



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학 석사 학위 논문

산업용 기계 안전 연동장치 설치와 정상
사용을 통한 재해감소 방안 연구

A Study on the Installation of Industrial Machinery
Safety Interlocking System and Its Normal Use

울산대학교 일반대학원
안전보건전문학과
구정호

산업용 기계 안전 연동장치 설치와 정상
사용을 통한 재해감소 방안 연구

지도교수 임 옥 택


이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함


2018년 12월

울 산 대 학 교 일 반 대 학 원
안 전 보 건 전 문 학 과
구 정 호

구정호의 공학석사학위 논문을 인준함

심사위원 박규열 (인) 

심사위원 전종업 

심사위원 임옥택 

울산대학교 대학원

2018년 12월

국문 요약

산업용 기계 안전 연동장치 설치와 정상 사용을 통한 재해감소 방안 연구

울산대학교 일반 대학원
안전보건전문학과
구 정 호

산업용 기계의 안전 연동장치는 원칙적으로 기계에서 발생할 수 있는 말림 및 끼임 등으로부터 근로자의 신체를 보호해준다. 하지만 산업현장에서는 안전 연동장치의 기능을 무효화 하는 경우가 비일비재하며 근로자의 소중한 생명을 빼앗아 가는 사고가 지금도 발생하고 있다. 산업용 기계의 범위는 매우 넓고 모든 부분에 대해 다루기는 쉽지 않지만 본 연구는 공통된 위험요인에 대한 중대재해 사례 및 산업재해 통계를 바탕으로 재해 감소방안을 제안한다.

현재 산업안전보건법상 법 23조 안전조치, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제1장 기계·기구 및 그 밖의 설비에 의한 위험예방 관련 조항을 살펴보면 안전 연동장치에 대한 제작 및 설치에 대한 법적 의무 규제사항은 전무한 것이 현실이다.

또한 법 제35조(자율안전확인)의 신고 관련 고용노동부 고시 제2017-52호 위험 기계·기구 자율안전확인 고시 제19조(제작 및 안전기준) 공작기계(선반, 드릴기, 평삭·형삭기, 밀링)의 제작 및 안전기준은 연동장치에 대해 설치를 언급하고 있지만 어떤 방법과 어떤 기준으로 설치하고 사용해야 하는지 명확한 기준이 없다.

그리고 안전 연동장치에 대한 제품인증 등 검증 방법에 대한 기준도 현재는 법으로 제정되지 않아 조속히 정확한 제작 및 설치 기준과 안전 연동장치에 대한 제품의 법적 의무화가 필요하다고 판단한다.

이 연구를 통해 산업용 기계로 발생하는 업무상 사고사망자수를 줄일 수 있기를 기대하며 대한민국 산업안전의 정책적 보완에 기여하고자 한다.

목 차

I. 서론	
1. 연구 배경 및 목적	4
1.1. 연구 배경	4
1.2. 연구 목적	5
2. 연구 내용 및 연구 방법	6
II. 산업용 기계의 정의와 재해 현황	
1. 산업용 기계의 정의 및 위험요인	8
1.1. 기계의 정의	8
1.2. 기계의 위험요인	8
2. 산업용 기계 재해발생 통계(2015~2017년)	14
3. 사고사망 중대재해 사례	18
4. 주요 산업용 기계 방호장치의 예	22
III. 안전 연동장치(인터록 기구)	
1. 안전 연동장치 제어시스템	27
1.1. 안전 확인형 제어시스템	27
1.2. 인터록 기구의 의의	27
1.3. 인터록의 기본구성 요소	28
2. 안전 연동장치의 회로 종류	31
IV. 안전 연동장치 설치 규제사항	
1. 법 기준	37
2. 기타 기준	38
3. 국외 범위반 처벌 사례	40
V. 결론	
1. 연구결과 요약	42

참고문헌

부록

< 표 차 례 >

1. <표 2-1> 전체 산업용 기계 연도별 중대재해발생 건수	14
2. <표 2-2> 최근 3년간 중대재해 발생 형태	15
3. <표 2-3> 최근 3년간 중대재해 발생 기인물	15
4. <표 2-4> 최근 3년간 제조업 중대재해 발생 중업종별 분류	16
5. <표 2-5> 최근 3년간 제조업 규모별 업무상 사고사망자 수	16
6. <표 2-6> 최근 3년간 제조업 직종별 업무상 사고사망자 수	17
7. <표 3-1> 광전자 안전장치의 오류 특성	28
8. <표 3-2> 위험검출형과 안전확인형의 차이	29
9. <표 3-3> 공작기계 등에 사용되는 인터록 기구의 예시	30
10. <표 3-4> 비상정지 버튼의 예	31
11. <표 4-1> 공작기계 자율안전확인신고 적용범위	38
12. <표 4-2> 공작기계 자율안전확인신고 안전 연동장치 사항	38
13. <표 4-3> 안전 연동장치 선택에 대한 KS 규격 요지	39

< 그림 차례 >

1. [그림 1-1] 2017년 업종별 사고재해자 현황.....	6
2. [그림 1-2] 2017년 업종별 사망재해자수 현황.....	6
1. [그림 2-1] 사고의 흐름도	9
2. [그림 2-2] 운동의 형태.....	9
3. [그림 2-3] 협착점 형성과 예.....	11
4. [그림 2-4] 끼임점 형성과 예.....	11
5. [그림 2-5] 절단점 형성과 예.....	12
6. [그림 2-6] 물림점 형성과 예.....	13
7. [그림 2-7] 접선 물림점 형성과 예.....	13
8. [그림 2-8] 회전 말림점 형성과 예.....	14
9. [그림 2-9] 머시닝센터 중대재해 사례	18
10. [그림 2-10] 선반 중대재해 사례	19
11. [그림 2-11] CNC 보오링기계 중대재해 사례	20
12. [그림 2-12] 다이캐스팅기 중대재해 사례	21
13. [그림 2-13] 선반가공의 구분.....	22
14. [그림 2-14] 실드 방호장치.....	23
15. [그림 2-15] 긴 물건 가공 시 덮개.....	23
16. [그림 2-16] 척의 덮개 변경	23
17. [그림 2-17] 방진구	23
18. [그림 2-18] 바이트(bite)	24
19. [그림 2-19] 칩브레이커	24
20. [그림 2-20] 밀링기계의 예	25
21. [그림 2-21] 밀링가공의 분류	25
22. [그림 2-22] 밀링의 절삭구분	26
23. [그림 2-23] 칩 비산 방지덮개	26
24. [그림 3-1] 페일세이프식 AND 회로	34
25. [그림 3-2] R1~R3은 강제 가이드식 안전 릴레이	35
26. [그림 4-1] 2012~2017년 HSE와 COPSFS(스코틀랜드) 기초건수	41
27. [그림 4-2] 지방당국과 HSE가 발행한 위반통보 건수	42

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

1.1 연구배경

4차 산업혁명에 따른 제조공장의 스마트 공장화에 따라 무인·고속 자동화설비의 보급이 확대되고 있으나 산업용 기계 관련 안전 연동장치(센서 및 스위치류 등) 설치 및 정상 사용에 대한 안전성 및 신뢰성을 확보하기 위한 제도적 장치가 아직도 미흡하다.

기계의 위험은 끼임점, 절단점, 물림점, 회전물림점 등이 존재하여 산업현장에서 기계로 인한 재해가 빈번히 발생하고 있다. 재해 발생 수준은 **아차사고**¹⁾부터 사망재해로 이어지고 있지만 제작자와 사업주, 작업자는 재해발생의 심각성을 인지하지 못하고 있다. 따라서 산업용 기계에 대한 위험성이 무엇인지 알아볼 필요가 있다.

산업용 기계가 위험한 이유는 첫째, 운동하고 있는 작업점을 가지는 것이다. 가공(加工)작업의 대부분은 작업자가 직접 가공물을 작업점에 공급하기 때문에 잘못하여 작업점에 손이 들어가거나 신체의 균형을 잃어 작업점(위험점)에 접촉하기도 하여 공구나 날 등에 의하여 손 및 손가락 등이 끼임 등의 재해가 발생한다. 따라서 기계의 운전 중 이들의 위험에 대해서는 신체와 작업점을 어떠한 방법으로든지 격리시키지 않으면 재해를 예방할 수 없다. [1]

둘째, 작업점이 큰 힘을 가지고 있고 작업점은 일반적으로 전동(motor)을 동력원으로 한다. 전원 스위치를 넣으면 작업점은 항상 운동하고 그것에 의해 작업점이 큰 에너지를 가진다. 또 작업점은 전동기에 직결 되어 있는 것은 거의 없고 대부분의 경우 전동기의 속도를 작업하기 쉬운 속도로 하거나 작업점에 큰 힘을 얻기 위한 목적도 있지만 감속에 의해서 작업점은 전동기의 회전에 비하여 2배 또는 3배 이상의 큰 회전력을 가질 수 있다. 이와 같이 큰 에너지나 큰 회전을 가지고 있는 작업점에 만약 작업자의 신체가 접촉되거나 회전하고 있는 작업점에 신체일부가 말려드는 경우, 작업자의 힘으로 작업점의 운동을 정지시키는 것은 불가능하다. 따라서 손이나 손가락이 절단되기도 하고 말려들어서 으스러지기도 하는 영구장해를 일으키기도 한다. 기계는 이러한 위험성에 대하여 작업점을 순간적으로 정지시키는 것은 거의 불가능하다. 이 경우도 가장 효과적인 대책은 손과 신체 일부 작업점을 격리시키는 것이다. [1]

셋째, 동력 전달부분이 있다. 기계는 대부분 전동기에서 작업점까지 풀리(pulley), 기어(gear), 벨트(belt), 축(shaft) 등의 동력전달부분이 있고 이들은 일반적으로 회전운동을 하고 있다. 따라서 이러한 부분도 항상 작업자의 손과 의복, 장갑들이 말려들 위험성을 가지고

1) 실제 사고가 발생한 것이 아니라 발생할 수 있었던 상황의 사고

있다. 한편 조용히 회전하고 있는 풀리나 축(shaft) 등에 의복 등이 말려들면 강한 힘으로 작업자를 끌어당긴다. 이러한 위험성에 대해서는 이들 동력 전달 부분을 가드(guard), 덮개(cover)등을 사용하여 작업자와 접촉되지 않도록 해야 한다.[1]

넷째, 부품(部品, Element or part)의 고장은 반드시 있다. 기계는 대단히 많은 부품과 요소로 구성되어 있으며 상호간 운동에 의하여 기계의 기능을 발휘한다. 그러나 운동 부분은 부품의 마멸을 반드시 수반하며 가공물을 가공할 때 진동이나 충격 등에 의해 부품의 균열과 파손이 발생한다. 기계에는 전기부품이 많이 사용되고 있지만 이 부품도 수명이 있다. 이러한 기계부품이나 전기부품의 결함과 고장에도 기계는 정상적인 운동(작동)을 시작하기도 한다. 이러한 이상(異常) 운동에 의한 재해가 발생한다. [1] 따라서, 규칙적인 안전점검과 검사로 인하여 보수하여 사전 이상 현상으로 발생할 수 있는 재해를 사전에 예방해야 할 것이다.

복잡하고 다양한 기계의 작동 및 작업점(위험구역)으로 인하여 발생할 수 있는 다양한 산업재해에 대한 경각심과 안전을 우선 하는 제조자, 사업주의 책임과 작업자의 작업 준수 사항이 필요한 시점이라 생각하며 안전 연동장치에 대한 설치와 사용에 대한 사고 재정립이 필요하다. 또한, 산업용 기계의 작업점에서 작업자를 안전하게 격리 시킬 수 있는 조치가 바로 안전 연동장치이다.

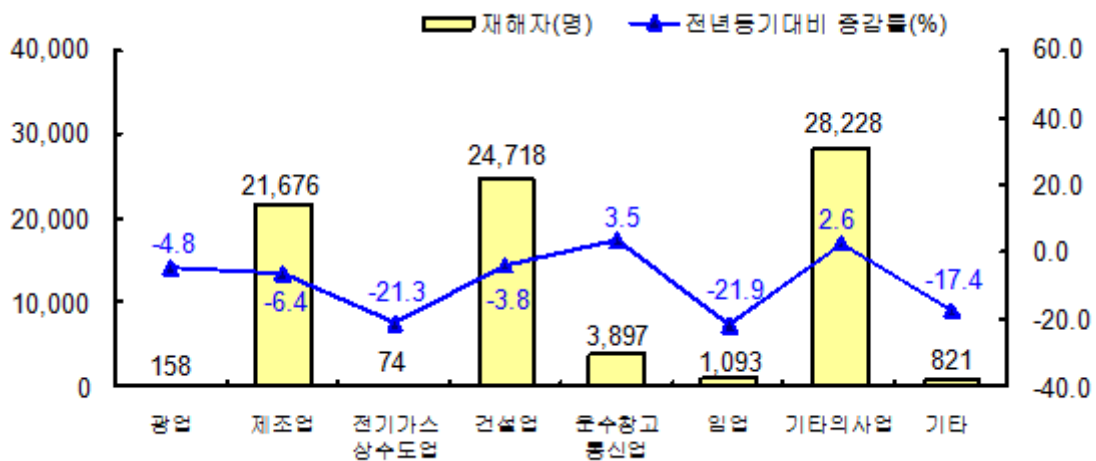
1.2. 연구 목적

산업현장에서 기계로부터 안전조치를 취하지 않으면 언제든 큰 재해가 발생 할 수 있음을 인지하고 있지만 생산의 편리성으로 인해 기계에 대한 위험성 부분은 간과하고 있고 매년 산업용 기계를 통한 재해가 발생하고 있다. 산업용 기계에 대한 **안전 연동 장치**가 얼마나 중요한 역할을 하고 있고 재해 예방에 얼마만큼 큰 부분을 차지하고 있는지 많은 사업주와 근로자들은 인지하고 있다. 하지만 작업의 편의를 위해 안전 연동장치 기능 무효화하여 사용하고 있다면 큰위험에 노출되어 있을 것이다. 이 연구는 **산업용 기계 안전 연동장치에 대한 안전인증 법적 의무화**를 통한 **연동장치 사용에 대한 법적 처벌 수위를 높이도록** 하여 산업현장에서 쓰이고 있는 **산업용 기계에 대한 재해 감소 방안**을 강구 할 것이다.

2. 연구 방법 및 연구 내용

국내 산업재해 수준을 알아보기 위해 2017년 고용노동부에서 발표한 산업재해 중 사고재해자 발생 현황을 살펴보았다. 아래와 같이 업종별, 사고재해자수, 사고사망자수 등을 통해 게시되고 있다. 또한, 세부업종별, 연령대별, 지역별, 재해발생 형태별에 대한 사항은 확인할 수 있었다.

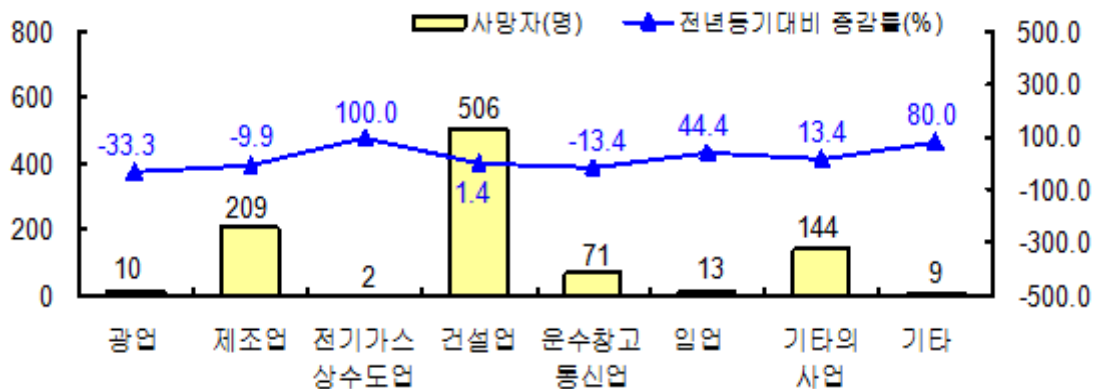
○ 2017년 고용노동부 공표 사고재해자 현황



[그림1-1] 2017년 업종별 사고재해자 현황 [2]

- ※ 기타의 사업은 통상 서비스업으로 지칭되는 도·소매업, 보건 및 사회복지사업, 음식·숙박업 등이 포함되어 있음
- ※ 기타는 어업, 농업, 금융보험업임

○ 2017년 고용노동부 공표 사망재해자 현황



[그림1-2] 2017년 업종별 사망재해자수 현황 [2]

2017년 사고재해자수는 기타의사업 28,228명, 건설업 21,676명 순으로 발생하였고 사망자수는 건설업 506명, 제조업 209명, 기타의사업 144명 순으로 발생하였다.

더욱이 기인물²⁾로 인한 재해 발생 현황을 통해 산업용 기계에 대한 재해 발생 현 주소를 파악해 볼 필요가 있었다. 연구 방법은 한국산업안전보건공단 산업재해통계시스템과 산업용 기계에서 발생한 중대재해 사례를 활용할 것이다. 또한, 국내외 법과 규격집도 활용할 것이다.

그리고 이 연구를 통해 아래의 사항들을 제시를 할 것이다.

- 기계의 위험요인들은 무엇인지 조사
- 산업용기계에 대한 최근 3년간('15년~'17년) 발생한 재해 통계
- 안전 연동장치에 대한 가장 안전한 방법의 설치 방향을 제시
- 안전 연동장치에 대한 의무 안전인증 필요성

이 연구를 통해 안전연동 장치로 인한 산업용 기계의 재해 감소에 기여 하고자 하며 나아가 지속적으로 발생하는 산업재해를 예방하고자 한다.

2) 재해 발생에 대한 직접적 원인을 제공한 물건 또는 물질

II. 산업용 기계의 정의와 재해 현황

1. 기계의 정의 및 위험요인

1.1 기계의 정의

기계(機械, Machinery)는 서로 다른 2개 이상의 부품이 조립되어 외부에서 동력을 일으킬 수 있는 에너지(energy)를 전달 받아 유용한 일을 하는 것을 의미하며 작업을 하기 위해 필요한 기계 및 기타 부대시설 장치 즉 국소배기장치, 조명 및 절삭유 공급 장치 등이 모두 합해진 기계작동을 위한 하나의 시스템(system)을 기계설비라고 한다. [3] 그리고 산업 현장에서 쓰이는 모든 기계설비를 산업용 기계로 정의하도록 하겠다.

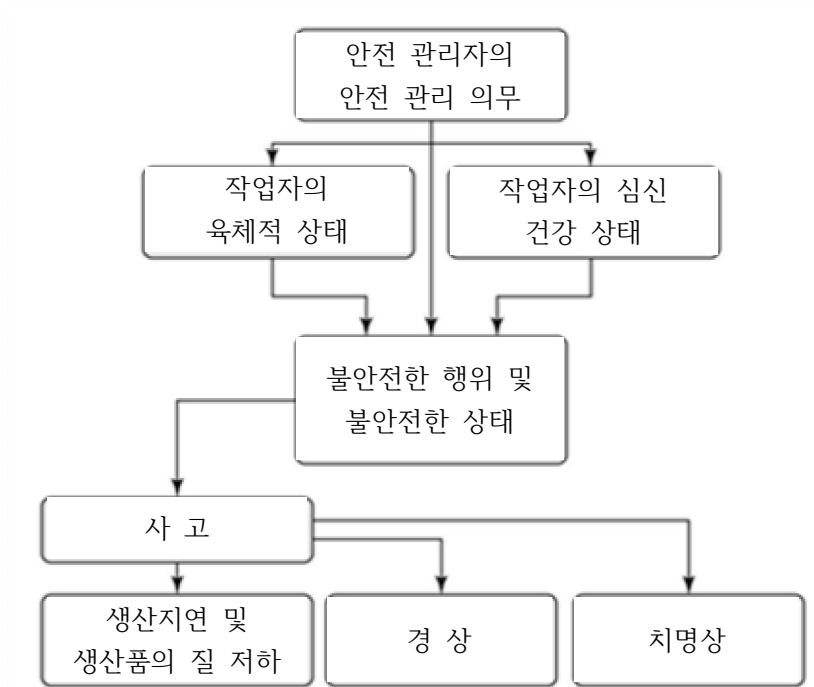
앞에서 언급한 설비(Equipment)는 압력용기, 배관, 국소배기장치 등 생산 공정에 필수이지만 그 자체 일을 하지 못하며 측정기구와 같이 자체로 일을 하지 못하는 생산에는 필수 보조하는 것을 기구(Instrument)라 한다. 또한, 시설(Facility)은 사무실, 창고, 외곽철조망 등 직접 생산 공정에 해당되는 것이 아니고 보조 기능을 의미한다. [3]

기계를 크게 동력기계(動力機械)와 작업기계(作業機械)로 구분할 수 있다. 동력기계로는 자동차 등이 원동기류를 들 수 있으며 작업기계(공작기계)로는 선반(lathe), 밀링(milling machine) 등과 같은 생산 기계와 컨베이어(conveyor), 크레인(crane), 호이스트(hoist)와 같은 운반하역기계, 불도저(bulldozer), 믹서(mixer) 등과 같은 건설용 기계 및 이앙기 탈곡기(threshing machine) 등의 농업용 기계 등으로 나눌 수 있으나 기계사용목적과 구조 에너지(energy) 변환 등에 다양하게 구분한다. 이 연구는 작업기계인 공작기계에 대해 전반적으로 연구를 할 것이다.

1.2 기계의 위험요인

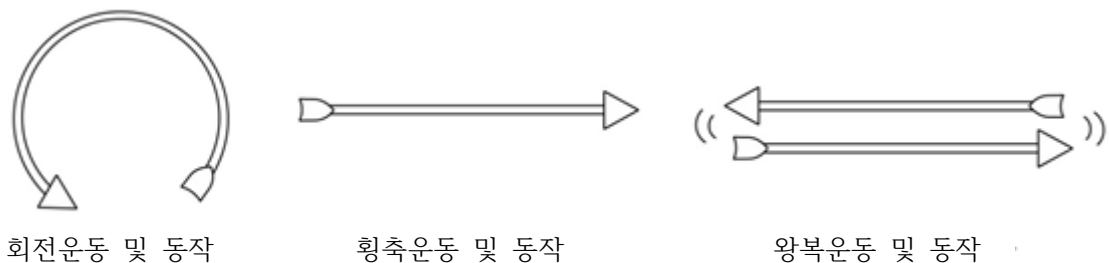
1.2.1 사고의 흐름도(Accident flow chat)

[그림2-1]는 사고의 분석을 도식적으로 나타낸 흐름도이다. 흐름도의 윗부분은 사고 발생에 기여하는 요인과 불안정한 행위와 그리고 불안정한 상태에 놓이는 원인들을 보여주고 있다. 여기서 관리적인 의무와 불안정한 행위와 불안정한 상태가 주된 근원적 3가지 사고 방지대책에서 고려해야 한다는 내용이다. 또한, 사고를 분석하는데 중요한 점은 사고에 관련된 많은 구성 요소들의 규명과 평가이다. 특히 기계안전에서 사고(incident)는 사고 요인을 분석하기 위하여 기계의 위험부를 나타내려는 노력은 끊임없이 이루어져 왔다. [4]



[그림2-1] 사고의 흐름도[4]

1.2.2 기계의 운동형태로 나눈 위험 분류



[그림2-2] 운동의 형태 - 참고(OSHA pamphlet 2057호) [4]

○ 회전운동(回傳運動, Rotating motion) 및 동작

플라이휠(fly wheel), 팬(fan), 풀리(pulley), 축(shaft) 등과 같이 회전운동을 하는 부위는 다음과 같은 위험이 상존한다.

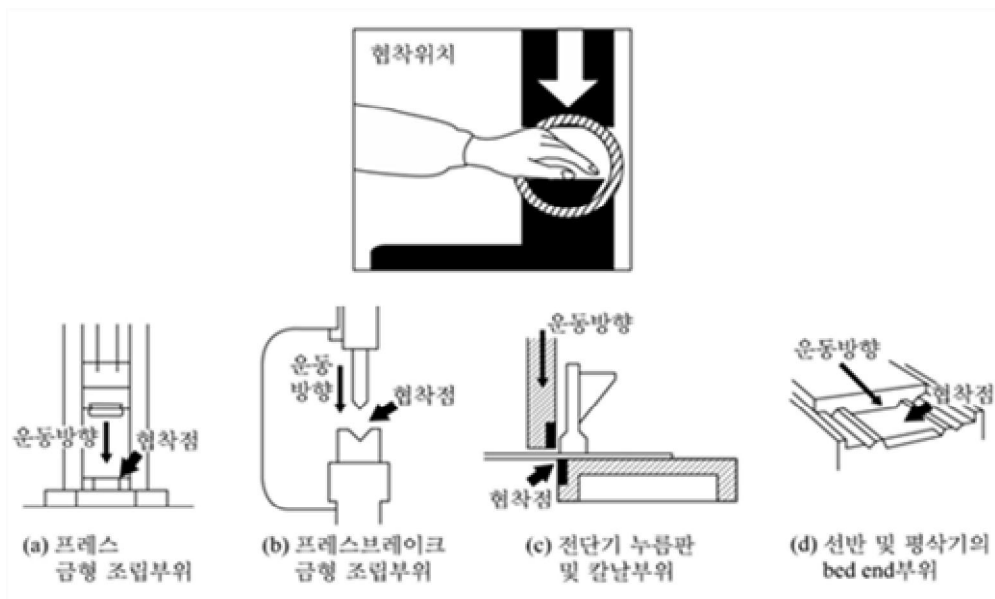
- 접촉으로 인한 말림
- 고정부와 회전부 사이에 끼임 등 형성
- 회전체 부딪힘

- 횡축운동(橫軸運動, Rectilinear motion) 및 동작
움직이는 기계의 운동부와 고정부 사이에 위험이 형성되며 작업점과 기계적 결합 부분에 위험이 상존한다
- 왕복운동(往復運動, Reciprocating motion) 및 동작
왕복운동부와 고정부 사이에 위험이 형성되며 운동부 전후좌우 등에 적절한 안전조치가 필요한 기계이다. 즉 프레스 및 셰이퍼 등을 들 수 있다. 이것을 상대 운동이라고도 한다.
- 기타 운동 및 동작 작업의 위험
 - 진동 가공품이나 기계부품 진동에 의한 위험
 - 가공중인 소재 특히 회전소재 가공접촉 위험
 - 부착공구 및 지그(jig) 등의 이탈 작동중인 기계에 부착공구, 지그(jig) 등의 이탈에 의한 위험
 - 가공(加功) 결함 열처리, 용접불량, 가공불량 등에 의한 기계 파손의 위험
 - 비(非)기계적 위험 X선 등의 방사선, 자외선, 압력, 고온, 소음 등에 의한 위험이 상존함으로써 기계설비는 많은 위험 요소를 갖고 있다. 따라서 생산을 위한 절대 필요한 기계 설비라 하지만 각 운동부분에 한 작업점 방호는 불안정한 행동에 기인한 재해방지가 가장 기본적인 예방 중의 하나이다. 따라서 기계에 의해 발생하는 재해는 강도율이 높으며 원동기, 회전축, 치차, 풀리, 키(key) 벨트(belt) 등의 동력전달장치, 재료의 송.배급장치 및 부속주변기기 등 위험점에 작업자가 노출되는 경우가 많아 이에 체계적인 방호책 수립 시행이 반드시 필요하다.

1.2.3 기계설비의 위험점³⁾ 6Type

- 1 Type : 협착점(squeeze point) 왕복운동 하는 운동 부위와 고정 부위상에 형성되는 위험점을 말한다. [그림2-3] 사업장의 기계설비에서 많이 볼 수 있으며 이러한 위험점이 곧 작업점(作業点)이다. [4] 2013년 2월 22일 시행(산재예방정책과-1005, 산업재해발생형태 용어정비)된 발생형태 용어 중 혼란이 있어 협착이라는 단어는 고용노동부 정책으로 사용하지 않고 있다. 대신 깔림(물체의 쓰러짐이나 뒤집힘)이란 단어로 대체 되어 사용되고 있다고 보면 된다.
 - 프레스 금형 조립 부위
 - 프레스 브레이크 금형 조립 부위
 - 전단기 누름판 및 칼날 부위
 - 선반 및 평삭기의 bed end 부위 등

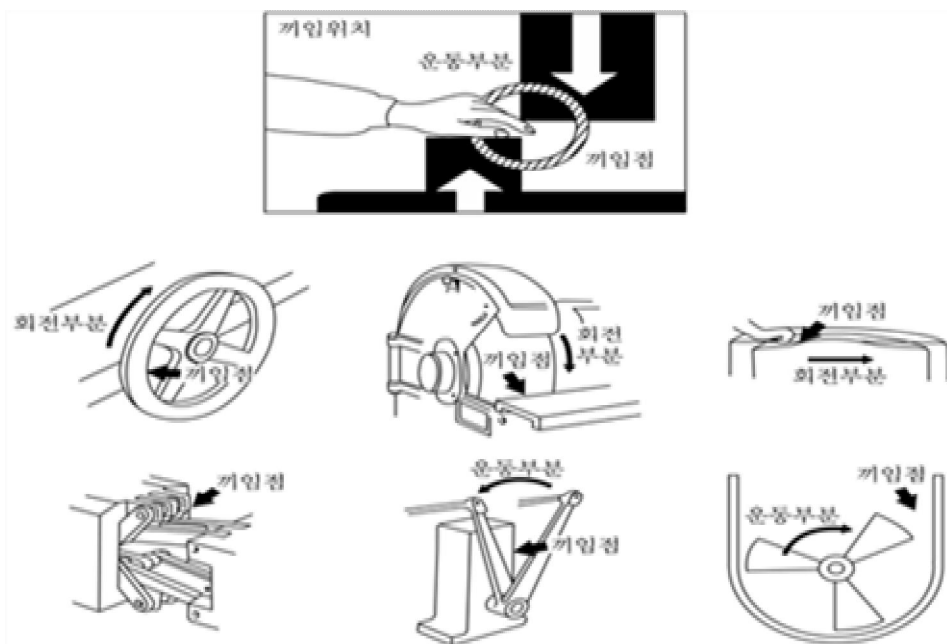
3) 여기서 “점(point)”은 작업점과 동일어로서 의도적으로 붙임 점임



[그림2-3] 협착점 형성과 예 [4]

○ 2 Type : 끼임점(shear point)은 기계설비의 비고정부분과 회전 또는 직선 운동 부분이 함께 형성하는 위험점이다. [4]

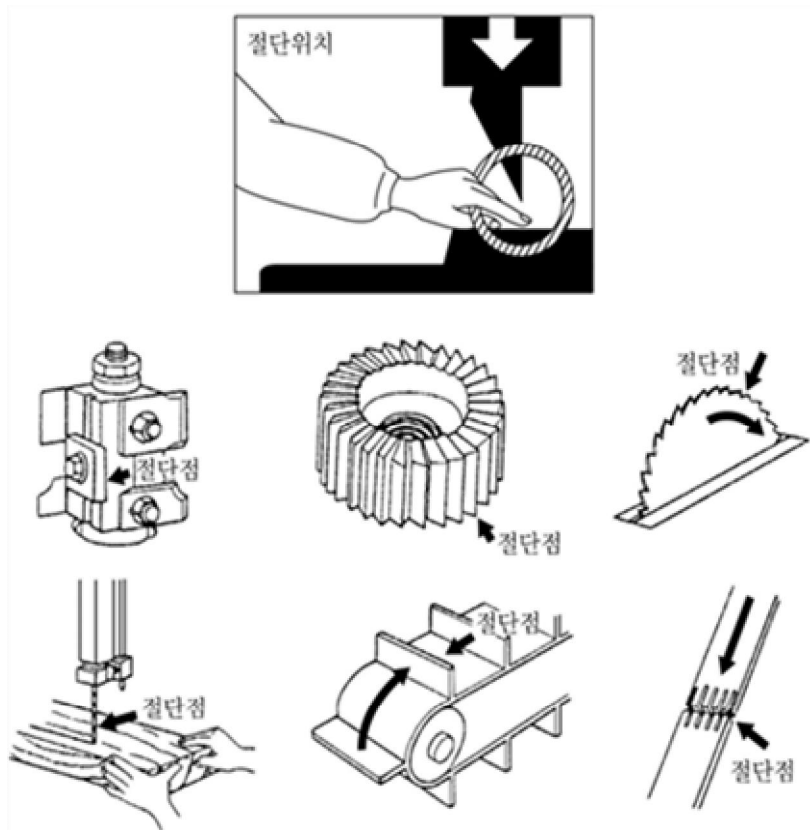
- 회전 pulley와 베드 사이
- 연삭숫돌과 작업 사이
- 탈수기 회전체와 몸체 사이
- 반복 동작 되는 링크(link)기구
- 교반기의 날개와 몸체 사이



[그림2-4] 끼임점 형성과 예 [4]

○ 3 Type : 절단점(cutting point)은 회전 또는 운동하는 부분과 기계 자체와 위험이 형성되는 점이다. [4]

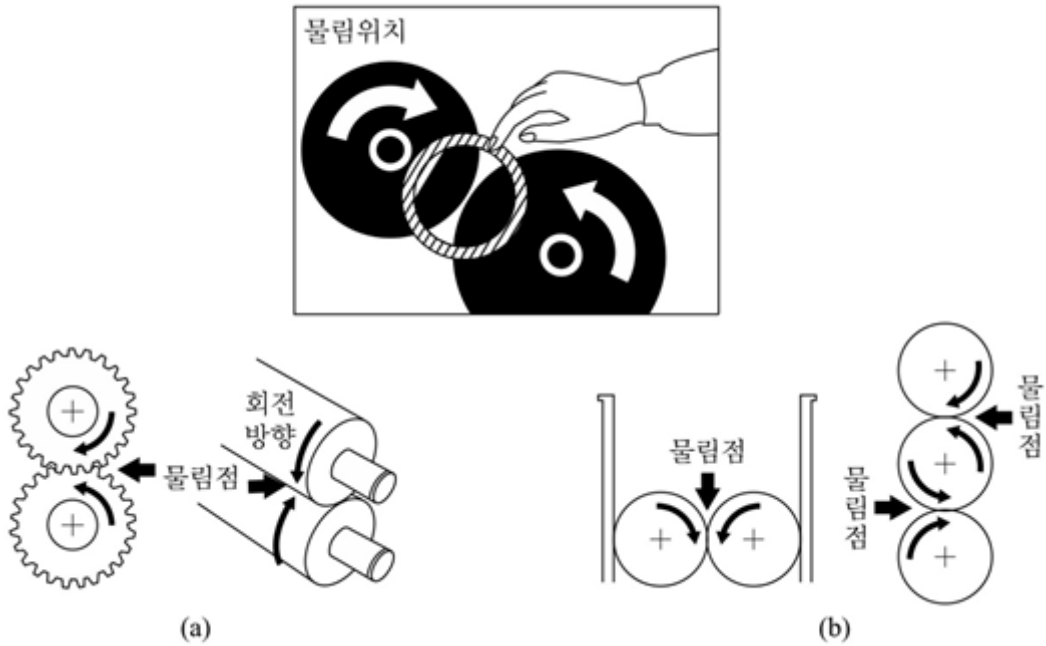
- 작동하는 링 커터 부분
- 둥근 톱날 부분
- 목공용 띠톱 작업 부분
- 컨베이어 호퍼 부분
- 평벨트 레싱 부분



[그림2-5] 절단점 형성과 예 [4]

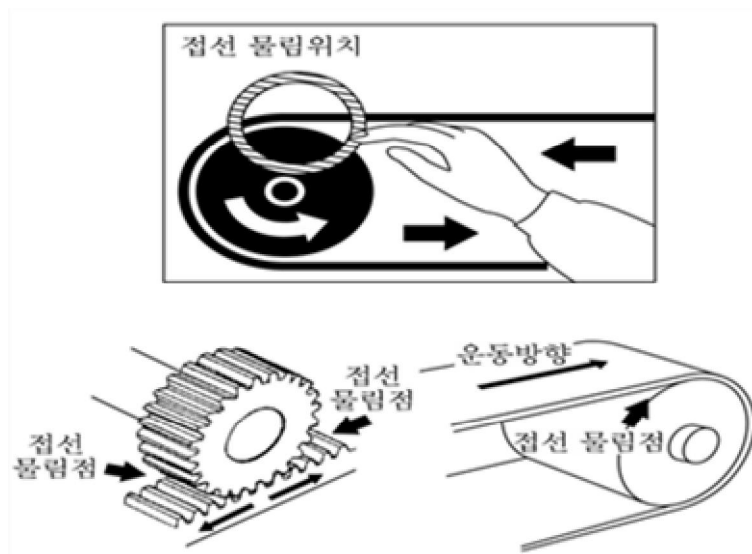
○ 4 Type : 물림점(nip point)

회전(回轉)하는 두 개의 회전축에 물려 들어갈 위험성이 형성되는 것이다. [그림 2-6] 이때 위험점이 발생하는 조건을 회전체가 서로 반방향으로 맞물려 회전되는 경우이며 그 예로써 기어(gear)의 물림(a)과 롤러(roller) 회전(b) 등이 있다. [4] 물림점 역시 끼임 (기계설비에 끼이거나 감김)으로 용어의 사용이 변경 되었다.



[그림2-6] 물림점 형성과 예 [4]

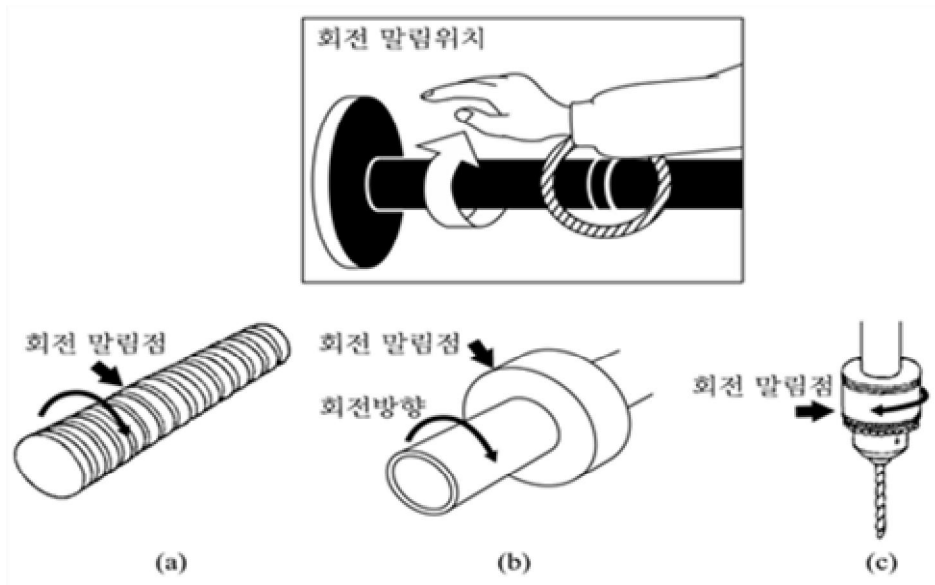
- 5 Type : 접선 물림점(tangential nip point)은 회전(回轉)하는 부분이 접선 방향 부위에 물려 들어갈 위험이 형성되는 점이다. [4]
 - V-pulley와 V-벨트
 - Chain과 스프로킷(sprocket)
 - Gear와 랙(rack)
 - Roller와 평벨트



[그림2-7] 접선 물림점 형성과 예 [4]

- 6 Type : 회전 말림점(trapping point)은 회전하는 물체의 길이 지름 등의 불규칙 부위와 돌기 회전 부위에 의해 장갑 및 작업복의 옷소매 말려들 위험이

형성되는 점을 말한다. [그림 2-8] 예를 들면 (a) 회전하는 나사 부위 (b) 돌기 등 기타 회전부 (c) 드릴링 시 드릴(drill) 가공부 등이 있다. [4]



[그림2-8] 회전 말림점 형성과 예 [4]

2. 산업용 기계 재해발생 통계(2015~2017년)

2.1 재해발생 통계

전체 산업용 기계⁴⁾의 재해발생 통계는 2015년~2017년 중대재해발생을 기준으로 분석 하였으며, 재해통계 기준 업종은 제조업, 한국산업안전보건공단 공식통계 시스템을 기준으로 연구하였다. 2015년에서 2017년까지 발생한 제조업의 중대재해⁵⁾자수는 <표2-1>을 보면 알 수 있듯이 업무상 사망재해 기준으로 692명이 사망하였다.

연 도	재해자수
2015	251 명
2016	232 명
2017	209 명
총합계	692 명

<표 2-1> 전체 산업용 기계 연도별 중대재해발생 건수

4) 공작기계, 금속가공기계, 제철제강기계, 목공기계, 운반하역기계, 섬유기계, 화학기계, 열·유체원동기, 전기기계, 건설기계 포함

5) 사망자가 1명 이상 발생한 재해, 3개월 이상의 요양이 필요한 부상자가 동시에 2명 이상 발생한 재해, 부상자 또는 직업성질병자가 동시에 10명 이상 발생한 재해

<표2-2>는 최근 3년간 발생한 중대재해 발생형태를 나타내는데 이중 기계설비에 끼이거나 감기어서 사망한 재해자수는 전체 212명(30.6%)으로 큰 비중을 차지하는 것으로 나타난다. 발생형태 기타는 물체에 맞음(날아오거나 떨어진 물체), 폭발·파열, 무너짐(건물이나 쌓인 물체), 화재, 감전 등으로 발생한 재해발생 형태에 대한 업무상 사고사망자 수이다.

(기준: 사망자 수)

발생형태	전체	2017	2016	2015
합 계	692	209	232	251
끼임 (기계설비에 끼이거나 감킴)	212(30.7%)	64	64	84
떨어짐 (높이가 있는 곳에서 사람이 떨어짐)	128(18.5%)	39	49	40
부딪힘 (물체에 부딪힘)	73(10.5%)	22	28	23
깔림·뒤집힘 (물체의 쓰러짐이나 뒤집힘)	70(10.1%)	19	27	24
기타(화재, 감전 등)	209(30.2%)	65	64	80

<표 2-2> 최근 3년간 중대재해 발생 형태

최근 3년간 중대재해 발생 기인물을 보면 일반제조 및 가공설비·기계에서 163명의 업무상 사망자가 발생하였고 전체 23.6%로 높은 비율을 차지하고 있다.

(기준: 사망자 수)

기인물	전체	2017	2016	2015
합 계	692	209	232	251
운반, 인양 설비·기계	177(25.6%)	59	64	54
일반제조 및 가공설비·기계	163(23.6%)	45	53	65
특수공정 설비·기계	44(6.4%)	10	14	20
육상교통수단	39(5.4%)	8	17	14
기타	269(38.8%)	87	84	98

<표 2-3> 최근 3년간 중대재해 발생 기인물

제조업종에 대한 통계 중업종별 중대재해 발생 분류<표2-4>를 보면 기계기구·비금속광물제품·금속가공제조업에서 249명(36.0%)의 업무상 사고 사망자수가 발생하였음을 알 수 있다. 기타는 제조업 20개업종 중 업무상 사고사망자 수 상위 4개업종을 제외한 나머지 업종이 해당이 된다.

(기준: 사망자 수)

제조업 중업별(중)	전체	2017	2016	2015
합 계	692	209	232	251
기계기구·비금속광물제품·금속가공제조업(36.0%)	249	78	74	97
화학제품제조업(12.4%)	86	20	33	33
선박건조및수리업(10.1%)	70	20	25	25
기타제조업(6.6%)	46	16	13	17
기타(34.9%)	241	75	87	79

<표 2-4> 최근 3년간 제조업 중대재해 발생 중업종별 분류

<표2-5> 최근 3년간 제조업 규모별 업무상 사고사망자 수를 보면 전국 20인미만 사업장에서 최근 3년간 373명(52.9%)이 발생하여 전체 사망자수의 절반 이상을 차지하고 있음을 알 수 있었다. 또한, 규모가 적을수록 재해가 발생할 확률이 높음을 알 수 있으며 안전관리에 대한 현실적 사항을 짐작할 수 있는 부분이 아닌지 판단하게 된다. 전국 20인미만에 대한 업무상 사고사망자 수를 줄이기 위한 방법론에 대한 부분을 반드시 고려해 보아야 한다.

(기준: 사망자 수)

규모별	전체	2017	2016	2015
합계	692	209	232	251
20인 미만	373(53.9%)	120	117	136
20인 ~ 49인	137(19.8%)	35	46	56
50인 ~ 99인	74(10.7%)	28	23	23
100인 ~ 299인	67(9.7%)	14	25	28
300인 ~ 499인	12(1.7%)	4	5	3
기타	29(4.2%)	8	16	5

<표 2-5> 최근 3년간 제조업 규모별 업무상 사고사망자 수

참고로 규모별 기타는 전국 500인~999인, 1,000 이상의 사업장에 대해 해당이 된다.

(기준: 사망자 수)

연도	전체	2017	2016	2015
합계	692	209	232	251
제조관련 단순노무직	145(21.0%)	49	42	54
목재·인쇄 및 기타 기계조작직	80(11.6%)	21	23	36
기타 기능 관련직	66(9.5%)	21	19	26
건설·전기 및 생산 관련관리직	64(9.2%)	18	25	21
금속성형관련 기능직	52(7.5%)	8	20	24
운송 및 기계 관련 기능직	45(6.5%)	16	13	16
금속 및 비금속 관련 기계조작직	45(6.5%)	15	16	14
화학관련 기계조작직	32(4.6%)	13	12	7
기계제조 및 관련 기계조작직	27(3.9%)	6	12	9
운전 및 운송 관련직	23(3.3%)	5	8	10
공학 전문가 및 기술직	10(1.5%)	2	4	4
섬유 및 신발 관련 기계조작직	10(1.5%)	4	6	0
기타	93(13.3)	31	32	30

<표 2-6> 최근 3년간 제조업 직종별 업무상 사고사망자 수

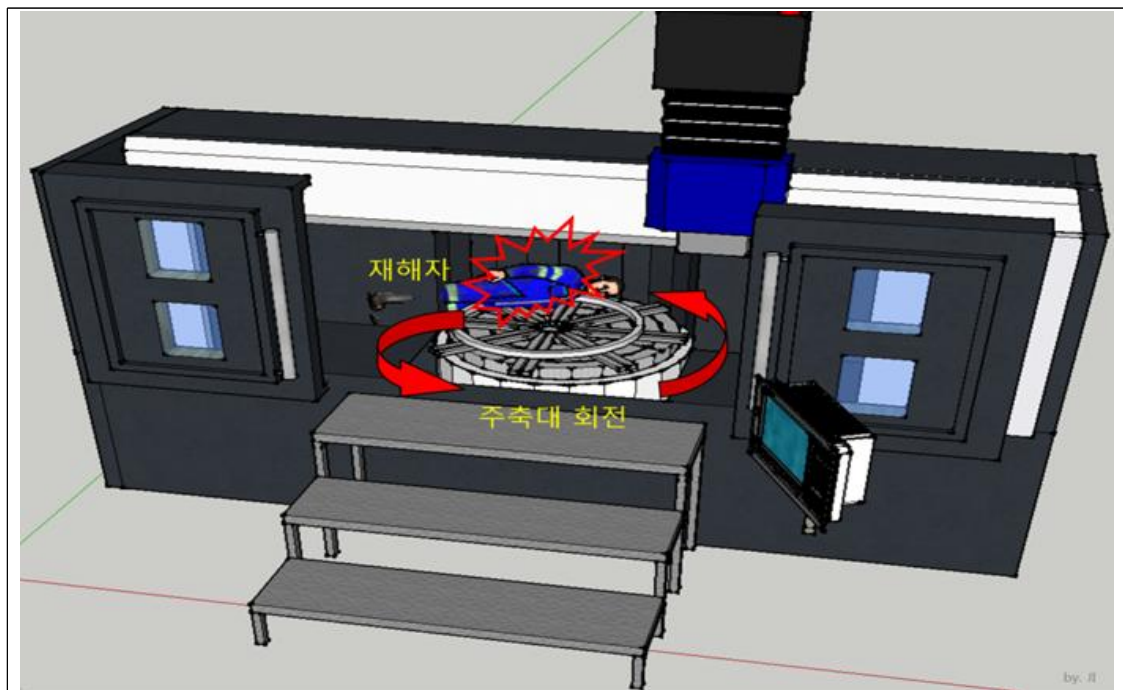
<표 2-6>은 최근 3년간 제조업 직종별 업무상 사고사망자 수를 직종별로 분류한 것이다. 제조 관련한 단순 노무직에서 재해가 주로 발생 함을 알 수 있지만 기계조작직에 관련한 사고사망자 수는 다양하게 나타나고 있음을 확인 할 수 있다.

통계를 통해 종합적으로 정리하여 보면 기계설비로 인한 끼임, 가공 관련 업종, 20인 미만 사업장, 기계 관련 직종에 대해 업무상 사고사망자 수는 높게 나타나고 있으며 산업재해예방을 위해 가장 집중해야 할 범위로 조사가 되었다.

3. 사고사망 중대재해 사례

3.1 머시닝센터 중대재해 사례 [10]

- 재해발생 요약 : 안전 연동장치를 무효화하여 터닝센터 작업 중 주축대의 척에 맞아 사망한 재해
- 재해개요 : 20 ○○ 년 ○ 월 ○○ 일 경남 김해시 소재 ○○ ○○ 현장 정삭공정에서 재해자가 터닝센터를 사용하여 부품을 가공하던 중 가공 시 발생한 칩을 제거하기 위해 터닝센터를 멈추고 내부 가공위치에 들어가던 중 기계의 주축대(Head stock)가 작동하여 넘어지며 척에 맞아 사망한 재해임
- 주요 재해원인 : 인터록 시스템(연동장치)의 도어 잠금 장치 **무효화**
- 주요 재해예방대책 : 인터록 시스템(연동장치) **정상화**



[그림 2-9] 선반 중대재해 사례

3.2 선반 중대재해 사례 [10]

- 재해발생 요약 : 철재봉강 절삭가공 기계인 CNC선반으로 베어링 가공 작업중 Loader의 Gripper 부위에 머리가 끼여 사망
- 재해개요 : 20○년 6월 ○일 10:30분경 부산시 소재 (주)○○작업장에서 자동차부품(허브 베어링)을 제조하기 위해 작업반장으로 근무하는 재해자가 철재봉재 절삭가공 기계인 CNC선반으로 허브 베어링 가공 작업중 Loader의 Gripper 부위에 머리가 끼여 사망한 재해임
- 주요 재해원인 : **Loader의 안전장치 기능 제거**(Loader 정비 또는 이물질제거 작업을 소재 투입구에 설치된 안전장치의 기능을 제거하고 작업을 실시)
- 주요 재해예방대책 : CNC Door 연동장치 작동상태 점검실시(Loader 소재 투입구에 설치된 안전장치는 작업자가 쉽게 제거할 수 없는 구조로 설치하여 Loader의 소재 투입구 **Door와 연동회로**를 구성하여 설치)



[그림 2-10] 선반 중대재해 사례 [10]

3.3 CNC 보링기계 중대재해 사례 [11]

- 재해발생 요약 : CNC 보링기계 가동 상태에서 윤활유 도포 작업 중 끼임
- 재해개요 : 2000년 8월 00일, 부산시 소재, 0000사, 합판 가공 공정 보링 작업용 CNC기계 앞에서 MDF 합판에 경첩 고정용 구멍을 뚫는 작업을 하기 위해 자재를테이블에 배열하고 기계를 작동시킨 후 테이블과 기계 몸체 사이에서 공구 왕복대에 윤활유를 뿌리다가 몸체 방향으로 이동한 테이블과 몸체 사이에 신체가 끼임
- 주요 재해원인 : 방호울 및 연동장치 미설치
- 주요 재해예방대책 : 방호울 및 연동장치 설치(CNC 기계에는 가동 중 작업자가 접근할 수 없도록 방호울을 설치하고 방호울 개방 시에는 기계의 작동이 정지 되도록 연동장치 설치



[그림 2-11] CNC 보링기계 중대재해 사례 [11]

3.4 다이캐스팅기 중대재해 사례 [12]

- 재해발생 요약 : 다이캐스팅기 운전 상태에서 이형제 분사작업 중 끼임
- 재해개요 : 20〇〇년 1월 〇일, 인천시 소재, 〇〇캐스팅(주), 금속제품 주조 공정
다이캐스팅기를 전자동으로 운전도중에 이형제 수동분사기를 이용하여 금형이
형개된 다음에 이형제 수동분사 작업 중 실수로 다이바 위험점으로 넘어져 금형
사이에 머리가 끼임
- 주요 재해원인 : 게이트가드 연동장치 기능 상실
- 주요 재해예방대책 : 게이트가드 연동장치 기능 유지(게이트 가드 연동장치 기능
제거 또는 고장 시에는 설비의 전원이 차단되어 작동이 불가능 하도록 조치)



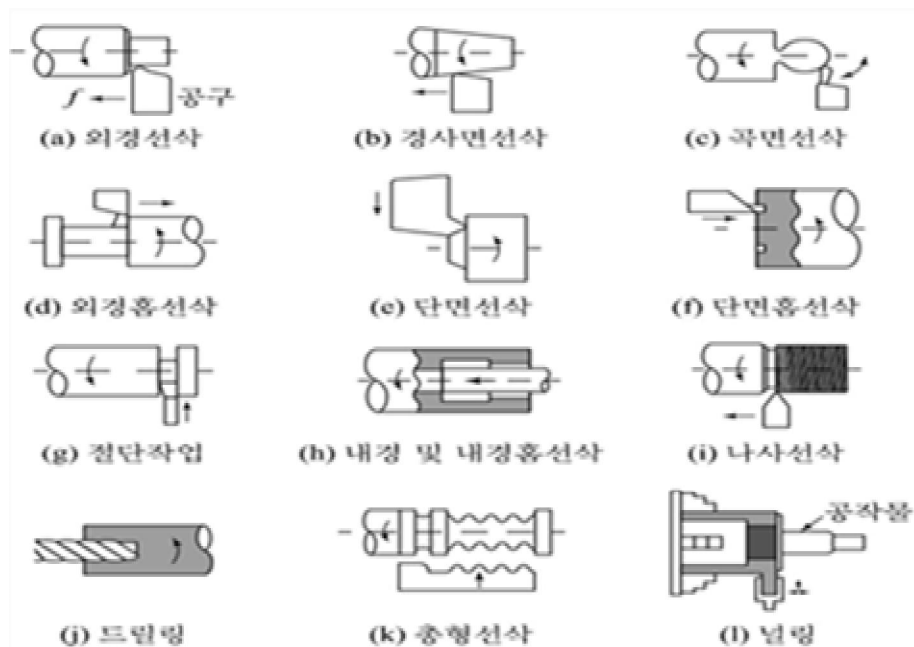
[그림 2-12] 다이캐스팅기 중대재해 사례 [12]

4. 주요 산업용 기계의 일반 방호장치의 예

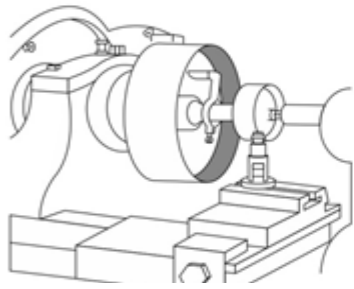
4.1 선반(lathe) 방호장치

선반은 이송량(feed per revolution)을 조절할 수 있는 절삭공구(cutting-tool 일명 바이트 bite) 등을 사용해서 주축(main shaft)과 심압(tail stock)에 고정되어 회전하는 가공물에 선삭(lathe turning), 보링(boring), 절단(cutting-off), 정면절삭(surfacing), 나사 절삭(screw cutting) 등의 가공을 실시하는 기계를 말한다. 금속가공용과 목공용이 있으며 금속가공용에는 보통선반(engine lathe), 탁상선반(bench lathe), 고속도선반(high speed lathe), 정면선반(face lathe), 터릿선반(turret lathe), 수직선반 및 NC선반 등이 있다. 선반가공은 최근에 제조 생산되는 선반 [그림2-14]은 과거와는 달리 치차(gear) 등 위험점의 부분이 프레임(frame) 내에 내장되어 있어 위험성이 많이 줄었으나 가 공재료의 칩(chip)이나 냉각유등이 비산되어 나오는 위험으로부터 보호하기 위해 전후좌우 위쪽으로 이동되는 플라스틱제의 덮개를 설치하는 것이 바람직하며 칩 비산 방지하는 커버 즉 실드(shield) 장치이다. [5]

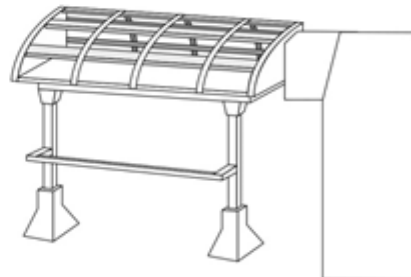
척(chuck)이나 척에 물린 가공물의 돌출부가 긴 것은 단히 위험하다. 만약에 긴 돌출부를 가진 가공물의 경우는 덮개를 부착하여 작업자의 접촉이나 작업복 등이 말려 들어가는 재해를 방지해야 한다. 다음 [그림2-15]는 긴 건물의 가공 시 사용하는 덮개이다. [5]



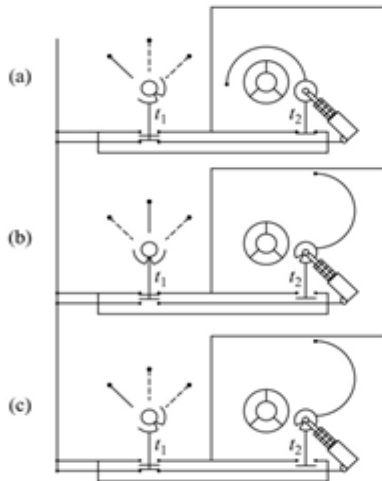
[그림2-13] 선반가공의 구분 [5]



[그림2-14] 실드 방호장치 [5]



[그림2-15] 긴 물건 가공 시 덮개 [5]



[그림2-16] 척의 덮개 변경 [5]

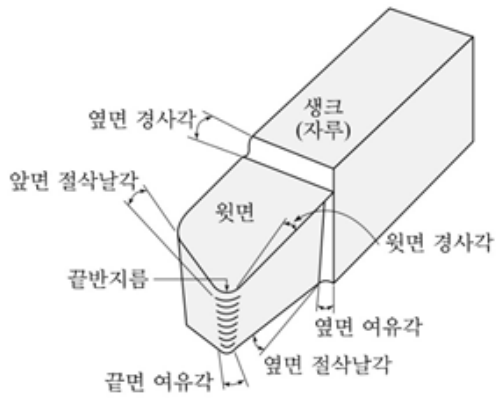


[그림2-15] 방진구 [5]

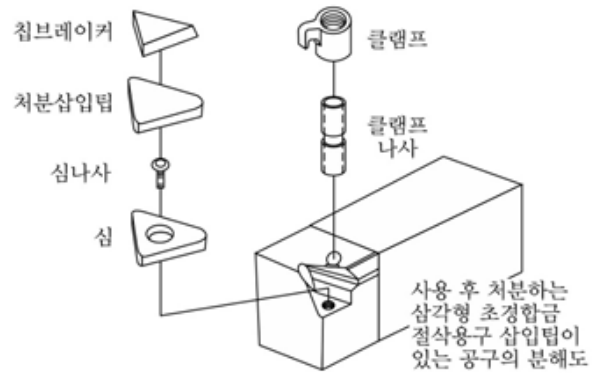
[그림2-16]은 안전 연동장치와 관련이 있는데 척의 덮개가 닫히지 않으면 동력이 연결되지 않도록 되어 있다. 핸들을 OFF위치로 옮기면 덮개의 솔레노이드록 (solenoid lock)은 벗어나 열리게 된다. 그러나 [그림2-16] (b),(c)와 같이 덮개를 닫지 않으면 주 제어 회로가 작동하지 않고 기계는 정지상태에 있게 된다. 이외에도 안전작업에서 반드시 취해야 할 안전작업에서 길이가 긴 척물의 가공에 척과 지지해주는 센터 간의 길이가 길 때에는 가공물 지름의 12배 이상 길이를 가공할 때, 진동 및 흔들림으로 가공물의 이탈방지용으로 [그림2-17]처럼 방진구(work rest)를 사용하여야 한다. [5]

선반작업에서 바이트(bite)는 가공물을 가공할 절삭공구[그림2-18]로써 없어서 안 되는 공구이다. 그러나 가공상 발생하는 칩으로 인해 손, 손가락, 팔 및 목과 얼굴에까지 상처를 주기도 하는 재해를 입기도 한다. 이럴 때의 작업안전은 계속 이음칩을 짧게 끊어주는 칩 브레이커 인서트바이트(bite)를 사용하는 것이 [그림2-17] 작업 안전기법이다. 또한 칩을 취급처리 할 때는 브러시(brush) 등을 사용하거나 포집 슈트 또는 와인딩(winding) 등을 사용하는 것도 작업안전을 확보하는 것이다. 안전작업을 도와주는 칩브레이커(chip breaker) 바이트팁(bite tip)의 공구면에 경사를 주어 흠을 형성시키는 홈 형 칩브레이커(groove type)와 공구의 경사면에 별도의 바이트팁을

부착하거나 돌기를 만드는 방식인 장애물형(obstruction type)이 있다. [5]



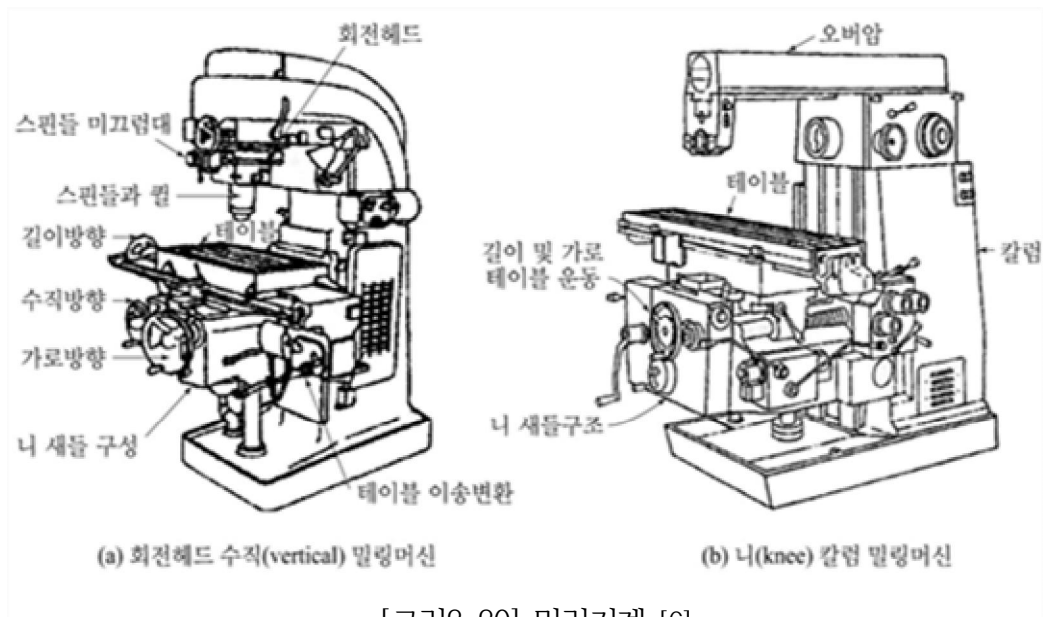
[그림2-18] 바이트(bite)[5]



[그림2-19] 칩브레이커
(chip breaker)[5]

4.2 밀링머신(milling machine) 방호장치

밀링머신(milling machine)은 링커터(milling cutter)라고 하는 다인(多刃)으로 구성 된 회전 절삭공구로 공작물을 이송하여 원하는 형식으로 절삭하는 기계가공을 말한다. [그림2-17] 공작물은 테이블에 고정되며 테이블이 세로, 가로 방향 및 상하 방향으로 이동된다. 밀링기계가 할 수 있는 가공은 사용범위가 매우 넓다는 것을 알 수 있다. [그림2-18] [6]



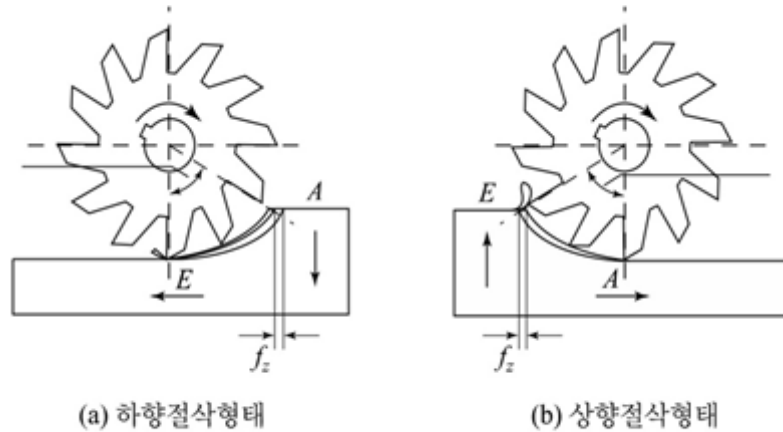
[그림2-20] 밀링기계 [6]



[그림2-21] 밀링가공의 분류[6]

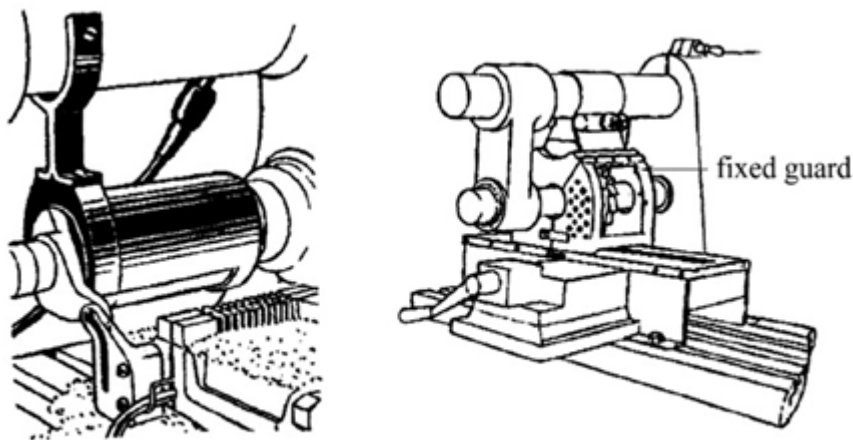
밀링커터의 가공형태에서 배출되는 칩(chip)이 작업 안전과 깊은 관계가 있으므로 가공형태를 이해하여야 한다.

여기에는 상향절삭(up cutting)과 하향절삭(down cutting)이 있다. [그림 2-22] [6]



[그림 2-22] 밀링의 절삭구분

상향절삭은 테이블 이송과 커터 회전 방향이 반이므로 칩이 절삭날의 진행을 방해하지 않는다. 따라서 공구마모가 심하다. 하향절삭은 테이블 이송(feed)과 커터의 회전 방향이 일치한다. 여기서 발생 되는 칩의 두께는 일정하다. 따라서 가공물의 고정이 쉽고 커터의 마모가 적다. 따라서 링커터가 회전하고 있을 때 작업자의 옷소매가 커터에 감겨들거나 칩이 비래 하여 눈에 들어가는 재해가 자주 일어나고 있으므로 커터를 조립하는 암(arm)에 가공물에 알맞은 덮개를 설치하면 칩의 비산, 위험을 예방할 수 있는 방호방법이다. [그림 2-23] 또한 칩의 제거 및 청소는 반드시 솔 (brush)을 사용 하고 절삭유는 가공부분에서 떨어진 커터의 상부에서 주위 되도록 하여야 한다. [6]



[그림2-23] 칩 비산 방지덮개

Ⅲ. 안전 연동장치(인터록 기구)

1. 안전 연동장치 제어시스템

1.1 안전 확인형 제어시스템

안전 확인형 제어시스템의 특징은 제어와 관련된 재해를 취급할 때 현저하게 나타난다. 예를 들어 공작기계에 의한 재해 중에는 작업자가 기동용 광전자센서를 차광함으로써 기계가 갑자기 운전을 시작하여 피해를 입는 사례가 있다. 이러한 재해는 일본에서는 작업자의 부주의로 일단락 되는 경우가 많다.

또한, 재해 중에는 안전장치나 안전 스위치 등의 안전 관련 기구가 고장이 나거나 일반적으로 작업자가 의도적으로 안전 관련 기구를 무효화한 것이 원인이 되어 재해 발생도 매우 높게 나타난다. 이러한 재해의 원인도 작업자가 안전관련기구를 유효하게 유지하지 못한 것이 원인으로 작업자의 문제로 보는 경우가 많다. 안전확인형 대책에서는 재해의 원인을 인터록기구 등의 설비대책 결함으로 파악한다.

1.1.1 인터록 기구의 의의

공작기계 등에 의한 재해는 작업자가 기계의 위험한 가동부와 접촉하여 발생 할 때가 많다. 이러한 재해를 방지하려면 우선 기계의 위험한 가동부 동작영역을 고정 가드 등으로 둘러싸 작업자와 기계를 공간적으로 분리하는 것이 기본이 된다. 하지만 실제 작업에서는 양자의 작업영역이 겹치므로 격리에 의해서는 안전을 확보할 수 없을 때가 많다. [8]

따라서 대부분의 기계는 기계의 동작영역에 인체가 진입하는 것을 검출하는 안전장치를 설치하고, 이 장치로부터 발생하는 정보를 바탕으로 기계의 운전을 허가하거나 금지하거나 하는 기구를 장착한다. 이후 이러한 기구를 인터록 기구라 한다.[8]

인터록 기구의 역할은 작업자와 기계의 접점에 개재하여 기계의 이상동작(불시작 동, 폭주 등)과 작업자의 이상행동(오조작, 위험영역 진입 등)이 발생했을 때는 즉각 기계를 정지시키고 작업자의 안전을 확보하게 된다. [8]

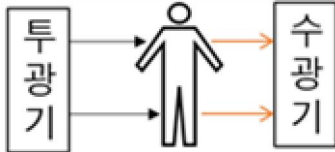
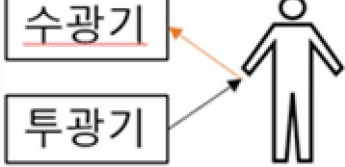
- 기계의 운전을 허가하는 것은 안전장치로부터의 정보를 바탕으로 인터록 기구가 안전을 확인했을 때로 국한한다. 바꾸어 말하면, 만일 기계가 이상 동작을 하려고 하거나 작업자가 이상행동을 했다 하더라도 인터록 기구가 안전을 확인하지 않는 한 기계의 운전은 허가되지 않는다. [8]
- 인터록기구는 안전장치로부터의 정보를 바탕으로 재해 발생이 예측될 때 즉, 각 기계의 운전을 정지하여 작업자의 안전을 확보한다. [8]

1.1.2 인터록 기구의 종류

인터록 기구에는 위험검출형과 안전확인형 등의 두 가지 형태가 있음을 확인하였다.

- 위험검출형이란 ‘위험’한 상태를 안전장치가 검출했을 때 즉각 기계를 정지하는 형태
- 안전확인형이란 ‘안전’한 상태에 있는 것이 안전장치로부터의 정보를 바탕으로 확인되었을 때에만 기계의 운전을 허가하는 형태

위험검출형과 안전확인형의 차이는 안전장치가 고장이 났을 때 현저하게 나타난다. 아래의 <표3-1>은 투과형의 광선식 안전장치(안전확인형 장치)는 투광기가 고장이 나서 발광이 정지하면 작업자가 광선을 차광한 것과 같은 상태가 되므로 기계가 정지하여 작업자의 안전이 확보된다. [8]

구 분	(a) 투과형	(b) 반사형
작동 방법		
작동 오류 특성	작업자가 광선을 차광한 것 같은 상태가 되어 기계 정지(작업자 안전확보)	위험영역 내 작업자를 검출할 수 없는 방법으로 설치하여 기계 정지를 할 수 없음

<표 3-1> 광전자 안전장치의 오류 특성

반대로 <표 3-1> (b)의 반사형 광선식안전장치(위험검출형 장치)는 투광기가 고장이 나서 발광이 정지되면 위험영역 내에 작업자가 있음에도 이 작업자로부터의 반사광을 검출할 수 없게 되므로 기계를 정지할 수 없게 되는 문제가 발생한다. 따라서 인터록 기구는 안전확인형 형태가 되어야 한다.[8]

실제 인터록 기구에는 <표 3-1> 과 같은 종류가 있으며, 특히 공작기계 등은 가드 인터록이나 급정지, 비상정지, 재기동방지 등의 인터록 기구가 필수이며, 이를 기계의 설계단계에 확실하게 구비하는 것이 안전확보의 기본이 된다.[8]

1.1.3 인터록의 기본구성 요소

안전확인형의 인터록 기구는 표 와 같이 논리적 연산요소를 기본으로 구성된다.
 (1)식에서 I(t)는 기계측에 주어지는 운전 명령으로 작업자가 기동장치를 조작했을 때나 제어장치로부터 기동명령이 발신되었을 때 등에 'ON'이 된다. 한편, A(t)는 안전장치 S가 발신한 정보로, 안전이 확인되었을 때(예를 들어 위험영역에 작업자가 없는 것이 확인되었을 때)에 한해 'ON'이 된다. 이후 이 A(t)를 안전정보라 부른다.[8]

운전명령 I(t)와 안전정보 A(t) 모두 'ON'일 때만 운전허가 신호 P(t)를 'ON'으로 하는 기능이 있다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다. [8]

$$P(t) = I(t) \wedge A(t) \text{ -----(1)}$$

(1) 식에서 '∧'는 논리적 연산(AND)를 나타낸다. 여기서 중요한 것은, [A] 조건판단용 판단요소 G가 고장이 나더라도 운전 허가신호 P(t)를 출력하지 않고 [B] 안전장치 S가 고장이 나도 안전정보 A(t)를 출력하지 않는 점이다.[8]

(1) 식과 함께 [A]와 [B]의 조건이 충족되면, 만일 작업자가 운전 중의 기계 동작영역에 진입하거나 작업자의 실수와 제어장치의 고장으로 운전명령 I(t)가 잘못 내려져도 이로 인해 재해가 발생하지 않는다. 이를 기술적으로 달성한 것이 바로 인터록 기구이다.[8]

구 분	위험검출형	안전확인형
안전한 상태	운전개시 또는 운전계속	운전개시 또는 운전계속
인터록 기구의 고장		운전정지
위험한 상태	운전정지	

<표 3-2> 위험검출형과 안전확인형의 차이

실제 인터록 기구에는 <표3-1>과 같은 종류가 있다. 특히 공작기계 등은 가드 인터록이나 급정지, 비상정지, 재기동방지 등의 인터록 기구가 필수이며, 이를 기계의 설계단계에 확실하게 구비 하는 것이 안전 확보의 기본이 된다.[8]

<표 3-3> 공작기계 등에 사용되는 인터록 기구의 예시

구분	기능	내용
1	가드 인터록	기계의 운전 중에 작업자가 안전확보영역 내에 진입하는 것을 방지하는 기구. 기계가 정지한 후에 가드의 록 기구를 해제하고 작업자가 안전확보영역 내에 진입하는 것을 허가하는 방식과 가드를 열었을 때에 기계가 급정지하는 방식 등
2	홀드정지 감시	홀드정지상태에 있는 기계가 고장과 전자 노이즈 등의 영향으로 폭주하지 않도록 감시하고 폭주가 있어났을 때 즉각 기계를 정지하는 기구
3	재기동 방지	급정지 기구나 비상정지 기구의 작동으로 기계가 운전을 정지했을 때나 정전 후에 기계에 통전을 복귀 했을때에 작업자 등이 재기동을 조작하지 않으면 재기동할 수 없도록 하기 위한 기구
4	급정지	기계측에 어떤 이상을 감지했을 때에 기계의 운전을 정지하는 기구. 작업자 등이 가드를 열었을 때, 안전장치가 작동했을 때, 기계가 어떤 고장과 이상을 일으켰을 때 작동한다.
5	비상정지	작업자가 어떤 이상을 감지했을 때에 기계의 운전을 정지하는 기구, 기계의 운전 중에 인체에 위험을 가하게 될 우려가 있는 예측할 수 없는 사태가 일어났을 때나 기계에 이상이 발생했을 때, 작업 중에 문제가 발생했을 때 작동한다.
6	초과운행 방지	기계가 미리 설정한 위치와 각도 등을 넘어 초과로 운행하지 않도록 감시하고, 초과운행이 발생했을 때는 즉각 기계를 정지하는 기구
7	속도 감시	기계를 저속상태로 운전할 때에 고장과 전자 노이즈 등의 영향으로 기계가 미리 정한 속도를 초과하여 폭주하지 않도록 감시하고, 폭주가 발생했을 때는 즉각 기계를 정지하는 기구
8	조작감시	기동과 전환 등의 조작이 정확하게 이루어지는 감시하는 기구, 작업자의 오조작과 스위치 용착 등에 의한 불시 작동 등의 방지를 목적으로 한다.
9	가동유지 장치	작업자가 조작장치를 눌렀을 때에만 기계의 위험한 가동부가 동작하고, 조작장치에서 손가락 등을 떼었을때는 즉각 기계가 정지하는 기구

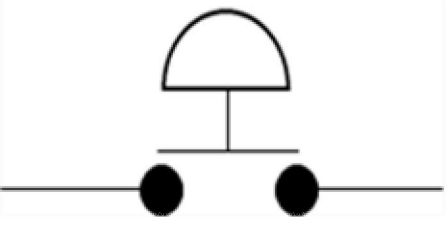

2. 안전 연동장치의 회로 종류

안전 연동장치의 안정화에 대한 방법을 토대로 어떠한 형태의 안전연동장치를 설치할 것 인지는 **산업용 기계의 특성에** 따라 달라진다. 안전장치로부터 정보를 바탕으로 기계의 비정상적인 동작을 확인하였을 때는 즉시 영역을 정지하여 작업자의 안전확보를 위한 인터록 기구를 설치하여야 한다.

2.1 비상 정지회로

비상정지 버튼은 작업자가 기계를 긴급하게 정지하고자 할 때 조작하는 버튼으로, 버튼을 눌렀음에도 기계가 정지하지 않는 상황은 절대로 있어서는 아니 된다. 만일 비상정지버튼에 그림 <표 3-4> 와 같은 a 접점 타입을 사용하면, 접점에 접촉 불량일 일어났을 때 기계가 정지하지 않는 사례가 있다.[9]

비상정지버튼에 <표 3-4> (b)와 같은 강제분리식 b 접점 타입을 사용하면, 접점에 접촉불량이 발생했을 때는 b 접점을 통한 통전이 정지하므로 기계가 멈춘다. 또한, 만일 접점용착이나 스프링 파손, 접동부의 고착 등이 발생했을 때는 작업자가 비상정지장치를 조작했을 때 접점이 강제적으로 분리되어 기계가 정지한다. 따라서 비상정지버튼에는 반드시 <표 3-4> (b)와 같은 접점 타입의 버튼을 사용할 필요가 있다.[9]

(a) a 접점(노멀 오픈)	(b) b 접점(노멀 클로즈)
	
<p>평상시에는 접점이 열려 있고, 버튼을 누르면 접점이 닫히는 구성의 스위치, 보통 흰색 스위치를 나타냄</p>	<p>평상시에는 접점이 닫혀 있고, 버튼을 누르면 접점이 열리는 구성의 스위치, 보통 검정색 스위치를 나타냄</p>

<표 3-4> 비상정지 버튼의 예

2.2 재기동 방지회로

공작기계 등에 의한 재해 중에는 제품의 위치가 벗어난 것 등을 센서가 검출하여 기계가 자동으로 정지하므로 작업자가 문제를 처리하던 중 기계가 불시에 작동하여 재해를 입거나 정전 후에 기계에 대한 통전이 복구되었을 때 기계가 불시에 작동하여 재해를 입는 피해가 있다. [9]

이러한 재해를 방지하려면 어떤 이유로 기계가 정지한 후에는 작업자가 다시 기동조작을 하지 않으면 기계가 기동하지 않도록 회로를 구성해야 한다. 이를 위한 회로가 재기동 방지회로이다. 일반적으로는 재기동 방지회로를 자기 유지 회로로 구성하고, 기동조작에 의해 자기 유지회로의 유지를 시작하여 정전 시, 문제발생 시, 안전장치의 작동 시, 비상정지장치의 작동 시 등에는 자기 유지회로의 유지를 해제함으로써 기계의 불시작동을 방지한다.[9]

2.3 조작 버튼을 이용한 기동회로

일반적인 기동회로는 작업자가 기동 버튼을 누르면, 버튼의 접점이 닫혀 기계가 기동하는 구조다. 하지만 이 구성에서는 기동 버튼의 접점이 용착하면, 메인 스위치를 켜는 것만으로 불시에 기동할 위험이 있다. 따라서 기동조작 시에는 기동 버튼의 접점이 용착하지 않은 것을 확인한 후 기동신호를 발생하도록 회로를 구성한다. 이것이 OFF 확인이라고 불리는 수법이다.[9]

2.4 비접촉식 센서를 이용한 기동회로

공작기계에는 비접촉식 센서가 제품의 도착을 검출하고, 기계를 자동으로 기동하는 회로가 있다. 예를 들어 제품이 소정의 위치에 도달한 것을 자외선 센서로 검출하고, 반송장치를 자동으로 기동하는 회로 등이 그 전형적인 예이다. [9]

이러한 회로는 일반적으로 센서가 제품과 인체를 구별할 수 없으므로 센서가 제품 대신에 인체를 검출하면, 기계가 불시에 작동하여 작업자가 피해를 입을 수 있다. 여기서 이러한 회로는 제품을 검출하기 위한 센서와 인체를 검출하기 위한 안전장치가 인체를 검출하도록 두 가지 회로를 배치하여 위와 같은 재해를 방지한다. [9]

2.5 고정가드의 인터록회로

기계 작업 시에는 준비, 보전, 문제처리, 청소 등의 작업을 위하여 고정 가드를 빈번하게 분리한다. 이러한 경우에는 고정 가드를 분리한 부분으로 다른 작업자가 기계의 가동범위 내에 진입하면, 중대한 재해를 일으키게 된다. 따라서 고정 가드를

빈번하게 분리하여 작업을 할 때는 해당 작업 시에 기계가 기동하지 않도록 인터록용 안전 스위치를 설치한다. 또한, 고정 가드를 분리했을 때에 재기동방지회로의 자기유지를 해제하고, 그 후 고정가드가 정상적인 상태로 복귀하고 재기동 조작을 하지 않으면 기계가 기동하지 않도록 회로를 구성한다. [9]

2.6 가동식 가드의 인터록회로

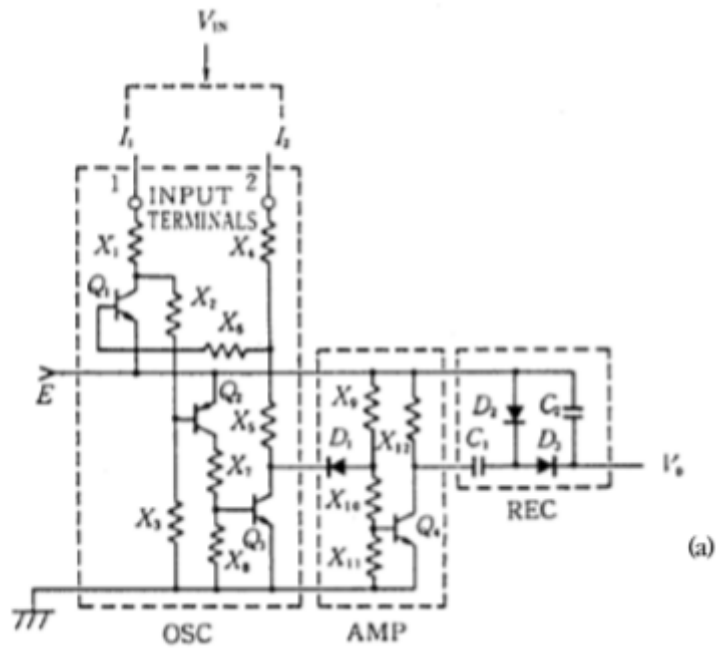
가동식 가드의 인터록 회로는 안전 스위치에 스프링 리턴 식을 사용하면, 접점의 용착, 스프링의 파손, 접동부의 고착 등이 발생했을 때 가드를 열었음에도 기계를 정지할 수 없을 때가 있다. 강제분리식 <표 3-4> (b) b 접점에서는 고장이 발생하더라도 기계를 정지할 수 있다. 따라서 이러한 부분에는 강제분리식 <표 3-4> (b) b 접점을 사용해야 한다. 다음으로 이 회로에는 가드가 정상적으로 개폐하는 것을 확인하기 위하여 가드가 열린 것을 확인하기 위한 안전 스위치와 가드가 닫힌 것을 확인하기 위한 안전 스위치 등 2종류를 설치, 가드의 개폐 상태를 확인하는 것이 있다. [9]

2.7 초과운행 방지회로

초과운행에 의한 위험이란 기계의 위험한 가동부가 초과운행하여 인체와 직접적으로 접촉하거나 초과운행으로 인해 기계의 다른 부분을 파손하여 그 부분이 인체에 비래하는 등의 위험을 말한다. 이러한 위험을 방지하기 위한 회로가 초과운행 방지회로인데, 보통은 리미트 스위치를 이용하여 기계의 초과운행을 검출한다. 하지만 이 스위치에 <표 3-4> (a) a 접점을 사용하면 접점의 접촉불량이 발생했을 때 기계를 정지할 수 없게 되는 경우가 있다. 따라서 초과운행 방지용 리미트 스위치는 기계의 위험한 가동부가 리미트 스위치와 직접 접촉했을 때, <표 3-4> (b) b 접점을 강제적으로 분리하는 방식의 것(강제분리식 b 접점 타입)을 사용해야 한다. [9]

2.8 페일세이프 논리회로

페일 세이프 논리회로란 회로에 고장이 발생했을 때 기계를 반드시 정지가 되도록 하기 위하여 고장 시에 반드시 신호출력을 OFF로 할 수 있는 회로를 말한다. 이 회로에는 논리적 연산, 레벨검정, 자기유지 등의 연산기능을 가지는 것이 있다. 또한 최근에는 이 회로를 IC에 실제로 장착한 것도 시판되고 있다. [그림 3-1]는 페일 세이프 AND 게이트의 회로 구성이다. 이 회로는 고장 시에 반드시 OFF 신호를 출력하도록 회로를 일종의 교류 발진기(발진주파수는 200Khz)로 구성한다. [9]



[그림 3-1] 페일세이프식 AND 회로 [9]

2.9 전자 릴레이의 제어회로

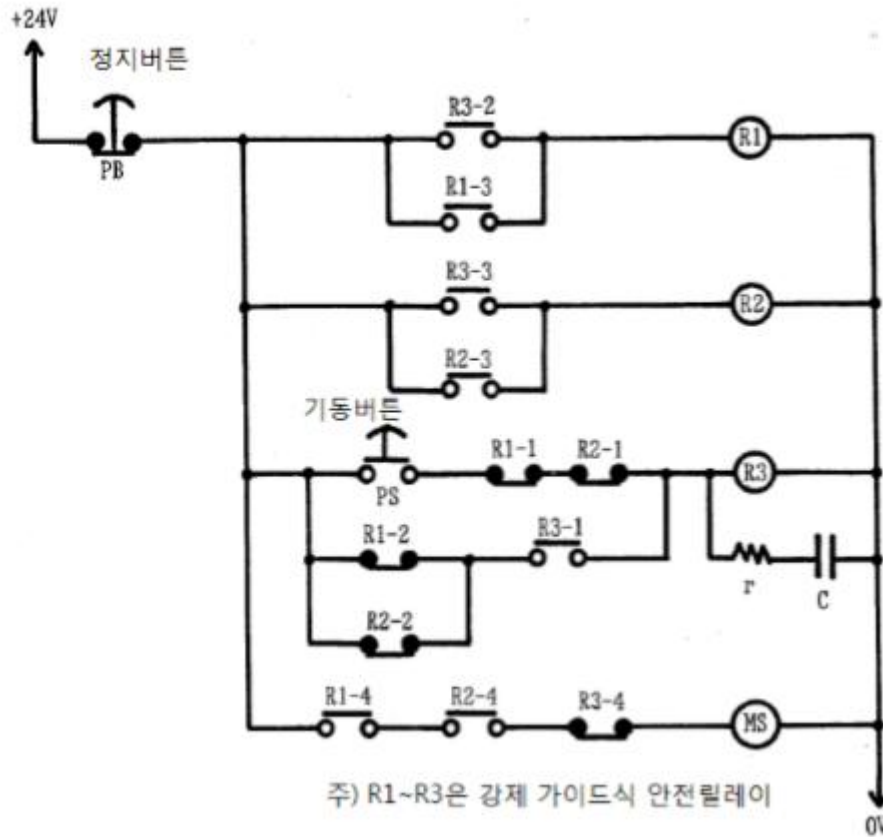
전자 릴레이는 릴레이의 <표 3-4> (a) a 접점이 닫혔을 시에 기계를 정지하도록 회로를 구성하면, 접점의 접촉불량에 의해 기계를 정지할 수 없을 때가 있다. 또한, 릴레이의 <표 3-4> (b) b 접점이 닫혔을 시에 기계가 작동하도록 회로를 구성하면, 여자 코일 등의 단선으로 <표 3-4> (b) b 접점이 닫힌 상태가 되어 기계를 정지할 수 없을 때가 있다. 따라서 전자 릴레이에는 릴레이의 a 접점이 닫혔을 때 기계가 작동하도록 회로를 구성해야 한다. [9]

2.10 전자밸브의 제어회로

노멀 오픈형의 전자밸브는 솔레노이드에 단선사고가 일어나면 밸브가 열림 상태가 되어 기계를 정지할 수 없는 경우가 있다. 따라서 기계의 구동회로에 사용되는 전자밸브는 솔레노이드에 통전이 사라지면서 밸브가 닫히는 노멀 클로즈형이어야 한다. 또한, 이 경우 복귀를 확실하게 하기 위하여 귀로 방식은 유압식일 때는 스프링 리턴형, 공기압식 일 때는 프레스 리턴(pressure return) 이어야 한다. [9]

다음으로 노멀 클로즈형의 전자밸브를 선정 했을 경우에도 만일 밸브에 이물질 등이 끼거나 밸브시트(seat)가 고착되거나 하면, 밸브가 열린 상태가 되어 기계를 정지할 수 없을 때가 있다. 따라서 특히 위험한 기계에 사용되는 전자밸브는 밸브를 이중화(복식전자밸브라고

한다)하고, 두 밸브의 동작을 모니터 장치에 의해 감시하여 만일 동작이 불일치했을 때는 밸브가 열린 상태로 고착(stuck open)되었다고 간주하여 기계를 정지하도록 회로를 구성한다. [9]



[그림 3-2] R1~R3은 강제 가이드식 안전 릴레이

2.11 브레이크 제어회로

노멀 오픈형의 브레이크는 브레이크의 여자 코일에 단선고장이 일어나면, 브레이크가 작동하지 않게 되어 기계를 정지할 수 없을 때가 있다. 따라서 기계의 위험한 가동부 정지용으로 사용하는 브레이크는 여자 코일에 통전이 사라지면서 브레이크가 닫히는 **노멀 클로즈형**이 적절하다. [9]

안전확인형의 제어시스템에서는 기계가 고장이 나고 작업자가 실수를 범하는 것을 우선 인정한 후에 만일 상황이 일어나도 작업자에게 위험을 미치지 않는 구조를 **시스템 설계단계에** 구축하는 것이 기본이 된다. 이 시스템의 특징은 아래와 같이 정리할 수 있다. [9]

- 작업자의 작업점 또는 위험영역에 대한 진입과 기계의 이상 동작 등을 전제로 한 안전장치 필요

- 안전장치로부터의 정보를 바탕으로 기계의 이상한 동작(불시작동, 폭주 등)과 작업자의 이상한 행동(오조작 및 작업점 또는 위험영역에 대한 진입 등)이 발생했을 때는 즉각 영역을 정지하여 작업자의 안전을 확보하는 인터록 기구가 필요
- 인터록 기구의 고장 시에는 반드시 안전측(기계를 정지하는 측)이 되는 페일세이프 기술을 적용
- 안전장치가 생성하는 정보(안전정보)는 안전에 에너지가 높은 측, 위험과 고장은 에너지가 낮은 측에 할당
- 안전정보는 주위에 존재하는 에너지보다 높은 에너지 레벨을 가지도록 함
- 작업자가 안전 스위치 등을 의도적으로 무효화할 수 없도록 특수 제작한 공구가 아니면 분리할 수 없도록 설계해야 함

안전 연동장치는 안전확인형 인터록을 산업용 기계의 기본 설계 기준으로 의무화할 수 있는 방법을 마련해야 한다. 앞에서 살펴본 결과 위험검출 형태의 인터록 기구가 고장이 났을 경우에는 기계작동을 할 수 있는 오류가 발생하여 작업자가 작업점 또는 위험영역에서 재해가 발생할 경우가 언제든지 상존하여 안전확인형 인터록 기구를 설치해야 한다고 판단한다.

현재 대한민국의 안전 연동장치는 산업용 로봇의 안전매트, 프레스 및 전단기의 인터록(방호장치)에 대해서만 산업안전보건법 제34조 안전인증의 방호장치를 대상으로 의무화하고 있으나 산업용 기계에 사용되고 있는 인터록에 대해서는 임의 안전인증을 통해서 제품에 대한 안전성을 평가하고 있다.

하지만, 임의 안전인증은 한국산업안전보건공단에서 제작자가 제품에 대한 안전성을 스스로 입증하고자 할 경우에만 인증 받고 있어 안전에 대한 인증의 의무사항이 아니라 근원적으로 안전한 인터록 제품의 생산 및 보급에 어려움이 있다.

안전하지 못한 연동장치의 제품들이 산업용 기계에 설치된다면 기계의 폭주나 이상 현상으로 인한 산업재해가 발생하여 당연히 재해 감소 효과가 떨어질 것으로 예상된다.

IV. 안전 연동장치 설치에 대한 규제사항

1. 법 기준

1.1 산업안전보건법

제23조(안전조치) ① 사업주는 사업을 할 때 다음 각 호의 위험을 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다. 1. 기계·기구, 그 밖의 설비에 의한 위험 [13]

산업안전보건법의 기준은 제23조(안전조치)로 규제하고 있었으나 포괄적인 내용으로 안전에 대한 사항들을 내재하고 있는 것을 알 수 있다.

1.2 산업안전기준에 관한 규칙

제121조(사출성형기 등의 방호장치) ① 사업주는 사출성형기(射出成形機)·주형조형기(鑄型造形機) 및 형단조기(프레스등은 제외한다) 등에 근로자의 신체 일부가 말려들어갈 우려가 있는 경우 게이트가드(gate guard) 또는 양수조작식 등에 의한 방호장치, 그 밖에 필요한 방호 조치를 하여야 한다. ② 제1항의 게이트가드는 닫지 아니하면 기계가 작동되지 아니하는 연동구조(連動構造)여야 한다. [14]

산업안전기준에 관한 규칙은 전체 671개 조항이 있으나 연동장치에 대한 사항은 사출성형기에 명확히 방호장치로 규제를 하고 있지만 대부분의 산업용 기계에 대해 규제하고 있지 않았다.

1.3 안전인증 자율안전확인신고에 관한 고시 [15]

번호	기계·기구	규격 및 형식별 적용범위
8	공작기계(선반, 드릴기, 평삭, 형삭기, 밀링기)	가. 선반: 회전하는 축(주축)에 공작물을 장착하고 고정되어 있는 절삭공구를 사용하여 원통형의 공작물을 가공하는 공작기계 나. 드릴기: 공작물을 테이블 위에 고정시키고 주축에 장착된 드릴공구를 회전시켜서 축방향으로 이송시키면서 공작물에 구멍가공하는 공작기계 다. 평삭기: 공작물을 테이블 위에 고정시키고 절삭공구를 수평 왕복시키면서 공작물의 평면을 가공하는 공작기계 라. 형삭기: 공작물을 테이블 위에 고정 시키고 램(ram)에 의하여

번호	기계.기구	규격 및 형식별 적용범위
		절삭공구가 상하 운동하면서 공작물의 수직면을 절삭하는 공작기계 마. 밀링기: 여러 개의 절삭날이 부착된 절삭공구의 회전운동을 이용하여 고정된 공작물을 가공하는 공작기계

<표 4-1> 공작기계 자율안전확인신고 적용범위 [15]

안전인증 자율안전확인신고에 관한 고시는 공작기계 중 선반에 대해서는 가드의 구비 조건, 범용수동선반의 방호조치, 반자동 선반수치제어 선반 및 터닝센터의 방호조치, 공작물고정장치, 서비스모드 안전요건, 불시기동 및 과속방지, 대형수직선반 및 터닝센터용 방호가드, 대형 수평선반 및 터닝센터용 방호가드에 대해 안전 연동장치를 설치하도록 규격 및 형식별 적용범위에 대한 언급은 있으나 실제 제작 및 설치에 대한 구체적인 기준은 없다. 또한, 드릴기, 평삭기, 형삭기, 밀링기에 대해서도 위험부위 접근에 필요한 경우에는 가동식 연동장치를 설치하도록 언급만 되어 있다. 이런 대목에서 제작자나 사용자는 명확한 연동장치에 대한 법적 기준을 확인 할 수 없어 혼선을 야기할 수 있다.

2. 기타 기준

2.1 KOSHA GUIDE M - 17 - 2012(CNC 공작 기계의 개조 작업에 관한 기술지침)

<p>6. 방호조치</p> <p>(1) 공작기계가 자동으로 작동하는 동안 작업자가 위험구역에 접근하는 것을 방지할 수 있는 고정 및 연동(Interlock) 가드를 설치해야 한다. [16]</p> <p>(2) 프로그램 설정과 같이 연동장치를 해제하고 기계를 작동할 때에는 공구가 가동유지(Hold-to-run) 상태로 이송되도록 하여야 한다.</p> <p>(3) 개조 시 제어판넬의 위치는 기계적 위험요인으로부터 안전한 구역 내에 설치해야 하나 작업공정상 안전구역 내에 설치하지 못할 경우, 특정 법정 요건을 만족해야 하며 작업에 불편함이 없도록 방호장치를 설치해야 한다.</p> <p>(4) 제어시스템의 안전관련 부품은 안전인증을 받아야 하며 사용자가 추가적인 정보를 요구할 시 공급자는 상세한 정보를 제공해야 한다.</p> <p>(5) 제어시스템 설계 시 안전관련 사항은 위험성 평가 결과를 바탕으로 수립하여야 한다</p>
--

<표 4-2> 공작기계 자율안전확인신고 안전 연동장치 사항 [16]

산업안전보건공단에서 만든 기술지침서인 KOSHA GUIDE를 살펴보면 공작기계에 대한 안전 연동장치에 대한 설치를 기재한 사항을 확인할 수 있으나 KOSHA GUIDE는 법적 효력이 없는 권고 수준이라 의무적인 사항은 아니다.

2.2 기계 안전-가드와 관련된 연동장치-설계 및 선택에 대한 원칙 「KS(한국산업) 규격」

기계 안전-가드와 관련된 연동장치에 대해 KS 규격에서는 연동 장치를 ‘인터록’로 표시를 하고 있으며, 그에 따른 정의 및 관련 작동 원칙 및 대표적인 형식을 분류를 하고 있다. 특히 안전 연동장치의 선택에 대해 아래와 같은 5가지 조건을 제작자가 고려하도록 조언하는 수준에 있다.

- 사용조건 및 예정된 용도 : 연동장치 기술의 모든 형식이 선택되는 장치의 형식이 사용 조건(예를 들면, 환경, 위생) 및 기계의 예정된 용도에 확실하게 적합한가를 고려해야 한다.
- 위험 평가 : 한정된 사용 조건에서 주어진 기계에 사용할 가장 적당한 연동 장치를 선택하기 위하여 설계자는 충분한 안전성이 달성될 때까지, 다른 형식의 연동장치를 고려하여 위험 평가 과정을 시행해야 한다.
- 정지 시간 및 접근 시간 : 가드 잠금 장치가 있는 연동장치는 정지 시간이 위험지대에 도달하는 사람에 의해 걸리는 시간 보다 더 큰 경우에 사용한다.
- 접근 빈도(위험 지대에 접근하기 위한 가드 개방의 빈도): 빈번한 접근과 자동 모니터링이 있는 연동장치 적용해야 한다.
- 성능 고찰 : 안전 성능 달성을 보장하는 기계 제어 시스템과 호환성, 동력 연동 장치의 차단 용량은 적당한 것을 고려해야 한다.

<표 4-3> 안전 연동장치 선택에 대한 KS 규격 요지 [17]

KS 규격에도 안전 연동장치에 대한 설치 부분이 애매하게 되어 있으며, 아직까지 안전 연동장치에 대한 국내 표준이 사업장에 전달할 수 있는 수준으로 만들어지지 않은 바를 알 수 있다.

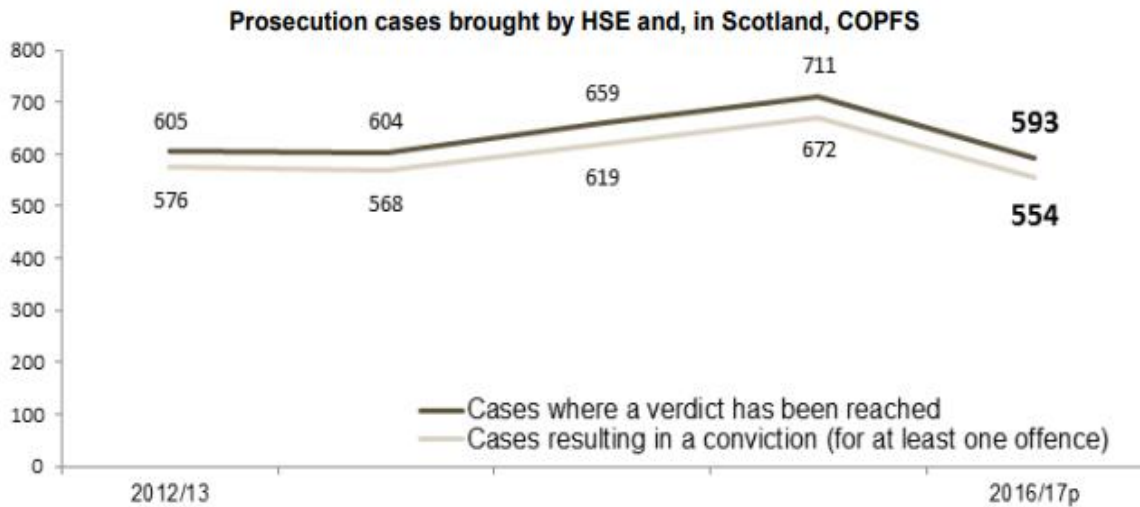
산업기계를 제작하는 입장에서는 혼란스러울 수 있는 부분이 여기에 있는 것이다. 자율 안전확인신고 대상을 제외한 나머지 산업용 기계에는 안전연동 장치 설치가 누락 될 수 있는 있어 근로자에게 위험을 노출 시킬 수 있다. 산업용 기계에 대한 모든 설비에 대해 안전 연동장치 설치는 반드시 법적 개정이 동반되어야 한다.

3. 국외 법 위반 처벌사례

3.1 국외 안전보건 법규 위반 적용 사례

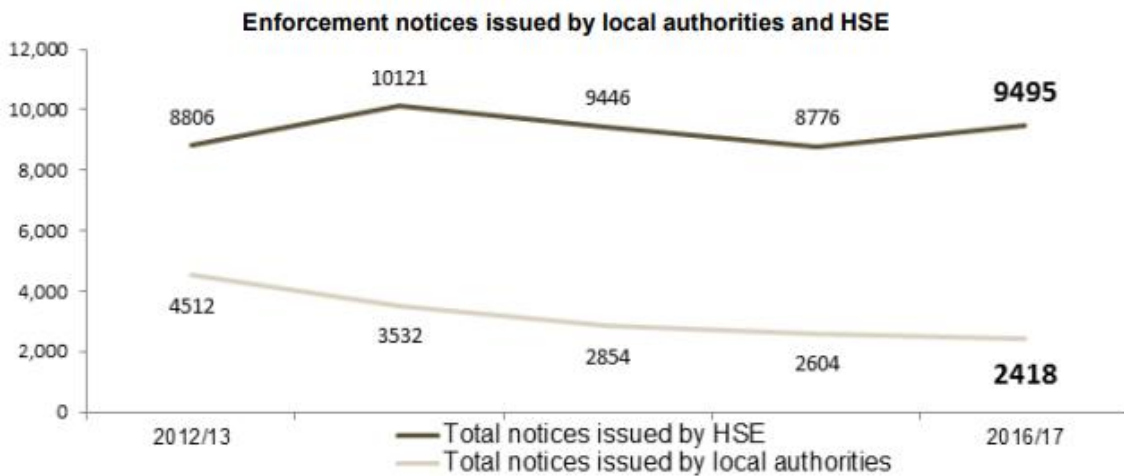
영국 안전보건청은 2017년 안전보건 법규 위반 기소 건수 및 벌금을 발표하였다. 영국 안전보건청(HSE)이 발표한 2017년 안전보건 법규 위반 기소 건수는 총 593건, 이중 유죄판결은 554건으로 15/16년 회계연도말에 도입된 양형기준이 16/17년 전면 적용되어 총 벌금액이 전년대비 2배(6,990만 파운드, 1,003억원) 증가하였다.

○ ‘16/17년 기소는 593건으로 전년 대비 17% 감소, 이중 554건(93%)이 유죄로 판결했다.



[그림 4-1] 2012~2017년 HSE와 COPSFS(스코틀랜드) 기소건수

○ HSE가 발행한 위반통보 건수는 ‘16/17년 9,495건, 지방당국이 발행한 위반통보 건수는 2,418건으로 확인 할 수 있다.

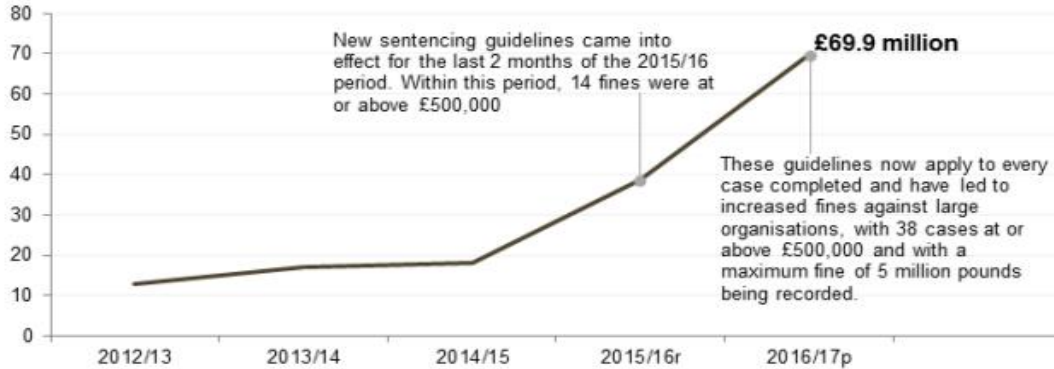


[그림 4-2] 지방당국과 HSE가 발행한 위반통보 건수

○ ‘16/17년 안전보건 조치 위반으로 유죄 판결을 받은 기업의 총 벌금 부과 금액은

6,990만파운드(1,003억)으로 전년대비 약 2배 증가 '16년은 양형 지침이 전면 시행된 첫 해로 기업의 매출액을 고려하여 벌금이 부과되어, 결과적으로 유죄판결을 받은 대기업은 과거에 비해 더 많은 벌금이 부과 되었다.

Total fines for health and safety offences prosecuted by HSE and, in Scotland, COPFS



[그림 4-3] HSE와 COPFS가 기소한 안전보건 위반 벌금 총 액수

여기서 안전보건에 대한 범위반 시 영국의 최근 양형기준이 개정 되어 벌금의 부과액이 단일 벌금액에 대해 '15/16년도 75만 파운드(10억 9천만원)이 최고였으나 '16/17년도 500만 파운드(73억2천만원)으로 큰 폭으로 상승하였음을 알 수 있다.

50만파운드(7억3천만원) 이상 벌금 사건수도 '15/16년도 5건인데 반해 '16/17년도에는 38건으로 7.6배 상승하였다. 하지만 OECD 국가 중 사망사고만인율이 매우 높은 우리나라의 사망사고 감소를 위해 영국의 강화된 양형기준(사업주 의무강화) 적용 수준으로 높일 필요가 있다.

미국 산업안전보건청(OSHA) 역시 2017년 상위 벌금액 및 기소 유형을 발표하였다. [19] Joon Llc(Ajin USA으로 운영), Alliance Hr Inc., Joynus Staffing Corp 3개사에 대해 로봇 컨베이어 벨트의 센스 오류 수리 중 압사 사고 발생하여 OSHA는 Ajin USA가 정비 및 수리작업 중 기계작동을 제어하는 에너지 프로그램 관리 실패를 지적하여 벌금액 \$260만불(28억 4천만원)을 부과토록 하였다.

Atlantic Drain Service Co., Inc.에서 2명의 노동자가 도랑이 무너지고 소화전이 터져 익사함. 조사에 따르면 붕괴관련 기본 안전조치를 하지 않았고, 노동자 교육훈련 미실시하여 \$150만불(16억 3천만원)을 부과토록 하였다.

위의 영국과 미국의 사례를 보듯 산업안전보건법 위반시 처벌의 무게는 국내와 매우차이가 나고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 우리나라의 경우 최고 법적 처벌 수위는 7년이하의 징역 또는 1억이하의 벌금 수준에 아직도 머물고 있기 때문이다.

VI. 결론

최근 3년간 업무상 사고 사망자 수는 692명임을 알 수 있었고 기계설비에 끼이거나 감금으로 인한 재해가 212명으로 전체 30.6%에 해당하는 사실을 알 수 있었다. 또한, 기계 관련 조작의 직종(목재·인쇄 및 기타 기계조작 직, 운송 및 기계 관련 기능직, 화학 관련 기계 조작 직, 기계 제조 및 관련 기계조작 직, 섬유 및 신발 관련 기계조작)의 사망자 수는 239명으로 전체 34.5%를 차지하는 것을 확인할 수 있다.

연구에서 산업용 기계의 안전 연동장치는 마땅히 설치하여 사용해야 함에도 불구하고 일부 산업현장에서는 생산성의 편리와 시간 단축을 위해 관리를 소홀히 하는 경향이 있어 기계를 작동하는 근로자는 사망 재해로 이어지고 있었으며, 기계의 위험성에 대한 안전 불감증으로 매년 사망 재해가 지속적으로 발생하고 있었다.

산업용 기계에서 발생한 대부분의 중대재해는 비정상적으로 설치된 안전 연동장치를 사용해서 발생하였고 더 깊게 분석하여 보면 근로자가 안전 연동장치를 쉽게 해제할 수 있도록 설치가 되어 있었다. 이러한 모든 문제는 안전 연동장치에 대한 설치 기준이 없는데서 출발 하였다.

국외 산업안전보건에 대한 정책을 살펴보면 영국과 미국의 경우 산업안전보건법 위반 사항이 확인되면 강력한 처벌 또는 경제적으로 큰 책임을 지게 하여 안전에 대한 경각심을 심어 준다. 우리나라 역시 벤치마킹 통해 동일한 재해가 발생할 수 없도록 국가 정책적 지속적으로 뒷받침 되어야 한다.

그리고 국내 산업현장에서 산업용 기계로 인한 재해가 발생할 경우 현재 최고 법적 처벌 수위는 7년이하의 징역 또는 1억원 이하의 벌금에 처할 수 있도록 산업안전보건 법으로 되어 있지만 제정된 시점부터 처벌 수위에 대한 개정이 없어 현실을 감안하면 더욱 처벌 수위를 높여 산업재해예방에 기여해야 한다.

산업용 기계의 안전 연동장치는 안전확인형 제어시스템의 형태로 하고 작업자가 쉽게 제거할 수 없는 형태의 특수 공구로 설치한 인터록 기구를 사용할 수 있도록 의무화하여 재해가 발생할 수 있는 작업점 또는 위험점으로부터 작업자를 격리 시킬 수 있도록 해야 한다.

다시 말해 산업용 기계에 대한 안전 연동장치의 제작 및 설치 기준을 명확히 하고 근로자가 정상 사용할 수 있도록 지속적인 관리와 관심이 필요하다.

참고문헌

- [1] 최정영, 기계안전공학, 18~19, 도서출판 동화기술
- [2] 고용노동부, 2017년 산업재해 발생현황, <http://www.moel.go.kr>
- [3] 최정영, 기계안전공학, 12~16, 도서출판 동화기술
- [4] 최정영, 기계안전공학, 20~26, 도서출판 동화기술
- [5] 최정영, 기계안전공학, 50~59, 도서출판 동화기술
- [5] 최정영, 기계안전공학, 59~61, 도서출판 동화기술
- [6] 김헌세·김광태·김동환, IMU 센서와 RSSI의 데이터를 융합한 위험물 감지를 위한 센서 시스템, 2017
- [7] 고용노동부, 통계로 보는 우리나라 노동시장의 모습(2016, 12), <http://www.moel.go.kr>
- [8] 한국산업안전보건공단, 안전한 산업기계 설계·제작을 위한 공작기계 안전성평가 사례집, 41~47
- [9] 한국산업안전보건공단, 안전한 산업기계 설계·제작을 위한 공작기계 안전성평가 사례집, 56~69
- [10] 안전보건공단 홈페이지, 정보마당→국내재해사례→기계→4 CNC선반 가공작업 중 협착사고
- [11] 한국산업안전보건공단, 2011 산업기계 중대재해 사례집, 4~5
- [12] 한국산업안전보건공단, 2011 산업기계 중대재해 사례집, 14~15
- [13] 법제처, 산업안전보건법, 제23조
- [14] 법제처, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제121조
- [15] 고용노동부, 안전인증·자율안전확인신고의 절차에 관한 고시, 【별표 2】 자율안전확인대상 기계·기구등의 규격 및 형식별 적용범위(제2조제2항 관련)
- [16] 한국산업안전보건공단, KOSHA GUIDE M - 17 - 2012(CNC 공작 기계의 개조 작업에 관한 기술지침), 3
- [17] 산업통상자원부, KS B ISO 14119 : 2004, 13~14
- [18] 영국 HSE, <http://www.hse.gov.uk/statistics/enforcement.htm>
- [19] 미국 OSHA, <http://www.safetyandhealthmagazine.com/artides/16362-oshas-top-10-most-cited-violations-for-2017>

감사의 글

2017년 대학원을 시작하기 전 과연 무사히 끝마칠 수 있을까라는 의문을 많이 가졌습니다. 현재의 놓인 상황과 환경이 어떻게 나에게 작용할 수 있을지 모르게 때문이었습니다. 그리고 안전보전에 대한 전문성을 채워나가기에는 버거웠던 것도 사실입니다. 학기가 진행 될수록 직장 생활과 학업은 쉽지 않았지만 항상 긍정의 힘으로 저를 응원해 주신 임옥택 교수님이 계셨기에 무사히 마칠 수 있었던 것 같습니다.

그리고 2년동안 좋은 수업으로 우리곁에 계셨던 김재균 교수님, 김석택 교수님, 이병규 교수님, 박현철 교수님께도 더 발전된 모습으로 찾아 뵙도록 하겠습니다.

항상 제가 하는 일에 관심을 많이 가져주신 권세현 지사장님, '17년도 경남동부지사 직원 분들께도 고마움을 전하고 싶고 평생의 빛을 진거 같아 언젠가는 꼭 좋은 모습으로 함께 하기를 기원합니다.

함께 학업을 했던 15인의 동기께서 보여 주신 배려와 열정은 아주 인상적이었으며 앞으로 인생에서 어떤 모습을 보여줘야 하는지 많이 배운거 같습니다. 함께 오래 좋은 인연 이어 가면 합니다.

평소에 우리 딸들 돌봐 주시느라 고생 많으신 양가 부모님...