

제 1 장

기계안전기술

-
- 1.1 기계안전의 개념 / 2
 - 1.2 공작기계의 안전 / 35
 - 1.3 프레스 및 전단기의 안전 / 45
 - 1.4 산업용 기계의 안전 / 61
 - 1.5 양중기의 안전 / 107
 - 1.6 운반기계의 안전 / 160
 - 1.7 설비진단기술 / 174
 - 1.8 공장자동화 안전기술 / 201
 - 1.9 기계 연관 안전기술 / 211
-

1.1 기계안전의 개념

기계안전의 기초

01 기계나 구조물 설계 관련한 용어로서 안전설계에 대하여 설명하시오.

해설

○ 안전설계

* 안전설계란 기계설비 또는 장치에 고장, 결함이나 미스가 발생하더라도 고장의 검출, 기능회복, 기능대책, 안전장치 작동 등 안전성이 확보되도록 고려하는 설계 개념이다.

02 설비 안전점검 체크리스트 작성 시 포함하여야 하는 사항에 대하여 설명하시오.

해설 2023 130

○ 안전점검표(Check List) 작성 시 유의사항

1. 안전점검표에 포함되어야 할 사항

① 점검항목, ② 점검사항, ③ 점검방법, ④ 판정기준, ⑤ 판정, ⑥ 조치사항

2. 점검표 작성 시 유의사항

- ① 사업장에 적합한 독자적인 내용일 것
- ② 중점도가 높은 것부터 순서대로 작성할 것(위험도가 높은 것이나 긴급을 요하는 것부터 작성)
- ③ 정기적으로 검토하여 재해방지에 실효성이 있는 내용일 것
- ④ 일정한 양식을 정하여 점검대상을 정할 것
- ⑤ 점검표의 내용은 이해가 쉽도록 표현하고 구체적일 것

목재가공기계

01 동근톱 기계에서 발생할 수 있는 재해의 종류 및 방호조치의 종류에 대해 기술하십시오.

해설

1. 동근톱 기계란?

* 동근톱 기계란 공작물을 테이블면에 가볍게 밀면서 고속으로 회전하는 톱날 사이로 이동시킴으로써 공작물을 절삭, 홈절삭 등의 작업을 수행하는 기계이다.

2. 위험요소

(1) 톱날에 의한 가공재의 반발

- ① 톱자체에 의해 가공재가 반발되어 작업자가 가공재에 맞아 재해 발생
- ② 톱의 뒷날에 의한 반발로 재해 발생
 - ㉠ 절삭된 가공재의 홈부분이 조이는 성질, 뒤틀림 등에 의해서 날의 뒷부분에서 톱날을 짝 조이는 현상 발생
 - ㉡ 이 현상은 톱의 뒷날 부분의 운동방향은 작업자측으로 향하고 있어서 가공물이 부상하여 작업자측으로 비래하여 재해 발생

(2) 근로자의 손 등이 톱날에 접촉

* 가공재가 송급 중 또는 톱날 바로 근처에서 절삭찌꺼기의 청소 및 기타작업 중에 근로자의 손이 톱날에 접촉되어 재해 발생

3. 방호장치의 종류별 설치기준

* 동근톱 기계의 안전장치에는 반발예방장치와 날접촉예방장치가 있으며 반발예방장치의 종류에는 분할날, 반발방지조, 반발방지롤 등이 있고, 날접촉예방장치는 가동식, 고정식 등이 있다.

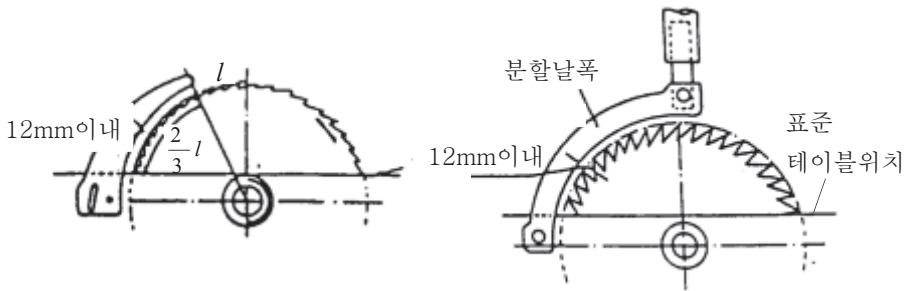
(1) 반발예방장치

1) 분할날

* 절삭된 가공재의 홈 사이로 들어가면서 가공재의 모든 두께에 걸쳐 켜기작용을 하여 가공재가 톱자체를 조이지 않게 하는 장치이다.

- ① 톱의 뒷날 바로 가까이 설치할 것(12mm 이내)
- ② 톱의 뒷날의 2/3 이상을 덮는 구조일 것
- ③ 분할날의 재료는 탄성이 큰 탄소공구강에 상당하는 재료일 것
- ④ 분할날의 설치부는 조절 가능한 구조일 것
- ⑤ 분할날의 두께(t_2)는 톱날두께(t_1)의 1.1배 이상이고 톱의 치진폭(b) 미만일

$$\text{것} : 1.1t_1 \leq t_2 < b$$



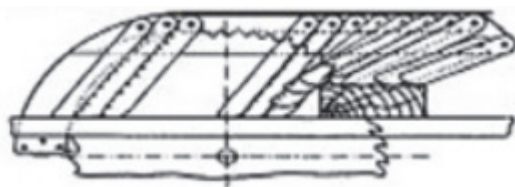
[그림 1] 겹형식 분할날

[그림 2] 현수식 분할날

2) 반발방지기구(반발방지조)

* 가공재가 뒷날 측에 대하여 조금 들뜨고 역행하려고 할 때 조(jaw)가 가공재에 물러 들어가 반발을 방지하며 설치기준은 다음과 같다.

- ① 사용재료는 일반구조용 압연강재 2종 이상으로 할 것
- ② 조의 형상은 가공재가 반발 시 물러 들어가기 쉬운 구조일 것



[그림 3] 반발방지기구

3) 반발방지를

* 가공재가 톱 후면에서 들뜨는 것을 누르고 반발을 방지하며 설치기준은 다음과 같다.

- ① 가공재의 상면을 항상 일정한 힘으로 누를 수 있을 것
- ② 가공재를 충분히 누르는 강도를 보유할 것
- ③ 톱의 직경이 405mm를 넘는 등근톱기계에서는 사용을 금함

(2) 날접촉예방장치

* 가공재를 송급할 때 가공재 끝부분의 절단 시 톱날에 접촉되거나 톱날 근처에서 청소 등을 할 때 톱날에 닿아서 생기는 재해를 예방하는 장치이다.

1) 가동식 날접촉예방장치

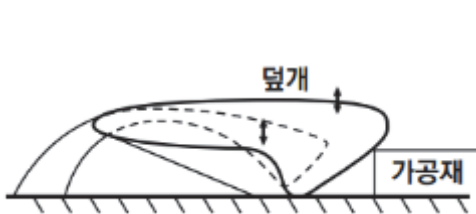
* 덮개의 하단이 송급되는 가공재의 상면에 항상 접하는 방식이고, 절삭하고 있지 않을 때는 덮개가 테이블면까지 내려가는 구조로서 설치기준은 다음과 같다.

- ① 절단에 필요한 날부분 이외의 날은 항상 자동적으로 덮이는 구조일 것
- ② 앞부분의 보조덮개에 톱날을 볼 수 있는 홈이 있을 것

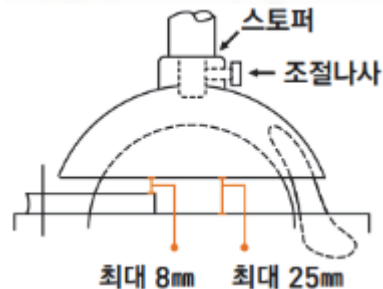
2) 고정식 날접촉예방장치

* 비교적 얇은 가공재의 절단용으로 사용되면 가동식에서는 송재 저항이 크게 되어 재료의 상면이 보조덮개에 접촉되어 상처를 입거나 그 사용이 어려울 수 있는 단점의 해소가 가능하며, 설치기준은 다음과 같다.

- ① 덮개하단이 테이블 면위 25mm 이상 높일 수 없는 구조일 것
- ② 가공재 상면과 덮개와의 간격이 8mm 이내 일 것
- ③ 덮개의 전면부에 홈을 설치하여 톱날의 절단을 볼 수 있을 것



[그림 4] 가동식 날접촉예방장치



[그림 5] 고정식 날접촉예방장치

1.3 프레스 및 전단기의 안전

프레스

01 프레스작업의 위험성과 그 대책을 기술하시오.

해설

1. 프레스 작업의 위험성

(1) 프레스 작업의 특징

* 프레스를 이용한 작업은 통상적으로 많은 위험성을 내포하고 있다. 이들 위험성 특성은 다음과 같다.

- ① 단시간에 많은 힘을 가해 가공하므로 신체 장애를 입기 쉽다.
- ② 위험 부위에 근접해 작업하는 경우가 많아 다른 작업에 비해 위험성이 크다.
- ③ 금형의 설계제작시 안전에 대한 고려가 미흡하다.
- ④ 고장발생 빈도가 높고 예지가 어렵다.
- ③ 대부분 소규모 기업에서 이뤄지며 다품종소량 생산 위주여서 대체로 안전대책이 미흡하다.
- ④ 기계 자체가 반복적인 진동과 충격을 지속적으로 받는 것에 대한 적절한 방호장치가 미흡한 실정이다.
- ⑤ 금형 교환 등의 부수적인 작업이 많아 다른 가공기계보다 안전사고가 자주 발생할 뿐 아니라 사망 등 중대 재해 발생률이 높다.
- ⑤ 프레스기계의 범용성에 안전조치가 따라가지 못한다.

(2) 프레스 작업에서의 재해

1) 끼임

- ① 프레스 안전장치를 부착하지 않고 작업 중 금형 사이에 끼임
- ② 풋스위치를 사용해 작업 중에 양손으로 소재를 투입하고 꺼내는 작업 중 금형 사이에 끼임
- ③ 금형 설치 및 해체작업 중 금형에 끼임

2) 파편에 맞음

- ① 소재가 금형에 제대로 투입되지 않은 상태에서 프레스 가공 중 파손된 금형 파편에 맞음
- ② 금형 조정작업 중 금형 파손으로 파편에 맞음

3) 넘어짐

- ① 소재, 금형 등 중량물 운반작업 중 장애물에 걸려 넘어짐

4) 부딪힘

- ① 2인이 공동작업 중 신호 불일치로 하강하는 슬라이드에 부딪힘
- ② 금형 등 중량물 운반용 지게차 또는 대차에 부딪힘

2. 프레스 작업의 위험성에 대한 대책

(1) 올바른 방호장치의 선택

* 프레스 또는 전단기 방호장치의 종류 및 분류는 다음과 같다. 특징을 고려하여 적절한 방호장치가 설비 운용되도록 한다.

종류	분류	기능
광전자식	A-1	프레스 또는 전단기에서 일반적으로 많이 활용하고 있는 형태로서 투광부, 수광부, 컨트롤 부분으로 구성된 것으로서 신체의 일부가 광선을 차단하면 기계를 급정지시키는 방호장치
	A-2	급정지기능이 없는 프레스의 클러치 개조를 통해 광선 차단 시 급정지시킬 수 있도록 한 방호장치
양수 조작식	B-1 (유·공압 밸브식)	1행정 1정지식 프레스에 사용되는 것으로서 양손으로 동시에 조작하지 않으면 기계가 동작하지 않으며, 한 손이라도 떼어 내면 기계를 정지시키는 방호장치
	B-2 (전기버튼식)	
가드식	C	가드가 열려 있는 상태에서는 기계의 위험부분이 동작되지 않고 기계가 위험한 상태일 때에는 가드를 열 수 없도록 한 방호장치

종류	분류	기능
손쳐 내기식	D	슬라이드의 작동에 연동시켜 위험상태로 되기 전에 손을 위험 영역에서 밀어내거나 쳐내는 방호장치로서 프레스용으로 확동식 클러치형 프레스에 한해서 사용됨(다만, 광전자식 또는 양수조작식과 이중으로 설치 시에는 급정지 가능 프레스에 사용 가능)
수인식	E	슬라이드와 작업자 손을 끈으로 연결하여 슬라이드 하강시 작업자 손을 당겨 위험영역에서 빼낼 수 있도록 한 방호장치로서 프레스용으로 확동식 클러치형 프레스에 한해서 사용됨 (다만, 광전자식 또는 양수조작식과 이중으로 설치 시에는 급정지가능 프레스에 사용 가능)

(2) 수공구류의 활용

- * 프레스 금형내의 재료의 송급, 취출 및 위치 교정 등에 적절한 수공구를 사용함으로써 안전을 확보할 수 있으며, 특히 작은 제품의 취급에서 더욱 효과적이다.

(3) 금형의 안전화

- * 프레스의 안전화의 근본적인 대책으로 기계동작부위나 금형에 손 등 신체가 접근하지 못하도록 구조적으로 안전화하는 것이 중요하다.

(4) 송급·배출의 자동화

- * 제품을 손으로 이송하고 가공 후 제품을 꺼낼 때 작업점에 접근하다가 재해를 입는 경우가 많으므로 송급·배출을 자동화하는 것은 안전상 대단히 중요하다.
- * 송급·배출의 자동화 방법에는 여러 가지가 있다.
 - ① 자동송급장치 : 롤 피더, 그리퍼 피더, 호퍼 피더 등
 - ② 자동배출장치 : 이젝터 등 ③ 산업용 로봇

(5) 근로자의 교육

- * 동력에 의해 작동되는 프레스기계를 5대 이상 보유한 사업장에서는 근로자에게 다음의 사항에 대하여 프레스의 특별안전교육을 16시간 이상 실시하여야 한다.
 - ① 프레스의 특성과 위험성에 관한 사항
 - ② 방호장치의 종류와 취급에 관한 사항

1.4 산업용 기계의 안전

산업용 로봇

01 산업용 로봇의 안전방호방법 중 3가지 이상을 기술하십시오.

해설

1. 정의

- ① 산업용 로봇이란 여러 가지 다양한 직무를 수행하는 다기능 매니플레이터(Manipulator) 및 기억장치를 가지고 그 정보에 따라 매니플레이터의 신축, 굴신, 상하좌우의 이동, 선회동작 또는 이들의 복합동작을 자동으로 시행하는 기계를 말한다.
- ② 매니플레이터란 2개 이상의 링크가 회전 또는 직선운동을 할 수 있는 관절에 의해 연결되어 있는 관절연쇄체(Articulated Chain)로서 연쇄체의 끈은 지지기반(Supporting Base)에 부착되어 있고 다른 끝에는 물체를 파지할 수 있는 파지부(Gripper) 또는 조립, 용접, 도장 등의 작업을 수행할 수 있는 공구가 부착되어 있다.

2. 방호장치 종류 및 설치기준

(1) 안전매트

* 위험지역 입구바닥에 설치하여 임의로 접근하여 이를 밟을 경우 압력을 감지하여 비상정지장치를 작동시키도록 되어 있는 매트이다.

- ① 이상 시 즉시 운전을 정지하는 것이 가능할 것
- ② 운전을 정지한 경우 재가동 조작을 하지 않으면 운전이 재개되지 않을 것

(2) 안전방호 울타리(방책)

- ① 안전방호 울타리 등은 작업 중에 발생하는 진동, 충격, 그 밖의 환경조건에 충분히 견딜 수 있는 강도를 가질 것
- ② 안전방호 울타리 등은 예리한 가장자리, 돌출부분 등의 위험부분이 없을 것
- ③ 매니플레이터와 울타리 사이에서 협착되는 위험이 없도록 최소 40cm 이상 격리시킬 것

- ④ 안전울타리의 출입구에는 안전플러그 등의 연동장치를 설치하여 문을 열면 로봇이 정지하도록 할 것

(3) 광선식 안전장치

- ① 확산반사형 : 발광기로부터 발하는 빛을 사람에게 반사시켜 그 반사광을 수광하여 감지
- ② 투과형 : 마주하고 있는 발광기, 수광기 사이에 빛이 통하고 있어 그 광선을 사람이 차단하면 수광기 출력이 Off로 됨

(4) 비상정지기능

- ① 비상정지 누름 버튼은 조작하였을 경우 로봇을 빠르고 확실하게 정지시킬 것
- ② 비상정지 누름버튼은 작업자가 쉽게 확인 조작 가능토록 빨간색으로 할 것
- ③ 작업자가 작업위치를 떠나지 않고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 설치할 것
- ④ 비상정지기능을 작동한 후 자동적으로 복귀하지 않고 또 작업자가 부주의로 복귀시킬 수 없을 것

(5) 페일세이프(Fail-Safe) 기능

- ① 오작동에 의한 위험을 방지하기 위해 제어장치의 이상을 검출해 로봇을 자동적으로 정지시킬 것
- ② 유압, 공압 또는 전압의 변동에 의한 오조작이나 정전 등에 의해 구동원이 차단될 때 로봇을 자동적으로 정지시킬 것
- ③ 로봇 및 관련 기기에 고장 발생시 로봇을 자동적으로 정지시키고 이를 외부에 알릴 수 있을 것
- ④ 작업자가 가동범위 내로 침입할 경우 감지해서 자동으로 정지시킬 것

(6) 동력차단장치

- ① 동력차단장치(스위치, 클러치, 유공압 제어밸브 등)는 다른 기기와 독립되어 있을 것
- ② 접촉이나 진동 때문에 갑자기 작동 또는 복귀하지 않을 것
- ③ 동력차단장치는 자동적으로 복귀하지 않고 또 작업장의 부주의로 복귀시킬 수 없을 것

02 산업용 로봇의 재해유형에 대해 기술하시오.**해설****1. 정의**

- * 산업용 로봇이란 여러 가지 다양한 직무를 수행하는 다기능 매니플레터(Manipulator) 및 기억장치를 가지고 그 정보에 따라 매니플레터의 신축, 굴신, 상하좌우의 이동, 선회동작, 또는 이들의 복합동작을 자동으로 시행하는 기계를 말한다.
- * 여기서, 매니플레터란 2개 이상의 링크가 회전 또는 직선운동을 할 수 있는 관절에 의해 연결되어 있는 관절연쇄체(Articulated chain)이다. 연쇄체의 끈은 지지기반(Supporting Base)에 부착되어 있고 다른 끝에는 물체를 파지할 수 있는 파지부(Gripper) 또는 조립, 용접, 도장 등의 작업을 수행할 수 있는 공구가 부착되어 있다.

2. 위험요인 및 재해유형

- * 산업용 로봇은 자체 중량이 무겁고 고속으로 움직이며, 큰 힘을 내고, 운동범위가 넓고, 그 구조가 복잡하기 때문에 많은 위험요인을 지니고 있다.

(1) 불안정한 행동 측면

- ① 로봇이 작동 중임을 인식하지 못하거나 방호장치에 익숙하지 못하여 무심코 로봇의 작업영역 내로 진입하는 행동
- ② 로봇의 프로그램화된 움직임에 미숙한 작업자가 로봇작업 영역 내로 진입하는 행동
- ③ 프로그램 중 주변장치와의 연결 중에서 입출력센서 연결 중의 실수
- ④ 동작버튼 또는 다른 스위치의 부주의한 접촉
- ⑤ 안전장치에 대한 의도적 손상 또는 철거상태로 작동
- ⑥ 무자격자의 로봇 오작동 점검

(2) 불안정한 상태 측면

- ① 로봇 제어시스템의 소프트웨어 결함 등의 내재적인 결함
- ② 전자기파 또는 라디오파에 의한 신호 교란
- ③ 공압, 유압 및 모터 등 동력장치의 제어장치 기능상 결함

- ④ 전기의 과부하나 유압계통의 인화성 오일의 화재
- ⑤ 전격재해 또는 축적된 에너지의 방출로 인한 위험성
- ⑥ 예상 밖의 로봇의 정지와 출발 등의 운동
- ⑦ 로봇 암의 정지실패 ⑧ 작업장 디자인 불량

03 산업용 로봇에 의한 재해예방을 위하여 사업주가 취해야 할 조치(작업지침)의 예를 5가지 이상 열거하시오.

해설

1. 산업용 로봇의 정의

- * 산업용 로봇이란 다양한 직무를 수행하는 다기능 매니플레이터(Manipulator) 및 기억장치를 가지고, 그 정보에 따라 매니플레이터의 신축, 굴신, 상하좌우의 이동, 선회동작 또는 이들의 복합동작을 자동으로 시행하는 기계를 말한다.
- * 여기서, 매니플레이터는 2개 이상의 링크가 회전 또는 직선운동을 할 수 있는 관절에 의해 연결되어 있는 관절연쇄체(Articulated chain)로서 연쇄체의 끝은 지지기반에 부착되어 있고 다른 끝에는 물체를 파지할 수 있는 파지부(Gripper) 또는 조립, 용접, 도장 등의 작업을 수행할 수 있는 공구가 부착되어 있다.

2. 재해예방을 위한 사업주의 조치

(1) 방호장치 설치

- * 복합동작을 할 수 있는 산업용 로봇은 유해위험기계·기구로서 유해위험방지를 위해 안전매트 또는 방호울타리 등의 방호장치를 설치하여야 한다.

(2) 로봇작업에 대한 특별교육 실시

- ① 로봇의 기본원리, 구조 및 작업방법에 관한 사항
- ② 이상시 응급조치에 관한 사항 ③ 안전시설 및 안전기준에 관한 사항
- ④ 조작방법 및 작업순서에 관한 사항

(3) 작업 시작 전 점검 실시

- ① 외부전선의 피복 또는 외장의 손상유무
- ② 매니플레이터 작동의 이상유무 ③ 제동장치 및 비상정지장치의 기능

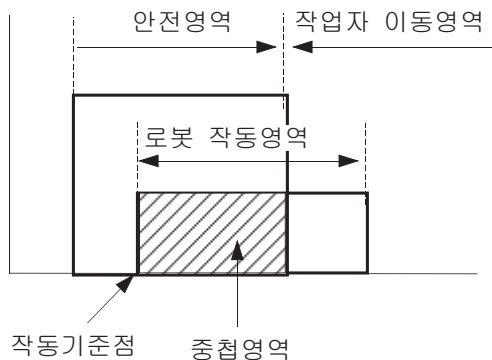
(4) 교시 등 작업 시 확인사항

- ① 로봇의 조작방법 및 순서
- ② 작업 중의 매니퓰레이터의 속도
- ③ 2인 이상의 근로자에게 작업을 시킬 때의 신호방법
- ④ 이상을 발견한 때의 조치
- ⑤ 이상을 발견하여 로봇의 운전을 정지시킨 후 이를 재가동시킬 때의 조치

(5) 수리 등 작업시의 조치

* 로봇의 수리, 검사, 조정, 청소, 급유 또는 결과에 대한 확인작업을 할 때에는 로봇의 운전을 정지함과 동시에 로봇의 기동스위치를 열쇠로 잠근 후 그 열쇠를 별도 관리하거나 로봇의 기동스위치에 “작업 중”이란 취지의 표지판을 부착하는 등의 조치를 취해야 한다.

04 로봇작업 시 작동영역과 작업자의 이동영역이 겹치면 안전상 문제가 발생할 수 있다. 작업환경의 무질서한 정도(안전사고 발생 가능한 정도로 통상 엔트로피로 불린다)를 아래 그림에 정의된 로봇의 작동영역과 안전영역과의 중첩영역을 기준으로 정량적으로 표현하면 아래의 식과 같다.



$$\text{엔트로피} = \log\left(\frac{\text{로봇 작동영역}}{\text{중첩영역}}\right)$$

위 사실로부터 로봇작동영역의 작업자 이동영역 안으로의 확장과 작업자 이동영역의 로봇 작동영역 침범 중 어느 것이 안전상 더 불리한지 설명하시오. (단, 1. 이는 이론적 평가이며 실제 상황에서는 다양한 요인에 의해 상이한 결과를 나타낼 수 있음 2. 그림 중 로봇의 작동기준점은 변하지 않는다고 가정)

해설

1. 개요

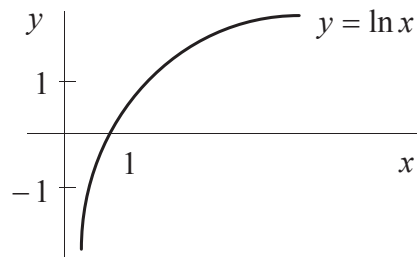
- * 엔트로피(Entropy)는 열역학에서 고온물질이 저온물질로 열전달이 일어날 때 그 열전달량을 그때 절대온도를 나눈 값을 말한다. $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} [kJ / K]$
- * 엔트로피 법칙은 자연현상의 법칙이고, 이 법칙은 “물질과 에너지는 오직 유용한 것에서 무용한 것으로, 쓸 수 있는 것에서 쓸 수 없는 것으로, 그리고 질서에서 무질서로 변화될 수 있다”고 말한다.
- * 안전공학에서 이를 응용하여 작업환경의 무질서한 정도(안전사고 발생 가능한 정도로 통상 엔트로피라 불린다)를 나타내며, 엔트로피가 증가하면 재해가 발생하고 엔트로피가 감소하면 안전한 상태이므로 안전적인 측면에서는 엔트로피가 감소하는 쪽을 요구한다.

2. 안전상 검토

(1) 로봇작동영역의 작업자 이동영역 안으로의 확장

- * 로봇의 작동기준점은 변하지 않는다고 가정하였으므로 로봇작동영역이 작업자의 이동영역으로 확장되면 중첩 영역은 변화가 없지만 로봇의 작동영역은 증가하게 된다.
- * 즉, 엔트로피 정의식에 대입하면 로봇의 작동영역이 중첩영역보다 커지는 것이므로 (로봇 작동영역/중첩영역)(x 라고 가정)은 1보다 큰 값을 가지며, 엔트로피가 점점 증가하는 형상이다. 즉, 안전하지 않은 쪽(재해발생)에 해당된다.

(2) 작업자 이동영역의 로봇작동영역 침범



[그림] 엔트로피 곡선

- * 작업자의 이동영역이 로봇의 작동영역으로의 침범은 로봇의 작동영역은 변화가 없지만 중첩영역이 감소하는 형상이므로 x 는 1보다 큰 값을 가진다고 작업자의 이동영역의 로봇작동영역으로의 침범이 계속되면 중첩영역이 0으로 되고 x 는 무한대(∞) 값을 가지게 된다.

(3) 검토 결과

- * 위의 그래프로부터 (1), (2) 모두 x 값이 1보다 큰 값을 가지므로 엔트로피는 점점 증가하는 형상을 보인다. 즉 (1), (2) 모두 안전하지 않은(재해발생) 상태로 된다.
- * 그러나 (1)과 (2) 중 안전상 더 불리한 것을 선택한다면 (2)가 안전상 더 불리하다. 그 이유는 (2)는 중첩영역이 0이 되는 순간 x 가 무한대가 되므로 엔트로피 역시 많이 증가하는 형상이기 때문이다.

05 각종 메카트로닉스(자동화) 기기의 도입에 따른 안전관리상의 장단점을 논하시오.

해설

1. 메카트로닉스 및 자동화의 정의

- * 메카트로닉스 및 자동화는 전자 및 컴퓨터 제어를 통해 지능적이고 자율적인 산업 프로세스를 구현하는 기계를 연구하고 개발하는 엔지니어링 분야이다.
- * 메카트로닉스(자동화) 기기는 인간의 작업을 용이하게 하는 것 외에도 산업 공정의 제어 및 생산성을 높이도록 설계되었다.
- * 메카트로닉스 및 자동화에는 다음과 같은 것들이 포함된다고 할 수 있다.
 - ① 부품을 가공하기 위한 자동 기계·공구
 - ② 자동 조립 기계
 - ③ 산업용 로봇
 - ④ 자동 물류 처리와 보관 시스템
 - ⑤ 품질관리를 위한 자동검사 시스템
 - ⑥ 피드백 제어와 컴퓨터 프로세스 제어
 - ⑦ 생산활동을 지원하기 위해 계획, 데이터 수집 및 결정하기 위한 컴퓨터 시스템

2. 안전상의 장단점

(1) 장점

- * 자동화는 본래 인간의 육체노동을 감소시키는 것이며 작업자의 위험 영역에의 접근 기회를 감소시키고 유해 환경의 노동으로부터 작업자를 해방하기 때문에 안전상으로 또 노동복지상으로도 효과적이다.

(2) 단점

- * 복잡한 기능을 내장하는 자동기계는 인간의 예상에 반대로 움직이는 경우가 있다. 자동 기계의 운전중에 가동 구역 내에 들어갔을 때 절차나 보전작업을 하고 있어 별안간 자동기계가 움직이기 시작했을 때 등 많은 재해가 발생하고 있다.
- * 최근의 자동기계 및 자동기계 라인에는 안전상의 문제점으로서 다음 여러 점이 지적되고 있다.
 - ① 제어 소프트웨어화되었기 때문에 자동기계나 라인이 인간에게 무관하게 가동하는 등 그 움직임이 외관적으로 파악하기 어렵게 되었다.
 - ② 자동기계나 라인의 복잡화, 고도화에 의해 작업자의 이상 처리의 적응이 곤란하게 되었다.
 - ③ 자동기계나 라인은 전문 메이커에 의한 제품이 혼재하기 때문에 트러블이 생기기 쉽고, 안전대책이나 보전성이 확보되기 어렵다.
 - ④ 생산라인의 대형화화에 따라 정지에 의한 손실이 크기 때문에 작업자가 비상시에 라인정지를 걸기 어렵게 되었다.
 - ⑤ 이상 처리에 있어서 과정상 인간의 안전이 충분히 고려되어 있지 않다. 그것은 자동기계는 안전하다는 잘못된 생각 때문이기도 하다.

06 로봇의 재해를 방지하기 위해 교시작업 중 조작미스에 의한 동작의 이상 발견 시 작동되는 매니플레이터(Manipulator)의 속도를 규정함으로써 재해를 미연에 방지할 수 있다. 위험 시(매니플레이터 이상 작동에 의한 불의동작 발생 시) 안전거리(매니플레이터와 인간과의 거리)를 200mm로 유지시키도록 교시속도(mm/s)를 규정하시오. [단, 매니플레이터의 오버런(Over Run) 거리(정지스위치를 눌러 완전히 매니플레이터가 정지하기까지 발생하는 거리)는 실험 결과 다음의 값을 얻었다.

매니플레이터 속도(mm/s)	오버런(Over Run) 거리(mm)
10	2
20	3
30	4

단, 교시작업 중 오동작 발생 시 데드맨 스위치로 정지조작까지의 10회의 시간 측정 결과 스위치 조작의 딜레이 시간(Delay Time)은 다음 값을 얻었다.

스위치 딜레이 시간(sec) : 1.0. 1.0. 1.1, 1.0. 0.9. 0.95. 1.0. 0.95. 1.0. 1.05

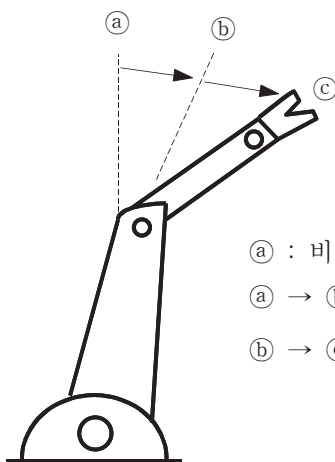
해설

1. 교시작업의 관련 정의

(1) 데드맨 스위치(Deadman Switch)

* 데드맨 스위치는 작업자의 안전을 위한 장치로 로봇의 교시 또는 프로그램의 스텝 실행 도중 작업자가 위험하다고 판단되거나, 사고가 난 경우 이 스위치를 때면 로봇은 즉시 실행을 멈추도록 하는 스위치이다.

(2) 오버런 거리



- Ⓐ : 비정상작업 발생시점
- Ⓐ → Ⓑ : L (스위치 OFF에 발생된 거리)
- Ⓑ → Ⓒ : L_0 (자체관성력에 의한 오버런 거리)

* Switch off로 이동된 total over run distance L_T 는

$$L_T = L + L_0 = v_T \times \Delta t + L_0 \dots\dots\dots (1)$$

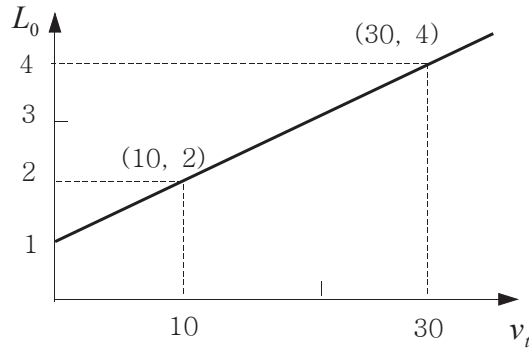
여기서, v_T : 교시(teaching)속도, Δt : 지연시간(delay time)

(3) 교시속도

* 교시동작속도에 따른 로봇 암의 over run distance 측정 결과는 다음과 같다.

매니플레이터 속도(v_T) (mm/s)	오버런(Over Run) 거리(L_0) (mm)
10	2
20	3
30	4

* 아래 그림에 의거하여 over run 거리 공식을 구하면



$$L_0 = cv_t + d \dots\dots\dots (2)$$

여기서, c : 기울기, d : 절편

* 위 그래프를 통해서 over run 거리 공식을 구하면

$$L_0 = 0.1v_t + 1 \dots\dots\dots (3)$$

* 따라서, Total over run distance : L_T

$$\begin{aligned} L_T &= L + L_0 = v_t \Delta t + (cv_t + d) \\ &= (\Delta t + c)v_t + d \dots\dots\dots (4) \\ &= (\Delta t + 0.1)v_t + 1 \end{aligned}$$

2. 문제의 교시속도 계산

* 식 (4)를 변형하면

$$v_t = \frac{L_T - d}{\Delta t + c} = \frac{200 - 1}{0.995 + 0.1} = 181.7 \text{ (mm/s)}$$

여기서, 문제에서 200mm 전방(안전거리)를 설정하고자 할 때 교시속도 v_t 를 구하는 것이므로, Δt : 딜레이 시간의 평균=0.995(sec) (문제에서 제시된 자료로부터 구함)

* 식 (3)에서 $c=0.1$, $d=1$ 이고, 확보거리가 200mm이므로 $L_T=200$ mm

롤러기

01 위험점으로부터 20cm 떨어진 위치에 방호울을 설치하고자 한다. 이때 방호울의 최대 구멍 크기가 얼마인지 계산하시오.

해설

* 개구부 크기는 $Y = 6 + 0.15X$ (단, $X < 160$ [mm])를 이용해서 계산한다.

* $Y = 6 + 0.15X = 6 + 0.15 \times 200 = 36$ [mm] 가 되나, $X \geq 160$ [mm] 인 경우에는 $Y = 30$ [mm] 로 한다.

교류 아크용접기

01 교류 아크용접기에 부착하는 자동전격 방지장치의 설치효과(목적)를 기술하시오.

해설 1999 59

○ 자동전격 방지장치의 설치 조건과 목적

1. 설치 조건

- ① 용접기 아크발생 중단시 전격방지기의 무부하전압 25V로 되기까지 1초이내라야 한다.
- ② 2차 무부하전압은 25V 이하이어야 한다.

2. 설치 목적

- ① 용접봉에 접촉되어 일어나는 감전의 방지
- ② 용접기의 2차측 배선(홀더측 배선)이나 홀더의 절연이 불량하였을 경우 이들에 접촉되어 일어나는 감전재해 방지

02 교류아크 용접기에 설치하는 자동전격방지 장치의 조건과 설치목적 2가지를 기술하십시오.

해설

1. 교류아크 용접기의 위험요인

(1) 감전사고 발생 환경

- * 교류아크 용접기에 의한 감전재해는 용접봉 홀더를 사용하여 수동용접을 행하는 경우에 주로 발생한다.

(2) 감전사고 발생요소

- ① 용접기의 불완전한 접지 ② 닳거나 손상된 전선과 용접홀더
- ③ 용접기 단자의 절연처리 불량 및 충전부 노출
- ④ 안전장갑의 절연상태 불량 또는 습윤상태

2. 자동전격방지기

(1) 설치조건

- ① 아크발생 중단으로 용접기 접점이 개(開, open)로 되어 용접기의 2차측 무부하전압이 전격방지기의 무부하전압(25V 이하)으로 될 때까지의 시간, 즉 지동시간(동작중지시간)은 1초 이내이어야 한다.
- ② 2차 무부하전압은 25V 이하이어야 한다.

1. 정의

* 바나듐 어택(Vanadium Attack)은 증유를 원료로 하는 보일러의 고온과열기, 재열기 등에서 볼 수 있고, 연료 속에 들어 있는 바나듐(V)의 용융점(650°C)에서 V_2O_5 의 산화물이 생기고, 관벽에 부착하여 산화가 가속되는 현상이다.

2. 방지책

- ① 내식재 사용(Al, Si 함유) ② 합금강 사용(Cr, Ni, Co, Si 등 포함)
 ③ V의 용점 아래인 온도 유지 ④ 설계온도 이하 유지 ⑤ 사전에 V성분 제거

공기압축기

01 공기압축기에 대해서 간단히 설명하고, 설치장소 선정 시 고려사항을 3가지 이상 쓰시오.

해설 (

1. 정의

* 압축기 중 공기를 압축하는 것이 공기압축기이고 산업안전보건법상의 정의는 공기의 사용을 위해 피스톤, 임펠러, 스크류 등에 의하여 공기를 필요한 압력으로 압축시켜 탱크에 저장하는 공기기계를 말하며, 산업안전보건법의 적용을 받는 공기압축기는 중기관리법의 적용을 받는 것을 제외하고 게이지압력 2kgf/cm^2 이상인 것으로 공기(압력)탱크의 내경이 200mm 이상 또는 길이가 1,000mm 이상으로서 동력에 의하여 구동되는 공기압축기에 한한다.

* 한편, 압축기의 정의로 제시되어 있는 KOSHA 기준도 있다. 압축기(Compressor)는 기체를 압축하고 압축 후의 압력이 압축전의 기체 압력의 2배 이상(압력비 2이상), 또는 압축 후의 토출압력이 약 $1 \times 10^5\text{Pa}$ 이상되는 유체기계이다(KOSHA Guide G-52-2017).

2. 설치장소 선정 시 고려사항

- ① 가능한 한 온도 및 습도가 낮은 곳에 설치하여 드레인 발생량을 적게 한다. 흡입 공기의 온도가 10°C 상승하면 압축기 효율은 통상 3~4% 저하된다.
- ② 유해가스, 유해물질이 적은 장소를 선정하여 설치하여야 한다. 만일 압축기의 흡입구에 신너, 알코올 등의 유해물질이 흡입되면 공압 기기 등의 실과 패킹류를 손상시켜 수명을 단축시키게 된다.
- ③ 빗물, 직사광선을 받지 않도록 하고 소음을 차단하기 위한 방음벽도 고려한다.
- ④ 공랭식 압축기는 압축기실에 팬을 설치하여 통풍시키고, 수냉식 압축기의 경우에는 펌프로 냉각수를 공급, 순환시켜 압축기 본체 및 후부냉각기(After Cooler) 등을 냉각시켜야 하며, 냉각수 입구와 출구의 온도차는 10°C 이하가 되도록 한다.

02 공기압축기의 작업 시작 전 점검사항과 운전 개시 및 운전 중 주의사항에 대하여 설명하시오.

해설

1. 작업시작 전 점검사항 (산기규 제35조 관련 별표 3)

- ① 공기저장 압력용기의 외관 상태
- ② 드레인밸브(drain valve)의 조작 및 배수
- ③ 압력방출장치의 기능
- ④ 언로드밸브(unloading valve)의 기능
- ⑤ 윤활유의 상태
- ⑥ 회전부의 덮개 또는 울
- ⑦ 그 밖의 연결 부위의 이상 유무

2. 운전 개시 시 주의사항

- ① 설치장소 위치, ② 벽과 60cm 간격, ③ 전압, ④ 윤활유 상태, ⑤ 회전방향 등에 유의하도록 한다.

3. 운전 중 주의사항

- * 압력, 온도, 소음, 드레인, 누설, 주변기기, 윤활, 잔압, 전류, 탱크압력, 필터 차압, 진동, 체결상태 등을 점검하고 이상이 발견시 적시에 조치되도록 한다.

03 압력용기에서의 내압시험을 설명하시오.

해설

○ 내압시험 (고압가스안전관리법- 내압시험)

시험방법	압력	지연시간(유지시간)
내압시험	수압시험 → 상용압력(설계압력)×1.5배 기압시험 → 상용압력(설계압력)×1.25배	5~20분
기밀시험	기압시험 → 상용압력 또는 0.7MPa 이상	최소 48분 이상 ~ 48분×Volume
<p>참고 : 상용압력=최고사용압력=설계압력</p> <p>$1\text{kgf}/\text{m}^2 = 9.8\text{N}/\text{m}^2 = 9.8\text{Pa}$, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$, $1\text{kgf} = 9.8\text{N}$</p> <p>$0.7\text{MPa} = 7\text{kgf}/\text{cm}^2 \text{ G}$</p> <p>$\therefore 0.7 \times 10^6\text{Pa} = 0.7 \times 10^6\text{N}/\text{m}^2 = 0.7 \times 10^2\text{N}/\text{cm}^2$</p> <p>$= \frac{0.7}{9.8} \times 10^2\text{kgf}/\text{cm}^2 \approx 7\text{kgf}/\text{cm}^2$</p>		

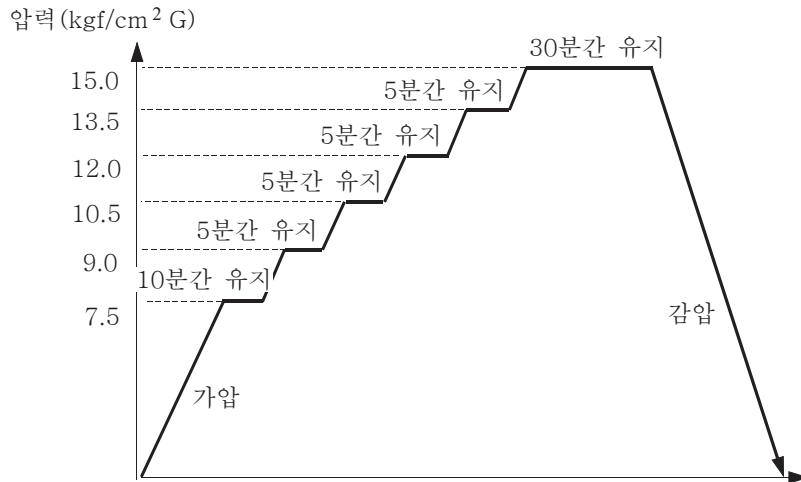
04 용량이 3m³, 설계압력이 10kgf/cm² 인 압력용기를 제작한 후 수압시험을 하고자 한다. 수압시험 시 가압과정을 그림으로 그려 설명하시오.

해설

1. 수압시험 절차

- ① 용기 전체를 물로 채운 다음 잔류공기를 제거하고 서서히 가압하여 시험압력까지 압력을 상승시킨 다음 압력을 유지하면서 용접부분을 포함하여 각 부분을 점검해서 국부적인 팽창 또는 누설되는 부분이 없는가를 확인한다.
- ② 압력유지시간은 시험압력(설계압력의 1.5배)에 도달한 다음 최소한 30분 이상 유지해야 한다.
- ③ 압력계는 최대눈금이 시험압력의 1.5배 이상 3배 이하의 것으로 2개를 사용한다.
- ④ 시험압력의 50%까지 서서히 가압하여 10분간 유지한 후 각 부분에 이상이 없음을 확인한 다음 10%씩 가압하여 각 단계별로 5분 이상 유지하면서 시험압력까지 상승시킨다.

2. 가압과정



- ① 시험압력(설계압력 \times 1.5=10 \times 1.5=15kgf/cm² G)의 50%(7.5kgf/cm² G)까지 서서히 가압한 후 10분 정도 압력을 유지한 후 각 부분에 이상이 없는지 확인한다.
- ② 10%씩(1.5kgf/cm² G) 가압한 후 5분 이상 압력을 유지한다.
- ③ 시험압력까지 가압하고 최소 30분 이상 압력을 유지한 후 각 부분에 이상이 없는지 확인한다.

05 압력용기 설계 시 설계압력과 최고사용압력을 비교·설명하십시오.

해설

1. 압력용기의 정의 (안전검사 고시, 고용노동부고시 제2020-43호, 제9조)

- ① “압력용기(pressure vessel)”란 용기의 내면 또는 외면에서 일정한 유체의 압력을 받는 밀폐된 용기를 말한다.
- ② “중압 압력용기”란 설계압력이 게이지 압력으로 0.2MPa(2kgf/cm² G)을 초과하는 화학공정 유체취급 용기와 설계압력이 게이지압력으로 1메가파스칼(MPa)을 초과하는 공기 또는 질소취급용기를 말하며, “고압 압력용기”란 그 밖의 용기를 말한다.
- ③ 압력용기의 “주요 구조부분”이란 동체, 경판 및 받침대(새들 및 스킵트 등) 등을 말한다.

2. 설계압력과 최고사용압력의 비교

(1) 설계압력(Design Pressure)

* 설계압력이란 제조자가 가스의 사용압력, 사용온도 등을 고려하여 정한 압력이다.

(2) 최고사용압력(Maximum Operating Pressure)

* 최고사용압력이란 사용상태에서의 최고의 압력을 말하며, 그 압력의 상한은 구조상 사용가능한 압력(설계압력)이다. 즉, 최고사용압력=사용압력=설계압력

감속기

01 중요하거나 대형인 기어 감속기는 여러 가지 상태감시 및 기록을 유지하여 경향관리를 한다. 감시 및 기록유지 항목에 대하여 설명하시오.

해설

1. 개요

* 고마력 또는 중요도가 높은 감속기는 윤활유의 온도 흐름 등의 상태감시 및 기록을 유지하여 경향관리를 실시한다.

2. 감시 및 기록유지 사항

(1) 윤활유 공급압력

- ① 윤활유 공급압력은 온도, 하중, 필터의 청결 상태 등에 따라 적정한 수준을 유지하여야 한다.
- ② 베어링의 마멸 또는 손상, 윤활 스프레이 노즐의 파손, 윤활 배관의 누출 등이 발생되면 윤활유 공급압력이 변화될 수 있다.

(2) 윤활유 온도와 레벨, 유분석

- ① 윤활유의 온도가 10°C 이상 증가되면 심각한 고장의 징후를 나타내는 신호이므로 즉시 정밀검사를 실시한다.
- ② 윤활유 레벨이 낮아지면 누유 등을 검사하고 보충한다.

(3) 베어링 온도

- ① 운전조건이 일정함에도 베어링의 온도가 증가되면 전체적인 열부하가 증가된 것이므로 정밀검사를 실시한다.
- ② 과부하, 변형, 축의 정렬 불량 등이 베어링의 열부하를 증가시키는 원인이 된다.

(4) 오일필터의 압력차

- ① 오일필터 전·후에 압력차가 큰 경우에는 오일필터를 점검하여 교체 등의 조치를 취하여야 한다.
- ② 필터의 고장원인은 필터 부품이 변형되었거나 윤활유가 오염되어 필터를 막은 경우 등이다.
- ③ 유분석으로 윤활유의 상태를 파악 및 조치한다.

(5) 진동

- ① 진동이 기준치를 초과하거나 심하게 변하는 경우에는 주파수 분석을 시행한다.
- ② 기어는 기어 간의 접촉으로 인하여 각 축의 운전속도에 대응하는 진동보다 높은 주파수의 진동이 발생된다.
- ③ 주파수 분석을 통하여 진동의 원인이 된 기어를 찾아 정밀검사를 실시한다.

(6) 소음

- ① 베어링이나 각 접동부의 마모로 인한 소음에 대한 조치를 실시한다.
- ② 설비정도 불량으로 인한 이상마모에 의한 운전 소음에 대한 조치를 실시한다.

사출성형기

01 수평사출성형기를 형체부, 성형부, 사출부로 나누어 각각에 대한 위험성과 필요한 방호장치에 대해 설명하시오.

해설

1. 정의

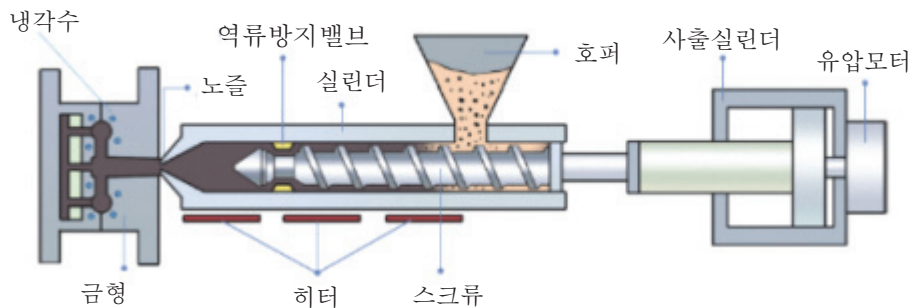
- * 사출성형기는 플라스틱, FRP, 고무 등의 재료를 투입하고 열을 가해 용융시킨 수지용융물을 금형에 주입하여 원하는 형상의 제품을 만들어 내는 기계이다.

* 사출성형기는 원료투입, 수지용융, 노즐, 성형의 과정을 거친다.

2. 사출성형기의 구조

* 사출성형기는 크게 4개로 구성된다,

- ① 형체기구 : 금형을 여닫는 기구, 금형체결 기구
- ② 성형기구 : 금형을 이용하여 제품을 만드는 기구
- ③ 사출기구 : 재료를 용융하여 일정량을 금형에 유입하는 기구(노즐 포함)
- ④ 관련 기구 : 구동장치, 제어장치, 주변 부속장치



3. 사출성형기의 위험요인

- ① 협착위험 : 왕복과 고정부분으로 조합에서 형성
- ② 화상위험 : 실린더 히터부, 노즐 분사 부위
- ③ 추락위험 : 호퍼가 상부에 위치하므로 투입중 위험
- ④ 끼임 및 감김 위험 : 금형작업 중
- ⑤ 넘어짐 재해 : 통로 불량
- ⑥ 중량물 낙하 : 금형 운반중
- ⑦ 충돌 재해 : 자동취출 로봇
- ⑧ 가전재해 : 가열용 배선 누전

4. 방호장치

- ① 추락방지장치 : 자동투입장치화, 통로, 작업발판, 안전난간
- ② 접촉방지장치 : 고열부 고정가드, 노즐부는 이동식 접촉방지 가드
- ③ 끼임방지장치 : 방호가드 ④ 감전방지 : 접지

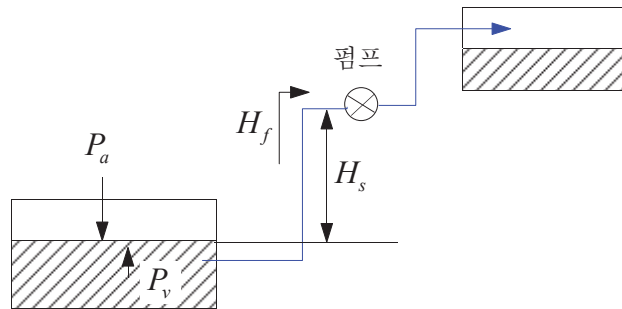
펌프

01 펌프의 순정흡입헤드(NPSH : Net Positive Suction Head)를 간략히 설명하시오.

해설

1. 개요

- * 펌프운전시 캐비테이션(공동현상)이 없이 펌프를 안전하게 운전하고 있는가의 척도로 $NPSH_a$ 와 $NPSH_r$ 값으로 분류할 수 있다. $NPSH_a$ 는 유효흡입수두, $NPSH_r$ 은 필요흡입수두이다.
- * 캐비테이션을 방지하기 위해서는 ' $NPSH_a > (NPSH_r \times 1.3)$ '이 되어야 한다.



2. $NPSH_a$ 값 산출

(1) 흡입측이 대기압을 받는 경우(대기압=760mmHg=1.0332kgf/cm²=10.332mAq)

- * 펌프수두가 흡수면보다 높은 경우 : $NPSH_a = P_a - H_s - H_f - P_v$
- * 펌프수두가 흡수면보다 낮은 경우 : $NPSH_a = P_a + H_s - H_f - P_v$

여기서, P_a : 대기압(10.332mAq)

H_s : 흡수면에서 임펠러 중심까지의 흡입양정

(흡입이면 -, 가압이면 +)

H_f : 흡입배관의 총손실수두

P_v : 사용액체의 포화증기압(사용액체의 온도 및 종류에 따라 결정)

예, 20°C 물의 포화증기압은 수두로 0.23mAq, 0.023kgf/cm²

(2) 흡입측이 밀폐된 수조인 경우

* P_a (대기압) 대신에 수조 및 탱크의 내압을 적용

3. $NPSH_r$ 값 산출

* $NPSH_r$ 값은 제작사 제시값, 실험법, 계산값 등이 쓰이나 실험법이 보다 정확한 방법이다.

* $NPSH_r$ 값이 7m인 경우의 의미 : 10-7=3m, 즉 지하 3m에 있는 물을 흡입할 수 있는 펌프를 의미

02 펌프(Pump)의 설계 순서를 설명하시오.

해설 2020 121

○ 펌프의 설계 순서

- ① 사용처 및 설비 능력 등 확인 ② 펌프 시방 결정(형식, 토출량)
- ③ 펌프의 크기 결정 (흡입구 안지름, 송출구 안지름)
- ③ 펌프 전양정 계산 ④ 펌프 소요동력의 결정 ⑤ 회전수의 선정
- ⑥ 임펠러 설계 ⑦ 임펠러의 축경 결정 ⑧ 베어링 선정

03 펌프 진동 원인을 1) 수력적, 2) 기계적 원인으로 5가지씩 분류하고, 저감 대책을 각각 설명하시오.

해설

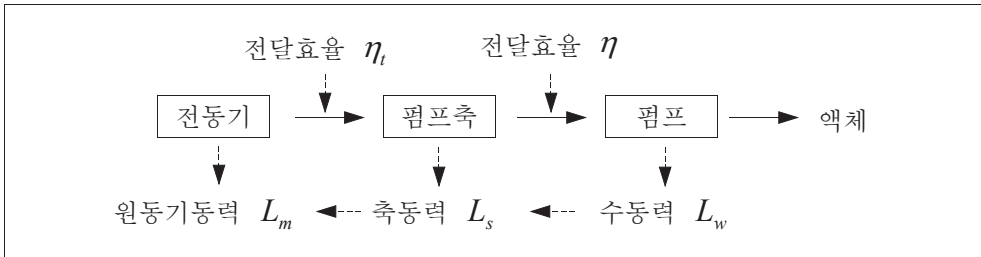
1. 펌프 진동의 일반적 원인과 대책

- ① 설치불량 → 펌프의 위치 수정과 재 Alignment
- ② 커플링의 불량 → 커플링의 고무 교체, 핀구멍의 조립 변경, V벨트 장력, 평행의 재조정

09 유량 $1\text{m}^3/\text{min}$, 전양정 25m인 원심펌프를 설계하고자 한다. 펌프의 축동력과 구동 전동기(Motor)의 동력을 구하시오. (단, 펌프의 전효율은 0.78, 유도전동기의 여유율 a 는 0.15, 전달효율은 0.95이다)

해설

○ (전동기 ↔ 펌프축 ↔ 펌프) 동력전달 계통



1. 수동력(L_w)

* 펌프에 의하여 액체에 공급되는 동력으로 유량을 Q [m^3/min], 전양정을 H [m], 액체의 비중량을 γ [kg/m^3]이라 할 때 수동력은 다음과 같다.

$$L_w = \frac{\gamma QH}{75 \times 60} [PS] = \frac{\gamma QH}{102 \times 60} [kW] \text{ 이므로}$$

[참고] $1\text{kW}=102\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{s}$, $1\text{PS}=75\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{s}$

$$L_w = \frac{\gamma QH}{102 \times 60} = \frac{1,000 \times 1 \times 25}{102 \times 60} = 4.08 [kW] \dots\dots\dots (1)$$

2. 축동력(L_s)

* 펌프를 운전하는 데 필요한 펌프축의 동력을 말하며 동력 전효율을 η 라 할 때

축동력은 $L_w = L_s \times \eta$, $\eta = \frac{L_w}{L_s}$ 이므로 L_s 는 다음과 같다.

$$L_s = \frac{L_w}{\eta} = \frac{4.08}{0.8} = 5.23 [kW] \dots\dots\dots (2)$$

3. 원동기 동력(L_m)

* 펌프축을 구동시키는 데 필요한 원동기 동력을 말하며, 축동력을 L_s , 여유율을

a , 전달효율을 η_t 라 하면 $L_s = L_m \times \frac{\eta_t}{1+a}$ 이므로, 원동기 동력은 다음과 같다

$$L_m = \frac{L_s(1+a)}{\eta_t} = \frac{5.2(1+0.15)}{0.95} = 6.33 [\text{kW}]$$

⑩ 양정 220m, 회전수 2,900rpm, 비속도(Specific Speed)가 176인 4단 원심펌프의 유량(m^3/min)을 구하고, 에어바인딩(Air Binding)현상에 대하여 설명하시오.

해설

1. 비속도(Specific Speed)

* 펌프의 비속도 N_s 는 임펠러의 상사성으로부터 유도된 것이며, 펌프의 특성 및 형식을 결정하는 데 이용된다.

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{\left(\frac{H}{n}\right)^{\frac{3}{4}}}$$

여기서, Q : 유량(m^3/min), H : 전양정(m), N : 회전수(rpm), n : 단수

2. 펌프의 유량 계산

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{\left(\frac{H}{n}\right)^{\frac{3}{4}}} \text{로부터}$$

$$Q = \frac{N_s^2}{N^2} \left(\frac{H}{n}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{176^2}{2,900^2} \left(\frac{220}{4}\right)^{\frac{3}{2}} = 1.5 [\text{m}^3 / \text{min}]$$

3. 에어바인딩 현상

- * 원심펌프에서 일어나는 현상으로 펌프 내에 공기가 차 있으면 공기의 밀도는 물의 밀도보다 작으므로 수두를 감소시켜 송액이 되지 않는다.
- * 따라서 펌프 작동 전 공기제거 또는 자동공기제거펌프를 사용해야 하는데, 자동공기제거펌프로는 자동유출펌프가 있다.

11 현장에서 기존에 사용하던 펌프의 임펠러(Impeller)의 바깥지름을 Cutting 하여 사용하는 것과 관련하여 아래 사항에 대하여 설명하시오.

- 1) 임펠러의 바깥지름을 cutting하여 사용하는 이유
- 2) 임펠러의 바깥지름을 cutting하여 임펠러의 지름이 달라진 경우 유량, 양정, 동력의 관계식
- 3) 과도하게 임펠러의 바깥지름을 Cutting할 경우 발생할 수 있는 악영향

해설

1. 임펠러의 바깥지름을 cutting하여 사용하는 이유

- ① 펌프성능이 현장 요구사항에 맞지 않고 수량 변동이 잦아 최적 양정 조건을 모색할 필요성 대두가 원인임
- ② 펌프 토출량 변동이 잦은 경우 펌프 회전수 변경이 가장 좋으나 변경화에 비용(추가설비
- ③ 인버터, 유체 커플링 등)의 발생이 되므로 임펠러 외경 가공을 통한 필요 양정에 맞도록 성능을 변경하고자 하는 것

2. 임펠러의 바깥지름을 cutting하여 임펠러의 지름이 달라진 경우 유량, 양정, 동력의 관계식

$$\text{유량 } Q' = Q \times \left(\frac{D'}{D}\right)^m \quad \text{양정 } H' = H \times \left(\frac{D'}{D}\right)^n$$

$$\text{동력 } L' = L \times \left(\frac{D'}{D}\right)^{m+n}$$

여기서, N_s (비속도)가 작으면 $m = 2, n = 2$ 에 근접함

N_s (비속도)가 크면 $m < 2, n > 2$ 의 경향이 있음

$$\text{단, } N_s(\text{비속도}) = \frac{N\sqrt{Q}}{(H/n)^{3/4}}$$

여기서, n : 펌프 단수, N : 회전수(rpm)

Q : 양수량(m^3 / min), H : 전양정(m)

3. 과도하게 임펠러의 바깥지름을 Cutting할 경우 발생될 수 있는 악영향

- ① 5% 이상 컷팅시 : 수력손실 증가, 캐비테이션(공동현상)에 의한 침식 발생
- ② 5% 이내 컷팅시 : 볼류트 케이스(와류실) 형상과 크기에 따라 제약점 검토 필요

전동기

01 전동기에서 이상진동 및 소음발생 시 점검항목을 기술하시오.

해설

1. 전동기의 이상진동 원인 및 점검항목

진동 원인	점검 항목
냉각팬 이상	이물 확인, 조립부 체결상태
커플링 불평형	커플링체결 부품 이상 여부
벨트 장력 부적절	늘어남 여부, 노후화
기초볼트 이완	이완 여부, 과도한 부식 여부
베어링 이상마모	윤활상태, 과열, 진동
축 손상	떨림, 전달계통 이완 여부, 베어링 상태
베어링 카버 조립불량	체결부품 상태
과부하운전	공정이상 유무, 설비이상 유무
회전기계(예, 감속기 등) 이상 진동의 전파	체결부 풀림, 마찰부 이상마모, 윤활상태
설치다이(기초) 불량	체결부품 이완, 고착, 부식 등

2. 전동기의 소음발생 원인 및 점검항목

진동 원인	점검 항목
베어링 용착, 과마모	운할상태, 설치상태, 체결상태
축정렬 불량(센터링 불량)	조립부 이상마모, 운할상태
커플링 단차·불평형	커플링 조립부품 이상마모, 노후화, 이완
베어링 커버 조립불량	체결부 이완
그리스량 부족	그리스 운할상태, 그리스 상태
과부하 운전	공정 트러블 유무, 설비 이상
냉각팬 손상	이물유무, 부품 손상, 체결상태
브러시 손상	이상마모, 설비상태
기초볼트 이완	체결부 이완, 고착, 부식
회전기계 이상 여파(감속기, 펌프 등)	과열, 소음, 진동, 운할상태
습동부 이상마모	과하중, 운할상태, 진동, 소음, 설치상태

1.5 양중기의 안전

양중기의 안전

01 양중기의 종류에 대해 기술하고 공통적으로 설치되는 방호장치는 무엇인가?

해설

1. 양중기의 종류 (산기규 제132조)

- ① 양중기란 다음 각 호의 기계를 말한다.
- ㉠ 크레인[호이스트(hoist)를 포함한다] ㉡ 이동식 크레인
 - ㉢ 리프트(이삿짐운반용 리프트의 경우에는 적재하중이 0.1톤 이상인 것으로 한정한다)
 - ㉣ 곤돌라 ㉤ 승강기
- ② 제1항 각 호의 기계의 뜻은 다음 각 호와 같다.
- ㉠ “크레인”이란 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회를 말한다)로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계 또는 기계장치를 말하며, “호이스트”란 훅이나 그 밖의 달기구 등을 사용하여 화물을 권상 및 횡행 또는 권상동작만을 하여 양중하는 것을 말한다.
 - ㉡ “이동식 크레인”이란 원동기를 내장하고 있는 것으로서 불특정 장소에 스스로 이동할 수 있는 크레인으로 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회를 말한다)로 운반하는 설비로서 「건설기계관리법」을 적용 받는 기중기 또는 「자동차관리법」에 따른 화물·특수자동차의 작업부에 탑재하여 화물운반 등에 사용하는 기계 또는 기계장치를 말한다.
 - ㉢ “리프트”란 동력을 사용하여 사람이나 화물을 운반하는 것을 목적으로 하는 기계설비로서 다음 각 목의 것을 말한다.
 - ㉠ 건설용 리프트: 동력을 사용하여 가이드레일(운반구를 지지하여 상승 및 하강 동작을 안내하는 레일)을 따라 상하로 움직이는 운반구를 매달아 사람이나 화물을 운반할 수 있는 설비 또는 이와 유사한 구조 및 성능을 가진 것으로 건설현장에서 사용하는 것

- ㉔ 산업용 리프트: 동력을 사용하여 가이드레일을 따라 상하로 움직이는 운반구를 매달아 화물을 운반할 수 있는 설비 또는 이와 유사한 구조 및 성능을 가진 것으로 건설현장 외의 장소에서 사용하는 것
- ㉕ 자동차정비용 리프트: 동력을 사용하여 가이드레일을 따라 움직이는 지지대로 자동차 등을 일정한 높이로 올리거나 내리는 구조의 리프트로서 자동차 정비에 사용하는 것
- ㉖ 이삿짐운반용 리프트: 연장 및 축소가 가능하고 끝단을 건축물 등에 지지하는 구조의 사다리형 붐에 따라 동력을 사용하여 움직이는 운반구를 매달아 화물을 운반하는 설비로서 화물자동차 등 차량 위에 탑재하여 이삿짐 운반 등에 사용하는 것
- ㉗ “곤돌라”란 달기발판 또는 운반구, 승강장치, 그 밖의 장치 및 이들에 부속된 기계부품에 의하여 구성되고, 와이어로프 또는 달기강선에 의하여 달기발판 또는 운반구가 전용 승강장치에 의하여 오르내리는 설비를 말한다.
- ㉘ “승강기”란 건축물이나 고정된 시설물에 설치되어 일정한 경로에 따라 사람이나 화물을 승강장으로 옮기는 데에 사용되는 설비로서 다음의 것을 말한다.
 - ㉙ 승객용 엘리베이터: 사람의 운송에 적합하게 제조·설치된 엘리베이터
 - ㉚ 승객화물용 엘리베이터: 사람의 운송과 화물 운반을 겸용하는데 적합하게 제조·설치된 엘리베이터
 - ㉛ 화물용 엘리베이터: 화물 운반에 적합하게 제조·설치된 엘리베이터로서 조작자 또는 화물취급자 1명은 탑승할 수 있는 것(적재용량이 300kg 미만인 것은 제외한다)
 - ㉜ 소형화물용 엘리베이터: 음식물이나 서적 등 소형 화물의 운반에 적합하게 제조·설치된 엘리베이터로서 사람의 탑승이 금지된 것
 - ㉝ 에스컬레이터: 일정한 경사로 또는 수평로를 따라 위·아래 또는 옆으로 움직이는 디딤판을 통해 사람이나 화물을 승강장으로 운송시키는 설비

2. 양중기 방호장치의 조정 (산기규 제134조)

- ① 사업주는 다음 각 호의 양중기에 과부하방지장치, 권과방지장치, 비상정지장치 및 제동장치, 그 밖의 방호장치[(승강기의 파이널 리미트 스위치(final limit switch), 속도조절기, 출입문 인터 록(inter lock) 등을 말한다]가 정상적으로 작동될 수 있도록 미리 조정해 두어야 한다.

- ㉠ 크레인 ㉡ 이동식 크레인 ㉢ 리프트 ㉣ 곤돌라 ㉤ 승강기
- ② 양중기에 대한 권과방지장치는 혹·버킷 등 달기구의 윗면(그 달기구에 권상용 도르래가 설치된 경우에는 권상용 도르래의 윗면)이 드럼, 상부 도르래, 트롤리프레임 등 권상장치의 아랫면과 접촉할 우려가 있는 경우에 그 간격이 0.25m 이상(직동식 권과방지장치는 0.05m 이상으로 한다)이 되도록 조정하여야 한다.
- ③ 권과방지장치를 설치하지 않은 크레인에 대해서는 권상용 와이어로프에 위험표시를 하고 경보장치를 설치하는 등 권상용 와이어로프가 지나치게 감겨서 근로자가 위험해질 상황을 방지하기 위한 조치를 하여야 한다.

02 크레인 등의 양중기에 사용하는 정지용 브레이크 3종류와 속도제어용 브레이크 2종류를 쓰고 구조 및 장단점을 표로 만들어 작성하시오.

해설

1. 개요

- * 브레이크는 전동기의 감속이나 기계의 구속 등 제어에 있어서 없어서는 안 될 보조기로서 전동기 자체의 제동작용과 병용하여 사용된다.
- * 크레인의 정지용 브레이크로서는 전자브레이크, 전동유압 압상기 브레이크, 밴드브레이크 등이 있으며, 속도제어용으로는 기계브레이크, 전동유압 압상기 브레이크, 와류브레이크 등이 있다.

2. 양중기용 브레이크 종류

(1) 정지용 브레이크

1) 전자브레이크(Magnet Brake)

- * 전자석과 링크기구 및 스프링으로 구성되어 있으며 브레이크 휠의 양측을 브레이크 라이닝으로 조여 붙여서 제동한다.
- * 전자석의 전원을 교류로 사용하는 것을 교류 전자브레이크, 직류로 사용하는 것을 직류 전자브레이크라 한다.
- * 전동기에 전류가 통함과 동시에 전자석에도 급전되어 제동력이 해제된다. 한편 정전 등으로 전류가 모터와 전자석에 공급되던 전류가 차단되는 즉시 스프링의 제동력에 의해 제동을 시켜 하중을 그 위치에서 안전하게 지지하는 브레이크로서 주로 권상용으로 사용한다.

- ③ 아이 스플라이스(eye splice) : 로프의 단말을 링 형태로 가공하는 방법으로 주로 슬링 로프에 이용한다.



- ④ 웨지 : 썸끼의 일종으로 썸끼에 로프를 감아 케이스에 밀어 넣어 결속하는 방법이다.



- ⑤ 클립 : 가장 많이 사용되는 방법이다. 클립 결속이 정확하지 않으면 극단적으로 효율이 저하된다. 클립 간격은 로프 직경의 6배 이상, 클립 수량은 최소 4개 이상이어야 한다.



06 다음 각 번호에 대한 와이어로프 기호를 설명하시오.

6 × Fi(24) × IWRC B종 20mm

해설

- ① 6 : 스트랜드의 수가 6개라는 의미이다.
- ② Fi(24) : 스트랜드의 형태가 필러형이고, 스트랜드를 구성하는 소선의 개수가 24개라는 의미이다.
- ③ IWRC : Independent Wire Rope Core의 두문자이고 심강이 와이어로프로 된 것을 의미한다. 각종 건설기계, 기중기 등 과단력이 높은 로프가 요구되는 곳에 사용된다.
- ④ B종 : 와이어로프의 인장강도가 150kgf/mm² 인 종을 의미한다.
- ⑤ 20mm : 와이어로프 직경을 의미한다.

07 와이어로프의 보통꼬임과 랭꼬임을 설명하고, 그 특성을 설명하시오.

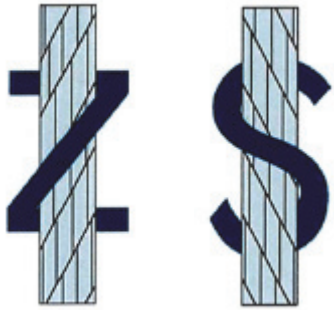

해설 2009 87

1. 와이어로프 개요

* 와이어로프(wire rope), 또는 쇠파줄은 강철 철사(소선)를 여러 겹 합쳐 꼬아 만든 밧줄이다. 심재[心材, 코어(core)] 둘레로 스트랜드(strand)를 꼬아 만든 구조로 되어 있고, 스트랜드는 수많은 철선(wire)을 꼬아 만든다.



2. 와이어로프 꼬임

구분	보통꼬임	랭꼬임
개념	스트랜드의 꼬임 방향과 로프의 꼬임 방향이 반대	스트랜드의 꼬임 방향과 로프의 꼬임방향이 동일
특징	1. 소선의 외부길이가 짧아 쉽게 마모 2. 킁크가 잘 생기지 않으며 로프자체 변형이 적음 3. 하중에 대한 큰 저항성 4. 선박, 육상 등에 많이 사용되며, 취급이 용이	1. 소선과 외부의 접촉길이가 보통꼬임에 비해 길다 2. 꼬임이 풀리기 쉽고, 킁크가 생기기 쉽다 3. 내마모성, 유연성, 내피로성이 우수
형상	 <p>보통Z꼬임 보통S꼬임</p>	 <p>랭Z꼬임 랭S꼬임</p>

여기서, 동하중에 의한 장력 = $ma = \frac{W}{g} \times a = \frac{4,500}{9.8} \times 1.8 = 826.5 [kgf]$

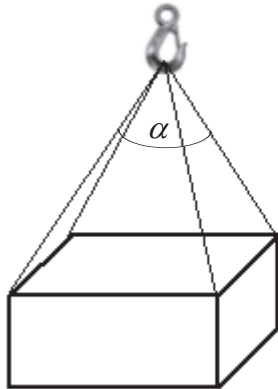
정하중에 의한 장력 = $mg = 4,500 [kgf]$

* $\sigma_u = \frac{F_u}{A} \rightarrow A = \frac{F_u}{\sigma_u} = \frac{F \times S}{\sigma_a \times S} = \frac{5,326.5 \times 10}{60 \times 10} = 8.8775 [mm^2]$

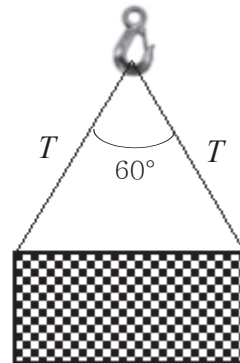
[참고] 총하중 = 정하중 + 동하중 = $m + \frac{m}{g}a$ (단위 : kg)

장력 $F = \text{총하중} \times g = (m + \frac{m}{g}a) \times g = mg + ma$ (단위 : kgf 혹은 N)

16) 다음과 같이 4분의 와이어로프를 이용하여 정사각형의 화물 상단 모서리에 연결하여 들어 올리고 있다. 각각의 슬링로프에 최대 작용시킬 수 있는 하중이 2ton일 경우 최대 들어 올릴 수 있는 화물의 하중을 구하시오.



(a) 4분의 와이어로프 연결



(b) 2분의 와이어로프 연결

해설

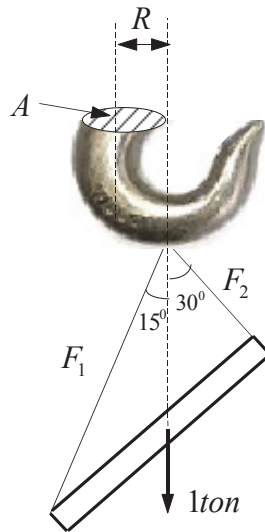
* 그림 (a)에서 4분의 와이어로프 연결을 그림 (b) 2분의 와이어로프 연결로 단순화시키고 각도 $\alpha = 60^\circ$ 라 가정할 때, 이로부터 4분일 때의 하중을 계산할 수 있다.

* 화물하중 $W = T \cos 30^\circ \times 4 = 2 \times 0.866 \times 4 = 6.93 [ton]$

17) 다음과 같이 후크로 경사진 화물을 들어 올리고 있다. 슬링로프 2본과 화물과 이루는 각은 그림과 같다. 다음의 각 물음에 답하시오.

- 1) 각각의 슬링로프에 작용하는 인장하중 F_1, F_2 를 구하시오.
- 2) 후크로 들어 올리는 작업의 안전성을 평가하시오. (단, 후크 단면 A의 허용 응력은 $0.2\text{ton}/\text{cm}^2$, A의 단면의 직경 $d=100\text{mm}$, $R=100\text{mm}$, A 단면의

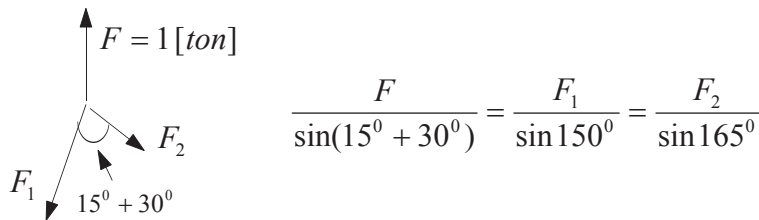
단면계수는 $Z = \frac{\pi d^3}{32}$ 이다.)



해설

1. 각각의 슬링로프에 작용하는 인장하중 F_1, F_2 를 구하시오

* 슬링로프에 작용하는 인장하중을 구하기 위해 자유물체도(FBD)로 정리후 라미의 정리(또는 사인법칙)에 의거 구한다.



여기에서, $\sin 150^\circ$ 은 $\sin[360^\circ - (45^\circ + 165^\circ)] = \sin 150^\circ$

$\sin 165^\circ$ 는 $\sin(180 - 15) = \sin 165^\circ$ 로 얻어진 것임

$$F_1 = \frac{F \times \sin 150^\circ}{\sin 45^\circ} = 0.714 \text{ [ton]} \quad F_2 = \frac{F \times \sin 165^\circ}{\sin 45^\circ} = 0.366 \text{ [ton]}$$

2. 후크로 들어 올리는 작업의 안전성을 평가하시오.

* 후크에 작용하는 굽힘모멘트를 구하면

$$M = \sigma_b Z \rightarrow \sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{F \times R}{Z} = \frac{1 \times 10}{\pi \times 10^3 / 32} = 0.102 \text{ [ton/cm}^2 \text{]}$$

* 후크 단면 A의 허용응력이 0.2ton/cm² > 0.102ton/cm² 이므로 안전하다.

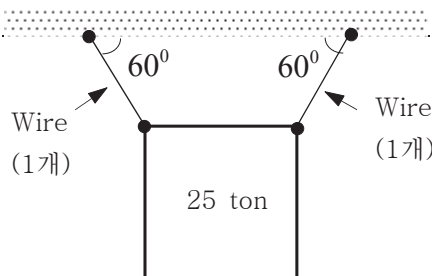
18 양중기의 와이어로프의 절단방법에서 주의할 점은? (산업안전보건기준에 관한 규칙을 중심으로)

해설

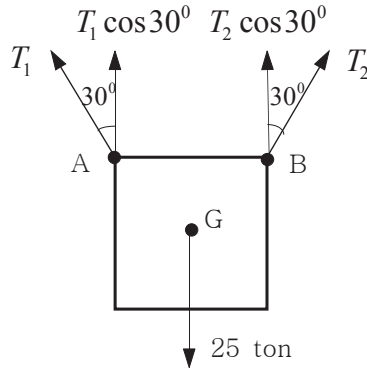
○ 와이어로프의 절단방법(산기규 제165조)에서 주의할 점으로서,

- ① 사업주는 와이어로프를 절단하여 양중작업 용구를 제작하는 때에는 반드시 기계적인 방법에 의하여 절단하여야 하며 가스용단 등 열에 의한 방법으로 절단하여서는 안 된다.
- ② 사업주는 아크·화염·고온부 접촉 등으로 인하여 열영향을 받은 와이어로프를 사용해서는 안 된다.

19 두 개의 Wire(혹은 환봉)로 지탱되는 하중이 25ton이다(자중무시). Wire의 극한강도(인장강도)를 16kgf/mm² 이라 할 때, 안전계수를 5로 고려한다면 다음 그림에 필요한 Wire의 최소직경은 몇 mm인가?



해설



$$T_1 \cos 30^\circ + T_2 \cos 30^\circ = T \cos 30^\circ \times 2 = 25 \rightarrow T = 14.43 [ton] = 14,430 [kg]$$

여기서, $T_1 = T_2 = T$ 로 보고 계산이 가능

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{S} = \frac{16}{5} = \frac{14,430}{\frac{\pi d^2}{4}} \rightarrow d^2 = \frac{14,430}{\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{16}{5}\right)} 5,744.43 \rightarrow d = 75.79 [mm]$$

크레인

01 크레인에 적용될 수 있는 안전장치의 예를 5가지 이상 들고 간략하게 설명하시오.

해설

1. 크레인의 정의

- ① “크레인”이란 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또는 선회를 말한다)로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계 또는 기계장치를 말하며, “호이스트”란 혹은 그 밖의 달기구 등을 사용하여 화물을 권상 및 횡행 또는 권상동작만을 하여 양중하는 것을 말한다.
- ② “이동식 크레인”이란 원동기를 내장하고 있는 것으로서 불특정 장소에 스스로 이동할 수 있는 크레인으로 동력을 사용하여 중량물을 매달아 상하 및 좌우(수평 또