

기계안전



국가연구안전관리본부
National Research Safety Headquarters

CONTENTS

1. 기계안전 기본
2. 기계안전 일반 수칙
3. 연구실 기계의 위험요인 및 방호장치
4. 기계별 위험요소 및 안전관리
5. 사고사례



기계안전

1. 기계안전 기본



연구실 사용 기계·공구의 종류

1. 공구

- 수공구-해머, 정, 펜치(pincers), 렌치, 드라이버, 스패너, 리머, 탭 등 외부 동력 없이 사용하는 공구
- 동력공구-드릴, 동력톱, 전동드라이버 등 동력을 이용하여 사용하는 공구

2. 공작/가공기계

- 프레스, 절삭기(선반, 밀링 등), 연삭기(그라인더) 등 재료를 가공·성형하기 위한 기계
- 산업현장에서도 많이 이용되며 사고 발생 시 피해가 큼

3. 시험·분석장비

- 시험품의 성능 측정을 위하여 이용하는 장비로 완제품을 구매하는 경우도 있으나 연구실에서 직접 설계하여 사용
- 회전기계-펌프, 압축기 등
- 고정기계-압력용기, 열교환기, 밸브 등 기계 자체의 작동이 없는 기계

4. 기타

- 광학기계-레이저나 IR 광원을 이용하여 측정, 가공 등 작업 수행
- 운반용 기계-리프트, 천장크레인 등

연구실 기계 사고의 주 원인

1. 기계 자체가 실험용, 개발용으로 제작되어 안전성이 떨어짐
2. 기계의 사용 방식이 자주 바뀌거나 사용하는 시간이 짧음
3. 기계의 사용자가 경험과 기술이 부족한 학생임
4. 기계의 담당자가 자주 바뀌어 기술 축적이 어려움
5. 연구실 환경이 복잡하며 여러 가지 기계가 한곳에 보관됨
6. 기계 자체의 결함으로 인해 사고가 발생할 수 있음
7. 방호장치의 고장, 미설치 등으로 인해 사고가 발생할 수 있음
8. 보호구를 착용하지 않고 설비를 사용하여 사고가 발생할 수 있음

기계안전

2. 기계안전 일반 수칙



연구실 기계안전 일반 수칙

1. 혼자 실험하지 않을 것
2. 기계를 작동시킨 채 자리를 비우지 않을 것
3. 안전한 사용법 및 안전관리 매뉴얼을 숙지한 후 사용해야 함
4. 보호구를 올바르게 착용
5. 기계에 적합한 방호장치가 설치되어 있고 작동이 유효한지 확인
6. 기계에 이상이 없는지 수시로 확인
7. 기계, 공구 등을 제조 당시의 목적 외의 용도로 사용해서는 안됨
8. 피곤할 때는 휴식을 취하며 바른 작업자세로 주기적인 스트레칭 실시
9. 실험 전 안전 점검, 실험 후 정리 정돈 실시
10. 안전 통로 확보

수공구 안전수칙

1. 수공구는 사용 전에 깨끗이 청소하고 점검한 다음 사용
2. 정과 끌 같은 기구는 때리는 부분이 버섯모양 같이 되면 교체
3. 자루가 망가지거나 헐거우면 바꾸어 끼우도록 함
4. 수공구는 사용 후 반드시 전용 보관함에 보관
5. 끝이 예리한 수공구는 덮개나 칼집에 넣어 보관 이동
6. 파편이 튈 위험이 있는 실험에는 보안경 착용
7. 망치 등으로 때려서 사용하는 수공구는 손으로 수공구를 잡지 말고 고정할 수 있는 도구 사용
8. 각 수공구는 일정한 용도 이외에는 사용하지 않도록 함
9. 수공구를 던지지 않음

동력 공구 안전수칙

1. 동력 공구는 사용 전에 깨끗이 청소하고 점검한 다음 사용
2. 실험에 적합한 동력 공구를 사용하고 사용하기 적당한 상태 유지
3. 전기로 동력 공구를 사용할 때에는 누전차단기에 접속하여 사용
4. 스파크 등이 발생할 수 있는 실험 시에는 주변의 인화성 물질을 제거한 후 실험
5. 전선의 피복이 손상된 부분이 없는지 사용 전 확인
6. 철제 외함 구조로 된 동력 공구 사용 시 손으로 잡는 부분은 절연 조치를 하고 사용하거나 이중절연구조로 된 동력 공구 사용
7. 동력 공구를 착용한 채로 이동하지 않음
8. 동력 공구 사용자는 보안경, 장갑 등 개인보호구를 반드시 착용
9. 동력 공구는 사용 후 반드시 지정된 장소에 보관
10. 사용할 수 없는 동력 공구는 꼬리표를 부착하고 수리된 후 사용

보호구 착용

보호구는 사고가 발생하였을 경우 피해를 최소화하기 위한 것이며, 보호구를 올바르게 사용하지 않을 경우 오히려 사고에 노출될 위험이 커지므로 올바른 착용법을 숙지하고 반드시 착용

안전모



- 높은 곳에서 떨어짐 및 물체의 떨어짐으로부터 머리를 보호
- 안전모 착용 시 반드시 턱끈을 바르게 사용
- 자기 머리 크기에 맞도록 내피를 조정하여 사용
- 충격을 받은 안전모나 변형된 것은 폐기

안전화



- 물체의 떨어짐 및 찰림으로부터 발을 보호
- 자신의 발 사이즈에 맞는 사이즈를 착용
- 일반 등산화 등 앞측에 토크캡이 없는 것은 안전화의 역할을 하지 못함
- 안전화 뒤축을 구부려 착용하지 않음
- 실험복 바지 하단은 각반을 사용하여 날림 방지

보안경



- 유해물질 및 유해 광선으로부터 눈 보호
- 보안경 렌즈에 상처가 많은 것은 사용하지 않음

안전대



- 높은 곳에서 떨어짐으로부터 신체 보호
- 높은 곳에서 실험시에는 반드시 안전대를 착용하고 체결
- 실험 전에 후크 작동 및 구멍줄의 상태 확인
- 후크는 이동시에도 벗기지 않고 이동

정리정돈과 안전보건

연구실의 정리 정돈 상태가 불량하면 연구실 전체에 불안정한 상태가 발생하여 불안정한 행동이 되기 쉬우며 화재 등 다양한 사고가 발생하기 쉬움

1. 연구실 환경

- 정리·정돈·청소 상태가 불량하면 질병 초래

2. 유해위험물질

- 유해가스·유기용제 등을 사용하는 장소에서는 착각·오조작, 용기의 넘어짐, 파손 등에 의하여 내용물의 유출, 증발하여 화재, 폭발 등 사고 초래

3. 기계 설비의 고장과 트러블

- 정리·정돈·청소가 불량하면 찌꺼기, 쓰레기, 먼지 때문에 기계 설비가 마모되어 정밀도가 저하되며 수명이 짧아지고 고장·트러블 발생

4. 불명확한 표지, 표시와 사고

- 정리·정돈·청소의 불량은 안전 보건, 사고 예방 관계의 표지 또는 표시, 기계의 조작 계통의 표시 등을 식별하기 어렵게 하며 불안정한 상태, 오조작, 오판단을 초래하기 쉬우므로 중대한 사고와 재해의 원인이 됨

기계설비의 정리 정돈

1. 날 끝의 주변

- 수공구, 계측기, 재료나 도구류 등을 날 끝에 가깝고 불안전하게 놓아두는 것은 위험함

2. 구동부의 주변

- 치공구나 계측기, 재료 등을 넣어두는 서랍장이나 작업대 등을 구동부에 접근시켜 불안전한 상태로 방치하는 것은 위험함

3. 연구활동종사자의 주위와 바닥 위

- 연구활동종사자의 주위나 작업대는 정리·정돈·청소상태가 불량하기 쉬우며 원자재나 치공구, 연장코드, 호스, 실험용구 등이 불안전한 상태에 놓일 때가 많음

4. 기계와 그 근처의 장소

- 기계는 더러워지기 쉽고 절삭유, 절삭부에서 발생하는 흙, 기름 누출, 누수 등으로 기계 자체가 더러워지며 주위가 지저분하게 됨

사고 시 대처요령

1. 사고가 발생한 기계 기구, 설비 등의 운전을 중지
2. 사고자를 구출
3. 사고자에 대하여 응급처치(지혈, 인공호흡 등)를 하고, 즉시 병원으로 이송
4. 병원 등 기타 관계자에게 연락하고 보고
5. 폭발이나 화재의 경우에는 소화 활동을 개시함과 동시에 2차 재해의 확산 방지에 노력하고 현장에서 다른 연구활동종사자를 대피
6. 사고원인 조사에 대비하여 현장을 보존
7. 다른 연구활동종사자를 진정시킴



기계안전

3. 연구실 기계의 위험요인 및 방호장치



연구실 기계의 위험요인

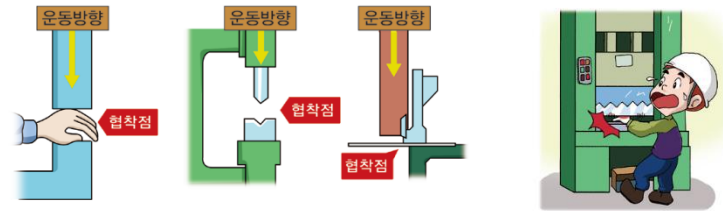
1. 기계는 운동하고 있는 *작업점(Operational point)을 가지고 있음
2. 기계의 작업점은 큰 힘을 가지고 있음
3. 기계는 동력을 전달하는 부분이 있음
4. 기계의 부품 고장은 반드시 일어남

*작업점 : 공작물 가공을 위해 공구가 회전운동이나 왕복운동을 함으로써 이루어지는 지점(위험점)

대표적인 6가지 위험점

1. 감김·끼임점

- 왕복운동을 하는 동작부분과 움직이지 않는 고정부분 사이에서 형성되는 위험점



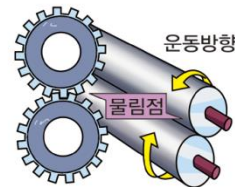
2. 끼임점

- 고정부분과 회전하는 동작부분이 함께 만드는 위험점으로 연삭숫돌과 덮개, 교반기의 날개와 하우징, 프레임에서 암(arm)의 요동 운동을 하는 기계 부분 등이 있음

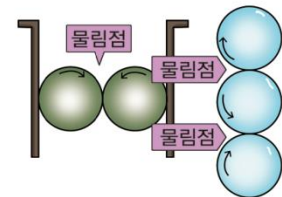


3. 물림점

- 회전하는 두 개의 회전체에는 물려 들어가는 위험점이 있다. 위험점이 발생하는 조건은 회전체가 서로 반대 방향으로 맞물려 회전되어야 함



[물림위치]



[물림점 예시]

4. 접선물림점

- 회전하는 부분의 접선방향으로 물려 들어갈 위험이 존재하는 위험점



[접선물림위치]

[접선 물림점 예시]

5. 절단점

- 고정부분과 운동부분이 만드는 위험점이 아니고 회전하는 운동부분 자체의 위험이나 운동하는 기계부분 자체의 위험에서 초래되는 위험점



[절단위치]

[절단점 예시]

6. 회전말림점

- 회전하는 물체에 실험복 등이 말려드는 위험이 존재하는 위험점



[회전말림위치]

[회전 말림점 예시]

방호장치의 기본 원리와 분류

- 기계 기구를 사용할 경우 상해를 입힐 우려가 있는 부분으로부터 사용자를 보호하기 위해 일시적 또는 영구적으로 설치하는 기계적 안전 장치로 제거, 설치, 조정 및 정비가 가능해야 하고 성능이 정확해야 함

방호장치의 일반 원칙

1. 작업의 편의성

- 방호장치로 인한 실험에 방해가 되어서는 안되며 실험에 방해가 된다는 것은 불안정한 행동의 원인을 제공하는 결과 초래

2. 작업점 방호

- 방호장치는 사용자를 위험으로부터 보호하기 위한 것이므로 위험한 작업 부분이 완전히 방호되어야 함

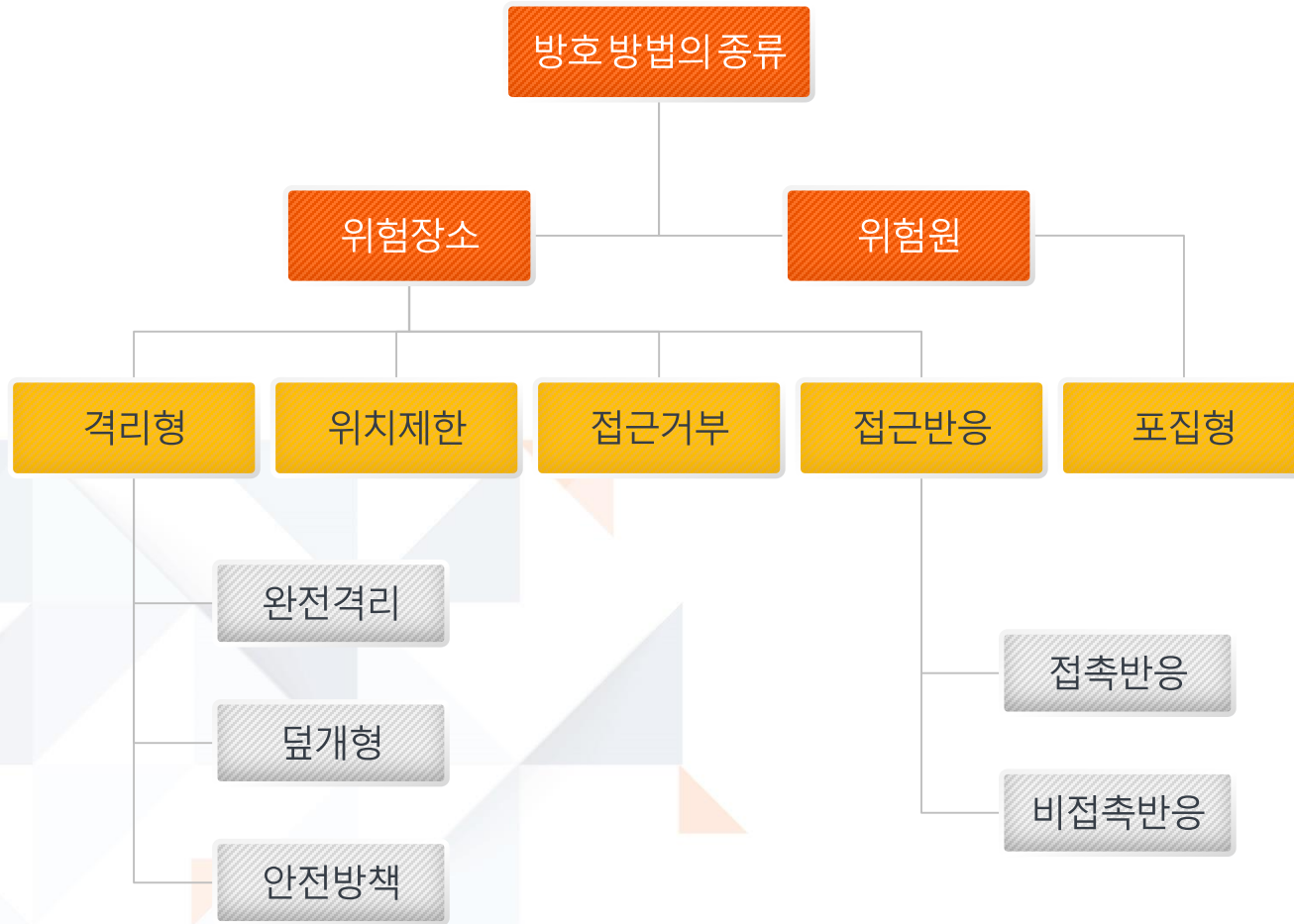
3. 외관상 안전화

- 외관상으로 불안전하게 설치되어있는 기계의 모습은 사용자에게 심리적인 불안감을 줌으로서 불안정한 행동을 유발하게 되므로 외관상 안전화 유지

4. 기계성과 특성의 보장

- 방호장치는 해당 기계의 특성에 적합하지 않거나 성능이 보장되지 않으면 기능을 발휘하지 못하게 됨

방호장치의 분류



방호방법에 따른 방호장치의 종류

1. 격리형 방호장치

- 사용자를 작업점에 접촉되어 재해를 당하지 않도록 기계설비 외부에 차단 벽이나 방호망을 설치하여 사용하는 방식



〈완전차단형〉



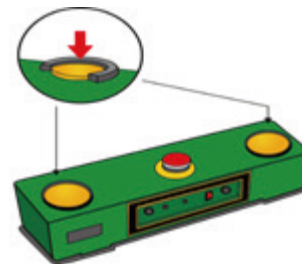
〈안전방책(울)〉

2. 위치 제한형 방호장치

- 사용자의 신체부위가 의도적으로 위험한계 밖에 있도록 기계의 조작장치를 기계로부터 일정거리 이상 떨어지게 설치해놓고, 조작하는 두 손 중에서 어느 하나가 떨어져도 기계가동이 중지되게 하는 방식

3. 접근거부형 방호장치

- 사용자의 신체부위가 위험한계 내로 접근하면 기계의 동작위치에 설치해 놓은 기구가 접근하는 신체부위를 안전한 위치로 되돌리는 방식



〈양수조작식방호장치〉 〈손쳐내기식방호장치〉



방호방법에 따른 방호장치의 종류

4. 접근반응형 방호장치

- 사용자의 신체부위가 위험한 채로 들어오게 되면 이를 감지하여 작동 중인 기계를 즉시 정지시키는 방식



<광전자식 방호장치>

5. 포집형 방호장치

- 위험장소에 설치하여 위험원이 비산하거나 튀는 것을 포집하여 사용자로부터 위험원을 차단하는 방식

기계안전

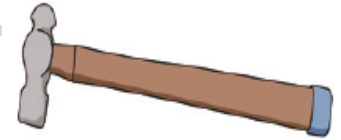
4. 기계별 위험요소 및 안전관리



1. 수공구/동력공구

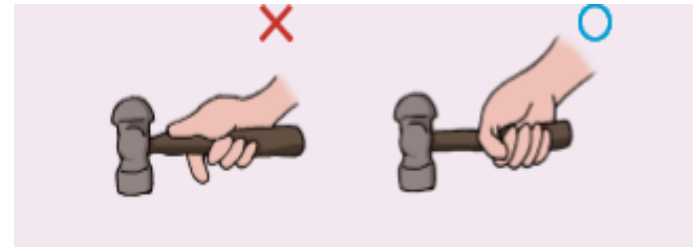
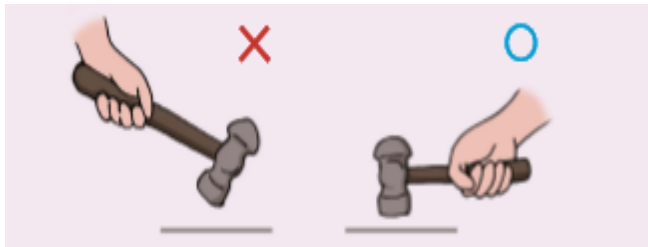
23

해머 철공, 목공, 토공작업 등에 사용하는 수공구



안전대책

- 보안경 및 안면 보호구를 착용
- 맞는 공구의 표면보다 약 254cm(1인치) 더 큰 직경의 내리치는 표면을 한 망치 선택
- 망치의 내리치는 표면이 맞는 표면에 평행하도록 망치를 수직으로 내리치고, 빗나가는 내리침을 항상 피하도록 주의
- 손잡이가 헐겁거나 파손된 망치의 사용 금지
- 금이 가고, 부러지고, 찢개지고, 모서리가 날카롭거나 망치머리에 헐겁게 끼워진 조잡한 손잡이의 사용 금지
- 파인 곳, 이가 빠진 자리, 버섯 모양으로 퍼진 형태 또는 지나치게 마모된 비정상적인 망치머리의 사용 금지
- 손목을 똑바로 하고 손잡이를 둘러싼 채로 망치를 쥐고 사용
- 망치는 사용 전에 췌기가 잘 박혀 있는지, 자루는 튼튼한지 등을 점검하고 망치의 손잡이 끝부분을 맨손으로 잡고 실시



1. 수공구/동력공구

24

줄 주로 금속을 수작업으로 다듬질할 때 쓰이는 수공구



안전대책

- 보안경 및 안면 보호구 착용
- 작업에 적합한 크기의 줄 사용
- 날카로운 모서리가 없고 줄에 단단하게 부착된 매끈한 손잡이가 있는 줄 선택
- 손잡이에 마디, 적쇠, 못, 나사 등의 이물질 유무 점검
- 손잡이 고정 후 사용
- 자신의 몸으로부터 먼 방향으로 깎거나 자르는 작업 방법 준수
- 손과 몸을 끌의 자르는 면 뒤쪽에 두고 작업 실시
- 줄의 절단면에 플라스틱 보호뚜껑을 씌워 안전하게 보관
- 구부러지거나 파인 것, 금이 간 것, 이가 빠진 자리가 있거나 지나치게 마모된 비정상적인 줄 교체
- 줄을 정해진 서랍이나 상자 안에 보관
- 부러지거나 찢어진 손잡이 교체
- 줄을 단단하게 쥐고 사용
- 목공용 줄을 지레나뿔기로 사용 금지
- 버섯 모양으로 퍼진 표면이나 이 빠진 모서리의 강철 줄의 사용 금지

1. 수공구/동력공구

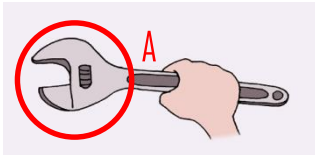
25

렌치 볼트·너트 또는 나사를 조이거나 풀 때 사용하는 수공구



안전대책

- 보안경 및 안면 보호구 착용하고, 렌치가 미끄러지지 않도록 올바르게 잡고 사용
- 조(Jaw)를 정확히 조여 사용, 렌치의 조정 조(Jaw)를 앞으로 향하게 하고 사용



A: 조정 조(Jaw)

- 렌치를 돌려서 압력이 영구턱과 반대가 되게 사용하고, 적당한 자세를 잡고 충분한 힘을 가해(밀지 않고) 당겨 작업 실시, 렌치를 머리 위로 올릴 때는 옆에서 작업 실시
- 모든 지레 작용 공구들은 사용 중 정확히 조정된 상태로 유지
- 공구와 렌치는 사용 후 깨끗이 청소한 후 공구 상자, 선반 또는 공구 걸이 등의 제자리에 보관
- 렌치는 제 규격의 것을 정확하게 사용, 너트나 볼트에는 파이프 렌치 사용 금지, 기계 작동 중 렌치 사용 금지
- 사용 전 조, 핀 등이 마모되지 않았는지 점검하고, 마모된 렌치 사용 금지
- 렌치 대신 플라이어를 사용하는 등 용도에 맞지 않는 공구 사용 금지
- 꼭 맞게 하기 위해 렌치 홈에 찌끼를 넣지 않고 작업 실시
- 많은 힘을 얻기 위해 망치 등으로 렌치를 두드려서 사용 금지
- 공구에 파이프 등을 끼워 공구 길이를 길게 하여 지렛대 작용을 증가시켜 사용 금지

1. 수공구/동력공구

26

드라이버 주로 작은 나사, 나사 못, 태핑 나사 등을 죄고 푸는데 사용하는 수공구



안전대책

- 손에서 공구가 미끄러지지 않게 생크를 플랜지로 꼭 조임
- 전동 드라이버는 손잡이가 생크와 직각인 것을 선택
- 기름이 묻은 손잡이는 사고를 유발할 수 있으니 드라이버 손잡이를 청결하게 유지
- 전기작업을 할 때는 절연 손잡이로 된 드라이버 사용
- 드라이버를 머리 위에서 사용 시에는 보안경, 안전모 착용
- 손이 잘 닿지 않고 불편한 곳에서 나사를 돌리기 시작할 때는 나사가 붙는 드라이버 사용
- 일반적인 드라이버가 사용될 수 없는 좁은 지역에서는 오프셋 스크류 드라이버 사용
- 드라이버의 끝은 완전한 직사각형 모양 유지
- 둥글게 된 끝은 가장자리가 일직선이 되도록 유지
- 사용시 알맞은 드라이버를 바로 선택할 수 있도록 공구걸이나 구분된 칸에 드라이버 보관
- 드라이버로 연속작업을 할 때는 다음 사양들을 갖춘 드라이버 사용
 - 곧은 자세로 작업을 할 수 있는 공구의 형태를 선택할 것
 - 공구를 앞으로 밀 때 나사부가 회전하는 구조일 것
 - 돌리기 힘든 나사를 효율적으로 돌릴 수 있는 래칫 장치일 것

1. 수공구/동력공구

27



쇠톱 손작업에 사용하는 쇠톱

안전대책

- 공작물의 종류에 따라 정확한 날 선택
- 톱니가 앞쪽으로 된 날 사용
- 톱질을 할 때는 날 전체 길이 사용
- 힘 있고 꾸준한 반복동작으로 똑바로 톱질 실시
- 톱날을 꼭 고정시키고, 톱대는 반듯하게 직선이 되게 톱질 실시
- 얇고 평평한 조각들의 모서리를 자를 때는 자재를 단단히 고정 후 톱질 실시
- 톱날은 깨끗하고 가볍게 기름 친 상태로 보관
- 날이 과열되고 부러지지 않도록 날 위에 농도가 얇은 기계오일을 뿌려 사용
- 톱질 시 발생하는 분진 등에 의한 건강장해를 예방하기 위해 방진마스크 착용
- 반복적인 동작, 불편한 자세, 무리한 힘의 사용 등에 의한 근골격계 질환 예방을 위해 작업 전·후 손목, 어깨의 근육피로 등을 풀어줄 수 있는 스트레칭 실시
- 톱질 전 톱날의 균열 등 손상유무 확인 후 톱질 실시
- 톱질 시 손으로 자재를 잡지 말고 바이스 등으로 고정 후 톱질 실시

1. 수공구/동력공구

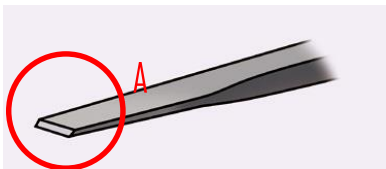
28

정 금속의 손 다듬질 작업이나 절단 작업 등에서 사용하는 공구

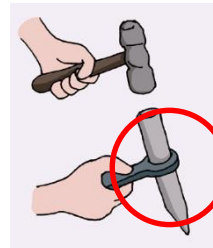


안전대책

- 작업시 보안경 및 안면보호구를 착용
- 정의 자루 위에 스펀지 고무로 된 보호물을 씌워 손 보호
- 자르기·깎기 작업을 위해 절삭날의 사면을 자르거나 깎는 면에 대해 평평하게 되는 각도로 정을 잡고 사용
- 결이 거칠거나 버섯 모양으로 퍼진 머리를 한 타격용 공구들을 교정
- 구부러지고 금이 가거나 이가 빠진 공구들 폐기
- 예리하고 볼록한 절삭날로 선단이나 절삭날을 원래 형태로 교정(A)
- 열이 발생되면 경도를 저하시킬 수 있으므로 정을 갈 때는 주기적으로 찬물에 담그며, 너무 많은 압력을 가하지 않도록 함
- 각인 조각이 다른 종사자에게 튀지 않도록 비산방지 조치 실시
- 장시간 망치로 정을 치는 작업으로 인해 관절에 충격을 줄 수 있으므로 무리한 작업 자제
- 한 작업자가 큰 정을 쥐고 다른 작업자가 내리치게 하지 않도록 하고, 정을 안내하는 집게나 정고정기(B)를 이용하여 정을 잡는 사람의 손이 다치지 않도록 작업



A: 정의 끝각은 단단한 금속용에는 70도, 연한 금속용에는 60도



B: 정 고정기

1. 수공구/동력공구

29

바이스 바이스는 작업대에 부착하여 주로 손 다듬질 또는 조립작업을 할 때 공작물을 고정시키는 역할을 하는 수공구



안전대책

- 보안경 및 안면 보호구 착용
- 바이스 바닥의 모든 구멍에 볼트를 박아 바이스를 단단하게 고정하여 설치
- 고정조가 작업대 모서리보다 약간 앞으로 나오도록 바이스 장착
- 공작물을 변형시키지 않고 고정시킬 수 있는 충분한 크기의 바이스 사용
- 진동을 방지하기 위해 최대한 조에 가깝게 공작물을 바이스에 고정
- 모든 나사 부분과 작동 부위를 깨끗이 하고 기름을 쳐서 칩과 먼지가 없게 유지
- 공작물을 손상시킬 수 있는 바이스에서는 조 보호판을 사용
- 구부러진 손잡이와 마모된 조 보호판을 교체
- 가벼운 바이스에서 무거운 봉을 굽히는 용도로 사용 금지
- 바이스 조의 한쪽 모서리에 과도한 힘을 가하지 않도록 사용
- 바이스를 꼭 조이기 위해 손잡이를 길게 하여 사용 금지
- 바이스조를 가공용 받침대로 사용 금지
- 손의 힘을 초과해서 조이기 위해 손잡이를 망치로 두드려 사용 금지
- 바이스에 미세한 금이 가는 등 손상이 있을 시 사용 금지
- 용접이나 납땜으로 바이스를 수리하지 말고 교체하여 사용

1. 수공구/동력공구

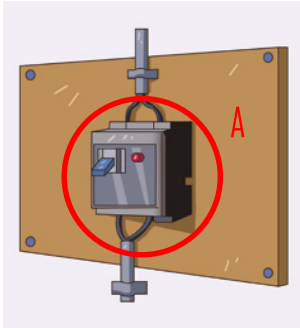
30

전동 드릴 전기모터를 이용하여 공작물에 구멍을 뚫는 수공구



안전대책

- 가공작업시 공작물을 클램프 등을 이용해 단단히 고정
- 작업시 누전에 의한 감전 예방을 위해 누전차단기(A) 설치 및 접속 사용



A: 누전차단기

- 작업 전 공구의 외함, 전선 피복 등의 손상유무 확인 후 작업 실시
- 절삭작업시 불티가 비산하는 방향을 확인하여 비산방지조치 실시(차단판 등의 설치)
- 소음, 분진 등에 의한 건강장애 예방을 위해 반드시 귀마개, 보안경 및 방진 마스크를 착용 후 작업 실시
- 무리한 동작, 불편한 작업 자세로 인한 근골격계 질환 예방을 위해 작업 전·중·후 스트레칭 실시
- 작업복이 드릴날에 말리지 않도록 단정히 착용
- 드릴날에 말릴 수 있는 면장갑 대신 손에 밀착되는 장갑 착용

1. 수공구/동력공구

31

핸드 그라인더 (휴대용 연삭기)

지름이 약 80mm인 연삭숫돌을 회전시키는 전동공구로써 연삭숫돌을 공작물의 표면과 접촉하여 금속 또는 비금속 재료의 연마, 절단 등의 작업에 사용되는 수공구

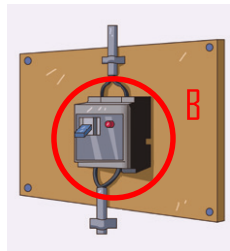


안전대책

- 숫돌 파괴 시 사고를 예방하기 위해 방호덮개(A) 설치
- 작업시 누전에 의한 감전 예방을 위해 누전차단기(B) 설치 및 접속 사용



A:방호덮개



B:누전차단기

- 작업 전 연삭숫돌의 손상유무 확인 후 작업 실시
- 작업 전 전선 피복의 손상유무 확인 후 작업 실시
- 연삭작업시 불티가 비산하는 방향을 확인하여 비산방지조치 실시(차단판 등의 설치)
- 연삭숫돌 이상 조치 또는 교체는 반드시 연삭기를 정지한 상태에서 실시
- 소음, 분진 등에 의한 건강장해 예방을 위해 반드시 귀마개, 보안경 및 방진 마스크를 착용 후 작업 실시
- 연삭작업시 숫돌에 충격이 가지 않도록 주의
- 연삭작업 시작 전 분 정도 덮개를 설치한 상태로 공회전
- 연삭기의 회전속도 및 규격에 적합한 연삭숫돌 사용

1. 수공구/동력공구

32

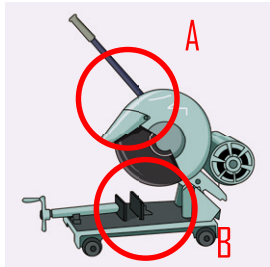
고속 절단기

전기모터를 이용하여 원형의 연삭숫돌을 고속으로 회전시켜 쇠파이프나 철근 등을 원하는 길이로 절단하는 기계



안전대책

- 방호덮개(A) 및 벨트 덮개가 견고하게 부착 여부 확인
- 공작물은 고정장치(B) 등을 이용하여 견고하게 고정 후 작업 실시



A: 방호덮개
B: 바이스

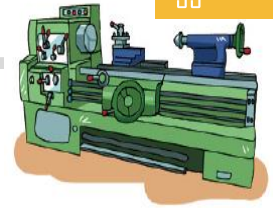
- 전원케이블의 손상 여부 확인
- 절단석의 균열이나 이빠짐 등 손상 여부 확인
- 절단시 불티가 비산하는 방향을 확인하여 비산방지조치 실시(차단판 등의 설치)
- 공작물 이상 조치 또는 교체는 반드시 절단기를 정지한 상태에서 실시
- 반드시 귀마개, 보안경 및 방진 마스크를 착용 후 작업 실시
- 절단작업시 숫돌에 충격이 가지 않도록 주의
- 절단작업 시작 전 1분 정도 덮개를 설치한 상태로 공회전
- 절단기의 회전속도에 상응하는 숫돌 사용

2. 공작/가공기계

33

선반

공작물을 주축에 고정하여 회전하고 있는 동안, 바이트를 움직여 절삭, 보링, 절단, 단면절삭, 나사 절삭 등의 가공을 하는 기계



주요유해·위험 요인

- 기계 가동 중 회전부에 실험자 신체 및 옷자락이 말릴 위험
- 기계 가동 중 발생하는 칩이 비산되어 실험자가 맞을 위험
- 본체 절연 파괴 등으로 누전 발생시 연구활동종사자의 신체 접촉에 의한 감전 위험
- 절삭유 미스트에 의한 건강 장애의 발생 위험
- 반복 동작과 장시간 서있는 자세로 인한 근골격계 질환 발생 위험

안전대책

- 공작물의 칩은 선반 주축의 회전이 완전히 멈춘 후에 제거
- 공작물의 고정 작업시 선반 척의 조(JAW)를 완전 고정
- 선반의 기어박스 위에 작업 공구 등이 없도록 정리정돈 후에 작업 실시
- 칩 비산 방지 장치 설치, 가공 작업시 보안경 착용
- 면장갑 착용 제한, 옷소매를 단정히 하는 등 적절한 작업복 착용
- 공작물의 설치·반드시 스위치 차단 후 바이트를 충분히 댄 다음 실시
- 칩 제거 작업시 브러시를 사용하여 칩 제거
- 절삭유, 소음, 칩 등에 의한 사고 및 질병을 예방하기 위해 보호구(귀마개, 보안경 등) 착용

2. 공작/가공기계

34

밀링머신

밀링 커터(Milling cutter)나 바이트(Bite)가 고정된 주축에 체결된 절삭 바이트가 고속 회전하는 상태에서 작업대를 전·후, 좌·우, 상·하로 수동 조정하면서 요구하는 치수로 공작물을 절삭 가공하는 공작기계



주요 유해·위험 요인

- 실험자가 엔드밀, 커터 등 가공부에 접촉으로 말릴 위험
- 비산되는 절삭 칩에 의한 눈 상해 및 분진 흡입에 의한 호흡기 질환 발생 위험
- 노출된 회전 절삭 날 접촉에 의한 장갑 또는 작업복이 말릴 위험
- 운전 중 청소, 수리 또는 보수 작업으로 회전체 접촉에 의해 작업복이 말릴 위험

안전대책

- 연동식 방호장치 설치: 주축대가 회전하기 전에 방호장치가 먼저 하강하도록 자동으로 전원이 공급 차단되는 구조로 설치
- 공작물 설치시 절삭공구의 회전을 정지한 후 작업 실시
- 작업 전 밀링 테이블 위의 공작물 정리 실시
- 작업 테이블에 공작물을 단단히 고정 후 작업 실시
- 밀링 커터 이상 조치 또는 교체는 반드시 밀링 머신을 정지한 상태에서 실시
- 반드시 귀마개, 보안경 및 방진 마스크를 착용 후 작업 실시
- 작업 전 밀링 커터의 손상 유무 등 상태 확인 후 작업 실시
- 면장갑을 착용하지 않고 손에 밀착 되는 장갑을 착용하고 작업복의 소매나 작업모가 말려 들어가지 않도록 단정히 착용
- 밀링 커터 교환 시 너트를 확실히 체결하고, 분간 공회전시켜 커터의 이상 유무 점검

2. 공작/가공기계

35

드릴링 머신

금속물질 등의 소형 공작물 가공 시 사용되며, V-Belt로 동력을 전달하여 드릴날을 회전시켜 구멍을 뚫는 가공기계



주요유해·위험 요인

- 면장갑을 착용하고 작업 중 회전 드릴 날에 감겨 말릴 위험
- 작업 중 비산되는 칩에 의한 실험자의 눈 상해 위험
- 칩을 걸레로 제거 중 손가락 베일 위험
- 균열이 심한 드릴 또는 무디어진 날이 파괴되어 그 파편에 맞을 위험
- 공작물을 견고히 고정하지 않아 공작물이 복부를 강타할 위험

안전대책

- 방호덮개를 설치하고 뒷면을 180° 개방하여 가공작업 시 발생하는 칩의 배출이 용이하게 설치
- 고정대에 가공위치에 따라 전후로 이동시킬 수 있게 안내홈을 만들고 바이스를 장착하여 작업 실시
- 잡고 있던 레버가 일정위치 복귀 시 리미트 스위치에 의해 전원이 차단되고 드릴날 회전이 정지하는 회전정지장치 설치
- 칩 제거 시 전용의 수공구를 사용하여 제거
- 장갑 착용 시 손에 밀착되는 가죽으로 된 재질의 안전장갑 착용
- 칩 비산 시 눈을 보호할 수 있는 보안경 착용

2. 공작/가공기계

36



띠톱

띠 모양 강철판의 한쪽 가장자리에 톱니를 내고 그 양쪽 끝을 접합하여 둥근 고리 모양으로 된 톱으로 띠톱기계에 장착하여 고속으로 회전시켜 금속, 목재 등을 절단하는 기계

주요유해·위험 요인

- 작업에 사용하지 않는 톱날 부위의 노출로 접촉에 의한 신체 절단 위험
- 가동 중인 띠톱에 신체 접촉에 의한 절단 위험
- 절단 작업 중 소재의 반발에 의한 위험
- 기계 주변의 정리정돈을 실시하지 않음으로 인해 넘어질 위험
- 절삭유, 금속분진, 소음 등에 의한 직업성 질환 발생 위험

안전대책

- 톱날의 접촉에 의한 사고를 예방하기 위해 방호덮개 설치
- 작업 전 톱날의 이상 유무 확인 후 작업 실시
- 가동 중인 톱날 등으로 인해 절단 위험이 있는 곳은 통행 금지
- 띠톱기계에 접근할 경우 톱날이 완전히 정지한 후 출입
- 띠톱날 이상 조치 또는 교체는 반드시 기계의 전원을 차단한 후 실시
- 작업 시 발생하는 소음, 분진 등에 의한 건강장해 예방을 위해 귀마개, 보안경 및 방진 마스크 등의 개인보호구 착용 후 작업 실시
- 절삭유가 바닥에 떨어지거나 흘러내리지 않도록 조치
- 비상정지스위치 정상 작동 여부 확인 후 작업 실시

2. 공작/가공기계

37

머시닝센터(CNC밀링)

범용 밀링 머신에 CNC장치를 장착한 기계, CNC 밀링머신에 공구자동 교환장치(ATC)를 부착해 연속적인 작업이 필요한 공작물을 가공하는 공작기계



주요 유해·위험 요인

- 공작물 고정 및 취출 작업 시 공작물이 떨어지거나 날아와 맞을 위험
- MCT가 공작 중 회전하는 절삭공구 접촉에 의해 끼일 위험
- MCT가 공작 중 회전하는 절삭공구가 이탈되어 날아와 맞을 위험
- MCT가 공작 중 발생하는 소음 및 오일미스트에 의한 건강장해 위험

안전대책

- 날아오는 공작물에 의한 사고를 예방하기 위해 안전문 및 연동 장치 설치
- 공작물 고정 및 취출 작업 시 기계를 정지한 후 실시
- 무리한 동작으로 인한 근골격계 질환을 예방하기 위해 적합한 작업 발판 설치 및 사용
- 절삭유를 바닥에 흘리지 않도록 조치 및 오일 제거
- 개인보호구 착용(귀마개, 방진마스크)
- 청소 시 전원 차단하고 다른 종사자가 조작하지 않도록 "조작 금지" 표지판 부착

연삭기 금속재료의 버(Burr) 제거나 공구 연마, 기타 금속 재료의 연마 등을 수행하는 기계. 단단하고 미세한 입자를 결합하여 제작한 연삭숫돌을 고속으로 회전시켜 공작물의 원통면이나 평면을 극히 소량씩 가공하는 정밀 가공기계



주요 유해·위험 요인

- 방호덮개 해체사용 중 연삭숫돌 파손 시 숫돌에 의한 위험
- 전원 케이블 손상 및 누전에 의한 감전 위험
- 절단작업 중 소재 반발에 의한 위험
- 작업 중 비산되는 불꽃에 의한 눈상해, 비산되는 분진의 흡입에 의한 호흡기 질환 발생 위험

안전대책

- 숫돌 파괴 시 사고를 예방하기 위해 방호덮개 설치
- 작업 받침대는 견고하게 고정하고 숫돌과의 간격은 3mm 이내로 설치
- 전원케이블의 손상 여부 확인
- 연삭숫돌의 균열 등 손상 여부 확인
- 연삭작업 시 불티가 비산하는 방향을 확인하여 비산 방지조치 실시(차단판 등의 설치)
- 연삭숫돌 이상 조치 또는 교체는 반드시 연삭기를 정지한 상태에서 실시
- 반드시 귀마개, 보안경 및 방진 마스크를 착용 후 작업 실시
- 연삭작업 시 숫돌에 충격이 가지 않도록 주의
- 연삭작업 시작 전 1분 정도 덮개를 설치한 상태로 공회전
- 연삭기의 회전속도에 상응하는 연삭숫돌 사용

2. 공작/가공기계

39

방전가공기

방전가공기란 전극과 공작물 사이에 아크를 발생시켜서 공작물을 용해하여 구멍 뚫기, 조각, 절단 등을 하는 방법으로서 열처리된 높은 경도의 강재, 초경재, 합금 등을 가공하는 기계



주요유해·위험 요인

- 방전가공액에 의한 화재 위험
- 방전가공액 작업 시 발생하는 미스트
- 연기 등에 의한 호흡기 질환 위험
- 비산된 방전가공액에 의한 미끄러짐 위험
- 공작물 탈부착 시 근골격계 질환 발생 위험
- 가동 중 점검·청소·수리·이상 조치 시에 끼임 또는 추락 위험

안전대책

- 방전가공액 수위는 가동부로부터 적정 거리 유지
- 작업 시 발생하는 미스트 등의 흡입을 예방하기 위해 방진마스크 등 개인보호구 착용
- 작업 발판, 작업장 통로 등에 비산 침전된 가공유 제거, 청소 철저
- 감전의 위험이 있어 방전 중 작업 탱크 내에 손을 넣는 행동 금지
- 금형 자재 등 중량물 탈부착 시 카운터 발란스 등 중량물 취급 보조 설비 사용

2. 공작/가공기계

40

프레스 및 전단기

금형을 사용해 주로 재료를 굽히거나 누르거나 자르는 등의 소성가공을 실시하는 기계로 단기간에 많은 힘을 가하고 위험 부위에 근접해 작업하는 경우가 많아 다른 작업에 비해 위험성이 큼



주요 유해·위험 요인

- 프레스방호장치를 부착하지 않고 작업 중 금형 사이에 끼일 위험
- 소재가 금형에 제대로 투입되지 않은 상태에서 프레스가공 중 파손된 금형 파편에 맞을 위험
- 소재, 금형 등 중량물 운반 작업 중 장애물에 걸려 넘어질 위험
- 소음, 분진 등에 의한 직업성 질환 발생 위험
- 폭이 좁은 소부품 공급 시나 철판 취출 시 누름판(Hold down)이나 칼날(Blade)에 끼이거나 절단될 위험
- 작업 중 전단날과 베드 사이에 의한 손 절단 위험
- 전단기 전면에 방호울 설치
- 프레스 및 전단기 외함에 접지 여부 확인
- 2인조 공동 작업 시 연락 신호 확립 후 작업 여부 확인
- 중량물은 가급적 운반 기계를 이용하되 인력 운반 시에는 2인이 적절한 자세를 갖추고 작업
- 안전화, 귀마개, 지정 작업복 등 보호장구 착용
- 작업장 주변의 재료, 부품 등은 작업 후 정리 정돈 및 청소

안전 대책

- 프레스 방호장치 설치(광전자식 방호장치, 양수조작식 방호장치, 게이트 가드식 방호장치)
- 이물질 제거 및 정비 수리 작업 시 운전 정지 및 전원 차단 실시
- 금형 교체 시 슬라이드의 하강을 방지하기 위해 안전블럭 설치
- 풋스위치 사용 시 상부에 덮개를 설치하여 물건의 낙하 등으로 인한 오작동 예방



광전자식 방호장치



양수조작식 방호장치

2. 공작/가공기계

41



원심기 최소 2개를 분리하기 위한 것으로 동력에 의해 작동되는 장치로 모터를 주로 이용 혼합물을 밀도에 따라 분리해내는 도구

주요유해·위험요인

- 동력 전달부에 끼일 위험
- 회전 중인 내부 회전체에 끼일 위험
- 접지 미 실시로 누전에 의한 감전 위험
- 내부 물체가 날아와 맞을 위험
- 원심기 안전검사 미 실시 폭이 좁은 소부품 공급 시나 철판 취출시 누름판(Hold down)이나 칼날(Blade)에 끼이거나 절단될 위험

안전대책

- 방호덮개 설치 및 연동 장치 설치
- 기계 가동 전 정상작동 여부 확인 후 작업 실시
- 감전을 예방하기 위해 접지 실시
- 최고 사용 회전 수 초과 사용 금지
- 원심기가 정지한 후 덮개를 열어야 함
- 정비, 수리 및 청소 등의 작업 시 기계의 전원을 차단한 후 작업
- 폭발성, 휘발성 증기 발생 물질은 원심 분리 금지
- 수평한 곳에 설치 후 작업
- 회전 중인 챔버(Chamber) 등을 손으로 감속 및 정지 금지
- 개인보호구 등은 반드시 착용 후 작업
- 설치 후 3년이 경과한 시점에서 2년마다 안전검사를 받아야 함

2 공작/가공기계

42



분쇄기 절단 공구가 달린 한 개 이상의 회전축 또는 플런저의 왕복 운동에 의한 충격력을 이용하여 암석이나 금속 또는 플라스틱 등의 물질을 필요한 크기의 작은 덩어리 또는 분체로 부수는 기계

주요유해·위험 요인

- 분쇄기에 원료 투입·내부 보수·점검·이물질 제거작업 중 회전날에 끼일 위험
- 전원 차단 후 수리 작업 시 다른 종사자의 전원 투입에 의해 끼일 위험
- 원료 투입·점검 작업 시 투입부 및 점검구 발판에서 떨어질 위험
- 모터, 제어반 등 전기 기계 기구의 충전부 접촉 누전에 의한 감전 위험
- 분쇄 작업 시 발생하는 분진, 소음 등에 의한 직업성 질환 발생 위험

안전대책

- 분쇄기의 칼날부에 손이 접촉되지 않도록 개구부에 방호덮개 설치
- 방호덮개에 리미트 스위치를 설치하여 덮개를 열면 전원이 차단되도록 연동장치 설치
- 내부 칼날부 청소작업 시 전원을 차단하고 수공구를 사용하여 작업
- 분쇄작업 중 과부하가 발생할 경우 역회전시켜 분쇄물을 빼낼 수 있도록 자동수동 역회전 장치 설치
- 배출구역 하부는 칼날부에 손이 접촉되지 않도록 조치
- 분쇄 작업 시 개인 보호구(보안경, 방진마스크, 귀마개 등) 착용

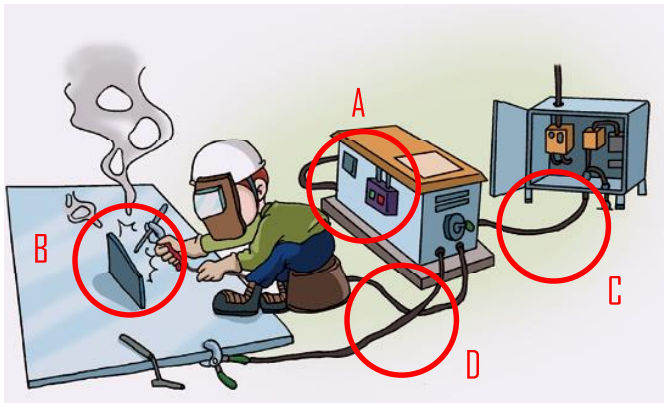
교류아크용접기

교류를 사용하여 금속 전극(피복 용접용)과 모재와의 사이에서 아크를 내어 모재의 일부를 녹임과 동시에 전극봉 자체도 선단부터 녹아떨어져 모재와 융합하여 용접하는 장치



주요 유해·위험 요인

- 용접봉 홀더의 노출된 충전부, 교류아크용접기 외함 전기누전 등에 따라 신체접촉에 의한 감전사고 발생의 위험
- 작업장 주변 인화성 물질 및 가연물 등에 의한 용접 불티 등 비산물에 의한 화재 발생 위험
- 용접 시 발생하는 오존 등 가스, 흡을 장기간 흡입 시 직업성 질환 발생의 위험
- 용접기 케이블, 배선 등의 손상에 의한 감전사고 위험



안전대책

- 작업 시작 전 전기충전부, 용접봉 홀더(B), 용접기 외함 접지(C), 케이블 피복(D) 등에 다음의 사항에 대하여 점검 철저 및 파손, 손상 시 교체
 - A: 자동전격방지기 부착 및 손상여부
 - B: 용접봉 홀더 파손 확인
 - C: 용접기 외함 등 접지 확인
 - D: 각종 케이블 손상 확인
- 습윤한 장소, 철골조, 밀폐된 좁은 장소 등에서의 용접 작업 시에는 자동전격방지기(A) 부착
- 작업장 주변 인화성 물질 제거 후 작업, 소화기 등 비치
- 용접 작업 시 개인보호구(앞치마, 보안경, 보안면, 방진마스크 등)를 착용하고 작업 실시
- 용접 작업을 중지하고 작업 장소를 떠날 경우 용접기의 전원 개폐기를 차단
- 도전성이 높은 장소, 습윤한 장소 등에서는 누전차단기에 접속 사용

2 공작/가공기계

44

조형기 수지와 각종 첨가물 등을 배합한 주물사를 미리 가열된 중자용 금형내로 주입하고 압력을 가하여 일정한 시간만큼 경화시킨 후에 금형을 열어 자동 또는 수동으로 중자(Core)를 취출하는 설비



주요유해·위험 요인

- 조형기의 금형 개폐 시에 금형 사이에 끼일 위험
- 기계 가동 중 발생하는 소음으로 인한 소음성 난청 위험
- 금형 가열 열원에 접촉으로 인한 화상 위험
- 가동 중 점검, 청소, 수리, 이상 조치 시에 끼임 위험

안전대책

- 방호울(A)을 금형 가동부 전면에 설치
- 절연 캡(B)을 감전 예방을 위해 금형 가열용 전기히터의 단자부에 처리
- LPG 가스 누출 감지기 설치
- 작업 시 발생하는 분진 등에 의한 건강장해를 예방하기 위해 국소배기장치 등 배기장치 설치
- 소음 등에 의한 건강장해를 예방하기 위해 귀마개 등 개인보호구 착용
- 설비 점검·수리·청소·이상 조치 시에는 전원을 차단하고 조작반에 "조작금지" 표지 부착



A: 방호울



B: 히터 단자부 절연 캡

증착장비

증발시킨 금속을 대상물에 입히는 장비로 금속을 입히려는 반도체나 트랜지스터와 같이 대상물이 너무 작거나 세밀한 작업이 필요할 때 사용함
대상물은 주로 전도성이 필요한 비금속 재질이며, 금속을 증발시킬 때는 저항가열, 전자광선, 플라즈마 사용



주요 유해·위험 요인

- 작업시 발생하는 독성물질 등의 흡입에 의한 호흡기질환 발생 위험
- 고온 열 및 플라즈마 아크 분무에 의한 위험
- 절단 작업 중 발생하는 소음에 의한 건강 장애 위험
- 작업 중 누전 등에 의한 감전 위험
- 수리 및 보수 유지 작업 시의 사고 위험

안전대책

- 고온 및 고속의 발사체로부터 연구활동종사자를 보호할 수 있는 방호장치 구비
- 흡출로부터 연구활동종사자를 보호할 수 있도록 환기시설(국소배기장치 등) 구비
- 작업시 발생하는 소음에 의한 건강 장애를 예방하기 위해 귀마개 등 개인보호구 착용
- 감전의 위험으로부터 연구활동종사자를 보호할 수 있도록 교육 실시
- 개인보호구를 반드시 착용할 수 있도록 지시

2 공작/가공기계

46

3D프린터

3D프린터는 3차원으로 특정 물건을 제작하는 프린터로, 입체적으로 만들어진 설계도를 통해 3차원 공간 안에 실제 사물을 이에 따라 제작



주요 유해·위험 요인

- 고온의 압출된 물질에 신체 접촉으로 인한 화상 위험
- 가공 중 유해화학물질의 흡입에 의한 건강장해 위험
- 접지 불량에 의한 감전·화재 위험
- 안전문의 불량에 의한 손 끼임 위험

안전대책

- 전체 환기시설 설치
- 전선 피복의 손상 유무 확인
- 바닥에 방치된 전선 등에 의한 넘어짐 방지 조치
- 실험 전 안전문 연동 장치의 작동 상태 확인
- 제품에 명시된 전원 공급 장치의 전압 사용
- 필요시 안전화, 귀마개, 지정작업복 등 적합한 개인보호구 착용
- 작업장 주변의 재료, 부품 등은 작업 후 정리 정돈 및 청소
- 작업 전 반드시 유해성 기체 발생 여부 확인 후 실험 실시
- 3D프린터 내부의 움직이는 프린터기에 부딪히거나 끼임 주의

3. 시험/분석 장비

47

만능재료시험기 재료의 인장강도, 압축강도 등을 측정할 때 사용



주요 유해·위험 요인

- 시험 시 재료 파손으로 인해 파편이 튈 위험
- 고온 및 저온 실험 시 재료나 장치 표면에 의한 화상 위험
- 압축 시 장비에 끼여 상해 위험

안전 대책

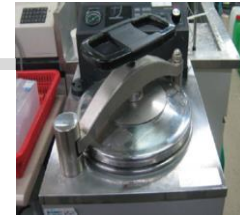
- 시험 재료의 끊어짐이 발생할 수 있는 부분에 보호면을 이용하거나 스크린 설치
- 기계 근처에 작업자가 있을 경우 컴퓨터로 기계 작동 금지
- 압축 모드로 가동 시 재료가 부서져 파편이 튈 수 있으므로 특별히 더욱 주의
- 비상정지버튼은 언제든지 누를 수 있도록 장애물 제거
- 장비 가동 시 연구실 사람들에게 알려 가동 중 접근 금지
- 정기적으로 점검 및 교정 실시
- 지정된 용량 범위를 넘기거나, 지정되지 않은 장치로 고정 후 실험 금지
- 압축가스를 이용하여 시험한 경우, 가스의 공급을 끄고 잔류가스를 제거한 후 결합 해제
- 80°C 이상 고온이나 1°C 이상 저온에서 시험할 때에는 보호의, 보호장갑 등을 착용
- 시험 재료를 장착하거나 제거할 때 grip 등 고정 부위의 안전한 장착 및 재료의 완전한 제거 확인

3. 시험/분석 장비

48

고압멸균기

가압스팀을 이용하여 유기물을 멸균하는 장치로 습기와 열에 의해 손상이 가지 않는 의류, 식료품, 미생물 배지 등 여러 종류를 멸균하는데 사용



주요유해·위험 요인

- 고압멸균기의 고온 스팀이나 가열된 재료에 피부 노출시 화상 위험
- 덮개에서 발생하는 고온의 열기에 의한 화상 위험
- 밀폐 기능 오작동이나 작동 중 폭발 위험
- 무거운 시험물 사용시 낙하/상해 위험
- 설비 접지 미 실시로 누전에 의한 감전 위험

안전대책

- 덮개나 문을 열기 전 오토 클레이브가 멈춘 상태이며 압력이 낮은지 확인
- 시험물을 넣기 전, 이전 시험물이 남아있는지 내부 확인
- 시험물 용기의 뚜껑은 느슨하게 닫아 가압시 압력을 받지 않게 조치
- 위험물/폐기물은 열과 압력을 견디는 bag이나 용기에 담아 사용
- 발화성, 반응성, 부식성, 독성, 방사성 물질은 사용 금지
- 작동 전 문을 단단히 잠금, 문이 완전히 닫히지 않으면 작동하지 않는 연동장치 구비
- 고압멸균기 주변에 연소성 물질 제거
- 열차폐장치를 하거나 "고온표면 주의", "접근 금지" 등 위험을 알리는 표지 설치
- 문을 열고 3초 이상 기다린 후 시험물 천천히 제거
- 방열장갑, 안전 고글을 반드시 착용하고 많은 양의 액체를 다룰 때는 튀거나 쏟아질 경우를 대비하여 고무부츠와 고무앞치마를 착용
- 고압멸균기를 화학 물질이 묻은 실험복을 세탁하는 데 사용해서는 안되며 세제 등을 넣을 경우 폭발 위험 주의

가열/건조기

- 가열로는 가스로, 전기로 등 시험 재료의 물리적, 화학적 변화를 일으키기 위해 열처리 하는 데 사용하는 장비
- 건조기는 유사한 구조로 재료를 건조하는 데 이용하는 건조기 및 장치의 내부에 삽입된 히터도 유사한 위험성을 가짐



주요 유해·위험 요인

- 과열로 인한 화재 위험
- 휘발성, 인화성 시료로 인한 화재 위험

안전대책

- 가열/건조기 가동 중 자리를 비우지 않고 수시로 온도 확인, 작동 기능 온도 숙지
- 발생 가능한 화재에 따라 적절한 제품의 소화기를 구비, 작동 방법 숙지 할 것.
- 유체를 가열하는 히터의 경우 유체의 수위가 히터 위치 이하로 떨어지지 않도록 확인

3. 시험/분석 장비

50

펌프/진공펌프

액체의 압력을 높이기 위한 펌프로 기체를 감압시키기 위한 진공펌프 등이 있음



주요유해·위험 요인

- 이물질, 공기 유입 등으로 펌프 파손 시 유해물질 누출 위험
- 파손 시 유체공급 차단으로 인한 화재, 파손, 유해물질에 노출 위험
- 파손 시 파편으로 인한 후단 공정 손상 및 오작동 위험
- 장기간 가동 시 과열로 인한 화재 위험
- 전기 모터 누전으로 인한 감전 위험

안전대책

- 펌프의 움직이는 부분(벨트(belt), 축 연결부위 등)은 덮개 설치
- 사용 전 시운전을 실시하여 기기의 정상 작동 확인
- 초기작동시 열어 공기를 충분히 빼고 작동하고, 규칙적인 소리가 나는지 확인
- 이물질이 들어가지 않도록 전단에 스트레이너를 설치하는 등의 조치 실시
- 압력이 형성되지 않을 때는 회전체의 종류에 따라 이물질이 들어갔는지 살펴보거나, 모터 회전방향을 확인

3. 시험/분석 장비

51

공기압축기

외부로 동력을 받아 공기를 압축하여 저장하였다가 기압 공구로 압력을 보내는 장치



주요유해·위험 요인

- 내부 압력 상승에 의한 폭발 위험
- 전기 배선의 미접지로 인한 감전 위험
- 점검 시 벨트에 신체의 말림 위험성

안전대책

- 방호장치의 정기적인 점검 및 작동 유무 확인이 중요
- 충분한 작동법을 익힌 자격자만 사용
- 운전중 일시 방호덮개나 회전부에 접근 금지
- 점검 시 전원 차단 후 작동이 되지 않음을 확인 후 내부 압력이 빠지고 냉각된 상태에서 작업
- 작업 중 사고 예방을 위해 다른 작업자의 접근 방지를 위한 조치 실시
- 주기적으로 절연상태 점검
- 주변에 장애물 확인후 제거

3. 시험/분석 장비

52

압력용기 내압 또는 진공압을 받으며 유체를 취급하는 용기와 질소, 공기저장 탱크 등 사용 압력이 $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상이 되는 용기



주요 유해·위험 요인

- 급작스런 압력 상승이나 하강으로 인한 용기의 파손 위험
- 공기저장탱크 내부 압력 상승에 의한 파열 사고 발생 위험
- 전기배선 및 전원부의 충전부 노출, 미접지로 인한 신체 접촉 및 누전 시 감전 사고 발생 위험

안전대책

- 압력용기에는 안전밸브 또는 파열판 설치
- 압력용기 내부의 압력을 알 수 있도록 압력계 설치
- 안전밸브의 작동 설정압력은 압력용기의 설계압력 보다 낮도록 설정
- 안전밸브는 용기 본체 또는 그 본체의 배관에 밸브축을 수직으로 설정
- 압력용기 및 안전밸브는 성능검사 합격품 사용
- 안전밸브 전·후단에 차단 밸브의 설치 금지

4. 기타 장비

53

레이저 장비

유도 방출에 의해 광을 발진 또는 증폭시키는 장치이고 주파수 스펙트럼 폭이 수 Hz로 극히 좁아 직진하며, 집광성이 좋아 작은 면적에 많은 에너지를 집중되므로 레이저포인터 사용시에도 유의



주요 유해·위험 요인

- 레이저에 직접 노출 시 눈과 피부에 위험
- 레이저시스템 및 광학물질 사용으로 인한 전기적 충격, 화학적 공기 오염, 방사선 오염, 화재 등의 위험

안전대책

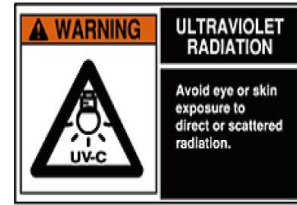
- 보안경을 썼더라도 레이저광을 직접 응시 금지
- 레이저 사용 표시 부착, 장비 가동 시에는 안전 교육을 받은 자만 출입
- 작업 범위에서 불필요한 반사면 제거
- 보안경을 착용하여 산란된 레이저 노출 최소화
- 장비 종료 전 빔을 차단하고 시스템 서터 폐쇄

4. 기타 장비

54

UV장비

박테리아 제거나 형광 생성에 널리 이용되고 있으며, UV장비를 다룰 경우 노출의 위험에 항상 유의하여야 함



주요 유해·위험 요인

- 파장에 따라 200nm 이상의 광원은 인체에 심각한 손상 위험
- 낮은 파장이라도 장시간 반복 노출될 경우 눈을 상하게 하거나 피부 화상 위험

안전 대책

- 연구실 문에 UV 사용 표지를 부착하고 장비 가동 시에는 안전 교육을 받은 자만 출입
- 작업 시에는 반드시 보호안경을 쓰고 장갑을 착용. 보호 외의 손목 끝과 장갑 사이에 틈이 없도록 하고, UV 차단 가능한 보호면 착용
- UV 램프 작동 중 오존이 발생할 수 있으므로 배기장치가동(0.12ppm 이상의 오존은 인체 유해)
- UV 전구 청소 시 전구 전원 차단

천장크레인(호이스트)

서로 마주보는 벽을 따라 레일을 부설하고, 이 레일에 직각으로 주행하는 빔(Beam)을 걸쳐 권상 및 횡행장치를 갖는 트롤리(Trolley)가 설치되어 트롤리로부터 훅(Hook)을 내려서 중량물을 인양 운반하는 기계기구

주요 유해·위험 요인

- 와이어로프 파단으로 중량물이 떨어져 실험자가 깔릴 위험
- 훅에서 보조달기구의 이탈로 인해 중량물이 떨어져 실험자가 깔릴 위험
- 방호장치의 고장·미 설치 등에 의한 안전사고 위험
- 크레인 작업반경 내 접근으로 운반 중인 중량물에 부딪힐 위험
- 주행레인 상부에 임의 출입이나 크레인 정비·보수 등 작업시 떨어질 위험

안전대책

- 크레인의 방호장치 설치 및 작동여부 확인 후 작업 실시
- 와이어로프 상태 확인 후 작업 실시
- 크레인의 정격하중을 준수하여 작업 실시
- 작업시 안전모, 안전화 등의 개인보호구를 착용
- 크레인 작업반경내 다른 연구활동종사자의 출입 통제



중량물 운반 연구실 기계 작업 중에는 위치 이동 등으로 인해 중량물을 운반할 일이 발생하는데 이때 크고 작은 사고가 발생할 수 있으므로 유의

주요 유해·위험 요인

- 무리한 운반 시도나 잘못된 자세로 인한 중량물이 떨어질 위험
- 무리한 운반 시도나 잘못된 자세로 인한 근골격계 손상 위험

안전대책

- 중량물을 인력으로 옮길 때는 무리하지 않고 여럿이 협력하여 작업하고 잡담 및 장난 금지
- 중량물 이동 전 안전한 이동 방법을 미리 예상하고 작업
- 중량물을 들 때에는 올바른 자세 유지

기계안전

5. 사고사례



해머에 의한 상해

사고개요 토목실험동뒤편야외 실험장에서 소일네일링(Nail nailing) 실험을 하던 중 해머로 네일링을 삽입하다가 오른쪽 두 번째 손가락이 록볼트에 찍혀 찢어진 재해



사고발생 원인

- 실험 중 해머로 오른손을 강타
- 해머로 네일링 삽입 중에 부주의에 의한 사고

사고예방 대책

- 실험 중에 발생할 수 있는 위험성 인지
- 안전 작업 절차 숙지

금속절단기 작업 중 감전

사고개요 소방 설비(스프링클러)배관지지용 전산볼트를 절단하기 위하여 금속절단기를 사용하던 중 감전 사망한 사고



사고발생 원인

- 금속절단기 사용 시 누전차단기에 접촉하지 않고 작업 실시
- 절단기 절연상태 불량

사고예방 대책

- 금속절단기 사용 시 누전차단기에 접촉하여 사용
- 이중절연구조의 절단기를 사용하고, 손잡이 부분이 금속일 경우 반드시 절연 조치를 할 것

드릴의 누전으로 감전

사고개요 옥외에서 드릴 작업 중 드릴의 누전으로 인해 감전된 사고



사고발생 원인 ■ 이동 전선의 절연파괴에 의한 작업 중 누전 발생

사고예방 대책 ■ 전동드릴은 이동용 전기 기계기구로써 습윤 지역에서 사용할 가능성이 있으며 하절기 작업자 손에서 발생한 땀이 스며들어 감전 등을 유발할 수 있으므로 접지를 실시하거나 누전차단기를 설치하여 감을 예방
■ 이중절연구조의 제품을 사용하여 누전에 의한 감전 예방

휴대용 연삭기 사용 중 감전

사고개요 아파트 관리사무소 기관반 소속 근로자가 기관실 온수탱크 위에서 게이트 밸브를 교체하기 위하여 부식된 밸브 고정용 볼트를 휴대용 연삭기로 절단 하던 중 누설된 전류에 감전되어 사망

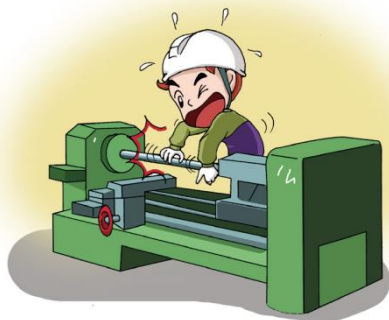


사고발생 원인 ■ 휴대용 연삭기 절연 상태 불량
■ 전원 공급 측에 정격용량에 적합한 누전차단기를 설치하지 않고 작업

사고예방 대책 ■ 누전에 의한 감전의 위험을 방지하기 위해 이중절연구조의 휴대용 연삭기를 사용
■ 전력 용량 및 안전 기준에 적합한 누전차단기를 전원 공급 측에 설치하여, 작업 시 누전차단기에 접속하여 사용

선반에 장갑이 말리면서 끼임

사고개요 선반에서 소재 절삭작업 중 면장갑이 회전체에 말리면서 선반에 신체가 끼여 사망한 사고



사고발생 원인

- 선반작업시 말릴 위험이 있는 면장갑 착용
- 절삭유 공급 위치 조정 작업시 운전 정지 미 실시

사고예방 대책

- 회전체 작업시에는 손이 말려들어갈 위험이 있는 면장갑 등을 사용하지 않고 손에 밀착되는 장갑을 착용
- 수리·정비·청소 등의 작업시에는 반드시 기계의 전원을 차단한 후 작업 실시

금형가공업 중 밀링커터에 끼임

사고개요 밀링머신으로 금형을 가공작업 중 금형조립 Key부분을 확인하기 위해 금형 상부에 올라가 Key를 맞춰 보던 중 회전 중인 밀링날에 오른 쪽 작업복 소매가 걸려 오른팔이 끼여 사망한 사고



사고발생 원인

- 가동 중인 밀링머신 작동 범위 내에 출입방호덮개 해체 사용
 - 가동 중인 상태에서 Key가 맞는지 확인하기 위해 작업 범위 내에 진입
- 안전 수칙 미게시 및 미준수
 - 작업 범위 내 출입시 전원 차단 등의 내용이 포함된 안전 수칙 미게시 및 미준수

사고예방 대책

- 가동 중에 금형조정·확인 작업시 설비가동 중지
 - 작업 범위 내 청소·정비·수리 작업시에는 당해 기계의 전원 차단
- 작업 안전 수칙 게시 및 준수
 - 안전 수칙 제정 및 안전 교육 실시

회전하는 드릴날에 면장갑이 말림

사고개요 탁상용 드릴링머신의 테이블에 공작물을 올려 놓은 상태에서 왼손으로 공작물을 잡고 오른손으로 이송레버를 작동시켜 구멍을 뚫는 작업중 면장갑을 착용한 왼손이 회전하는 드릴날에 말려 사고를 당함



사고발생 원인

- 면장갑을 착용한 상태로 드릴 작업 수행
- 테이블에 공작물을 고정하지 않은 상태로 왼손으로 잡고 작업을 실시

사고예방 대책

- 드릴날 전면에 신체접근방지용 방호덮개 설치
- 회전하는 드릴날에 접촉시 말려들 위험이 있는 면장갑 착용 금지
- 공작물은 반드시 바이스를 이용하여 테이블에 견고하게 고정시킨 상태에서 작업

가동 중인 밴드쏘의 톱날에 접촉

사고개요 송재차에서 이탈된 재료를 정상위치에 셋팅 시킬 의도로 송재차와 락톱기계 톱날 사이를 지나가던 중 락톱기계 톱날에 끼여 사망한 사고



사고발생 원인

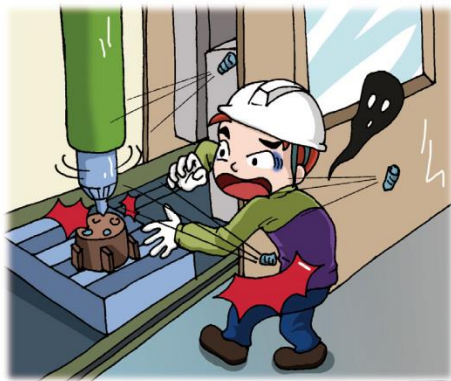
- 톱톱날 주변을 이동하다가 가동 중인 톱날에 절단
- 위험범위내 접근해야 할 경우 기계를 정지하는 등의 안전수칙 미준수

사고예방 대책

- 가동 중인 톱날 등으로 인해 절단위험이 있는 곳은 통행 금지
- 가동 중인 기계 주변을 통행하거나 근접 작업을 할 경우 기계를 정지시킨 후 작업 수행
- 작업에 사용되지 않는 톱날 부위는 노출이 되지 않도록 방호덮개 설치

머시닝센터 가동 중 절삭공구가 날아와 맞음

사고개요 공작물의 면가공을 위하여 머시닝센터 가동 중 절삭공구가 고속으로 회전하는 엔드밀에서 이탈되면서 피해자의 복부를 강타하여 사망한 사고



사고발생 원인

- 절삭공구 부분의 검사, 조정 작업 시 기계 설비의 전원 차단 미 실시
- 날아오는 공작물에 대비하여 도어가 설치되어 있거나 열어놓은 채 작업 실시

사고예방 대책

- 절삭공구 부분의 검사, 조정 작업 시 기계 설비의 전원을 차단하고 작업 실시
- 날아오는 공작물에 의한 사고를 예방하기 위해 안전문을 반드시 닫은 후 작업 실시

파손된 연삭숫돌이 날아와 맞음

사고개요 파이프 절단용 바이트 날을 탁상용 연삭기로 연삭 작업 중 연삭숫돌이 파손되면서 숫돌파편이 날아와 피해자의 흉부를 강타하여 사망한 사고



사고발생 원인

- 측면 덮개가 제거된 상태에서 연마 작업 중 숫돌이 파손되며 흉부 강타
- 연삭숫돌 사용 전 숫돌의 균열 등 발생 여부에 대한 점검 미 실시

사고예방 대책

- 연마 작업 시에는 숫돌 파손 시 파편 충격에 견딜 수 있는 충분한 강도를 가진 덮개를 측면을 포함하여 전체적으로 설치 및 기능 유지
- 작업 시작 전 1분 이상, 연삭숫돌 교체 후 3분 이상 공회전을 통해 숫돌의 결함 유무를 확인 등의 연삭작업 안전수칙 준수

고압멸균기 작업 중 화상

사고개요 고압멸균기를 이용하여 박테리아 배양용액을 멸균 처리한 후 꺼내던 중 가열된 배양용액이 들어있는 삼각플라스크가 파열되면서 오른팔에 화상을 입는 사고 발생



사고 발생 원인

- 고온의 유리기구 취급 시 개인보호구 미착용
- 작업 전 유리기구 등 깨지기 쉬운 기구에 대한 상태 확인 미실시

사고 예방 대책

- 고온의 유리기구 등 취급 시 안전장갑 등의 보호구를 반드시 착용하고 취급
- 깨지기 쉬운 유리기구 등은 작업 전 상태를 확인하고 내구성이 확보되는 기구 사용
- 고압멸균된 유리기구 등을 멸균 후 바로 차가운 바닥에 놓는 행동 금지

고압실험장치 폭발

사고개요 고압장치의 시운전을 위해 이산화탄소를 기기에 주입하던 중 고압장치가 폭발하여, 장치를 설치하던 머리에 파편을 맞고 사망한 사고



사고 발생 원인

- 고압력 장치가 고압을 견디지 못하고 폭발한 단순 폭발사고로 추정

사고 예방 대책

- 고압에서 작동하는 기계 설비의 경우, 필히 낮은 압력부터 서서히 단계별로 압력을 올리며 장치의 반응을 살펴보고 오작동 및 누설 여부에 대한 테스트 시행
- 고압장치는 반드시 안전검사 시험에 통과한 장치만 사용
- 고압장치의 경우 가능한 한 원거리 작동이 가능하도록 설계하고, 만약의 경우를 대비하여 사고가 발생할 경우 폭발 및 파편에 의한 피해를 최소화하기 위한 방호판 설치