

안전은
권리입니다

냉동·물류창고 화재사고예방 매뉴얼

2022. 01



안전은 권리입니다

냉동·물류창고 화재사고예방 매뉴얼

2022. 01



산업재해예방

안전보건공단



Contents

I

냉동·물류창고 개요

- 1. 물류창고의 특성 및 운영현황 3
- 2. 재해현황 및 특징 5

II

시공·운영단계별 위험유형

- 1. 시공단계에서의 위험유형 13
- 2. 운영단계에서의 위험유형 18

III

화재·폭발의 이해

- 1. 화재·폭발의 발생 메커니즘 및 발생형태 25
- 2. 화재위험작업시 고려사항 26

IV

화재 위험관리방안

- 1. 화재위험작업 안전관리 29
- 2. 화재위험작업 추진절차 32
- 3. 화재감시자 운영 35
- 4. 용접·용단작업 38
- 5. 우레탄폼 작업 42

[별 첨]

- 화재·폭발 관련 주요 법령 47
- 화재위험작업 허가서&도급사업시
화재위험작업 허가절차(예시) 49
- 화재감시자 관련 해외 규정(OSHA) 51



I

냉동·물류창고 개요

1. 물류창고의 특성 및 운영현황	3
2. 재해현황 및 특징	5

I

냉동·물류창고 개요

1 물류창고의 특성 및 운영현황

1. 특성

- (정의) 물류란 물적유통(物的流通, physical distribution)을 줄인 말로 생산자로부터 소비자까지의 물자의 흐름을 가리키며, 장소와 시간의 효율을 창출하는 부분으로 정의
 - 생산된 상품을 수송·하역·보관·포장하는 과정과 유통가공이나 수송기초시설 등 물자유통 과정을 모두 포함하며 통신 및 정보망 등 정보유통 개념도 포함
- (특성) 도로교통의 발달, 대형 할인점, 홈쇼핑 등과 같은 대규모 유통업체의 등장, 택배업의 활성화 등으로 인하여 전통적인 도매업의 입지가 줄어들면서 물류창고의 역할 증대
 - 물류창고들은 효율적인 물류활동을 위하여 점점 대형화되고, 다양한 부가 가치 활동을 이루어지게 함에 따라 시설의 규모, 취급물동량, 소요인원도 증가하는 추세
 - ※ 2020년 산업재해보상보험에 가입된 창고업 근로자수는 34,979명이며, 이중 사고재해자수는 124명, 사고 사망자수는 1명으로 집계됨(사고재해율은 0.35%으로 전체 산업 평균 사고재해율(0.49%)보다 낮은 수준)
- (분류) 물류창고는 취급상품의 종류에 따라 상온, 냉동·냉장, 위험물 창고로 분류할 수 있으나, 상호간 작업공정은 매우 유사
 - 최근 물류창고는 유통가공, 분류·재포장 등 기존의 제조공장 기능을 포함하고, 사무 및 판매공간을 포함하는 준오피스 공간으로 진화하는 등 기능과 외관의 변화를 토대로 물류 센터에 대한 인식이 생활의 영위를 위한 중요시설로 변화하는 추세

2. 운영현황

- 물류창고업은 1970년 '창고업법' 제정시 허가제로 출발, 1991년 등록제로 변경된 후 2000년 규제완화로 등록제가 폐지

- 이후 난개발과 영세창고업체 난립에 따른 서비스 저하 및 관리 소홀 등 문제로 물류창고업 실태평가 및 체계적인 지원을 위한 ‘물류창고업 등록제’*가 도입(2011년)
 - * 등록대상 : 바닥면적 합계 1,000㎡ 이상인 보관시설 또는 전체 면적의 합계 4,500㎡ 이상인 보관 장소에서 물류창고업을 경영하는 물류창고업자
- 2020년 8월 기준 물류시설법에 의거한 물류창고업 등록 창고수는 총 2,825개소로 그 중 지역별 창고수를 살펴보면 경기도에 998개로 가장 많은 수가 위치하고 있음
 - 창고유형별로는 일반창고가 2,042개로 그 비율이 가장 높았고, 냉동·냉장창고가 484개, 보관 장소는 299개로 나타남
- 타 법률에 의하여 운영되는 창고들 또한 전국에 2,351개 존재하며, 역시 경기도(689개)에 가장 많은 수가 위치하고 있음
 - 관세법에 의한 보세창고가 602개로 가장 많고 식품위생법에 의한 냉동·냉장창고 530개, 축산물위생법에 의한 축산물보관창고가 519개, 식품산업진흥법에 의한 냉동·냉장창고가 326개로 나타남
 - 관세법에 의한 보세창고가 많은 곳은 경기도와 인천광역시, 부산광역시 순으로 위치
 - 식품산업진흥법에 의한 냉동·냉장창고의 경우 부산광역시(109개)에 가장 많이 분포

2 재해현황 및 특징

1. 사고사망 발생현황(산재통계 기준)

- 최근 5년(16~20년)간 물류창고에서 발생한 사고재해자는 823명(사고재해율 0.39%)으로, 전체 산업의 사고재해율(0.47%) 대비 낮은 수준

구 분		근로자수	사고재해자수	사고재해율	사고사망자수	사고사망만인률
2016년	전체산업	18,431,716	82,780	0.45	969	0.53
	물류창고	43,613	157	0.36	1	0.23
2017년	전체산업	18,560,142	80,665	0.43	964	0.52
	물류창고	43,859	152	0.35	2	0.46
2018년	전체산업	19,073,438	90,832	0.48	971	0.51
	물류창고	44,317	204	0.46	1	0.23
2019년	전체산업	18,725,160	94,047	0.50	855	0.46
	물류창고	41,916	186	0.44	2	0.48
2020년	전체산업	18,974,513	92,383	0.49	882	0.46
	물류창고	34,979	124	0.35	1	0.29

- (총괄) '20년 기준으로 전체 사업장 3,131개소(근로자수 34,979명)에서 사고재해자 124명, 사고사망자 1명 발생

- (규모별) 사고재해자는 5인 미만이 25명(0.87%)으로 50인 미만 규모군 중 재해발생율이 가장 높음

구 분	계	5인 미만	5인~9인	10인~19인	20인~29인	30인~49인	50인 이상
사업장수	3,131	1,848	448	392	165	146	132
근로자수	34,979	2,864	2,932	5,261	3,910	5,536	14,476
사고재해자수	124	25	14	20	14	14	37
사고사망자수	1	-	-	-	1	-	-

- (발생형태별) 물체 등에 부딪힘 34명, 높은 장소에서 떨어짐 23명, 설비, 기계 등에 끼임 21명, 계단, 바닥 등에서 넘어짐 18명 순으로 발생

구분	계	넘어짐	떨어짐	부딪힘	끼임	맞음	그 밖의 사고
사고재해자수	124	34	23	21	18	8	20
사고사망자수	1	0	0	0	0	0	1

2. 화재 발생현황

【국가통계포털 기준】

- '16년~'20년 간 발생한 화재사고는 총 208,691건이며, 이 중 7,227건이 물류창고에서 발생 (점유율은 '16년 2.8%에서 증가 추세)
 - 사망자는 '16년에 미발생을 제외하고 매년 2~4명 발생하다 '20년 급증*
 - * '16년(0명) → '17년(2명) → '18년(3명) → '19년(4명) → '20년(46명)
 - 부상자는 '17~'19년까지 매년 30여명 가량 발생하다 '20년 급증*
 - * '16년(26명) → '17년(39명) → '18년(33명) → '19년(39명) → '20년(66명)
 - 재산피해액은 5년 평균 화재건수 점유율 3.5% 대비 12.1%로 매우 높게 나타나고 있음
 - ※ 물류창고 시설의 대형화, 첨단화로 인하여 사고 발생 시 큰 피해액 야기

【최근 5년간 물류창고 화재발생 현황】

구분		화재건수(건)	사망자수(명)	부상자수(명)	재산피해액(억원)
계	전체	208,691	1,670	9,942	29,461
	물류창고(점유율, %)	7,227(3.5)	25(1.5)	203(2.0)	3,560(12.1)
2016년	전체	43,413	306	1,718	4,206
	물류창고(점유율, %)	1,233(2.8)	0(-)	26(1.5)	468(11.1)
2017년	전체	44,178	345	1,852	5,069
	물류창고(점유율, %)	1,696(3.8)	2(0.6)	39(2.1)	601(11.9)
2018년	전체	42,338	369	2,225	5,597
	물류창고(점유율, %)	1,490(3.5)	3(0.8)	33(1.5)	619(11.1)
2019년	전체	40,103	285	2,230	8,585
	물류창고(점유율, %)	1,392(3.5)	4(1.4)	39(1.7)	1,366(15.9)
2020년	전체	38,659	365	1,917	6,004
	물류창고(점유율, %)	1,416(3.7)	46(12.6)	66(3.4)	506(8.4)

【산업재해통계 기준】

● '16년~'20년 간 발생한 화재·폭발사고(건설업)

(단위 : 명)

구분	계	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
계	701	170	108	162	111	150
사망자	95	15	14	13	11	42
부상자	606	155	94	149	100	108

● 재해발생 기인물(착화물) 및 공사종류별 사망자 현황

(단위 : 명)

재해발생 기인물(착화물)			사망자수	비율(%)	공사종류별			사망자수	비율(%)
계			95	100.0	계	95	100.0		
우레탄 단열재			38	40.0	공장창고	46	48.4		
인화성가스			21	22.1	주거 상업 겸용	19	20.0		
인화성 물질	드럼·용기 등		13	13.7	토목 기타	6	6.3		
	부주의		8	8.4	단독 다세대	6	6.3		
원일 불상			7	7.4	철도	5	5.3		
전기스파크			4	4.2	아파트	2	2.1		
기타 발열재			4	4.2	기타	11	11.6		

- 착화물은 우레탄 판넬류(40.0%), 인화성가스(22.1%), 재해발생 공사종류는 공장창고(48.4%), 주거 상업 겸용(20.0%) 순으로 나타남
- 단위 공종별로는 용접·용단작업(43.2%), 절단작업(7.4%) 순으로 나타남

3. 화재·폭발 대형사고 사례



부산 냉동창고 신축공사 화재
(‘98.10.29 사망 27, 부상 16)



이천 물류 냉동창고 신축공사 화재
(‘08.1.7 사망 40, 부상 10)



서울 종로 미술관 신축공사 화재
(‘12.8.13 사망 4, 부상 9)



폐수 환경설비 구축공사 중 폭발
(‘15.7.3 사망 6, 부상 1)



복선전철 교량 하부보강 중 LPG폭발
(‘16.6.1 사망 4, 부상 10)



상가매장 복구공사 중 화재
(‘17.2.4 사망 4, 부상 47)



세종 주상복합 신축공사 중 화재
(‘18.6.26 사망 3, 부상 37)



이천 물류센터 신축공사 중 화재
(‘20.4.29 사망 38, 부상 10)

4. 기인물질별 화재·폭발사고 사례

● 우레탄폼 단열재 착화



● 유증기 착화 사례



● 기타 발화재 착화 사례





II

시공·운영단계별 위험유형

- | | |
|-----------------|----|
| 1. 시공단계에서의 위험유형 | 13 |
| 2. 운영단계에서의 위험유형 | 18 |

II 시공·운영단계별 위험유형

1 시공단계에서의 위험유형

1. 특성

- (추락·붕괴) 내부에 물건을 최대한으로 유효하게 적재하는 것이 중요
 - 1.5m의 파렛트를 3단 적치하려면 층고가 6m 정도 요구되며, 그에 따른 시공 시 추락, 붕괴 등 안전사고에 대비하여야 함
- (충돌·협착) 냉동·냉장창고의 경우 기능상 무거운 파렛트와 이를 운반하는 지게차의 운행이 빈번(내마모성 바닥마감재 요구)
 - 마모에 의한 분진 등 발생 방지를 위한 하드너 계통의 마감재가 널리 통용으로 탈락현상이 없도록 알맞은 자재선정, 철저한 시공관리 필요
- (혼재 작업) 방열·방습공사는 가장 중요한 공사 중 하나로, 공사량 측면에서도 마감공사의 대부분을 차지, 작업 혼재로 위험 다수
 - 방열·방습자재 대부분이 가연성물질이므로 화기작업(용접·용접 등)과 혼재작업 조정 등 공정 단계에서부터 철저한 화재예방관리 필요
 - 특히, 냉동창고의 경우 창문이 없어 일반건물에 비하여 건물 내부가 전체적으로 어두운 작업환경 조성, 화재 시 피난 어려움
 - ※ 공사과정에서 충분한 가설 조명시설 필요, 화재예방시설 및 교육이 철저히 요구
- (화재 취약) 냉동창고는 방열을 위한 단열재가 많이 소요, 이로 인한 공사 중 화재위험성이 높음(자칫 대형사고로 확대 위험)
 - 난연재 선정, 공사 중 용접이나 산소절단기 사용, 전기공구, 페인트 등의 유기용제, 우레탄 발포기계 등 사용 시 철저한 관리 필요
 - 피난시설, 화재경보장치 설치·점검 등 유사시 대비한 철저한 관리와 교육·훈련 등으로 화재위험에 대비하는 노력 요구

2. 공사단계 별 주요공종(작업)

구분	주요 공종	주요 작업
① 굴착공사	토공사	터파기(굴착작업) 및 흙막이지보공 작업
↓		
② 가설공사	가설공사	비계 조립작업 양중기 설치작업
↓		
③ 구조물공사	RC공사 PC공사 철골공사	철근조립, 거푸집동바리 작업, 콘크리트 타설작업 PC 조립작업 지붕 등 철골 조립작업
↓		
④ 설비공사	기계설비공사 전기설비공사	기계설비 및 소방공사 전기설비, 엘리베이터 설치작업
↓		
⑤ 마감공사	내·외부 마감공사 냉동 기계설비 및 단열공사	내부 및 외부 판넬 설치작업 우레탄폼 등 단열작업

3. 주요 공종 별 작업내용

- 터파기(굴착) 작업 및 흙막이지보공 작업
 - 건축물 구축을 위하여 굴삭기 등의 기계 및 장비를 사용해 지반을 굴착, 토사 붕괴 방지를 위한 흙막이 벽체(지보공) 설치
- 비계 조립작업
 - 건축물 외벽 및 옥탑 구간 구조물 작업, 마감작업 진행 시 작업공간 확보를 위해 구조물 작업에 선행하여 비계구조물(강관·시스템비계) 조립
- 양중기 설치작업
 - 철근 등 자재, 구조물 부재, 중량 공구 등의 인양·운반용 타워크레인, 이동식크레인 및 층간 근로자 이동 및 자재운반용 리프트 등 설치
- 철근콘크리트 구조물 작업
 - 철근콘크리트(RC) 구조물 공사를 위한 철근 조립작업, 거푸집 및 동바리 설치작업, 콘크리트 타설 등
- PC 조립작업
 - 공장에서 제조된 보, 기둥, 슬래브 등의 콘크리트(Precast Concrete)를 공사현장에 운반, 양중장비를 이용해 현장에서 조립
- 철골 조립작업
 - 공장에서 제작한 철골을 현장으로 운반하여 조립
 - ※ 물류센터의 경우 지상층은 PC 구조물, 지붕층은 철골(SRC) 구조물로 시공
- 기계설비 및 소방공사
 - 냉·난방 설비, 위생설비 및 소방설비 등 설치
- 우레탄 폼 등 단열재 작업
 - 폴리우레탄폼(우레탄폼), 유리섬유, 발포폴리스타이렌(스티로폼), 단열 모르타르 등의 각종 단열재를 바닥·벽·천장·지붕 등에 시공(열손실 방지 목적, 작업 중 화재위험이 높음)

4. 작업별 주요 유해·위험요인

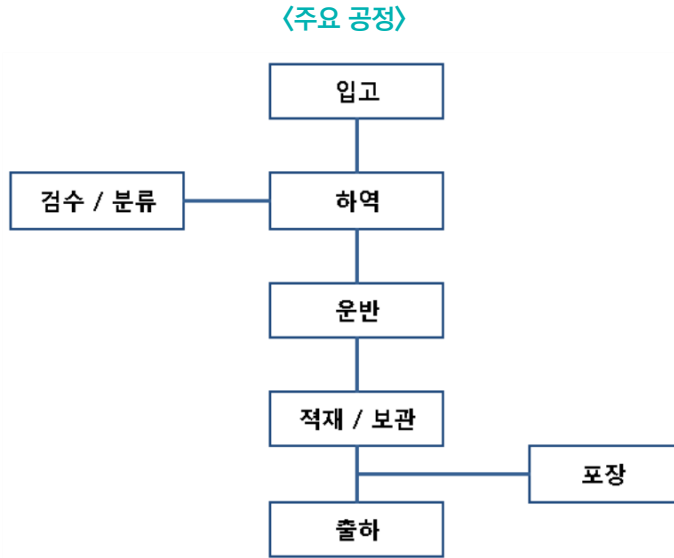
주요 공정	수행작업	주요 유해·위험요인
토공사	터파기(굴착) 작업 	<ul style="list-style-type: none"> 굴삭기 운전원 운전미숙에 의한 장비 전도 또는 작업자 충돌 과 굴착에 의한 법면 붕괴 굴삭기 운행 중 후면부에 작업자 충돌 배수시설 불량에 의한 침수
	흙막이지보공 작업 	<ul style="list-style-type: none"> 흙막이지보공 조립작업 중 추락 흙막이지보공 조립도 미준수로 흙막이 지보공 붕괴 부재 인양작업 중 부재 낙하 부재 용접작업 중 감전
가설 공사	비계 조립작업 	<ul style="list-style-type: none"> 비계 상부에서 작업 중 추락 비계 조립작업 중 작업자 추락 및 자재 낙하 비계구조물 벽이음 불량으로 비계 구조물 도괴(붕괴)
	양중기 설치작업 	<ul style="list-style-type: none"> 타워크레인 설치·상승·해체작업 중 붕괴 태풍이나 강풍으로 타워크레인 붕괴 타워크레인 상호 간섭에 의한 충돌 이동식크레인 작업 중 전도 불량 와이어로프 사용으로 인양물 낙하
구조물 공사	철근조립작업 	<ul style="list-style-type: none"> 이동식비계위 작업 중 발판에서 추락 조립한 벽체, 기둥철근의 전도 철근조립작업 시 인접개구부로 추락 철근 가공작업 시 감전
	거푸집동바리 작업 	<ul style="list-style-type: none"> 거푸집 설치작업 중 추락 거푸집동바리 구조경도 미실시 및 조립도 미준수로 콘크리트 타설 중 붕괴 거푸집동바리 자재인양 중 자재 낙하
	콘크리트 타설작업 	<ul style="list-style-type: none"> 레이콘 운반차량에 작업자 충돌 콘크리트펌프카 아웃트리거 설치 미흡으로 장비 전도 콘크리트펌프카 붐 설치, 회전작업 시 고압선에 감전 콘크리트 타설작업 중 거푸집동바리 붕괴

II. 시공·운영단계별 위험유형

주요 공정	수행작업	주요 유해·위험요인
구조물 공사	PC 조립작업 	<ul style="list-style-type: none"> · PC 조립작업 중 작업자 추락 · PC 부재 인양 중 부재의 낙하 · PC 기둥 및 보부재의 전도 · PC 조립기준 및 순서 미준수로 PC 구조물 붕괴
	철골조립작업 	<ul style="list-style-type: none"> · 철골 조립작업 중 부재에서 추락 · 철골부재 인양 중 로프 파단으로 인양부재 낙하 · 작업순서 미준수로 도괴·붕괴 · 철골부재 양중장비 전도
설비 공사	기계설비 및 소방공사 	<ul style="list-style-type: none"> · 이동식비계, 사다리에서 작업 중 추락 · 배관 등 용접작업 중 화재·폭발 · 우레탄폼과 인접하여 용접작업 중 화재 · 작업 중 인접 개구부로 추락
	전기설비, 엘리베이터 설치작업 	<ul style="list-style-type: none"> · 이동식사다리에서 작업 중 추락 · E/V 피트 내부 작업발판에서 작업 중 추락 · E/V 작업용 임시작업대에서 추락
마감 공사	내·외부 패널 설치작업 	<ul style="list-style-type: none"> · 외벽 고소작업대 작업 중 작업자 추락 및 장비 전도 · 자재인양 중 이동식크레인 붐대 파단 등 자재 낙하 · 인양작업대 과다적재로 작업대 붕괴
	우레탄폼 등 단열작업 	<ul style="list-style-type: none"> · 우레탄폼 작업 중 화재·폭발 · 밀폐공간에서 유기용제 취급 시 환기 불량에 따른 질식 · 고소작업대에서 우레탄폼 작업 중 추락 · 유기용제 사용에 따른 피부 및 호흡기 질환 발생

2 운영단계에서의 위험유형

1. 물류작업 주요 공정 별 작업내용



- (입고) 화물차로 배송물품을 입고장으로 운반
- (하역) 지게차 등 하역설비를 사용하여 입고된 물품을 하차
- (분류) 하역된 물품의 수량, 품질을 확인하고 종류별·지역별 분류
- (운반) 롤테이너, 운반대차, 지게차, 화물용승강기 등을 활용하여 물품 보관장소로 운반
- (보관) 파렛트랙, 적재랙 등에 운반된 물품을 보관
- (포장) 물품을 소분하거나 재분류하여 개별포장
- (출하) 배송될 물품을 차량에 상차하여 운송
- (보수·유지관리) 창고시설·설비 유지보수 등 기타 지원

2. 공정 별 주요 설비 및 유해·위험요인

공정	작업구분 또는 작업장소		주요 설비
입고	접안시설		<ul style="list-style-type: none"> · 트레일러 · 화물트럭(탑차 포함) · 지게차 · 자동문, 도크설비
하역	하역		<ul style="list-style-type: none"> · 지게차, 전동대차, 컨베이어 · 핸드 파렛트카 · 운반대차 · 운반용 카트 등 운반보조 설비 등
분류	검수/분류		<ul style="list-style-type: none"> · 전동대차, 이동대차 · 컨베이어(벨트, 체인, 스크류 등) · 롤테이너, 운반대차 · 운반용 카트 등 운반보조 설비 등 · 검색기
운반	운반		<ul style="list-style-type: none"> · 지게차 · 롤테이너 · 화물승강기 · 전동대차 · 유압 핸드 파렛트카
적재/보관	보관		<ul style="list-style-type: none"> · 지게차 · 파렛트 · 파렛트랙 · 고소작업대 · 사다리
포장	포장		<ul style="list-style-type: none"> · 작업대 · 자동포장기 · 밴딩기 · 컨베이어 · 운반수레, 롤테이너
출하	출하		<ul style="list-style-type: none"> · 포장기 · 컨베이어 · 지게차 · 핸드 파렛트카 · 운반대차
보수· 유지관리	시설유지보수		<ul style="list-style-type: none"> · 발전기 · 수·배전설비 · 집수·배수설비 · 공조설비, 보일러 · 설비보수용 기계기구(연삭기, 용접기 등)

공정	주요 유해·위험요인
입고	<ul style="list-style-type: none"> · 야간작업시 입고장 주변 조명 미흡으로 작업자와 차량 충돌 · 차량 진입 중 과속, 무리한 운행으로 사각지대 이동 중인 근로자와 충돌 · 차량 브레이크 미체결, 고임목 미설치 등으로 작업자 또는 시설물과 충돌 · 지게차 전방시야 미확보, 급회전·과속 및 미자격자 운행 등으로 충돌, 끼임 · 도크 보행 중 헛디딤·미끄러짐, 작업 중 도크 설비와 차량 분리로 추락 · 자동문 오조작, 비상정지장치 고장 등 설비 불량으로 끼임, 충돌
하역	<ul style="list-style-type: none"> · 화물차 상부작업 또는 도크 끝단에서 추락 · 하역작업중 운반물 낙하, 붕괴 · 바닥 물기, 기름기, 비닐 등에 미끄러짐, 물품을 꺼내는 중 넘어짐 · 포크에 중량물 과다 적재시 운전자 시야 미확보 상태로 운전 중 충돌 · 경사로 운행 중 지게차 전복 및 깔림 · 지게차 전방시야 미확보 및 부주의 등에 의해 작업자와 충돌 · 지게차 무리한 운행으로 도크에서 추락 · 지게차 충전기 송전선 손상으로 누전 또는 접촉불량 등 과열로 인한 화재
분류	<ul style="list-style-type: none"> · 보행 중 컨베이어, 지게차, 운반대차 등과 충돌 · 컨베이어를 횡단하여 보행중 충돌, 끼임 · 컨베이어 운반물 낙하 · 컨베이어 벨트, 체인, 스크류 등에 작업복 감김·끼임 · 컨베이어 점검, 수리 중 작업자의 오작동으로 인한 끼임 · 물품, 돌출부위, 문턱 등에 걸려 넘어짐 · 분류된 물품 적재 시 편하중, 중간에서 빼내는 행위 및 과도한 적재 등으로 붕괴 · 커터칼 사용 또는 물품 밴딩끈 등에 베임 · 조명기기 교체 작업중 추락
운반	<ul style="list-style-type: none"> · 경사로, 문틈 이동시 무리한 운행으로 전복 · 보행 중 컨베이어, 지게차, 운반대차 등과 충돌 · 이동대차 과적으로 인한 운전자 시야 미확보 상태로 이동 중 충돌 · 롤테이너, 운반대차, 핸드파렛트카 등 운반설비의 무리한 운행으로 작업자, 시설물에 충돌 · 지게차 전방시야 미확보, 급회전, 과속 및 미자격자 운행 등으로 충돌, 끼임 · 운반대차, 롤테이너 등 운반보조설비 취급중 발, 발목 충돌, 바퀴 등에 끼임 · 운행 중 통로 구분 미 표시로 근로자와 충돌 · 롤테이너 문 틈에 작업복, 손 등 끼임 · 화물승강기 문에 끼임, 충돌 · 화물승강기 로프(또는 체인)파손으로 운반구 낙하
적재/보관	<ul style="list-style-type: none"> · 지게차의 무리한 운행으로 작업자, 보관랙과 충돌 또는 적재물 낙하 · 사다리, 작업발판 사용중 상부에서 추락 · 추락방지조치가 미실시된 고소작업대 작업중 추락 · 보관랙에 외부충격, 편하중에 의한 적재물 낙하 · 적재하중을 초과한 적재로 보관랙 붕괴 · 하적단 물품을 꺼내는 중 붕괴

공정	주요 유해·위험요인
포장	<ul style="list-style-type: none"> · 가동중인 컨베이어 벨트, 체인, 스크류 등에 작업복 감김·끼임 · 컨베이어 상부에서 운반물 낙하 · 컨베이어 점검, 수리 중 작업자의 오작동으로 인한 감김, 끼임 사고위험 · 자동포장기 작동 중 신체 충돌 · 포장을 위한 물품 운반 중 발, 발등에 낙하 · 밴딩기 작업 중 손, 팔 등 끼임, 베임 · 운반수레, 롤테이너 사용중 작업자, 시설물에 충돌 · 운반수레, 롤테이너 바퀴 등에 발 등 신체 일부 끼임
출하	<ul style="list-style-type: none"> · 이동용 대차를 이용한 배송품목 이동시 넘어짐, 적재물 낙하, 충돌, 발 등 끼임 위험 · 지게차 전방시야 미확보 및 부주의 등에 의해 작업자와 충돌 · 지게차, 차량 하차 시 뛰어내리는 등 무리한 동작으로 넘어짐, 추락 · 포크에 중량물 과다 적재시 운전자 시야 미확보 상태로 운전 중 충돌 · 화물차 상부작업 또는 도크 끝단에서 추락 · 하역작업중 운반물 낙하, 붕괴 · 컨베이어 벨트, 체인, 스크류 등에 작업복 감김·끼임 · 컨베이어 운반물 낙하 · 컨베이어 점검, 수리 중 작업자의 오작동으로 인한 감김, 끼임 사고위험
시설 유지보수	<ul style="list-style-type: none"> · 비상발전기, 보일러 등에서 유류 누출에 의한 화재 · 윤활유 등 위험물질의 기계실 내 비치로 인한 화재 및 화재 발생 시 피해 확산 · 창고 내 내장재 보수·교체작업시 용접 등 화기취급작업 시 단열재 등 가연물에 접촉으로 인한 화재 · 가스검지기 수신반 오작동으로 인한 가스 누출시 화재, 질식 · 집수정 등 추락위험부 덮개(맨홀뚜껑) 미흡으로 인한 추락 · 전기실 화재시 다량의 프레온 및 Co2소화기 사용시 질식 · 기계실 냉매가스(프레온 등) 다량누출시 질식위험 · 고압용기 안전밸브 작동시 고압 분출에 의한 근로자 접촉위험 · 보수 및 점검 작업시 통전금지 표지판을 부착하지 않아 다른 작업자의 오통전으로 인한 감전 · 전기설비의 부주의한 사용으로 감전 <ul style="list-style-type: none"> - 전기설비의 절연 파괴로 인한 누전 - 전선 접속부 절연 불량 또는 전선 노출 - 인입선 절연피복 손상 및 꽃음 접속기 절연파괴 - 전동 공구 본체 또는 케이블 릴 누전 · 지하 전기실(기계실) 점검을 위해 이동중 바닥 이물질에 걸려 넘어짐 · 이동용 전동기계기구 사용중 절연파괴에 의한 감전 · 보일러 배관점검을 위해 응축수 탱크 위를 건넌 중 실족하여 추락



III

화재·폭발의 이해

1. 화재·폭발의 발생 메커니즘 및 발생형태	25
2. 화재위험작업시 고려사항	26

Ⅲ 화재·폭발의 이해

1 화재·폭발의 발생 메커니즘 및 발생형태

1. 발생 메커니즘



2. 주요 기인물질별 사고 발생형태

- 인화성물질
 - 인화성 가스 및 인화성 액체의 증기 등이 체류할 수 있는 용기·배관 또는 밀폐공간 인근에서 용접·용단작업 중 불티가 유증기 등에 착화
- 우레탄 단열재
 - 샌드위치 패널, 우레탄 등 단열재에 용접·용단 불꽃이 튀어 축열·발화
 - 발포우레탄 붐칠작업장소 인근에서 용접·용단작업 중 착화
- 기타 발화재
 - 용접·용단 불꽃이 비산하여 가연물(자재, 유류가 묻은 작업복 등)에 착화
 - 밀폐공간 환기용으로 공기 대신으로 산소를 사용하여 산소에 발화

3. 화재위험을 대하는 기본자세

- 용접·용단 및 땀 작업은 주변에 인화성 물질이 존재하지 않아도 고온의 불꽃, 불티의 비산이나 열로 인한 화재 발생이 가능
- 불티가 단열재 내부와 접촉, 일정 부분 훈소*의 형태(연기 발생)로 진행
 - 충분한 산소의 공급과 축열 등으로 온도가 상승되는 경우 불꽃(화염)을 일으키는 화재로 확산
 - * 훈소 : 화재가 발생하기에는 온도가 낮거나 산소가 부족한 상황 때문에 화염이 없이 가연물의 표면에 열이 발생하면서 서서히 연소되는 현상
- 연마·절단작업은 인화성 물질이 존재하는 경우, 작업 중 발생하는 높은 마찰열이나 스파크가 점화원으로 작용
- 화재위험작업 중 발생하는 불티는 신체에 화상 등 상해 위험

2 화재위험작업시 고려사항

✓ 밀폐된 지역에서의 수행 여부

- 작업 전 및 작업 중 산소 농도와 가연성가스 농도 측정
- 환기의 필요성 및 필요한 환기유량 파악

✓ 화재위험작업 대상 설비 및 배관의 상태

- 대상 설비 및 배관 등 비우기 : 내부물질의 배출
- 대상 설비 및 배관의 청소와 잔류물질 확인

✓ 작업구역 인근설비의 가동 여부

- 작업구역 인근설비에서 취급하는 물질의 종류 및 위험성
- 인근설비에 유해물질이 잔류할 가능성
- 인근설비와의 차단

✓ 작업구역 주변의 가연성물질 보존 상태

- 작업구역 주변의 가연성물질의 상태 및 건축물 등의 부착 여부
- 가연성 물질의 제거 및 방호조치 방법

✓ 인화성물질의 발생 여부

- 작업 중 유해물질의 발생 가능성, 처리방법
- 필요한 개인 보호구의 종류

✓ 출입제한 구역 설정 여부

✓ 소화장비 비치 및 사용방법

✓ 작업 중 화재감시자 배치 여부



IV

화재 위험관리방안

1. 화재위험작업 안전관리	29
2. 화재위험작업 추진절차	32
3. 화재감시자 운영	35
4. 용접·용단작업	38
5. 우레탄폼 작업	42

IV

화재 위험관리방안

1 화재위험작업 안전관리

1. 화재위험작업시 세부 조치사항

- ❖ 폭발위험장소, 용접·용단작업을 하는 건설현장 및 화재발생 고위험지역에서 화재위험 작업시 반드시 화재위험작업허가서 발급

【화재위험작업 허가 전 점검사항】

- 허가서 발급자, 작업현장 감독자 또는 작업담당자는 허가서에 서명 전 작업계획서 등 신청 서류, 기술자료 및 도면과 현장 확인을 통하여 안전조치사항 확인·점검
 - 운전부서 책임자 및 작업부서 책임자는 확인·점검한 내용의 적정성을 검토 후 서명

- 해당 작업을 안전한 장소, 방법을 통하여 수행이 가능한지 여부(기연성물질 제거 가능 여부 등)
- 인화성물질 또는 독성물질 발생 가능성, 처리방법 및 세정방법의 적정성
- 잠겨진 밸브나 막힌 배관 사이에서 액체의 열팽창 가능성
- 설비 또는 기기의 내부구조(내부포켓 또는 드레인 등)상 유해·위험물질이 잔류할 가능성
- 인화성가스 등 유해가스 농도 측정 및 강제 환기 필요성
- 초기 진압용 소화설비 및 화재감시자의 배치 계획
- 출입 제한구역 계획
- 작업장소와 그 주변에 단열재를 포함하는 건설현장 자재 및 폐기물의 설치·적치 여부
- 작업 중 현장 입회자를 두어야 할지의 여부 기재

【화재위험작업 전 실행사항】

- 작업 준비 및 작업절차 수립
- 작업장 내 위험물의 사용·보관 현황 파악
- 화기작업에 따른 인근 가연성물질에 대한 방호조치, 소화기구 비치
- 용접불꽃 비산방지포, 용접 방화포 등 불꽃, 불티 등 비산방지조치
- 인화성액체의 증기 및 인화성가스가 남아 있지 않도록 환기 등 조치
- 작업 전 작업자에 대한 공정위험, 피난방법 및 안전교육 실시

【화재위험작업시 사전 안전조치사항】

- 작업구역의 설정
 - 작업 중 발생하는 화염, 스파크 등이 인근 공정설비 또는 건설현장에 영향이 있다고 판단 되는 범위는 작업구역 표시, 통행 및 출입 제한
- 가스농도(인화성·독성 등 유해·위험물질) 측정 및 잔류물질 확인

① 측정대상 가스

» 작업 대상기기 및 작업구역 내에서 인화성 물질 및 독성 등 유해·위험물질의 가스농도를 측정하고, 분진 등 가연성물질의 잔류 여부를 확인한다.

② 측정자의 수준관리

» 가스농도 측정은 측정기기 및 작업현장에 대해 충분한 지식을 가지고 있는 자가 측정하여야 한다.

- 차량 등의 출입제한
 - 불꽃을 발생하는 내연설비의 장비, 고온의 배기구 차량 등은 작업구역 내의 출입을 통제
- 밸브 차단 표시판 부착
 - 화재위험작업을 위하여 밸브 차단, 맹판 설치시 해당 밸브에 잠금표지 및 맹판 설치 표시판 부착(임의제거 금지)

- 위험물질의 방출 및 처리
 - 배관 또는 용기 등의 내부 또는 인접해 화재위험작업 수행시 배관 및 용기 내의 가연성물질 (독성, 불활성 등 유해·위험물질 포함) 완전히 제거, 세정 후 가스농도 측정 및 분진 등의 잔류 여부 확인
- 환기(Ventilation)
 - 지하실 등 인화성가스의 체류 가능성이 높은 밀폐공간에서 작업시 사전에 밀폐공간 내 공기를 신선한 공기로 충분히 치환(강제환기)
- 비산방지포 등의 설치
 - 화재위험작업 중 용접불티 등이 인접 장소 또는 가연성물질에 비산되어 화재가 발생하지 않도록, 작업부 주변과 설비 피트 등 개구부에 비산방지포 또는 용접방화포 설치
- 화재위험작업의 입회
 - 화재위험작업 시 입회자로 선임된 자는 작업 시작 전, 작업 도중 현장에 입회하여 안전상태 확인
 - 작업 전, 점심식사 후, 휴식 후 등 작업을 재개 전 주기적인 가스농도 측정 및 분진 잔류 여부 확인 등 안전조치 실시
- 소화설비의 비치
 - 화재위험작업 전에 비산불티 차단막, 이동식 소화기 등 비치, 필요시 현장에 화재진압을 위한 소화전 또는 소방차 대기
- 화재감시자의 배치
 - 화재 발생 위험장소에서 용접·용단작업 등을 실시할 경우 화재감시자 배치

2 화재위험작업 추진절차

1. 화재위험작업 허가 및 서면 게시 절차



- (작업계획 수립) 화재위험작업 전 작업의 내용, 작업방법, 안전조치 방법 등에 대해 사전 검토
 - 해당 작업에 대한 위험성평가 실시, 안전작업절차 작성
- (작업준비) 작업자 또는 관리감독자는 작업에 필요한 적정 기계·기구, 소화기구, 불꽃 비산 방지포·용접 방화포 등 준비
- (사전점검·안전조치) 관리감독자는 화재위험작업 전 작업장소 상태 및 상황 파악, 아래 사항을 점검 및 안전조치

- 화재위험작업 장소에서의 가연성물질의 제거(가연성물질 제거가 곤란한 경우 불꽃·불티 비산 방지조치 또는 방호덮개 설치)
- 인화성액체의 증기 또는 인화성가스의 환기조치
- 소화기구의 비치
- 작업근로자의 화재예방 및 피난 교육, 피난 경로 숙지여부 등

- (작업허가서 작성) 관리감독자는 사전 점검 시 확인한 내용을 화재위험작업 허가서(서식 참조)에 기재
 - 허가서에 서명한 뒤 사업주에게 화재위험작업의 안전조치가 완료되었음을 보고
 - ※ 화재위험작업 허가서라는 명칭은 화재위험작업 승인서, 확인서 등사업장의 규정에 따라 명칭을 변경하여 사용 가능
- (허가서 확인·서명) 사업주는 화재위험작업을 하는 작업장소에 대하여 안전이 확보된 것을 확인 후 작업허가서에 서명
- (작업허가·게시) 사업주는 안전조치가 확인된 작업허가서를 누구나 볼 수 있도록 작업현장에 게시
- (작업실시·종료) 작업자는 화재위험작업시 안전조치사항 및 작업절차를 준수하여 작업을 실시
 - 작업 종료시 현장의 잔존한 불꽃 또는 불티가 없는지 확인, 작업장소를 깨끗이 정리

- (입회) 운전(작업)부서 및 공사부서의 관리감독자는 작업의 위험정도, 규모 및 복잡성에 따라 작업 중에 입회하여 제반 안전요구사항에 대한 조치 확인
- (화재감시자 배치) 가연성물질이 있는 장소에서 용접·용단작업시 반드시 화재감시자 배치 (불꽃 비산 등 화재위험 감시, 화재발생 시 근로자 대피 유도)

- (허가서의 승인) 해당 공정지역 운전(작업)부서 책임자, 건설현장 안전보건총괄책임자(이하 현장소장), 다른 상위조직이 발급한 허가서(서면 확인) 승인
 - 다만, 소규모사업장 또는 정상근무시간 이외 수행 등 책임자의 승인을 얻기가 어려운 경우 사업장 내부 규정에 따라 차상위자에게 위임

2. 작업허가서 작성방법

- 관리감독자가 당해 작업현장 감독자 또는 작업담당자와 같이 현장 확인, 안전작업에 필요한 조치사항을 확인
- 당해 작업의 안전과 관련 인근의 다른 공정지역, 건설현장 책임자에게 당해 작업수행을 알릴 필요가 있는 경우 해당 책임자에게 협조 요청
- 관리감독자는 작업허가서 작성시 작업허가시간, 수행작업개요, 작업상 취해야 할 안전조치 사항, 작업자에 대한 안전요구사항 등 기재
- 작업이 근무 교대시간 이후까지 연장시 관리감독자 또는 업무 위임자가 작업현장 재확인
 - 허가서의 기재사항과 일치 여부 확인, 안전한 경우 작업시간 연장, 확인 서명
- 허가서 사본 또는 인쇄본 1부를 해당 작업현장에 반드시 게시

3 화재감시자 운영

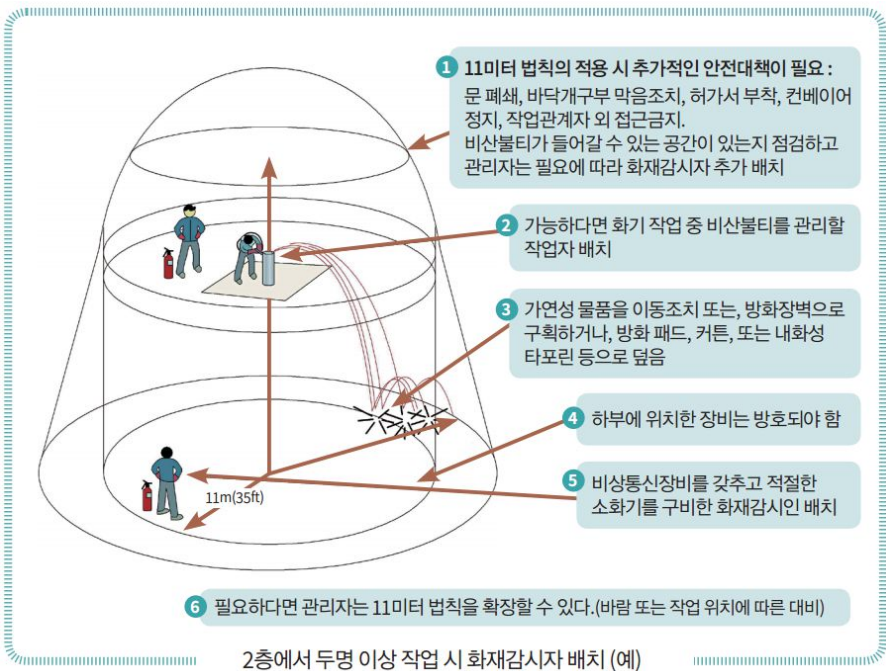
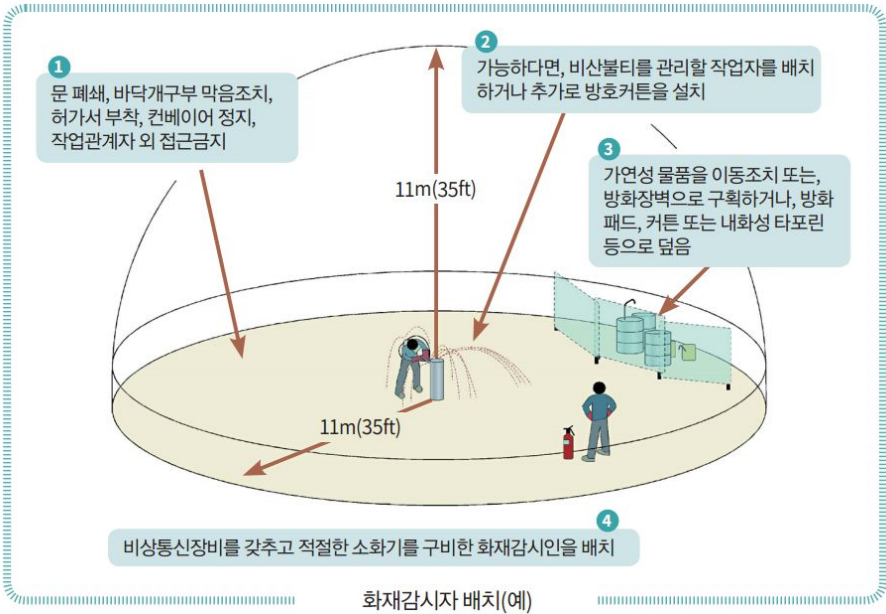
1. 화재감시자 배치대상

- 작업반경 11m 이내에 건물구조 자체나 내부(개구부 등으로 개방된 부분을 포함)에 가연성 물질이 있는 장소
- 작업반경 11m 이내의 바닥 하부에 가연성 물질이 11m 이상 떨어져 있지만 불꽃에 의해 쉽게 발화될 우려가 있는 장소
- 가연성 물질이 금속으로 제작된 칸막이·벽·천장·지붕의 반대쪽 면에 인접, 열전도나 열복사에 의해 발화될 우려가 있는 장소

➢ (화재감시자 배치 제외) 동일한 장소에서 상시·반복적으로 용접·용단작업을 할 때 경보용 설비 또는 기구와 소화설비 또는 소화기가 갖추어진 경우

2. 화재감시자 자격 및 지정

- (업무) 화재의 위험을 감시하고 화재 발생 시 사업장 내 근로자의 대피를 유도하는 업무만을 담당
- (자격) 별도로 규정되어 있지 않고, 특정한 기술 등을 필요로 하지 않음
 - 화기작업중 불티 착화 여부를 감시, 착화시 이를 즉시 인지하여 대피를 유도해야 함(해당 업무만을 전담)
- (지정) 사업주는 용접·용단 작업에 화재감시자 업무만을 수행하는 화재감시자를 지정하여야 함
- (소통) 화재감시자는 근로자들(용접·용단작업 수행 외국인 근로자 포함) 간 원활한 의사소통을 요구



3. 화재감시자의 역할

【용접·용단작업 전】

- 사업주로부터 화재 발생 시 조기에 진압할 수 있는 방법을 포함해 작업위험성에 대한 사전에 교육을 받아야 함
- 사업주로부터 적절한 소화기 또는 사전에 준비된 충전된 소방호스 등을 비치하고, 이를 현장에서 사용가능토록 하여야 함
- 방염포, 방염제 겔 또는 용액으로 제거할 수 없는 가연성 물질을 격리하거나 덮고, 용접·용단 작업장 주변에 충분히 물을 부려야 함

【용접·용단작업 중】

- 용접·용단작업이 진행되는 동안에는 화재감시 활동과 함께 다른 업무를 수행하지 않아야 함
- 용접·용단작업 중 불안정한 것으로 판단되는 용접·용단작업은 중단하여 안전한 상태를 유지·복원을 위한 적절한 조치를 취하고,
 - 사업주에게 모든 우려사항을 제기, 전달하여야 함
- 화재 발생시 초기단계의 화재를 적극적으로 진압하여야 함
- 작업 중 화재가 발생할 경우 사업주, 안전관리자 또는 경비원에게 신속히 알려야 함
- 사업주가 수립한 모든 밀폐된 공간 진입과 용접·용단 작업에 대한 요구사항을 준수하여야 함

【용접·용단작업 후】

- 용접·용단작업 완료 후 최소 30분까지 화재감시 업무를 지속하여야 함(용접 등의 불티가 남아 있을 경우)
- 작업완료 후 화재가 발생할 경우, 초기단계 화재를 적극적으로 진압, 사업주와 관리자 또는 경비원에게 신속히 알려야 함

4 용접·용단작업

1. 용접·용단 불티의 특성

- 용접·용단작업 시 다량의 불티가 발생하여 비산
- 용접작업 현장조건(풍속, 풍향, 높이 등)에 따라 비산거리가 늘어남
- 용접·용단 불티는 약 1,600℃~3,000℃ 정도의 고온체
- 발화원이 될 수 있는 비산 불티의 최소 크기는 0.3~3mm 정도
- 가스 용접 시 산소 압력, 절단 속도 및 절단 방향에 따라 비산 불티의 양과 크기가 달라짐
- 비산된 후 상당 시간 경과 후에도 축열에 의하여 화재 발생 가능

2. 용접·용단 불티로 인한 화재 발생과정

용단 작업 시 가연물에 비산된 불티에 따른 축열 등으로 훈소에서 화재로 발생 과정

1 용단 작업 시작

2 용단 불티 가연물(단열재 등)에 비산

3 5분 경과
가연물에서 연기 발생(훈소 진행)

4 7분 경과
유염연소로 전환 ⇨ 화재 발생

3. 훈소 화재사례 및 발생시간

사례	사고 요약	작업 상황에 따른 화재 발생 시간(추정)
1	○○터미널공사 중 가스배관 가용접 작업 중 용접불티로 화재 발생	5분
2	○○중학교 증축공사에서 고정 철물 용접 작업 중 용접불티로 화재 발생	작업과 동시
3	○○제재소 동력실 기계 철거를 위해 용단 작업 완료하고 철수 후 화재 발생	3시간
4	○○생산공장 집진기 추가 설치공사에 따라 용접 작업 완료하고, 철수 후 집진기 및 덕트 연결된 작업장 화재 발생 (용접불티가 집진기 내부로 비산 되어 훈소 진행됨)	7시간

※ 출처 : 중대재해 보고서(안전보건공단), 용접·화기작업 위험관리 가이드(한국화재보험 협회)

- 용접·용단작업에 의한 화재는 단시간 내에 발생할 수도 있고, 때로는 장시간 경과 후에도 발생할 가능성 있음
- 단열재 등 가연성 물질에 불티가 비산될 경우 복합적인 요인(불티 낙하지점, 가연물의 연소 특성, 공기흐름 등)에 따라,
 - 즉시 화재 또는 훈소 등에 의한 장시간(2~7시간 이상) 경과 후 발화되는 특성이 있음



4. 취급시 안전관리수칙

- 화기작업이 진행되는 동안에는 안전작업을 위해 화재감시자 배치
- 작업 후에도 일정 시간 비산 불티·훈소 징후 등 감시활동
 - ※ 화재감시자는 작업 완료 후에도 1시간 이상 훈소 발생 징후가 있는지 작업 장소 및 인접한 위·아래층 까지 주의 깊게 관찰(감시)
- 소속 근로자의 화재 등 비상 대응 준비 및 훈련 실시

【가연물 관리】

- 작업시작 전 가연물의 제거·퍼지·차단 확인
 - 제거작업 전 가연물의 물질특성 파악 후 시작
 - 작업장 주변 가연물 제거, 용기·배관 내용물 배출 표식 등 안전조치 확인
 - 용접불꽃 비산방지를 위한 각종 개구부 차단 여부 확인
- 가스 누출 여부 측정
 - 독성, 가연성 가스 퍼지 후 가스잔류 여부 확인
 - 용단 전 냉각 후 테스트 홀을 통하여 가스 감지
 - 비중, 환기상태, 누출원 등을 고려하여 실시
- 내용물 제거 시 안전대책
 - 가연성 가스·분진제거 후 공기로 치환(잔존물 이송시 철재호스 사용, 접지 실시)
 - Non-spark 재질의 방폭 공구 사용


【점화원 관리】

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

● 안전점검 및 화기작업 허가 철저

- 작업 전 안전점검 및 화기작업허가 철저(허가서 상 안전보건조치 확인)
- 작업내용 변동에 따른 추가위험 대응 조치

화기작업 중 확인사항



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

● 중점관리 철저

- 산소, 점화원은 제거 불가능 ⇨ 가연물 집중관리(격리, 제거, 방호)

5. 관리 감독 및 점검활동

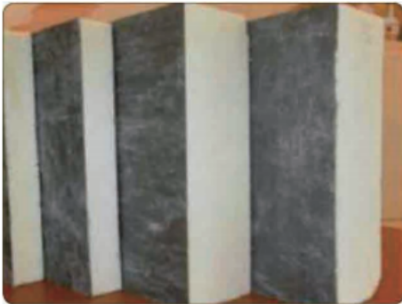
- 인화성물질 또는 가스 잔류 배관·용기 등에 직접 또는 인근에서 용접·용단 시 위험물질 사전 제거 조치
- 용기, 배관에 인화성 가스, 액체 체류 또는 누출 여부 상시 점검 후 위험요인 제거
- 전기케이블은 절연 조치, 피복 손상부는 교체, 단자부 이완 시 조임
- 작업에 사용하는 전기기계기구는 누전 차단기를 통하여 전원 인출
- 가스용기의 압력 조정기, 호스 등의 접속부 가스 누출 여부 상시 점검
- 화재위험작업시 화재감시자* 지정·배치

* 화재감시자 : 화재위험 감시 및 화재 발생시 근로자 대피 유도업무만을 담당

5 우레탄폼 작업

1. 건축물에 사용되는 우레탄폼 종류

- (우레탄폼 단열판) 단열재 등으로 미리 성형 제조
- (샌드위치 패널) 벽체 및 지붕재로 사용하기 위해 제조
- (스프레이 우레탄폼) 현장에서 직접 시공



우레탄폼 단열재(우레탄 보드)



우레탄폼 샌드위치 패널



냉동창고 벽면·바닥 스프레이 시공



일반 건축물 천정부 스프레이 시공

- (용도) 단열재 용도, 건설현장 외장재 및 조선소 내장재 등 폭넓게 사용
- (특성) 한번 불이 붙으면 폭열을 일으키며 연소

2. 화재발생과정

- 폴리우레탄 발포체는 성형시 고분자의 상태에 따라 여러 가지로 분류
 - 통상적으로 반응성이 아주 빠른 두 액상 원료[(diisocyanate : A액), (polyol : B액)]를 혼합시켜 기체(CO₂) 발생
 - ↳ 고분자화 반응 진행 시 급격히 점도가 상승, 발열반응에 의해 체적 팽창으로 발포체 형성

3. 발화시의 특징

- 우레탄폼은 할로겐 화합물, 인(Phosphate)을 첨가시 난연성을 띠기는 하나 불연성은 아님 (착화시 폭열을 일으키며 연소)
 - 특히, 1,000℃ 이상의 용접불티가 우레탄에 떨어지면 우레탄 속으로 파고 들어가 서서히 연소 → 일정 시간 경과 후 발화되며 급속히 확산
- 발화 초기에는 흰 연기를 내며 분해반응, 발포체가 녹아 타면서 검은 연기와 함께 급격히 확산
 - 우레탄폼 표면의 피막이 소화약제 침투 제약(화재 진화 어려움)
- 연소시 발생하는 연기에 염화수소(HCl), 황화수소(H₂S), 이산화질소(NO₂), 일산화탄소(CO), 이산화황(SO₂), 시안화수소(HCN) 등 유독가스 포함
 - 근로자들이 유독가스를 흡입 시 치사 원인으로 작용

4. 우레탄폼 착화로 인한 사고 사례



지수판 용접 중 하부 우레탄 보온판 화재로
4명 사상



가설전등 스파크로 인한 우레탄폼 화재로
13명 사상

5. 화재예방을 위한 근원적 대책

- 화기작업은 단시간 및 다른 작업과 동시에 이루어지고, 소규모 업체가 도급을 받아 작업을 하고 있어 안전수칙이 준수되지 않음
 - 건축물의 완공 후 하자 보수 시 인화성물질 제거 및 불티비산방지 조치 등을 소홀히 할 경우 화재로 이어짐
 - ↳, 화재에 적응성이 뛰어나고 시공이 편리한 난연성 단열재 사용이 절대적으로 필요

6. 난연성 단열재 적용 사례

(건설업) ○○시 교육청은 ○○중학교 화재를 계기로 기존의 스티로폼 단열재 (난연 3급) 대신 난연성능이 우수한 준불연 이상 단열재(난연 2급: 폴리우레탄, 그라스울)를 사용하도록 의무화하여 시공 중임

- (기대효과) 준불연 이상의 단열재를 사용할 경우 초기 시공비는 스티로폼에 비해 높으나,
 - 유지·보수작업시 화재 발생 위험을 고려하면 준불연 단열재 사용이 화재 발생으로 인한 재산 손실 예방
 - ※ 재산 손실액 : 이천시 냉동창고 화재(71억원), 안성시 냉동창고 화재(1,366억원)



별첨

화재·폭발 관련 주요 법령	47
화재위험작업 허가서&도급사업시 화재위험작업 허가절차(예시)	49
화재감시자 관련 해외 규정(OSHA)	51

Ⅰ 화재·폭발 관련 주요 법령

○ 산업안전보건법

용접 등 불꽃발생 작업 시 불꽃 비산방지, 환기 및 소화기구 비치 미준수로 화재가 빈발함에 따라 화재예방제도 강화

- » 불꽃발생 우려가 있는 화기작업장소에 대해 원청의 안전조치 책임 부과 및 가연물이 있는 장소에서 화재위험작업*시 사전 특별교육 실시

* 가연물이 있는 곳에서의 용접·용단 및 금속의 가열 등 화기를 사용하는 작업이나 연삭삭들에 의한 건식연마 작업 등 불꽃이 될 우려가 있는 작업(시행규칙 제6조 참조)

- » 지하층 등 위험장소에서 화재위험작업을 할 때 대피업무를 전담하는 화재감시자 배치

화재감시자의 지정 및 배치장소



- ▶ 작업반경 11m 이내에 건물구조 자체나 내부(개방부분 포함)에 가연성물질이 있는 장소
- ▶ 작업반경 11m 이내의 바닥 하부에 가연성물질이 11m 이상 떨어져 있으나 불꽃에 의해 쉽게 발화 우려가 있는 장소
- ▶ 가연성물질이 금속 칸막이·벽·천장 또는 지붕의 반대쪽 면에 인접해 열전도, 열복사에 의해 발화 우려가 있는 장소

※ 미지정·미배치 : 5년 이하의 징역이나 5천만원 이하의 벌금

○ 산업안전보건 기준에 관한 규칙(관련 조항)

구분	내용
제232조	폭발 또는 화재의 예방
제236조	화재 위험이 있는 작업의 장소 등
제239조	위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용 금지
제240조	유류 등이 있는 배관이나 용기의 용접 등
제241조	화재위험작업 시의 준수사항
제241조의2	화재감시자
제242조	화기사용 금지
제243조	소화설비
제244조	방화조치
제245조	화기사용 장소의 화재방지
제246조	소각장

◦ 소방기본법

▶ 특수가연물의 저장 및 취급기준

품명	수량	저장 취급기준	
연화류	200kg 이상	1. 저장 및 취급장소에는 품명 최대수량 및 화기취급의 금지 표시 설치 2. 품명별로 구분하여 쌓아 저장할 것 등 ※ 위반 시 200만원 이하의 과태료 부과	
나무껍질 및 대팻밥	400kg 이상		
사료, 볏짚류, 낱마 및 종이부스러기	1,000kg 이상		
가연성고체류	3,000kg 이상		
석탄·목탄류	10,000kg 이상		
가연성액체류	2m³ 이상		
목재가공품 및 나무부스러기	10m³ 이상		
합성수지류	발포시킨 것		20m³ 이상
	그 밖의 것		3,000kg 이상

◦ 화재예방, 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률

(법 제10조의2) 건축·대수선·용도변경 또는 설치 등 공사 시공자는 공사현장에서 화재·위험 작업을 하기 전에 설치 및 철거가 쉬운 임시소방시설을 설치하고 유지관리 하여야 함
 ※ 위반 시 3년 이하의 징역 또는 3천만원 이하의 벌금 부과

[화재·위험 작업]

시행령 제15조의5(임시소방시설의 종류 및 설치기준 등) <개정'18.6.26.>

1. 인화성·가연성·폭발성 물질을 취급하거나 가연성 가스를 발생시키는 작업
2. 용접·용단 등 불꽃을 발생시키거나 화기(火氣)를 취급하는 작업
3. 전열기구, 가열전선 등 열을 발생시키는 기구를 취급하는 작업
4. 소방청장이 정하여 고시하는 폭발성 부유분진을 발생시킬 수 있는 작업
5. 그 밖에 제1호부터 제4호까지와 비슷한 작업으로 소방청장이 정하여 고시하는 작업

[임시소방시설 설치기준]

- ① 소화기: 상기의 1~5에 따른 작업을 하는 현장에 설치
- ② 간이소화장치: 연면적 3천㎡ 이상 또는 해당 층의 바닥면적이 600㎡ 이상인 지하층·무창층 및 4층 이상의 층
- ③ 비상경보장치: 연면적 400㎡ 이상 또는 해당 층의 바닥면적이 150㎡ 이상인 지하층·무창층
- ④ 간이피난유도선: 바닥면적이 150㎡ 이상인 지하층·무창층

(시행령 제24조) 특정소방대상물의 관계인과 소방안전관리대상물의 소방안전관리자는 화기취급 작업에 대한 사전 안전조치 및 감독 등의 공사 중 소방안전관리사항을 소방계획서에 포함하여 작성·관리하여야 함 <개정'18.6.26.>

※ 위반 시 200만원 이하의 과태료가 부과

화재위험작업 허가서&도급사업시 화재위험작업 허가절차(예시)

서식

화재위험작업 허가서(예시)

[본 화재위험작업 허가서는 반드시 작업현장에 게시할 것]

화재위험작업 허가서									
						허가일자	년	월	일
작업부서									
작업일시	년		월		일		시부터		까지
작업장소									
작업내용									
작업현장 안전조치 확인사항	안전조치 요구사항				안전조치 해당여부		안전조치 실시여부		
	① 작업준비 및 작업 절차 수립								
	② 작업구역 설정(출입금지표지)								
	③ 가연성물질 제거 또는 용접방화포 등 방호조치								
	④ 소화기등 소화기구 비치								
	⑤ 불꽃·불티 비산방지조치								
	⑥ 인화성 액체의 증기·가스 환기조치								
	⑦ 근로자 피난 및 화재예방 교육								
	⑧ 가스농도의 측정 및 분진의 잔존여부 확인								
	⑨ 근로자 보호구 지급·착용								
기 타 특별사항	[안전조치 외 주의사항 등 기재]								
가스농도 측 정	가스명	농도	측정시간	가스명	농도	측정시간			
안전조치 확 인	(인)			사업주 확 인	(인)				
	확인시간:				확인시간:				
작업승인 연 장	년		월		일		시부터		까지
	확인자:				(인) 확인시간:				

※ PSM 대상사업장에서는 보고서의 '안전작업허가 및 절차' 또는 KOSHA GUIDE P-94-2017(안전작업허가 지침)를 참고하여 적용

참고 1 ▶ 도급사업 시 화재위험작업 허가절차(예시)



■ 화재감시자 관련 해외 규정(OSHA)

참고 1

미국 산업안전보건청(OSHA)의 화재감시자 규정

(OSHA Standard 1910.252-General requirements)

화재감시(Fire watch)



화재감시자의 배치가 필요한 경우

- 작업반경 35ft(11m) 이내에 건물 구조 자체나 내부에 상당한 가연성 물질이 있을 때
- 많은 양의 가연성 물질이 35ft(11m) 이상 떨어져 있지만 스파크에 의해 쉽게 발화될 수 있을 때
- 반경 35ft(11m) 이내에 위치한 벽, 바닥 개구부 또는 벽이나 바닥의 은폐된 공간으로 가연성 물질이 노출될 경우
- 가연성 물질이 금속 칸막이, 벽, 천장 또는 지붕의 반대쪽 면에 인접해 있고 열전도나 복사에 의해 발화될 수 있을 때



화재감시자의 역할 및 업무

- 화재감시자는 소화 장비를 즉시 이용할 수 있어야 하며, 이를 사용할 수 있도록 훈련받아야 한다.
- 화재 발생 시 경보발생시설에 익숙해야 한다.
- 모든 지역에서 화재를 감시하고, 화재 진압이 가능한 경우 소화를 실시하여야 하며, 소화하지 못할 경우 경보를 작동하여야 한다.
- 화재 감시는 용접 또는 용단 작업이 완료된 후 적어도 30분 이상까지 현장을 확인하여야 한다.



참고 2

미국 산업안전보건청(OSHA)의 조선소에서의 화재감시자 역할



조선소에서 화기작업 동안에 화재 감시

- 화재감시 업무를 맡은 근로자들은 화기작업 동안에 위험함으로부터 다른 근로자들과 재산을 보호하는 제일 선상에 있습니다.
- 화기작업은 리벳, 용접, 용단, 그라인딩 또는 파우더가 생기는 도구, 유사작업-불꽃을 일으키는 작업과 연관되는 어떤 행위를 포함합니다.

OSHA는 사업주에게 다음과 같이 요구합니다

- ☑ 위험요소가 없는 작업장을 제공하시길 바랍니다.
- ☑ 필요한 개인보호장구를 근로자에게 무료로 제공하시길 바랍니다.
- ☑ 화재 발생 시 초기에 진압할 수 있는 방법을 포함하여 작업 위험성에 대하여 화재 감시 근로자들을 훈련하시길 바랍니다.
- ☑ 초기 단계의 화재를 적극적으로 예방하고 퇴치할 책임이 있습니다.
- ☑ 화기작업이 진행되는 동안에는 화재 감시활동과 함께 다른 업무를 수행하지 않아야 합니다.
- ☑ 화기작업의 모든 지역에 대한 명확한 시각과 즉시 접근할 수 있도록 합니다.
- ☑ 적절한 소화기 또는 사전에 준비된 충전된 소방호스를 비치합니다.

OSHA는 사업주에게 다음과 같이 요구합니다

- ☑ 화기작업을 하는 지역의 근로자들과 의사소통을 할 수 있는지 확인합니다. 방염포 및 방염제 겜 또는 용액으로 제거할 수 없는 가연성 물질을 격리시키거나 덮으십시오. 화기작업 주변에 물을 뿌려 충분히 적시도록 하십시오.
- ☑ 화기작업 지역이 있는 동안에는 휴식 또는 중단, 근무교대 종료를 하지 마시길 바랍니다.
- ☑ 작업장 점검 후 당신의 사업주가 임무를 종료시키지 않는다면, 화기작업이 완료된 후 적어도 30분까지 화재감시 업무를 지속하시길 바랍니다.
- ☑ 당신의 고용주, 조선소의 책임자(SCP), 미국화재예방협회(NFPA)-인증된 해양 화학자, 해안보호 책임자에 의해 수립한 모든 밀폐된 공간 진입과 화기작업에 대한 요구사항을 준수하시길 바랍니다.
- ☑ 불안정한 것으로 판단되는 화기작업은 중단하고 안전한 상태를 유지하고 복원하기 위한 적절한 조치를 취하십시오. 즉시 귀하의 사업주나 SCP에 모든 우려사항을 제기하거나 전달하시길 바랍니다.

기억하세요 !

- ☑ 제공된 화재예방설비와 소화훈련을 통해 초기화재를 진압하시길 바랍니다.
- ☑ 만약 화재가 초기단계를 넘어선다면 근로자에게 경고하고 경보를 발령한 다음 해당지역을 벗어나도록 하십시오.



참고 3

용접·용단 작업 시 불티의 비산거리(예)

높이 (m)	철판두께 (mm)	작업의 종류	불티의 비산거리(m)				풍속 (m/s)
			역풍(4)		순풍(3)		
			1차불티(1)	2차불티(2)	1차불티(1)	2차불티(2)	
8.25	4.5	세로방향	4.5	6.5	7.0	9.0	1~2
		아래방향	3.5	6.0	-	-	
12.25	4.5	세로방향	5.5	7.0	6.0	9.5	1~2
		아래방향	3.5	6.0	-	-	
15	4.5	세로방향	4.5	6.0	8.0	11.0	2~3
	9		6.0	12.0	8.5	12.0	
	16		5.5	7.0	9.0	12.0	
	25		6.0	8.0	9.0	12.0	
	4.5	아래방향	3.0	6.0	-	-	
	9		4.0	7.0	-	-	
	16		5.0	8.0	-	-	
	25		6.0	9.0	-	-	
20	4.5	세로방향	4.0	6.0	8.0	12.0	4~5
	9		4.5	6.0	9.0	15.0	
	16		4.5	6.0	10.0	15.0	
	4.5	아래방향	6.5	14.0	-	-	
	9		7.0	10.0	-	-	
	16		8.0	10.0	-	-	

※ 출처: KOSHA Guide(F-1-2014) “용접 용단 작업 시 화재예방에 관한 기술지침. (p. 10)

주) (1) 1차불티: 용접·용단 시 발생하는 불티

(2) 2차불티: 1차불티가 지면에 낙하하여 반사되면서 2차적으로 비산하는 불티

(3) 순풍: 바람을 등지고 작업할 때

(4) 역풍: 바람을 향하고 작업할 때

냉동·물류창고 화재사고예방매뉴얼
(개정판)

발 행 / 안전보건공단 사업총괄본부

홈페이지 / www.kosha.or.kr

발행일 / 2021년 01월

〈비매품〉

냉동·물류창고 화재사고예방 매뉴얼

2022. 01



고용노동부

산업재해예방
안전보건공단

