



한국철강협회
KOREA IRON & STEEL ASSOCIATION

산업재해예방
안전보건공단
KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY



철강산업 중대재해 사례집

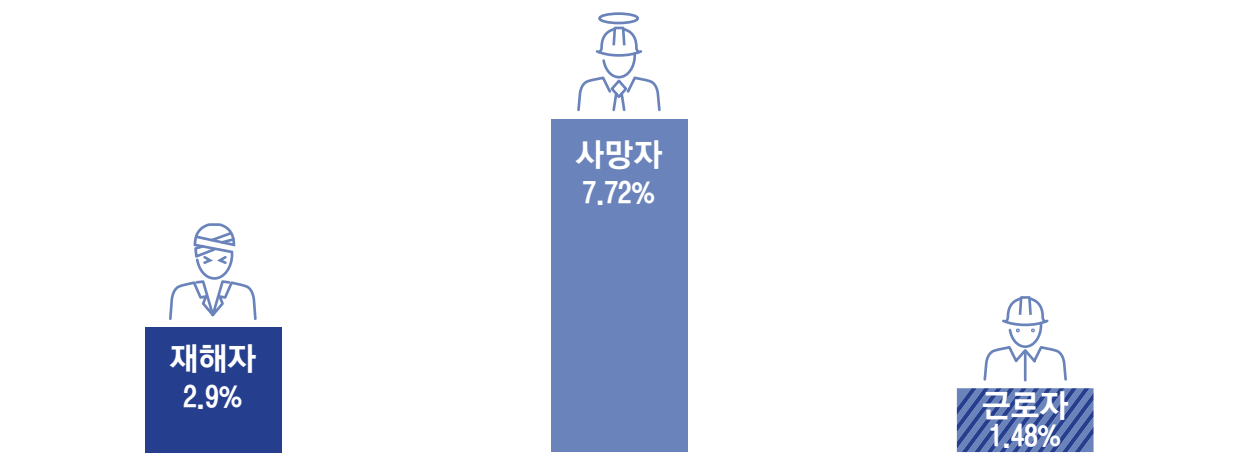
안 전
제 일

Safe workplace, secure the steel industry

Intro. 금속 제조업 재해 발생 현황

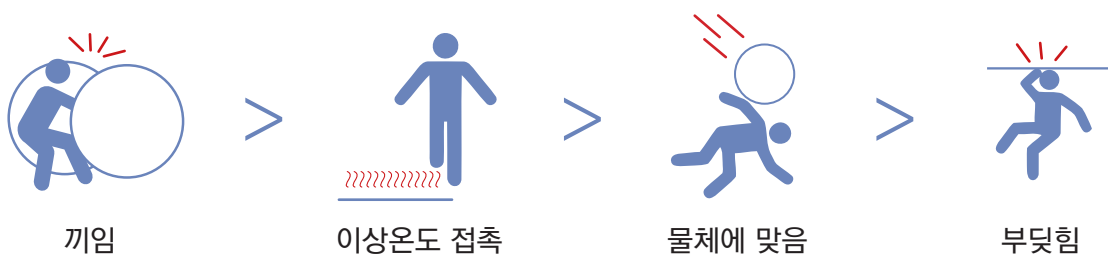
+ 금속 제조업 재해 발생 현황 (2019년 12월 기준)

구분		계	구분		계
전체 제조업	재해자	29,274	업무상 사고	부상자	622
	사망자	492		사망자	17
금속 제조업	재해자	850	업무상 질병	이환자	189
	사망자	38		사망자	21
			기타		1



〈전체 제조업 재해자, 사망자, 근로자수 대비 금속 제조업 비중〉

+ 높은 빈도의 금속 제조업 재해 발생 형태



철강산업 중대재해 사례집

끼임사고

사례 1 : 이동대차와 벽면 사이에 끼임	04
사례 2 : 압연설비 입측가이드 구동부와 기계 구조물 사이에 끼임	06
사례 3 : 자동화설비(이동대차)와 기계 구조물 사이에 끼임	08
사례 4 : 자동화설비(워킹빔)와 설비 구조물 사이에 끼임	10
사례 5 : 자동화설비(이동대차)와 벽면 사이에 끼임	12
사례 6 : 파이프 포장기 무빙리프트와 프레임 사이에 끼임	15

추락사고

사례 1 : 크레인 주행로(계단통로)에서 이동 중 떨어짐	17
사례 2 : 천장크레인 해체작업 중 상부 통로에서 추락	18
사례 3 : 이동 중 배수구 덮개가 뒤집히면서 피트 내부로 떨어짐	19
사례 4 : 야간 설비점검 중 추락 또는 말림(가정)	20
사례 5 : 턴디쉬 주변 작업 중 내부로 추락하여 화상	22

기타 (화재, 화상, 부딪힘)

사례 1 : 신축관이음(고무 벨로우즈) 파열로 전해액에 노출되어 화상 ...	24
사례 2 : 공압이 채워진 산소랜스파이프가 풀리면서 근처 재해자 맞음...	26
사례 3 : 산소배관 개방 중 화재 · 폭발	28



사례 1 : 이동대차와 벽면 사이에 끼임

사례 2 : 압연설비 입측가이드 구동부와 기계 구조물 사이에 끼임

사례 3 : 자동화설비(이동대차)와 기계 구조물 사이에 끼임

사례 4 : 자동화설비(워킹빔)와 설비 구조물 사이에 끼임

사례 5 : 자동화설비(이동대차)와 벽면 사이에 끼임

사례 6 : 파이프 포장기 무빙리프트와 프레임 사이에 끼임

사례 1 : 이동대차와 벽면 사이에 끼임

재해 개요

냉연공장 코일자동화 창고 대차에서 재해자가 코일 실린더 교체작업 후, 운전실로 기기 초기화 요청을 하고 나서 코일 실린더와 이동대차를 결합시키고 이동대차 잠금상태 버튼(Lock)을 잠금해제 버튼(Unlock)으로 전환하자 이동대차가 자동운전하면서 이동대차 프레임과 콘크리트 벽면사이에 끼여 사망한 재해임



재해상황도



재해상황도



재해 발생 원인

- 1 정비 등 작업 시 전원 미차단**
기계 정비 등 작업을 수행하는 경우 갑자기 가동될 우려가 있어 해당 기계의 운전을 정지하여야 하나 현장의 LOCAL PANEL 전원을 차단하지 않음
- 2 작업지휘자 미배치**
정비작업을 하는 과정에서 이동대차가 갑자기 가동될 우려가 있는 경우 작업지휘자를 배치하는 등 필요한 조치를 하여야 하나, 해당 작업 현장에는 작업지휘자를 배치하지 않음
- 3 작업절차 · 안전작업허가서 누락 및 운전절차 미준수**
 - 협력업체에서 수행하는 정비 작업에 관한 작업절차서는 작성되어 있으나, 정비 전 · 후 이동대차 이동에 관한 작업절차서 및 안전작업허가서가 누락되었고
 - 운전실의 운전자는 정비작업 중에는 정비 상태인 FAULT 상태로 위치하여야 하나, 재해자가 ERROR RESET을 요구하자 ERROR RESET 버튼을 누르면서 동시에 운전상태를 FAULT 상태에서 NORMAL 상태로 전환하여 이동 대차가 자동운전 상태로 전환됨



재해 예방 대책

- ① **정비 시 전원차단**
기계 정비 등의 작업을 수행하는 경우에는 해당 기계의 운전을 반드시 정지하기 위하여 현장의 LOCAL PANEL의 전원을 차단하여야 함
- ② **작업지휘자 지정**
정비작업을 하는 과정에서 이동대차가 갑자기 가동될 우려가 있는 경우에는 작업지휘자를 배치하는 등 필요한 조치를 취함
- ③ **작업절차 · 안전작업허가서 작성 및 숙지 후 작업**
 - 정비 전 · 후 이동대차의 분리 · 결합에 관한 작업절차 및 안전작업허가서를 작성
 - 운전실의 운전자는 운전 작업순서 및 비정상 운전 시 작업 등 운전절차를 준수하여 작업

사례 2 : 압연설비 입측가이드 구동부와 기계 구조물 사이에 끼임

재해 개요

열연공정에서 재해자가 압연설비 점검·보수 작업을 하던 중 압연설비 Entry Guide(입측 가이드)의 불시 작동으로 인해 Entry Guide 구동부와 기계 구조물 사이에 약 3분간의 시간차를 두고 처음에는 몸통 부위를 두 번째에는 머리 부위가 끼어 사망한 재해임



재해 발생 원인

- 1 정비 등 작업 시 전원 미차단**

기계 설비의 정비, 보수작업은 설비 내부 진입 등 그 위험성이 매우 높아 반드시 운전을 정지하고 임의 조작이 불가하도록 “조작금지” 표지판 부착 등의 안전조치를 해야 하나, 압연기의 전원 차단 없이 정비·보수작업 실시
- 2 압연기 Entry Guide 조작장치 시스템 부적합**

Entry Guide의 in/out 작동스위치가 설치된 7개소(현장 조작반, 운전실 등)의 조작 장치는 작동 시험 결과 모두 정상적으로 작동되었으므로, 잘못된 신호 또는 소통에 의한 오조작과 관계자외 조작 등 비정상적인 작동 위험이 상시 잠재되어 있음
- 3 정비 등의 작업 시 기계 운전정지를 위한 유압밸브 잠금장치 관리 부실**
 - 사업장 안전지침(정비 등 에너지원 차단 및 격리 시스템)에 의하면 압연기의 정비 등의 작업은 업무와 관련된 조업, 정비 및 협력업체 모두가 함께 전원차단 및 해제를 하여야 하나, 정비 작업이 모두 끝나지 않은 상태에서 정비팀 단독으로 유압밸브 잠금장치를 해제하여 Entry Guide in/out 작동 가능상태가 되었음
 - 또한, 재해자가 유압밸브 잠금 장치를 해제한 Key는 당초 잠금을 실시한 동료근로자의 key가 아닌 다른 잠금장치를 사용하는 등 관리상태가 부실



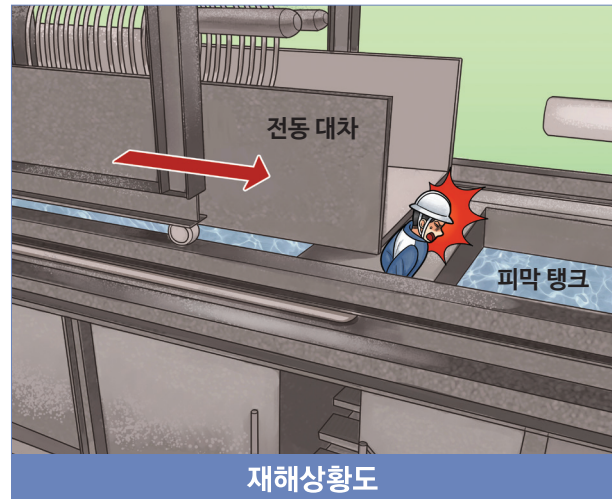
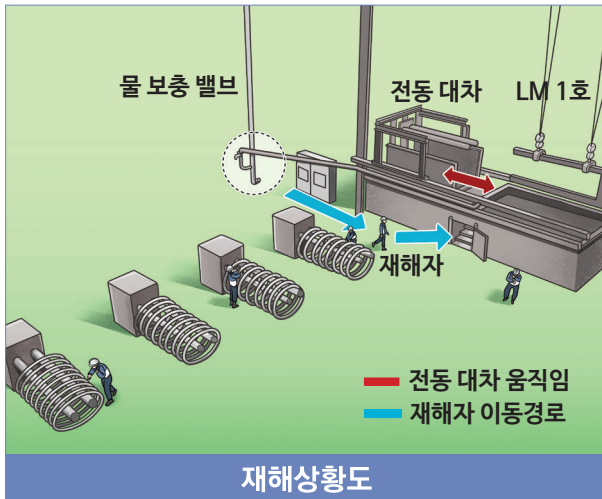
재해 예방 대책

- ① **정비 등의 작업 시 기계의 운전 정지 및 잠금장치 설치**
정비, 청소, 수리, 교체 등의 작업을 할 때 근로자가 위험해질 우려가 있으면 기계의 운전을 정지한 후 다른 사람이 그 기계를 운전하는 것을 방지하기 위하여 전원 차단 및 기계의 기동 장치에 잠금장치를 하고 해당 잠금장치는 별도 보관하여 임의로 작동되지 못하도록 필요한 방호조치를 실시하여야 함
- ② **압연기 Entry Guide 제어 프로그램 개선 및 작동 일원화**
7개소에서 동시 조작 가능한 제어프로그램을 2개소 이상에서 동시 조작이 불가능하도록 개선
※ 전기실 3개소(TDC 전기실, FM 전기실 2층, FM 전기실 3층)의 HMI(Human-Machine Interface) 모니터 화면은 설비의 상태를 모니터링하기 위한 목적이므로 제어기능을 제거하고, 운전실과 현장 조작반의 경우 2개소 이상에서 동시에 조작이 불가능 하도록 프로그램을 개선
- ③ **정비작업 안전수칙 준수 및 위험성평가 실시**
 - 사업장내 잠재된 유해 · 위험요인을 사전에 찾아내어 위험성을 결정하고 그 결과에 따라 사업장 자체적으로 대책 수립
 - 특히 정비, 보수 및 점검 작업을 수행할 경우에는 불충분한 정보, 취급부주의, 신호 및 표시의 문제로 인해 위험이 발생하지 않도록 관련 안전수칙을 세부적으로 설정하여 교육을 실시

사례 3 : 자동화설비(이동대차)와 기계 구조물 사이에 끼임

재해 개요

산세공장내 검사라인에서 재해자가 피막탱크 내 물을 보충하기 위해 밸브를 열고 피막탱크와 방청탱크 사이 계단으로 올라가 피막탱크의 수위를 확인하던 중 탱크 상부에서 자동화 시스템에 의해 동작되는 전동대차와 피막탱크 상부 사이에 머리가 끼여 바닥에 쓰러진 것을 동료작업자가 발견하고 119신고 후 병원으로 후송하였으나 사망한 재해임



재해 발생 원인

1 자동화 구역 내 위험방지를 위한 안전조치 미흡

- 위험성평가 시 개선대책으로 출입문을 설치하고 시건조치하여 출입을 차단하기로 했으나 개선 대책을 충분히 이행하지 않고 관리감독 없이 근로자가 임의로 출입하도록 방치함
- 프로그램에 의해 동작되는 자동화 구간인 피막탱크와 방청탱크 사이 계단 출입문은 설비가동 중 근로자 임의 출입으로 인한 위험이 발생 할 우려가 있음에도 출입문에 안전조치를 하지 않는 등 개방 상태로 방치함

2 위험범위 내 근로자 출입 시 운전정지 미실시

사업주는 전동대차 이동경로(위험범위) 내에 진입하여 탱크 내 수위 확인을 하는 등 근로자가 위험해질 우려가 있음에도 해당 기계의 운전을 정지하지 않고 작업하는 것을 방치함



재해 예방 대책

①

자동화 구역 내 위험방지를 위한 안전조치 철저 (권장)

사업주는 프로그램에 의해 동작되는 자동화 구간인 피막탱크와 방청탱크 사이의 계단 출입문에 연동장치(Inter Lock)를 설치하여 출입문이 닫혀 있고 잠긴 상태에서만 설비가 기동되도록 조치

②

위험범위 내 근로자 출입 시 운전정지

- 사업주는 전동대차의 위험범위 내에 진입하여 탱크 내 수위 확인을 하는 등의 근로자가 위험해질 우려가 있는 작업을 할 때는 해당 기계의 운전을 정지하고,
- 다른 사람이 그 기계를 운전하는 것을 방지하기 위하여 기계의 기동스위치에 잠금장치를 설치하고 그 열쇠를 별도 관리하거나 기동 스위치에 '작업중' 또는 '조작 금지' 표지판을 부착하는 등 Lock out(잠금장치 설치), Tag out(꼬리표 부착) 등 필요한 조치를 하여야 함

사례 4 : 자동화설비(워킹빔)와 설비 구조물 사이에 끼임

재해 개요

열연공장 가열로 하부에서 재해자가 이상을 발생위치 확인 중 설비 고정기둥과 구동중인 워킹빔* 사이에 끼여 사망한 재해로 추정됨

* 워킹빔(Walking Beam) : 실린더의 구동(전 · 후진)에 의해 가열로 내 · 외에서 슬래브를 운반하는 기계구조물



재해 발생 원인

1

구동부 등 끼임점에 대한 방호조치 미흡

가열로 하부에는 고정 구조물(기둥 등)과 워킹빔(구동부 등)에 의해 끼임이 발생하는 장소가 다수 존재하고 고정기둥과 실린더 전 · 후진에 따른 워킹빔간 최소 접근거리가 7cm로, 구동영역에 접근 시 작업자 신체의 일부가 끼일 위험이 상존하고 있음에도 방호울 등 접근 방지 조치가 미 실시되어 있음

2

설비 가동 중 점검 · 정비 실시

설비 작동 중 들리는 이상음 발생 위치를 찾기 위해 작업자의 안전이 확보되지 않은 상태로 설비 가동 상태에서 일상점검을 실시함

3

설비하부 조도 등 작업장 관리 미흡

- 가열로 하부는 각 근무조가 매 근무 시 일상점검을 실시하고 있으므로 작업자가 안전하게 통행 및 점검을 할 수 있도록 조도가 확보되어야 하나 사고당시 조도는 6Lux로 매우 낮은 수준
- 실린더와 서포팅 롤러 등 관련 부품은 녹색으로 도색이 되어 있으나, 기둥과 워킹빔 등 전반적인 구조물이 동일한 색(회색)으로 도색되어 있어 작업자가 안전지대를 착각하는 등 착오를 유발하기 쉬운 상태이며, 설비 가동구역에 대한 표시가 미 실시되어 작업자가 위험 구역에 대해 인지하기 어려움

4

위험구역 관리체계 미흡

- 가열로 하부(1층) 진입계단에는 임의 접근을 차단하기 위해 자물쇠를 사용하여 출입문을 잠그는 등 가열로 하부의 출입을 금지하고 있으나,
- 가열로 하부는 개방된 넓은 공간으로, 일상점검 등 수시로 진입하여 점검하는 장소임에도 가열로 하부에 다수 존재하는 구동부 등 위험원이 노출된 상태로 운전하는 등 위험구역 지정 및 구동부 등 위험원에 대한 방호조치 관리기준 체계가 미흡함



재해 예방 대책

1

구동부 등 끼임점에 대한 방호조치

- Layout 및 설비배치 등 초기단계에서 위험성평가 등을 통해 고정기동과 구동부간 안전한 최소 이격거리를 확보하는 등 근원적 안전조치를 강구하고
- 고정기동과 구동부 등으로 인해 끼임점이 형성되는 부위에는 방호울, 덮개 등 방호조치를 실시하여 근로자가 위험점 내 접근하는 것을 원천적으로 차단할 수 있어야 함

2

끼임 재해 예방 대책 보완

작업자가 점검·정비를 위하여 위험구역에 출입할 때는 설비를 정지하여 작업자의 안전을 확보하여야 함. 다만, 일상점검 등 설비 가동 상태에서의 확인이 필요할 경우 근로자가 상해를 입지 않도록 별도의 덮개를 설치하는 등 안전조치가 실시된 상태로 위험구역에 출입하여야 함

3

조도 등 작업환경 개선 등

근로자가 정기적인 작업을 실시하는 장소는 작업에 따라 기준에 맞는 조도를 확보하여야 하며, 위험구역 접근을 금지하기 위해 설비의 동작 및 가동 범위를 바닥 등에 표시하고, 움직이는 구조물과 고정된 구조물 등을 각각 구분되기 쉽게 도색하는 등 작업자가 위험점을 쉽게 인식하여 착오에 의한 실수를 유발하지 않도록 하여야 함

4

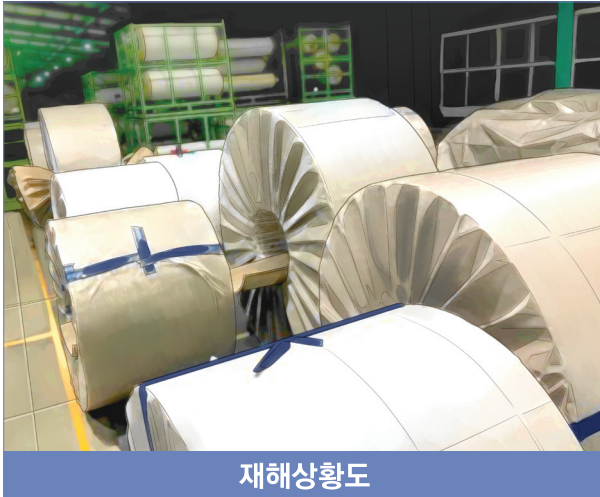
관계자의 출입금지구역 등에 대한 관리체계 개선

가열로 하부 등 관계자 외 출입제한 구역의 경우, 진입계단에 잠금장치 등을 설치하여 관계자 외 출입을 제한하고 있으나 구역 내 진입 시 넓은 공간에 걸쳐 다수의 위험점이 노출되어 있는 등 사각지대가 형성되어 있음에 따라 사업장내 출입제한 구역 내 위험점 등 사각지대 해소를 위해 절차 및 기준을 마련하는 등 체계적인 관리가 필요함

사례 5 : 자동화설비(이동대차)와 벽면 사이에 끼임

재해 개요

원자재 창고에서 재해자가 코일(약 13톤) 반제품의 포장지 제거작업을 위해 천장주행크레인으로 코일 반제품을 인양하여 작업 중, 인양 중인 코일과 인근에 적재된 코일(약 6.3톤) 사이에 몸이 협착되어 사망



재해 발생 원인

1

작업계획서 작성 미흡

사업주는 천장주행크레인을 사용하여 중량물 취급작업을 하는 경우, 단위작업 별 유해·위험 요인에 대해 전반적인 위험성 감소대책을 반영하여 작업계획서를 작성하여야 하나 일부만 반영한 체크리스트를 활용

중량물 취급작업 시 포함내용(기준규칙 별표4)

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. 추락위험을 예방할 수 있는 안전대책 | 4. 협착위험을 예방할 수 있는 안전대책 |
| 2. 낙하위험을 예방할 수 있는 안전대책 | 5. 붕괴위험을 예방할 수 있는 안전대책 |
| 3. 전도위험을 예방할 수 있는 안전대책 | |

2

작업지휘자의 작업지휘 미실시

사업주는 중량물취급 관련 작업계획서를 작성한 경우 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 하나 작업 지휘를 미실시

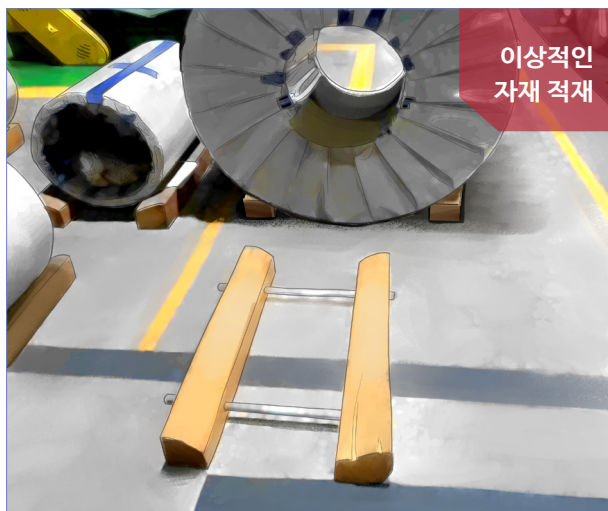
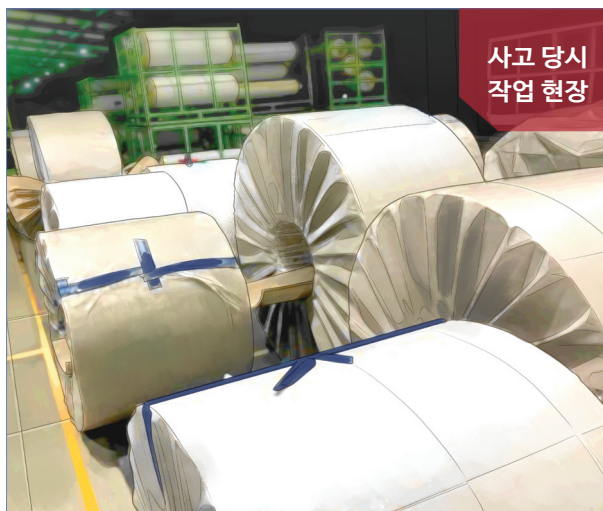


재해 예방 대책

- ① **작업계획서 작성**
사업주는 천장주행크레인을 사용하여 중량물 취급작업을 하는 경우, 단위작업 별 유해·위험 요인에 대해 전반적인 위험성 감소대책을 반영하여 작업계획서를 작성하여야 함
- ② **작업지휘자의 작업지휘**
사업주는 중량물취급 관련 작업계획서를 작성한 경우 지정된 작업지휘자로 하여금 작업 계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 함
- ③ **양중기를 이용한 중량물취급 작업 시 충분한 여유공간 확보(권고)**

현 실태 - 원자재 제품창고(G1동) 내 중량물 간격이 협소하여 근로자 협착 우려

- 중량물취급 작업계획서 작성 시 코일 등 중량물의 전도 및 근로자 협착 위험방지를 위해 충분한 작업공간을 고려하여 자재위치 선정
- ※ 자재위치 선정 시에는 식별이 용이하고 중량물의 견고한 지지를 위해 전용 자재받침대(skid) 사용





재해 예방 대책

④ 중량물 형태에 적합한 달기구 사용(권고)

현 실태 - 원자재 제품창고(G1동) 내 천장주행크레인 사용 시 C-hook 사용

천장주행크레인을 이용한 코일 운반 또는 양중작업 시 사용하는 달기구는 가급적 Coil-lifter 사용
※ Coil-lifter의 경우 C-hook 대비 자재 야적 간격이 상대적으로 넓으며 코일 인양 시 달기구 진동폭 감소 효과



⑤ 중량물취급 작업방법 개선(권고)

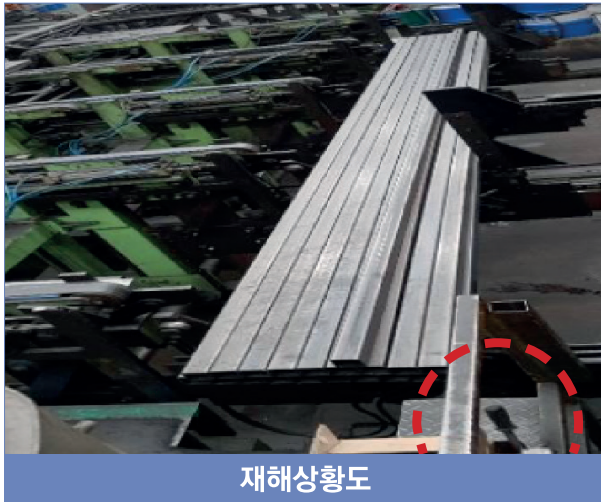
현 실태 - 천장주행크레인 운전원이 코일 반제품 포장지를 직접 제거(단독작업)

무선리모콘을 이용한 천장주행크레인 사용 시 작업자 외에 전담 운전원을 별도 지정하여 신호 체계 확립 및 긴급상황 발생 시 즉시 대응

사례 6 : 파이프 포장기 무빙리프트와 프레임 사이에 끼임

재해 개요

각형 강관(50×50×2.9×6,000mm) 포장공정에서 포장기의 고정리프트 포켓과 무빙리프트 포켓 프레임 사이에 몸이 끼인 재해가 발생하였고, 병원으로 후송되었으나 사망한 재해임



재해 발생 원인

자동포장기 운전 정지 조치 미흡

자동포장기의 고정리프트 및 무빙리프트가 작동하고 있으나, 운전정지를 하지 않고 현장에 출입함



재해 예방 대책

정비, 청소 등의 작업시 운전정지 조치 실시

가동 중인 설비 등에 문제가 생겨 점검, 청소 등이 필요할 때에는 비상정지스위치를 눌러 기계 운전을 정지시키고 정지가 된 후에 실시하여야 함

추락 사고

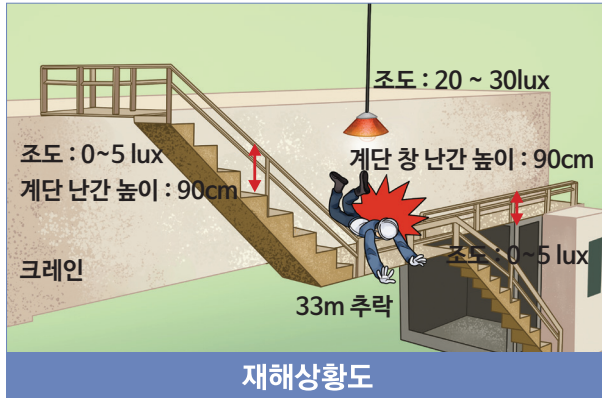
- 사례 1 : 크레인 주행로(계단통로)에서 이동 중 떨어짐
- 사례 2 : 천장크레인 해체작업 중 상부 통로에서 추락
- 사례 3 : 이동 중 배수구 덮개가 뒤집히면서 피트 내부로 떨어짐
- 사례 4 : 야간 설비점검 중 추락 또는 말림(가정)
- 사례 5 : 턴디쉬 주변 작업 중 내부로 추락하여 화상



사례 1 : 크레인 주행로(계단통로)에서 이동 중 떨어짐

재해 개요

열연제강공정에서 재해자(기중기 운전자)가 근무교대 후 260톤 크레인 주행로서 높이 33m 아래로 추락하여 동료 근로자가 바닥에 떨어져 있는 것을 발견하여 병원으로 후송하였으나 사망한 재해임



재해 발생 원인

1

260톤 크레인 주행로에 조도 미확보

작업자가 안전하게通行할 수 있도록 적합한 조도가 유지 되어야 하나, 천장의 조명등은 수리되지않아 조명이 꺼져 있었으며, 크레인에 설치된 조명등은 조도 측정결과 20~30럭스(lux)로 조명 확보가 되어있지 않음

2

개인보호구(안전대) 미착용 및 작업절차 미작성

추락위험장소인 크레인 상부에 출입하면서 안전대를 착용하지 않은 상태로 일상점검을 실시하였으며 크레인 상부에서 일상점검을 실시함에도 '개인보호구(안전대) 착용' 작업표준이 제정 되지 않음



재해 예방 대책

1

작업장 조도 확보

작업자가 안전하게通行할 수 있도록 작업에 적합한 조명 (조도 : 75lux)이상을 설치하여야 함

2

개인보호구(안전대) 착용 및 작업절차 제정

- 추락위험장소인 크레인 상부에 출입시 안전대를 착용하고 일상점검을 수행하여야 함
- 크레인 일상점검 시 작업표준을 제정하여 고소작업시 안전대를 착용하고 작업을 실시해야 함. 또한 위험성평가 실시를 통한 위험요인 발굴 및 안전수칙을 반영한 작업표준의 최신성을 유지하여야 함

사례 2 : 천장크레인 해체작업 중 상부 통로에서 추락

재해 개요

압연 야적장에서 외주업체 소속 재해자가 천장크레인(12ton) 해체작업을 위해 워크웨이(Walk Way H≒12m)에서 이동식크레인(200ton)에 매달린 천장크레인의 A거더(Girder)를 회전시켜 지상으로 내리기 위한 신호작업 중 워크웨이 단부에서 몸의 중심을 잃고 지상1층 바닥(H≒12m)으로 떨어져 사망한 재해임



재해 발생 원인

1 개구부 등의 방호조치 미실시

사업주는 작업발판 및 통로의 끝이나 개구부로서 근로자가 추락할 위험이 있는 장소에는 안전 난간, 울타리, 수직형 추락방망 또는 덮개 등의 방호 조치를 충분한 강도를 가진 구조로 튼튼하게 설치하여야 하나 이를 미실시

2 안전대의 부착설비 미설치

사업주는 추락할 위험이 있는 높이 2미터 이상의 장소에서 근로자에게 안전대를 착용시킨 경우 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 설비 등을 설치하여야 하나 이를 미실시



재해 예방 대책

1 개구부 등의 방호조치 실시

사업주는 작업발판 및 통로의 끝이나 개구부로서 근로자가 추락할 위험이 있는 장소에는 안전 난간, 울타리, 수직형 추락방망 또는 덮개 등의 방호 조치를 충분한 강도를 가진 구조로 튼튼하게 설치하여야 함

2 안전대의 부착설비 설치

사업주는 추락할 위험이 있는 높이 2미터 이상의 장소에서 근로자에게 안전대를 착용시킨 경우 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 설비 등을 설치하여야 함

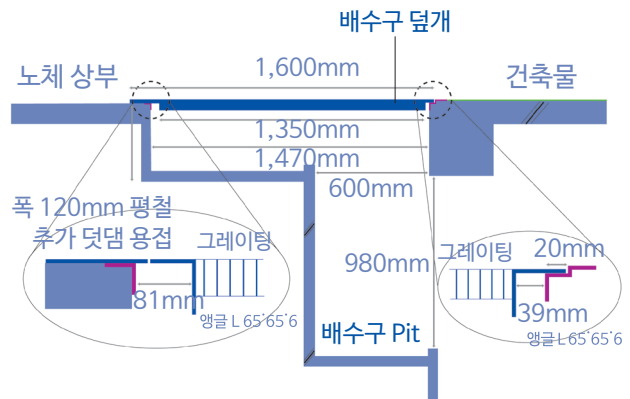
3 중량물 취급 작업계획서 작성

사업주는 천장크레인 등 중량물의 취급 작업을 할 때에는 작업자의 추락 등 위험을 방지하기 위하여 해당 작업 전 중량물의 중량에 따른 인양방법, 줄걸이 방법, 적합한 양중기 및 양중기 배치위치, 지반지내력 등 작업방법에 대한 사전검토를 하고 검토결과를 반영하여 작업계획서에 근로자의 추락, 낙하, 전도, 협착, 붕괴위험 등 예방할 수 있는 내용을 포함하여 작성하고 이를 작업시 준수하도록 하여야 함

사례 3 : 이동 중 배수구 덮개가 뒤집히면서 피트 내부로 떨어짐

재해 개요

코크스공정에서 재해자가 코크스 A 밧데리 노체(코크스오븐)상부와 건축물 사이에서 노체 등의 점검을 위해 덮개 위를 이동하던 중, 배수구 덮개가 뒤집히면서 배수구 피트 개구부를 통해 덮개와 함께 10m 아래 3층 바닥으로 떨어져 사망한 재해임



〈 노체 수축 팽창 조정 구간 배수구 단면도 〉



재해 발생 원인

개구부 방호조치 미실시

근로자가 추락할 위험이 있는 개구부에는 뒤집히거나 떨어지지 않도록 덮개를 설치하여야 하나 배수구에 설치된 덮개(그레이팅)는 노체의 온도변화에 따른 수축/팽창 유격이 충분히 고려되지 않은 크기의 덮개가 설치됨



재해 예방 대책

개구부 방호조치 실시

개구부 덮개는 노체의 온도변화에 따른 수축/팽창으로 유격이 발생해도 뒤집힐 우려가 없도록 제작하여 설치하고, 배수로 피트 벽면 개구부에는 추가적으로 그레이팅 등을 활용하여 추락 위험이 없도록 방호조치 하여야 함

사례 4 : 야간 설비점검 중 추락 또는 말림(가정)

재해 개요

코크스 공장 소속 재해자가 야간 설비 점검을 위해 현장에 나간 후 복귀 시간이 지나도 돌아오지 않자 동료 작업자가 재해자를 찾으러 나갔다 Coke Bunker 앞 노면에 쓰러져 있는 재해자를 발견 후 병원으로 후송하였으나 사망한 재해임



재해상황도



재해상황도



재해 발생 원인

1

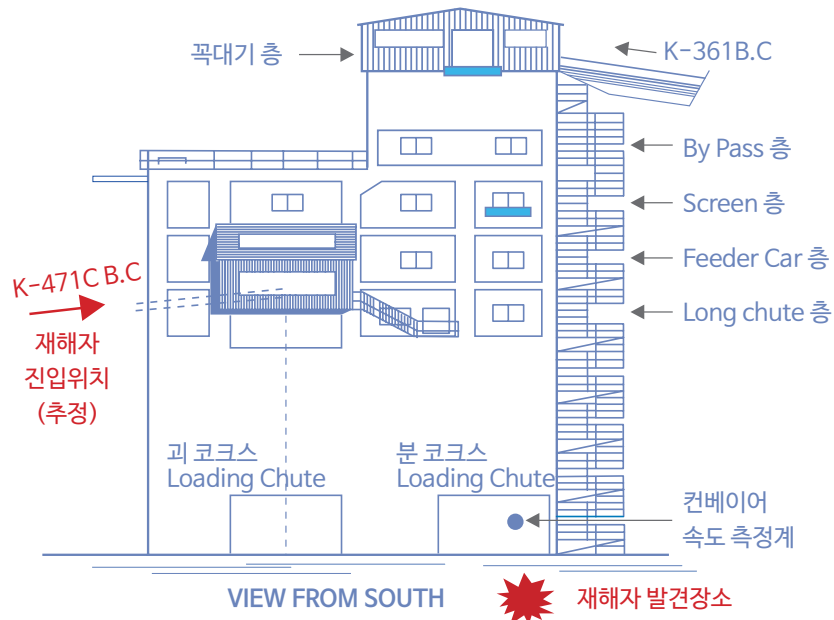
추락 재해 가정 시

- 재해자가 B지점에서 추락 방지용 안전대 등 개인보호구 미착용 상태에서 데크에 적재된 자재 위에서 안전난간에 체중을 실은 상태에서 지면 또는 주변을 바라보다 몸의 중심을 잃고 추락했을 것으로 추정됨
- 해당지점에 적재된 자재 때문에 재해자의 통행이 방해가 되어 재해자가 자재를 밟고 올라서는 등 재해자의 추락 위험을 높이는 원인으로 보임

2

말림 재해 가정 시

재해자가 방호망 일부가 없이 회전부가 노출 된 벨트컨베이어(K301.1 B/C) 속도 측정계 점검 중 좌측 팔이 회전날개에 말려 들어간 것으로 추정됨



재해 예방 대책

- ① 근로자가 추락하거나 넘어질 위험이 있는 장소 또는 기계·설비 등에서 작업을 할 때 추락 방호망을 설치하거나, 추락방호망을 설치하기 곤란한 경우 안전대를 지급하고 착용하도록 해야 함
- ② 근로자가 사용하는 통로는 항상 사용할 수 있는 상태로 유지하고 장애물 등이 없이 안전하게通行할 수 있도록 해야 함
- ③ 벨트컨베이어 속도 측정계 등 회전하고 있는 가공물이 노출된 장소에 대해 덮개나 울 등을 설치하여야 하고, 정비 등의 작업 시 운전을 정지하여야 함

사례 5 : 턴디쉬 주변 작업 중 내부로 추락하여 화상

재해 개요

턴디쉬 상부에서 재해자가 스톱퍼 로드 방열커버를 제거하고 이동하던 중 턴디쉬 커버가 파손되면서 턴디쉬 내부로 빠졌고, 곧바로 스스로 탈출해 동료에 의해 병원으로 이송되었으나 전신 40~50%에 2~3도 화상을 입고 치료 중 사망한 재해임

* 재해 당시 방염복, 안전모, 방진마스크 및 안전화 착용한 상태였음



재해 발생 원인

- 1 용강 주입 등 다량의 고열물을 취급하는 장소에서 작업자가 턴디쉬 상부 개구부(예열구 등)에 빠짐으로 발생할 수 있는 화상 등의 위험을 방지하기 위한 출입통제 조치 등의 적절한 조치가 이루어지지 않았음
- 2 불안정한 방열커버 설치상태와 부적절한 탄화왕겨 투입방법(투척)으로 인해 방열커버가 이탈하여 작업자의 출입이 필요한 요인이 발생하였음



재해 예방 대책

- 1 용강 주입 등 다량의 고열물을 취급하는 장소에서 작업자가 턴디쉬 상부 개구부(예열구 등)에 빠짐으로 발생할 수 있는 화상 등의 위험을 방지하기 위해 출입통제 조치 등의 적절한 조치를 할 것
- 2 외부의 충격이 가해져도 방열커버가 이탈되거나 설비작동에 문제가 발생되지 않도록 방열커버 설치 방법을 개선할 것
※ 탄화왕겨 투입 등 외력에 의해 방열커버가 이탈되지 않도록 작업방법 개선



사례 1 : 신축관이음(고무 벨로우즈) 파열로 전해액에 노출되어 화상

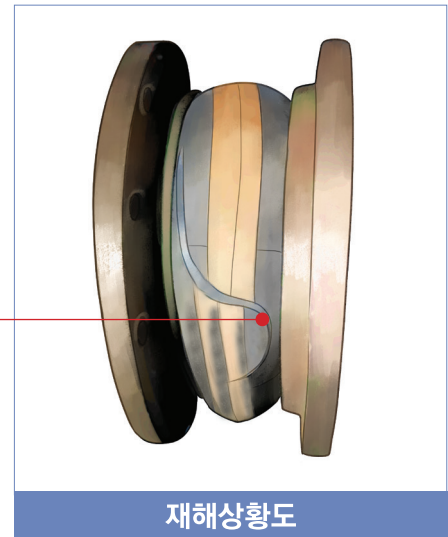
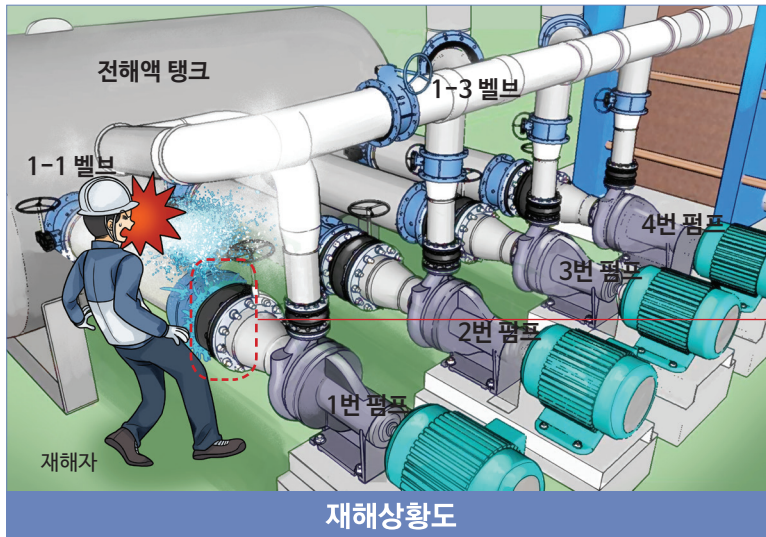
사례 2 : 공압이 채워진 산소랜스파이프가 풀리면서 근처 재해자 맞음

사례 3 : 산소배관 개방 중 화재 · 폭발

사례 1 : 신축관이음(고무 벨로우즈) 파열로 전해액에 노출되어 화상

재해 개요

전기아연도금라인에서 재해자가 Cellar실 전해액 공급 밸브 점검 및 조작 작업을 하던 중 신축관이음의 고무소재 벨로우즈가 파열되면서 신체 전면으로 70 ~ 75℃의 전해액이 비산되어 전신 화상을 입고 병원에서 치료 중 사망한 재해임



재해 발생 원인

1

전해액 순환 설비 점검 작업 시 운전정지 미실시

밸브 조작 등 전해액 순환 설비 점검 시 설비가 가동 중일 경우 닫힌 밸브에 의해 압축된 전해액이 벨로우즈 파열 등의 상황으로 방출되어 근로자가 위험해질 우려가 있으나 펌프 등 전해액 순환 설비를 정지하지 않은 상태로 작업을 실시함

2

전해액 순환 설비(화학설비) 및 부속설비 점검 미흡, 안전작업절차 미준수

- 장기간 운전이 중단되었던 설비를 재가동하는 경우 설비의 상태 등을 점검 후 운전을 재개하여야 하나 점검이 미흡하였음
- 전해액 순환 설비에는 다수의 밸브가 존재하여 작업 상황에 적합한 순서대로 개폐하지 않을 경우 이상 압력이 가해질 수 있으나 이를 준수하지 않음

3

고무 신축관이음 관리 미흡

고무 신축관이음의 교체 주기가 설정되어 있지 않고, 교체이력 관리가 되어있지 않으며, 벨로우즈 재질 특성(허용 가능 물질, 온도 및 압력 등 사양)이 파악되지 않은 제품을 사용하고 있음



재해 예방 대책

- ① **설비 점검 작업 시 운전정지 후 작업 실시**
설비 점검 등의 작업 시 설비 가동에 의해 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우에는 설비 전체의 운전을 정지한 후 안전한 상태에서 작업을 실시하여야 함
- ② **화학설비와 그 부속설비를 사용하는 작업 시 작업계획서 작성 및 안전작업절차 준수**
화학설비와 그 부속설비를 사용하는 작업 시 근로자의 위험을 방지하기 위하여 플랜지 · 밸브 · 신축관이음관 등 접합부의 누출 여부 점검, 운전이 중단된 경우의 작업 방법 또는 운전 재개 시의 작업방법, 밸브개폐 순서 등의 내용을 포함한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하도록 하여야 함
- ③ **공정 특성에 맞는 신축관이음 사용 및 교체 주기 설정 등 관리 실시**
 - 신축관이음은 온도와 압력, 흐름 유체에 대한 내구성을 고려하여 적절한 자재를 선정하고, 이를 보증할 수 있는 제품을 사용하여야 함
 - 제조사가 권장하는 신축관이음의 사용 기간을 준수하는 등 주기적인 점검 및 교체를 하여야 함
- ④ **역류 방지를 위한 체크밸브(Check Valve) 설치(권장)**
밸브 및 펌프 조작 작업자의 휴먼 에러(Human Error) 및 역류에 의한 수격 작용을 예방하기 위해 역류 방지가 가능한 체크밸브 설치 권장
※ 체크밸브(Check Valve) : 유체를 한 방향으로만 유동시키고 유체가 정지했을 때 밸브 보디가 유체의 배압으로 닫혀 역류하는 것을 방지하기 위한 밸브

사례 2 : 공압이 채워진 산소랜스파이프가 풀리면서 근처 재해자 맞음

재해 개요

제강공장에서 전기로에 산소를 10bar 압력으로 공급하던 중, 산소 공급라인에서 산소랜스파이프와 연결되어 있던 홀더가 갑자기 분리되어 튕기면서 근처에 있던 재해자의 머리부위를 가격하여 사망한 재해임



재해 발생 원인

- 1 사고 위험이 높은 장소에 작업자 출입 제한(금지) 조치를 하지 않음**
설비가동 중인 상태에서 파이프 홀더몽치에 의한 맞음 등 사고 위험이 높은 장소(구역)에 작업자가 들어가거나 대기하는 것에 대한 출입 제한(금지)의 조치는 없었음
- 2 설비가동 중 작업자 위치 지정 등 작업표준 내용 부실**
사업장에서 작성한 작업표준에는 산소랜스파이프가 파이프홀더에서 빠짐으로 인한 상해 위험이 있을 수 있음에도 작업자의 작업구역 위치 및 대기장소 지정에 대한 내용이 반영되어 있지 않음
- 3 홀더몽치 체결력에 대한 기준 부재**
파이프 교체작업 시 홀더몽치 체결력 기준 부재로 작업자가 주관적인 판단하에 체결작업을 하고 있으며, 또한 체결력(토크)을 확인할 수 있는 측정장비를 갖추고 있지 않음
- 4 작업 중 분리된 홀더몽치에 의한 위험 방지대책 미수립**
설비가동 중 산소랜스파이프가 파이프홀더에서 갑자기 빠짐으로 인한 재해 위험이 있을 수 있고, 또한 분리된 홀더몽치가 고압의 산소를 토출하며 인접해서 위치한 작업자에게 위해를 가할 수 있음에도 그러한 위험에 대한 방지대책을 수립하지 않음



재해 예방 대책

- ① **사고 위험이 높은 장소에 작업자 출입 제한(금지) 조치 실시**
기계설비 가동 중 날아오는 중량물에 의한 맞음 등 재해발생 가능성이 있는 장소에는 출입금지 표지판 부착 및 위험구역에 접근하지 못하도록 하여야 함
- ② **설비가동 중 작업자 위치 지정 등 작업표준을 구체적으로 작성**
기계설비 가동 중 작업자의 작업구역 위치 및 대기장소를 지정하고, 작업시작 전 산소공급 여부 확인 방법과 소모된 파이프 잔존길이에 대한 교체 기준 등 작업표준을 구체적으로 작성하여야 함
- ③ **홀더뮅치 체결력에 대한 기준 수립**
파이프와 홀더뮅치간 풀림방지를 위한 체결력에 대한 기준을 수립하고, 모든 작업자들이 체결력 (토크) 측정장비를 사용하여 작업하도록 하여 휴먼 에러에 의한 위험을 사전에 제거함
- ④ **작업 중 분리된 홀더뮅치에 의한 위험 방지대책 수립**
 - **(기술적 대책)** 파이프가 홀더뮅치에서 완전 분리되지 않도록 파이프와 홀더뮅치를 서로 연결 하는 일체형 와이어 및 결합장치를 설치하거나 튕겨져 나오는 홀더뮅치가 작업자가 위치한 장소로 비래하지 않게 하는 안전장치를 설치하는 등 분리된 홀더뮅치의 위험에 대한 설비적 개선 추진
 - **(관리적 대책)** 홀더뮅치를 납품 받을 시 제조사에서 부품의 치수검사, 품질검사를 실시하여 성능보증 성적서를 제출하도록 하고 사업장에서는 성적서 확인, 육안검사, 제품번호 전산관리 등을 실시하고, 콜렛 등의 부품 결함에 의한 위험을 방지하기 위해 홀더뮅치 및 콜렛의 제품 교체 주기 설정이 필요하며, 정기적으로 홀더뮅치를 완전분해 하여 이상유무를 점검하는 등 정밀 점검 강화가 요구됨

사례 3 : 산소배관 개방 중 화재 · 폭발

재해 개요

산소공장에서 잠겼던 고압(약 22kgf/cm²) 산소배관 차단밸브(볼밸브)를 다시 여는 과정에서 화재가 발생하여 폭발적으로 연소하면서 차단밸브 조작 작업 중이던 근로자 3명이 사망한 재해임 (원청 1명, 협력사 2명)



재해 발생 원인

- 1 **차단밸브 조작전 전 · 후단 균압조치 소홀**
차단밸브 조작전 전 · 후단의 균압 (pressure equalization) 조치를 소홀히 하여 밸브 조작(throttling) 배관내 산소의 고속흐름을 유발하였고, 이에 따라 생성된 난류가 배관내 금속입자 간 또는 금속입자와 배관 간 충돌을 촉진시켜 고농도(99.5%이상) 산소 하에 점화되어 고압산소화재로 발전



- 2 **산소배관 재질 선정 부적정**
배관내 허용유속(exemption velocity) 이상의 산소 흐름을 형성되는 경우 화재 · 폭발에 취약한 일반탄소강 재질의 배관을 선정
- 3 **화재 · 폭발 위험개소에 대한 방호조치 미실시**
산소 공급 배관의 경우 차단밸브, 감압밸브 등 압력차를 유발할 수 있는 작업시 화재 · 폭발의 위험성이 매우 크나, 차단 밸브 조작 개소에 대한 별도의 방호조치를 실시하지 않음
- 4 **고압산소 배관 차단밸브 조작시 위험요인 파악 소홀**
차단밸브 조작시 밸브 전 · 후단의 압력을 동일(pressure equalization)하게 조치한 후 밸브를 조작하여야 하나, 균압조치의 필요성을 잘 알지 못하고, 단지 밸브 조작의 편의성 (전 · 후단의 압력차가 많은 경우 조작시 물리적으로 많은 에너지 필요)만을 고려
- 5 **작업계획서 작성시 차단밸브 조작에 따른 화재 · 폭발 위험성 반영 미흡**
산소배관은 철거작업 계획에 따른 작업계획서를 작성하고 차단밸브 조작에 따른 화재, 폭발의 위험성을 반영하여야 하나 그러하지 않음



재해 예방 대책

- ① **차단밸브 조작전 전·후단 균압조치 철저**
 밸브 조작전 전·후단 균압조치를 위해 적절한 재질의 균압배관을 설치하고, 균압 여부 확인을 위해 차단밸브 전·후단에 압력계를(pressure guage) 설치하여 밸브 조작전 균압여부를 반드시 확인하여야 함
- ② **금속 입자충돌에 의한 점화방지를 위한 필터**
 산소배관내 생성된 금속입자들 간 충돌에 의한 점화방지를 위해 산소공급 배관계통 내 필터(스트레이너 등)를 설치하여 배관내 생성된 금속입자를 제거
- ③ **제한 유속에 적절한 재질 배관 선정**
 밸브 조작시 밸브 후단에 고속의 난류흐름을 유발할 수 있으므로, 배관내 금속입자 충돌 효과 완화를 위해 난류흐름을 유발할 수 있는 구간은 스테인레스강 등 적합한 재질로 교체
 * 난류흐름 유발 지점 전·후단 지름의 최소 8배 길이 구간 적용
- ④ **화재·폭발 위험개소에 대한 방호조치 실시**
 차단밸브 조작에 따른 화재·폭발 위험으로부터 근로자를 보호하기 위해, 수동조작 밸브 설치개소에 방호벽 등 물리적 차단장치 설치를 고려하거나, 차단밸브를 자동조작(공압 기동 방식 등) 방식으로 변경하여 근로자의 화재·폭발 위험 노출 가능성을 원천적 차단
- ⑤ **산소 배관 차단밸브 조작에 따른 위험요인 반영 및 작업계획 보완**
 산소배관 밸브 조작시 화재·폭발 위험성을 충분히 반영하여 균압조치, 자동화, 방호벽 등의 물리적 조치와 더불어 차단밸브 조작 전 균압조치 필요성 및 방법 등을 보완하여야 함

+ 철강 업종 정의

- 1 | 철강업종은 자동차, 조선, 기계, 건설, 방위산업을 비롯한 전 산업에 기초 소재를 공급하는 업종으로서 철광석, 고철(철스크랩) 등을 용해하여 열연, 냉연, 강관, 철근, 봉형강 등을 생산하는 업종이다.
- 2 | 일반적으로 철강업종은 제철 및 제강업, 압연, 압출, 연신제품 제조업, 강관 제조업, 표면처리 등의 기타 업종으로 세분화 할 수 있다.
- 3 | 산업재해 예방분야로 볼 때는 철강의 생산활동과 더불어 설비의 신·증설, 유지·보수 등을 위한 협력업체 활동을 포함하여 보는 것이 바람직하다.

+ 주요 공정

철강제조 주요 공정으로는 제선 > 제강 > 연주 > 압연 > 후처리 순으로 이루어지며, 이렇게 생산된 철판을 이용하여 파이프 등 각종 제품이 제작된다.

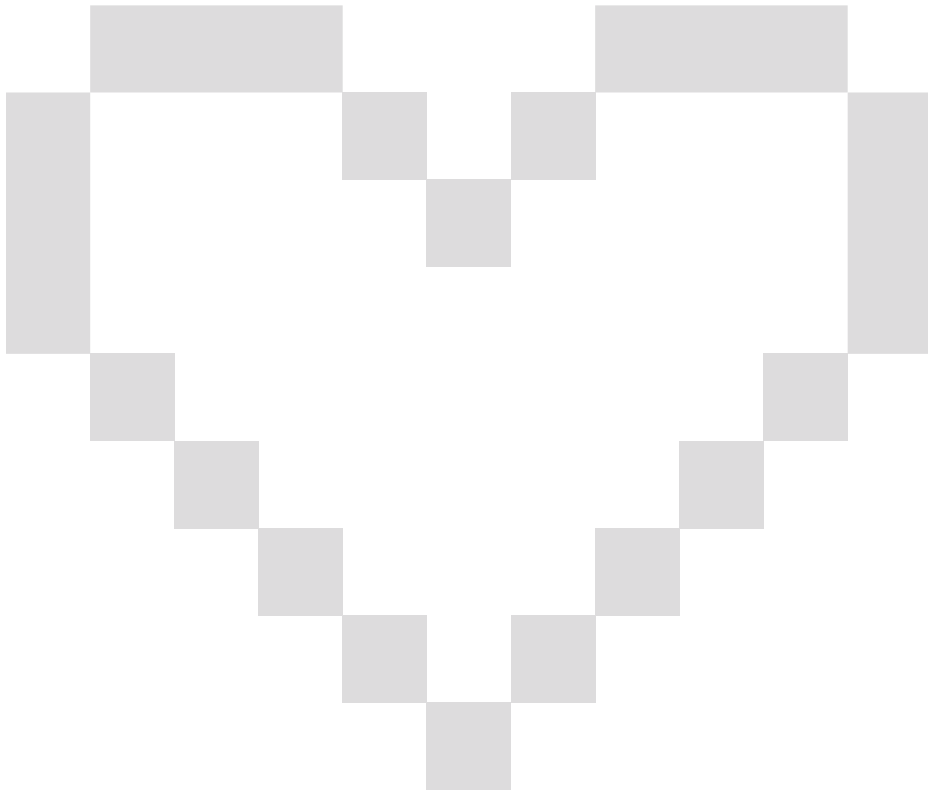
제선공정	제강공정	연주공정	압연공정	후처리공정
쇳물을 생산하는 공정	쇳물에서 불순물을 제거해 강철로 만드는 공정	액체상태의 철이 고체가 되는 공정	강을 롤에 통과시켜 강판 등을 만드는 공정	강판 등의 강도를 위해 표면을 처리하는 공정 등

+ 주요 안전 관리 특성

대부분 대규모 사업장이며, 주요 생산을 제외하고는 협력업체에 아웃소싱하므로 모기업 - 협력업체간에 체계적인 작업 현장 안전 관리가 필요하다.

중량물 취급이 많아 재해 위험을 내포하고 있는 만큼, 작업자의 안전재해 유의가 필요하다.

최근 화재·폭발, 질식사고 등 대형 재해 발생 및 잠재가능성이 높아 공장건물 및 설비 등 작업환경 개선이 필요하다.



철강산업 중대재해 사례집

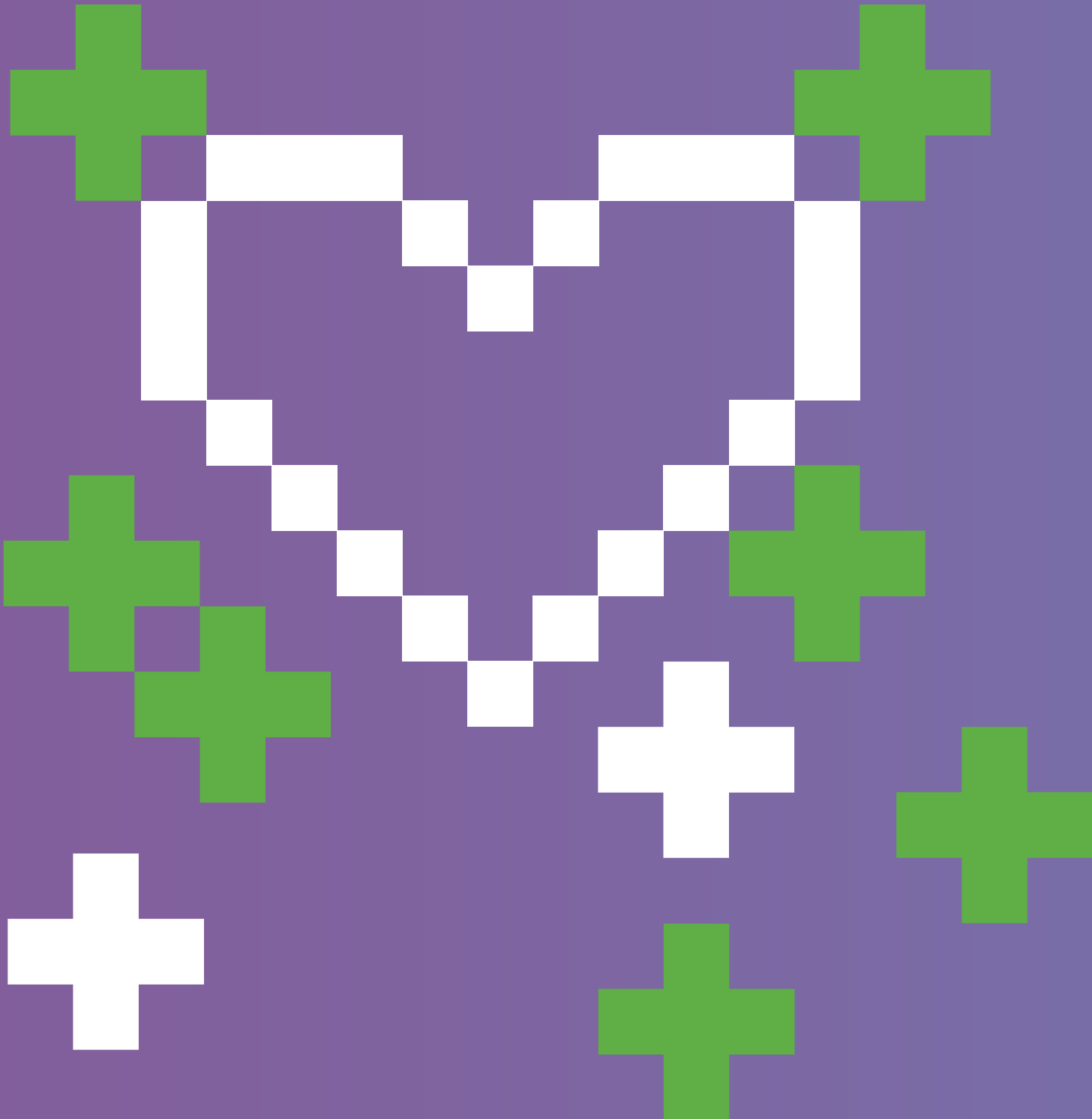
발 행 일 2022년 2월
발 행 처 한국철강협회 · 안전보건공단
편집 · 인쇄 디자인허브코리아(02-555-3710)
일 러 스톱 최윤경

* 원작자의 동의없이 무단 복제를 금합니다.



한국철강협회
KOREA IRON & STEEL ASSOCIATION

산업재해예방
안전보건공단
KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY



한국철강협회
KOREA IRON & STEEL ASSOCIATION

서울특별시 송파구 중대로 135 IT벤처타워 동관 15층
Tel 02 559 3500 | Fax 02 559 3509 | www.kosa.or.kr