

안전교육
13주. 기계안전
학습 개요
<학습목차> 1. 기계란 ? 1) 기계의 분류 2) 기계의 위험요소 2. 기계의 안전 1) 기능적안전 및 작업의 안전 2) 기계설비의 본질 안전 <학습목표> 1. 기계를 분류할 수 있고, 기계의 위험요소를 이해한다. 2. 기계설비의 본질적인 안전장치를 이해한다.
학습 키워드
기계의 분류, 기계의 위험요소, 기계의 안전
학습 내용

<1강. 기계의 분류및 위험요소 >

제1절 기 계

1.기 계

기계란 사람에게 도움을 주는 기계적 일을 하기 위해서 일정한 상호운동을 하는 강도를 갖는 몇 개 부분의 조합을 말한다. 즉 외부에서 동력을 일으킬 수 있는 에너지(Energy)를 전달 받아서 유용한 일을 하는 장치를 말하는 것으로 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

첫째, 서로 운동하는 몇 개 부분의 조합이다.

둘째, 각 부분들은 일정한 상호운동을 한다.

셋째, 유효한 기계적 일을 한다.

넷째, 각 부분은 가해진 힘에 대해서 충분한 강도를 갖는다.

또한 기계설비란, 작업을 하기 위해 필요한 기계 및 기타 부대시설/장치(예:국소배기장치,

조명 및 절삭유 공급 장치)등이 모두 합해진 기계작동을 위한 하나의 System 전체를 지칭한다.

2. 기계의분류

기계는 크게 동력기계, 작업기계, 전달기계, 측정기계, 정보처리기계로 나누어 분류할 수 있다.

- ① 동력기계 : 자동차 등의 원동기(Prime Mover)류
- ② 작업 기계 : 사람, 가축 및 원동기로부터 기계적 에너지를 직접 또는 간접전달 기계를 통해 받아서 일정한 작업 목적을 달성하는 기계로 생산기계와 하역운반기계로 나눈다.
 - 생산 기계 : 선반(Lathe), 프레스(Press)등
 - 건설용기계 : 불도저(Bulldozer), 믹서(Mixer) 등
 - 농업용기계 : 이앙기(Rice planting machine), 탈곡기(Thresher) 등
- ③ 전달기계 : 원동기와 작업기계의 중간에 위치하여 원동기에서 나온 기계에너지를 받아 운동의 방향이나 속도를 작업 기계에서 적합하도록 조정하거나 변화시켜 전달하는 기계를 말한다.
 - 직접 접촉 : 직접접촉을 하거나 굴림접촉(Rolling contact)으로 전동하는 경우와 미끄럼 접촉(Sliding contact)으로 전동하는 경우가 있다.
 - 감기 전동: 매개물을 원주상에 감아서 간접적인 접촉으로 전동하는 것으로, 벨트(Belt)와 풀리(Pulley), 체인(Chain)과 스프라켓 휠(Sprocket wheel), 로프(Rope)와 시브풀리(Shieve pulley) 등이 여기에 속한다.
 - 유체 전동 : 유체기계에서 사용되는 전동으로 유체커플링이나 토크 컨버터(Torque converter) 등이 있다.
 - 전기적 전동: 전기기계를 사용하는 경우 전류, 전압, 저항, 자기 등을 변화시켜 전달하는 방법이다.
- ④ 측정기계 : 어떤 현상에서 측정하려고 하는 물리적 양을 입력량으로 취하여 측정치라는 출력량으로 내놓는 기계를 측정기계라고 한다. 측정하기 위한 기구와 장치를 측정기(Measuring device)라고 한다. 측정기 중에서 양의 크기나 물리적 상태를 지시 기록하는 기구를 계기(Instrument)라고 한다.
- ⑤ 정보처리기계 : 계산 기계(Computer), 수치제어공작 기계

3. 기계의 위험요소

기계의 위험요소는 5가지 요소로 구분하여 설명할 수 있다.

- ① 제1요소-함정(Trap) : 기계운동에 의한 Trapping point나 손발이 들어가는 입점(In-running point)에 끼일 경우, 또는 손발이 닫힘 운동이나 이송 운동에 의해 주로 발생할 수 있다.
- ② 제2요소-충격(Impact) : 충격은 고정된 물체에 사람이 충돌할 경우, 움직이는 물체가 작업자에게 충격을 줄 경우, 사람과 물체가 상호 움직임 상태에서 쌍방 충돌할 경우이다.
- ③ 제3요소-접촉(Contact) : 날카롭거나 뜨겁거나 차가울 경우, 또는 전류가 흐름으로 인해 접촉시 상해가 일어날 경우이다.
- ④ 제4요소-얽힘 또는말림(Entanglement) : 머리카락, 옷소매, 장갑, 넥타이, 고리 등이 작동 중인 기계설비에 말려들어가는 경우이다.
- ⑤ 제5요소-튀어나옴(Ejection) : 기계요소와 피가공재가 기계로부터 튀어나올 가능성이 있는 위험요소가 있을 경우이다.

제2절 기계의 위험성

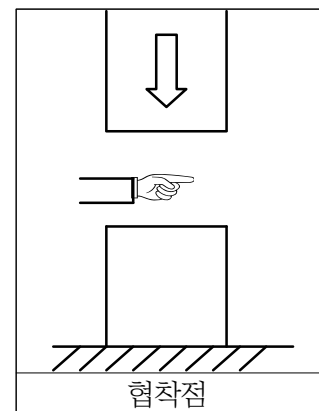
1. 안전위험성

생산 활동을 위하여 가동되는 기계 설비는 원칙적으로 많은 운동부를 가지고 있다. 그 결과 기계에 말려들거나, 협착, 충돌, 비산 등에 의해 재해 발생의 가능성이 내재되어 있다. 이는 크게, 운동하는 부분과의 접촉, 전기, 고열, 화재, 저온, 기타 에너지와의 접촉, 압축가스 및 액체와의 접촉으로 구분하여 설명할 수 있다.

- ① 운동하는 부분과의 접촉 : 기계 설비에 의해 형성되는 위험점은 다음의 6가지로 분류할 수 있다.

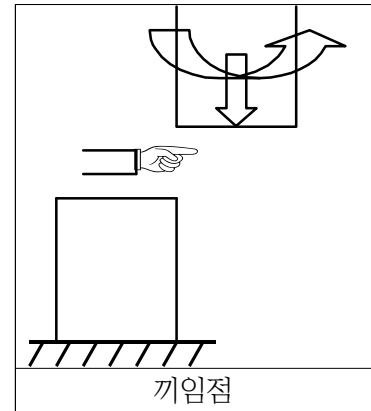
- 협착점 (Squeezepoint)

왕복운동을 하는 동작부분과 움직임이 없는 고정부분 사이에 형성되는 위험점으로 사업장의 기계/설비에서 많이 볼 수 있다. 예를 들면 프레스의 금형조립부위, 전단기의 누름판 및 칼날부위, 선반[공작물에 회전을 주어 외주단면을 가공하는 기계로 주축대(Head stock), 왕복대(Carriage), 심압대(Tail stock), 이동변속장치, 베드(Bed) 등으로 구성됨]의 Bed 끝 부위, 굽힘 기계(Bending machine) 등이 있다.



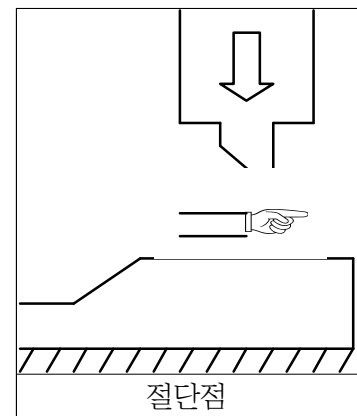
• 끼임점(Shearpoint)

고정부분과 회전하는 동작부분이 함께 만드는 위험점으로 연삭숫돌과 작업대 사이, 교반기의 날개와 몸체 사이, 회전 폴리와 Bed 사이 등이 있다



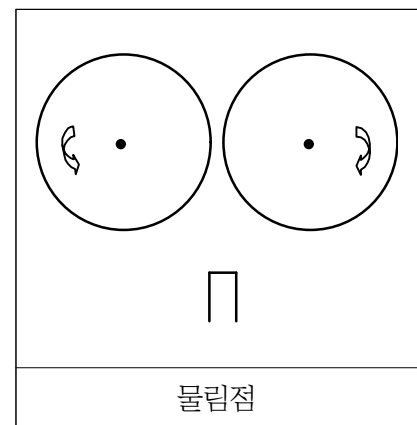
• 절단점(Cuttingpoint)

고정부분과 운동부분이 만드는 위험점이 아니고, 회전하는 운동부분 자체의 위험이나 운동하는 기계부분 자체의 위험에서 초래되는 위험점이다. 예를 들면 목공용 둥근 톱날, 회전대 패널 부분, 밀링머신의(회전하는 Cutter를 이용하여 공작물을 절삭하는 작업기계) 커터이다



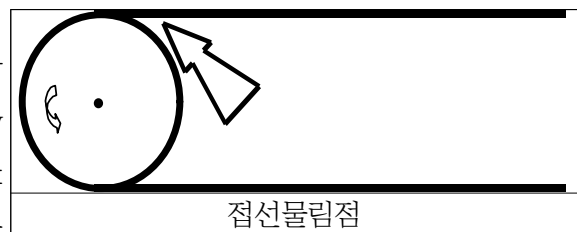
• 물림점(Nippoint)

물림점이란 회전하는 두개의 회전체에 물려 들어갈 위험성이 형성되는 것을 말한다. 이때 위험점이 발생하는 조건은 회전체가 서로 반대방향으로 맞물려 회전되는 경우이며, 그 예로 기어 물림점, 롤러 회전에 의한 물림점, 물림위치 등이 있다.



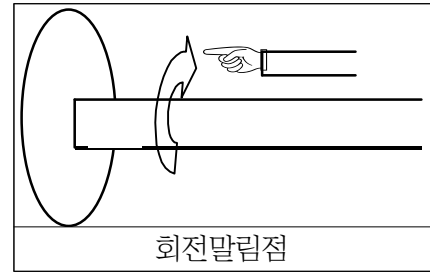
• 접선 물림점(Tangential Nippoint)

회전하는 부분의 접선방향으로 물려 들어갈 위험이 존재하는 점이다. 예를 들면 V pulley와 Belt, 체인(Chain)과 스프라켓 휠(Sprocket wheel), 롤러(Roller)와 평벨트, 기어와 랙의 물림점이다.



• 회전 말림점(Trapping point)

회전하는 물체에 작업복 등이 말려드는 위험이 존재하는 점이다. 예를 들면 회전하는 축, 커플링 또는 회전하는 보링기의 천공공구 등이 이에 해당한다



② 전기, 고열, 화재, 저온, 기타 에너지 접촉

- 고열부분과의 접촉 위험 - 엔진 구동 기계, 열간 프레스나 오븐 등의 작업에서 주로 발생하는데 회전부분 또는 움직이는 부분을 지지하는 기계의 급유상태가 불량하게 되면 고온이 될 때 소결되어 작동이 불가능하게 된다. 특히 온도가 높아지게 되면 소리, 색깔 등에도 변화가 일어난다.
- 전기에 의한 감전이나 벨트 등에서 자주 발생하는 정전기에 의한 2차 재해 발생의 우려가 있다.
- 회전 중 파괴된 연삭 스톨의 파편, 금형 파편의 비래 등으로 인한 재해 위험의 우려가 있다.
- 열처리, 용접불량, 가공불량 등에 의한 기계파손 등 가공결함에 의한 위험의 우려가 있다.
- 릴레이, 스위치, 밸브 등의 고장에 의한 기계의 오작동으로 인한 위험의 우려가 있다.

③ 압축가스 및 액체접촉

용기의 파열에 의해 수반되는 화재 및 폭발의 위험으로 인명 및 재산피해 우려가 있으며, 2차 재해의 화상 및 피부질환 등의 위험이 있다.

2. 건강위험성

① 화학물질에의 접촉으로 접촉성피부염 등의 피부질환을 유발 할 수 있다.

② 소음, 방사선, 진동 접촉

- 기계로부터 비정상적인 소음이 발생하여 작업자가 이에 장기간 노출이 되면 소음성 난청의 우려가 있다.
- α 선, β 선, γ 선에 따라 그 특징과 위험성이 다르다. 선은 잠재적으로 이온화가 가장 쉬워 많은 손상이 있으나 피부를 통과할 수 없다. 그러나 폐 또는 위로 섭취될 경우 위험하다. 선은 침투력이 커서 약간의 차폐로 입자의 접근을 막을 수 있으나, 스트론튬-90은 실제 뼈에 흡수될 경우 골수병 야기의 우려가 있다. 선은 침투력이 매우 커 인체에 가장 유해하다.

- 벨트, 풀리, 베어링, 등 기계 장치에 이상이 발생하면 진동이 커져 레이노드병과 같은 건강 장애를 유발할 수 있다

③ 비인간공학적인작업장설계

- 기계에 잘못 부착된 조명
- 기계에서 발생하는 소음
- 작업자의 체형에 부적합한 작업대 및 의자
- 충분한 작업 공간의 확보(평상 작업, 보수, 점검 시)
- 작업 시 안전한 통로나 계단의 확보

④ 환경, 집단에 대한 유해한 행동

제3절 기계의 안전조건

1. 기계안전의 일반

기계 설비에 대한 근원적인 안전은 설계과정에서 안전을 확보하는 것을 의미한다. 그러나 기계 설비의 설계 및 제작 시에는 그 규모, 기능, 경제적인 등을 모두 고려해야 하므로 모든 기계설비는 그 설계 단계에서 안전을 완전하게 확보하기란 쉬운 일이 아니다. 즉 어느 경우이든 그 설계에는 그 한계성이 존재하게 되므로 최적의 조건을 고려해야 하고, 더 나아가 설계에서부터 제작, 설치, 사용에 이르기까지 각각의 공정에 맞는 본질적인 안전조건을 확보하는 것이 중요하다.

기계 설비에 대한 근원적인 안전화를 확보하기 위해 고려해야 할 사항을 구체적으로 살펴보기로 하자.

① 공장시설의 배치

안전 확보를 위해서는 과거의 경험에 집착하기보다 안전 우선의 원칙에 입각하여 공장 계획 단계에서부터 실행에 옮겨가는 것이 가장 효율적이다. 이는 크게 3단계로 세분화할 수 있다.

- 제1단계 : 지역배치 -제품의 원료확보에서 제품 판매까지의 절차에 따라 각 과정에서최단시간과 거리를 소요하여 역할을 수행할 수 있는 장소
- 제2단계 : 건물배치 - 공장, 사무실, 창고, 부대시설들의 위치
- 제3단계 : 기계배치 - 직능 분사별 기계 배치

위의 3단계를 거쳐 공장 시설을 배치할 때에는 다음의 사항을 고려하는 것이 바람직하다.

- 불필요한 운반 작업을 없애고 작업의 흐름에 따라 기계를 배치하도록 한다.
- 기계설비의 주위에는 필요에 따라 재료, 반제품, 공구상자 등을 놓을 수 있도록 충분한 공간을 확보한다.
- 공장 내.외에는 안전통로를 설정하여 작업장소와 명확하게 구분하도록 한다.
- 원재료나 제품의 보관 장소를 충분히 설정한다.
- 사용 중 보수, 점검을 용이하게 행할 수 있도록 기계를 배치하도록 한다.
- 압력용기, 고전압설비, 폭발 위험 설비 배치 시에는 유사시 그 피해를 최소화 할 수 있도록 배치한다.
- 장래 확장을 고려하여 설계한다.

② 기계시설의 배치

기계 시설의 배치는 작업 능률과 안전을 위해 매우 중요하므로, 제품의 공정, 운전거리 등을 고려하여 결정하는 것이 효율적이다. 기계시설의 배치시의 유의사항은 다음과 같다.

- 회전부분은 통로에 노출되지 않도록 배치하고, 반드시 커버를 씌우도록 한다.
<예: 기어, 체인, 벨트, 로프 등>
- 소음이 발생하는 기계는 각 기계마다 격벽으로 분리하여 배치한다.
<예: 발전기, 아크용접기, 가솔린 엔진 등>
- 고열물 취급 작업장에서는 화재나 화상에 대비하여 안전장치 및 관리를 철저히 한다.
- 작업장내 상면은 요철이 없도록 하고, 통로는 정리 정돈을 철저히 하여 작업자의 안전을 유지하도록 한다.

③ 정리·정돈

정리란 불필요한 물건을 작업장으로부터 제거하는 것이고, 정돈이란 기존의 있던 장소에 바르게 놓아두는 것을 말한다. 정리·정돈이 되어 있지 않는 작업장에서 안전 활동의 정착을 기대하기란 어려우며, 이는 작업자 개개인에게 습관화되어 일상의 작업 과정에서 실천 되어야 한다. 작업장의 정리·정돈에서 유의할 사항은 다음과 같다.

- 통로, 출입구 및 비상구 확보

중요한 통로에는 통로 표시를 하여 작업장과 확실히 구분하고, 통로 상에는 재료, 제품, 폐품, 쓰레기 및 운반용 기구 등을 방치하여 작업자의 통행에 방해가 되지 않도록 한다.

- 물건을 두는 장소와 두는 방법의 결정

물건을 보관하거나 배치하는 장소를 지정하여 작업의 효율을 높이도록 하며, 경고하고 깔끔하게 배치하여 물건에 손상이 가거나 작업자를 위협하는 일이 없도록 한다.

④ 통행과 통로

- 옥내통로의 안전

- 중요한 통로에는 표시를 한다.
- 통로면은 넘어지거나 미끄러지는 등의 위험이 없도록 한다.
- 통로면으로부터 높이 2m 이내에는 장애물이 없도록 해야 한다.
- 기계와 기계 사이에는 80cm 이상의 간격을 유지한다.
- 통로폭과 일반 통행은 몸넓이+ 60cm로 하고, 양방 통행은 몸넓이×2+90cm(운반차폭)로 한다.
- 정상적인 통행을 방해하지 않는 정도의 채광 또는 조명시설을 해야 한다.

- 계단의 안전

- 견고한 구조로서 경사가 심하지 않게 한다(30~50)
- 각 계단의 폭은 1m 이상으로, 그 너비와 간격은 동일하게 한다.
- 계단을 설치할 때는 그 답면으로 부터 높이 2m 이상인 장애물이 없는 공간을 설치하여야 한다.
- 계단참은 높이가 3.7m를 초과하지 않도록 설치하고, 중간의 계단참은 가로, 세로의 길이가 각각 1m 이상이 되도록 한다.

⑤ 운반상의안전

- 인력에 의한 운반

- 몸의 평형을 유지하기 위해 발을 어깨 넓이만큼 벌리고 물품을 수직으로 들어 올릴 수 있도록 몸을 위치시킨다.
- 등은 가급적 바르게 하여 허리에 무리가 가지 않도록 한다.
- 물건이 시야를 가려서는 안 되며 화물의 무게가 여러 사람에게 공평하게 걸리도록 한다.

- 운반차에 의한 운반

- 운반차에는 적재 적량을 신도록 하며, 규정을 지키도록 한다.
- 여러 가지 물건을 쌓을 때 예는 무거운 것은 아래에, 가벼운 것은 위에 쌓도록 한다.
- 안정되지 않는 물품의 적재 시에는 로프를 묶는다.
- 로프의 사용 한계(안전하중)는 로프로 묶는다
- 4개의 로프로 가능하면 90° 이하로 묶고 무게의 중심이 아래쪽에 오도록 한다.

- 공장 내의 운행 속도는 제한속도 10km/h이며, 8km/h 정도가 안전한 속도이다.

2. 외관의 안전화

모든 기계 설비는 그 고유의 특성에 따라 외부로 나타나는 돌출부가 있는 경우와 회전 부위가 노출 되거나 예리한 부위가 있는 경우를 볼 수가 있다. 결국 이 외형상의 위험 부위가 재해의 요인이 되므로 이들을 고려하여 설계하려는 노력이 필요하다. 예를 들어 프레임 내 외부의 예리한 돌출부, 감전의 우려가 있는 부분은 내장시키거나 덮개를 설치하는 것이 좋다. 또한 기계 설비를 공장내 전체와 조화를 이룰 수 있는 색채를 사용하며, 주의를 요하는 시동버튼(녹색), 급정지 버튼(적색) 등은 안전색채를 사용하는 것이 바람직하다.

3. 구조적 안전

기계 설비의 파괴는 재산상의 피해는 물론 인명상의 피해를 수반하므로, 초기설계 및 제작시 적절한 재료의 선정, 충분한 강도의 유지, 적정 안전율 적용, 제작에 따른 신뢰성 등을 고려해야 한다. 구조적 안전을 저해하는 요인으로는 결함, 설RP의 잘못, 가공의 잘못, 사용상의 잘못이 있다.

① 재료의 결함

- 조직의 결함으로 인하여 예상강도를 얻지 못함
- 재료 내부의 미세한 크랙으로 인한 피로 파괴
- 가공 조건 및 사용 환경에 부적합 재료의 사용

② 설계의 잘못

잘못된 설계의 주원인은 주로 최대 부하예측과 강도계산의 오류가 대다수이므로, 사용 중 재료의 열화를 고려하여 적절한 안전율을 채택하려는 노력이 필요하다.

$$\bullet \text{ 안전율} = \frac{\text{극한강도}}{\text{허용응력}} = \frac{\text{극한하중}}{\text{부하하중}} = \frac{\text{극한강도}}{\text{사용응력}} = \frac{\text{극한하중(파괴하중)}}{\text{정격하중(사용하중)}}$$

- 안전여유=극한하중-사용하중

③ 가공잘못

최근의 추세와 같이 고급강을 재료로 사용하는 경우 필요한 기계적 특성을 얻기 위해 적절한 열처리가 필요한데, 이러한 열처리 결함이 재해의 원인이 될 수 있다. 또한 용착부에 크랙의 혼입과 같은 용접가공불량이나 용접 후의 열처리 잘못으로 인한 잔류응력이 취성파

괴를 일으키며, 기계가공의 잘못으로 인한 응력집중은 피로파괴의 원인 된다.

④ 사용상의 잘못

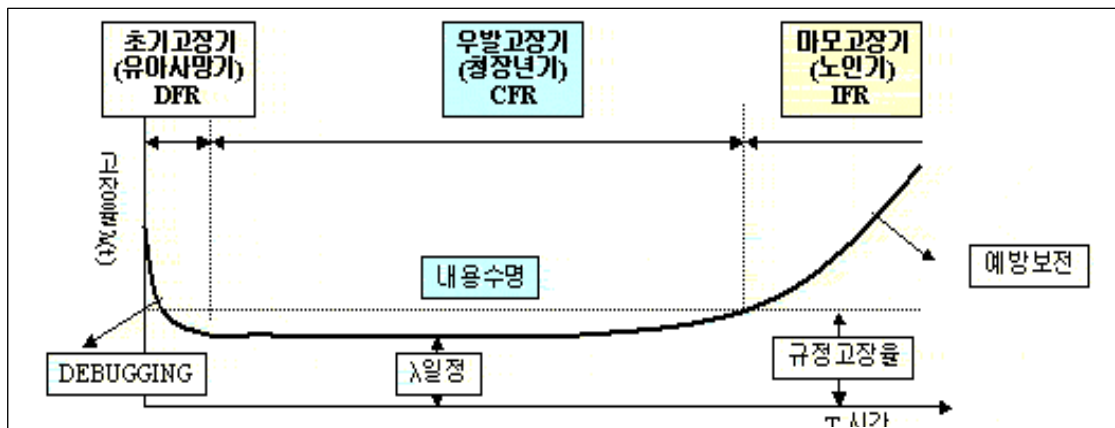
주위환경(온도, 습도 등), 설치방법, 과도한 부하, 조작방법에 따라 구조적 안전을 저해할 수 있다.

<2강. 기계의 안전 >

4. 기능적 안전

최근의 기계설비는 전기, 액압, 기압에 의한 반자동 또는 자동제어장치를 구비한 것이 많은데, 이는 과거의 기계요소를 주체로하는 기계에 비해 효율성은 뛰어난 반면, 저해 유발의 가능성이 있다. 따라서 이러한 기계를 사용하거나 구입하는 경우에는 전압강하, 정전시의 오작동, 단락 또는 스위치나 릴레이의 고장시 오작동, 사용압력 변동시 의 오작동, 밸브계통 고장시의 오작동 등을 고려하여야 한다.

이들의 이상상태에 대해서는 미리 적절하게 손을 쓸 필요가 있는데, 소극적 대책으로는 이상시에 기계를 급정지시켜 안전을 도모하는 방법이 있다. 또한 적극적 대책으로는 회로의 개선으로 오작동을 방지하거나 완전한 다른 계통의 회로에 의해 정상적인 기능을 되찾게 하는 방법이 있다.



① 초기고장기 : 고장률감소시기:DFR(Decreasing Failure Rate)

사용 개시후 비교적 이른 시기에 설계, 제작상의 결점, 사용 환경의 부적합 등에 의해 발생하는 고장이다. 설비의 초기운전 혹은 수리직후 높은 고장률을 표시하지만 차츰 떨어져서 일정치를 나타낸다. 이 기간은 Debugging¹⁾이 유효한 기간이다.

1) **Debugging** : 장치의 시판에 앞서 공장에서 초기고장을 경감시키기 위하여 기기의 부품 및 장치를 시운전하여 제거시켜 수정하는 것

② 우발고장기 : 고장률 일정시기 : CFR(Constant Failure Rate)

초기고장과 마모고장 사이에 마모, 누출, 변형, 그랙 등으로 인하여 우발적으로 발생하는 고장이다. 고장률이 일정한 이 기간은 고장시간, 원인(고장타입)이 랜덤해 예방보전(PM)은 무의미하며, 고장률이 가장 낮다.

③ 마모고장기 : 고장률증가시기:IFR(IncreasingFailureRate)

피로, 마모, 노화 현상 등으로 시간이 지나면 고장률이 상승하기 시작한다. 이 기간은 예방보전이 유효하며, 정기진단이 필요하다.

5. 작업의 안전

불안전한 행위나 상태에 기인하여 발생하는 사고는 대개 재해로 연결되어, 엄청난 재산과 인명 피해를 수반하게 된다.

즉 불안정한 행동과 불안정한 상태를 제거하여 안전한 작업장 을 조성함으로써 재해를 예방할 수 있는데, 이를 위해서는 기술적인 면에서부터 기계의 구조나 작업환경에 대한 검토가 충분히 이루어져야 하며, 특히 다음과 같은 안전 대책을 가지고 작업자의 주의를 환기시키는 노력이 필요하다.

① 작업에 필요한 설계

- 안전한 기동장치의 설계
- 정지장치와 정지시의 시간장치
- 급정지 버튼, 급정지 장치 등의 구조와 배치
- 작업자가 위험 부분에 근접 시 작동하는 검출형 안전장치의 이용
- 연동장치(interlock)된 커버 이용
- 작업을 안전화 하는 치구류 사용

② 인간공학적인 안전한 작업환경

- 기계에 부착된 조명, 기계에서 발생하는 소음 등의 검토 개선
- 기계류 표시와 배치를 적정히 하여 오인이 없도록 할 것
- 작업대나 의자의 높이 또는 형을 적당히 할 것
- 충분한 작업공간의 확보
- 작업 시 안전한 통로 및 계단의 확보

6. 보전작업의 안전화

기계설비가 안전하게 제 기능을 발휘할 수 있도록 정기적인 점검과 보수가 필요하다. 설비에 대한 보전을 제대로 하기 위해서는 보전을 전제로 설계에 착수해야 한다. 보전성 향상을 위해 고려할 사항은 다음과 같다.

- 보전용의 통로나 작업장 확보
- 분해하기 쉬운 기계 설비여야 한다.
- 작업조건이 맞는 기계여야 한다. 예를 들어 주변의 유해가스나 분진에 대해 저항력을 갖추어야 한다.
- 부품은 호환성이 있어 교환이 용이해야 한다.
- 점검이 용이해야 한다.
- 주유방법이 쉽게 개선되어야 한다.

7. 표준화

기계의 표준화가 진전되면 부품의 교환이 용이하고, 부품이나 제품에 대한 신뢰도도 예측 할 수 있으므로 재해 예방에 효과적이다. 기계나 시설, 사용 공구나 재료의 표준화는 물론 작업 방법에 대한 표준화도 안전규제 및 안전교육의 측면에서 반드시 필요하다.

제4절 기계설비의본질안전

본질 안전이란 원래 본질 안전 방폭 전기 기기에서 유래된 말로, 가연성 가스나 분진과 같은 폭발성 분위기 속에서 사용되는 계측용, 통신용 등의 전기기기가 그 내부 또는 배선 간에 고장이나 단락이 생겨도 외부의 분위기에 착화하는 일이 없는 구조를 말한다.

그러나 기계 설비의 본질 안전화란 더욱 일반적이고 포괄적인 개념이라 할 수 있는데, 이는 안전장치의 내장, 폴 푸르프(Fool proof), 페일 세이프(Fail safe)를 포함한다.

1. 안전장치의 내장

폴 푸르프(Fool Proof)에 앞선 간단한 구상으로서 종래까지 개발되어 외부에 설치하던 안전장치의 기능을 구조적으로 기계 설비의 일부로 내장시킨 것이다. 대표적인 예로 안전프레스가 있는데, 이는 외부에 설치하던 안전장치의 기능을 구조적으로 기계 설비의 일부로 내장시킨 것이다.

2. Fool Proof

인간이 기계들의 취급을 잘못해도 그것이 바로 사고나 재해와 연결되는 일이 없도록 하는 기능을 말한다. 본래의 Fool Proof는 조작 순서의 잘못이나 오조작에도 대응할 수 있는 것인데, 대부분의 기계재해는 그 취급 잘못에 기인한다는 관점에서 볼 때 인간의 조작에 대한 안전장치의 대부분은 Fool Proof를 위한 것이라 할 수 있다. 즉 Fool Proof는 인간의 착오, 미스 등 이른바 휴먼 에러(Human Error)를 방지하기 위한 것으로서 기계 설비의 위험 부분을 방호하는 덮개나 울, 이동식 가드의 인터록(Interlock)이 전제조건이 되며, 다음의 예가 있다.

- 동력전달장치의 덮개를 벗기면 운전이 정지된다.
- 프레스의 경우 과부하가 되면 경보가 울리고 작동이 되지 않는다.
- 프레스의 경우 과부하가 되면 경보가 울리고 작동이 되지 않는다.
- 승강기의 경우 과부하가 되면 경보가 울리고 작동이 되지 않는다.
- 크레인의 와이어로프가 무한정 간기지 않도록 권과방지장치를 설치한다.
- 로봇이 설치된 작업장의 방책문을 닫지 않으면 로봇이 작동하지 않는다.
- 전기세탁기의 탈수기가 돌아가는 도중에 뚜껑을 열면 탈수기가 정지한다.

또는 탈수기의 정지스위치를 누른 후, 정지가 될 때까지는 뚜껑이 열리지 않는다. 한편 인간이 실수를 일으키기 어렵게 하는 구조나 기능과 넓은 의미를 풀 푸르프라고 할 수 있는데, 조작 방향과 기계의 운동방향의 일치, 계기나 표시를 보기 쉽게 하는 것 등을 예로 설명할 수 있다.

3. Fail Safe

페일세이프(Fail safe)란 기계 설비나 그 부품에 고장이나 기능 불량 발생하여도 항상 안전하게 작동하는 구조와 기능을 말한다. Fail safe는 기능면에서 다음의 3단계로 분류한다.

- Fail-passive : 부품이 고장 나면 통상 기계는 정지하는 방향으로 이동한다.
- Fail-active : 부품이 고장나면 기계는 경보를 울리며 짧은 시간 동안의 운전이 가능하다.
- Fail-operational : 부품의 고장이 있어도 기계는 추후 보수가 될 때까지 안전 기능을 유지하는데, 이는 병렬 계통 또는 대기 여분 계통으로 한 것이다.

제5절 기계설비의 방호

1.프레스

프레스란 금형을 사이에 두고 금속 또는 비금속물질을 압축, 절단, 또는 조형하는 기계를 말한다. 종류에는 기계프레스, 유압프레스, 크랭크프레스, 너클프레스, 마찰프레스, 캠프레스 등이 있다. 프레스의 방호장치로는 게이트 가드식, 양수조작식, 수인식, 손 쳐내기식, 광전자식 등이 있는데, 이들을 살펴보면 다음과 같다.

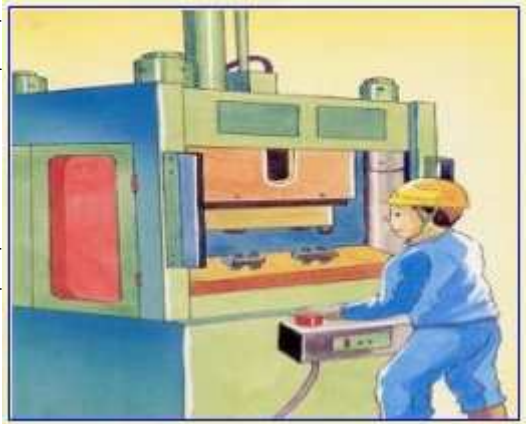
① 게이트가드식 : 손이 금형 속에 들어갔을 때는 슬라이드가 하강하지 않고 금형 속에 손이 들어가지 않도록 하는 방호장치이다.

② 양수조작식 : 두개의 누름버튼 또는 레버를 금형의 위험한계에서 안전거리 이상 데어서 설치하고 양손으로 동시에 작동시켜야만 동작하는 방호 장치이다.

③ 수인식 : 손이 금형 사이에 있을 때 또는 금형에 접근해 있을 때에 슬라이드 연동기구로 손을 빼어내는 방호 장치이다.

④ 손쳐내기식 : 슬라이드에 레버 또는 캠 등으로 연결되어 있는 손쳐내기 봉에 의해 슬라이드가 하강하기 전에 위험 한계에 있는 손을 쳐내는 방호 장치이다.

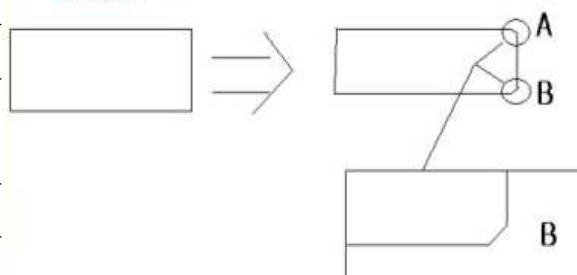
⑤ 광전자식 : 근로자 신체 일부가 위험 구역 내에 접근할 경우 센서에 의해 감지되고, 동력 전달장치로 전달되어 작동하던 슬라이드를 급정지 시키는 방호 장치이다.



2. 목재가공용기계

목재가공용 기계는 목재가공을 취급하는 전반적인 기계를 말하며, 제재기계, 합판기계, 목공기계가 있다. 주로 둥근톱, 목재가공용 띠톱, 동력시 수동대패, 모떼기 기계(Chamfering Machine), 루타기(Router) 등이 있다. 이들 목재가공용 기계의 방호장치에는 반발예방장치(분할날), 날접촉 예방장치(보호덮개) 등이 있다.

모떼기 그림



① 반발예방장치(분할날) : 가공재에 썬기작용을 하여 공작물의 반발을 방지할 목적으로 설치하는 방호장치이다.

② 날접촉 예방장치(보호덮개) : 가공재 송급 시 두께에 따라 덮개 또는 보조덮개가 움직이

는 형식의 가동식 덮개와, 가공재 송급 시 두께에 따라 덮개가 움직이지 않는 형식의 고정식 덮개가 있다.

3. 용접장치

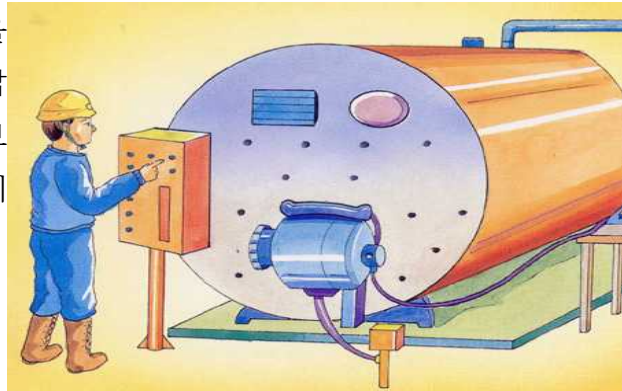
용접은 고밀도 열원을 이용하여 접합하고자하는 두 물체의 접합부를 국부적으로 용융한 후 다시 응고시켜 하나로 만드는 야금학적인 접합 방법이다.

아세틸렌 용접장치 및 가스 집합 용접장치의 방호장치에는 가스의 역류 및 역화를 방지하기 위한 안전기가 있다.



4. 보일러

보일러란 연료의 연소로 발생하는 열을 밀폐 용기 내에 있는 물에 전달하여 소요 압력의 증기를 발생시키는 장치를 말한다. 보일러의 방호장치에는 압력방출장치, 압력제한 스위치, 고저수위 조절장치 등이 있다.



- ① 압력방출장치 : 안전밸브라고도 하며, 보일러의 증기압력이 규정 이상이 될 때 자동적으로 열려 일정 압력을 유지하는 방호장치이다.
- ② 압력제한스위치 : 상용압력 이상의 압력이 상승할 경우 보일러의 파열을 방지하기 위해 최고사용압력과 상용압력 사이에서 버너 연소를 차단하여 열원을 제거시켜 정상압을 유지시키는 방호장치이다.
- ③ 고저수위조절장치 : 보일러 통내의 수위가 너무 높거나 낮으면, 과열가에 스케일을 발생시켜 온도를 저하시키거나, 보일러 전열면을 과열시키는 위험이 발생하여 결국 보일러를 파괴시킬 수있다. 따라서 이러한 수위를 항상 적당한 범위 내에 유지해 주며 이상시 경보를 발생하는 방호장치가 있는데, 이를 고저수위 조절장치라 한다.

5. 롤러기

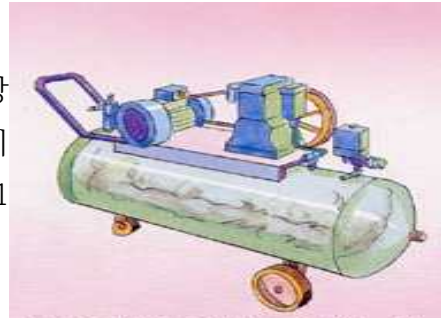
상온 또는 고온의 금속 재료를 회전하는 롤(Roll) 사이에 통과시켜 소성을 이용하여 판재, 대판, 형재, 관재 등으로 성형하는 기계를 롤러기라 한다.

롤러기의 방호장치로는 급정지장치가 있다. 급정지장치란 작업자의 신체부위가 롤러기 사이에 말려 들어갈 경우, 작업자의 손이나, 무릎, 복부 등 쉽게 닿을 수 있는 조작부를 누르면 브레이크 계통이 작동하여 롤러가 급정지하도록 하는 장치를 말한다.

6. 압력용기 및 공기 압축기

① 압력용기

압력용기란 화학 공장의 탭류, 반응기, 열교환기, 저장 용기 및 공기 압축기의 공기저장탱크로서 사용 압력이 $0.2\text{kg/cm}^2\text{g}$ 이상이고, 상용 압력과 용기내용적의 곱이 1 이상인 것을 말한다.



② 공기압축기

공기압축기란 임펠러 또는 회전자의 회전 운동이나 피스톤의 왕복 운동으로 기계적 에너지를 기체의 압력 및 속도 에너지로 변환시키는 장치로, 기체압송의 압력 또는 토출, 공기 압력이 1kg/cm^2 이상인 기계를 말한다. 방호장치로는 압력방출장치와 언로드 밸브가 있다.

- 압력방출 장치 : 공기탱크 내의 압력이 일정 압력에 이르면 공기탱크 내의 압력에 의해 압력 스위치의 압력조절 스프링이 밀어 올려져 접점이 차단되어 모터가 정지하고, 릴리프 밸브를 개방하고 접속관 및 체크 밸브 내부에 있는 압축 공기를 대기로 방출하는 방호장치를 말한다.
- 언로드 밸브 : 공기탱크 내의 압력이 일정 압력으로 상승하면 자동적으로 작동하여 공기탱크 내에 압송을 정지하는 무부하 운전이 되어 압력이 상승하지 않도록 하는 방호장치이다.

7. 산업용 로봇

산업용 로봇이란 매니퓰레이터 및 기억장치를 가지고 기억장치 정보에 의해 매니퓰레이터의 굴신, 신축, 상하이동, 좌우이동 또는 선회 동작 및 이의 복합 동작을 자동적으로 행할 수 있는 기계를 말한다. 산업용 로봇은 원칙적으로 페일세이프 기능을 가져야 한다.

학습 평가

1. 기계적 위험요소는 5가지로 구분하여 설명 할 수 있다. 설명이 잘못 된 것은?
 - ① 제1요소는 함정(Trap)으로서 사람과 물체가 상호 움직임 상태에서 쌍방 충돌할 경우이다.
 - ② 제3요소는 접촉(Contact)으로서 날카롭거나 뜨겁거나 차가울 경우, 또는 전류가 흐름으로 인해 접촉시 상해가 일어날 경우이다.
 - ③ 제4요소는 얽힘 또는 말림(Entanglement) 으로서 머리카락, 옷소매, 장갑, 넥타이, 고리 등이 작동 중인 기계설비에 말려들어가는 경우이다.
 - ④ 제5요소는 튀어나옴(Ejection)으로서 기계요소와 피가공재가 기계로부터 튀어나올 가능성이 있는 위험요소가 있을 경우이다.

정답) 1번

2. 기계설비의 본질안전이란 원래 본질 안전 방폭 전기 기기에서 유래된 말로, 가연성 가스나 분진과 같은 폭발성 분위기 속에서 사용되는 계측용, 통신용 등의 전기기기가 그 내부 또는 배선간에 고장이나 단락이 생겨도 외부의 분위기에 착화하는 일이 없는 구조를 말하는데 기계설비의 본질안전화란 더욱 일반적이고 포괄적인 개념이라 할 수 있다. 여기에 속하지 않는 것은 ?
 - ① 방폭설비 ② 안전장치의 내장 ③ Fool Proof ④ FailSafe

정답) 1번

학습 정리

1. 기계의 위험요소

기계의 위험요소는 5가지 요소로 구분하여 설명할 수 있다.

- ① 제1요소-함정(Trap) : 기계운동에 의한 Trapping point나 손발이 들어가는 입점(In-running point)에 끼일 경우, 또는 손발이 닫힘 운동이나 이송 운동에 의해 주로 발생할 수 있다.
- ② 제2요소-충격(Impact) : 충격은 고정된 물체에 사람이 충돌할 경우, 움직이는 물체가 작업자에게 충격을 줄 경우, 사람과 물체가 상호 움직임 상태에서 쌍방 충돌할 경우이다.
- ③ 제3요소-접촉(Contact) : 날카롭거나 뜨겁거나 차가울 경우, 또는 전류가 흐름으로 인해 접촉시 상해가 일어날 경우이다.
- ④ 제4요소-얽힘 또는 말림(Entanglement) : 머리카락, 옷소매, 장갑, 넥타이, 고리 등이 작동 중인 기계설비에 말려들어가는 경우이다.

- ⑤ 제5요소-튀어나옴(Ejection) : 기계요소와 피가공재가 기계로부터 튀어나올 가능성이 있는 위험요소가 있을 경우이다.

2. 기능적 안전

최근의 기계설비는 전기, 액압, 기압에 의한 반자동 또는 자동제어장치를 구비한 것이 많은데, 이는 과거의 기계요소를 주체로하는 기계에 비해 효율성은 뛰어난 반면, 저해 유발의 가능성이 있다. 따라서 이러한 기계를 사용하거나 구입하는 경우에는 전압강하, 정전시의 오작동, 단락 또는 스위치나 릴레이의 고장시 오작동, 사용압력 변동시 의 오작동, 밸브계통 고장시의 오작동 등을 고려하여야 한다.

이들의 이상사태에 대해서는 미리 적절하게 손을 쓸 필요가 있는데, 소극적 대책으로는 이상시에 기계를 급정지시켜 안전을 도모하는 방법이 있다. 또한 적극적 대책으로는 회로의 개선으로 오작동을 방지하거나 완전한 다른 계통의 회로에 의해 정상적인 기능을 되찾게 하는 방법이 있다.

- ① 초기고장기 : 고장률감소시기:DFR(DecreasingFailureRate)
- ② 우발고장기 : 고장률 일정시기 : CFR(Constant Failure Rate)
- ③ 마모고장기 : 고장률증가시기:IFR(IncreasingFailureRate)

차시예고
14 주. 대구지하철 사고 분석