가공작업 중 텐터기 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	원단가공	가 해 물	텐터기 파편 등

재해발생 개요

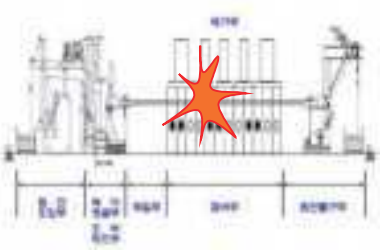
< 텐터기 >

2017년 9월 섬유가공 사업장에서 텐터기를 사용하여 코팅액을 도포한 원단을 가공(건조, 폭 조정)하는 작업 도중 텐터기 내부(챔버부)에서 폭발이 발생, 폭발 과압 및 화염에 의하여 텐터기의 패더맹글부에서 작업 중이던 근로자 0명이 사망하고 0명이 부상을 당한 재해임.

재해발생 원인

❍ 텐터기 내부의 인화성액체 증기 제거를 위한 환기 미흡 등

- 배기팬 고장, 배기 덕트 내부 섬유분진 및 기름 등의 탄화물 제거조치 미흡 등으로 텐터기 내부(챔버부)에 가스폭발위험분위기 형성



< 텐터기 사고 발생 상황 >

재해예방 대책

❍ 텐터기 내부의 인화성액체 증기 제거를 위한 환기 조치 등

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

❍ 접지 등 정전기 발생 억제 및 제거조치 실시

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

강관 용접공정 수소분배기 교체작업 중 화재·폭발

재해일시	2017년 5월 8일(월) 14:45경	상해정도	부상 2명
작 업 명	배관 교체작업	기 인 물	분배기, 수소

재해발생 개요

< 사고발생 장소 전경 >

경남 창원시 소재 ㈜○○제강 창원공장 스테인레스 강관 용접 공정에서 기존에 사용하던 용접용 수소 분배기를 신규 분배기로 교체하기 위해 철거 작업을 하던 중 화재·폭발이 발생하여 근로자 2명이 화상을 입었으며, 주변 전기 설비 및 배선 등이 일부 손상된 사고임

※ 가스 내 이물질 제거 등 용접 효율을 높이기 위해 기존 가스 분배기를 필터가 부착된 신규 분배기로 교체하는 작업을 지난 '16년 11월부터 시작하였음

재해발생 원인

❍ 정비 등의 작업 시 안전조치 미실시

- 수소 분배기를 교체할 때에 내부에 압축된 기체가 방출되어 근로자가 위험해 질 우려가 있는 경우에는 압축된 기체를 미리 방출시키고 잔압을 제거하는 등 위험방지를 위하여 필요한 조치 미실시

※ 메인밸브는 분배기가 4개가 물려 있어 교체 예정인 P100A 분배기를 제외한 나머지는 용접에 사용해야 하므로 밸브차단을 하지 않았음

- 수소 분배기를 몽키스패너와 파이프렌치로 볼밸브에서 분리하는 과정에 분배기와 볼밸브 조인트부분이 같이 돌아가며 빠지고, 그와 동시에 볼밸브 내부의 볼과 시트가 빠져 나오면서 배관에서 현장 수소공급 압력인 약 8 kgf/㎠로 수소 가스가 누출

❍ 폭발위험이 있는 장소 관리 미실시

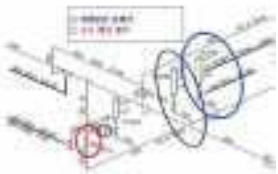
- 수소 분배기 교체 작업장소를 폭발위험장소로 관리하고 폭발위험반경 내 방폭형 전기기계기구를 설치하여야 하나, 현재 비방폭형으로 사용하고 있어 폭발분위기 형성시 전기적 스파크에 의한 폭발재해가 발생할 수 있는 등 폭발위험장소 관리 미실시

❍ 개조·수리 등의 작업 안전조치 미실시

- 수소 분배기를 개조·수리 및 청소 등을 위하여 해당 설비를 분해하는 작업을 하는 경우에는 ①작업책임자를 정하여 해당 작업을 지휘하도록 하고, ②작업장소에 위험물 등이 누출되지 않도록 하며, ③작업장 및 그 주변의 인화성 가스 농도를 수시로 측정하여 화재, 폭발재해를 예방하여야 하나 미실시

❍ 위험성평가 실시 미흡 및 안전작업허가서 미발행

< 재해발생 상황도(추정) >



< 수소공급 도면 >

밸브가 닫힌 상태에서 조인트와 시트(초록색)가 탈락되면 볼과 하부 시트(파란색)가 쉽게 튀어 나오는 구조임

< 유사볼밸브 구조 >

재해예방 대책

❍ 정비 등의 작업 시 안전조치 실시

- 밸브 차단 및 밸브 내부 압축된 기체를 미리 방출시키고 작압을 제거한 후 작업 실시

❍ 폭발위험장소 관리 철저

- 폭발위험장소 설정 관리하고, 그 범위내에은 방폭형 전기기계기구를 설치 사용

❍ 개조 수리 등의 방지조치 실시

❍ 작업에 대한 위험성평가 실시 및 안전작업허가서 발행 후 작업

계기용 변압기 교체중 폭발

재해일자	2017년 O월 O일 O요일	상해정도	부상 O명
작 업 명	변압기 교체	기 인 물	변압기

재해발생 개요

< 변압기 >

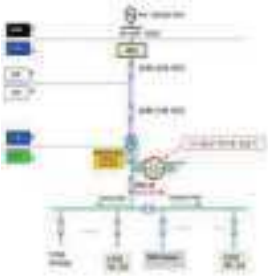
2017. O. O(화) 13:41분경 울산광역시 남구 소재 OO케미칼(주) 내 전기실에서 전기담당 근로자 8명과 협력사 대표 2명이 계기용 변압기(PT)를 교체하던 중 계기용 변압기가 폭발하면서 발생한 화염에 화상을 입고 병원에서 치료를 받은 재해임.

※ 계기용 변압기(PT) : 전력계통에 공급되는 전압의 크기를 측정하기 위해 사용하는 변압기를 말함

재해발생 원인

❍ **전원공급 전 확인 및 전기적 불꽃에 의한 위험예방 조치 미흡**

- 계기용 변압기에 전원을 공급하기 전에 2차측 회로의 단락(합선) 상태 등 이상여부를 확인하면서 T상 퓨즈 전단의 배선이 이탈되어 배전반 내부 철판에 접촉되어 있는 것을 미처 확인치 못하고 점검 상 발생할 수 있는 전기적 불꽃에 대한 위험방지(화상보호복 미착용 등)를 소홀히 함.



< 전력계통도 >

< 재해발생 상황도 >

재해예방 대책

❍ **전기작업 관련 작업계획서 작성 및 준수, 전기적 불꽃에 의한 위험예방 조치 철저**

- 사업주는 근로자가 50V를 넘거나 전기에너지가 250VA를 넘는 전기작업 시 발생하는 위험을 예방하기 위하여 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 4의 5 「전기작업에 관한 작업계획서 내용」을 모두 포함하는 작업계획서를 작성하고 이를 준수하도록 하여야 함.

  전기적 불꽃 또는 아크에 의한 화상의 우려가 있는 고압(교류 600V) 이상의 충전전로 작업에 근로자를 종사시키는 경우에는 방염 처리된 작업복 또는 난연성을 가진 작업복을 착용시켜야 함.

도료생산 공정에서 분체원료 투입작업 중 화재

재해일시	2017년 12월 18일(수) 13:20경	상해정도	부상 2명
작 업 명	분체원료 투입작업	기 인 물	혼합기, 톨루엔, 탄산칼슘

재해발생 개요

< 사고발생 조합조 >

부산시 강서구 소재 ○○화학공업(주)에서 도료 표지용 흰색 도료를 생산하기 위한 조합공정에서 톨루엔을 포함한 수지에 크레인을 이용 탄산칼슘($CaCO_3$)을 Bulk Conbag 으로 투입하는 과정에서 조합탱크 내 인화성 혼합물이 정전기에 의한 발화로 화재가 발생하여 2명이 화상재해를 입음

재해발생 원인

❍ 인화성 액체의 증기에 대한 화재를 예방하기 조치 미실시

- 점도가 높은 용액교반 중 마찰열 등으로 인화성 증기 발생 가능성이 높으나 억제하기 위한 온도제어조치 미실시
- 환기시설이 설치되어 있으나 덮개가 열려 있어 환기가 충분하지 않으며, 수지 · 톨루엔을 투입하기 위하여 환기시설을 제거하는 등의 부적절한 작업으로 인해 화재 및 폭발 위험분위기 형성

❍ 안전운전절차서 미흡

- 운전절차서에 '점증제 및 첨가제를 정량 투입한다.' 라고만 명시되어 있고, 투입방법 및 투입 시 주의사항 등이 누락됨
- 점증제, 안료, 첨가제 투입 시 정전기 발생 억제 또는 제거를 위한 설비를 설계하거나, 운전자가 투입 시 포장 비닐의 제전여부를 확인하는 등 절차가 필요하나 관련 기준이 없음
- 운전 전 냉각수 투입 및 토출밸브를 확인하도록 규정하고 있으나, 작업 시 냉각수 투입 미실시

❍ 폭발위험장소 내의 설비 등의 정전기 발생 억제 또는 제거 미실시

< 사고발생 당시작업 상황도 >

< 톨루엔 배관 및 국소배기설비 >

< 터는 과정에서 화재발생) >

재해예방 대책

❍ 폭발위험장소 내 화재를 예방하기 위한 조치 실시

- 조합탱크 내부 열 제거를 위한 냉각수 공급하면서 작업, 투입 및 교반 작업 시 충분한 용량의 국소배기장치 설치 가동
- 조합탱크 주면 가스농도 감지를 위한 가스 검지 및 경보장치 설치

❍ 안전운전절차서 및 관련설비개선

- 안전운전절차서는 명확하고 구체적으로 작성하여 서류화하고 운전자가 숙지, 작업내용에 대한 위험성평가를 실시하여 평가결과를 안전운전절차서에 반영

❍ 점화원(정전기)제거 및 원료 투입 방법의 개선

- Bulk Conbag을 종이, 비도전성 플라스틱(바깥 면은 종이로 쌓여진) 필름과 종이의 겹 또는 대전방지 플라스틱으로 대체하거나, 로터리 밸브나 동등의 장치를 가진 중간 호퍼를 통해 이루어 질 수 있도록 투입 방법의 개선

드럼 절단작업 중 폭발

재해일자	2017년 O월 O일 O요일	상해정도	사망 O명
작 업 명	드럼 절단	기 인 물	드럼

재해발생 개요

< 드럼 >

2017년 O월 O일 20시 24분경 경남 밀양시 소재 ㈜OOOOOO 사업장 내에서 재해자가 공드럼의 뚜껑을 용접기를 사용하여 절단해 내기 위해 공드럼을 세워놓고 알곤용접기를 작동시키는 순간 공드럼 내부에 남아 있던 메탄올 증기에 점화, 폭발되어 폭발압에 의해 분리되어 날아든 공드럼 뚜껑에 1차 충격되어 뒤로 넘어지며 지면에 머리를 부딪쳐 뇌출혈, 뇌부종에 의하여 사망한 재해임

재해발생 원인

❍ 폭발이나 화재 예방을 위한 조치 미실시

- 위험물, 위험물 외의 인화성 유류 또는 인화성 고체가 있을 우려가 있는 배관·탱크 또는 드럼 등의 용기에 대하여 미리 위험물 등을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후가 아니면 용접·용단 그 밖에 화기를 사용하는 작업이나 불꽃을 발생시킬 위험한 작업을 시켜서는 아니 되나 이를 미준수

< 작업상황도 >

< 재해발생 상황도 >

재해예방 대책

❍ 위험물 등이 있는 장소에서의 화기 금지

- 위험물 등이 있는 배관·탱크 또는 드럼 등의 용기에 대하여 용접·용단 그 밖에 화기를 사용하는 작업이나 불꽃을 발생시킬 위험한 작업을 할 때 미리 위험물 등을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 실시

열매배관 온도센서 정비작업 중 열매누출

재해일시	2017년 9월 27일(수) 09:45경	상해정도	부상 1명
작 업 명	온도센서 보수작업	기 인 물	열매유, 온도센서

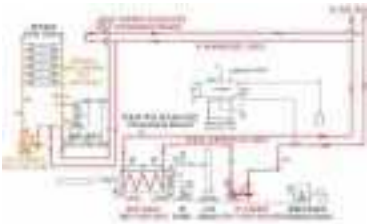
재해발생 개요

< 공정 전경-탱크지역 >

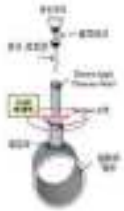
충북 증평군 소재 (주)○○전자 증평공장에서 PCB기판을 압착하는 압착설비에 공급되는 열매배관(운전중)에서 온도계 오지시를 확인하기 위해 온도센서(TE)를 분리하던 중 고온의(250 ℃) 열매유가 분출되어 오른팔에 화상(열상)을 입고, 일정시간(4~9분 추정) 후 누출된 열매유에 의해 화재가 발생한 사고임.

재해발생 원인

- **정비·교체 등의 작업시의 운전정지 미실시**
  - 열매유 온도센서의 검사교체 등 작업시 운전을 정지하여 위험상황이 발생하지 않도록하여야 하나, 미실시함
- **온도센서, 열전대보호관(Thermo-well), 배관의 연결 방식 문제**
  - 열전대보호관(Thermo-well)과 배관의 연결방식은 스크류 형식(Screw Type)으로 온도센서를 분리하기 위해 온도센서와 열전대보호관(Thermo-well)의 스크류(Screw)를 회전하여 풀었을 경우, 하부에 열전대보호관(Thermo-well)과 배관의 Screw 연결부위가 동시에 회전을 하여 배관 내부에 있는 열매유가 외부로 누출
  - 주 순환배관②에 있는 온도센서[⑤]가 보일러 후단 온도센서[④]와 차이가 발생하여 피재자가 온도센서[⑤]를 정비
- **열매유의 열화(Degradation)에 의한 인화점, 발화온도 변화**
  - 열매유 열화(Degradation) 시험결과 MSDS 인화점 204℃ 보다 66℃, 발화온도 384℃ 보다 129℃ 하락함
  - 열매유는 게이지압력 0.5 Mpa, 온도 250℃로 운전됨에 따라 누출시 인화점 이상으로 미스트를 형성하여 분출 후 **국부구간에서 방열이 되기 어려워 발화**



< 사고발생 공정 요약도 >



< 열매유 배관과 열전대 보호관 연결방식 >

< 열매배관(사고현장) >

재해예방 대책

- **정비운전자에게 열매유에 대한 화재위험교육 실시**
  - 열매유는 장기간 사용 및 공기 중 노출에 의한 열화(Degradation)로 인화점 및 발화온도가 낮아져 화재 위험성이 높아질 수 있음을 정비운전자에게 교육시켜야 함.
- **작업위험성평가를 통한 안전운전절차(SOP)의 구체적인 작성**
- **센서, 계기류 교체시 사전 안전조치 후 작업**
- **열매유 물성의 정기분석(연1회 이상)을 통한 안전성 확보**
- **온도센서 등과 배관의 접합 방법 변경 (스크류 형식 → 용접, 플랜지 형식)**

전기 유도 용해로 작업 중 잔류 화약류 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용해로 작업	가 해 물	탄피 및 신관 등

재해발생 개요

< 전기유도용해로 >

2017년 4월 경기도 안산시 소재한 00사업장 내에서 재해자가 동료 작업자와 탄피 스크랩 등을 전기 유도 용해로로 투입하는 작업을 하던 중 탄피 내부의 잔류 화약(추정)이 폭발하면서 파편을 맞고 쓰러져서 병원으로 후송되었으나 사망한 재해임.

재해발생 원인

❍ **폭발위험 방지조치 미실시**

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

< 탄피 넣는 상황 >

< 선별되지 않는 탄피스크랩 >

< 폭발 시 직후 전경 >

재해예방 대책

❍ **폭발위험 방지조치 실시**

- 전기 유도 용해로에 금속 부스러기 등을 용해하는 작업을 하는 경우 수증기, 화약류 등의 폭발을 방지하기 위해 물, 위험물(화약류 등), 밀폐된 용기 등이 장입되지 않도록 사전 선별 작업 실시

❍ **개인보호구 착용**

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

침강조 용접작업중 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	침강조 보강	기 인 물	사이클론 상판

재해발생 개요

< 침강조 >

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

재해발생 원인

❍ **위험물(메탄)이 체류할 우려가 있는 용기(사이클론)에 대하여 위험물 제거조치를 하지 않고 용접작업 실시 등**

- 돼지 분뇨원수 및 슬러지에 의해 메탄이 발생하여 사이클론 내부에 체류할 우려가 있음에도 환기 등 위험물(메탄) 제거조치를 하지 않고 용접작업을 실시함.

< 작업상황도-1 >

< 작업상황도-2 >

< 폭발 시 직후 >

재해예방 대책

❍ **위험물이 있을 우려가 있는 용기에 대하여 위험물을 제거하는 등 화재 · 폭발 예방조치 후 용접 · 용단 등 화기작업 실시 등**

- 위험물, 위험물 외의 인화성 유류 또는 인화성 고체가 있을 우려가 있는 배관 · 탱크 또는 드럼 등의 용기에 대하여 미리 위험물 외의 인화성 유류, 인화성 고체 또는 위험물을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후가 아니면 용접 · 용단 그 밖에 화기를 사용하는 작업이나 불꽃을 발생시킬 위험한 작업을 하여서는 안 됨.

탱크 연결배관에 드레인 밸브 설치작업 중 폭발

재해일시	2017년 8월 18일(금) 09:01경	상해정도	부상 2명
작 업 명	배관에 밸브설치작업	기 인 물	배관, 용접기

재해발생 개요

< 공정 전경-탱크지역 >

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

재해발생 원인

❍ 유류 등이 있는 배관이나 용기의 화기작업 시 안전조치 미실시

- 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 배관, 탱크 등의 용기에 대하여 미리 위험물을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후 작업을 실시하여야 하나 위험방지를 위한 조치 미실시

※ 워셔액탱크 이설작업 완료(2017. 7. 31) 후 에탄올워셔액 생산 출하 일지 확인결과 사고 당일인 8월 18일 전날까지 탱크 내에는 약 6톤에서 최대 15톤의 에탄올(95%, 인화점 13℃)을 저장하고 있었음

· 대기온도가 30℃정도로 탱크 내 고농도의 에탄올이 인화성 증기가 워셔액탱크 내에서 폭발분위기를 형성

· 사고발생 당일 드레인 밸브 설치를 위해 ①번 위치에 구멍을 뚫고, ②의 기존 드레인 밸브를 통해 드레인을 하면서 진공이 걸려 ③의 물 배관으로 폭발분위기의 에탄올 증기가 역류 하여 물 배관이 폭발분위기를 형성 하였을 것으로 추정됨*

❍ 개조·수리 등의 방지조치 미실시

- 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 작업장소에 위험물 등이 누출되지 않도록 방지조치 미실시

❍ 작업위험성평가 실시 미흡

- 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 화재, 폭발재해 등의 위험이 항상 내재되어 있음에도 정비보수 작업위험성평가에 미반영

< 재해발생 상황도(추정) >

< 폭발 전 용접작업 모습 >

재해예방 대책

❍ 유류 등이 있는 배관이나 용기의 화기작업 시 안전조치 실시

- 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 배관, 탱크 등의 용기에 대하여 미리 위험물 위에 인화성 유류를 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후 작업을 실시하여야 함

❍ 개조·수리 등의 방지조치 실시

- 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업을 할 때에는 ①작업책임자를 정하여 해당 작업을 지휘하도록 하고, ②작업 장소에 위험물 등이 누출되지 않도록 하며, ③작업장 및 그 주변의 인화성 가스 농도를 수시로 측정하여 화재, 폭발재해를 예방하여야 함

❍ 위험성평가 실시

- 배관에 용접기로 드레인 밸브 설치 작업에 대해서는 정비보수 작업위험성 평가에 반영하여야 하며 화재, 폭발방지대책을 수립하여야 함

❍ 안전작업허가 제도 운영

RTO설비 점검 중 폭발

재해일자	2017년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	RTO 설비 점검	가 해 물	RTO 파편 등

재해발생 개요

< 폐가스 소각시설(RTO) >

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

재해발생 원인

❍ 연소실 내 미처리 잔류가스 배기 불량 등

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

< 폭발 부위 >

< 작업상황도 >

< 폭발 시 직후 전경 >

재해예방 대책

❍ 긴급 압력방출장치(파열판) 및 폭발 방산구 설치

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

❍ 연소실 내 미처리 잔류 가스 배기·순환 조치 실시

- 배기·순환팬 고장 등에 대비한 예비설비(보조팬), 경보(Alarm) 등 연동장치(인터록) 설치 등 설비 신뢰도 확보

고무원료 생산 공정 교반기 맨홀부위에서 용매 누출로 인한 화재

재해일시	2016년 8월 26일(금) 19:50경	상해정도	부상 5명
작 업 명	용매 순환 작업	기 인 물	교반기, 헥산 등

재해발생 개요

< 사고발생 공정 >

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

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

재해발생 원인

❍ 맨홀 누출방지 조치 미흡

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

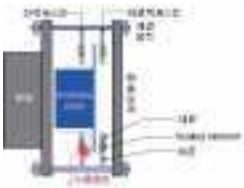
❍ 공정지역에 비방폭형 디젤엔진 지게차 출입

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

❍ 기밀시험방법 부적합

- 자체 규정 상 최고사용압력의 1.1배 이상으로 기밀시험을 실시하고, 시험 중에는 비눗물로 누출 여부를 검증하도록 되어 있으며, 이러한 시험과정 및 결과는 철저히 기록 유지하도록 되어 있으나 부적절한 압력(10kg/cm2)으로 기밀 시험을 실시하고 이에 대한 상세한 시험과정 및 결과 등을 기록관리하지 않음.

< 개스킷 외륜과 Sealing Element 사이 누출 흔적 >


< 예상 누출 경로 >

< 디젤엔진 지게차 >

재해예방 대책

❍ 맨홀 누출방지 조치 보완

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

❍ 공정위험지역에 비방폭형 지게차 출입금지

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

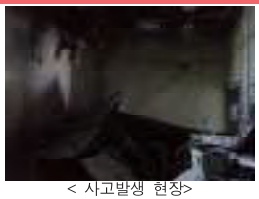
❍ 기밀시험방법 준수 철저

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

고체 연료 취급 작업 중 화재·폭발

재해일시	2016년 9월 1일(목) 09:25경	상해정도	부상 1명
작 업 명	고체 연료 건조 작업	기 인 물	나노분말 결합체, IPA 등

재해발생 개요



< 사고발생 현장>

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

재해발생 원인

❍ 폭발성 위험분위기 형성

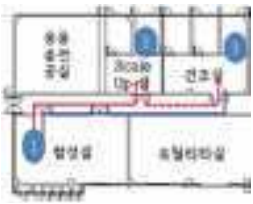
- (인화성증기 발생) 대기 중에서 반 건조된 결합체를 섞거나 펼치는 작업 중 건조되지 않은 인화성 액체(IPA)의 증기가 발생되어 폭발위험 분위기가 형성함.

❍ 정전기 발생(대전) 및 방전

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

❍ 취급 물질에 대한 유해·위험 특성 파악 미흡

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



< 사고발생공정 및 작업자 동선 >

< 사고관련설비 – 스패툴라 >

< 사고당시 착용 작업복>

재해예방 대책

❍ 위험분위기 생성방지

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

❍ 점화원 제거(정전기 대전 및 방전방지)

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

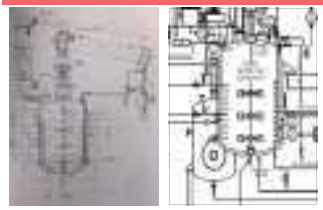
❍ 취급물질의 유해·위험특성 파악 철저

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

도료합성수지 제조공정 반응기 내용물 누출로 인한 화재·폭발

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

재해발생 개요



< 사고발생 반응기 >

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

재해발생 원인

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

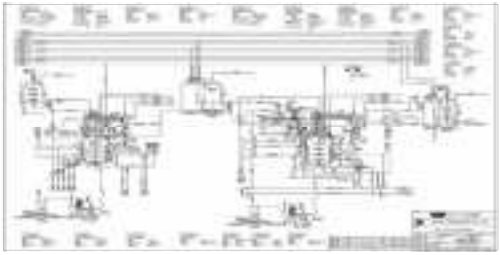
- 반응기 내부 온도가 충분히 떨어지지 않은 상태에서 사전 계량을 해놓았던 톨루엔(끓는점 111℃)을 투입하여 톨루엔 혼합물이 끓어 넘쳐 가연물이 누출됨.
- 작업지시서 상 톨루엔을 몇 도에서 투입해야 하는지 상세한 내용이 작성되어 있지 않음.

❍ 폭발위험장소 내 비방폭형 전기기계기구 사용 및 방폭전기기계기구 유지관리 미흡

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

❍ 안전운전절차서 미흡

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



< 도료합성수지 제조공정 P&ID >

< 방폭 전기기기 관리상태 >

재해예방 대책

❍ 상세한 안전운전절차서 작성

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

❍ 폭발위험장소 내 방폭형 전기설비 사용 및 유지관리 철저

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

바이오 디젤 증발기 운전 중 화재폭발

재해일시	2016년 12월 22일(목) 17:32경	상해정도	사망 1명
작 업 명	증류설비 운전 작업	기 인 물	증발기, 바이오 디젤 등

재해발생 개요

< 사고발생 공정 >

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

재해발생 원인

❍ **폭발위험분위기 형성**

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

❍ **전기기계기구 작동에 의한 점화원**

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

< 바이오 디젤 증류설비 >

< 파손된 바이오 디젤 증발기 >

< 액위 전송기 >

재해예방 대책

❍ **폭발위험분위기 형성 억제**

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

❍ **정비·보수 작업시 전원차단**

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

불산(HF, 55%) 상차작업 중 누출

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

재해발생 개요

< 사고발생 설비 – 필터하우징 >

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

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

재해발생 원인

❍ **필터하우징의 이상과압으로 인한 파열판 파열**

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

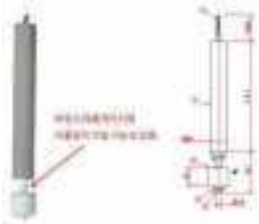
❍ **비상집수조와 폐수조 사이의 수중펌프 작동 불능**

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

❍ **불산(HF,55%)의 경보설비 등 미설치**

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

< 이송펌프 압축공기 최대 압력 테스트 >



< 부유식 레벨 스위치 >

< 불화수소 하역장 외부 및 내부 >

재해예방 대책

❍ **위험물질(불산 55%) 누출 방지 조치 강화**

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

❍ **비상집수조 내의 레벨스위치의 적정성 유지**

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

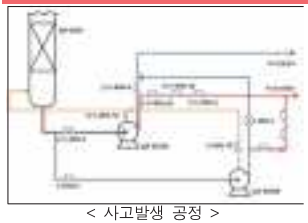
❍ **관리대상물질(불산,HF55%)에 대한 경보설비 설치**

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

삼불화질소(NF_3) 이송 펌프 교체 운전 중 폭발

재해일시	2016년 8월 3일(수) 10:29경	상해정도	부상 7명
작 업 명	펌프 교체운전	기 인 물	삼불화질소(NF_3), 펌프 등

재해발생 개요



< 사고발생 공정 >

울산시 남구 소재 ㈜OOOOO 삼불화질소(NF_3) 제조 공정의 최종 정제탑 하부 펌프(B)의 교체 운전을 위해 예비 펌프(A)를 가동하는 순간 펌프가 폭발하여 인근의 근로자 7명이 부상을 입은 사고임.

재해발생 원인

❍ **펌프 기동 시 공정 시스템 미흡**

- (펌프A의 비정상적인 공회전) 펌프 A의 토출 및 흡입 측 밸브가 완전히 열려 있는 상태에서 펌프 B에서 토출된 NF_3가 급속히 펌프 A로 유입되면서 임펠러(Impeller)가 역회전하면서 맥동현상(surging)과 공동현상(cavitation)이 발생하면서 펌프의 과부하 및 NF_3의 기화가 발생한 것으로 추정됨.
- (NF_3 기체 열분해) 수차례 기동 실패로 펌프가 과열된 상태에서 펌프 기동을 위하여 토출 측 자동유량조절밸브를 수동으로 열어 NF_3 저장탱크에서 펌프 쪽으로 유입된 NF_3 기체가 열분해 되어 폭발함.

❍ **펌프의 사용 전 점검 미실시**

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

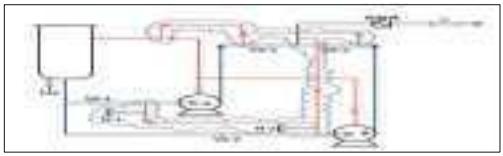
❍ **작업계획서(SOP) 미작성 운영**

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

재해예방 대책

❍ **공정 시스템 보완**

- **(펌프의 온도를 감지할 수 있는 시스템 보완)** 펌프의 입구, 출구 측 등 NF_3의 냉각 여부를 수시로 확인할 수 있는 시스템을 보완하여야함.
- **(최소유량 흐름배관 정상흐름 확보)** 이송용 펌프를 기동할 때 공동현상의 발생을 줄이기 위해 최소유량 흐름배관에는 최소유량이 확실하게 흐를 수 있도록 제한 오리피스(Restricted Orifice)를 설치하여야 함.
- **(Warming-up Flow 배관 추가설치)** 출구 측에서 입구 측으로 가동을 위한 Warming-up Flow 배관을 추가로 설치하여 정상흐름 방향으로 Warming-up 상태를 유지하면서 대기할 수 있도록 하고, 정비작업 후 습기제거용(Drying-out)용 노즐 설치(4개).



< Warming-Up Flow 배관 설치 예시>

❍ **펌프의 사용전 점검**

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

❍ **표준작업절차서(SOP) 작성 준수**

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

원료의약품 제조 반응기에 원료투입 작업 중 화재·폭발

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

재해발생 개요

< 사고발생 반응기 >

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

재해발생 원인

❍ 폭발분위기 형성(인화성증기 및 가연성분진 발생)

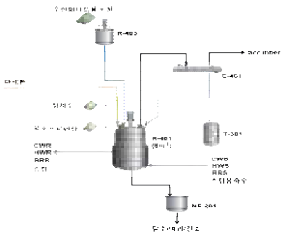
- (인화성증기 발생) 반응기(R-401, 6㎥)에 아세톤(인화점: -20℃)을 주입 및 록소프로펜산 분말을 교반하는 과정(분말 투입시 교반기 동시 가동)에서 인화성 증기가 다량 발생됨
- (가연성 분진운 발생) 아세톤과 정제수 혼합물에 록소프로펜산 분말을 교반하기 위해 반응기 상부 맨홀을 이용하여 직접 원료를 낙하·투입 함으로서 낙차에 의해 분진운이 다량 형성됨

❍ 정전기 발생(대전) 및 방전

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

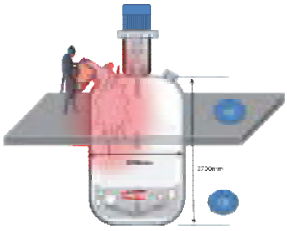
❍ 안전운전절차서 미흡

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



< 원료투입 및 반응공정 >

< 화이버 드럼과 포장비닐 >



< 분체 투입작업 >

재해예방 대책

❍ 위험분위기 생성방지 및 투입방법 개선

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

❍ 점화원 제거(정전기 대전 및 방전방지)

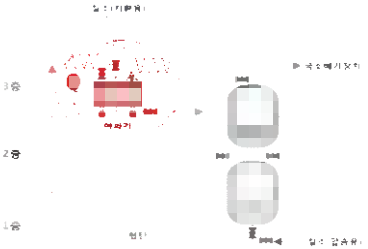
- 도전성을 가진 드럼(금속용기 등) 및 주입용 도구를 사용하고, 모든 도전성 부분은 등전위 본딩(접지)를 실시
- 인체의 정전기 축적방지를 위해 도전성바닥, 정전화, 개인용 접지장치, 도전성 의류 등의 필요한 조치 실시

인화성액체 이용 여과작업 중 폭발사고

재해일자	2016년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	여과 및 세척	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

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



▲ 여과공정 / ▼ 후드부착상태

재해발생 원인

❍ 여과기 내부 폭발분위기 형성 방치

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

❍ 정전기 발생 억제조치 미흡

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

❍ 밸브조작 순서 등 방법 미지정

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

재해예방 대책

❍ 덮개 등의 접합부에서 누출방지 조치

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

❍ 정전기 발생(비말대전) 억제조치

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

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

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

점착제 제조공정 교반기에 원료(용제) 투입 중 화재·폭발

재해일시	2016년 10월 22일(토) 16:12경	상해정도	사망 1명
작 업 명	원료 투입작업	기 인 물	교반기, 솔벤트, 고무 등

재해발생 개요

< 사고발생 교반기 >

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

재해발생 원인

❍ 위험성평가에 따른 안전운전절차 수립 미흡

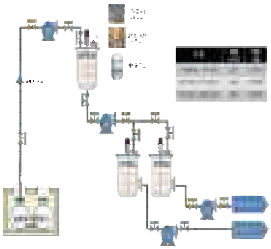
- (불활성화 대책 수립 미흡) 폭발 및 화재 예방을 위해 위험성 평가 수행 시 솔벤트의 농도와 관계없이 산소의 농도를 감소시키는 등의 불활성 대책을 강구하여 최소산소농도 이하의 운전 대책을 마련하여야 하나 교반기 내부의 불활성화에 대책을 수립하지 않음.

❍ 정전기 발생(대전) 및 방전

- (용제 투입방식 검토 미흡) 교반기 상부 노즐 투입 시, 스플래시 필링(Splash Filling)으로 인한 정전기 다량 발생
- (제전설비 기준 미흡) 접지설비, 가습, 점화원이 될 우려가 없는 제전장치의 사용 등 정전기 발생을 억제하기 위한 조치를 미실시함.

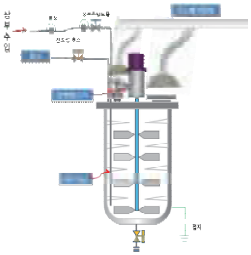
❍ 통풍환기조치 미흡

- 인화성 증기운 형성에 의한 화재폭발 위험이 있는 장소에서는 이를 예방하기 위해 통풍, 환기 등의 조치를 하여야 하나 이를 미실시함.



< 원료투입 및 배합공정 >

< 스플래시 필링 높이 >



< 교반기 안전대책 예시 >

재해예방 대책

❍ 위험분위기 생성방지 및 투입방법 개선

- **(작업방법 개선 및 불활성 분위기 조성)** 용제 주입방식을 상부 주입방식에서 하부 주입방식으로 개선하거나 상부 주입방식일 경우 침액파이프를 사용하여 인화성 증기 발생을 억제하고 스플래시 필링으로 인한 정전기 발생을 억제하여야 함.
- **(최대 주입속도 준수)** 배관 또는 연결부에서 최대 유속은 7m/s 또는 (0.5/d)m/s 중 작은 값으로 제한하며, 충전절차 또는 설계를 통해 억제해야함.

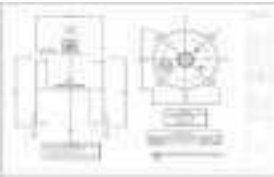
❍ 밀폐형 교반기 사용 및 내부 불활성화 실시

- 밀폐형 교반기 사용 및 내부에 솔벤트 주입 시 불활성화 기체(질소 등)를 치환함으로써 연소범위 축소 및 MOC(최소산소농도)를 관리하여야 함.

차량용 내장재 원료 생산 공정 혼합작업 중 화재

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

재해발생 개요



< 사고발생 설비 >

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

재해발생 원인

○ 배합탱크 온도조절용 스팀 제어밸브의 기계적 이상

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

○ 배합탱크 맨홀덮개 체결 상태 미흡

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

○ 가스누출 감지 및 경보장치 미설치

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

< 배합용기 상부 및 맨홀 모습 >

< 점화원(추정)인 건조1호기 제어판넬 >

재해예방 대책

○ 온도제어 시스템 개선

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

○ 배합탱크 맨홀덮개 볼트는 견고하게 체결

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

○ 가스누출감지 및 경보설치 설치

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

톨루엔 주입작업 중 정전기에 의한 화재

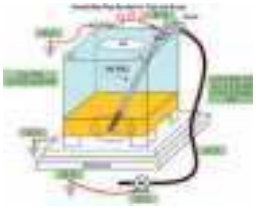
재해일자	2016년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용제 배합	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

< 사고발생 현장 >

2016년 O월 O일 경기도 김포에 소재한 OOOO 사업장 내 배합실에서 재해자가 이형지에 도포하는 실리콘 이형제 배합을 위해 원료인 톨루엔을 지하 저장탱크로부터 배합용기에 주입하던 중 배합용기 에서 정전기 방전에 의한 화재가 발생한 사고임

재해발생 원인



<재해예방 대책>

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

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

재해예방 대책

- **도전성 재질의 호스 사용**
  - 정전기가 축적되지 않는 도전성 재질의 호스로 교체
- **등전위 본딩 실시**
  - 배합용기와 주입배관 사이에 정전기 방전이 일어나지 않도록 주입배관과 배합용기 사이를 직접 본딩
  - 배합용기에 전용 접지편 설치
  - 각 도전체를 접지
- **톨루엔 주입방식 개선**
  - 용기 상부 주입방식(Splash filling)에서 용기 하부 주입방식으로 개선
  - 주입배관을 용기 하부까지 확장(Dip pipe)하고 끝단에 45도 컷팁 또는 티(Tee) 사용
  - 초기 배관 내 유속을 1m/sec 이하로 유지

폐차장 연료탱크 잔유(휘발유) 회수 작업 중 화재

재해일자	2016년 0월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용제 투입	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

< 사고발생 현장 >

2016년 0월 00일 14:38경 ㅇㅇ폐차장 작업장에서 재해자가 폐차를 위하여 입고된 차량을 해체하는 과정에서 탈거한 연료탱크 내 잔유(휘발유)를 플라스틱 용기에 담던 중 원인미상의 점화원에 의한 화재가 발생한 사고임.

재해발생 원인

<재해상황도>

○ 인화성 액체(휘발유) 취급 장소에서 흡연 및 화기 사용

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

○ 정전기로 인한 화재 방지 미흡

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

재해예방 대책

○ 인화성 액체(휘발유) 취급 장소 화재예방 조치 실시

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

○ 정전기로 인한 화재 방지조치 실시

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

포스겐 벤트 배관 맹판 교체 작업 중 중독

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

재해발생 개요

< 사고발생 설비 – 맹판 >

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

재해발생 원인

❍ **공정안전보고서의 안전운전계획 운영 소홀**

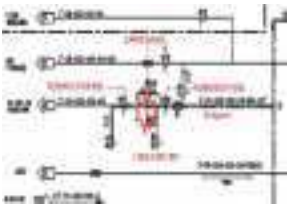
- **(작업절차 미준수)** 맹판 설치 및 제거 관리 절차서에 따라 배관의 맹판을 해체할 경우 맹판을 해체 하여야 할 연결 배관에 vent 또는 drain을 open하여 압력과 유체 존재유무를 확인하도록 되어 있으나 배관에 잔류한 포스겐 가스를 vent하지 않음.

❍ **송기마스크의 착용 부적정**

- 조도가 확보되지 않고, 비좁은 챔버 내에서의 작업임에도 불구하고 송기마스크의 안면부의 상태가 좋지 않고 에어라인 방식으로 공기를 공급 받는 형식의 송기마스크를 착용하여 긴급한 대피과정에서 안전한 외부 탈출에 지장을 초래함.

❍ **작업허가 시 위험성평가의 결함**

- 포스겐 반응기와 연결된 배관의 작업에 있어 차단밸브를 사용한 차단이 완벽하게 이루어지 않았을 경우의 상황, 체류할 수 있는 가스의 챔버 내 농도, 노출 시 인체의 영향에 대해 사전에 충분히 검토되지 않았으며, 가스의 잔류상황에 대비한 감압배출, 배기, 측정 등의 필요한 조치에 대한 언급이 이루어지지 않음.


< 사고발생 퍼지배관 >

< 작업 상황도 >

< 누출이 발생한 맹판과 차단밸브 >

재해예방 대책

❍ **공정안전보고서의 안전운전계획 이행 준수**

- **(작업절차 준수)** 배관의 맹판을 해체하거나 절환할 경우 내부 절차서에 따라 맹판을 해체 하여야 할 연결 배관의 물질을 안전하게 vent 또는 drain하여 압력과 유체 존재유무를 확인한 후 작업이 실시되어야 함.

❍ **급성독성가스 취급공정에 사용하는 송기마스크 개선**

- 급성독성가스가 누출될 우려가 있는 장소에서 작업 시 착용하기 위한 송기마스크는 자급식 송기마스크를 사용하거나, 장소나 비용 등의 제한이 있을 경우 정상적인 상태에서는 에어라인 방식을 사용하되, 비상시에는 개인별로 부착된 공기탱크의 공기를 사용할 수 있는 방식의 송기마스크를 지급하여야 함.
- 이러한 송기마스크를 제대로 활용할 수 있도록 사전에 충분한 훈련이 되어야 함.

❍ **작업허가 시 위험성평가 철저**

- 포스겐과 같은 급성독성가스와 관련된 각종 작업에 있어 각종 밸브와 기기가 잘못될 수 있는 경우에 대한 충분한 작업위험성 평가가 이루어져야 하며, 이에 대한 보완적 절차가 충분히 검토되고 대안이 제시되어야 함.

황산 제조공정 보수 작업 준비 중 누출

재해일시	2016년 6월 28일(화) 09:05경	상해정도	사망 2명, 부상 3명
작 업 명	맹판 해체작업	기 인 물	황산, 맹판 등

재해발생 개요

< 사고발생 공정 >

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

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

재해발생 원인

❍ 작업 전 황산 미제거

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

❍ 부적합한 안전작업허가 실시

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

❍ 정비·보수 작업에 대한 작업 위험성평가 미실시

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

< 사고 발생 당시 맹판 >

< 누출 당시 현장 묘사 >

< 사고 발생 설비 – 최종 흡수탑 >

재해예방 대책

❍ 작업 전 설비 내부 위험물 제거 후 작업 실시

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

❍ 안전작업허가 절차 철저 준수

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

❍ 정비·보수 작업에 대한 작업 위험성평가 실시

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

회분식반응기에 원료 투입작업 중 폭연 · 화재

재해일자	2016년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	투입 작업	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

<제조 공정>

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

재해발생 원인

<사고예방대책안>

❍ 가연물 : 옥탄올 증기 + PTA 분진

❍ 산소 : 대기중의 공기

❍ 점화원 : 톤백, TPA 분진의 마찰 등에 의해 발생한 정전기

☞ 반응기 내부의 옥탄올 증기와 부유상태의 PTA 분진이 대기중의 공기와 폭발분위기를 형성한 상태에 PTA를 투입하는 과정에서 마찰 등에 의한 정전기에 의해 폭발이 발생한 후 반응기 외부로 확산됨

재해예방 대책

❍ **작업방법 개선**

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

❍ **정전기 제거**

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

가열된 아스팔트에 등유를 투입하여 교반 중 폭발

재해일자	2015년 0월 0일 목요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	아스팔트 프라이머 제조	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

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

< 사고발생 현장 >

<등유 소분용기>

<비방폭구조의 교반기 스위치>

재해발생 원인

❍ **폭발 · 화재방지를 위한 방호조치 없이 인화성액체(등유)를 가열 · 증발하는 작업 실시**

- 사고 당일 입고된 Hot-Asphalt 온도는 180℃로서 여기에 인화점이 37℃인 등유를 넣고 교반하는 것은 등유를 가열 · 증발시키는 행위로서 인화성 증기에 의한 화재 · 폭발을 방지하기 위한 방호조치 없이 교반작업 실시

❍ **폭발위험이 있는 장소에 대해 폭발위험장소 미 설정 및 관리**

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

재해예방 대책

❍ **폭발 또는 화재 등의 예방조치 실시**

- 150℃이상의 Hot-Asphalt에 인화점이 낮은 등유나 경유를 넣고 교반하는 행위는 항상 인화성 액체의 증기에 의한 화재 · 폭발위험이 높으므로 다음과 같은 시설을 구비하여 안전하게 처리하여야 함
  ① 교반기 덮개에 통기설비 설치
  ② 교반과정에서 가열 · 증발된 유증기를 안전하게 흡수 또는 흡착할 수 있는 시설 설치
  ③ 통기설비와 흡수 또는 흡착시설 사이에 화염방지기 설치

❍ **폭발위험이 있는 장소로 설정 · 관리**

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

계면활성제 제조 반응기 폭발사고

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	부상 0명
작 업 명	교반&승온	기 인 물	폭발 파편

재해발생 개요

< 사고공장 외부 전경 >

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

재해발생 원인

< 사고발생 현장 >

❍ **반응열 제어실패에 의한 폭주반응(추정)**

- 발열반응이 발생되는 반응기는 반응열 제어가 실패 시 온도상승에 의한 폭주반응 발생 위험이 있으나 반응열 제어에 실패하여 폭주반응이 발생됨

❍ **변경관리 절차 미준수**

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

❍ **폭주반응 발생 가능 반응기에 파열판 미설치**

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

재해예방 대책

❍ **반응열 제어방법 확보**

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

❍ **변경관리 절차 준수**

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

❍ **폭주반응 발생 가능 반응기에 파열판 설치**

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

냉매충전 작업 중 냉매용기가 폭발

재해일자	2015년 O월 O일 목요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	충진 작업	기 인 물	불꽃(점화원)

재해발생 개요

<재해발생 상황도>

2015. O월 O일(목) 09:00경 대전 대덕구 소재의 ○○사업장에서 피재자가 냉동기에 냉매를 충진하기 위해 LPG가스 토치를 이용하여 냉매용기를 가열하던 중 냉매용기가 폭발하고, 폭발된 용기에 피재자가 다친 사고임.

재해발생 원인

<폭발한 냉매용기>

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

재해예방 대책

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

바닥방수제 배합공정 폭발

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용제 투입	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

< 사고발생 현장 >

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

재해발생 원인

<용제저장조 및 플라스틱 용기>

❍ 인화성 액체에 의한 저장조의 기상부에 폭발분위기 형성

- 용제저장조 상부 맨홀을 개방한 상태에서 플라스틱 용기를 사용해 용제를 담는 작업 중 저장조 상부의 기상공간에 폭발분위기 형성

❍ 비방폭 전기 기계·기구 또는 기계적 마찰 스파크, 정전기가 점화원으로 작용(추정)

- 용제를 담기 위해 사용된 플라스틱 용기에 부착된 중량추로 인해 기계적 마찰 스파크, 플라스틱 용기에 의한 유동대전으로 발생한 정전기 등이 점화원으로 작용할 가능성이 있음

재해예방 대책

❍ 점도조절 시 솔벤트 투입 방법 변경

- 인화성 액체의 증기에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위해 솔벤트 투입방법을 플라스틱용기를 사용하는 방법에서 침액배관(Dip pipe) 투입방식으로 개선

❍ 가스검지 및 경보장치 설치

- 인화성액체의 증기나 가스에 의한 폭발분위기의 사전 감지를 위한 가스 검지 및 경보장치 설치

❍ 가스폭발위험장소 설정·관리 및 환기조치 철저

- 인화성액체 취급 시 산업표준화법에 따라 가스폭발 위험장소 구분도를 작성하고, 이에 따라 적정하게 관리해야하며, 저장조 내부에 폭발성분위기 제어를 위한 환기조치 실시

❍ 가스폭발위험장소에서 방폭성능의 전기 기계·기구 사용

- 인화성액체의 취급 장소 등 가스폭발위험장소에서 전기·기계기구 사용 시 가스에 적합한 방폭성능을 가진 방폭구조 전기 기계·기구 선정하고 시공하여 정상적으로 그 성능이 유지되도록 적절하게 관리하여야 함

MMA 중합반응 중 인화성증기에 정전기 점화로 폭발
(메틸메타크릴레이트)

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	부상 0명
작 업 명	MMA 중합	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

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

< 사고발생 현장 >

재해발생 원인

❍ 폭발위험분위기 조성 방지 위한 통풍 · 환기 조치 미흡

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

❍ 전기적 스파크, 정전기 제어 등 점화원 통제 · 관리 미흡

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

< 반응기 내부에서 시작된 화염의 모습 >

재해예방 대책

❍ 관리대상물질(유기화합물) 증기 체류 방지를 위한 통풍 · 환기조치

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

❍ 정전기 등 점화원 관리 철저

- 인화성액체 취급 설비 사용 시 정전기에 의한 화재 · 폭발 등의 위험 발생 우려가 있는 경우 접지, 정전기 제거장치 설치, 온습도 관리, 방폭 전기 · 기계기구 사용, 기계적 마찰금지 등 점화원 관리 필요

① 주입배관은 도전성 배관(접지, 클램프) 설치, 해당 설비는 상시 접지가 되는 정전기적 접지 실시

② 충전 초기 유속을 제한(주입파이프가 잠기기까지 1m/s 이하 유지), 침액파이프(Dip-pipe)를 설치하여 정전기 대전 최소화, 충전 후 정치시간을 두어 정전기 완화조치 실시

③ 반응기 교반장치, 중합실 조명등, 벽체 선풍기 등과 같은 전기설비는 방폭형 전기 · 기계기구 사용

산소공급 상태인 에어자켓 착용 작업 중 화재

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	사상 작업	기 인 물	불꽃(점화원)

재해발생 개요

< 에어자켓 >

2015년 0월 ○○사업장내에서 피재자가 산소 배관에 잘못 연결된 에어자켓을 입고 휴대용 그라인더를 사용하여 사상 작업 중 그라인더 불꽃이 튀면서 에어자켓에 불이 붙어 상체에 화상을 입은 사고임

재해발생 원인

<산소배관 분기관>

❍ **산소 분기관에 압축공기 연결이 가능한 접속기구 설치 · 사용**

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

❍ **화재발생 시 초기 진화 미흡**

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

재해예방 대책

❍ **압축공기와 산소 분기관은 상호 연결되지 않는 접속기구 사용**

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

❍ **화재발생시 초기가 가능하도록 소화기구 비치**

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

❍ **관리감독 업무 철저**

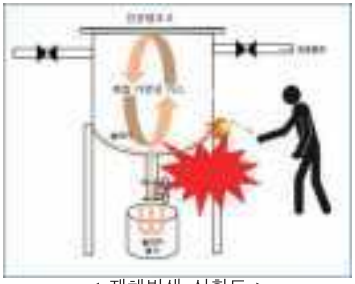
- 관리감독자는 소속된 근로자의 작업복·보호구 및 방호장치의 점검과 그 착용 및 사용에 관한 교육·지도 등의 사전 안전조치를 수행하여야 함.
- 특히, 에어자켓에 산소 주입에 따른 동종 재해가 다수 발생하고 있어 이에 대한 근로자 안전교육 및 현장 확인 등 관리를 함

진공탱크 내 슬러지 제거 중 화재로 인한 사망

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명, 부상 0명
작 업 명	슬러지 제거(토치 가열)	기 인 물	가연성가스(PP 열분해 생성물)

재해발생 개요

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



< 재해발생 상황도 >

재해발생 원인

< 진공탱크 >

< 눌어붙은 PP슬러지 >

< 화재발생 직후 전경 >

❍ 통풍 등이 충분하지 않은 장소에서 화기작업 실시

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

재해예방 대책

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

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

탱크로리 재검사 중 잔존 인화성 물질에 의한 폭발

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명, 부상 0명
작 업 명	LPG 탱크로리 재검사	기 인 물	정전기(점화원) 추정

재해발생 개요

< 사고발생 현장 >

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

재해발생 원인

❍ 폭발 또는 화재 등의 예방조치 미실시

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

❍ 탱크 재검사 시 안전수칙 미준수 및 관리감독 소홀

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

❍ 화재 · 폭발 발생 우려 장소에서 화기 등 사용금지 조치 소홀

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

재해예방 대책

❍ 폭발 또는 화재 등의 예방조치 철저

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

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

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

❍ 작업시작 전 안전점검 철저

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

PF(페놀폼)단열제 제조공장 반응기 폭발사고

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	설비 · 건물 파손
작 업 명	중합반응	기 인 물	작업 오류

재해발생 개요

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

< 사고발생 현장 외부 >

재해발생 원인

❍ 촉매 투입시기 오류 등 안전운전절차 미준수

- 페놀수지 투입 후 촉매(수산화칼륨수용액)을 정량 투입해야 하나, 촉매 투입밸브 고장으로 적정량의 촉매 일부가 미투입되자 반응 도중 잔량의 촉매 투입→폭주반응으로 반응기 폭발

❍ 반응기 반응폭주를 대비한 파열판 미설치

- 10m^3 반응기에 20A 크기의 안전밸브가 설치되어 있으나, 급격한 압력발생을 해소하기에는 미흡

< 사고발생 현장 내부 >

< 반응기 >

재해예방 대책

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

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

❍ 발열 반응기 등 반응폭주의 위험이 있는 경우 파열판 설치

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

폐드럼통 절단 중 잔류 인화성증기에 의한 폭발

재해일자	2015년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 1명
작 업 명	폐드럼통 절단	기 인 물	잔류 인화성증기

재해발생 개요

< 폐드럼통 >

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

재해발생 원인

❍ 유류 등이 있는 드럼의 절단 작업 시 안전조치 미실시

- 사업주는 인화성 물질 등이 있을 우려가 있는 드럼 등의 용기에 대하여 인화성 물질을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 실시하여야 하며, 이를 한 후가 아니면 절단 등 불꽃을 발생시킬 위험한 작업을 금지하여야 하나 이를 소홀히 함

< 폐드럼통 내 잔류물질 >

※ 기인물 (폐드럼통 내 잔류 인화성증기)

- 제품명 : SAIVINOL MS-300
- 성분(CAS No.) : 아크릴공중합체, 44% (26760-85)
  초산에틸, 50.6% (141-78-6)
  아세톤, 5.4% (67-64-1)
- 인화점 : -15～-5℃

※ 점화원 (4인치 그라인더)

- 그라인딩 작업 시 불티 온도 약 1,000～1,300℃

재해예방 대책

❍ 유류 등이 있는 드럼의 절단 작업 시 안전조치 철저

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

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

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

LPG-산소 용접기를 이용하여 빈드럼 상판 제거작업 중 폭발

재해일자	2015년 00월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	제거 작업	기 인 물	용접불꽃(점화원)

재해발생 개요

<사고발생장소>

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

재해발생 원인

<폭발발생한 드럼 >

○ 유류 등이 있는 용기의 용단작업시 안전조치 미흡

- 위험물, 인화성 유류가 있을 우려가 있는 드럼 등의 용기에 대하여 화기작업시에는 내용물을 제거하고 내부를 깨끗이 세척한 후 인화성물질의 잔류여부를 확인하여야 하나 확인 및 조치작업 없이 화기작업 실시
- 위험물, 인화성 유류 등이 담겨져 있던 페드럼 용기를 주입구와 통기구가 모두 닫혀 밀폐된 상태에서 용단작업 실시

재해예방 대책

○ 유류 등이 있는 용기의 용단작업시 안전조치 철저

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

금형가열작업 중 유압작동유 분출로 인한 화재

재해일자	2013년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	세척 작업	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

<사고발생장소>

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

재해발생 원인

<유압작동유 파손사진 >

○ 화기사용 장소의 화재방지 조치 미실시

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

재해예방 대책

○ 화기사용 장소의 화재방지 조치 실시

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

아스팔트방수 후 PIT 청소 중 용접 불티로 화재

재해일자	2013년 0월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용접 작업	기 인 물	용접불티(점화원)

재해발생 개요

<사고발생상황도>

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

재해발생 원인

<사고발생시 작업추정>

○ 엘리베이터 PIT 내부 방수작업을 오전에 실시하여 아스팔트 프라이머가 경화되지 않고 유증기가 체류 할 수 있는 상태에서 화재예방에 필요한 안전조치 없이 상부 용접 작업과 PIT 내부 청소작업을 병행하면서 용접 불티에 의해 화재가 발생함.

○ 작업자가 취급하는 화학물질(아스팔트 프라이머)에 대한 물질안전보건자료(MSDS)를 현장에 비치하지 않음.

○ 인화성물질 취급으로 화재위험성이 있는 현장에 소화설비를 비치하지 않고 작업 실시

재해예방 대책

○ 아스팔트 프라이머 미경화 및 유증기로 화재발생 위험이 있을 경우에는 PIT 주변의 화기작업을 금지하여야 하며, 부득이하게 용접작업을 실시할 경우에는 PIT 내부로 근로자 출입을 통제한 상태에서 불티 비산방지조치 등 충분한 화재예방조치를 실시 후 작업을 수행.

○ 현장에서 사용하는 화학물질의 유해·위험성에 대해 작업자가 인지할 수 있도록 해당물질에 대한 MSDS를 비치하고, 취급작업자에 대한 교육을 실시하여야 함.

○ 화재발생 위험이 있는 장소에서 작업을 수행할 경우에는 해당 건물의 규모나 취급물질의 종류 등을 고려한 소화설비를 비치하여야 함.

용해작업 중 폭발로 용탕 비산

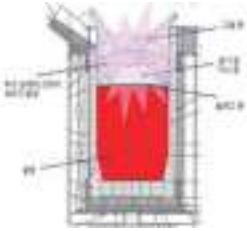
재해일자	2013년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용해 작업	기 인 물	용탕

재해발생 개요

<용해로 내부전경>

2013년 0월 0일(수) 07:59분경 경남 창원시 진해구 ○○금속 용해작업장에서 밸브류 주물품을 제조하기 위하여 고철을 용해하던 중 용탕의 내부 압력 증가 및 과열로 인하여 용탕이 비산하여 용해로 주변에 있던 피재자 4명이 화염에 노출되어 화상을 입은 사고임

재해발생 원인



<재해당시 상황도>

❍ **작업방법 불량**

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

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

재해예방 대책

❍ **작업방법 개선**

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

❍ **방열복 등 개인보호구 미착용**

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

선박 용접 작업중 폭발 발생

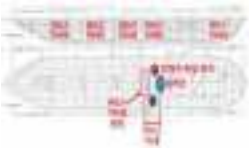
재해일자	2012년 0월 0일 화요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용접 작업	기 인 물	전기열원(점화원)

재해발생 개요

<재해직후 선박사진>

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

재해발생 원인



<재해당시 선박관련도면>

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

재해예방 대책

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

소각로 내 휴대용 가스용기 폭발

재해일자	2012년 O월 OO일 O요일	상해정도	사망 O명
작 업 명	소각 작업	기 인 물	불꽃(점화원)

재해발생 개요

<사고발생장소>

2012년 O월 OO작업장 내에서 피재자 OOO은 추위를 피하기 위해 소각로 앞에 서 있다가 휴대용 가스용기의 폭발(압력)에 의해 화구문이 열리면서 개방된 화구문의 충격으로 바닥으로 넘어져 다친 사고임

재해발생 원인

<사고발생 기인물>

o 위험물질 등의 제조 등 작업시의 안전 조치 미실시

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

o 출입의 금지 미실시

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

재해예방 대책

o 위험물질 등의 제조 등 작업시의 안전 조치 실시

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

o 출입의 금지 실시

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

역화로 인한 LPG가스 용기 폭발

재해일자	2012년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용단 작업	기 인 물	불꽃(점화원)

재해발생 개요

<사고발생장소>

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

재해발생 원인

<역화로 전소된 LPG호스 >

○ 이동식 가스용접장치 안전장치(역화방지기) 미 설치

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

○ 설비 고장시 수리 후 사용 등의 안전수칙 미준수

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

재해예방 대책

○ 이동식 가스용접장치 안전조치 실시

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

○ 설비 고장 시 수리 후 사용

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

핸드폰 케이스 세척작업 중 정전기 화재

재해일자	2012년 O월 O일 O요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	세척 작업	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

<사고발생장소>

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

재해발생 원인

<세척제용기 사진 >

o 정전기로 인한 화재 폭발 등 방지조치 미흡

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

재해예방 대책

o 정전기로 인한 화재 폭발 등 방지조치 실시

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

o 세척제 대체물질 사용 검토 및 지속적인 교육 실시

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

부원료 투입 용해작업중 전기로 폭발

재해일자	2011년 0월 00일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	투입 작업	기 인 물	전기로

재해발생 개요

<사고발생장소>

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

재해발생 원인

<사고발생 기인물>

○ 수분이 함유된 부원료 등을 전기로에 투입

- 전기로에 페로실리콘 등 부원료를 넣는 작업을 하는 때에는 수증기폭발을 방지하기 위하여 부원료에 수분 등이 들어있지 아니함을 확인 한 후에 투입하여야하나 이를 소홀히 함

○ 부원료 보관 및 사용장소에 빗물 유입

- 페로실리콘 등 부원료를 보관 및 사용하는 장소의 지붕, 외벽 등은 빗물이 새어들지 않는 구조로 되어야 하나 여러곳이 파손되어 빗물이 유입됨

○ 방열복 등 보호구 미착용

- 전기로 등 다량의 고열물을 취급하는 작업을 하는 장소에는 고열물의 비산에 의한 화상을 방지하기 위하여 방열복 또는 적합한 보호구를 착용한 상태로 작업을 실시하여야 하나 보호구를 미착용함

재해예방 대책

○ 전기로에 투입하는 부원료 등의 수분관리 철저

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

○ 부원료 보관 및 사용장소에 빗물 유입 방지조치 철저

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

○ 방열복 등 보호구 착용

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

철제 폐 드럼통 절단 작업 중 폭발

재해일자	2011년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용단 작업	기 인 물	불꽃(점화원)

재해발생 개요

<재해발생후 사진>

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

재해발생 원인

<드럼 외부 사진>

❍ 내용물에 대한 물리적 위험 및 잔량의 확인, 물질 특성을 제대로 인지하지 않았고, 폐 드럼통 내부 인화성 잔류 증기 유무를 확인하지 않은 상태에서, 산소절단기로 절단작업을 하던 중 내부에 체류되어 있던 인화성 가스가 산소절단기 예열 등에 의해 내부 인화성 증기에 착화되어 드럼 용기가 폭발하면서 비래된 하판 또는 몸체, 화염에 의해 재해가 발생함.

재해예방 대책

❍ 밀폐된 폐드럼통 절단 작업시 인화성 증기 존재여부 확인

- 드럼통 절단작업을 하는 경우 드럼 내부에 인화성 잔류 증기에 의한 폭발위험이 상존하므로 증기 잔류 여부를 확인한 후 작업을 실시

❍ 폐 드럼통 처리 절차 및 방법 준수 철저

- 장기간 인화성 증기가 체류된 상태에서 보관하였던 폐드럼통은 전문처리 업체에 의해 폐기 처리하여야 하고,
- 부득이 드럼통을 절단하는 경우 사전에 필히 뚜껑을 개방하고, 물, 모래 또는 불활성 기체 등으로 내용물을 완전히 치환하여 위험요인을 완전 제거함.

❍ 밀폐된 폐드럼통의 타용도 사용금지

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

LPG가스 누출에 따른 착화 폭발

재해일자	2011년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용접 작업	기 인 물	불꽃(점화원)

재해발생 개요

<재해당시 작업자위치>

2011.0.0(월), 10:15분경 경기도 시흥시 정왕동 소재 사업장에서 피재자 등 작업자 5명이 휴식을 마치고 용접을 하려는 순간 갑작스런 폭발이 발생하여 정반위에서 작업중이던 피재자 2명이 폭발 충격에 의해 정반과 함께 위로 치솟은 후 작업장 주변으로 떨어져 사상자가 발생한 재해임

재해발생 원인

<재해당시 용접토치>

❍ 가연성 가스가 존재하여 폭발 또는 화재가 발생할 우려가 있는 장소에서는 당해 가스에 의한 폭발 또는 화재를 예방하기 위하여 통풍·환기를 실시하여야 하나 이를 실시하지 않음

❍ 통풍 또는 환기가 불충분한 장소에서 가연성 가스를 사용하여 속의 용접·용단을 하는 때에는 가스 등의 누출로 인한 폭발·화재를 예방하기 위해 호스와 치관, 연결부 등이 손상·마모 등에 의하여 가스 등이 누출되지 않도록 조치를 하여야 하나 이를 실시하지 않음

재해예방 대책

❍ 통풍·환기 실시

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

❍ 폭발 예방조치 실시

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

신너와 페인트 혼합작업중 화재

재해일자	2010년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	혼합 작업	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

<사고발생장소>

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

재해발생 원인

<사고발생시 작업추정>

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

재해예방 대책

○ 인화성 물질 취급시 불꽃 또는 아크 발생기구 사용금지

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

인화성 세척제 증기에 의한 폭발

재해일자	2010년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	세척 작업	기 인 물	정전기(점화원)

재해발생 개요

<사고발생장소>

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

재해발생 원인

<폭발후 상황>

❍ **인화성 증기의 발생억제 및 체류방지 조치 미흡**

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

재해예방 대책

❍ **인화성 증기의 발생억제 및 체류방지 조치 철저**

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

금속칩 용융작업 시 화재

재해일자	2010년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용해 작업	기 인 물	불꽃(점화원)

재해발생 개요

<사고발생장소>

2010.0.0(금) 오전 07시 경 대전광역시 소재 00사업장의 용해로 작업장에서 근로자가 알루미늄 등 금속칩을 지게차를 이용해 용해로 전면에 있는 원료 거치대에 올려놓은 후 일정시간이 지난 후 순간적으로 거대한 백색 화염이 발생, 화염에 의해 화상을 입은 사고임.

재해발생 원인

<산화된 마그네슘분말 >

o 알루미늄, 마그네슘 등 금속칩의 종류별 분리 미흡

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

o 일반 작업복을 착용한 상태에서 용해로에 원재료 장입작업 실시

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

재해예방 대책

o 용해로에 금속 부스러기 등을 넣는 작업시 위험물질 사전 제거

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

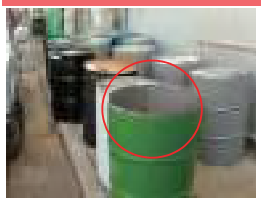
o 용융고열물에 의한 화상 방지용 방열복 등 보호구 착용

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

빈드럼 용단 작업 중 폭발

재해일자	2009년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	용단 작업	기 인 물	공드럼

재해발생 개요



<사고발생기인물>

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

재해발생 원인

<폭발후 상황>

❍ **유기용제 증기가 체류된 공드럼에 점화원이 될 수 있는 불꽃 접촉**

인화점이 외기온도보다 낮은 물질이 저장되어 있던 공드럼을 밀폐시킨 상태에서 산소-LPG 절단기로 용단 작업을 실시하다가 불꽃이 인화성 증기에 착화되어 공드럼 내부에서 화재·폭발이 발생하였으며, 이로 인한 압력상승으로 인해 공드럼 상부덮개가 이탈, 비래됨

재해예방 대책

❍ **공드럼 내부의 인화성물질 제거 철저**

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

탄소섬유공장 산화오븐에서 화재

재해일자	2000년 0월 0일 0요일	상해정도	사망 0명
작 업 명	제거 작업	기 인 물	반응열(점화원)

재해발생 개요

<산화오븐>

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

재해발생 원인

<사고발생사진>

ㅇ 아트릴사에 대한 위험성 파악 미흡

- 아크릴사를 이용하여 탄화섬유를 생산하는 공정에서 아크릴사의 산화공정(Oven)에서는 폭주반응이 발생하는 사실이 알려져 있으나 사업장의 물질안전보건자료에는 반영되어 있지 않음

ㅇ 안전운전지침 미흡

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

재해예방 대책

ㅇ 아크릴사에 대한 위험성 파악

- 아크릴사에 대한 물질안전보건자료에 해당물질의 산화반응시 발열반응 및 시안화수소(HCN)발생 등의 위험성을 포함하여 관리하여야 함

ㅇ 안전운전 지침의 명확화

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

Ⅷ

공정안전보고서 등 제도안내

1. 공정안전보고서 심사·확인 215
2. 유해위험방지계획서 심사·확인 220
3. 유해화학물질 취급시설 검사 및 안전진단 221

01 공정안전보고서(PSM) 심사·확인

❶ 법령요지

- **법 제44조(공정안전보고서의 작성·제출)** ① 사업주는 사업장에 대통령령으로 정하는 유해하거나 위험한 설비가 있는 경우 그 설비로부터의 위험물질 누출, 화재 및 폭발 등으로 인하여 사업장 내의 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근 지역에 피해를 줄 수 있는 사고로서 대통령령으로 정하는 사고(이하 "중대산업사고"라 한다)를 예방하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 공정안전보고서를 작성하고 고용노동부장관에게 제출하여 심사를 받아야 한다. 이 경우 공정안전보고서의 내용이 중대산업사고를 예방하기 위하여 적합하다고 통보받기 전에는 관련된 유해하거나 위험한 설비를 가동해서는 아니 된다.

PSM 제출대상

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

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

** 51개 화학물질 및 규정수량

《개정된 별표 13 유해·위험물질 규정량 적용 시기》

제2조(공정안전보고서 제출 대상 등의 적용에 관한 일반적 적용례)
① 제43조 · 제45조(별표 13과 관련되는 부분으로 한정한다) 및 별표 13의 개정규정은 다음 각 호의 구분에 따른 날부터 적용한다.
1. 상시근로자 5명 이상을 사용하는 사업장: 2021년 1월 16일
2. 상시근로자 5명 미만을 사용하는 사업장: 2021년 7월 16일

(개정 전) 대통령령 제29950호 산업안전보건법 시행령 [별표 10] 유해·위험물질 규정량(제43조제1항 관련)

번호	유해 · 위험물질	규정량(kg)
1	인화성 가스	제조·취급: 5,000(저장: 200,000)
2	인화성 액체	제조·취급: 5,000(저장: 200,000)
3	메틸 이소시아네이트	제조·취급·저장: 150
4	포스겐	제조·취급·저장: 750
5	아크릴로니트릴	제조·취급·저장: 20,000
6	암모니아	제조·취급·저장: 200,000
7	염소	제조·취급·저장: 20,000
8	이산화황	제조·취급·저장: 250,000
9	삼산화황	제조·취급·저장: 75,000

번호	유해 · 위험물질	규정량(kg)
10	이황화탄소	제조·취급·저장: 5,000
11	시안화수소	제조·취급·저장: 1,000
12	불화수소(무수불산)	제조·취급·저장: 1,000
13	염화수소(무수염산)	제조·취급·저장: 20,000
14	황화수소	제조·취급·저장: 1,000
15	질산암모늄	제조·취급·저장: 500,000
16	니트로글리세린	제조·취급·저장: 10,000
17	트리니트로톨루엔	제조·취급·저장: 50,000
18	수소	제조·취급·저장: 50,000
19	산화에틸렌	제조·취급·저장: 10,000
20	포스핀	제조·취급·저장: 50
21	실란(Silane)	제조·취급·저장: 50
22	질산(중량 94.5% 이상)	제조·취급·저장: 250
23	발연황산(삼산화황 중량 65% 이상 80% 미만)	제조·취급·저장: 500,000
24	과산화수소(중량 52% 이상)	제조·취급·저장: 3,500
25	톨루엔디이소시아네이트	제조·취급·저장: 100,000
26	클로로술폰산	제조·취급·저장: 500,000
27	브롬화수소	제조·취급·저장: 2,500
28	삼염화인	제조·취급·저장: 750,000
29	염화 벤질	제조·취급·저장: 750,000
30	이산화염소	제조·취급·저장: 500
31	염화 티오닐	제조·취급·저장: 150
32	브롬	제조·취급·저장: 100,000
33	일산화질소	제조·취급·저장: 1,000
34	붕소 트리염화물	제조·취급·저장: 1,500
35	메틸에틸케톤과산화물	제조·취급·저장: 2,500
36	삼불화 붕소	제조·취급·저장: 150
37	니트로아닐린	제조·취급·저장: 2,500
38	염소 트리플루오르화	제조·취급·저장: 500
39	불소	제조·취급·저장: 20,000
40	시아누르 플루오르화물	제조·취급·저장: 50
41	질소 트리플루오르화물	제조·취급·저장: 2,500
42	니트로 셀롤로오스(질소 함유량 12.6% 이상)	제조·취급·저장: 100,000
43	과산화벤조일	제조·취급·저장: 3,500
44	과염소산 암모늄	제조·취급·저장: 3,500
45	디클로로실란	제조·취급·저장: 1,500
46	디에틸 알루미늄 염화물	제조·취급·저장: 2,500
47	디이소프로필 퍼옥시디카보네이트	제조·취급·저장: 3,500
48	불산(중량 1% 이상)	제조·취급·저장: 1,000
49	염산(중량 10% 이상)	제조·취급·저장: 20,000
50	황산(중량 10% 이상)	제조·취급·저장: 20,000
51	암모니아수(중량 10% 이상)	제조·취급·저장: 20,000

비고

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

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

주) Cn: 위험물질 각각의 제조·취급·저장량, Tn: 위험물질 각각의 규정량

(개정 후) 대통령령 제30256호 산업안전보건법 시행령 [별표 13] 유해·위험물질 규정량(제42조제1항 관련)

번호	유해 · 위험물질	규정량(kg)
1	인화성 가스	제조 · 취급: 5,000(저장: 200,000)
2	인화성 액체	제조 · 취급: 5,000(저장: 200,000)
3	메틸 이소시아네이트	제조 · 취급 · 저장: 1,000
4	포스겐	제조 · 취급 · 저장: 500
5	아크릴로니트릴	제조 · 취급 · 저장: 10,000
6	암모니아	제조 · 취급 · 저장: 10,000
7	염소	제조 · 취급 · 저장: 1,500
8	이산화황	제조 · 취급 · 저장: 10,000
9	삼산화황	제조 · 취급 · 저장: 10,000
10	이황화탄소	제조 · 취급 · 저장: 10,000
11	시안화수소	제조 · 취급 · 저장: 500
12	불화수소(무수불산)	제조 · 취급 · 저장: 1,000
13	염화수소(무수염산)	제조 · 취급 · 저장: 10,000

번호	유해 · 위험물질	규정량(kg)
14	황화수소	제조 · 취급 · 저장: 1,000
15	질산암모늄	제조 · 취급 · 저장: 500,000
16	니트로글리세린	제조 · 취급 · 저장: 10,000
17	트리니트로톨루엔	제조 · 취급 · 저장: 50,000
18	수소	제조 · 취급 · 저장: 5,000
19	산화에틸렌	제조 · 취급 · 저장: 1,000
20	포스핀	제조 · 취급 · 저장: 500
21	실란(Silane)	제조 · 취급 · 저장: 1,000
22	질산(중량 94.5% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 50,000
23	발연황산(삼산화황 중량 65% 이상 80% 미만)	제조 · 취급 · 저장: 20,000
24	과산화수소(중량 52% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 10,000
25	톨루엔 디이소시아네이트	제조 · 취급 · 저장: 2,000
26	클로로술폰산	제조 · 취급 · 저장: 10,000
27	브롬화수소	제조 · 취급 · 저장: 10,000
28	삼염화인	제조 · 취급 · 저장: 10,000
29	염화 벤질	제조 · 취급 · 저장: 2,000
30	이산화염소	제조 · 취급 · 저장: 500
31	염화 티오닐	제조 · 취급 · 저장: 10,000
32	브롬	제조 · 취급 · 저장: 1,000
33	일산화질소	제조 · 취급 · 저장: 10,000
34	붕소 트리염화물	제조 · 취급 · 저장: 10,000
35	메틸에틸케톤과산화물	제조 · 취급 · 저장: 10,000
36	삼불화 붕소	제조 · 취급 · 저장: 1,000
37	니트로아닐린	제조 · 취급 · 저장: 2,500
38	염소 트리플루오르화	제조 · 취급 · 저장: 1,000
39	불소	제조 · 취급 · 저장: 500
40	시아누르 플루오르화물	제조 · 취급 · 저장: 2,000
41	질소 트리플루오르화물	제조 · 취급 · 저장: 20,000
42	니트로 셀롤로오스(질소 함유량 12.6% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 100,000
43	과산화벤조일	제조 · 취급 · 저장: 3,500
44	과염소산 암모늄	제조 · 취급 · 저장: 3,500
45	디클로로실란	제조 · 취급 · 저장: 1,000
46	디에틸 알루미늄 염화물	제조 · 취급 · 저장: 10,000
47	디이소프로필 퍼옥시디카보네이트	제조 · 취급 · 저장: 3,500
48	불산(중량 10% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 10,000
49	염산(중량 20% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 20,000
50	황산(중량 20% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 20,000
51	암모니아수(중량 20% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 50,000

비고

1. "인화성 가스"란 인화한계 농도의 최저한도가 13% 이하 또는 최고한도와 최저한도의 차가 12% 이상인 것으로서 표준압력(101.3 ㎪)에서 20℃에서 가스 상태인 물질을 말한다.
2. 인화성 가스 중 사업장 외부로부터 배관을 통해 공급받아 최초 압력조정기 후단 이후의 압력이 0.1 MPa(계기압력) 미만으로 취급되는 사업장의 연료용 도시가스(메탄 중량성분 85% 이상으로 이 표에 따른 유해·위험물질이 없는 설비에 공급되는 경우에 한정한다)는 취급 규정량을 50,000kg으로 한다.
3. 인화성 액체란 표준압력(101.3 ㎪)에서 인화점이 60℃ 이하이거나 고온 · 고압의 공정운전조건으로 인하여 화재 · 폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성 물질을 말한다.
4. 인화점의 수치는 태그밀폐식 또는 펜스키마르테르식 등의 밀폐식 인화점 측정기로 표준압력(101.3 ㎪)에서 측정한 수치 중 작은 수치를 말한다.
5. 유해 · 위험물질의 규정량이란 제조 · 취급 · 저장 설비에서 공정과정 중에 저장되는 양을 포함하여 하루 동안 최대로 제조 · 취급 또는 저장할 수 있는 양을 말한다.
6. 규정량은 화학물질의 순도 100%를 기준으로 산출하되, 농도가 규정되어 있는 화학물질은 그 규정된 농도를 기준으로 한다.
7. 사업장에서 다음 각 목의 구분에 따라 해당 유해 · 위험물질을 그 규정량 이상 제조 · 취급 · 저장하는 경우에는 유해 · 위험설비로 본다.
   가. 한 종류의 유해 · 위험물질을 제조 · 취급 · 저장하는 경우: 해당 유해 · 위험물질의 규정량 대비 하루 동안 제조 · 취급 또는 저장할 수 있는 최대치 중 가장 큰 값($\frac{C}{T}$)이 1 이상인 경우
   나. 두 종류 이상의 유해 · 위험물질을 제조 · 취급 · 저장하는 경우: 유해 · 위험물질별로 가목에 따른 가장 큰 값($\frac{C}{T}$)을 각각 구하여 합산한 값(R)이 1 이상인 경우, 그 계산식은 다음과 같다.

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

주) Cn: 유해 · 위험물질별(n) 규정량과 비교하여 하루 동안 제조 · 취급 또는 저장할 수 있는 최대치 중 가장 큰 값　　Tn: 유해 · 위험물질별(n) 규정량

8. 가스를 전문으로 저장 · 판매하는 시설 내의 가스는 이 표의 규정량 산정에서 제외한다.

※ PSM보고서 구성 내용

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

02 유해·위험방지계획서 심사·확인

❶ 법령요지

- **법 제42조(유해위험방지계획서의 작성·제출 등)** ① 대통령령으로 정하는 업종 및 규모에 해당하는 사업의 사업주는 해당 제품생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물·기계·기구 및 설비 등 일체를 설치·이전하거나 그 주요 구조부분을 변경할 때에는 이 법 또는 이 법에 따른 명령에서 정하는 유해위험 방지 사항에 관한 계획서(이하 "유해위험방지계획서"라 한다)를 작성하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 제출하고 심사를 받아야 한다.

유해·위험방지계획서 제출대상

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">제 출 대 상</th></tr>
<tr><td>업종에 의한 대상</td><td colspan="2">▶ 전기계약용량 300kW 이상인 한국표준산업분류표(9차, 2007년)의 13대 업종으로써 제품생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물·기계·기구 및 설비 등 일체를 설치·이전 또는 전기정격용량 100kW이상 증설·교체·개조·이설하는 경우(업종은 공장등록증 확인)
<table>
<tr><th>업종코드</th><th>업종명(중분류)</th><th>업종코드</th><th>업종명(중분류)</th></tr>
<tr><td>10***</td><td>식료품 제조업</td><td>261**</td><td>반도체 제조업</td></tr>
<tr><td>16***</td><td>목재 및 나무제품 제조업</td><td>262**</td><td>전자부품 제조업</td></tr>
<tr><td>20***</td><td>화학물질 및 화학제품 제조업</td><td>29***</td><td>기타 기계 및 장비 제조업</td></tr>
<tr><td>22***</td><td>고무제품 및 플라스틱제품 제조업</td><td>30***</td><td>자동차 및 트레일러 제조업</td></tr>
<tr><td>23***</td><td>비금속 광물제품 제조업</td><td>32***</td><td>가구 제조업</td></tr>
<tr><td>24***</td><td>1차 금속 제조업</td><td>33***</td><td>기타 제품 제조업</td></tr>
<tr><td>25***</td><td colspan="3">금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)</td></tr>
</table>
* 비금속 광물제품 제조업(23***), 금속가공제품 제조업(25***) ['09.2.1 이후 적용]
* 화학물질 및 화학제품 제조업(20***), 반도체 제조업(261**), 전자부품 제조업(262**) ['14.9.13 이후 적용]
* 상기 5대 업종 외 10대 업종 [2012.7.1이후 적용]</td></tr>
<tr><td rowspan="5">설비에 의한 대상 (모든업종)</td><td>용해로</td><td>▶ 3톤 이상 금속 또는 비금속광물 용해로를 설치·이전하거나 열원의 종류를 변경하는 경우</td></tr>
<tr><td>화학설비</td><td>▶ 안전보건규칙 별표1의 위험물질을 안전보건규칙 별표9 기준량 이상을 저장·제조·취급하는 「안전보건규칙」 제273조에 따른 "특수화학설비"를 설치·이전하거나 생산량 증가, 원료·제품 변경을 위해 교체·변경·추가하는 경우</td></tr>
<tr><td>건조설비</td><td>▶ 유기화합물 건조, 인화성증기·가연성가스 발생, 건조시 가연성 분진이 발생하는 연료 최대사용량이 매시간당 50킬로그램 이상 또는 최대소비전력이 50킬로와트 이상인 건조설비를 설치·이전하거나 열원의 종류를 변경하는 경우</td></tr>
<tr><td>가스집합 용접장치</td><td>▶ 인화성가스 집합량이 1,000kg 이상인 고정식 가스집합 용접장치를 설치·이전하거나 가스집합용량, 주관의 구조를 변경하는 경우</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국소배기 전체환기 밀폐설비</td><td>▶ 안전검사 대상 물질 49종을 제거하는 국소배기장치(이동식 제외), 전체환기장치 및 밀폐설비를 설치.이전하거나 설비의 추가,변경으로 인하여 후드 제어풍속 감소 또는 배풍량이 증가하는 경우: 배풍량 60m3/min 이상</td></tr>
<tr><td>▶ 안전검사 대상물질 49종 이외의 허가대상, 관리대상물질 사용 또는 분진작업장소에 국소배기장치(이동식제외), 밀폐설비 및 전체환기장치를 설치·이전하거나 설비의 추가, 변경으로 인하여 후드 제어풍속 감소 또는 배풍량이 증가하는 경우 : 배풍량 150m3/min 이상</td></tr>
</table>

※ **(전기계약용량 판단법)**

(1) 전기사용계약서(6kW이상), 전기사용계약변경신청서, 사용설비내역서 등을 통해 전기계약용량 300kW 사용여부를 확인

(2) 각 설비별 판단법을 활용하여 대상여부 확인

03 유해화학물질 취급시설 검사 및 안전진단

❶ 법령요지

- 「화학물질관리법」 제24조에 따라 유해화학물질 취급시설의 설치·정기·수시검사 및 안전진단을 관할 검사기관에 신청

*** 검사수행기관(3개 기관)** – 한국환경공단, 한국가스안전공사, 한국산업안전보건공단

❷ 유해화학물질 취급시설의 설치 및 관리기준

- 「화학물질관리법」 시행규칙 별표5 및 「유해화학물질 취급시설 설치 및 관리 기준에 관한 고시」 등 유해화학물질 취급시설의 법적기준에 따라 설치

화학물질안전원 고시 제2017-10호〈'17.12.28.〉

❸ 검사 및 안전진단 방법 및 항목

- 「유해화학물질 취급시설 설치·정기·수시검사 및 안전진단 방법 등에 관한 규정」 및 「유해화학물질 취급 시설의 설치·정기·수시검사의 방법 등에 관한 세부지침」에 따라 검사 및 안전진단을 실시

화학물질안전원 고시 제2017-10호〈'17.12.28.〉

❹ 검사 및 안전진단 시기/주기

구분			시기/주기
설치검사			유해화학물질 취급시설 설치 완료 후 해당시설 가동 전
정기검사	영업허가 대상인 경우		1년 마다 (최초 정기검사일 전후 30일 이내)
	영업허가 대상이 아닌 경우		2년 마다 (최초 정기검사일 전후 30일 이내)
수시검사	화학사고 발생		화학사고 발생 후 7일 이내
	화학사고 발생 우려		지방환경관서의 장이 통지 시
안전진단	설치/정기 검사결과 안전상 위해 우려		검사결과를 받은 날부터 20일 이내
	장외 영향평가 위험도 판정등급	결과 없는 경우	4년마다
		고위험도	4년마다
		중위험도	8년마다
		저위험도	12년마다

❺ 검사 및 안전진단 시기/주기

구분	기준	검사표 (적/부 판정기준)
기존시설	'14.12.31. 이전 설치, 운영 및 착공 시설	환경부 고시 제2019-157호(유해화학물질 취급시설의 설치·정기·수시검사 및 안전진단의 방법 등에 관한 규정)를 적용하여 판정
신규시설	'15.1.1. 이후 착공 시설	

참고문서

산업안전보건법 전부개정 안내

산업안전보건법 개/정/안/내

법의 보호대상 확대

: **근로자 → 노무를 제공**하는 자(특수형태근로종사자 등) 적용 및 배달종사자 보험료 확대

특수형태근로종사자 ▶ 보험모집원, 건설기계 운전사(지게차), 학습지 교사, 골프장 캐디, 택배원, 퀵서비스기사, 대출모집인, 신용카드회원 모집인, 대리운전기사 *5개 직종 의무교육 대상

산업재해예방 책임주체 확대

□ **상시근로자 500명 이상 주식회사** 또는 **시공능력 상위 1,000위 이내 건설회사**의 대표이사는 매년 안전보건계획 수립 및 이사회 보고·승인(1천만 원 이하 과태료)

□ 공사금액 **50억 원 이상인 건설공사 발주자**는 단계별(계획, 설계, 시공) 안전보건대장 작성·이행 확인(1천만 원 과태료)

□ 기계설비 수가 200개 이상인 **화학업, 반도체업, 조선업, 자동차 기계분야**는 안전보건프로그램 마련·시행 등 안전보건조치 실시 (3천만 원 이하 과태료)

위험업종 작업의 사내도급 제한(1억 원 이하 과태료)

□ 도급작업, 수운·선·하도급의 계관·주입·기공·가설작업, 하역작업(물품을 제조·사용하는 작업)의 **사내도급 금지**

□ 중량비율 1% 이상의 **황산, 불화수소, 질산, 염화수소, 취급설비 개조·분해·해체·철거작업** 또는 **해당 설비 내부의 작업은 고용노동부 장관 승인대상**(단, 승인작업의 하도급 금지)

도급인의 책임범위 및 처벌수준 강화

□ 도급인의 안전보건조치를 취해야 하는 장소범위 확대

[기존] 도급인 사업장 내 22개소 → [개정] 도급인 **사업장 내 전체** 및 사업장 외 도급인의 **지배·관리하는 21개소**

□ 안전보건조치 미이행 위반시 처벌수준 상향

❶ 3년 이하 징역 또는 3천만 원 이하 벌금 강화 ❷ 근로자 사망 시 7년 이하 징역 또는 1억 원 이하 벌금 신설

건설업 안전보건관리체계 강화

□ 건설업 안전관리자 및 안전보건조정자 **선임대상 확대**

건설업 안전관리자	[기존] 공사금액 120억 원 이상 → [개정] 공사금액 50억 원 이상
건설업 안전보건조정자	[기존] 전기공사·정보통신공사를 그 밖의 건설공사 혼재 시 → [개정] 2개 이상의 건설공사 혼재 시

□ 비계·동바리 설치·해체업 등록제 신설 : **등록된 사람** 비계·동바리 설치·해체 작업 가능(1천만 원 이하 과태료)

화학물질 안전관리 강화(3천만 원 이하 과태료)

□ 물질안전보건자료(MSDS) 대상물질 **제조·수입하려는 자는** MSDS를 작성하여 고용노동부 장관에게 제출

* 비밀에 속하는 정보 제공하는 경우 기술 자료 제출 제외

□ 유해물질의 **생산과 함유량을 비공개하기** 위해서는 고용노동부장관의 **사전승인**(기밀, 대체불가능 기준)

안전보건조치 위반으로 근로자 사망 시 처벌수준 강화

❶ 3년 내 동일한 죄로 근로자 사망 시 사업주 또는 도급인은 **형의 1/2까지 가중처벌**(사망 시 처벌기준 7년 이하의 징역 또는 1억 원 이하 벌금)

❷ 법인에 대한 벌금형 **10억 원으로 상향**

❸ 사업주 또는 도급인이 근로자 사망으로 유죄판결 받고 또는 약식명령 고지 시 **20시간 내 수강명령** 명령 가능

법률 시행시기	2020. 1. 16.	[예외] • 대표이사의 안전보건계획 수립 규정 : 2021. 1. 1. • 물질안전보건자료 규정 : 2021. 1. 16.

참고문서

기타
(활용가이드 안내 등)

안녕? 안전
신재 사고사망
절반으로 줄입시다!
안전보건자료를 만나는
네 가지 방법
1
홈페이지, 안전보건자료실, 유튜브(YouTube)
안전보건자료실
홈페이지
유튜브(YouTube)
고용노동부
안전보건공단

安寧安全 사업장에 안녕(安寧)을 가져다줄 안전보건자료를 만나보세요.

② 스마트폰 APP(위기탈출 안전보건)

구글 PLAY스토어(Android), 앱스토어(IOS)에서 키워드 '안전보건공단' 또는 '위기탈출 안전보건'을 검색하여 애플리케이션 설치

- 10분 안전교육 — 10분 안전보건교육 시 필요한 교육 주제에 맞는 콘텐츠 제공
- 안전보건자료 — 재해사례, 전자책, 동영상 등 안전보건 자료 제공
- VR 전용관 — 정보제공형 VR 콘텐츠 제공
- 건설업기초 안전보건교육 — 건설업 기초 안전보건교육 이수 여부 및 교육기관 안내
- 다국어회화 — 간단한 대화를 비롯해 안전보건 관련 대화를 13개 언어로 제공
- 응급처치 — 응급처치 방법 제공

이외 e-실무길잡이, MSDS 정보 제공 홈페이지 링크

③ 미디어 현장배송 서비스

포스터, 표지 등 사업장에 필요한 안전보건 미디어를 인터넷에서 간편하게 신청하고 사업장에서 2~3일 이내에 택배로 받아볼 수 있는 서비스입니다.

홈페이지 • 자료실 • 미디어 현장배송 클릭
혹은 현장배송 홈페이지 직접 방문
(http://media.kosha.or.kr)

- 미디어 자료 비용 | 무료
- 배송 비용 | 신청자 부담(착불)

④ 가까운 일선기관 방문

공단에서 발간한 다양한 인쇄물, 시청각 자료 등을 일선기관 방문 시 무료로 제공하고 있습니다. ☎ 일선기관 문의: 1644-2275

2019-급무홍보-1861

OPEN 스마트 안전보건