

예비산업인력을 위한

안전보건 나침반



Contents

I 건강한 직장생활을 위한 안전노트 03

1. 신규 입사자 산업재해 발생현황	04
2. 「산업안전보건법」 사업주 및 근로자의 의무	06
3. 안전보건교육이란?	07
4. 보호구	08
5. 작업장 내에서의 통행	09
6. 위험기계기구 안전장치	10
7. 건강보호장치(설비)	12
8. 감전 재해예방	13
9. 운반작업안전	16
10. 수공구 사용	18
11. 화재예방	19
12. 물질안전보건자료(MSDS)	21
13. 위험물의 취급	22
14. 유해물질 취급	23
15. 안전보건표지	24
16. 질식 위험공간 출입	26
17. 만약 사고가 발생한다면?	27
18. 응급조치	28
[안전 tip] 산업재해 발생 시 요양신청 절차	29
[안전 tip] 근로자의 권리와 의무	30

II 사례로 알아보는 재해예방대책 31

1. 화재	
[사례 1] 1,3-부타디엔 팝콘 폴리머 화재사고	32
[사례 2] 도료 건조로 화재사고	34
[사례 3] 카본블랙 제조공정 반응기 화재사고	36
2. 폭발	
[사례 1] 폴리프로필렌 사일로 화재폭발사고	38
[사례 2] 과산화수소 농축공정 TOC BED 파열사고	40
3. 누출	
[사례 1] 염산탱크에 과산화수소 유입으로 인한 염소가스 발생사고	42
[사례 2] 폐산 저장탱크 과압방산구 파열에 따른 누출사고	44
[사례 3] 배관 연결부 균열로 인한 사염화규소 누출사고	46
[사례 4] 염소 이송 작업 중 누출사고	48
[사례 5] 공기구동밸브 오조작으로 인한 인화성가스 누출사고	50
[사례 6] 필터 세정작업 중 염화메틸렌 누출사고	52

I

건강한
직장생활을 위한
안전노트



1

신규 입사자 산업재해 발생현황

1 산업재해 발생현황

산업현장에서 발생하는 재해는 본인은 물론 가정에 불행을 안긴다.

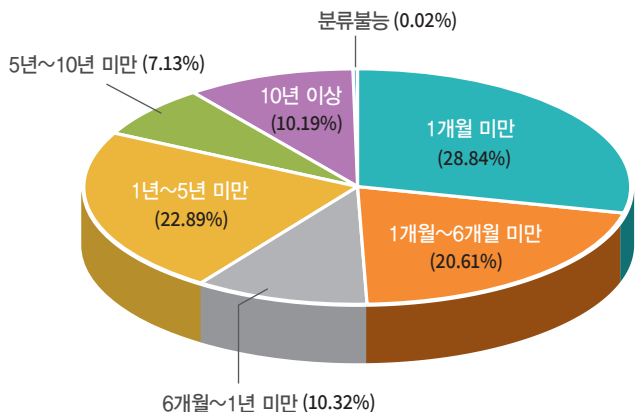
또한, 기업과 국가에 막대한 경제적 손실을 초래한다.

- 2020년 기준, 100,000여명의 근로자가 다치고 그 중 2,000여명은 사망하였다.
- 2020년 재해자(108,379명)의 49.4%(53,593명)가 6개월 미만의 신규 입사자였다.
- 6개월 미만의 재해자가 전체 재해의 50% 가까이 되며, 예비산업인력에 대한 집중적인 안전교육이 필요하다.



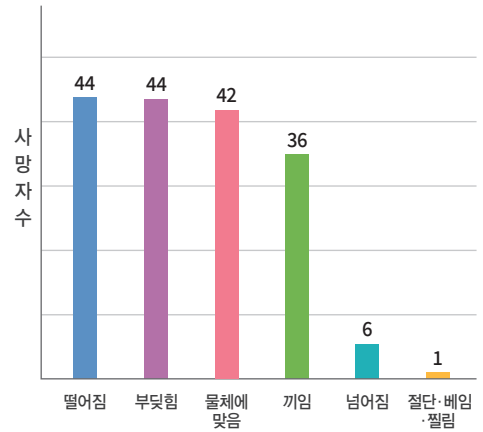
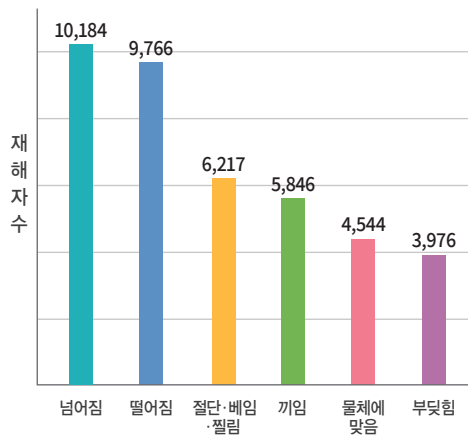
2 근속기간별 재해자수(2020년)

구분	합계	1개월 미만	1~6개월 미만	6개월~1년 미만	1년~5년 미만	5년~10년 미만	10년 이상	분류 불능
재해자수	108,379	31,256	22,337	11,182	24,813	7,722	11,044	25
비율(%)	100.00%	28.84%	20.61%	10.32%	22.89%	7.13%	10.19%	0.02%



6개월 미만 신규 입사자 재해의 발생 형태

구분	합계	떨어짐	넘어짐	끼임	절단·베임·찢림	물체에 맞음	부딪힘	기타
재해자수	53,593	9,766	10,184	5,846	6,217	4,544	3,976	13,060
사망자수	711	44	6	36	1	42	44	373



신규 입사자가 산업재해에 취약한 이유는?

작업환경 및 업무에 대한 지식과 경험이 부족하다. 특히 안전보건 지식이 부족하여 유해·위험작업에 대한 대응능력과 사고발생 시 대처능력이 떨어진다.



2

「산업안전보건법」 사업주 및 근로자의 의무

사업주는 기업경영을 총괄 지휘할 뿐만 아니라 산업안전·보건관리에 대한 책임을 가진다. 사업주는 안전하고 깨끗한 작업환경을 조성하여 근로자의 안전 확보를 위해서 노력하여야 하며, 근로자는 사업주의 안전·보건조치가 효과를 얻을 수 있도록 적극 협조해야 한다.

1 사업주의 의무

- 근로자의 안전 및 건강을 유지·증진시키고 국가의 산업재해 예방정책에 따라야 한다.
- 사업주는 발주·설계·제조·수입 또는 건설을 할 때 법과 기준을 지키며, 이와 관련하여 발생하는 산업재해를 예방하기 위한 필요한 조치를 하여야 한다.

사업주 의무사항

- ✓ 국가에서 시행하는 산업재해 예방 시책 등 준수
- ✓ 산업재해 발생 보고의 의무
- ✓ 산업재해 기록·보존의 의무
- ✓ 산업안전보건법령 요지 게시 등의 의무
- ✓ 유해·위험한 장소에 안전·보건표지를 부착
- ✓ 안전·보건상 필요한 조치 실시
- ✓ 근로자의 생명을 지키고 안전·보건을 유지·증진
- ✓ 안전보건규정을 작성하여 사업장에 게시하거나 근로자에게 고지

2 근로자의 의무

산업재해 예방을 위한 법과 기준을 준수하여야 하며, 사업주 또는 근로감독관, 공단 등 관계인이 실시하는 산업재해 예방에 관한 조치에 따라야 한다.

근로자 의무사항

- ✓ 사업주가 행한 안전·보건상의 조치사항 준수
- ✓ 사업주가 실시하는 근로자 건강진단 수검
- ✓ 사업주가 제공한 안전모, 안전화 등 보호구 착용

3

안전보건교육이란?

근로자 안전보건교육은 근로자가 작업장의 유해·위험요인에 대한 안전보건지식을 습득하고 이에 적절히 대응할 수 있는 능력을 배양하기 위한 교육이다. 근로자가 스스로 산업재해를 예방할 수 있도록 사업주에게 근로자에 대한 각종 안전보건교육 의무를 부여하고 있다.

1 교육의 필요성

신규 입사자가 산업재해에 취약한 이유는?

- 산업재해는 불안정한 상태와 불안정한 행동이 단독 또는 중복되어 발생한다. 그럼에도 불안정한 상태를 유지하고, 불안정한 행동을 하는 이유는 다음과 같다.
 - » 불안정한 상태나 불안정한 행동이 어떠한 결과를 가져오는지 모름
 - » 어느 것이 안전한 상태이고 행동인지 모름
 - » 알고 있으나 행동으로 옮기지 않음
- 따라서 신규 입사자가 안전한 작업을 할 수 있도록 필요한 지식을 교육하고, 그것이 행동으로 나타나도록 훈련하는 것이 필요하다.

2 법령근거

산업안전보건법이 요구하는 신규 입사자에 대한 안전보건교육

- 법 제29조(근로자에 대한 안전보건교육) 제2항에 채용 시, 작업내용 변경 시 안전보건 교육 실시
- 시행규칙 제26조(교육시간 및 교육내용)
 - * 별표 4 안전보건교육 교육과정별 교육시간(채용 시 교육, 정기 교육)
 - * 별표 5 안전보건교육 교육대상별 교육내용

채용 시 교육 및 작업내용 변경

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| ✓ 기계·기구의 위험성과 작업의 순서 및 동선에 관한 사항 | ✓ 물질안전보건자료에 관한 사항 |
| ✓ 작업 개시 전 점검에 관한 사항 | ✓ 직무스트레스 예방 및 관리에 관한 사항 |
| ✓ 정리정돈 및 청소에 관한 사항 | ✓ 산업안전보건법령 및 일반관리에 관한 사항 |
| ✓ 사고 발생 시 긴급조치에 관한 사항 | ✓ 산업안전 및 사고예방에 관한 사항 |
| ✓ 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항 | |

4

보호구

야구를 할 때 포수는 포수용 장갑과 프로텍터, 마스크를 쓰고 타자는 헬멧을 착용해 부상을 방지한다. 일터에서도 이와 같이 위험을 동반하는 작업을 하는 경우에는 적합한 보호구를 착용하여 내 몸을 안전하게 지켜야 한다.

1 보호구 종류

- ① 물체가 떨어지거나 날아올 위험 또는 근로자가 추락할 위험이 있는 작업 : 안전모
- ② 높이 또는 깊이 2미터 이상의 추락할 위험이 있는 장소에서 하는 작업 :
안전대(安全帶)
- ③ 물체의 낙하·충격, 물체에의 끼임, 감전 또는 정전기의 대전(帶電)에 의한 위험이 있는 작업 : 안전화
- ④ 물체가 흩날리거나 화학물질이 눈에 튕 우려가 있는 작업 : 보안경
- ⑤ 용접 시 불꽃이나 물체가 흩날릴 위험이 있는 작업 : 보안면
- ⑥ 감전의 위험이 있는 작업 : 절연용 보호구
- ⑦ 고열에 의한 화상 등의 위험이 있는 작업 : 방열복
- ⑧ 목재가공작업, 용접작업 등 분진 및 흠이 발생하는 작업 : 방진마스크
- ⑨ 화학물질을 투입하는 등 취급장소에서 화학물질 증기가 발생될 수 있는 작업 :
방독마스크
- ⑩ 물건을 운반하거나 수거·배달하기 위하여 자동차관리법 제3조제1항제5호에 따른 이륜자동차(이하 “이륜자동차”라 한다)를 운행하는 작업 : 「도로교통법 시행규칙」 제32조제1항 각 호의 기준에 적합한 승차용 안전모

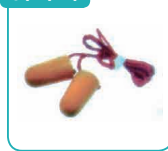
안전모



안전화



귀마개



귀덮개



방진마스크



보안면



절연장갑



안전대



방독마스크



보호복



5

작업장 내에서의 통행

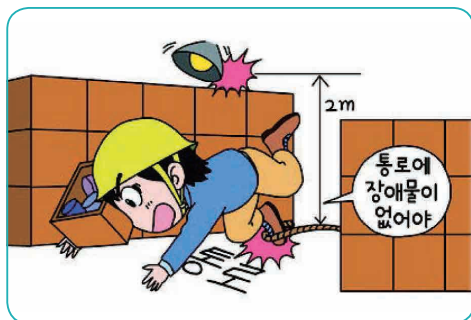
작업장 외에서 통행 중에 발생하는 사고는 교통사고가 많다. 그러나 작업장 내에서 이동하는 경우에도 사고는 일어나고 재해가 발생한다. 지게차, 화물차 등 차량에 부딪히기도 하고 걸어가다 넘어지거나 미끄러지기도 한다. 이처럼 작업장에서 통행 중 발생하는 사고를 예방하기 위해 사업주와 근로자는 안전한 통행을 위한 준수사항을 이해하고 지켜야 한다.

1 사업주의 준수사항

- 작업장으로 통하는 장소 또는 작업장 내에, 근로자가 사용할 안전한 통로를 설치하고 항상 사용할 수 있는 상태로 유지하여야 한다.
- 통로의 주요 부분에 통로표시를 해서 근로자가 안전하게 통행할 수 있도록 해야 한다.
- 사업주는 통로면으로부터 높이 2미터 이내에는 장애물이 없도록 해야 한다.
- 안전하게 통행하도록 통로에 75럭스 이상의 채광 또는 조명을 해야 한다.
- 가설통로, 사다리, 계단 등은 산업안전보건기준에 관한 규칙에 따라 설치한다.

2 근로자의 준수사항

- 근로자는 정해진 통로를 사용하여 통행한다.
- 통행 시 양손을 주머니에 넣고 걸거나, 뛰지 않는다.
- 정해진 통로를 건너더라도, 주위에 지게차, 크레인 등을 살핀 후 통행한다.
- 통로에 물건을 적재하거나, 바닥에 공구 등을 방치하지 않는다.
- 이동중에 스마트폰을 사용하지 않고 전방을 주시한다



6

위험기계기구 안전장치

1 안전장치의 필요성

안전장치를 제거하는 것은 맹수가 사는 우리의 문을 여는 것과 같다. 작업 중 사고를 방지하려면 작업장의 어떤 설비가 어떤 목적으로 작동하고 위험성은 무엇이며, 안전장치는 어디에 설치되어 어떤 기능을 하는지 파악해야 한다.





2 사업주 조치사항




사업주는 안전장치가 정상적인 기능을 발휘할 수 있도록 상시 점검 및 정비하여야 하고, 안전장치의 기능이 상실된 때에는 즉시 수리, 보수 및 작업 중지 등 적절한 조치를 하여야 한다.

3 근로자 준수사항

근로자는 안전장치를 해체하고자 하는 경우 사업주의 허가를 받아야 한다. 안전장치를 해체한 후 그 사유가 사라지면 지체 없이 원래 상태로 회복해야 한다. 또한 안전장치의 기능이 상실된 것을 발견하면 지체 없이 사업주에게 신고해야 한다.

유해·위험 방지를 위하여 방호조치가 필요한 기계·기구 등[시행령 별표20]

기계·기구명	방호장치	사진
예초기	날 접촉 예방장치 절단 날 또는 비산물로부터 작업자를 보호하기 위해 설치된 보호덮개 등의 장치	
원심기	회전체 접촉 예방장치 원심기의 케이싱 또는 하우징 내부의 회전통 등에 신체 일부가 접촉되는 것을 방지하기 위해 설치하는 덮개 등의 장치	
공기압축기	압력방출장치 공기압축기에 부착된 압력용기의 과도한 압력 상승을 방지하기 위하여 설치하는 안전밸브, 언로드 밸브 등의 장치	
금속절단기	날 접촉 예방장치 절단 날 또는 비산물로부터 작업자를 보호하기 위해 설치된 보호덮개 등의 장치	

기계·기구명	방호장치	사진
지게차	헤드가드, 백레스트(backrest), 전조등, 후미등, 안전벨트	
포장기계	1. 진공 포장기 구동부 방호 연동장치, 고정식 방호가드[연동회로의 구성이 곤란한 부위]	
	2. 랩핑기 구동부 방호 연동장치: 기계 구동부에 설치되는 방호장치 등이 개방 시 작동이 정지되고, 닫힌 상태에서 작동되도록 상호 연결하는 것	

안전인증 및 자율안전확인 대상 기계·기구[예]

기계·기구[방호장치]	사진	기계·기구[방호장치]	사진
프레스·전단기 [양수조작식, 광전자식 방호장치]		보일러 [안전밸브]	
아세틸렌 또는 가스집합 용접장치 [안전기]		롤러기 [급정지장치]	
폭발위험 장소에서의 전기 기계·기구 [방폭용 전기기계·기구]		연삭기 [덮개]	
교류아크용접기 [자동전격방지]		목재가공용동근톱 [반발예방장치 및 날접촉예방장치]	
크레인·승강기·곤돌라·리프트·고소작업대 [과부하방지장치]		동력식 수동대패 [칼날 접촉 예방장치]	
압력용기 [안전밸브, 파열판]		산업용 로봇 [안전매트, 광전자식 방호장치]	
		정전및 활선작업용 절연용기구 [절연용 방호구 및 활선작업용 기구]	

7

건강보호장치(설비)

건강에 영향을 미칠 수 있는 설비나 기계에는 사고예방을 위한 안전장치와 마찬가지로 건강을 지키기 위한 건강보호장치도 마련되어 있다.

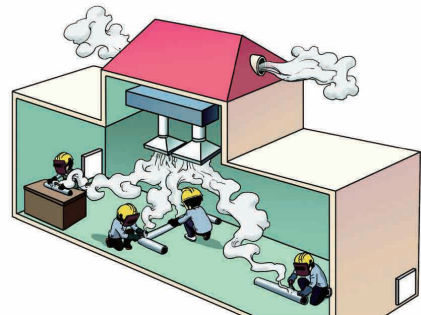
유해물질이 발산되지 않도록 밀폐하는 장치부터 분진 등이 공기 중에 날아다니지 않도록 물을 뿌려주는 장치, 유해물질 발생원에서 해당물질을 바로 제거하는 국소 배기장치, 건물 전체의 환기장치, 다른 작업자에게 영향을 미치지 않도록 하는 차폐판 등이 대표적인 건강보호장치라 할 수 있다.

1 장치의 사용

- 유해물질, 가스, 분진, 고온, 소음 등이 발산되지 않도록 밀폐하는 문이나 덮개를 임의로 열지 않는다.
- 밀폐된 장치의 틈을 통해 유해물질 등이 누출되는지 점검하는 등 주의를 기울여야 한다.
- 작업자가 있는 장소를 격리한 경우라면 격리된 장소에 가스나 분진이 침입하지 않도록 내부를 양압으로 하고, 밀폐된 곳의 창문도 임의로 열지 않는다.
- 국소배기장치는 오염원을 배출하도록 정상운전시켜야 하고, 후드나 덕트를 임의로 변형시키지 않도록 한다. 또한 국소배기장치를 설치하거나 사용할때 유해물질이 호흡기를 통과하지 않도록 한다.
- 국소배기장치, 전체환기장치의 배기구 주변에 물건을 놓지 않는다.
- 건강보호장치는 대부분 그 작동을 정상적으로 유지하는 것이 중요하므로 작업자가 임의로 장치를 조작하거나 구성품을 변형, 파손시키지 않도록 유의해야 한다.



[국소배기장치]



[전체환기장치]

8

감전 재해예방

1 전기로 인한 재해

전기에 의한 재해의 종류는 다음과 같다.

- 직접 전기에 접촉해 일어나는 감전(고압의 경우에는 접근만으로도 감전된다)
- 아크나 스파크 및 전열에 의한 전기화상
- 전기화재, 전기로, 전기용접 등의 아크에 의한 전기성 안염



[감전]



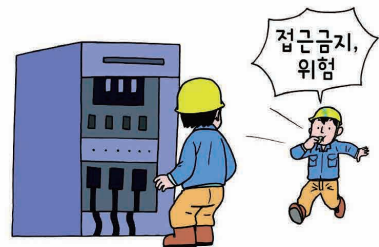
[전기화상]

2 예방대책

전기에 의한 재해의 예방은 올바른 전기사용 방법을 이해하고 기본적인 전기 안전수칙을 준수하는 것에서 시작한다.

일반사항

- 감전 위험표시가 있는 장소에는 함부로 접근하거나 접촉하지 않는다. 담당자가 아닌 사람은 변전소나 전기시험실 등에 들어가지 않는다.
- 관계자 이외는 스위치, 변압기, 전동기 등의 전기기계·장치를 임의로 조작하지 않는다. 자신이 부상을 입을 뿐 아니라 다른 사람에게 부상을 입힐 수 있다.
- 전원을 분리한 휴대용 전기기구의 코드를 못이나 금속체에 걸지 않는다.

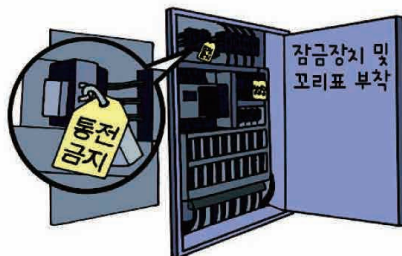


- 젖은 손, 맨발인 채로 직접 전기기기나 배선 등에 접촉하지 않는다.
- 전구에 종이나 헝겊을 감지 않는다.
- 전기기계의 청소는 전원 차단 후 실시한다.
- 수리는 반드시 전기전문가가 한다.
- 절연전선도 고열이나 습기로 절연파손이 되는 경우가 있으므로 주의한다.



스위치의 취급

- 스위치의 덮개를 열어 놓지 않는다.
- 스위치 상자의 중앙 또는 가까이에 물건을 놓지 않는다.
- 퓨즈는 규격 이외의 것을 사용하지 않는다.
- 스위치를 개폐할 때 다른 손이 금속 등에 접촉되지 않도록 주의한다.
- 스위치의 개폐는 꼼꼼하고 완전하게 해야 한다. 그렇지 않으면 스파크가 일어나거나, 진동 등으로 불시에 스위치가 작동되거나 꺼질 우려가 있다.
- 스위치를 켜기 전에는 기계 주위에 다른 작업자가 있는지 확인하고, 주변 작업자와 충분한 신호, 연락 등을 주고 받아 이상이 없음을 확인 후 작동시킨다.
- 위험표시나 수리·점검을 알리는 표지가 걸려있는 스위치는 작동시키지 않는다.



접지

- 전기 드릴 등의 전동공구나 이동식 전기기기는 반드시 접지를 한다. 접지를 하지 않고 사용하면 공구의 케이스나 전동기의 덮개로부터 누전될 수 있다. 특히 전동공구는 손으로 잡고 작업하기 때문에 감전 위험이 크므로 주의해야 한다.

기타

- 고압전선, 변압기 등 고압전기설비에 접근하지 않는다. 고압선 가까이에서 작업하거나 금속파이프, 앵글 등 긴 물건을 취급하는 때에는 신체나 파이프 등이 충전부에 접촉하지 않도록 더욱 주의한다.
- 전기기기, 배선 등에서 감전, 발화 등이 발생한 때에는 다음과 같이 처리한다.
 - » 먼저 스위치를 내린다. 스스로 내리지 못하는 경우에는 전기 담당자에게 연락한다.
 - » 감전사고로 즉시 스위치를 내릴 수 없는 경우에는 마른 목재 등으로 피해자를 떨어 뜨린다.

잠금장치



게이트밸브 잠금장치



볼밸브 잠금장치



차단기 잠금장치

안내표지



조작금지 및 위험 표찰

9

운반작업안전

기계와 기계 사이 또는 물품을 옮기기 위해 인력이나 운반설비를 활용하여 운반 작업이 수시로 이루어지고 있다. 그에 따라 부딪힘, 떨어지는 중량물에 맞음 등 다양한 재해가 운반과정 중에 발생되고 있다. 따라서 안전한 운반 작업방법을 익힐 필요가 있다.

1 위험요인

- 무리해서 무거운 것을 혼자 드는 경우
- 무리하게 한 번에 많은 것을 드는 경우
- 작업장 바닥이 울퉁불퉁한 경우
- 운반하는 박스 등을 높이 쌓아 앞이 보이지 않는 경우
- 운반하는 박스 등을 완전히 고정하지 않는 경우

2 주요 발생 형태

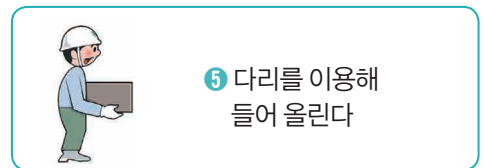
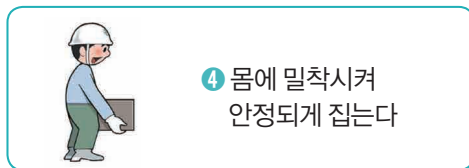
- 화물 사이에 손이 끼임
- 화물을 발 위에 떨어뜨림
- 화물에 신경 쓰느라 운반구 등에 부딪히거나 중심을 잃고 넘어짐
- 화물이 떨어지거나 무너짐
- 화물을 쌓을 때 손발이 끼임
- 화물을 들어 올리다 허리를 다침



3 올바른 중량물의 취급방법

인력으로 화물을 운반할 때 부상을 예방하려면 들어 올리는 방법, 올바른 운반 동작을 배워 습관화해야 한다. (1인 인력작업의 적정무게는 약 20kg 이내)

- » 중량물을 들때 무게를 조정하고 무거운 물건을 2인 1조로 작업한다.
- » 수작업으로 물건을 들때 바른자세(허리를 펴고 무릎을 숙여 다리로 드는것)로 드는 것이 중요하다. 허리를 숙이게 되면 요추부 압착력이 증가하여 요통으로 진행될 가능성이 높다.



- 운반용 기계에는 동력으로 움직이는 크레인, 호이스트, 지게차, 컨베이어 등과 인력으로 움직이는 대차, 손수레 등이 있다.
 - » 차의 적재량에 따라 화물을 싣고 초과적재를 하지 않는다.
 - » 될 수 있는 한 중심을 낮게 하고 편하중이 발생되지 않도록 주의한다.
 - » 구르기 쉬운 것, 넘어지기 쉬운 것에는 받침대, 지주 등을 이용하고 운반 중에 떨어지지 않도록 밧줄 등으로 고정한다.
 - » 앞에서 당기지 말고 뒤에서 민다.



[함께 들기]



[이동식 대차]



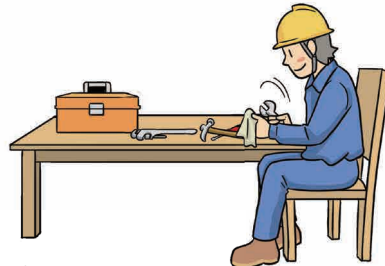
10

수공구 사용

망치, 스패너, 렌치, 줄, 드라이버 등을 총칭해 수공구라고 부른다. 일반적으로 많은 사람들이 자주 사용하기 때문에 수공구에 의한 재해도 많이 발생하고 있다. 흔한만큼 무심코 사용하는 수공구로 인한 재해를 예방하려면 무엇보다 수공구의 안전한 사용법을 기억해야 한다.

1 안전한 사용법

- 사용 전 수공구를 반드시 점검하고 불안정한 것은 사용하지 않는다.
- 사용하는 도중에 공구가 고장이 나는 경우 즉시 교체하여 사용한다.
- 사용한 공구는 지정된 장소에 보관하고 정리정돈한다.
- 공구를 기계 위나 떨어지기 쉬운 장소에 놓지 않는다.
- 수공구에 기름이 묻었을 때에는 깨끗하게 닦아 사용한다.
- 수공구에는 각각의 용도가 정해져 있으므로, 용도에 맞게 사용한다.
- 공구를 사용하고 난 후 개수와 상태를 확인하고 정돈한다.



11

화재예방

화재의 3요소는 가연물, 점화원, 산소다. 이는 아래와 같이 표현할 수 있다. 따라서 불을 끄려면 이 삼각형 변의 한 가지를 제거하면 되는데 어떤 것이 가장 적합한지 이해하고 대처해야 할 것이다.



1 화재 예방법

화재예방을 위해서는 다음의 규칙을 준수하여야 한다.

점화원 금지

- 화기금지 표시가 있는 장소에서는 화기를 일체 사용하지 않는다.
- 작업상 필요하더라도 관리자의 허가 없이 불을 사용하지 않는다.
- 화재위험장소에는 점화원이 될만한 것(성냥,ライター 등)을 소지하지 않는다.

화기작업 안전수칙

- 화기작업이 필요한 경우에는 반드시 책임자의 허가를 받는다.
- 화기작업 시 가연물이 있는 곳은 피하고, 바람이 강한 때를 피해서 작업한다.
- 화기작업 후 주변을 정리하고, 불이 꺼진 것을 확인해야 한다.

기타

- 정해진 장소 이외에서는 담배를 피지 않는다.
- 기름이 묻은 걸레, 톱밥, 셀룰로이드 등은 자연발화될 수 있으므로 지정 용기에 넣고 반드시 뚜껑을 덮는다.
- 대패 쓰레기 등 연소하기 쉬운 것은 정해진 장소에 보관한다.

소화설비

- 소화기가 놓인 장소에는 표지판을 설치하고, 그 위치를 잘 알고 있어야 한다.
- 소화기, 소화용 수조, 양동이 등의 소화기재는 정해진 장소에서 임의로 옮기지 않는다.
- 소화기구의 주위는 항상 깨끗하게 정돈하고 언제든지 사용할 수 있도록 관리한다.
- 대피로를 확보하고 근로자의 대피를 유도하는 화재감시자를 지정한다.

화재발생 대응조치

- 화재를 발견하면 경보설비를 작동시키고 큰소리로 다른 사람에게 알린다.
- 전화연락 요령을 잘 기억하여 화재 발생 보고를 빠르게 한다.
- 감전을 예방하기 위해서 즉시 부근의 스위치를 끈다.
- 위험물에 의한 화재나 부근에 위험물이 있을 때에는 위험물 취급책임자의 지휘를 받아 소화 작업을 한다.
- 전기가 들어오는지 모르는 경우에는 물이나 포소화기를 사용하지 않는다.
- 유류로 인한 화재에는 정해진 소화기(K급)를 사용한다.

소화기 사용법

1



소화기를 불이 난 곳으로 옮긴다.

2



손잡이 부분의 안전핀을 뽑는다.

3



③바람을 등지고 서서 호스를 불쪽으로 향하게 한다.

4



손잡이를 힘껏 움켜쥐고 빗자루로 쓸 듯이 뿌린다.

12

물질안전보건자료(MSDS)

물질안전보건자료(MSDS, Material Safety Data Sheet)란?

화학물질의 유해·위험성, 구성성분 중 유해·위험한 화학물질의 명칭 및 함유량, 응급조치요령, 취급주의사항 등을 설명해주는 자료로서 소비자가 의약품을 구입하면 그 성분 및 함량, 효능, 부작용 등을 알려주는 설명서처럼 화학제품의 안전한 취급·사용을 위한 정보자료이다.

1 MSDS 목적

화학물질의 사용자는 이러한 MSDS를 통해 유해·위험정보를 바로 알고 유해화학물질 중독, 화재·폭발 등 산업재해를 사전에 예방할 수 있다.

2 MSDS 그림문자

표현	인화성	산화성	폭발성	급성독성	부식성
그림 문자					

화학물질 또는 화학물질을 포함한 혼합물을 제조, 수입, 양도, 제공 및 사용 운반, 저장 등의 취급시, 취급근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시 또는 비치함으로써 유해·위험에 대비하도록 하여야 한다. 또한 사업주는 근로자에게 MSDS에 대한 교육을 실시해 사업장에서 사용하는 화학물질에 대한 이해를 도와야 한다.

GHS에 따른 단일물질 MSDS의 검색 방법



검색방법

msds.kosha.or.kr / MSDS Info / 접속

→ 화학물질 정보검색 → msds 검색

13

위험물의 취급

1 위험물이란?

물질 중에서 화재·폭발 등의 원인이 되는 위험성을 가진 물질을 위험물질이라고 한다. 이러한 물질들은 취급부주의 등에 따라 대형사고가 발생할 수 있어 안전수칙을 반드시 준수하여야 한다.

2 위험물의 종류

구분	종류
폭발성 물질 및 유기과산화물	질산에스테르류, 니트로화합물 등
물반응성 물질 및 인화성 고체	리튬, 칼륨, 나트륨, 황, 황린 등
산화성 액체 및 고체	차아염소산 및 그 염류, 아염소산 및 그 염류
인화성 액체	에틸에테르, 가솔린, 노르말헥산, 아세톤, 크실렌 등
인화성 가스	수소, 아세틸렌, 에틸렌, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄 등
부식성 물질	염산, 황산, 질산, 인산, 아세트산, 불산, 수산화나트륨 등
급성 독성물질	경구, 경피 및 흡입독성이 기준치 이하인 물질

※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표1

3 재해사례

- 유류가 들어 있던 빈 드럼통에 불을 가까이 해 폭발
- 스토브에 기름을 붓다가 폭발
- 도장 작업 후 작업장에 화기를 가까이 해 폭발 등



14

유해물질 취급

유해물질은 생산현장만이 아니라 사무실에서 사용되는 설비나 물품에도 들어가 있다. 유해물질은 건강 장애를 발생시킬 수 있고, 눈에 보이지 않기 때문에 더 위험하다. 유해물질에 대해서는 그 성상 및 취급방법을 잘 알아야 그에 따른 건강 장애도 예방할 수 있다.

1 유해물질의 종류

구분	종류
유기화합물	글루타르 알데히드, 니트로글리세린 등 117종
금속류	구리 및 그 화합물, 납 및 그 무기화합물 등 24종
산·알칼리류	개미산, 과산화수소, 무수 초산, 불화수소 등 17종
가스상태 물질류	불소, 브롬, 산화에틸렌 등 15종

2 취급시 주의사항

- 유해물질 취급 전, 반드시 물질안전보건자료(MSDS)를 참고하여 해당물질의 유해·위험성 및 적정 보호구, 비상 시 대응요령 숙지한다.
- 유해물질을 비산시키거나 바닥에 흘리지 않는다.
- 유해물질이 들어가 있는 용기(들어있던 빈 용기도)는 밀폐해 유해물질이 공기 중에 날리거나 가스가 발생되지 않도록 한다.
- 유해물질을 임의로 갖고 다니거나 다른 작업장으로 옮기지 않는다.
- 유해물질 취급 후 손을 깨끗이 씻고, 식사 등을 한다.
- 작업복을 착용한 채 식사하지 않으며, 집에 가지 않는다
- 건강보호장치나 보호구는 정해진 방법으로 활용하고 자신의 감각만으로 사용여부를 판단하지 않는다.
- 유해물질 취급 작업 후 깨끗이 청소를 하고, 작업 중의 직접적인 노출보다 먼지나 오염원의 간접적인 노출을 인지하지 못하는 경우가 많아 더 위험할 수 있다.
- 유해물질의 표지는 제거하거나, 다른 장애물로 가려지지 않도록 주의한다.

15

안전보건표지

작업장 곳곳에서 ‘주의, 금연, 출입금지’ 등의 표지가 붙어있는 것을 볼 수 있다. 이러한 안전보건표지는 위험한 장소·시설·물질에 대한 경고, 비상시 대처하기 위한 지시·안내 또는 근로자의 안전 및 보건 의식을 고취시키기 위한 사항 등을 그림, 기호 및 글자 등으로 나타낸 것이다. 근로자는 안전보건표지의 의미를 이해하고 이에 따라야 한다.

1 종류

안전보건표지는 사용목적에 따라 금지, 경고, 지시, 안내, 관계자 외 출입금지 5가지로 나눌 수 있다.

- **금지표지**: 출입금지, 보행금지, 차량통행금지 등
- **경고표지**: 인화성물질 경고, 산화성물질 경고, 폭발성물질 경고 등
- **지시표지**: 보안경착용, 방독마스크 착용, 방진마스크 착용 등
- **안내표지**: 녹십자표지, 응급구호표지, 들것, 세안장치 등
- **관계자 외 출입금지**: 허가대상물질 작업장 출입금지 등

산업안전보건법 시행규칙 [별표6] 안전보건표지의 종류와 형태(제38조제1항 관련)

1. 금지표지	101 출입금지 	102 보행금지 	103 차량통행금지 	104 사용금지 	105 탑승금지 	106 금연 
	107 화기금지 	108 물체이동금지 	2. 경고표지	201 인화성물질 경고 	202 산화성물질 경고 	203 폭발성물질 경고 
205 부식성물질 경고 	206 방사성물질 경고 	207 고압전기 경고 		208 매달린 물체 경고 	209 낙하물 경고 	210 고온 경고 

212 몸균형 상실 경고 		213 레이저광선 경고 		214 발암성·변이 원성·생식독성 ·전신독성· 호흡기 과민성 물질 경고 		215 위험장소 경고 		3. 지시 표지		301 보안경 착용 		302 방독마스크 착용 	
303 방진마스크 착용 		304 보안면 착용 		305 안전모 착용 		306 귀마개 착용 				307 안전화 착용 		308 안전장갑 착용 	
4. 안내 표지		401 녹십자표지 		402 응급구호표지 		403 들것 		404 세안장치 		405 비상용기구 		406 비상구 	
		407 좌측 비상구 		408 우측 비상구 		5. 관계자 외 출입금지		501 허가대상물질 작업장 관계자 외 출입 금지 (허가물질 명칭) 제조/사용/보관 중 보호구/보호복 착용 흡연 및 음식물 섭취 금지		502 석면취급/해체 작업장 관계자 외 출입 금지 석면 취급/해체 중 보호구/보호복 착용 흡연 및 음식물 섭취 금지		503 금지대상물질의 취급 실험실 등 관계자 외 출입 금지 발암물질 취급 중 보호구/보호복 착용 흡연 및 음식물 섭취 금지	
6. 문자추가시 예시문				<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 휘발유화기엄금 </div> $\frac{0.25d}{d}$				<ul style="list-style-type: none"> ■ 나 자신의 건강과 복지를 위하여 안전을 늘 생각한다. ■ 내 가정의 행복과 화목을 위하여 안전을 늘 생각한다. ■ 나 자신의 실수로써 동료를 해치지 않도록 안전을 늘 생각한다. ■ 나 자신이 일으킨 사고로인한 회사의 재산과 손실을 방지하기 위하여 안전을 늘 생각한다. ■ 나 자신의 방식과 불안정한 행동이 조국의 번영에 장애가 되지 않도록 하기 위하여 안전을 늘 생각한다. 					

16

질식 위험공간 출입

1 질식위험장소의 위험성

산소가 소모되어 절대적으로 부족하거나 황화수소 등 화학적 질식가스가 존재하는 질식 위험장소는 생각지 못한 곳에서 만날 수 있다. 맨홀, 오폐수처리장, 정화조 등 질식위험장소에 준비없이 들어가면 한 번의 호흡으로도 바로 사망에 이를 수 있다.

※ 질식위험장소 : 산소 18% 미만 23.5% 이상, 탄산가스 1.5% 이상, 일산화탄소 30ppm 이상, 황화산소 10ppm 이상

2 산소결핍

산소결핍의 위험성이 있는 장소의 예

- 헬륨, 아르곤, 질소 등 불활성기체가 들어있거나 들어있었던 탱크 등의 내부
- 분뇨, 폐수, 오수 등 부패하거나 분해가 발생하는 정화조, 침전조 등의 내부
- 그 외 기타 환기가 불충분하거나 출입이 제한되어 있는 장소

이들 장소에서는 한 번의 호흡만으로도 사망에 이를 위험이 있다.

따라서 출입금지의 표시가 있는 곳은 물론 자신이 모르는 장소에는 함부로 들어가지 않아야 한다. 점검, 순찰, 수리 등을 위해 유해위험장소에 들어가는 경우에도 무단으로 들어가면 안 된다.

3 출입 전 조치사항

사업장에서는 우선적으로 질식재해 위험장소를 파악하여 출입금지 경고표지를 부착하고 사전에 허락받은 작업자만이 출입하도록 해야한다.

출입 전 유해가스나 산소결핍의 위험이 있는 장소는 가스 농도를 측정하고, 충분히 환기를 시키거나 공기호흡기 또는 송기마스크를 착용하고 들어가야 한다. 눈으로 보아서 알 수가 없으므로 충분한 주의가 필요하고, 필요한 장비를 착용하고 들어가야 한다.



17

만약 사고가 발생한다면?

만약 사고가 발생하면 신속한 조치가 필요하다.
사고가 일어난 경우 어떻게 하면 좋을까?

1 사고사례

- 화재가 일어나 대부분 사람들이 화재장소로 달려갔는데 그 직후 커다란 폭발이 일어나 여러 사람이 다쳤다.
- 피트 안에서 중독되어 쓰러진 동료를 구하기 위해 보호구를 착용하지 않고 들어가 자신도 같이 중독되었다.
- 감전된 친구를 도와주려고 친구의 몸에 접촉했다가 자신도 같이 감전되었다.
- 손가락의 다친 정도가 가벼운 부상이라고 생각하고 진료를 받지 않아 상처가 악화돼 손가락을 절단했다.
- 눈에 먼지가 들어갔다고 생각하고 진료를 받지 않아 안구에 심한 상처가 났다. 최악의 경우 실명한 사람도 있다.



2 사고발생 시 조치사항

- 당황하지 말고 심호흡을 한번 한다.
- 어떠한 조치를 할 때는 그 조치로 일어날 수 있는 결과를 예상해본다.
- 다른 사람에게 연락을 신속하고 오해가 없도록 정확하게 내용을 전달한다.
- 최대한 선배나 상사의 지시를 따르고, 절차 등을 무작정 바꾸어 행동하지 않는다.
- 부상을 입지 않은 사고나 작은 부상이라도 숨기지 않고 보고한다.

18

응급조치

부상을 당하면 당황하는 사람이 많다. 특히 피를 보면 냉정한 판단을 할 수 없게 된다. 응급조치의 순서가 잘못되면 더 위험할 수 있으므로 응급조치도 작업절차와 마찬가지로 표준절차를 지켜야 한다. 이를 위해서 평소에 올바른 순서를 몸에 익혀야 한다.

1 평소 유의사항

- 직장의 설비, 기타 상황을 잘 이해해 둘 것
- 구급용구가 있는 장소를 확실하게 기억해 둘 것
- 담당구역의 구급상자 등은 항상 잘 정리해 둘 것
- 부상자가 생긴 경우 연락방법을 정확하게 알아 둘 것
- 인공호흡법 등 기본적인 응급을 요하는 조치에 대해서는 연습해 둘 것

2 일반 주의사항

- 환자와 자신의 안정성 등 현장 현황 파악
- 호흡정지 등 우선순위를 파악, 그에 의한 처치
- 무의식, 상태 위급 시 119에 도움 요청
- 주변작업자에게 도움을 요청하며, 필요한 사항을 구체적으로 지시
- 불안해하지 않도록 조용한 대화로 환자의 안정 유지
- 모포나 옷으로 체온을 유지시키고, 의식이 있는 경우 음료 준비
- 현장에 대한 관찰과 증거물 파악, 소지품 보존
- 모든 처치를 기록, 병원 이송 후 제시
- 환부 고정 등의 조치 후 주의하며 운반

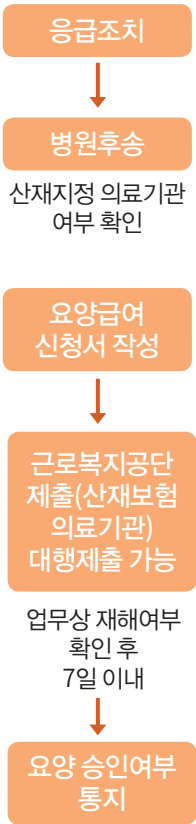


안전 Tip

산업재해 발생 시 요양신청 절차

산업재해 발생 시 근로복지공단에 요양신청 절차를 알아 둘 필요가 있다. 사업장 내에서 근로자가 업무상의 사유로 부상, 질병, 장애 또는 사망이 발생하면 산재지정병원에서 치료중인 상태에서 요양급여 신청서를 관할 근로복지공단에 신청 후 공단에서 승인여부를 결정 받아 요양급여를 받을 수 있다.

요양신청 절차



요양신청 절차

- ① 응급조치 후 병원 후송(산재지정 의료기관 여부 확인)
- ② 요양급여 신청서 작성 후 근로복지공단 제출(산재보험의료기관 대행제출 가능)
- ③ 업무상 재해여부 확인 후 7일 이내 요양 승인여부 통지

요양급여 신청서 작성

- 재해자의 인적사항, 재해 목격자, 사고 경위 등을 기재하고 사업주와 신청인(재해자) 날인
 - » 신청서 제출 위임란에 날인하면 의료기관이 토털서비스를 통해 접수 가능.
 - 만약 사업주 날인 거부 시 거부사유를 구체적으로 기재하면 사업주 날인 없이 제출 가능
- 병원에 제출하여 요양급여 신청서 뒷면에 의사소견서 작성
- 업무상질병(일부상병 제외)은 업무상 질병판정위원회에서 심의

업무상 재해 여부확인 및 결과 통지

- 업무상 사유에 의한 재해여부가 명확한 경우 7일 이내 요양승인여부 결정통지
- 사고경위 등에 대한 구체적 사실관계 확인이 필요한 경우 처리기간이 지연 될 수 있음

불승인 통지에 관한 이의 신청

- 요양 불승인 처분에 이의가 있을 때 90일 이내에 처분지사를 경유하여 근로복지공단 산재 심사실에 심사 청구하거나 관할 행정법원에 행정소송 제기
- 단, 업무상질병판정위원회의 심의를 거쳐 불승인 결정된 경우에는 심사청구절차 없이 처분지사를 경유하여 고용노동부 산업재해보험 재심사위원회에 재심사 청구하거나 관할 행정법원에 행정소송 제기

안전 Tip

근로자의 권리와 의무

근로자의 권리



급박한 위험시
작업중지 및 대피



물질안전보건
자료 정보 요구



작업환경측정
결과 설명 요구



사업주의
법 위반사실 신고

안전보건활동 참여권

- 산업안전보건위원회 심의·의결
- 안전보건관리규정 작성·변경
- 자율검사프로그램의 협의
- 작업환경측정 및 건강진단 입회
- 공정안전보고서 작성 및 안전보건 개선계획 수립시 의견제시



근로자의 의무



안전보건교육
이수



건강진단
수검



보호구 착용

방호조치 준수

- 방호조치 해체시 사업주 허가
- 방호조치 해체 사유 소멸시 원상 회복
- 방호조치 기능 상실 발견시 사업주에게 보고



II

사례로 알아보는 재해예방대책



화재

[사례 1] 1,3-부타디엔 팝콘 폴리머 화재사고

재해개요

00년 0월 00일 XX시 소재 OO공장 NCC Plant 정기보수 및 증설 작업현장에서 Condensate Stripper Column 충전물 교체를 위해 맨홀을 개방한 후 하부 충전층 부위에서 화재가 발생하였고, 이 화재로 Column 금속재질의 온도의 국부적인 상승으로 재질의 허용응력이 급격히 감소하여 Column 하부로 부터 약 13m 지점이 꺾이면서 Column 상부가 지면으로 떨어진 사고



[내부화재로 꺾여 손상된 Column]

재해발생 원인

▶ 충전층 내부 1,3-부타디엔 팝콘 폴리머 제거 미실시

» 1,3-부타디엔은 반응성이 강하고 산화되기 쉬운 극인화성 기체로, 중합반응을 통해 폴리머를 형성하며, 1,3-부타디엔 팝콘 폴리머는 대기 중에 노출 시 자연발화가 발생할 수 있다. 사고가 발생한 Condensate Stripper Column은 압축가스의 유분 중 C3, C4 성분 등을 분리해내는 타워로, 내부 충전층 및 하부에 1,3-부타디엔 팝콘 폴리머가 생성 및 축적될 수 있어 칼럼의 맨홀을 개방하는 등 내부에 축적된 팝콘 폴리머가 공기와 접촉하여 자연발화 할 가능성이 있는 경우, 팝콘 폴리머를 신속히 제거한 후 작업을 해야하나, 제거 작업이 누락되었다.

▶ 자연발화 방지조치 미실시

» Column 내부에 물을 채워놓거나 상시 살수를 실시하는 등의 자연발화 방지조치가 미흡하였다.

▶ 사고조사 및 위험성평가 미흡

» 1,3-부타디엔 팝콘 폴리머의 자연발화 사고는 NCC 및 고무공장 등에서 발생 가능한 공정사고이다. 동종업계에서 발생한 사고사례를 면밀히 조사하여 해당 내용을 정비보수 작업 위험성평가 등에 반영하고 주기적으로 점검하는 등의 사고예방 조치가 미흡하였다.

재해예방 대책

▶ 자연발화 방지조치 실시

» 자연발화의 위험이 있는 물질에 대해서는 해당 설비 정비·보수 시 물질을 제거하여야 하며, 설비 개방 전 질소 및 스팀 퍼지 등을 실시하여 잔류가스를 완전히 제거하고, 내부에 물질이 존재할 우려가 있을 경우에는 물을 채워놓거나 충전중 상부마다 상시 살수를 실시하는 등 자연발화 방지조치를 실시하여야 한다.

▶ 사고조사 및 위험성평가 실시

» 유사 공장 및 동종업계에서 발생한 사고사례, 아차사고 등을 수집하여 해당 내용을 위험성평가에 반영하여야 하며, 발화 원인 등을 면밀히 조사하여 재발방지대책을 수립하고 지속적으로 관리하여야 한다.

▶ 정비·보수기간 안전순찰 강화

» Column, 열교환기 등 높은 곳에 위치한 설비들에 대해 정비·보수기간 안전순찰을 강화하고, 위험상황 발생 시 조기에 신속히 안전조치가 될 수 있도록 관리하여야 한다.

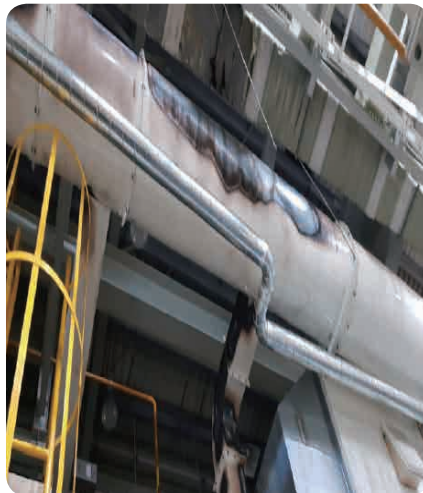
화재 [사례 2] 도료 건조로 화재사고

재해개요

00년 0월 00일 XX시 소재 OO(주)에 설치된 소형엔진의 표면에 도포된 프라이머 도료(혼합유기용제) 건조로 덕트에서 건조과정에서 발생한 슬러지가 쌓여 버너실 고온으로 인해 자연 발화하여 화재가 발생한 사고



화재가 발생한
건조설비의 버너실



화재가 발생한
건조설비의 덕트

재해발생 원인

- ▶ 건조로 및 덕트 내부에 쌓인 슬러지 제거 미실시
 - » 건조로 운전조건에서 자연 발화할 수 있는 슬러지를 설비 점검·정비 시 제거하지 않고 버너실 챔버와 덕트의 내부에 방치한 채 수년간 운영하여 사고가 발생하였다.
- ▶ 위험물의 고온 접촉방지 미실시
 - » 건조설비 열풍이 건조실과 버너실을 순환하는 구조로 되어 있어 건조 과정 중 발생된 슬러지가 버너실로 유입될 수 있는 구조로 인해 슬러지가 고온으로 운전되는 버너실 바닥에도 쌓이게 되어 고온에 의한 자연발화 화재가 발생하였다.

재해예방 대책

- ▶ 설비 점검·정비를 통한 슬러지 제거
 - » 슬러지를 제거할 수 있도록 건조기, 덕트 등에 점검구를 마련하고 정기적으로 슬러지를 제거하여야 한다.
- ▶ 안전한 구조로 공정설비 개선
 - » 버너실에 사용되는 열풍은 위험물이 존재하지 않는 장소로부터 공기를 흡입하도록 설비 구조를 개선하는 한편, 건조설비의 건조실을 배기하는 배풍기가 정지될 경우 건조실내에 인화성물질의 농도가 급격히 상승하여 화재, 폭발의 위험이 있을 수 있으므로 배풍기가 정지되는 경우 건조설비도 자동으로 정지되도록 인터록을 구성하여야 한다.
- ▶ 비상대응방안 개선
 - » 건조기 내부에서의 화재 등 이상 상황 발생 시에는 건조설비를 정지하여야 하고 불활성화 가스를 이용하여 건조설비 내부에 체류하고 있는 인화성 증기를 희석하여 증기농도가 폭발위험범위 미만으로 저하된 것을 확인한 후 건조설비를 개방하도록 비상대응방안을 개선하여야 한다.

화재

[사례 3] 카본블랙 제조공정 반응기 화재사고

재해개요

00년 0월 00일 XX시 소재 00(주) 카본블랙 제조공정에서 공정 트러블이 발생하여 비상가동정지 절차 수행 중 산소 차단실패로 공기에열기로부터 발생하는 고온 공기를 반응기로 공급하는 배관에서 미반응 원료(고점도 잔사유)의 유증기로 인한 화재가 발생



[사고가 발생한 카본블랙 공장]



[화재로 파손된 배관]

재해발생 원인

- ▶ 산소 공급 자동차단밸브 미작동
 - » 연소용 공기 송풍기 유량계와 연동된 산소 공급 자동차단밸브의 인터록 설정치가 정상 운전 조건 대비 과도하게 낮게 설정되어 있어 비정상조건의 감지에 실패하여 공기유량 계와 산소 공급 자동차단밸브의 인터록이 작동하지 못했다.
- ▶ 산소 공급 유량조절밸브 작동 불량
 - » 비상운전절차에 따라 산소 공급 유량조절밸브를 원격 차단하였으나, 밸브 작동불량으로 완벽한 차단에 실패하여 일정시간 동안 산소가 계속적으로 공급되었다.
- ▶ 산소 공급 배관 비상 차단 미실시
 - » 산소 공급 자동차단밸브 및 유량조절밸브의 작동 불량 또는 불능 시 즉시 비상차단 밸브를 제어실에서 수동차단 할 수 있도록 비상운전절차를 규정하지 않아 수동차단 조치를 실시하지 못했다.

재해예방 대책

- ▶ 산소 공급 차단밸브 인터록 조건 변경
 - » 연소용 공기 공급 송풍기 인터록 설정값인 최소 유량 감지 설정값을 높게 변경하는 등 송풍기의 정상운전 범위 이탈 시 초기에 공정 비상정지 절차 등을 수행할 수 있도록 하고, 송풍기 유량 경보 설정으로 경보 발령 시 신속한 조치를 취할 수 있는 운전절차를 마련하여야 한다.
- ▶ 확실한 산소 공급 차단밸브 작동을 위한 인터록 추가
 - » 산소 공급을 확실하게 차단하기 위하여 송풍기 인터록 설정치를 유량뿐만 아니라 송풍기 전원 차단 및 송풍기 냉각용 냉각수 순환펌프 전원 차단 등 비정상 조건에도 산소 공급 차단밸브가 작동될 수 있도록 인터록을 추가로 구성하여야 한다.
- ▶ 산소 공급 유량조절밸브 작동 건전성 유지
 - » 중요한 자동조절 밸브에 대해서는 설비 중요도 등급을 보다 상향 조정하여 점검 및 정비 주기를 단축하고, 주기적인 공정 대정비작업 시 주요 조절밸브에 대한 인터록 테스트 및 밸브 개도 시험을 실시하여 작동 건전성을 상시 유지할 수 있도록 하여야 한다.
- ▶ 비상운전절차 보완 및 교육 실시
 - » 비상운전절차에 비상차단밸브를 비상 시 제어실에서 긴급 수동 정지할 수 있도록 관련 절차를 추가 규정하고, 규정 개정에 따른 관련 근로자에 대한 교육훈련을 실시하여야 한다.

폭발

[사례 1] 폴리프로필렌 사일로 화재폭발사고

재해개요

00년 0월 00일 XX시 소재 00(주) 1공장 내 폴리프로필렌사일로 내부에서 폭발이 발생한 후 사일로 내부에 저장 중이던 폴리프로필렌에 화재가 발생하여 알루미늄 재질의 사일로 1기가 소손된 사고



[사고 발생 후 파손된 사일로]



[사일로 폭발 후 화재발생]

재해발생 원인

▶ 사일로 내부 인화성가스 제거 미흡

» 사일로 내부 인화성 가스가 존재하고 농축되어 폭발범위에 이를 수 있는 위험성이 있었으나 인화성 가스가 제거되지 않은 상태로 저장 사일로를 운영하였다.

▶ 사일로 내부 인화성가스 농도측정 미흡

» 사일로 내부에 인화성 가스 측정기 설계 시 각 사일로 별로 순차적으로 측정하도록 되어 있었으나 근거없이 모든 사일로 내부의 인화성가스 농도가 동일할 것으로 판단하여 하나의 사일로 내에서만 인화성가스 농도를 지속적으로 측정하였다. 또한 인화성가스 감지기와 연결된 배관이 사일로 상부에 설치되어 있어 사일로 내부에 양압이 형성되지 않는 경우 공기보다 무거운 인화성가스의 경우 가스감지기 센서로 유입되기 어려워 정확한 가스농도를 측정하기 어려웠다.

▶ 위험성평가 미흡

» 사일로 내에 인화성 가스 축적 가능성 폭발 가능성에 대한 위험성평가가 제대로 실시되지 않았다.

재해예방 대책

▶ 사일로 내부 가스측정 신뢰성 확보 및 안전상태 유지

» 사일로 내부의 가스 측정에 있어 당초 설계된 대로 각 사일로의 인화성 가스를 순차적으로 측정하도록 하고, 농도 측정결과 측정 수준별 조치기준을 설정하여 안전한 수준으로 낮출 수 있도록 사일로 내부 공기를 치환하여야 한다.

▶ 폭발 가능성에 대한 위험성 검토

» 제품 저장 기간이 길어지는 경우 사일로 내 인화성 가스 축적 가능성과 폭발 가능성에 대한 위험성을 검토하여 적절한 안전조치를 실행하여야 한다.

폭발

[사례 2] 과산화수소 농축공정 TOC BED 파열사고

재해개요

00년 0월 00일 XX시 소재 (주)OO내 32% 과산화수소 농축공정운전 중 과산화수소에 포함된 불순물을 제거하는 TOC BED(Total Organic Carbon Bed)가 과산화수소 이상분해 반응으로 인한 압력상승으로 파열된 사고



[사고 발생 설비위치]



[폭발로 파열된 TOC BED]

재해발생 원인

▶ 휴지상태 설비 재가동 시 가동전 점검 미흡

» 과산화수소는 산화성액체로 중금속 등과 폭발적으로 반응한다. 장기간(약 1년) 미사용 상태인 TOC BED를 재가동할 때에는 가동전 점검을 철저히 실시하고, 내부에 충전되어 있는 이온교환수지를 신규제품으로 교체하거나 철이온 등의 이온성분의 농도분석을 진행하여야 하나 이를 실시하지 않았다.

▶ 부적절한 압력방출장치(파열판) 선정

» 과압방지 대책으로 설치한 압력방출장치로 파열판이 설치되어 있었으나, 사고 당시 과압을 해소하기에는 용량이 부족하였다. 파열판을 선정할 때의 압력상승요인을 단순히 밸브차단으로 용기 막힘 상황만을 고려하였으며, 이상분해반응 시 압력상승요인을 고려하지 않았다.

▶ 위험성평가 미흡

» 과거 위험성평가에서는 TOC BED내에서 발생할 수 있는 이상분해반응에 대한 내용이 평가에 포함되어 있었으나, 장기간 미사용 후 최초 시운전 전에 별도의 위험성평가가 진행되지 않았다.

재해예방 대책

▶ 휴지상태 설비 재가동 시 가동전 점검 철저

» 일정기간 이상의 미사용 상태인 TOC BED를 재가동할 때에는 가동전 점검을 철저히 실시하고, 내부에 충전되어 있는 수지를 신규제품으로 교체하여 운전하여야 한다.

▶ 충분한 용량의 파열판 설치

» 파열판의 배출용량 산출시 최악의 상황인 이상분해반응 등 폭주반응으로 진행될 경우를 대비하여 배출용량을 산출하고 그 결과에 따라 파열판 크기를 선정하여야 한다.

▶ 위험성평가 실시

» 휴지설비 재가동 전에 위험성평가를 통해 TOC BED내에서 발생할 수 있는 이상분해 반응을 충분히 고려하여 안전조치를 검토하고 개선대책을 마련하여야 한다.

누출

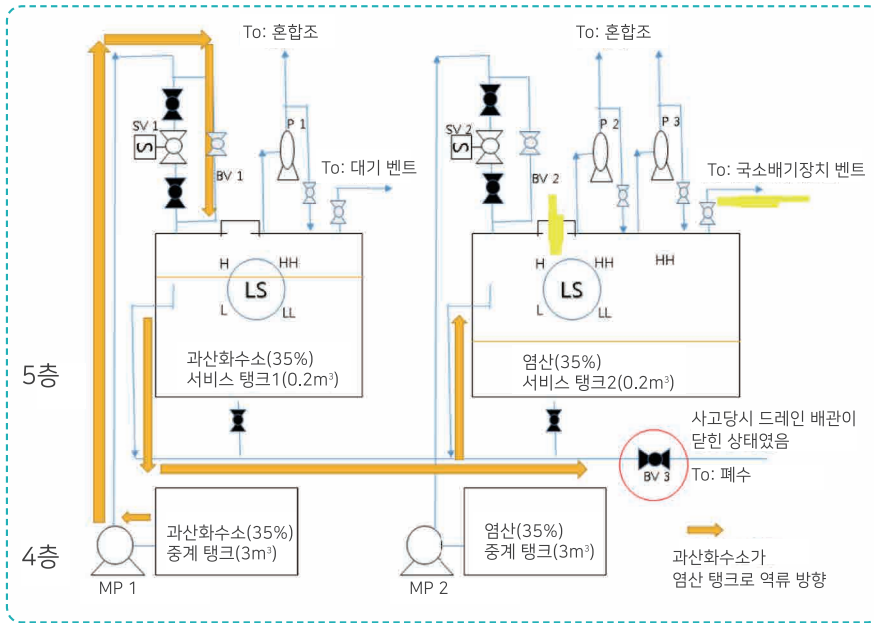
[사례 1] 염산탱크에 과산화수소 유입으로 인한 염소가스 발생사고

재해개요

00년 0월 00일 XX시 소재 (주)OO 외층회로 형성공정의 35% 과산화수소 탱크에서 월류(Overflow)된 과산화수소가 35 % 염산 탱크로 유입되어 물질 혼합에 따른 반응 및 염소가스 발생으로 근로자 34명이 현장에서 대피한 사고



[사고발생 염산 및 과산화수소 탱크]



[사고 시 염산탱크로 과산화수소 유입 흐름도]

재해발생 원인

▶ 물질 신규 취급에 따른 위험성평가 미실시

» 과산화수소는 반응성이 큰 물질이므로 신규 취급 시 물질에 대한 위험성평가가 실시 되어야 하지만, 위험성평가가 실시되지 않아 공정안전에 필요한 조치가 이루어지지 않았다.

▶ 드레인 배관의 관리 결함

» 탱크의 월류용 드레인 배관에 설치된 차단밸브는 유지보수를 제외하고는 항상 개방된 상태로 유지되어야 하지만, 차단밸브가 잠김 상태로 운전되어 월류된 과산화수소가 폐수처리장으로 배출되지 못하고 과산화수소보다 상대적으로 낮은 수위의 염산 탱크 월류관을 통해 유입되었다.

▶ 작업자 교육 미흡 및 도급 관리 문제

» 도급사 근로자에게 공정운전방법, 물질 변경에 따른 반응성, 위험성 등을 정기적으로 교육하여야 한다. 그러나 사고공정에 대한 작업자의 이해가 부족하였고, 잦은 도급인원 교체가 있었다.

▶ 설계상의 결함

» 액위센서 고수위 알람 시 미흡한 경보와 중계 탱크의 펌프가 정지되지 않았으며, 월류 및 드레인 배관에 체크밸브 등이 미설치 되어 월류 배관을 통해 역류가 가능하도록 설계되었다.

재해예방 대책

▶ 취급 물질 변경 시 위험성평가 실시

» 기존의 염화철과 염산의 월류 드레인 배관은 상호반응성이 없는 물질의 취급으로 문제가 없지만, 염화철 탱크에서 과산화수소 탱크로의 변경은 취급 물질의 변경에 해당되므로 사전 위험성평가를 통해 공정안전을 위한 조치를 실시하여야 한다.

▶ 위험성평가를 통한 설계 변경

» 과산화수소와 염산은 상호 반응으로 급성독성물질인 염소가스가 반응부산물로 발생하므로 드레인 배관은 상호 분리하여야 하며, 월류용 드레인 배관의 차단밸브는 항상 열림 상태로 유지되어야 한다.

▶ 작업자 교육 및 도급 관리 강화

» 도급자 근로자에게 안전교육을 강화하여 작업자가 해당 공정을 완벽히 숙지하고 작업을 수행할 수 있도록 하여야 한다.

▶ 공정 설계 시 안정성 확보

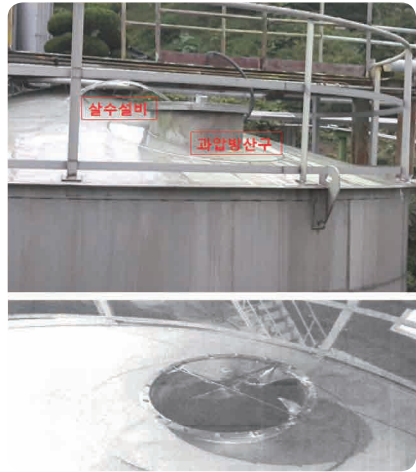
» 액위센서 등에 따른 경보가 현장을 포함한 제어실에 지시되도록 하고, 제한 수위를 결정하여 펌프가 정지될 수 있도록 설비에 인터록을 구성하는 것이 바람직하다. 또한 물질의 반응으로 인해 인체 또는 설비에 영향을 미칠 가능성이 있는 경우, 물질의 접촉이 발생되지 않도록 체크밸브 설치 또는 설비 이동을 고려해야 한다.

누출

[사례 2] 폐산 저장탱크 과압방산구 파열에 따른 누출사고

재해개요

00년 0월 00일 XX시 소재 (주)OO에서 니트로셀룰로오스 폐산 저장 탱크의 내부 온도 상승으로 탱크 상부의 기상물질이 과압방산구를 통하여 대기 중으로 배출된 사고



[사고발생 탱크, 탱크 상단부 및 파열된 과압방산구]



[사고 발생 시 증기누출]

재해발생 원인

▶ 폐산저장탱크 살수조치 미실시

» 내부적으로 30 °C 이상에서는 탱크상부에 설치된 살수설비를 작동시켜 냉각하도록 관리하고 있다. 그러나 탱크온도가 아닌 외부기온을 기준으로 가동여부를 결정함으로써, 실제로 탱크가 고온이 되었지만 살수설비를 가동하지 않았다.

▶ 니트로셀룰로오스 잔유물 유입

» 니트로셀룰로오스가 폐산저장탱크에 유입되어 산화·분해반응을 하고 반응열을 발생시켜 탱크 내부유체 온도상승 및 부피팽창으로 인한 과압이 형성되었다.

▶ 폐산탱크 내부유체 순환조치 미실시

» 니트로셀룰로오스가 폐산저장탱크에 유입될 경우 탱크내부에 불균일하게 분포하여 산화·분해반응 시 국부과열에 의한 과압 형성의 우려가 있다. 따라서 내부유체를 순환시켜 니트로셀룰로오스 입자를 균일하게 확산시켜야하나 실시하지 않았다.

재해예방 대책

▶ 폐산저장탱크 살수설비 개선

» 탱크의 온도를 직접 측정할 수 있도록 온도측정 방법을 개선하고 살수설비와 연동설비를 설치하여 자동으로 살수설비가 작동하도록 개선하여야 한다.

▶ 폐산 여과공정 개선

» 폐산저장탱크에 유입되는 니트로셀룰로오스는 반응열 발생에 주요한 인자이므로 여과기의 거름망의 눈(Mesh)을 개선하거나 여과기를 추가로 설치하는 등 가급적 많은 니트로셀룰로오스를 여과하여 제거할 수 있도록 설비를 개선하여야 한다.

▶ 탱크 저장유체 주기적인 순환 실시

» 폐산저장탱크 내부의 온도, 불균일한 불순물에 의한 이상반응 및 과압 형성을 방지하기 위해 주기적으로 내부유체 순환을 실시하여야 한다. 또한, 순환주기·시간·방법 등을 탱크설비 운전절차서에 구체적으로 반영하여야 한다.

누출

[사례 3] 배관 연결부 균열로 인한
사염화규소 누출사고

재해개요

00년 0월 00일 00(주) 폴리실리콘 제조공정 사염화규소 회수탑 배관의 1/2인치 노즐에 설치된 2인치 볼밸브 접속 니플(Nipple)에서 균열이 발생하여 사염화규소 혼합물이 누출된 사고



[사고 발생 회수탑 배관 노즐]



[볼밸브 니플(Nipple)]



[1/2인치 노즐 나사산 균열부위]

재해발생 원인

▶ 배관 연결부(Nipple)의 피로파괴로 인한 누출

» 배관 내부를 흐르는 유체의 고형물 성분으로 인해 반복적으로 진동이 가해진 것은 물론 소구경 노즐에 부착된 과도한 크기의 볼밸브가 별도의 지지대가 없이 지탱되고 있었던 설비적인 문제점이 있었다. 이로 인해 니플 나사산 연결부에 밸브의 하중과 배관의 진동이 반복적이고 과도한 응력으로 작용하였다.

▶ 관 부품 설비이력관리 미흡

» 사고가 발생한 배관 내 노즐, 니플 및 밸브 등은 설비관리의 사각지대로 주기적인 검사가 진행되지 않았다. 또한, 대량으로 구매된 자재에 대한 입고 검사기준이 명확하게 반영되어 있지 않으며, 최소 요구두께에 근거한 설비 교체 등 정량적인 기준이 불명확하게 반영되어 있다.

재해예방 대책

▶ 밸브 연결부 접속방법 개선

» 나사산 연결부의 경우 반복적인 진동조건에 취약함에 따라 상대적으로 피로강도 측면에서 양호한 용접 연결방법으로 변경하는 것이 바람직하다.

▶ 볼밸브 및 노즐 크기 변경

» 볼밸브 크기를 2인치에서 1인치로 변경하고, 밸브 하부 1/2인치 노즐을 3/4인치로 변경하여야 한다.

▶ 설비 구매 및 검사체계 개선을 위한 절차서 보완

» 배관 부품과 같은 대량 구매자재의 경우 구매 후 입고 시 전수검사 실시, 장치 및 배관 설비 두께측정을 실시하여 잔여두께가 최소 요구두께에 미달하는 경우 교체하는 정량적 설비 교체기준을 절차서에 반영하여야 한다.

▶ 배관 부품(노즐, 니플, 밸브 등)의 검사 강화

» 진동 발생 등 상대적으로 결함 발생 위험도가 높은 설비 부품의 경우 전수조사 후 목록화하여 관리하고 등급을 부여하여 등급별 차등관리를 실시하여야 한다.

누출 [사례 4] 염소 이송 작업 중 누출사고

재해개요

00년 0월 00일 XX시 소재 OO(주) 염소 하역장에서 염소 하역 작업 중 질소 퍼지를 위해 설치된 플렉시블 호스 일부가 파손되어 염소가스 누출로 인해 근로자 3명 및 인근지역 근로자 25명이 호흡계통에 불편함을 느껴 병원 진료를 받는 사고



[사고가 발생한 염소하역장]



[손상된 플렉시블 호스 구성품]

재해발생 원인

- ▶ 설계도면과 현장설비의 불일치
 - » 최초 설계와 달리 퍼지 배관 입구 차단밸브 미설치로 염소가 플렉시블 호스에 체류된 상태로 운전되었고, 이것이 플렉시블 호스가 파손된 원인으로 작용하였다.
- ▶ 플렉시블 호스 변경으로 인한 내압성능 저하
 - » 충분한 설계검토 없이 염소 하역시간 단축을 위해 두께는 같고 내경만 큰 플렉시블 호스로 변경하여 호스 내면 불소수지 튜브의 최고사용압력이 감소하였다. 또한 염소 침투로 호스 외면 브레이드가 부식되면서 호스의 내압성능을 유지하지 못하게 되고 호스 내면 불소수지 튜브 단독으로 운전압력을 견디다 파열되었다.
- ▶ 플렉시블 호스 재질 선정의 오류
 - » 플렉시블 호스 내면의 불소수지 튜브로 염소가 침투할 수 있으며, 외기로 침투된 염소가 대기 중의 수분과 반응하여 염화수소를 생성시켜 생성된 HOCl 및 HCl로 스테인리스 재질의 호스 외면 브레이드가 부식되면서 내압성능을 잃게 되고 플렉시블 호스가 파열되어 염소가 누출되었다.

재해예방 대책

▶ 설계도면과 일치하도록 현장설비 설치

» 설계도면에 표현된 설비 및 계기 등은 빠짐없이 현장에 설치되어야 하며, 도면과 현장이 일치되도록 지속적으로 관리되어야 한다.

▶ 염소에 적합한 호스 재질 선정

» 염소용 플렉시블 호스는 염소에 대한 내화학성을 가지는 PVDF(Poly Vinylidene Fluoride) 또는 Hastelloy C-276등을 사용하여야 하며, 외부의 충격으로부터 호스를 보호하기 위해 Spiral Guard로 에워싸는 구조의 호스를 사용하여야 한다.

▶ 독성가스 누출 시 피해 최소화 대책 강화

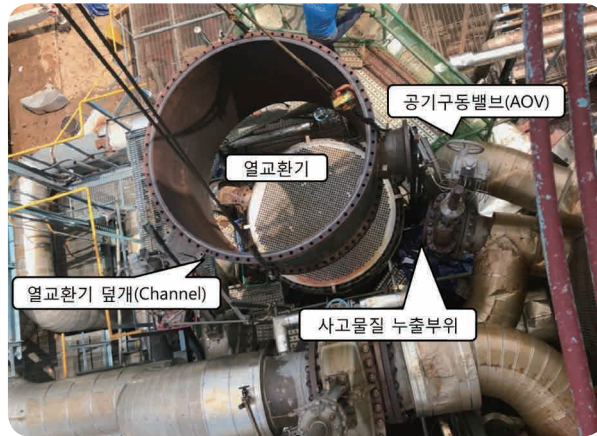
» 염소 하역설비 긴급차단밸브를 플렉시블 호스에 최대한 근접하게 설치하고 하역장 출입구 등에 수막설비를 설치하여 사고 발생 시 누출량을 최소화하여야 한다. 또한 사업장 외곽 지역에도 염소가스 감지기 및 경보장치를 추가로 설치하여 신속한 대피 및 비상대응이 가능하도록 조치하여야 한다.

누출

[사례 5] 공기구동밸브 오조작으로 인한 인화성가스 누출사고

재해개요

00년 0월 00일 XX시 00(주) 1,3-부타디엔 공장에서 열교환기 세척 후 크레인으로 열교환기 덮개를 설치하던 중 증류탑의 공기구동밸브 조작기 오조작으로 밸브가 열려 증류탑 내부의 인화성가스 및 추출용매가 누출된 사고



[사고 발생 설비]



[사고 발생 공기구동밸브 조작부]

재해발생 원인

▶ 공기구동밸브 작동원 차단 미실시

» 구동밸브를 닫은 후 오조작으로 인해 구동밸브가 불시에 열려 위험물이 누출되지 않도록 작동원인 공기의 공급 밸브를 차단하여야 하나 이를 실시하지 못했다.

▶ 공기구동밸브 조작절차 미준수

» 조작절차서에 구동밸브 조작 후 반드시 클러치를 수동으로 전환하도록 되어 있으며, 수동이 선택되기 위해서는 안전핀이 결속되어야 하나 안전핀 결속 여부를 확인하지 않았다.

▶ 작업발판의 미흡한 설치

» 열교환기 덮개와 본체의 연결부 일치 확인 작업 중 작업자가 반대편을 보려고 배관 위로 올라가기 위해 공기구동밸브 조작스위치를 잡고 일어서다 스위치를 Open 방향으로 동작시켜 사고가 발생하였다.

재해예방 대책

▶ 공기구동밸브 작동원 차단

» 공기 등의 작동원에 의해 조작되는 밸브는 조작 후 불시 작동을 방지하기 위해 반드시 작동원을 차단하고, 위험고리표를 부착하여 다른 작업자의 오조작을 방지하여야 한다.

▶ 공기구동밸브 조작 절차 준수

» 수동 선택 시 안전핀 결속 여부를 확인하도록 절차서에 추가하고, 절차서 내용이 현장에서 준수되어야 한다.

▶ 정비작업에 적합하도록 작업발판 설치

» 정비작업 시 작업에 필요한 작업자의 이동 경로, 장애물 간섭 등을 고려한 작업발판을 설치하여 작업자가 현장 조작스위치 등을 잡고 이동하는 경우가 발생하지 않도록 조치하여야 한다.

누출 [사례 6] 필터 세정작업 중 염화메틸렌 누출사고

재해개요

00년 0월 00일 00(주) 내 광학필름 제조공정에서 필터 세정작업 중 용제저장탱크 상부의 벤트 배관의 플랜지 부위로 용제(염화메틸렌)가 누출되어, 근로자 5명이 누출된 염화메틸렌 증기에 중독 및 화상을 입은 사고



[누출사고가 발생한 벤트 배관 플랜지]

재해발생 원인

- ▶ 저장탱크 액위관리 미흡
 - » 용제저장탱크는 탱크의 고액위를 감지하여 펌프 가동 중단, 밸브 차단 등의 동작을 위한 인터록 장치가 구성되어 있지 않아 누출을 차단할 수 없었다.
- ▶ 배관접합부 누출방지조치 미흡
 - » 용제저장탱크 상부 노즐과 흡착탑으로 연결되는 벤트 배관의 플랜지 접합부 볼트 체결 부위가 완벽히 조여지지 않아 내부 내용물인 염화메틸렌 용제가 누출되었다.
- ▶ 부적절한 호흡용 보호구 착용
 - » 작업자가 염화메틸렌의 증기에 적합하지 않은 호흡용 보호구인 방진마스크를 착용하여 화학물질에 노출되어 중독되었다.
- ▶ 비상대피로 확보 미흡
 - » 염화메틸렌 누출 시 신속히 대피하기 위한 비상대피로가 확보되지 않아, 염화메틸렌이 누출된 장소를 통해 대피함으로써 고농도의 염화메틸렌 증기에 노출되어 피해가 커졌다.

재해예방 대책

▶ 저장탱크 액위 관리시스템 개선

» 저장탱크는 설계용량 대비 충분한 여유율을 고려하여 정상운전 시의 레벨을 설정하고, 각 저장탱크 별로 고액위를 감지할 수 있는 액위전송기를 설치하고 설정치 도달 시, 용제 이송펌프, 용제 공급·회수배관상의 차단밸브와 연동하여 탱크 내부로의 용제 유입을 차단할 수 있도록 관련 인터록 시스템을 구성해야 한다.

▶ 화학설비 또는 그 배관의 접합부 누출방지 조치

» 누출 시 화학물질 중독, 화재·폭발 등의 피해가 우려되는 화학물질을 취급하는 설비 또는 그 배관의 플랜지 등의 접합부는 누출이 발생하지 않도록 접합부의 볼트를 완벽히 체결하고 적합한 재질, 내구성을 지닌 개스킷을 사용하여 접합면을 밀착시켜야 하며 주기적인 설비점검을 실시하여야 한다.

▶ 적합한 호흡용 보호구 착용

» 용제 취급 또는 사용 작업 시, 염화메틸렌 증기에 의한 중독을 방지하기 위해 방독 마스크를 착용하는 등 적합한 호흡용 보호구를 착용해야 하며, 사고 발생 시, 구조작업을 하기 위해 사고 현장에 들어가는 구조자는 자급식 공기호흡기(SCBA)를 착용한 채 구조 활동을 하여야 한다.

▶ 비상대피로 확보

» 사고 발생 시 작업자가 신속히 대피하기 위하여 출입구 이외에 안전한 장소로 대피할 수 있는 1개 이상의 비상대피로를 확보하여야 한다.



온라인 설문조사
[의견 채택 시 사은품 증정]

안전은 권리입니다



HOT PLACE

요즘 핫한 안전보건 콘텐츠
여기서 모두 만나보세요!



VR 전용관

VR 전용관에서 안전보건교육을!
사업장 내 잠재된 위험요소 및
안전대책을 직접 찾아보세요

360vr.kosha.or.kr



현장배송 서비스

인터넷이나 모바일로 신청하면 끝!
우리 사업장에 필요한 안전보건
콘텐츠를 택배로 받아보세요

media.kosha.or.kr



안전보건자료실

동영상, 리플릿, 교재, 포스터, 스티커 등
사업장에 필요한 안전보건 콘텐츠가
여기에 다 있습니다

www.kosha.or.kr



월간 안전보건

산업재해 예방을 위해
유익한 안전보건정보의 길라잡이,
월간 안전보건을 만나보세요

webzine.kosha.or.kr



예비산업인력을 위한

안전보건 나침반

발행일 | 2021년 9월

발행인 | 박두용

발행처 | 한국산업안전보건공단 교육혁신실

T E L | (052)703-0426

F A X | (052)703-0322

※ 공단의 승인 없이 무단 복제를 금합니다. [비매품]

회공

예비산업인력을 위한

안전보건 나침반



2021 안전보건 교재
온라인 설문조사 바로가기

산업재해예방
안전보건공단



울산광역시 중구 종가로 400 (성안동)
고객만족센터 Tel. 052-703-0500 / 1644-4544