안전은 권리입니다

중·소규모사업장 화재·폭발사고 예방

HAND BOOK

산업재해예방
안전보건공단

CONTENTS

Ⅰ 화학사고 예방을 위한 화재·폭발 현상의 이해 5

Ⅱ 사업장내 취급중인 유해·위험물질의 유해성·위험성 파악 9

Ⅲ 화재·폭발사고 고위험 화학물질, 장치 및 설비별 One Point Lesson 33

Ⅳ 화학설비 등의 주요 안전장치 105

Ⅴ 화재위험작업 안전대책 117

Ⅵ 자연재해 및 날씨(계절)별 화재·폭발·누출사고 예방대책 127

Ⅶ 화재·폭발·누출 등 사고사례 및 예방대책 (중대산업사고 포함) 145

Ⅷ 공정안전보고서 등 제도안내 등 213

참고문서 산업안전보건법 전부개정 안내 223

참고문서 기타(활용가이드 안내 등) 227

I

화학사고 예방을 위한 화재 · 폭발 현상의 이해

화재·폭발 현상에 대한 이해

1 가연물 관리

- **작업시작 전 가연물의 제거·폐지·차단 확인**
  - 제거작업 전 가연물의 물질특성 파악후 시작
  - 작업장주변 가연물 제거, 용기나 배관 내용물 배출 표시 등 안전조치사항 확인
  - 용접불꽃 비산방지를 위한 각종 개구부 차단 여부 확인
- **가스 분진 누출 여부 측정**
  - 독성, 가연성 가스 퍼지 후 가스잔류 여부 확인
  - 용단 전 냉각 후 테스트 홀을 통하여 가스감지
  - 비중, 환기상태, 누출원 등을 고려하여 실시
- **내용물 제거 시 안전대책**
  - 가연성 가스·분진제거 후 공기로 치환
  - 잔존물 이송시 철제호스 사용 및 접지
  - Non-spark 재질의 방폭 공구 사용

2 점화원 관리

- **가연성 물질, 인화성 물질 근처에 화기작업 금지**
  - 스치로폼 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
  - 작업허가서에 명시된 안전보건조치사항 확인
  - 작업내용 변동에 따른 추가위험 대응 조치

화기작업 중 확인사항

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

- **중점관리 철저**
  - 산소와 점화원은 제거가 불가능하므로 가연물에 대한 집중관리(격리, 제거, 방호)가 중요

Ⅱ

사업장내 취급중인 유해 · 위험 물질의 유해성 · 위험성 파악

1. 물질안전보건자료(MSDS)를 활용한 유해성·위험성 파악 11
2. 유해성·위험성 상세 이해 24

물질안전보건자료(MSDS)를 활용한 유해성·위험성 파악

■ 사업장에서 화학물질을 취급한다면 먼저 다음의 사항을 확인해야 합니다.

- 첫 번째, 사업장에서 취급하고 있는 화학물질의 목록을 정리합니다.

- 두 번째, 목록에 있는 화학물질별로 MSDS를 비치 혹은 게시하고 있는지 확인합니다.

- 세 번째, 목록에 있는 화학물질별 용기 및 포장에 경고표지가 부착되어 있는지 확인합니다.

- 네 번째, 화학물질을 취급하는 작업공정별로 관리 요령을 게시합니다.

- 다섯 번째, 화학물질을 취급하는 근로자들을 대상으로 교육을 실시합니다.

01 MSDS의 구성과 활용방법

① MSDS의 구성

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

16개 항목

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

02 MSDS의 세부항목별 이해

① 화학제품과 회사에 관한 정보

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

- **제품명**
  MSDS, 경고표지, 용기나 포장의 제품명이 모두 동일해야 합니다. 이를 확인하여 제품에 대한 올바른 MSDS 보고 있는지 알 수 있습니다.

- **제품의 권고 용도와 사용상의 제한**
  제조자가 제시한 용도대로 화학물질을 사용해야 합니다. 그렇지 않으면 심각한 결과를 가져올 수 있습니다.

  ★ 가습기 살균제 사건
  - 정보 기재의 등을 위한 용도로 출시된 제품을 본래 허가된 용도와 다르게 가습기 살균제로 사용(용사)하면서 신고, 영유아 등 약 120여 명의 사망한 사건입니다.
  - 마찬가지, 화학물질의 용도 외 사용은 심각한 결과를 가져올 수 있으니, 사용자는 MSDS 등을 통해 제조자가 제시한 용도 대로 화학물질을 사용해야 함이 매우 중요합니다.

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

② 유해성 · 위험성

① 유해성 · 위험성 분류 :
② 예방조치 문구를 포함한 경고 표지 항목 :
- 그림문자 :
- 신호어 :
- 유해 · 위험 문구 :
- 예방조치 문구 :

③ 유해성 · 위험성 분류기준에 포함되지 않는 기타 유해성 · 위험성(예: 분진폭발 위험성) :

- 유해성 · 위험성 분류

· 화학물질이 가지는 유해성 · 위험성을 한 눈에 파악할 수 있습니다. GHS에서는 화학물질이 아래와 같은 유해성 · 위험성으로 분류될 수 있습니다.

· 일반적으로 "00 유해성 구분 00(숫자)"로 표시되는데 보통 구분의 숫자가 적을수록 더 큰 유해성 · 위험성을 의미합니다.

· 예시) "인화성 액체 구분 1"은 "인화성 액체 구분 3"보다 더 낮은 온도에서 화재가 날 수 있으므로 더 위험합니다.

물리적 위험성			건강 및 환경 유해성	
01 폭발성 물질	09 인화성 액체	17 급성 독성(경구, 경피, 흡입)		24 생식독성
02 자기반응성 물질	10 인화성 고체	18 피부 부식성 또는 자극성		25 특정표적장기 독성-1회 노출
03 유기과산화물	11 자연발화성 액체	19 심한 눈 손상 또는 자극성		26 특정표적장기 독성-반복노출
04 산화성 가스	12 자연발화성 고체	20 특정표적장기 독성-1회 노출		27 흡인 유해성
05 산화성 액체	13 물반응성 물질	21 호흡기 과민성		28 환경 유해성
06 산화성 고체	14 고압가스	22 피부 과민성		
07 인화성 가스	15 자기발열성 물질	23 발암성		
08 인화성 에어로졸	16 금속부식성 물질	24 생식세포 변이원성		

③ 구성성분의 명칭 및 함유량

- 화학물질명 :
- 관용명 및 이명(異名) :
- CAS번호 또는 식별번호 :
- 함유량(%) :

• 화학물질명, 관용명 및 이명

동일 화학물질이라도 다양한 이름(관용명, 이명, 상품명 등)을 가질 수 있습니다.
예) 벤젠은 벤졸이라 불리기도 합니다.

• CAS번호 또는 식별번호

한국사람에게 주민번호가 부여되듯이 화학물질(일반적으로 단일물질)에도 식별번호가 부여되어 화학물질의 구별을 용이하게 해줍니다. 아래는 대표적인 식별번호입니다.

① CAS No.는 미국화학회(American Chemical Society)의 CAS(Chemical Abstracts Service)에서 화학물질마다 붙인 고유한 식별번호로, 화학물질 정보 서비스에서 원하는 물질을 검색하고 확인하는 등에 유용하게 쓰입니다. 예) 벤젠의 CAS No.는 71-43-2입니다.

② UN No.는 UN에서 위험물에 부여한 4자리 숫자입니다. UN No.는 화학물질마다 고유하지 않을 수 있습니다. 예) 벤젠의 UN No.는 1114인 반면, 인화성 액체는 물질에 상관없이 1993일 수 있습니다.

③ KE No.는 한국의 기존화학물질목록 번호입니다. 환경부에서는 금지물질, 제한물질, 유독물질, 사고대비물질 등 규제물질에 등록번호가 부여되어 있기도 합니다.

④ 그 밖에, 유럽의 EINECS(European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances) 등이 있습니다.

• 함유량

함유량 기재는 일반적으로 고체, 액체의 경우 중량(w) 비율을 쓰고, 기체의 경우 부피(v) 비율로 기재합니다.

④ 응급조치 요령

- 눈에 들어갔을 때 :
- 피부에 접촉했을 때 :
- 흡입했을 때 :
- 먹었을 때 :
- 기타 의사의 주의사항 :

- 응급조치는 화학물질과의 접촉 또는 사고로 인체에 노출되었을 때 취하는 조치입니다.
- 사용자는 화학제품을 사용하기 전에 응급조치에 관한 사항을 먼저 숙지해야 합니다.

⑤ 폭발 · 화재 시 대처방법

- 적절한(및 부적절한) 소화제 :
- 화학물질로부터 생기는 특정 유해성에, 연소시 발생 유해물질 :
- 화재 진압시 착용할 보호구 및 예방조치 :

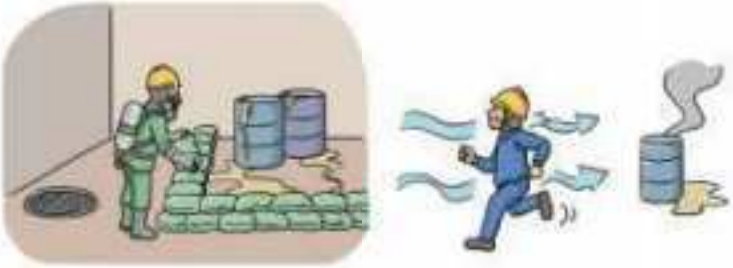
- **적절한(및 부적절한) 소화제**
  - 화학물질의 성질에 따라 분말 소화제, 이산화탄소 소화제, 정규포말 소화제, 물을 뿌려(살수) 소화 등 적당한 소화제가 기재되어 있습니다.
  - 물과 반응하여 폭발, 산화, 부식 등의 성질을 일으키는 물질(예. 물반응성 물질)은 물을 소화제로 사용해서는 안 된다는 등 부적절한 소화제가 있으면 기재되어 있으니 주의해야 합니다.
  - 화학물질을 사용하기 전에 그 화학물질에 맞는 소화제를 미리 알아두어야 합니다.

- **화학물질로부터 생기는 특정 유해성**
  - 일반적인 사용 환경에서 특별한 유해성이 없더라도 화재 시 고온에 의하여 독성물질 등을 발생시킬 수 있으니 주의해야 합니다.
  - 5항에 기재가 없더라도 "제10항. 안정성 및 반응성"도 추가로 참고하는 것이 좋습니다.

⑥ 누출 사고 시 대처방법

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

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



⑦ 취급 및 저장방법

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

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

⑧ 노출방지 및 개인보호구

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

- 노출기준
- 노출기준이란 1일 8시간을 기준으로 노출기준 이하로 노출되는 경우 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 공기 중의 농도입니다. 감수성이 예민한 근로자는 노출기준 이하의 작업환경에서도 영향을 받을 수 있습니다.
- 작업환경측정을 실시하는 경우, 측정값(노출수준)과 노출기준을 비교하여 작업환경을 평가할 수 있습니다.
- 관련 용어

① 시간가중 평균 노출기준(TWA) : 1일 8시간 작업기준

② 단시간 노출기준(STEL) : 1회 15분간 노출기준

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

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

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

- 개인보호구
- 다양한 형태의 보호구가 있으므로 화학물질에 맞는 보호구를 선택하여 사용하여야 합니다.
- 호흡용보호구는 화학물질의 특성과 노출농도를 고려하여 결정해야 합니다. 화학물질의 특성에 따라 필터의 종류와 정화통을 선택하고 노출농도에 따라 공기정화식, 공기공급식 등을 알맞게 선택해야 합니다.
- 부식성이나 피부를 통한 침투가 가능한 화학물질인 경우 전면형 호흡 보호구와 불침투성의 보호장갑, 보호의 등을 착용해야 할 것입니다.

• 급성독성 물질 노출에 의한 사망

급성 독성 경미 물질인 TWA로 세척작업을 하여 피부에 노출된 지 불과 10여 분만에 사망한 사례가 있습니다. 근로자가 전면형 호흡 보호구와 불침투성의 보호장갑, 보호의 등의 보호구를 착용하였다면 사고를 막을 수도 있었던 안타까운 사례입니다.

물리화학적 특성

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

- **냄새, 냄새역치**
  화학물질의 냄새로 물질이 있다는 것과 농도를 대략적으로 알 수 있습니다.

- **pH**
  물질의 산성/알카리성을 나타내는 지표입니다. 14까지의 값을 가지는 pH는 7이 중성이며 높게나(14에 가까운 값) 낮은(0에 가까운 값) pH는 부식성이 있으니 주의하여야 합니다.

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

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

- **인화점**
  점화원에 의해 불이 붙을 만큼의 가연성 증기가 발생하는 최저 온도로 인화점이 낮을수록 화재 위험이 큽니다. 인화성 액체는 저장 시 되도록 인화점 이하로 하여야 화재의 위험을 줄일 수 있습니다.

- **인화 또는 폭발 범위의 상한/하한**

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

폭발범위의 예

- **증기압**

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

- **용해도**

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

- **증기밀도**

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

- **비중**

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

- **n-옥탄올/물 분배계수**

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

- **자연발화 온도**

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

⑩ 안정성 및 반응성

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

- 저장 및 취급 시 추가적으로 참고하여야 합니다.

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

⑪ 독성에 관한 정보

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

※ [부록 1]의 건강유해성 부분 참조

12 환경에 미치는 영향

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

※ [부록 1]의 환경유해성 부분 참조

13 폐기 시 주의사항

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

- 폐기 시에는 제13항을 참조하거나, 환경부 또는 각 지자체의 환경관련 법률과 규정에 따라 화학물질을 폐기하여야 합니다.

⑭ 운송에 필요한 정보

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

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

UN의 위험성 등급

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

⑮ 법적 규제 현황

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

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

- **산업안전보건법**

아래는 산업안전보건법의 주요 화학물질 규제입니다.

① 금지물질 : 제조 · 수입 · 양도 · 제공 또는 사용이 금지되는 유해물질
(제117조 및 시행령 제87조)

② 허가 대상 유해물질 : 제조 또는 사용 허가를 받아야 하는 물질
(제118조 및 시행령 제88조)

③ 관리대상 유해물질 : 법에서 정하는 관리가 필요한 물질로 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 12에서 정한 물질(산업안전보건기준에 관한 규칙 제420조부터 제451조 까지)

④ 허용기준 이하 유지 대상 유해인자 : 정해진 노출기준 이하로 관리해야 하는 물질(산업안전보건법 제107조 및 시행령 제84조)

⑤ 작업환경측정 대상 유해인자 : 사업장의 작업환경측정을 실시해야 하는 물질(산업안전보건법 제125조 및 시행규칙 별표 21)

⑥ 특수건강진단 대상 유해인자 : 취급근로자의 특수검진을 실시해야 하는 물질(산업안전보건법 시행규칙 제201조 및 별표 22)

⑦ 공정안전보고서(PSM) 제출 대상 유해 · 위험물질
(산업안전보건법 제44조, 시행령 제43조 및 시행령 별표 13)

⑧ 위험물질(산업안전보건기준에 관한 규칙 제273조 및 별표 9)

⑨ 노출기준 설정 유해인자(고용노동부고시 제2020-48호 『화학물질 및 물리적 인자의 노출기준』)

- **화학물질관리법***

* 종전의 유해화학물질관리법에서 화학물질관리법으로 개정

① 금지물질 : 모든 용도로의 제조, 수입, 판매, 보관 · 저장, 운반 또는 사용을 금지(화학물질관리법 제18조 등)

② 허가물질 : 환경부장관의 허가를 받아 제조, 수입, 사용(화학물질관리법 제19조 등)

③ 제한물질 : 특정 용도로 사용되는 경우 위해성이 크다고 인정되는 화학물질로서 그 용도로의 제조, 수입, 판매, 보관 · 저장, 운반 또는 사용을 금지(화학물질관리법 제20조 등)

④ 유독물질 : 유해성이 있는 화학물질로서 대통령령으로 정하는 기준에 따라 환경부장관이 정하여 고시한 것(화학물질관리법 제20조 등)

⑤ 사고대비물질 : 급성독성 · 폭발성 등이 강하여 화학사고의 발생 가능성이 높거나 화학사고가 발생한 경우에 그 피해 규모가 클 것으로 우려되는 화학물질(화학물질관리법 제39조 등)

* 고시된 각 물질 목록은 환경부 홈페이지에서 찾아볼 수 있습니다.

- **위험물안전관리법** : 위험물안전관리법 시행령 별표 1의 물질

유해성·위험성 상세 이해

① 폭발

■ 폭발성 물질

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

Explosive substances

Explosive articles

Pyrotechnic substances

■ 자기반응성 물질, 유기과산화물

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

MEKP

Dicumyl Peroxide

Didenzoyl Peroxide

Acetone Peroxide

화재(가연성)

■ 인화성 가스, 액체, 고체, 에어로졸

- 점화원(열, 불, 스파크 등)이 있으면 화재가 날 수 있습니다.
- 인화성 가스나 액체에서 발생한 증기가 밀폐된 공간(예. 도장 부스)에 체적되면 폭발적으로 화재가 발생하여 위험할 수 있으니, 용기나 설비를 접지하거나 방폭 설비를 설치하여 점화 가능성을 없애는 것이 바람직합니다.
- 해당 위험성이 있는 화학물질의 취급, 저장 장소 가까이에서는 담배를 피워서는 안 됩니다.
- 인화성 가스 예시 : 프로판, 아세틸렌, LPG, 부탄 등
- 인화성 액체 예시 : 에탄올, 알코올, 매니큐어, 아세톤, 페인트, 등유, 휘발유 등
- 인화성 고체 예시

Sulphur

Magnesium

Naphthalene

Matches, Safety

■ 자연발화성 액체, 고체

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

■ 자기발열성 물질

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

■ 물반응성 물질

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

인화성 표시와 차이가 있습니다.

■ 산화성 가스, 액체, 고체

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

③ 기타

■ 고압가스

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

■ 금속부식성 물질

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

건강 유해성

■ 급성 독성

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

급성독성 물질 노출에 의한 사망

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

■ 피부 부식성 또는 자극성/심한 눈 손상 또는 자극성

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

■ 호흡기 과민성/피부 과민성

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

■ 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성

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

* CMR : C(Carcinogenicity, 발암성), M(Mutagenicity, 변이원성), R(Reproductive toxicity, 생식독성)

■ GHS 기준에 의한 CMR물질 구분

- 발암성(Carcinogenicity) 물질

암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질

1A : 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질

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

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

- 생식세포 변이원성(Mutagenicity) 물질

자손에게 유전될 수 있는 사람의 생식세포에 돌연변이를 일으킬 수 있는 물질

1A : 사람에게서의 역학조사 연구결과 양성의 증거가 있는 물질

1B : 다음 어느 하나에 해당하는 물질

① 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 유전성 생식세포 변이원성 시험에서 양성

② 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성이고, 생식세포에 돌연변이를 일으킬 수 있다는 증거가 있음

③ 노출된 사람의 정자 세포에서 이수체 발생빈도의 증가와 같이 사람의 생식세포 변이원성 시험에서 양성

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

① 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성

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

③ 포유류 세포를 이용한 변이원성시험에서 양성이며, 알려진 생식세포 변이원성 물질과 화학적 구조활성 관계를 가지는 경우

- 생식독성(Reproductive toxicity) 물질

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

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

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

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

수유독성 : 다음 어느 하나에 해당하는 물질

① 흡수, 대사, 분포 및 배설에 대한 연구에서, 해당 물질이 잠재적으로 유독한 수준으로 모유에 존재할 가능성을 보임

② 동물에 대한 1세대 또는 2세대 연구결과에서, 모유를 통해 전이되어 자손에게 유해영향을 주거나, 모유의 질에 유해영향을 준다는 명확한 증거가 있음

③ 수유기간 동안 아기에게 유해성을 유발한다는 사람에 대한 증거가 있음

주요 기관의 발암성 구분

IARC

- **Group 1** : 인체 발암성 물질(인체 발암성에 충분한 근거자료가 있는 경우)
- **Group 2A** : 인체 발암 추정 물질(인체 자료는 제한적이지만 실험동물자료가 충분)
- **Group 2B** : 인체 발암 가능 물질(인체 자료가 제한적이고 실험동물 자료도 충분하지 않은 경우)
- **Group 3** : 인체 발암성 비분류 물질(인체 발암성에 대해서는 증거가 부적당하고 동물 실험에서는 부적당하거나 제한된 증거)
- **Group 4** : 인체 비발암성 추정 물질(인간과 동물에서 발암성이 없다는 증거)

ACGIH

- **A1** : 인체에 대한 발암성 확인물질
- **A2** : 인체에 대한 발암성 의심물질
- **A3** : 동물에서는 발암성이 있으나 인체에서는 발암성이 확인되지 않은 물질
- **A4** : 인체 발암성 미분류 물질
- **A5** : 인체 비발암 물질

NTP

- **K** : Known To Be Human Carcinogen
- **R** : Reasonably Anticipated To Be Human Carcinogen

2-bromopropane과 생식독성

- 전자부품공장의 여성근로자들의 2-브로모프로판(2-bromopropane)에 중독돼 생리불순, 난소부전증과 같은 임신력의 생식독성 증상을 보였으며, 남성근로자의 경우도 이로 인한 무정자증을 앓아 나타난 사례가 있습니다.

* 특정표적장기 독성(1회 및 반복 노출)

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

* 흡인 유해성

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

⑤ 수생 환경 유해성

- 급성 또는 만성적으로 어류, 갑각류(새우 등), 조류(수생 식물) 등에 유해한 영향을 주는 것을 말하며, 먹이 사슬에 따라 간접적으로 사람에게 영향을 줄 수 있습니다.
- 보통 LC_{50}, EC_{50}, ErC_{50}의 표현과 함께 수치로 제시되어 있으며, 값이 작을수록 수생생물에 유해함을 뜻합니다.

• 물질안전보건자료(MSDS) 검색하기

– 공단 홈페이지(www.kosha.or.kr) 메인화면 우측 중앙의

MSDS(물질안전보건자료) OR 자료마당 > 직업건강정보 > MSDS/GHD

화학물질정보 홈페이지 http://msds.kosha.or.kr

• 물질안전보건자료(MSDS) 경고표지 작성하는 방법

– 접속방법 : 상기 물질안전보건자료(MSDS) 검색방법 참조

- 「산업안전보건법」 제37조에 근거하여 사업장에서 화학물질의 용기 및 포장에는 경고표지를 부착하여야 하며, 사업장에서 자체적으로 덜어쓰는 용기에도 반드시 경고표지를 부착하여 사용하여야 합니다.

***명칭** : 대상 화학물질의 명칭(MSDS상의 제품명)

***그림문자 :** 5개 이상일 경우 4개만 표시가능

***신호어 :** "위험" 또는 "경고", 모두 해당하는 경우 "위험"만 표시

*** 유해·위험 문구 :** 해당 문구 모두 기재, 중복되는 문구 생략, 유사한 문구 조합 가능

*** 예방조치 문구 :** 7개 이상인 경우 예방·대응·저장·폐기 각1개 이상을 포함하여 6개만 표시 가능(해당 문구 중 일부만 표기 시 "기타 자세한 사항은 물질안전보건자료(MSDS)를 참고하시오" 문구 추가)

*** 공급자 정보 :** 제조자 또는 공급자의 이름 및 전화번호 등

Ⅲ

화재 · 폭발사고 고위험 화학물질, 장치 및 설비별 One Point Lesson

1. 화학물질 35
2. 장치 및 설비 67

Ⅲ

화재 · 폭발사고 고위험 화학물질, 장치 및 설비별 One Point Lesson

화학물질

1. 인화성 가스(Flammable gas) 37
2. 인화성 액체(Flammable liquid) 41
3. 수소(Hydrogen, H_2) 45
4. 황산(Sulfuric acid, H_2SO_4) 49
5. 염산(Hydrochloric acid, HCl) 53
6. 불산(Hydrofluoric acid, HF) 57
7. 가연성 분진(Combustible dust) 61
8. 용탕(Molten metal) 64

인화성 가스(Flammable gas)

인화성가스란?

- 폭발한계 농도의 하한(폭발하한)이 13퍼센트 이하 또는 상하한의 차가(폭발상한-폭발하한)가 12퍼센트 이상인 것으로서 1기압 20℃에서 가스 상태인 물질
- 수소, 아세틸렌, 에틸렌, 에탄, 에탄, 프로판, 부탄, 도시가스(NG), LPG, 암모니아 등
  - 폭발하한(L.E.L) : Lower Explosive Limit : 공기 중에서 인화성가스 등의 농도가 이 값 이하에서는 폭발되지 않는 한계
  - 폭발상한(U.E.L) : 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	발열성	산화성	부식성/독성/유해성
수소	1333-74-0	암모니아, 염산, 메탄올 합성 원료, 수소첨가제	◆	◆			
아세틸렌	74-86-2	용접·절단용 가스 합성원료 및 고무 원료	◆	◆			◆
에틸렌	74-85-1	석유화학제품 원료		◆		◆	
에탄	74-82-8	에틸렌 원료, 천연가스 주성분	◆	◆			
에탄	74-84-0	염소화 유도체, 냉동제	◆	◆			◆
프로판	74-98-6	LPG 성분, 냉매	◆	◆			◆
부탄	106-97-8	냉동제, 첨가제, LPG 성분	◆	◆	◆		◆
천연가스	8006-14-2	연료	◆				
LPG	68476-85-7	가정용 연료, 용접	◆	◆	◆		

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 밸브 | 금연 취급금 | 밀폐공간에서는 공기공급식 송기마스크 착용 면 마스크, 일반방진 등록 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 와셔는 1회 사용 후 폐기
  - 용기의 부식·마모 또는 변형상태를 점검 후 사용

- **누출 및 화재폭발시 대응방법**
  - 인화성가스 누출시 자연된 폭발을 수반하는 경우가 많으므로 원격이나 안전한 방법으로 차단할 수 없으면 접근을 자양하고 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

제29조(근로자에 대한 안전보건교육) 폭발성·물반응성 등 유해·위험물질 취급시 특별교육, MSDS 교육 등
제37조(안전보건표지의 설치·부착) 유해하거나 위험한 장소·시설·물질에 대한 경고, 지시, 안내 표지 설치 또는 부착
제44조(공정안전보고서의 작성·제출) 유해·위험물질 규정량 이상 취급 설비의 공정안전보고서 제출
제110조(물질안전보건자료의 작성 및 제출) MSDS 작성, 제공, 게시, 일부 비공개 승인, 교육 및 물질 경고표시

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) 화기·기계·기구 및 공구 등 사용제한
- 제311조(폭발위험장소에서 사용하는 전기 기계·기구의 선정 등) 방폭구조 전기 기계·기구 사용

법적 규제사항

- **산업안전보건법**
  - 공정안전보고서 제출 대상 : 1일 5,000kg 이상 제조·취급, 200,000kg 이상 저장
    ※ 수소 제조 · 취급 · 저장 5,000kg 이상, 암모니아 제조 · 취급 · 저장 10,000kg 이상

- **고압가스안전관리법**
  - 사용신고 및 완성·정기검사(제20조) : 수소, 액화염소, 암모니아, 아세틸렌, 천연가스
    ※ 저장능력 250kg 이상인 액화가스저장설비
    저장능력 50m³ 이상인 압축가스저장설비
    배관으로 특정고압가스·천연가스는 배관대를 공급받는 경우

소화조의 음식폐기물
이송배관 교체 작업중 화재·폭발
재해 개요
하수처리시설 소화조에 투입하는 음식폐기물 이송배관 부분교체 작업 중
화재·폭발 사고가 발생하여 1명 사망, 1명 부상
재해 발생 원인
위험물이 있는 장소에서 화기 사용
위험물(인화성 가스) 미제거 상태에서 절단(화기) 작업
폭발위험장소 미설정 및 미관리
안전작업허가서 미발급
재해 예방 대책
위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용 금지
소화조 내부의 메탄 등 인화성 가스를 완전 제거 후 배관 교체공사 실시
폭발위험 장소의 설정 및 관리
안전작업허가서 발급
관련 법령
제 2020-55호 공정안전보고서의 제출 · 심사 · 확인 및 이행상태평가 등에 관한 규정

인화성 액체(Flammable liquid)

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

위험물안전관리법

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

1. 특수인화물
2. 제1석유류 : 인화점 21℃ 미만(아세톤, 휘발유 등)
3. 알코올류
4. 제2석유류 : 인화점 21℃ 이상 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(국제위험정보)
4	인화점 23℃ 미만 및 비등점 38℃ 미만(LNG, 부스탄)	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, 윤활유)	
0	위험 없음(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
- 신나 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 한 마스크, 일반방진 방독 마스크 착용 금지

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

- **안전하게 저장**
  - 용기는 환기가 잘 되는 곳에 단단히 밀폐하여 저장
  - 저장용기 및 배관은 접지 및 본딩 실시
  - 저장탱크에 방유제 설치
- **누출 및 화재폭발시 대응방법**
  - 누출 및 화재시 자동 또는 원격으로 원료공급 정지 가능하도록 설치
  - 수용성, 불용성, 물반응성 등을 고려 물질특성에 맞는 적절한 소화기 및 소화설비 설치
  - 대형화재시 복사열을 고려, 실제 화재진압 가능하도록 소화전 배치
  - 실내화재시 유독가스가 생성되므로 지체하지 말고 신속히 대피
  - 이상반응 위험이 있을 경우 원료공급중지-냉각-억제제 투입-대피 시점을 미리 정할 것

관련 법규 및 안전보건기준

산업안전보건법

제29조(근로자에 대한 안전보건교육) 폭발성·물반응성 등 유해·위험물질 취급시 특별교육, MSDS 교육 등
제37조(안전보건표지의 설치·부착) 유해하거나 위험한 장소·시설·물질에 대한 경고, 지시, 안내 표지 설치 또는 부착
제44조(공정안전보고서의 작성·제출) 유해·위험물질 규정량 이상 취급 설비의 공정안전보고서 제출
제110조(물질안전보건자료의 작성 및 제출) MSDS 작성, 제공, 게시, 일부 비공개 승인, 교육 및 물질 경고표시

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)** 화기·기계·기구 및 공구 등 사용제한
- **제311조(폭발위험장소에서 사용하는 전기 기계·기구의 선정 등)** 방폭구조 전기 기계·기구 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**
  - 인체상해 등 작업환경측정 대상 유기화합물에 해당하는 물질의 업종(AA, MEK, MIBK, 벤젠, 사염화에틸, 아세톤, 크실렌, 톨루엔, 톨루엔 혼합 등)
  - 공정안전보고서 제출 대상물질(일 5,000kg 이상 제조취급, 200,000kg 저장)
  - 특수건강진단물질
- **위험물안전관리법** : 제4류 위험물질

알코올 폐기를 위해 불이 있는
철제통에 붓던 중 화재
재해 개요
동절기 보온 연료로 사용하고 남은 알코올을 폐기하기 위해 불이 있는 철제통에 붓는 과정에서
알코올이 담긴 플라스틱 통이 화재로 인해 폭발하여 사망
재해 발생 원인
위험물질 취급시 폭발·화재 방지조치 미실시
인화성 액체(알코올)의 사용 후 폐기물 처리 미실시
재해 예방 대책
인화성 액체는 화기 등 점화원이 될 우려가
있는 것에 접근, 주입금지
폐기물은 정해진 장소에서만 처리

수소(Hydrogen)

수소 가스란?

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

● 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 비래 - 충돌

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

안전대책

- **화재 - 폭발 예방**
  - 수소 가스를 사용하는 장비나 시설은 수소가스가 누설되지 않는 밀폐된 구조이어야 하며 사용 전에 누설 여부를 확인
  - 용기 밸브나 충전 호스는 밸브를 열기 전에 누설 여부를 확인
  - 스파크나 정전기 등의 점화원 발생 예방을 위해 정전기 방지복을 착용
  - 스파크가 발생하지 않는 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

일반공구사용 ×)

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

- 고압가스용기 전도방지조치 미흡

예방대책

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

안전수칙

- 사용 전에 누설 여부를 체크한다.
- MSDS를 작업 현장에 비치하고 직원에게 MSDS를 교육하여 수소가스의 위험성을 교육한다.
- 용기나 저장탱크는 관계기관의 검사를 받는다.
- 사용 설비는 최초 사용 전에 관계기관의 승인을 받고 사용한다.
- 조연성 가스와 최소한 6m 이상을 이격하여 보관한다.
- 용기 보관 시에는 전도 방지를 위해 체인으로 고정한다.
- 용기 보관 장소에 가연성 가스 표지판을 부착하고 외부인의 출입을 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 흡기를 취급하지 않는다.
- 용기의 밸브 취급 시나 가스의 이 · 충전 시에는 보안경을 착용한다.

용기 보관 시 전도예방조치 및
용기보호캡 설치

용기이동용 카트

관계법령

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제234조 (가스 등의 용기)

황산(Sulfuric Acid)

황산(Sulfuric acid, H_2SO_4) 이란?

- 무색의 비휘발성 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 석유화학공업 등에 쓰이며, 사약으로서도 매우 중요

화학물질(CAS No : 7664-93-9) 정보 요약

유해·위험성 정보	그림문자 / 일반정보
• NFPA 지수 – 보건 : 3매우 짧은 신체적 노출에도 사망 혹은 심각한 부상을 야기할 수 있음 – 화재 : 0(아무 일 없음) – 반응 : 2가공기기 상승시 화학적 변화를 수반할 수 있고 물과 접촉반응하거나 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 – 금속을 부식시킬 수 있음. 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴 • 예방조치문구 – 보호장갑, 보호의, 보안경, 안면보호구를 착용하시오. – 흄, 증기, 스프레이를 흡입하지 마시오.	

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 발생시 킬 수 있고, 고온에서 분해되어 독성가스를 생성할 수 있음
- 증기, 분진, 물질의 흡입, 섭취, 접촉은 심각한 상해, 화상, 죽음을 초래 할 수 있음
- 밀폐공간에 인화성·독성 가스가 축적될 수 있음

취급 상 주의사항

작업조건에 맞는 보호구 착용 | 용기밸브 개폐 / 용기밸브 | 용기입출 / 취급금지 | 밀폐공간 / 송기마스크 착용, 안전한 방독마스크 착용관리

안전한 취급 및 저장방법

- 개봉 전에 조심스럽게 마개를 열 것
- 공학적 관리(국소배기, 공정격리 등) 및 작업조건에 맞는 보호구를 첨조하여 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 제조자 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 제안설비와 안전 사워를 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 격리할 것
- 적절한 보호의를 착용하지 않고 파손된 용기나 누출물에 손대지 말것
- 화재가 없는 누출시 전면보호형 증기 보호의를 착용할 것
- 물과 격렬히반응하여 부식성/독성가스를 방출하니 주의할 것

황산 취급 관리

유해 · 위험요인

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

취급 상 주의사항

작업조건에 맞는 보호구 착용 | 배기설비 가동 / 용기밀폐 | 환기금지 / 취식금지 | 밀폐공간 : 유기가스 차폐, 인명안전(독가스 차폐관리)

안전한 취급 및 저장방법

- 개봉 전에 조심스럽게 마개를 열 것
- 공학적 관리(국소배기, 공정격리 등) 및 작업조건에 맞는 보호구를 첨조하여 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 (제조자 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 들으면 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 말것
- 화재가 없는 누출시 전면보호형 증기 보호의를 착용할 것
- 물과 격렬히반응하여 부식성/독성가스를 방출하니 주의할 것

참고 법규 및 안전보건기준

산업안전보건법

제29조(근로자에 대한 안전보건교육) 폭발성·물반응성 등 유해·위험물질 취급시 특별교육, MSDS 교육 등
제37조(안전보건표지의 설치·부착) 유해하거나 위험한 장소·시설·물질에 대한 경고, 지시, 안내 표지 설치 또는 부착
제39조(보건조치) 원재료·가스·분진 등에 의한 건강장해 예방조치
제44조(공정안전보고서의 작성·제출) 유해·위험물질 규정량 이상 취급 설비의 공정안전보고서 제출
제63조(도급인의 안전조치 및 보건조치) 도급하는 경우 안전보건정보 제공 등
제110조(물질안전보건자료의 작성 및 제출) MSDS 작성, 제공, 게시, 일부 비공개 승인, 교육 및 물질 경고표시
제125조(작업환경측정) 작업환경의 측정 및 측정결과 보고 등
제130조(특수건강진단 등) 작업환경 측정, 근로자 건강보호 조치 작업측정 결과 설명회 등 개최

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(남게 등의 접합부)** 화학설비 또는 그 배관의 덮개, 플랜지, 밸브 및 코의 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 ① 보기 쉬운 위치에 압력계를 설치하고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 동력 차단기능 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 마상압력이 가해져 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 쏟 우려가 있는 경우에는 경보설비를 설치하거나 경보용 기구 비치, 새는 경우에 대비하여 제거용 약제, 기구 또는 설비 비치

내부 사항은 제2편(안전기준) 제2장(폭발, 화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지) : 제225조~300조, 제3편(보건기준) 제1장(관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방) : 제420조~491조 참조

법칙 규제사항

- **산업안전보건법**
  - 공정안전보고서(유해·위험물질 제조·취급·저장 20,000kg ~ 총량 20% 이상)
  - 부식성 물질농도 20% 이상인 금성 독성물질
  - 관리대상 유해물질, 특별관리물질pH 2.0 이상
  - 작업환경측정 대상물질, 특수건강진단 대상물질
- **유해화학물질관리법** : 사고대비물질, 유독물

염산(Hydrochloric acid)

염산(Hydrochloric acid) 이란?

- 무색 투명하고 부식성이 강한 염화수소 수용액
- 대표적인 강산 중 하나로 물로 희석한 '묽은 염산'을 이용
- 농도 35% 이상의 짙을 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
• NFPA 지수 – 보건 : 3(매우 짧은 시간의 노출에도 일시적 혹은 잔류적 부상을 야기함 ⇒ 1) – 화재 : 0(비시 없음) – 반응 : 1(일반적으로 안정하나, 가열/가압 상승시 불안정해짐 ⇒ 1)는 불림)	
• 물리화학적 특성 : 비중 1.19, 증기비중 1.3, 분자량 36.5	
• 독성 : LD50(경구, 쥐) 238 mg/kg, LC50(쥐, 1시간 흡입) 4.2 mg/ℓ	
• 인화성 : 해당없음	
• 유해위험문구 – 흡입하면 치명적임 – 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 입으킴	
• 예방조치문구 – 보호장갑, 보호의, 보안경, 안면보호구를 착용하시오. – 흄, 증기, 스프레이를 흡입하지 마시오. – 취급 후에는 취급부위를 철저히 씻으시오.	

참고 : 해당 화학물질은 공급자 또는 제조사의 MSDS(물질안전보건자료) 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, 안전화/방독마스크 착용금지

안전한 취급 및 저장방법

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

누출 및 화재폭발 시 대응방법

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

재해사례 : 염산 누출 사고

발생 개요

- 염산 배관에 설치된 리듀서를 수리·보수 작업 중에 리듀서가 완전히 파단되어 염산(35%) 약 200m³ 가 방유제 내부로 누출된 사고

재해발생 원인

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

재해예방 대책

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

참고 법규 및 안전보건기준

산업안전보건법

제29조(근로자에 대한 안전보건교육) 폭발성·물반응성 등 유해·위험물질 취급시 특별교육, MSDS 교육 등
제37조(안전보건표지의 설치·부착) 유해하거나 위험한 장소·시설·물질에 대한 경고, 지시, 안내 표지 설치 또는 부착
제39조(보건조치) 원재료·가스·분진 등에 의한 건강장해 예방조치
제44조(공정안전보고서의 작성·제출) 유해·위험물질 규정량 이상 취급 설비의 공정안전보고서 제출
제63조(도급인의 안전조치 및 보건조치) 도급하는 경우 안전보건정보 제공 등
제110조(물질안전보건자료의 작성 및 제출) MSDS 작성, 제공, 게시, 일부 비공개 승인, 교육 및 물질 경고표시
제125조(작업환경측정) 작업환경의 측정 및 측정결과 보고 등
제130조(특수건강진단 등) 작업환경 측정, 근로자 건강보호 조치 작업측정 결과 설명회 등 개최

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 재질의 빈도, 온도, 농도 등에 따라 내구성이 있는 재료를 사용
- **제297조(부식성 액체의 압송설비)** 위험물질을 동력을 사용하여 호스로 압송하는 작업을 하는 경우 ① 보기 쉬운 위치에 압력계를 설치하고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 동력을 차단할 수 있는 조치, ② 호스와 그 접속용구는 내식성, 내열성 및 내한성을 가진 것을 사용, ③ 호스에 사용정격압력을 표시하고 그 사용정격압력을 초과하여 압송 금지, ④ 호스 내부에 이상압력이 가하여져 위험할 경우에는 압송에 사용하는 설비에 과압방지장치를 설치, ⑤ 호스와 호스 외의 관 및 호스 간의 접속부분에는 접속용구를 사용하여 누출이 없도록 확실히 접속
- **제431조(작업장의 바닥)** 관리대상 위험물질을 취급하는 실내작업장의 바닥에 불침투성의 재료를 사용하고 청소하기 쉬운 구조로 함
- **제434조(경보설비 등)** 관리대상 위험물질이 샐 우려가 있는 경우에는 경보설비를 설치하거나 경보용 기구 비치, 새는 경우에 대비하여 제거용 약제, 기구 또는 설비 비치

새부 사항은 제2편(안전기준) 제1장(폭발, 화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지 : 제225조~300조), 제3편(보건기준) 제7장(관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방 : 제420조~451조) 참조

법적 규제사항

- **산업안전보건법**
  - 공정안전보고서(PSM) 제출대상 물질제조·취급·저장 20,000kg – 증량 20% 이상
  - 부식성 물질(pH 20% 이상), 급성 독성물질
  - 관리대상 유해물질, 작업환경측정 대상물질, 특수건강진단 대상물질
- **유해화학물질관리법** : 사고대비물질, 유독물

불산(Hydrofluoric acid)

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 통과 조직 속으로 쉽게 침투해 강력한 독성을 일으킴
- 불산이나 고농도의 불산 증기가 피부에 닿으면 하얗게 탈색되며 물집이 잡히고, 눈에 닿으면 각막이 파괴되거나 혼탁해짐
- 반응성이 높은 성질 때문에 촉매제나 탈수제로도 이용되며, 반도체 실리콘 웨이퍼의 불필요한 부분을 녹이는데 탁월하여 반도체 산업의 필수 화학물질 임

화학물질(CAS No : 7664-39-3) 정보 요약

유해·위험성 정보	그림문자 / 일반정보
• NFPA 지수 – 보건 : 흡입이 짧은 시간의 노출로도 사망 혹은 심각한 부상을 야기할 수 있음 – 화재 : 없음 – 반응 : 1기압하으로 안정하지만, 가열시킬 상황시 불안정해질 수 있는 물질 • 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 착용하시오. – 흄, 증기, 스프레이를 흡입하지 마시오.	

참고 : 해당 화학물질의 공급자 또는 웹사이트 MSDS자료에 따라 일부 특성이 달라질 수 있음

불산 취급 관리

유해·위험요인

- 일부 불화은 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 시 주의사항

작업복과 맞는 보호구 착용

에어컨의 가동 / 환기장비

열, 물과 같은 물질 및 수건을 피할 것

안전보건예방 준구 이해

안전한 취급 및 저장방법

- 가스·증기 등의 흡입을 피하고, 모든 안전 예방조치 준구를 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 (제조자 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 탄산/젤리 혼합으로 문지르고, 눈은 15분간 물/칼슘 용액으로 씻어낼 것
- 오염 지역을 격리할 것
- 화재가 없는 누출시 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

제29조(근로자에 대한 안전보건교육) 폭발성·물반응성 등 유해·위험물질 취급시 특별교육, MSDS 교육 등
제37조(안전보건표지의 설치·부착) 유해하거나 위험한 장소·시설·물질에 대한 경고, 지시, 안내 표지 설치 또는 부착
제39조(보건조치) 원재료·가스·분진 등에 의한 건강장해 예방조치
제44조(공정안전보고서의 작성·제출) 유해·위험물질 규정량 이상 취급 설비의 공정안전보고서 제출
제63조(도급인의 안전조치 및 보건조치) 도급하는 경우 안전보건정보 제공 등
제110조(물질안전보건자료의 작성 및 제출) MSDS 작성, 제공, 게시, 일부 비공개 승인, 교육 및 물질 경고표시
제125조(작업환경측정) 작업환경의 측정 및 측정결과 보고 등
제130조(특수건강진단 등) 작업환경 측정, 근로자 건강보호 조치 작업측정 결과 설명회 등 개최

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 발생되지 않은 재료를 사용하거나 도장 등의 조치
- **제257조(플랜지 등의 접합부)** 화학설비 또는 그 배관의 플랜지, 플렌지, 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 ① 보기 쉬운 위치에 압력계를 설치하고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 동력을 차단할 수 있는 조치 ② 호스와 그 접속용구는 압송하는 산에 대하여 내식성, 내열성 및 내한성을 가진 것을 사용 ③ 호스에 사용정격압력을 표시하고 그 사용정격압력을 초과하여 압송 금지 ④ 호스 내부에 이상압력이 가하여져 위험할 경우에는 압송에 사용하는 설비에 과압방지장치를 설치 ⑤ 호스와 호스 외의 관 및 호스 간의 접속부분에는 접속용구를 사용하여 누출이 없도록 확실히 접속
- **제431조(작업장의 바닥)** 관리대상 위험물질을 취급하는 실내작업장의 바닥에 불침투성의 재료를 사용하고 청소하기 쉬운 구조로 함
- **제434조(경보설비 등)** 관리대상 위험물질이 샐 우려가 있는 경우에는 경보설비를 설치하거나 경보용 기구 비치, 관리대상 위험물질이 새는 경우에 대비하여 제거용 약제, 기구 또는 설비 비치

제9장 사업은 제2편(안전기준) 제2장(폭발, 화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지) : 제225조~300조, 제3편(보건기준) 제1장(관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방) : 제420조~451조 참조

법적 규제사항

- **산업안전보건법**
  - 공정안전보고서(PSM) 제출대상 물질(제조·취급·저장 10,000kg – 중량 10% 이상
  - 부식성 물질(농도 60% 이상), 금성 독성물질
  - 관리대상 유해물질, 작업환경측정 대상물질, 특수건강진단 대상물질
- **유해화학물질관리법** : 사고대비물질, 유독물

분진(Combustible dust)

분진폭발방지 안전수칙

재해사례

다량의 분진 발생 작업장에서 화기 작업중 화재·폭발 발생

분진이란?

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

분진폭발방지 대책

- 분진 제거
  - 건축물의 바닥에 분진이 누적, 비산되지 않도록 즉 때에 제거
- 분진발생 설비의 구조 개선
  - 분진이 외부로 비산되지 않도록 조치(주변 또는 일체구조로 설치)
- 금속분리 장치 설치
  - 분쇄기의 입구에 스파크 발생 방지를 위한 금속 분리 장치 설치
- 제진설비
  - 모든 분진발생 설비를 제진설비 장치에 연결
  - 제진설비에 이상시 분진발생 설비도 기동되지 않도록 연동조치 설치
  - 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
  - 분기로 분진물질을 수송하는 설비 및 수송덕트의 접속부위에 접지 실시
- 불활성가스 봉입
  - 질소 등의 불활성가스 봉입을 통해 산소농 폭발 하소농도 미만으로 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, 생가루, 녹말, 설탕 등

| 밀가루 분진 입자 모습 |

탄소질 분진 발생 물질

- 목탄, 역청탄, 코크스, 갈탄, 이탄, 목재, 지류 등

화학 분진 발생 물질

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

금속 분진 발생 물질

- 알루미늄, 청동, 철가보닐, 마그네슘, 아연 등

플라스틱 분진 발생 물질

- 폴리아크릴아마이드, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에틸렌, 에폭시 수지, 멜라민 수지, 페놀 셀룰로오스, 폴리아크릴레이트, 페놀수지, 폴리프로필렌, 테르펜 페놀수지, 요소-포름알데히드 셀루로오스, 비닐아세테이트 공중합체, 폴리비닐알코올, 폴리비닐부티랄, 폴리비닐 클로라이드, 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'

사일로 철거 작업 중 폭발

재해 개요

공장 철거공사 현장에서 테레프탈산(TPA) 저장용 사일로 해체를 위해 사일로 지붕과 본체 측면부의 면을 절개 용단작업 중 사일로 내부에서 폭발이 발생, 사일로 지붕 상부 용단 작업자 1명 사망

재해 발생 원인

- 사전조사 미실시 및 작업계획서 미작성
- 사일로 내부의 가연성분진 제거 방법 불량
- 사일로 내부 잔류물 제거 전 화기사용
- 저장 물질의 종류 및 위험성 등 정보 미제공

재해 예방 대책

- 사일로 해체 작업에 대한 사전조사 및 작업계획서 작성
- 사일로 내부 물세척 등의 방법으로 가연성 물질 완전 제거 후 후속작업 시행
- 사일로내 가연물 제거 전 화기 작업 금지
- 도급사업시 저장물질에 대한 안전보건정보 제공

관련 법령

용탕(Molten metal)

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

재해발생 원인

- 레들 기울기에 따른 무게중심 변화와 회전 오멘트 작용
  - ※ 설계용량을 초과한 용탕을 담은 레들 기울기에 따른 무게중심의 변화, 흑이음 운불 성분 등에 의한 높으로 갑자 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

- 레들 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 설계 위험성 등 제거
- 신규 설비 운전 시작 전 교육, 안전한 작업방법, 비상장치 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

용탕 레들이 뒤집혀 용탕이 쏟아짐

고열 물체 취급시 잠재위험요인 꼭 확인하세요!

참고법령 및 기준

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

Ⅲ

화재 · 폭발사고 고위험 화학물질, 장치 및 설비별 One Point Lesson

장치 및 설비

1. 보일러(Boiler) 69
2. 반응기(Reactor) 77
3. 저장탱크(Storage tank) 80
4. 건조설비(Dryer) 82
5. 용해로(Melting furnace) 86
6. 가스용접기(Gas welder) 90
7. 드럼(Drum) 94
8. 공기압축기(Air compressor) 96
9. 에어재킷(Air jacket) 100

보일러(Boiler)

보일러란?

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

보일러의 종류			형식
원통보일러	· 노통이나 연관 또는 노통과 연관이 함께 설치된 구조로 되어 있으며 구조가 간단하고 용이한 반면 보유량이 많아 증기 발생시간이 길며 파열 시 피해가 큼	· 수직형 보일러 · 노통보일러 · 연관보일러 · 노통연관보일러	횡관식, 수직연관식, 횡수관식, 노통보식, 코니시보일러, 랭커셔보일러 종형연관보일러, 기관차형 보일러 노통연관보일러, 스코티보일러
수관보일러	· 전열 면이 다수의 수관으로 되어 있어 수관 내에서 증발할 수 있도록 되어 있고, 고압 대용량이 가능하여 대부분의 화력발전에 사용	· 자연순환식 수관보일러 · 강제순환식 수관보일러 · 관류보일러	직관식, 곡관식, 조합식 등 라몬트식, 베록스식, 조정순환식 등 벤슨식, 스루저식, 기타 소형 각종 보일러
특수보일러	· 가스터빈의 폐가스를 열원으로 사용하는 폐열보일러 · 연료로 나무껍질 등을 사용하는 특수연료 보일러	· 온수용 보일러 · 특수보일러	주철제조합식, 수관식 등 폐열보일러, 특수보일러, 특수유체보일러, 간접가열보일러

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

Ⓟ 압력 방출 장치

- 보일러의 안전한 가동을 위하여 보일러 규격에 맞는 압력방출장치를 1개 또는 2개 이상 설치하고 최고사용압력(설계압력 또는 최고허용압력) 이하에서 작동되도록 조치
  - 단, 압력방출장치가 2개 이상 설치된 경우 최고사용압력 이하에서 1개가 작동되고, 다른 압력방출장치는 최고사용압력 1.05배 이하에서 작동되도록 부착

- 매년 1회 이상 국가교정업무 전담기관에서 교정을 받은 압력계를 이용하여 설정압력에서 압력방출장치가 적정하게 작동하는지를 검사한 후 납으로 봉인하여 사용
  - 단, 공정안전보고서 제출 대상으로서 공정안전보고서 이행상태 평가결과가 우수한 사업장은 압력방출장치에 대하여 4년마다 1회 이상 검사 가능

압력방출장치 및 봉인 예

압력제한스위치

- 보일러의 과열을 방지하기 위하여 최고 사용압력과 상용압력 사이에서 보일러의 버너 연소를 차단할 수 있도록 압력제한스위치를 부착하여 사용

고저수위 조절 장치

- 고저수위 조절장치의 동작 상태를 작업자가 쉽게 감시하도록 하기 위하여 고저수위지점을 알리는 경보등 · 경보음장치 등을 설치하여, 자동으로 급수, 단수되도록 설치

- **보일러 가스폭발 방지에 관한 작업 시 준수사항**
  - 점화 전 또는 보일러에 따라 정지 시에도 로내 및 연도 내의 충분한 환기
  - 매연(그을음) 퇴적에 주의하여 퇴적된 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	가동 중
• 급수탱크의 수위 • 분출장치의 폐지상태 • 급수배관 밸브의 개폐 • 수면 측정장치 각 연락배관의 밸브 또는 콕크의 상태 • 보일러의 수위	• 수면 측정장치의 기능 • 연료차단밸브, 연료리턴밸브의 기능 • 수위검출기의 증기와 물쪽 연락관 및 배수관에 설치되어 있는 밸브 또는 콕크의 상태 • 분출장치에서의 누설 유무

- 보일러 안전장치의 종류

❶ 압력방출장치(안전밸브 및 압력릴리프 장치)

– 보일러 내부의 압력이 최고사용 압력을 초과할 때 그 과잉의 압력을 외부로 자동적으로 배출시킴으로써 과도한 압력상승을 저지하여 사고를 방지하는 장치

❷ 압력제한 스위치

– 보일러의 증기압력 또는 발생온수의 온도가 최고 사용압력 또는 최고사용온도에 도달하기 전에 연료공급을 차단하는 장치로써 압력조절 스프링을 죄거나 풀어서 설정압력을 조정

– 보일러 본체에서 발생되는 압력에 의하여 레버를 밀어 올리며, 이 힘이 스프링을 눌러주는 힘보다 클 때 수은 스위치 또는 마이크로 스위치가 단락되어 전기를 통전 또는 끊어주는 경보가 울리면서 연료차단 밸브를 작동시킴으로써 연소를 중단케 함

❸ 고저수위 조절장치

– 보일러의 수위가 안전을 확보할 수 있는 최저수위(안전수위)까지 내려가기 직전에 자동적으로 경보가 울리고 안전수위까지 내려가는 즉시 연소실 내에 공급하는 연료를 자동적으로 차단하는 장치

최고사용압력의 표시

- 압력용기 등을 식별할 수 있도록 하기 위하여 그 압력용기 등의 최고사용압력, 제조연월일, 제조회사명 등이 지워지지 않도록 각인(刻印) 표시된 것을 사용

보일러 안전 점검 체크리스트

구 분	점 검 항 목(확 인 사 항)	규 정	점검*
□ 3대 사고 사망재해 예방			
떨어짐	• 추락위험 장소에 안전난간, 울타리, 덮개 등 설치 - 고소지역의 공사·정비작업 현장에는 불량비계 사용 금지	규칙 제42조	
끼임	• 정비 중인 기계 및 설비(펌프 등)의 전원차단 - 전원차단 스위치에는 잠금장치 및 표지 설치	규칙 제92조	
화재·폭발	• 화기작업은 가급적 안전지역에서 실시 및 화재감시자 배치 - 설비 내부의 위험물 제거 및 비산방지포 설치	규칙 제241조의2 규칙 제242조	
1. 보일러 본체			
1-1.전체	• 보일러 본체의 외관상 이상한 오염이나 변색여부 • 운전 중 본체 표면의 과열된 부분 발생여부 • 보일러 각 부의 플랜지, 유니온 등의 연결부나 각 배관 접속부의 연결상태는 견고하고 물, 증기 및 연료 등의 누출 발생여부 • 연소중, 물이나 증기 누출시, 제어반 내 등 각 부위 이상음 발생여부 • 운전연소가스나 보일러 국부과열에 의한 이상한 냄새 발생여부 • 보일러 부식, 보온재 균열과 탈락상태 여부 • 전기배선에 이상 발생여부	-	
1-2. 압력계	• 압력계 정상 작동여부 • 정상압력 범위를 벗어나 운전되는지 여부 • 규정 압력에서 보일러 정지여부	-	
1-3. 수면계	• 과도한 수위변동 발생여부 • 수면계유리와 가스켓사이, 콕크나 연결관의 누수나 막힘여부 • 수면의 육안확인가능 여부	-	
1-4.급수경보	• 저수위, 고수위에 정상작동 여부 • 전극봉의 오염여부	-	
1-5.밸브	• 작동상태, 누출이나 이상음 발생여부	-	

*점검 : 점검항목 점검 후 '적정시 : ○', '보완 필요시 : X', '해당무 : –' 작성
*규칙 : 산업안전보건기준에 관한 규칙

구 분	점 검 항 목(확 인 사 항)	규 정	점검*
2. 연소계			
2-1.버너	• 점화에 문제가 없는지 여부 • 불착화의 경우 경보 부저가 울리면 보일러 운전 정지여부 • 가스 등의 누설여부 • 점화나 연소시 이상한 소리나 냄새발생여부 • 노내가스의 프리퍼지나 포스트퍼지의 적정 여부	-	
2-2.송풍기	• 송풍기의 정상작동 상태 및 댐퍼의 자동개폐 여부 • 송기시 이상진동 발생여부	-	
2-3.연도	• 파손이나 배기가스 누설 여부	-	
3. 급수계			
3-1.급수펌프	• 정상 작동상태, 누수이나 이상음 및 이상열 발생여부	-	
4. 작업시 안전수칙 준수여부			
	• 점화 전 또는 보일러에 따라 정지 시에도 로내 및 연도 내의 충분한 환기실시여부 • 매연(그을음) 퇴적에 주의하여 퇴적한 매연에 의한 착화 방지조치 실시여부 • 버너의 주기적인 청소 실시여부 • 연소 안전장치 기능유지 관리여부 • 화염검출기로 화염의 유무를 검출하고, 검출부의 오손, 소손 등의 유무 및 검출기능 점검여부 • 연료차단밸브는 정기적으로 그 기능, 누설 및 이물질의 유무를 점검하고 청소 실시 여부	-	
5. 기타			
5-1.기타	• 보일러 주변에 인화성 물질, 위험물 보관여부 • 보일러실의 조명과 환기상태의 적정성 여부 • 저수위 등의 안전장치와 경보기의 정상작동여부	-	

*점검 : 점검항목 점검 후 '적정시 : ○', '보완 필요시 : X', '해당무 : –' 작성
*규칙 : 산업안전보건기준에 관한 규칙

재해사례 : 보일러가 폭발하여 사망

개요

기관실에서 온수보일러가 폭발하여 본체가 약 2m 정도 위로 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 가동시킬 때 주위를 점검하고, 불필요한 물건을 제거한 후 조작한다.
- 보일러 소음으로 인한 청력손실 예방을 위한 귀마개·귀덮개를 착용한다.
- 노내의 점검 시에는 입화안을 꼭 대기시킨 후 작업을 실시한다.

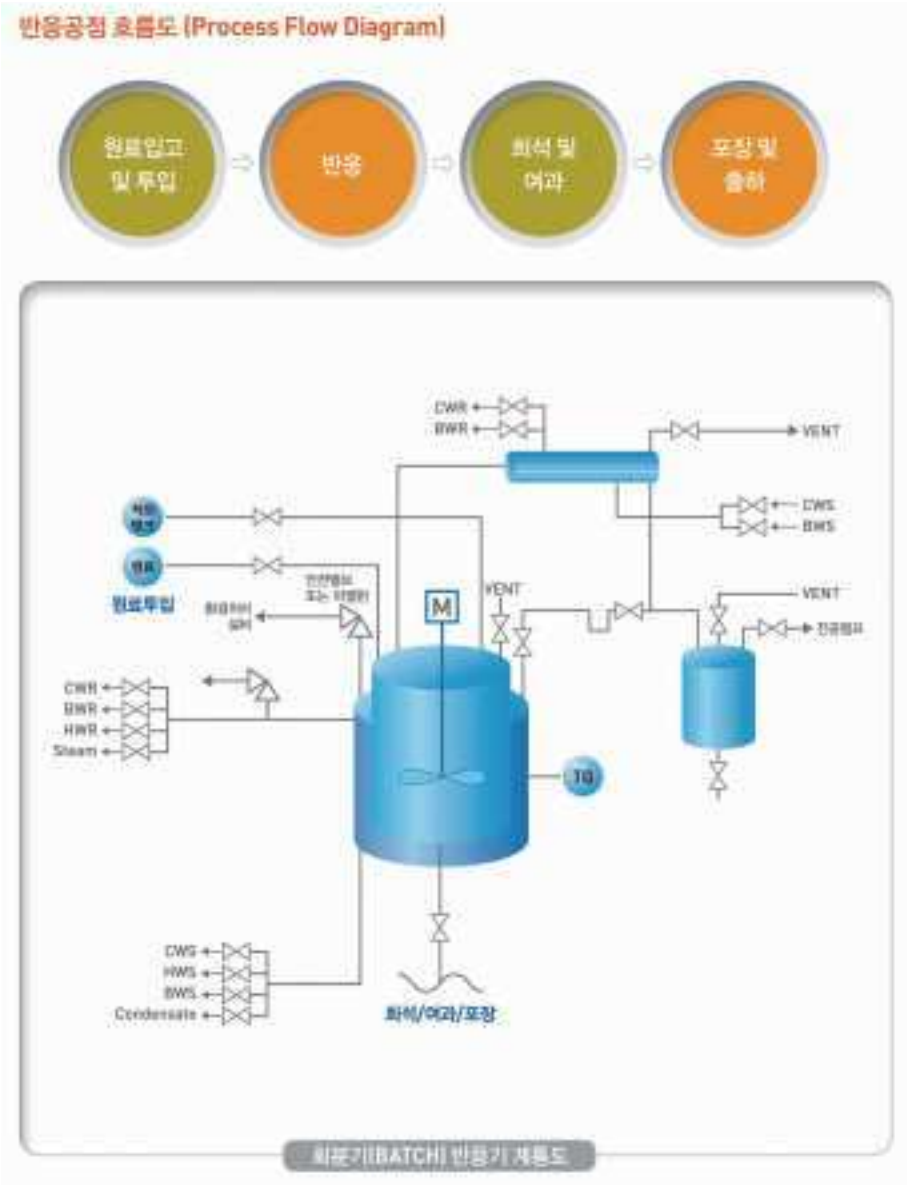
작업 중

- 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
  - 제159조 (폭발위험의 방지)
  - 제167조 (압력제한 스위치)
  - 제168조 (압력방출장치)
  - 제169조 (고수위조절장치)

반응기(Reactor)


반응공정 흐름도 (Process Flow Diagram)
원료입고 및 투입
반응
회석 및 여과
포장 및 출하
CWR
BWR
VENT
CWS
BWS
원료투입
M
VENT
VENT
CWR
BWR
HWR
Steam
TQ
CWS
HWS
BWS
Condensate
회석/여과/포장
회분기(BATCH) 반응기 계통도

작업 전 안전점검

회분식 반응기

회분식 공정(BATCH PROCESS)이라 함은 일반적으로 원료를 투입하여 일정시간 혹은 일정공정을 거쳐 제품을 만들 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 반복함
- 장치결함 예측이 연속공정보다 어려움
- Grade 변경시 운전조건 변화
- 현장 작업자의 수동운전이 많음

→

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

안전점검 체크리스트

점검항목	점검결과	조치사항
온도, 압력계 등 계측장치가 설치되어 있고, 내부 이상상태를 조기 파악을 위한 자동경보장치가 설치되어 있는가?		
비상 시 원재료의 긴급차단, 세틀 등의 방출, 냉각물수 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 recipe대로 유지되고 있는가?		
반응기 비상정지설비 등 비정상상태일 때 조치사항을 숙지하고 있는가?		
화재발생시 비상연락 등 대응조치 요령을 숙지하였는가?		

※ 본 점검항목은 참고용으로 사업장 특성에 따라 사업장별 상황에 맞도록 자체적인 점검항목을 추가하여 사용하시기 바랍니다.

Safety Point

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 철저하게 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.

❶ 밸브, 코크의 조작 ❷ 냉각, 가열 및 교반장치의 조작
❸ 계측 및 제어장치의 감시 및 조정
❹ 안전밸브, 긴급차단장치 및 기타 안전장치 및 자동경보장치의 조정
❺ 펌프, 블ower, 밸브 및 코크 등의 접합부에서 누출여부 점검
❻ 시료의 채취
❼ 일시적 또는 부분적인 운전중단시의 작업절차 및 운전재개시 절차
❽ 제품 및 제조공정 변경에 따른 설비의 개조, 배관의 변경 등 작업 방법
❾ 가연물질의 이송, 반입설비 등의 정전기 제거를 위한 조치
❿ 이상상태 발생 시의 응급조치

작업방법

- 위험물질이나 단량체 등을 저탕 · 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 정치시간을 두고 액체의 유속을 1m/sec 이하로 하는 등 정전기 발생을 방지하기 위한 조치를 취한다.
- 인화성액체 등 위험물질을 드럼으로부터 반출하거나 탱크 등에 옮기는 경우는 드럼을 접지하고 전도성파이프를 사용하여 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 드럼등에 주입할 때는 호스의 결합부를 확실하게 연결한 후에 작업한다.
- 서로 다른 물질의 접촉으로 인하여 발화하거나 폭발할 위험이 있을 때는 이들 물질을 접근시켜 저장하거나 동일 운반기에 적재해서는 안된다.
- 더 많은 정보는 KOSHA Guide P-88-2012 회분식공정의 안전운전지침, P-30-2012 회분식공정의 안전운전 사고 방지 기술지침을 추가로 참조하세요.

저장 탱크(Storage tank)

안전점검 체크리스트

점검항목	점검결과	조치사항
통기설비, 폭발방산구, 화염방지기 등의 방호설비가 적정하게 설치되어 있는가?		
인화성물질 누출이 우려되는 장소에는 방폭구조의 전기기계 · 기구, 가스검지 및 경보장치가 설치되어 있는가?		
원재료의 종류, 원재료가 공급되는 설비명 등이 표시되고 방유제가 적정하게 설치되었는가?		
압력계, 유량계, 온도계, 레벨계이지 등의 계기류는 정상적으로 동작하는가?		
안전밸브(파열판), 압력배출스위치 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 위험물잔량 및 차단, 불활성가스 치환, 환기 등은 적절하게 이루어졌는가?		
입조작업 전 산소 및 유해가스농도는 측정하는가?		