도체 제조업																													
	16***	목재 및 나무제품 제조업	262**	전자부품 제조업																													
	20***	화학물질 및 화학제품 제조업	29***	기타 기계 및 장비 제조업																													
	22***	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	30***	자동차 및 트레일러 제조업																													
	23***	비금속 광물제품 제조업	32***	가구 제조업																													
	24***	1차 금속 제조업	33***	기타 제품 제조업																													
	25***	금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)																															
• 비금속 광물제품 제조업(23***), 금속가공제품 제조업(25***) ['09.2.1 이후 적용]																																	
• 화학물질 및 화학제품 제조업(20***), 반도체 제조업(261**), 전자부품 제조업 (262**)['14.9.13 이후 적용]																																	
• 상기 5대 업종 외 10대 업종 [2012.7.10이후 적용]																																	

설비에 의한 대상 (모든업종)	용해로	▶ 3톤 이상 금속 또는 비금속광물 용해로를 설치·이전하거나 열원의 종류를 변경하는 경우
	화학설비	▶ 안전보건규칙 별표1의 위험물질을 안전보건규칙 별표9 기준량 이상을 저장·제조·취급 하는「안전보건규칙」제273조에 따른 “특수화학설비”를 설치·이전하거나 생산량 증가, 원료·제품 변경을 위해 교체·변경·추가하는 경우
	건조설비	▶ 유기화합물 건조, 인화성증기·가연성가스 발생, 건조시 가연성 분진이 발생하는 연료 최대사용량이 매시간당 50킬로그램 이상 또는 최대 소비전력이 50킬로와트 이상 인 건조설비를 설치·이전하거나 열원의 종류를 변경하는 경우
	가스집합 용접장치	▶ 인화성가스 집합량이 1,000kg 이상 인 고정식 가스집합 용접장치를 설치·이전하거나 가스집합용량, 주관의 구조를 변경하는 경우
	국소배기 전체환기 밀폐설비	▶ 안전검사 대상 물질 49종을 제거하는 국소배기장치(이동식 제외), 전체환기장치 및 밀폐설비를 설치·이전하거나 설비의 추가·변경으로 인하여 후드 제어풍속 감소 또는 배풍량이 증가하는 경우: 배풍량 60m³/min 이상 ▶ 안전검사 대상물질 49종 이외의 허가대상, 관리대상물질 사용 또는 분진작업장소에 국소배기장치(이동식제외), 밀폐설비 및 전체환기장치를 설치·이전하거나 설비의 추가, 변경으로 인하여 후드 제어풍속 감소 또는 배풍량이 증가하는 경우 : 배풍량 150m³/min 이상

☞ (전기계약용량 판단법)

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

화재·폭발사고 예방 길잡이



참고 문서

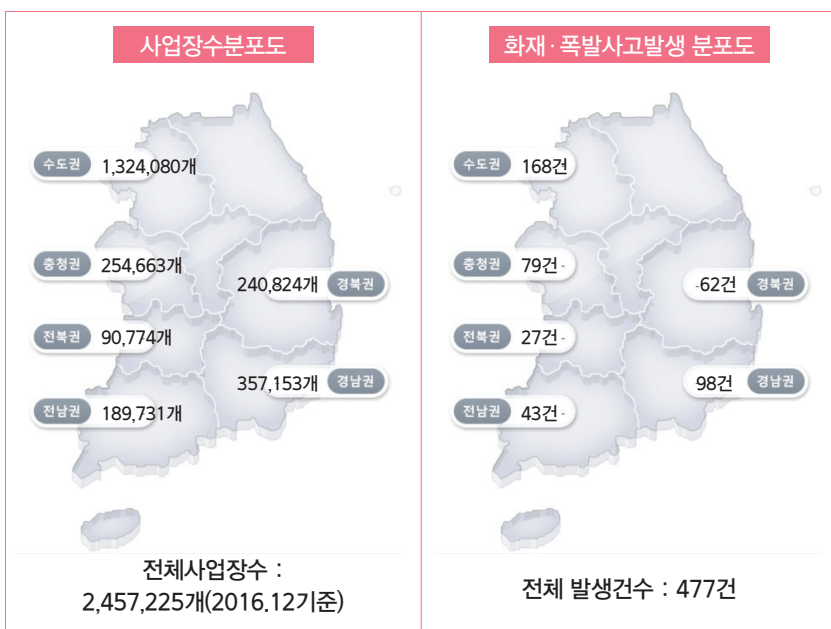
최근 10년간 화재·폭발사고 경향 참고 자료



제1장

지역별 사고발생 분포 현황

- 최근 10년간 화재·폭발사고는 아래 분포도와 같이 발생했으며 이는 우리나라 사업장 수 분포도와 비슷한 경향으로 나타나고 있다.



[최근 10년간 지역별 화재·폭발 사고발생 분포 비교현황]

- 화재·폭발사고는 '일반화재·폭발사고'보다 **화학물질에 의한 사고**가 많고, 사고발생시 인명피해가 크게 나타나고 있는 실정임.

제2장

분석개요

1 분석 범위

- 2005년부터 2016년까지 발생한 화재·폭발로 인한 화학사고로 중대재해(중대산업 사고포함)가 발생한 477건을 바탕으로 다각도로 분석함.
- ※ 해당 분석치는 중대재해보고서 등을 참조하여 산출된 단순 경향 참고용으로 통계자료 활용 목적으로 사용할 수 없음을 알려드립니다.

2 분석 내용 및 결과

- 상세유형별 화학사고는 용접화재 폭발사고가 가장 높게 발생
 - 용접화재폭발(35%), 일반화재폭발(28%), 화학공정사고(21%) 순으로 발생
- 화학사고는 제조업, 50인 미만 소규모 사업장에서 대다수 발생
 - 업종 : 제조업(75%), 규모 : 50인 미만(60%)
- 화재폭발사고는 일반설비 및 화학설비에서 대다수 발생(33건)
 - 드럼(35건), 용해로(30건), 저장탱크(33건), 반응기(18건), 혼합기(14건) 순으로 발생
- 화학사고는 인화성가스 및 인화성액체에서 대다수 발생(219건)
 - 인화성가스(수소, 메탄 등), 인화성액체(톨루엔, 메탄올 등), 조연성가스(산소 등) 순으로 발생

분석항목	분석결과	비고
가. 년도별 화재·폭발사고발생	매년 약 30~50건 이상 발생	증감폭의 편차가 크지 않음
나. 상세유형별 화재·폭발사고 발생 현황	용접·용단작업 등 화기작업에 의한 사고발생이 가장 높음	
다. 업종·규모별 사고발생 경향	제조업·50인미만 소규모사업장에서 다수 발생	
라. 물질별 사고발생 경향	인화성가스·인화성액체에서 대다수 발생	
마. 설비·장비별 사고발생 경향	드럼·화학설비에서 대다수 발생	

※ 상세 분석결과값에 대한 내용은 제3장 화재·폭발사고 경향분석에서 참조

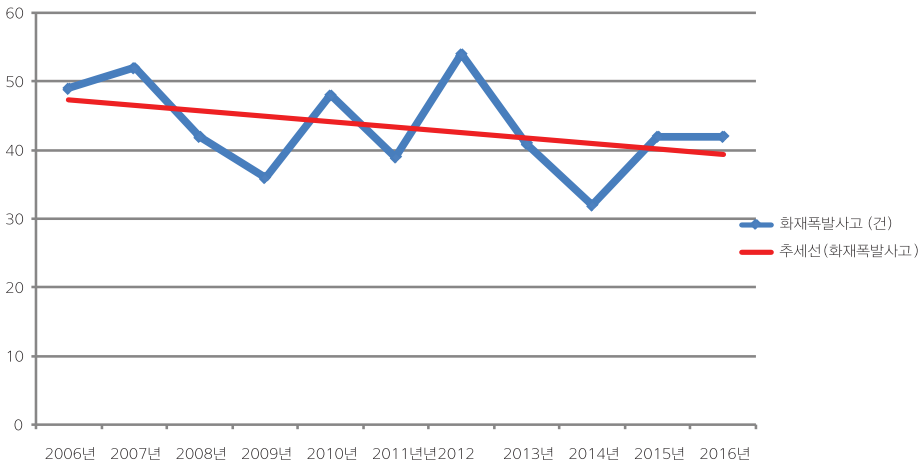
제3장

화재·폭발사고 경향분석

1 년도별 사고발생 현황

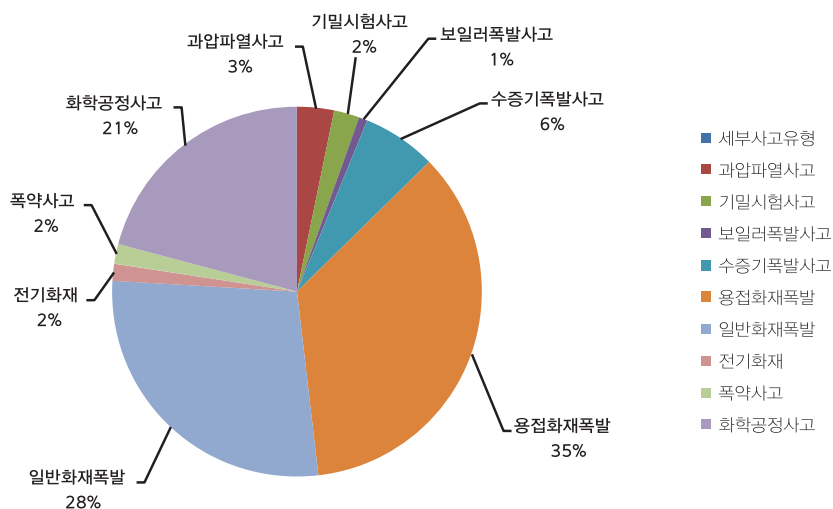
- 화재폭발 사고는 전반적으로 증감폭이 크지 않고 감소추세에 있으나 최근에는 정체 추세
※ 10년간 분석 시 2006년 이래로 감소추세 경향을 보이고 있으나 2015년부터 정체임.

[화재폭발사고]



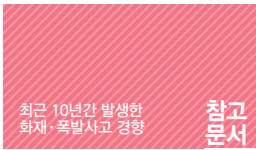
2 상세유형별 화재·폭발사고 발생 현황

유형	발생건수	비고
과압파열사고	13	
기밀시험사고	9	
보일러폭발사고	3	
수증기폭발사고	26	
용접화재폭발	144	
일반화재폭발	113	
전기화재	6	
폭약사고	9	
화학공정사고	111	
기타	43	
합계	477	



○ 상세유형별 화학사고는 용접화재 폭발사고가 가장 높게 발생

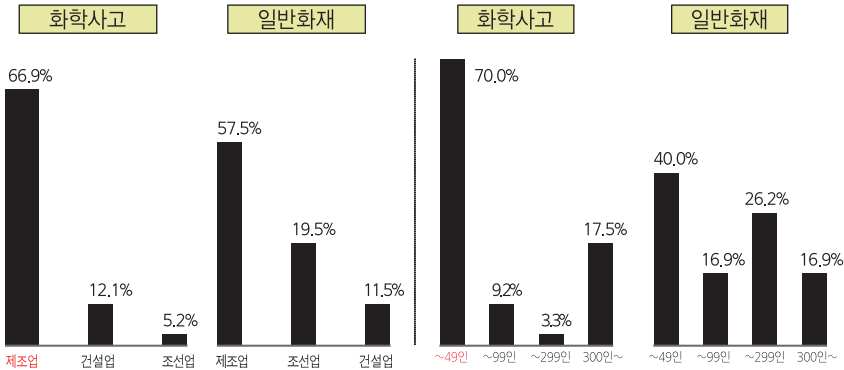
- 용접화재폭발(35%), 일반화재폭발(28%), 화학공정사고(21%) 순으로 발생



3 업종·규모별 사고발생 현황

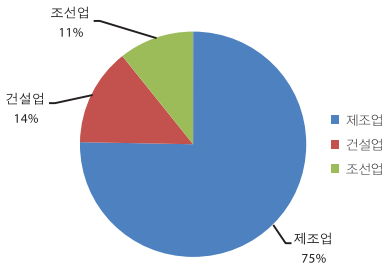
[업종별]

[규모별]

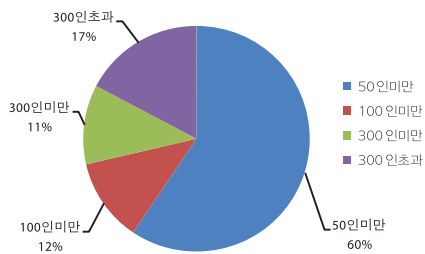


○ 화학사고는 제조업, 50인 미만 소규모 사업장에서 대다수 발생

- 업종 : 제조업(75%), 규모 : 50인미만(60%)



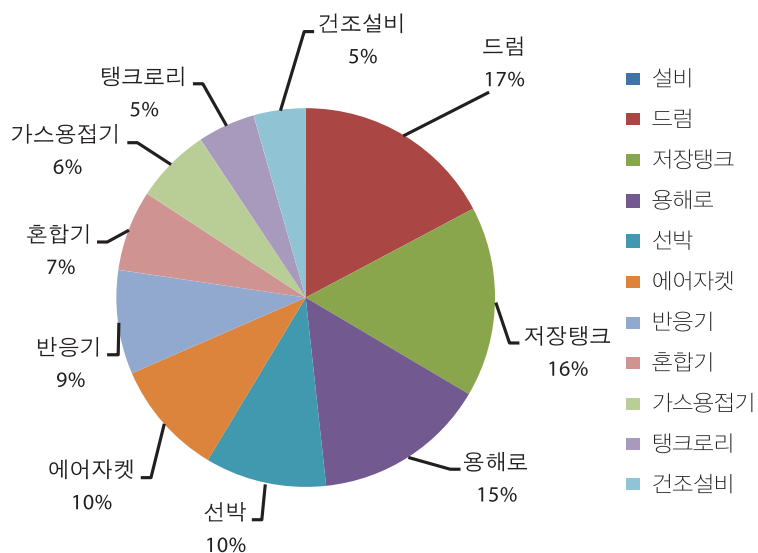
[업종별]



[규모별]

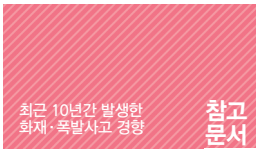
4 설비·장비별 사고발생 현황 (기타는 제외)

설비	발생건수	비율
드럼	35	17%
저장탱크	33	16%
용해로	30	15%
선박	21	10%
에어자켓	20	10%
반응기	18	9%
혼합기	14	7%
가스용접기	13	6%
탱크로리	10	5%
건조설비	9	4%



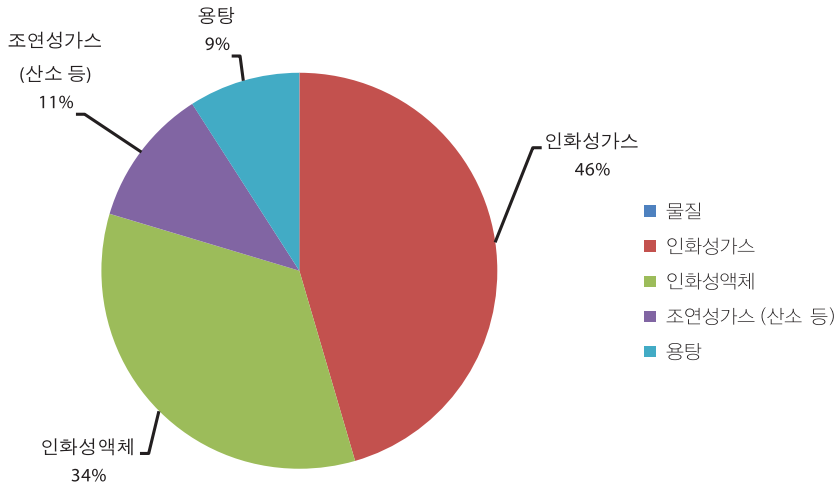
○ 화재폭발사고는 일반설비 및 화학설비에서 대다수 발생(33건)

• 드럼(35건), 용해로(30건), 저장탱크(33건), 반응기(18건), 혼합기(14건) 순으로 발생



5 유해위험 물질별 사고발생 현황

물질	발생건수	비고
인화성가스	125	
인화성액체	94	
조연성가스 (산소 등)	31	
용탕	25	



○ 화학사고는 인화성가스 및 인화성액체에서 대다수 발생(219건)

- 인화성가스(수소, 메탄 등), 인화성액체(톨루엔, 메탄올 등), 조연성가스(산소 등) 순으로 발생