KOSHA GUIDE
B - M - 37 - 2026

회전기계 등의 끼임·절단재해 예방을 위한 기술지원규정

2026. 1.

한국산업안전보건공단

기술지원규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 규정임

기술지원규정의 개요

○ 개정자 : (사)고경력과학기술연우총연합회

○ 제·개정 경과
- 2025년 12월 기계·전기안전분야 전문위원회 심의(개정)
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료
- KS B ISO 21940-23 기계적 진동 - 회전체 평형 잡기 - 제23부 : 평형기계의 측정대용 차단함 및 기타보호수단
- KS B ISO 21940-2 기계적 진동 - 회전체 평형 잡기 - 제2부 : 용어
- KS B ISO 21940-13 기계적 진동 - 회전체 평형 잡기 - 제13부 : 중대형 회전체의 현장 평형잡기를 위한 기준과 안전 조치
- KS B ISO 20816-1 기계적 진동 - 기계 진동의 측정과 평가 - 제 1부 : 일반지침
- ISO 20816-3 Mechanical vibration - Measurement and evaluation of machine vibration - Part 3: Industrial machinery with a power rating above 15kW and operating speeds between 120 r/min and 30000 r/min
- FM Global Datasheet 13-7 : Gears
- Safeguarding Equipment and Protecting Workers from Amputations : Small Business Safety and Health Management Series, OSHA 3170-02R, 2007

○ 관련법규·규칙·고시 등
- 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제2편 제1장 제6절 제114조(회전시험 중의 위험방지)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제1장 제1절 제88조(기계의 동력차단장치)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제1장 제1절 제87조(원동기·회전축 등의 위험 방지)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제1장 제7절 제116조(압력방출장치)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제2장 제7절 제300조(기밀시험 시의 위험방지)

○ 기술지원규정의 적용 및 문의
- 이 기술지원규정에 대한 의견 또는 문의는 산업안전포털 홈페이지(portal.kosha.or.kr)의 기술지원규정(KOSHA GUIDE) 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 규정 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2026년 1월 30일
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

1. 목 적 ····· 1

2. 적용범위 ····· 1

3. 용어의 정의 ····· 1

4. 회전기계 등으로 인한 위험 방지 관련 법적 필수사항 ····· 3

4.1 회전 기계 등의 위험 방지 ····· 4

4.2 고위험 기계설비에 대한 위험 방지 ····· 4

4.2.1 공작기계의 위험 방지 ····· 4

4.2.2 프레스 및 전단기의 위험 방지 ····· 4

4.2.3 목재가공용 기계의 위험 방지 ····· 5

4.2.4 원심기 및 분쇄기등, 고속회전체의 위험 방지 ····· 5

4.2.5 사출성형기, 연삭숫돌, 롤러기, 신선기, 버프연마기의 위험 방지 ····· 6

4.2.6 선풍기·송풍기, 포장기계, 정련기, 식품가공용 기계등의 위험 방지 ····· 6

5. 회전기계 등의 위험발생 및 예방조치 ····· 7

5.1 회전기계 등의 위험 ····· 7

5.2 회전기계 등의 보호 등급 ····· 7

5.3 회전기계 등의 위험 예방조치 ····· 8

6. 회전기계의 진동 감시와 유지보수 ····· 13

6.1 회전기계의 진동 감시 ····· 13

6.2 회전기계의 진동 제한치 설정 방법 ····· 15

6.3 기어 및 감속기의 유지보수 ····· 19

6.3.1 기어 손상의 종류와 원인 ····· 19

6.3.2 기어의 윤활 ····· 22

6.3.3 가동 중 점검 ····· 22

6.3.4 기어의 분해검사 ····· 24

6.3.5 보수 시 유의사항 ····· 25

7. 위험동력기계 및 회전부 예비부품의 관리 ····· 26
7.1 동력기계의 분류 ····· 26
7.2 동력기계의 관리 ····· 27
7.2.1 방호장치 및 점검주기 계획 검토 ····· 27
7.2.2 동력기계의 점검 ····· 28
7.2.3 위험동력기계의 변경, 등록 및 기록, 고장조사 ····· 28
7.3 회전부 예비부품과 설치예비기기 ····· 30
7.4 회전부 예비부품의 저장 ····· 32
7.4.1 회전부 예비 부품의 저장방법 및 위치 ····· 32
7.4.2 회전부 예비 부품의 저장조건 ····· 32
7.4.3 회전부 예비 부품 저장 시 추가적인 조치 ····· 33
7.4.4 저장예비부품의 점검 ····· 33

<부록 1> 주요 기계설비의 위험요인, 기술적 대책 및 관리적 대책 ····· 34
<부록 2> 기어 점검표 ····· 50

KOSHA GUIDE
B - M - 37 - 2026

회전기계 등의 끼임·절단재해 예방을 위한 기술지원규정

1. 목 적

이 규정은 산업안전보건기준에관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제2편제1장제1절제87조(원동기·회전축 등의 위험방지)의 규정에 따라 다양한 회전기계로부터의 끼임·절단재해를 예방할 수 있는 안전조치에 관한 다음과 같은 기술적 사항을 정하는데 그 목적이 있다.

(1) 안전보건규칙 제2편제1장제6절제114조(회전시험 중의 위험방지)에 따른 회전기계의 덮개나 기타 방호설비 등에 대한 기술적 사항

(2) 안전보건규칙 제2편제1장제1절제88조(기계의 동력차단장치)의 규정에 따른 회전기계의 효과적인 예방정비를 위한 진동감시 및 점검·유지보수에 관한 기술적 사항

2. 적용범위

이 규정은 회전체에서의 접촉, 가공물 등의 절단, 절삭편 등의 비래, 원료의 비산, 회전체 자체의 파괴 등으로 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 회전기계에 대하여 적용한다. 또한, 회전부위의 파손이 심각한 손실을 초래할 수 있는 사업장에 대해서도 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 규정에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “방호조치(Safeguarding)”라 함은 합리적으로 없앨 수 없는 위험요인 또는 본질적 안전설계조치로 충분히 줄일 수 없는 위험성으로부터 사람을 보호하기 위해 방호설비를 사용하는 보호조치를 말한다.

(나) “가드(Guards)”란 보호를 목적으로 기계 일부로 설계된 물리적 장벽으로서, 구조에 따라 케이싱, 실드, 커버 스크린, 문, 밀폐식 가드 등으로 분류된 것을 말한다.

① 위치제어 가드(Guarding by location) : 벽, 울 등의 설치로 인한 공간 확보, 또는 안전거리를 확보함으로써 위험점에 다다를 수 없도록 하는 장치

② A형 게이트 : 기계식 프레스 등에 적용하는 것으로 기계 운전 사이클이 종료될 때 까지 운전자와 위험구역사이에 격벽이 쳐지는 가드

③ B형 게이트 : 기계식 프레스, 절곡기 등에 적용하는 것으로 슬라이드, 금형 등이 하강하는 동안 운전자와 위험구역사이에 격벽이 쳐지는 가드

(다) “탄창식 공급장치(Magazine feeding)”란 안전한 곳에 위치한 투입구에 소재를 탑재하면 탄창이 총알을 옮기듯이 자동으로 작업점에 투입하는 자동 공급 장치를 말한다.

(라) “작업점(Point of operation)”이란 성형, 전단, 굽힘, 보링 등 당해 작업이 행해지는 지점을 말한다.

(마) “노핸드인다이(No hands in die) 원칙”이란 근로자가 운전 중 근로자의 손 등이 작업점(금형 작업점 등)에 다다르는 것을 원천적으로 봉쇄하는 것을 말한다.

(바) “감응형 방호장치(Sensitive protective equipment)”란 사람 또는 신체 일부를 감지하여 제어장치에 적절한 신호를 발생시켜서 감지된 사람에게 미치는 위험성을 감소시키기 위한 장치를 말한다.

(사) “안전기능(Safety function)” 이란 고장이 나면 위험성이 즉시 증가할 수 있는 기계의 기능으로서 제어시스템의 안전관련 부품에 의해 실행되는 기능을 말한다.

① 뮤팅(Muting) : 제어시스템의 안전관련 부품에 의한 안전기능의 일시적인 자동 정지

② 블랭킹(Blanking) : 라이트커튼 보호영역 중 일부 빔을 비활성화하여 고정 구조물이나 제한된 물체가 있어도 기계가 정지하지 않도록 하는 기능

③ 가동유지제어(Hold to run control) : 작업자가 제어장치를 계속 누르고 있어야만 기계가 작동하도록 설계된 안전 제어 방식으로, 버튼에서 손을 떼는 즉시 기계 동작이 정지되는 안전 운전 방식

④ 비상정지(Emergency stop) : 사람에 대한 위험, 공정상 기계 또는 작업에 대한 위해를 감소시키거나 회피하기 위하여 장치의 부분 위험전원을 차단하기 위한 비상조작

(아) “컨베이어(Conveyor)”란 재료 반제품 화물 등을 동력으로 단속 운반 또는 연속 운반하는 기계장치로서, 주요구조부분은 구동장치, 벨트, 체인 등 이송장치, 지지기둥 또는 지지대로 구성되어 있다.

① 벨트 또는 체인 컨베이어 : 벨트 또는 체인을 이용하여 물체를 연속으로 운반하는 장치

② 나사(Screw) 컨베이어 : 나사를 회전시켜 물체를 이동시키는 운반장치

③ 롤러(Roller) 컨베이어 : 자유롭게 회전이 가능한 여러 개의 롤러를 이용하여 물체를 운반하는 장치

(자) “진동 심각도(Vibration severity)”란 기계나 구조물에 발생하는 진동의 크기(진폭), 속도, 가속도 등을 종합적으로 평가하여, 그 진동이 기계의 건전성, 성능, 수명, 안전성에 미치는 영향을 표현한 지표를 말한다.

① 진동 크기 : 진동의 격렬한 정도를 포괄적으로 나타내는 양으로 기계의 진동격렬도는 베어링이나 부착대 위의 지정된 점에서 측정한 진동 신호의 실효값에 대한 최대값

② 진동 신호의 실효값 : 진동신호 (변위, 속도, 가속도 등)를 측정 표현하는 실효값으로 제곱평균값의 제곱근

(차) “설치예비기기(Installed spare equipment)” 란 공정상에 예비로 설치되어 교대로 운전되거나 기계에 고장이 발생되어도 공정운전이 중단되지 않고 계속할 수 있도록 준비된 예비기계를 말한다.

(카) “회전부 예비부품(Spare rotating element)”이란 회전기계에서 회전운동을 하는 부위의 부품으로 축, 로터, 베어링, 저널, 롤, 기어 등의 예비부품을 말한다.

(2) 그 밖에 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 이 규정에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 회전기계 등으로 인한 위험 방지 관련 법적 필수사항

다음은 산업안전보건법령에 관한 사항으로서 반드시 준수하여야 한다.

4.1 회전 기계 등의 위험 방지

안전보건규칙 제87조(원동기·회전축 등의 위험 방지), 제88조(기계의 동력차단장치), 제90조(날아오는 가공물 등에 의한 위험의 방지)에 따라 회전 기계와 관련한 위험 방지를 위해 방호조치를 실시하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제87조(원동기·회전축 등의 위험 방지)
① 사업주는 기계의 원동기·회전축·기어·풀리·플라이휠·벨트 및 체인 등 근로자가 위험에 처할 우려가 있는 부위에 덮개·울·슬리브 및 건널다리 등을 설치하여야 한다.
② 사업주는 회전축·기어·풀리 및 플라이휠 등에 부속되는 키·핀 등의 기계요소는 묻힘형으로 하거나 해당 부위에 덮개를 설치하여야 한다.
(이하생략)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제88조(기계의 동력차단장치)
① 사업주는 동력으로 작동되는 기계에 스위치·클러치(clutch) 및 벨트이동장치 등 동력차단장치를 설치하여야 한다. 다만, 연속하여 하나의 집단을 이루는 기계로서 공통의 동력차단장치가 있거나 공정 도중에 인력(人力)에 의한 원재료의 공급과 인출(引出) 등이 필요 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
(이하생략)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제90조(날아오는 가공물 등에 의한 위험의 방지)
사업주는 가공물 등이 절단되거나 절삭편(切削片)이 날아오는 등 근로자가 위험해질 우려가 있는 기계에 덮개 또는 울 등을 설치하여야 한다. 다만, 해당 작업의 성질상 덮개 또는 울 등을 설치하기가 매우 곤란하여 근로자에게 보호구를 사용하도록 한 경우에는 그러하지 아니하다.

4.2 고위험 기계설비에 대한 위험 방지

안전보건규칙 제87조(원동기·회전축 등의 위험 방지)에서 언급된 위험기계 이외에도 위험성이 높은 기계설비에 끼임·절단 재해예방을 위한 보호조치를 실시해야 한다.

4.2.1 공작기계의 위험 방지

산업안전보건기준에 관한 규칙 제100조(띠톱기계의 덮개 등)
사업주는 띠톱기계(목재가공용 띠톱기계는 제외한다)의 절단에 필요한 톱날 부위 외의 위험한 톱날 부위에 덮개 또는 울 등을 설치하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제101조(원형톱기계의 톱날접촉예방장치)
사업주는 원형톱기계(목재가공용 둥근톱기계는 제외한다)에는 톱날접촉예방장치를 설치하여야 한다.

4.2.2 프레스 및 전단기의 위험 방지

산업안전보건기준에 관한 규칙 제103조(프레스 등의 위험 방지)
① 사업주는 프레스 또는 전단기(剪斷機)(이하 "프레스등"이라 한다)를 사용하여 작업하는 근로자의 신체 일부가 위험한계에 들어가지 않도록 해당 부위에 덮개를 설치하는 등 필요한 방호 조치를 하여야 한다. 다만, 슬라이드 또는 칼날에 의한 위험을 방지하는 구조로 되어 있는 프레스등에 대해서는 그러하지 아니

하다.
(이하생략)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제104조(금형조정작업의 위험 방지)
사업주는 프레스등의 금형을 부착·해체 또는 조정하는 작업을 할 때에 해당 작업에 종사하는 근로자의 신체가 위험한계 내에 있는 경우 슬라이드가 갑자기 작동함으로써 근로자에게 발생할 우려가 있는 위험을 방지하기 위하여 안전블록을 사용하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.

4.2.3 목재가공용 기계의 위험 방지

산업안전보건기준에 관한 규칙 제105조(둥근톱기계의 반발예방장치)
사업주는 목재가공용 둥근톱기계[(가로 절단용 둥근톱기계 및 반발(反撥)에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 없는 것은 제외한다)]에 분할날 등 반발예방장치를 설치하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제106조(둥근톱기계의 톱날접촉예방장치)
사업주는 목재가공용 둥근톱기계(휴대용 둥근톱을 포함하되, 원목제재용 둥근톱기계 및 자동이송장치를 부착한 둥근톱기계를 제외한다)에는 톱날접촉예방장치를 설치하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제107조(띠톱기계의 덮개)
사업주는 목재가공용 띠톱기계의 절단에 필요한 톱날 부위 외의 위험한 톱날 부위에 덮개 또는 울 등을 설치하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제108조(띠톱기계의 날접촉예방장치 등)
사업주는 목재가공용 띠톱기계에서 스파이크가 붙어 있는 이송롤러 또는 요철형 이송롤러에 날접촉예방장치 또는 덮개를 설치하여야 한다. (이하생략)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제109조(대패기계의 날접촉예방장치)
사업주는 작업대상물이 수동으로 공급되는 동력식 수동대패기계에 날접촉예방장치를 설치하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제110조(모떼기기계의 날접촉예방장치)
사업주는 모떼기기계(자동이송장치를 부착한 것은 제외한다)에 날접촉예방장치를 설치하여야 한다. (이하생략)

4.2.4 원심기 및 분쇄기등, 고속회전체의 위험 방지

산업안전보건기준에 관한 규칙 제111조(운전의 정지)
사업주는 원심기 또는 분쇄기등으로부터 내용물을 꺼내거나 원심기 또는 분쇄기등의 정비·청소·검사·수리 또는 그 밖에 이와 유사한 작업을 하는 경우에 그 기계의 운전을 정지하여야 한다. 다만, 내용물을 자동으로 꺼내는 구조이거나 그 기계의 운전 중에 정비·청소·검사·수리 또는 그 밖에 이와 유사한 작업을 하여야 하는 경우로서 안전한 보조기구를 사용하거나 위험한 부위에 필요한 방호 조치를 한 경우에는 그러하지 아니하다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제112조(최고사용회전수의 초과 사용 금지)
사업주는 원심기의 최고사용회전수를 초과하여 사용해서는 아니 된다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제114조(회전시험 중의 위험 방지)
사업주는 고속회전체[(터빈로터·원심분리기의 버킷 등의 회전체로서 원주속도(圓周速度)가 초당 25미터를 초과하는 것으로 한정한다. 이하 이 조에서 같다)]의 회전시험을 하는 경우 고속회전체의 파괴로 인한 위험을 방지하기 위하여 전용의 견고한 시설물의 내부 또는 견고한 장벽 등으로 격리된 장소에서 하여야

한다. 다만, 고속회전체(제115조에 따른 고속회전체는 제외한다)의 회전시험으로서 시험설비에 견고한 덮개를 설치하는 등 그 고속회전체의 파괴에 의한 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 한 경우에는 그러하지 아니하다.

4.2.5 사출성형기, 연삭숫돌, 롤러기, 신선기, 버프연마기의 위험 방지

산업안전보건기준에 관한 규칙 제121조(사출성형기 등의 위험 방지)
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.
(이하생략)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제122조(연삭숫돌의 덮개 등)
① 사업주는 회전 중인 연삭숫돌(지름이 5센티미터 이상인 것으로 한정한다)이 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 경우에 그 부위에 덮개를 설치하여야 한다.
(이하생략)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제123조(롤러기의 울 등 설치)
사업주는 합판·종이·천 및 금속박 등을 통과시키는 롤러기로서 근로자가 위험해질 우려가 있는 부위에는 울 또는 가이드롤러(guide roller) 등을 설치하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제125조(신선기의 인발블록의 덮개 등)
사업주는 신선기의 인발블록(drawing block) 또는 꼬는 기계의 케이지(cage)로서 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 해당 부위에 덮개 또는 울 등을 설치하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제126조(버프연마기의 덮개 등)
사업주는 버프연마기(천 또는 코르크 등을 사용하는 버프연마기는 제외한다)의 연마에 필요한 부위를 제외하고는 덮개를 설치하여야 한다.

4.2.6 선풍기·송풍기, 포장기계, 정련기, 식품가공용 기계등의 위험 방지

산업안전보건기준에 관한 규칙 제127조(선풍기 등에 의한 위험의 방지)
사업주는 선풍기·송풍기 등의 회전날개에 의하여 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 해당 부위에 망 또는 울 등을 설치하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제128조(포장기계의 덮개 등)
사업주는 종이상자·자루 등의 포장기 또는 충진기 등의 작동 부분이 근로자를 위험하게 할 우려가 있는 경우 덮개 설치 등 필요한 조치를 해야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제129조(정련기에 의한 위험방지))
① 정련기(精練機)를 이용한 작업에 관하여는 제111조를 준용한다. 이 경우 제111조 중 원심기는 정련기로 본다.사업주는 원심기의 최고사용회전수를 초과하여 사용해서는 아니 된다.
(이하생략)

산업안전보건기준에 관한 규칙 제130조(식품가공용 기계에 의한 위험 방지)
① 사업주는 식품 등을 손으로 직접 넣어 분쇄하는 기계의 작동 부분이 근로자를 위험하게 할 우려가 있는 경우 식품 등을 분쇄기에 넣거나 꺼내는 데에 필요한 부위를 제외하고는 덮개를 설치하고, 분쇄물투입

용 보조기구를 사용하도록 하는 등 근로자의 손 등이 말려 들어가지 않도록 필요한 조치를 하여야 한다. (이하생략)

5. 회전기계 등의 위험발생 및 예방조치

5.1 회전기계 등의 위험

(1) 회전기계를 사용할 때에는 다음과 같은 위험발생 가능성이 있다.

(가) 회전기계에 연결되어 있는 조인트나 커플링 등이 풀리면서 주위로 튀어 오른다.

(나) 벨트 구동부위에 근로자가 말려 들어간다.

(다) 비스듬하게 지지되었거나 유격이 있는 회전체에 과도한 축방향 힘으로 인해 축이 이탈된다.

(라) 개방형 베어링으로 지지된 회전체가 과도한 내부의 불균형이나 회전 중 질량의 탈락·이동이 발생하면 순간적으로 들려 오를 수 있다.

(마) 회전날이나 돌출부분 등이 있는 회전부위에 근로자가 접촉된다.

(바) 작은 회전부분이나 회전체부품 등이 회전 중에 회전체로부터 이탈된다.

(사) 회전체 혹은 주요부분이 고속회전이나 과속시험 중에 파손된다.

(아) 가공물, 절삭편, 회전체 내부의 원료 등이 비산된다.

(2) 회전기계를 포함한 끼임 또는 절단재해가 많이 발생하는 기계의 주요 위험요인은 <부록 1>과 같이 찾을 수 있다.

5.2 회전기계 등의 보호 등급

(1) 회전기계의 보호 등급은 <표 1>과 같이 다음의 두 가지 기준에 의해 보호 등급 A, B, C, D로 구분된다.

(가) 회전체로부터 떨어져 날아갈 수 있는 부품의 면적당 에너지, 절대 에너지 및 충격량

(나) 방호물 (예: 방호벽, 울타리, 차단함, 덮개)의 필요성

<표 1> 회전기계 보호 등급

보호등급	방호물의 필요성	기 준	
A	불필요	안경, 고글 또는 안면보호대가 필요함	
B	필요	회전 부품과의 물리적 접촉을 회피하기 위해 최소 보호가 요구되며 입자가 유출되지 않아야 함	
C	필요	면적당 에너지	340 $mN \cdot m/mm^2$ 이하
		절대 에너지	2000 $N \cdot m$ 이하
		충격량	200 $kg \cdot m/s$ 이하
D	필요	면적당 에너지, 절대 에너지 또는 충격량 값이 등급 C기준 이상인 경우	

(2) 1항에서 언급된 보호등급 C기준의 면적당 에너지, 절대에너지, 충격량의 산출 방법과 보호장치의 검증 방법은 KS B ISO 21940-23의 부속서 A를 참고한다.

5.3 회전기계 등의 위험 예방조치

(1) 회전기계에 위험발생의 우려가 있는 때에는 다음과 같은 예방조치를 하여야 한다.

(가) 회전기계에 연결되어 있는 조인트나 커플링 등이 풀리면서 주위로 튀어 오를 가능성이 있는 경우에는 조인트나 커플링 주위에 덮개를 설치한다.

(나) 벨트 구동부위에 근로자가 말려 들어갈 가능성이 있는 경우에는 벨트풀리 위에 벨트덮개를 설치하거나 기계전체에 덮개를 설치한다.

(다) 비스듬하게 지지되었거나 유격이 있는 회전체에 과도한 축방향 힘으로 인해 축이 이탈할 가능성이 있는 경우에는 축밀림방지장치를 설치한다.

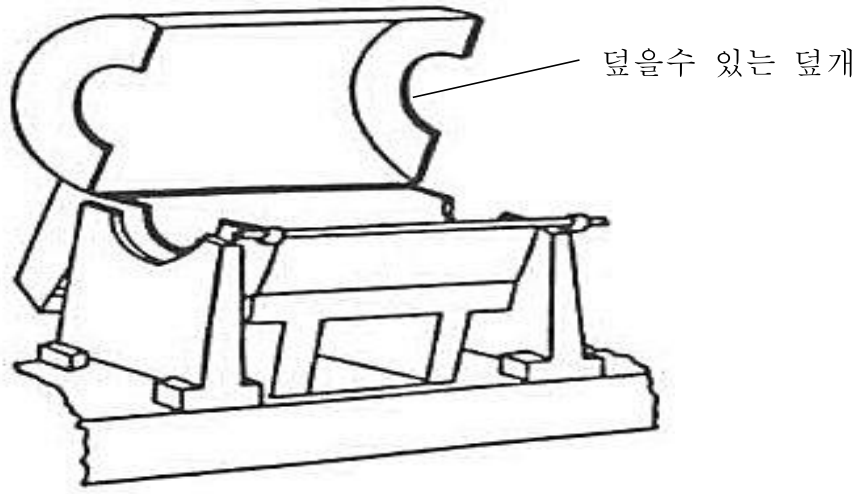
(라) 개방베어링으로 지지된 회전체가 과도한 내부의 불균형 또는 회전 중 큰 질량의 분리 혹은 이동으로 인하여 튀어 오를 가능성이 있는 경우에는 비개방베어링을 사용하거나 회전체지지대에 안전잠금장치를 설치한다.

(마) 회전날이나 돌출부분 등이 있는 회전부위에 근로자가 접촉할 가능성이 있는 경우에는 해당부위에 가드레일, 울, 덮개 등을 설치한다.

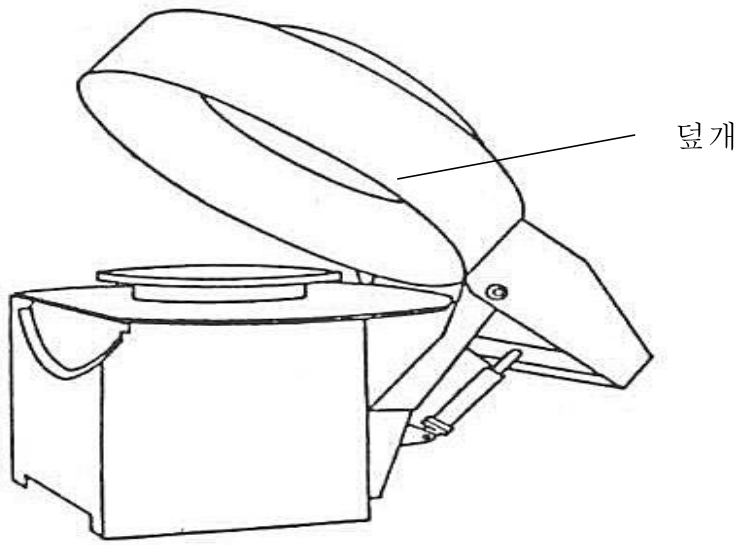
(바) 작은 회전부분이나 회전체부품 등이 회전 중에 회전체로부터 이탈되거나 가공물, 절삭편, 회전체 내부의 원료 등이 비산할 가능성이 있는 경우에는 덮개를 설치한다. 다만, 작은 물체일 때에는 근로자에게 보안경이나 보안면을 착용하게 할 수 있다.

(사) 회전체 혹은 주요부분이 고속회전이나 과속시험 중에 파손될 가능성이 있는 경우에는 파손을 방호할 수 있는 견고한 덮개를 설치하거나 피트나 벙커 등 견고한 시설의 내부 혹은 견고한 장벽으로 격리된 장소에 회전체를 설치한다.

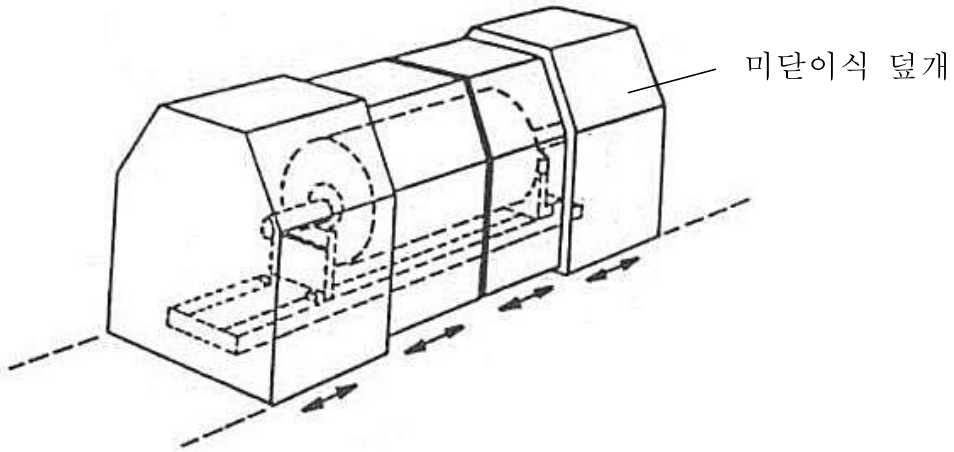
(아) 회전기계 전체에 설치하는 덮개는 <그림 1> 내지 <그림 5>의 설치예를 참고하여 설치한다.



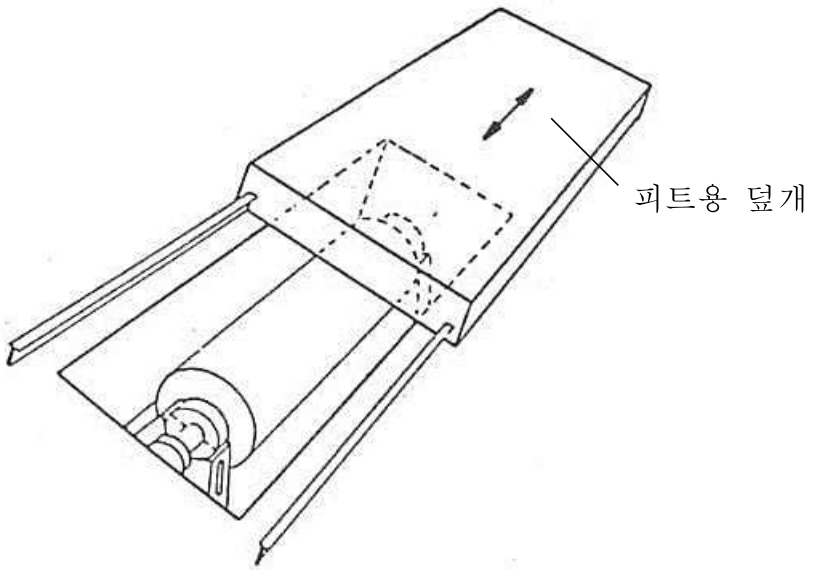
<그림 1> 수평회전기계용 덮개



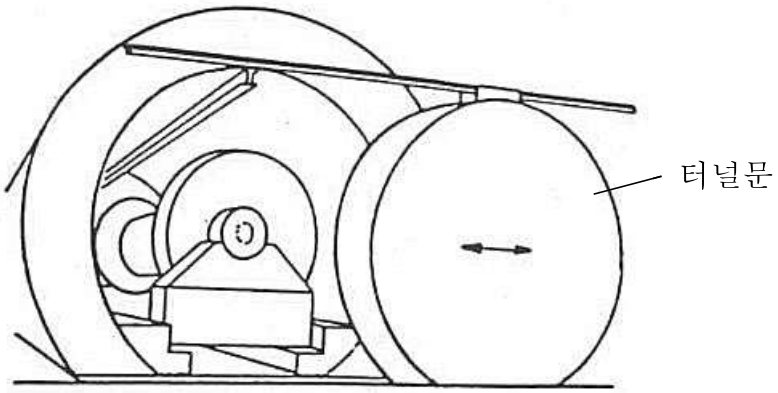
<그림 2> 수직회전기계용 덮개



<그림 3> 범용 회전기계용 미닫이식 덮개



<그림 4> 회전체 파손방호를 위한 피트 위의 덮개



<그림 5> 회전체 파손방호를 위한 터널 및 문
(회전기계는 터널에 레일을 설치하여 운반할 수 있게 한다.)

(2) 신체 부위가 위험 기계의 작업점에 들어가는 것을 원천적으로 방지할 수 있는 기본 원칙을 준수한다. 예를 들면, 프레스, 전단기 등의 작업 시 가능한 범위 내에서 “노핸드인다이” 원칙이 그 예이다.

(3) 가드는 끼임 또는 절단재해 방지를 위한 가장 중요한 수단으로 아래의 원칙에 따른다.

(가) 가드는 기계의 운전형태, 가공물 크기 및 형상, 소재공급방법, 작업장 형편 등을 고려하여 해당 운전 목적에 적합해야 하며 운전자가 용이하게 사용할 수 있어야 한다. 예를 들면 운전 중 가공물이 끼기 쉬운 공정인 경우에는 고정가드보다는 인터록가드나 접근반응형 방호장치가 더 실용적일 수 있다.

(나) 운전 시 근로자가 위험에 접근하는 것을 방지할 수 있도록 설치한다.

(다) 망, 봉, 투명 플라스틱 등을 사용하여 근로자의 시야를 가리거나 작업에 방해를 주지 않아야 한다.

(라) 튼튼하고 견고하여 근로자가 공구를 사용하지 않고는 임의로 제거하거나, 가드를 사용하지 않고 다음 공정으로 건너뛸 수 없어야 한다.

(마) 가드 설치로 인해 추가 위험이 발생하지 않아야 한다.

(바) 안전하게 주유, 유지보수 할 수 있어야 한다.

(사) 가드에 개구부를 설치하는 경우에는 근로자가 위험에 접근하는 것을 방지할 수 있도록 최대한 작게 설치한다.

(4) 가드만으로 안전 확보가 어려운 경우에는 다음의 장치를 병용하거나 대체한다.

(가) 근로자의 신체 부위가 작업점에 다다르면 운전을 차단하는 접근반응형 방호장치

(나) 운전 중 운전자의 손이 작업점에 근접하면 이를 끌어내는 수인식 안전장치

(다) 운전자가 작업점에 다다르지 못하도록 제한하는 등의 장치

(라) 압력감지 막대나 줄, 삼각대 등을 이용한 급정지 장치

(마) 안전매트

(바) 중력식, 탄창식 등의 자동 또는 반자동 소재공급·취출장치

(사) 소재를 넣거나 꺼낼 때 치공구 사용 (※ 단, 치공구 사용 시에는 가드 등을 병용하는 것을 원칙으로 하며, 반복 작업에 따른 장애가 발생하지 않고 해당 목적에 부합하도록 인간공학적으로 설계한다. 이러한 치공구는 운전자가 용이하게 사용할 수 있도록 근접 배치한다.)

(5) 기술적 대책과 아울러 다음과 같은 당해 설비에 적합한 관리적 대책을 적용한다.

(가) 주위를 말끔하게 정리 정돈하여 미끄러짐, 걸려 넘어짐, 떨어짐 등의 위험을 제거한다.

(나) 윤활유 등의 사용 시에는 오일받이를 설치한다.

(다) 스크랩 등을 수시로 제거한다.

(라) 운전 및 유지보수에 충분한 공간을 확보한다.

(마) 차량의 이동 장소 등에서 먼 거리에 배치하여 집중력을 유지할 수 있는 정숙한 분위기를 조성한다.

(바) 장신구, 긴 머리카락, 느슨한 옷차림 등의 착용을 금하여 말려 들어갈 위험을 사전에 제거한다.

(사) 다음 사항을 포함하는 훈련을 이수한 자만 운전할 수 있도록 조치한다.

① 해당 기계에 대한 위험, 주위 작업장에 대한 위험

② 안전작업 및 안전운전절차

③ 안전장치의 기능과 적절한 사용법

④ 안전장치의 누락, 고장, 안전작업 절차 불이행 등의 즉시 보고

⑤ 안전작업 절차, 안전작업 방법, 지도 감독, 미준수시의 징계 내용·절차 등

(8) 회전기계를 포함한 끼임 또는 절단재해가 많이 발생하는 기계의 주요 위험요인으로 인한 재해 예방을 위해 <부록 1>과 같이 기술적 대책 및 관리적 대책을 실시한다.

6. 회전기계의 진동 감시와 유지보수

6.1 회전기계의 진동 감시

(1) 진동감시 목표 집단을 다음과 같은 기준에 의해 선정한다.

(가) 설비의 모든 기계를 진동감시 대상으로 하는 것이 권장된다.

(나) 일반적인 선정은 아래의 기계들이 대상이 된다.

① 설비 안전에 중요한 기계

② 생산에 중요한 기계

③ 가격이 높은 기계 또는 교환이나 보수가 어려운 기계

(다) 설비의 위험성을 평가하여 중요설비를 빠짐없이 선정하는 것이 바람직하다.

(라) 대규모 설비는 그룹별로 나누어 중요도에 따라 선정한다.

(마) 기계의 중요도는 그 기계의 가격, 생산가치, 고장의 중대성에 따라서 <표 2>과 같이 결정될 수 있다. 이 분류에 의해 진동감시 주기 및 방법이 달라질 수 있다.

(2) 적용 가능한 감시의 수준을 정하고 알맞는 감시 및 분석장치를 선택한다. 이 때 기계 제작자 및 진동감시장치 제작자들이 추천하는 방식을 고려한다.

(3) 진동감시 작업자에 대한 교육을 측정 및 데이터 수집하는 작업자 뿐 아니라 데이터 분석하는데 필요한 기술자를 대상으로 실시한다.

(가) 진동감시장치 제작자들이 개설하는 교육프로그램을 활용한다.

(나) 생산관리 담당자도 진동감시에 대한 정보, 목표, 성능에 관한 사항을 알아야 설비가 더 좋은 성능을 유지하도록 관리할 수 있다.

<표 2> 기계의 중요도 분류와 그에 따른 진동 감시 주기 및 방법

중요도	분류에 따른 진동 감시 주기 및 방법	
중요도가 매우 높은 기계	o 10,000 HP (7460 kW) 이상의 동력을 가지는 기계 o 고장 발생 시 전공정에 영향을 주는 기계	
	진동 감시 주기 및 방법	o 고정형의 온라인 연속 진동감시장치 (Online continuous vibration monitoring system)를 설치하여 계속적인 상태감시 o 진동 격렬도에 따른 경보치 및 차단치를 정하여 자동으로 경보를 발하고, 차단되도록 한다.
중요도가 높은 기계	o 1,000 HP (746 kW) 이상의 동력을 가지는 기계 o 고장 발생시 매일의 생산에 영향을 주는 기계	
	진동 감시 주기 및 방법	o 온라인 연속진동감시장치나 온라인 주기적 진동감시장치 (Online continuous vibration monitoring system) 설치 권장 o 이를 설치하지 않을 경우에는 이동측정장치를 사용하여 최소 1주일 단위로 진동치를 측정 및 경향 관리
500 HP (373 kW) 이상 동력 기계	진동 감시 주기 및 방법	o 온라인 주기적진동감시장치의 설치 권장 o 이를 설치하지 않을 경우에는 최소 1개월 단위로 진동치를 측정하고 경향관리 필요 o 년간단위로 시동, 정지, 무부하, 정상부하, 과부하 운전시의 진동상태를 측정하여 기록을 유지
100 HP (75 kW) 이상 동력 기계	진동 감시 주기 및 방법	o 온라인 주기적진동감시장치의 설치 권장 o 이를 설치하지 않을 경우에는 최소 1개월 단위로 진동치를 측정하고 경향관리
기타 모든 기계	진동 감시 주기 및 방법	o 최소 분기 단위로 진동치 측정 및 경향관리

(4) 진동제한치의 설정 또는 진단·분석은 기계제작자의 권고치 또는 진동감시장비 공급자가 제공하는 가이드라인을 따른다. 일반적인 가이드라인은 6.2의 진동제한치 설정 방법의 권고사항을 따른다.

(5) 진동감시에서 얻어진 데이터의 해석을 위해서는 다음과 같은 기계상태 정보를 최대한 갖추어야 한다.

(가) 구동기계 및 종동기계의 형식

(나) 속도 가속기, 감속기, 기타 관련설비(기어, 벨트, 체인, 브레이크, 클러치 등)에 관한 자료

(다) 베어링, 커플링의 형식

(라) 진동치에 영향을 미치는 경험상으로 증명된 주위의 상태, 예를들면 옥외에 설치되어 기후에 취약한 설비의 진동치와 정렬상태

(마) 측정을 실시하는 위치

(바) 초기 진동치

(6) 진동 감시주기는 가능한 한 짧게 설정하는 것이 바람직하며, 중요하고 위험한 기계는 연속적으로 감시하는 것이 좋다. 감시 주기의 조정은 운전 경험과 설비 특성을 고려하여 결정한다.

(7) 기계의 진동 측정은 일정한 위치와 방향에서 수행할 수 있도록 페인트칠, 표식, 이름표 등으로 표시를 한다.

(8) 진동감시의 기본값을 설정한다. 설비 운용 초기에 측정된 진동 측정치는 초기값으로 활용되고, 이는 고장 진단의 기본값으로 활용될 수 있다.

(가) 작은 기계에서는 진동속도의 r.m.s값 또는 양의 극대값만으로 충분할 수 있다.

(나) 중요하고 위험한 설비에서는 시동, 정지, 무부하, 정상부하, 과부하, 위험속도 운전시의 진동상태를 측정하여 기본값으로 활용하는 것이 필요하다.

(9) 모든 자료는 각 기계별로 정기적으로 측정·기록하여 둠으로써 미래의 경고를 확인할 수 있는 자료로 보관하여야 한다.

6.2 회전기계의 진동 제한치 설정 방법

(1) 진동 감시에서 진동 측정의 형태는 비회전부에 대한 진동 측정, 상대 축진동 측정, 절대 축진동 측정의 세 가지를 고려할 수 있다.

(가) 진동 측정 위치는 베어링의 종류에 따라 기계의 설치 부분 구조물이나 베어링 부분 또는 베어링하우징에서 측정한다. 이는 비회전부에 대한 진동 측정에 해당한다.

(나) 미끄럼 베어링의 경우에는 축진동을 직접 관측하고 유막내의 움직임을 관측하기 위하여 비접촉식 변위센서를 이용하여 진동을 측정하고 관리하여야 하며, 이는 상대 축진동 측정에 해당한다.

(다) 구름 베어링이나 소형기계의 미끄럼 베어링의 경우에는 축진동이 거의 대부분 효과적으로 베어링하우징에 전달되므로 속도 및 가속도 센서를 이용하여 측정한다.

(라) 진동 신호는 진동 변위 (단위: ㎛), 진동 속도 (단위: mm/s), 진동 가속도(단위: m/s^2)가 활용될 수 있다.

(2) 진동 제한치는 진동 크기로 나타내며 기기별로 미리 설정한다.

(가) 진동 크기는 진동 신호의 r.m.s. 값으로 표시한다

(나) 회전 기계의 광대역 진동을 평가할 때에는 진동 속도의 r.m.s. 값, 축진동 측정에서는 피크 대 피크 값 (Peak-to-peak값, pp)을 고려하는 것이 경험상 일반적인 관례이다. 시간에 따른 진동 속도 측정 기록이 얻어졌다면, (식 1)와 같이 속도의 실효값을 얻을 수 있다.

$$v_{rms}=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt} \quad \text{----------(1)}$$

이 때,

$v(t)$: 시간에 따른 진동 속도

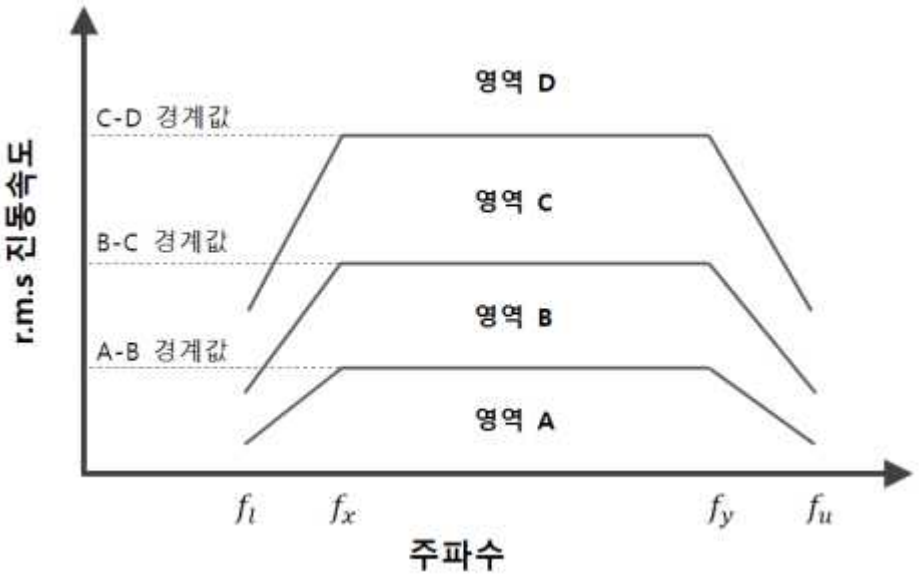
T : $v(t)$를 구성하는 주요 주파수 성분의 어떤 주기보다 더 긴 샘플링 시간

(다) 진동값의 표현은 진동변위의 경우 PP값(Peak-to-peak값, 단위 ㎛ pp 또는 mils pp), 진동속도나 가속도의 경우 양의 극대값 (Zero-to-peak, 속도단위 mm/s 또는 in/s, 가속도 단위 g 또는 m/s^2)이나 r.m.s 값으로 나타낼 수도 있다.

(3) 진동 심각도 평가에는 두 가지 기준 (정상 운전 조건 하 정격 속도에서 진동 크기, 진동 크기의 변화)이 고려될 수 있다.

(4) 정상 운전 조건 하 정격속도에서 진동 크기 기준을 사용한 진동 심각도는 운전 조건 하에서 측정된 최대 광대역 크기값으로 정의될 수 있다. 측정은 일반적으로 다양한 위치와 여러 방향에서 이루어지기 때문에 다른 진동 크기 값의 세트가 얻어진다. 대부분 기계의 경우, 이 중 한 개의 진동 심각도 값이 그 기계의 진동 상태를 특정한다.

(가) 많은 기계의 광대역 진동은 축 회전 주파수의 단일 주파수 성분으로 구성되고, 허용 진동은 <그림 6>에 나타낸 주파수 스펙트럼에서 그 주파수에 해당하는 진동 속도 r.m.s 로서 얻어질 수 있다.



<그림 6> 진동 속도 평가 기준의 일반적 형태

(나) 전항에서 기술한 단일 주파수 성분으로 진동 심각도를 특정할 수 없는 경우 (예: 회전동기 진동 성분이 지배적인 경우) 주파수 스펙트럼에서 전체 주파수 스펙트럼을 포함하는 합성 광대역 측정이 이루어져야 한다. 이 때, 등가 광대역 속도는 다음 식 (2)을 이용하여 얻을 수 있으며, 이를 <그림 6>의 f_x 와 f_y 사이 구간의 있는 일정 속도 영역의 진동속도 r.m.s와 비교해서 평가하여야 한다.

$$v_{rms} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + \ldots + v_n^2} \qquad \text{(속도 실효값 표현)}$$

$$v_{rms} = \frac{10^3}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{a_1}{f_1}\right)^2 + \left(\frac{a_2}{f_2}\right)^2 + \ldots + \left(\frac{a_n}{f_n}\right)^2} \qquad \text{(가속도 실효값 표현)} \qquad (2)$$

이 때,

$f_1, f_2, \ldots, f_n$: 주파수 [Hz]

$v_1, v_2, \ldots, v_n$: 주파수 $f_1, f_2, \ldots, f_n$에서 속도 실효값 [mm/s]

$a_1, a_2, \ldots, a_n$: 주파수 $f_1, f_2, \ldots, f_n$에서 가속도 실효값 [m/s^2]

(5) 기계의 진동 상태는 다음과 같이 네 영역으로 구분할 수 있다. (<그림 6> 참조)

(가) 영역 A : 새로이 운전 개시된 기계의 진동 상태

(나) 영역 B : 통상적으로 제한없는 장기간 연속 운전이 허용되는 진동 상태

(다) 영역 C : 장기간 연속 운전이 부적합하고, 제한된 기간 동안 운전이 허용되는 기계의 진동 상태

(라) 영역 D : 기계에 손상을 유발할 수 있는 충분한 심각도를 가진 진동 상태

(6) 각 영역의 경계 (<그림 6> 참조) 설정 시 대상 기계가 ISO 20816 등 특정 국제표준에 해당하면, 이를 참조하여 설정한다.

(가) 영역의 경계값은 대상 기계의 출력, 기계가 설치된 기초의 지지 (강성), 회전 속도 등에 따라 달리 설정된다.

(나) 영역의 경계 설정 시 국제표준이 개발되어 있지 않거나, 경험이 없는 기계에 대해서 다음과 같이 적용할 수 있다. 소형 기계들은 제시된 범위의 하단, 대형 기계들은 상단을 선택한다.

① A-B 영역 경계값 (비회전부에 대한 진동 속도 r.m.s.): 0.71 ~ 4.5 mm/s

② B-C 영역 경계값 (비회전부에 대한 진동 속도 r.m.s.): 1.8 ~ 9.3 mm/s

③ C-D 영역 경계값 (비회전부에 대한 진동 속도 rms): 4.5 ~ 14.7 mm/s

(7) 장기간 운전을 위해, 어떤 기계 형태에 경보와 비상정지의 형태로 운전 진동 한계를 설정한다.

(가) 경보는 정해진 진동값에 도달했거나 또는 중요한 변화가 발생했다는 경고를 제공하기 위함이다. 경보 상황이 발생하면, 진동의 발생한 이유를 알아내고 필요한 조치를 위한 조사가 수행되는 동안 운전을 계속할 수 있다.

(나) 비상정지는 운전이 기계에 손상을 일으킬 수 있는 진동의 크기를 명시하기 위한 것이다. 비상정지값을 초과하면, 진동을 경감하기 위해 즉시 조치를 취하거나 기계를 정지시켜야 한다.

(8) 출력 15 kW이상 작동속도 120-30,000 rpm 범위의 산업용 기계(ISO 20816-3 참조)의 비회전부 진동 측정에 대한 경보 설정 범위 예로 다음과 같이 권장될 수 있다.

(가) 경보치는 B-C 영역 경계값보다 작게 설정한다.

(나) 경보치는 B구역 상한치의 1.25배를 넘지 않도록 한다.

(다) 진동 크기의 변화가 B구역 상한치의 25%를 초과할때에도 경보의 설정이 필요하다.

(9) 출력 15 kW이상 작동속도 120-30,000 rpm 범위의 산업용 기계(ISO 20816-3 참조)의 비회전부 진동 측정에 대한 비상정지 설정 예로 다음과 같이 권장될 수 있다.

(가) 일반적으로는 비상정지 값은 C구역이나 D구역내에서 설정한다.

(나) 비상정지 값은 C구역 상한치의 1.25배를 넘지 않도록 한다.

(다) 진동 크기의 변화가 B구역 상한치의 25%를 초과할때에도 경보의 설정이 필요하다.

6.3 기어 및 감속기의 유지보수

6.3.1 기어 손상의 종류와 원인

(1) 마모(Wear)

(가) 마찰면이 닳아 없어지는 현상으로 연마마모, 긁기마모, 과부하마모 및 부식마모등이 있다.

① 연마마모 : 윤활유에 섞여 있거나 치면에 박혀있는 미세한 입자에 의해 기어표면에 흠집이 나는 현상

② 긁기마모 : 연마마모와 유사하나 비교적 큰 입자에 의해 기어 표면에 흠집이 나는 현상

③ 과부하마모 : 저속으로 과하중을 받았을 때 금속이 점차 얇은 층상 또는 판상으로 벗겨지는 현상

④ 부식마모 : 윤활유에 습기, 물, 산, 알칼리 등이 혼입되어 피치선에 평행하게 부식이 발생되어 움푹 패이는 현상

(나) 마모를 방지하기 위해서는 감속기 내부를 세정하고 필터 및 윤활유 등을 교체한다.

(2) 소성변형(Plastic deformation)

(가) 소성변형은 과하중으로 생기는 치면의 영구변형으로 이 끝 또는 이의 표면이 거칠게 변하는 현상으로 압연항복, 피이닝(Peening), 파상항복 등이 있다.

① 압연항복 : 균일한 접촉하중과 미끄럼에 의해 발생

② 피이닝 : 국부적인 충격 또는 불규칙한 접촉하중에 의해 발생

③ 파상항복 : 큰 미끄럼 하중에 의해 발생

(나) 소성변형을 방지하기 위해서는 기어에 걸리는 부하나 충격을 줄여 주어야 되므로 근본적인 검토가 필요하다.

(3) 스코어링 (Scoring)

(가) 스코오링은 높은 압력, 과도한 미끄럼, 온도 상승 등으로 인하여 유막이 파괴되어 금속면끼리 접촉되어 기어 표면에 찢어진 듯한 긁힌 자국이 나타나는 현상이다.

① 가벼운 스코오링 : 미끄럼 방향으로 약간 찢어진 듯한 긁힌 자국이 나타나는 현상

② 심한 스코오링 : 긁힌 자국이 깊게 나타나는 현상

(나) 용착을 방지하기 위해서는 높은 면압에도 견딜 수 있는 윤활유를 사용한다.

(4) 표면피로(Surface fatigue)

(가) 기어의 표면피로는 치면에 국부적인 높은 압축응력이 가해져 움푹 패이는 현상인 피팅에서 시작한다.

① 초기 피팅 : 사용 초기에 피치선을 따라 작은 구멍이 발생되는 현상으로 국부적으로 돌출된 부분이 점차 없어지면서 진행이 멈춤

② 심한 피팅 :진행이 멈추지 않고 계속되어 치면의 중앙 부분에 상당히 큰 구멍들이 생기며 급속한 파괴를 일으키기도 함

(나) 표면피로를 방지하기 위해서는 치면에 국부적으로 높은 압축응력이 발생되지 않도록 하여야 됨으로 과부하를 피하고 적정 윤활 등의 조치가 수반되어야 한다.

(5) 버어닝(Burning)

(가) 버어닝은 과하중, 과속도, 백래시 부적합, 윤활불량 등이 원인이 되어 마찰열 등에 의하여 기어 표면이 변색되고 경도가 저하되는 현상이다. 점도가 높은 윤활유를 사용하는 경우에도 발생한다.

(나) 버어닝을 방지하기 위해서는 윤활유의 적정 점도가 유지되고 윤활이 원활하여야 한다.

(6) 간섭(Interference)

(가) 간섭은 국부적으로 매우 높은 하중이 기어에 가해지는 현상이다.

(나) 부적정한 설계 및 제작, 조립시 기어 중심거리 부족, 이 끝의 여유가 충분하지 않은 경우 등에 발생된다.

(다) 간섭을 방지하기 위해서는 설계·제작·조립 시 기어의 적정 중심거리 유지 및 이 끝과 이의 뿌리 사이의 적정 간격을 유지하여야 한다.

(7) 절손(Breakage of tooth)

(가) 절손은 기어의 이가 부러지는 현상으로 과부하에 의한 절손, 피로에 의한 절손 등이 있다.

① 과부하에 의한 절손 : 기어 사이에 이물질이 끼어 움직이지 않게 되는 등 뜻하지 않은 충격하중으로 파손되며, 파단면이 주철과 비슷한 결정상을 나타냄

② 피로에 의한 절손 : 반복하중으로 인하여 작은 균열로 시작하여 이의 일부 또는 전부가 부러지는 현상으로 파단면의 변색, 마멸 등이 관찰됨

(나) 절손을 방지하기 위해서는 기어의 이 사이에 이물질이 끼어들지 못하도록 하고, 과부하를 방지하여야 한다.

(8) 균열(Crack)

(가) 균열은 이의 중심부가 연하거나 부적정한 열처리로 인해 잔류응력이 발생되어 이가 조각이 나거나 얇게 벗겨지는 현상이다.

(나) 균열을 방지하기 위해서는 열처리 사양에 맞추어 기어의 이 부분을 열처리 하여야 하며, 열처리 후 잔류 응력을 완전히 제거하여야 한다.

(9) 소입균열(Crack by quenching)

(가) 소입균열은 열처리의 부적정, 날카로운 모서리, 절삭자국 등이 원인이 되어 발생되며 이뿌리 또는 이 끝에서 시작되어 검은 균열 자국이 나타난다.

(나) 소입균열을 방지하기 위해서는 소입 시방서에 따라 적정 열처리를 하여야 하며, 날카로운 모서리・절삭자국 등을 제거하여야 한다.

6.3.2 기어의 윤활

(1) 윤활은 기어의 성능유지에 지대한 영향을 미치므로 적합한 윤활방식을 채택하고 수시로 윤활유 레벨 및 윤활유 상태를 점검하여 주기적으로 교체하여야 한다.

(2) 개방기어는 일반적으로 점도가 높은 기름이나 그리스를 윤활제로 사용한다.

(3) 감속기 내의 윤활은 일반적으로 윤활유에 잠겨있는 기어가 회전하면서 윤활유를 분산시켜 윤활하는 방법을 이용한다.

(4) 고마력, 고속의 기어는 분사 노즐을 부착하여 펌프로 윤활유를 압송하는 순환급유 시스템을 이용한다. 각 감속기마다 펌프를 설치하여 개별적으로 급유하는 개별급유 방법과 중앙에 펌프와 윤활유 탱크를 두고 여러 기어장치에 윤활유를 보내는 중앙 공급방식이 있다.

(5) 베어링의 발열 등 윤활에 문제가 발생되면 경보 및 운전의 정지가 이루어지는 안전 장치의 설치가 바람직하다.

6.3.3 가동 중 점검

(1) 해당 감속기의 취급설명서에 따라 점검하는 것을 원칙으로 하되, 취급설명서가 없는 경우에는 아래 각 항의 내용 및 <부록 2>의 점검표에 따라 사업장 실정에 맞게 실시한다.

(2) 가동 중 다음의 사항을 점검하고 확인한다.

(가) 기어와 피니언이 원활하게 운전되고 있는지 점검한다.

(나) 감속기 케이스가 변형되거나 비틀어짐이 없는지 점검한다.

(다) 기초의 상태, 변형, 볼트의 풀림 등을 점검한다.

(라) 윤활이 적절히 이루어지고 있는지 점검한다.

(마) 개방기어는 마멸, 벗겨짐, 부식, 파손, 갈라짐, 이물질의 끼임 등이 없는지 점검한다.

(바) 6.1절과 6.2절의 내용을 준용하여 진동을 측정한다.

(사) 소음을 측정하여 변화여부를 점검한다.

(아) 윤활유 내의 마멸된 입자 분석을 실시한다.

(3) 고마력 또는 중요도가 높은 감속기는 윤활유의 온도, 흐름 등의 상태감시 및 기록을 유지하여 경향관리를 실시한다. 즉, 상태감시 및 기록이 필요한 사항은 다음과 같다.

(가) 윤활유 공급 압력 : 베어링의 마멸 또는 손상, 윤활 스프레이 노즐의 파손, 윤활 배관의 누출 등이 발생되면 윤활유 공급압력이 변화될 수 있다.

(나) 윤활유 온도와 레벨 : 윤활유의 온도가 10℃ 이상 증가되면 심각한 고장의 징후를 나타내는 신호임으로 즉시 정밀검사를 실시한다. 윤활유 레벨이 낮아지면 누유 등을 검사하고 보충한다.

(다) 베어링 온도 : 운전조건이 일정함에도 베어링의 온도가 증가되면 전체적인 열부하가 증가된 것으로서 정밀검사를 실시한다. 과부하, 변형, 축의 정렬 불량 등이 베어링의 열부하를 증가시키는 원인이 된다.

(라) 오일필터의 압력차 : 오일필터 전 후에 압력차가 큰 경우에는 오일필터를 점검하여 교체 등의 조치를 취하여야 한다. 필터의 고장 원인은 필터부품이 변형되었거나, 윤활유가 오염되어 필터를 막은 경우 등이다.

(마) 진동 : 진동이 기준치를 초과하거나 심하게 변하는 경우에는 주파수 분석을 시행한다. 기어는 기어간의 접촉으로 인하여 각 축의 운전속도에 대응하는 진동보다 높은 주파수의 진동이 발생된다. 주파수 분석을 통하여 진동의 원인이 된 기어를 찾아 정밀검사를 실시한다.

6.3.4 기어의 분해검사

(1) 해당 감속기의 취급설명서에 따라 분해검사를 실시하는 것을 원칙으로 하되, 취급설명서가 없는 경우에는 아래 각 항의 내용 및 <부록 2>의 점검표에 따라 사업장 실정에 맞게 실시한다.

(2) 기어 및 감속기의 분해검사 시기는 다음을 고려하여 결정한다.

(가) 개방기어는 연 1회 이상의 분해검사를 실시하는 것을 원칙으로 한다.

(나) 심한 충격하중이 가해지는 감속기의 경우, 치면의 마멸형태가 안정화될 때까지는 분기별로 분해검사를 실시하고, 안정화되고 나면 1년 주기로 실시하는 것을 원칙으로 한다.

(다) 중간 및 가벼운 충격하중이 가해지는 감속기는 운전시간이 17,000시간에 도래하거나 가동 후 3년 시점 중 먼저 도래하는 때에 분해검사를 실시하는 것을 원칙으로 한다.

(라) 모든 기어의 분해검사 주기는 최대 3년을 초과하지 않는 것을 원칙으로 한다.

(마) 가동중 육안검사, 마멸된 입자의 검사, 진동, 윤활유 온도, 압력 등에서 이상징후가 발견되면 분해검사를 실시한다.

(3) 분해검사시의 상태를 기록해 놓으면 이전의 상태와 현재의 상태를 비교해 볼 수 있어 이상상태를 용이하게 발견할 수 있다. 다음과 같은 방법으로 상태를 기록할 수 있다.

(가) 사진을 촬영해 두는 것은 기어상태를 기록하는 좋은 방법중의 하나이나 치면이 반사되어 희게 나타나는 등의 문제가 발생될 수 있으므로 조명과 사진기술에 유의하여야 한다.

(나) 표면복제(Replica) 방법 등을 이용하여 치면의 피팅이나 절손 등의 상태를 정확히 기록할 수 있으며 금속현미경 등으로 조직을 관찰할 수 있다.

(다) 현상에 대한 스케치 또는 기록은 가장 간단히 할 수 있는 방법이나 정확도와 신뢰성이 떨어짐으로 주의하여야 한다.

(4) 분해검사 시 다음의 사항을 검사하여 유지 보수를 실시한다.

(가) 부품들을 깨끗이 청소하고 치면, 용접부위, 키홈, 충격부위 및 응력이 집중될 수 있는 부위 등을 선정하여 액체침투탐상시험, 자분탐상시험 등으로 균열 등이 발생하였는지를 검사한다.

(나) 기어 백래시 및 접합상태를 검사하고 변색부위가 발견되면 과열이 의심됨으로 충분한 넓이에 걸쳐 경도시험을 한다.

(다) 베어링, 스페이서 등의 설치 상태를 검사하여 손상여부를 판단하고 필요시 베어링을 교체한다.

(라) 윤활 시스템과 기타 보조설비들을 점검하고 청소한다.

6.3.5 보수 시 유의사항

(1) 과부하 등의 문제가 발생되면 부하에 견딜 수 있는 기어로 교체하거나 부하를 줄여주어야 한다.

(2) 감속기의 용량과 각 부품에 미칠 수 있는 영향을 고려하지 않고 기어 재료를 변경하게 되면 기어에 전달되는 부하의 분배가 변경될 수 있으므로, 임의로 기어 재료를 변경하거나 추가하지 아니한다.

(3) 용접, 그라인딩 등 열이 가해지는 보수작업은 기어재료에 영향을 주어 성능이 저하될 수 있으므로 주의하여야 한다.

(4) 윤활유의 성분을 조정하거나 첨가제를 넣어 피팅, 용착, 부식현상 등을 개선할 수 있으나, 베어링과 분사 노즐 등에서의 원활한 흐름을 저해할 수도 있으므로 종합적으로 검토한 후 조치하여야 한다.

(5) 국부적인 과부하를 해소하기 위한 치면 연마는 피이닝, 용착, 피팅, 균열 등의 문제를 해결할 수는 있으나, 치면 형상의 변경으로 인하여 예기치 않은 부위에 과부하를 유발시킬 수도 있으므로 충분한 검토가 필요하다.

(6) 잔류응력 제거나 재료의 성질 개선을 위한 열처리 시에는 뒤틀림이 발생되지 않도록 주의하여야 한다.

(7) 기어의 기하학적 형상과 작은 틈새로 인하여 기어에 손상이 발생되면 손상이 빠른 속도로 확산될 수 있으므로 엄격한 검사와 유지보수가 필요하다.

(8) 대형 기어의 경우 조달하는 데 많은 시간이 소요되므로 일정한 주기마다 철저한 점검을 필요로 한다.

(9) 한 쌍의 기어중에서 한 쪽이 손상되었을 경우 치합 등을 고려하여 양 기어를 동시에 교체하는 것이 바람직하다.

7. 위험동력기계 및 회전부 예비부품의 관리

7.1 동력기계의 분류

(1) 동력기계는 그 기계나 방호장치에 고장이 발생하였을 경우에 중대산업사고의 위험이 있는가 또는 없는가에 따라서 위험동력기계와 일반동력기계로 분류한다.

(가) 동력기계는 공정 내에서 사용되는 회전 또는 왕복동 운동을 하는 기계로서, 기계 운전이나 안전을 위한 부가적인 기계도 포함하며 운동으로 인한 위험이 있는 기계를 말한다. 펌프, 팬, 압축기, 터빈, 원심기, 혼합기 등이 그 예이다.

(나) 동력기계 중 위험동력기계로 분류되는 기계는 고장의 발생 또는 오동작의 경우에 사람이나 환경에 중대한 위해를 가하거나 생명을 잃게 만드는 기계로서 다음의 범위에 해당한다.

① 고장이 발생하였을 경우에 사람이나 환경에 심각한 위해를 줄 수 있는 양의 물질이 누출될 수 있는 기계

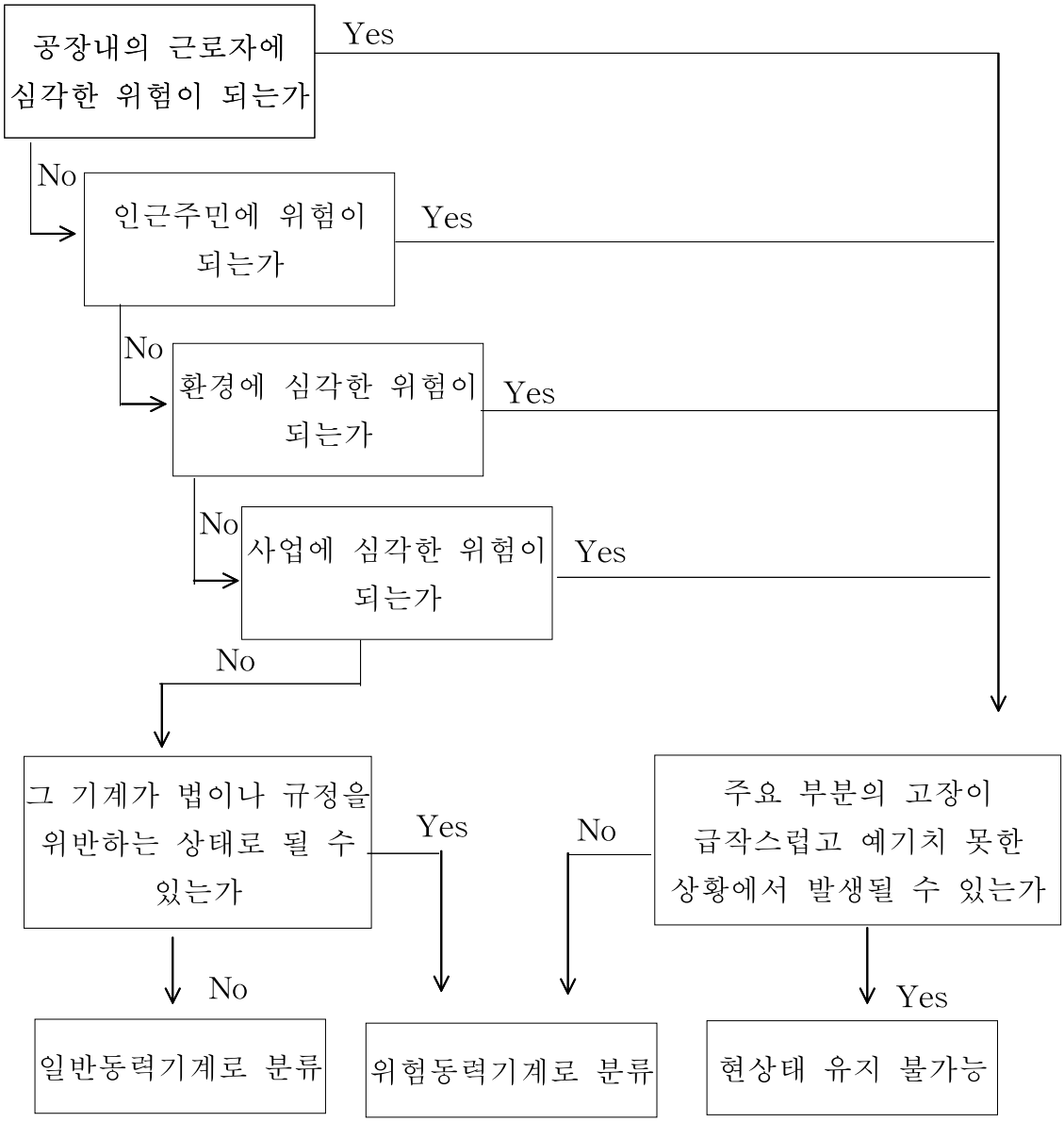
② 기계의 고장이 공정 내에 위험한 상황을 일으켜 사람이나 환경에 심각한 위해를 줄 수 있는 화재·폭발·제어불능의 반응들을 발생시킬 수 있는 기계

③ 경험적으로 고장의 위험이 높으며 그 고장이 사람에게 심각한 위해를 끼칠 수 있는 기계

(2) 동력기계는 다음과 같은 방법과 절차를 통해 분류한다.

(가) 새로운 기계나 재 사용하는 기계는 위험성 평가를 수행하여 위험도를 분류한다. 기존 기계에 대한 평가는 평가팀을 구성하여 위험도를 분류하며 평가팀의 구성에는 공장과 설비를 잘 알고 있으며, 기계 책임자로 임명된 기계전문가, 기계 설계전문가, 공정과 공정흐름의 위험을 잘 알고 있는 공정전문가 등이 포함되도록 한다.

(나) <그림 7>의 절차에 따라 기계의-고장이 공정 내에 위험한 상태를 일으킬 수 있는가를 검토한다. 그 기계가 고장이 일어날 높은 확률, 실 등 부품의 손상으로 인한 누출 발생 가능성을 검토한다.



<그림 7> 위험동력기계와 일반동력기계 분류절차

7.2 동력기계의 관리

7.2.1 방호장치 및 점검주기 계획 검토

(1) 위험동력기계를 분석하여 발생 가능한 위험을 제어할 수 있는 방호장치, 제어기능 등을 기술하고 준비한다.

(2) 필요한 곳에는 모니터링 설비, 경보설비 등을 설치한다.

(3) 기계 및 부품들의 점검주기 및 방법이 포함된 점검계획을 마련하고 순찰주기 등을 정한다.

7.2.2 동력기계의 점검

(1) 동력기계의 가동 전 점검 사항은 기계의 가동 전에 점검이 이루어져야 하며 설계에 따라 설치가 완비되었는지 확인한다.

(2) KOSHA GUIDE C-C-52-2026 「가동전 안전점검에 관한 기술지원규정」에 따라 점검한다.

(3) 동력기계의 정기점검에서는 주요 부품들을 점검하고 방호장치를 시험한다.

(4) 동력기계의 정기점검은 해당 기계를 잘 알고 있는 점검경험을 가진 전문가가 수행한다.

(5) 동력기계의 정기점검 시 점검의 방법과 범위는 다음 점검까지의 최대 기간과 앞으로의 가동을 위한 기계의 적합성 정도에 따라 정한다.

(6) 동력기계의 정기점검을 통해 확인된 보수사항은 보고서로 작성하여 책임자 결재 후 등록철에 보관한다.

7.2.3 위험동력기계의 변경, 등록 및 기록, 고장조사

(1) 위험동력기계의 주요기계부품, 방호장치, 운전한계 등을 변경할 경우에는 KOSHA GUIDE C-C-53-2026 「변경요소 관리에 관한 기술지원규정」에 따르되 변경검토 사항 중 설계검토는 다음의 설계확인 절차를 따른다.

(가) 지정된 설계전문가에 의하여 위험동력기계가 사양과 조건에 적합하게 설계되었는지를 확인한다. 설계확인 과정에서는 <표 3>에 나타낸 필요한 서류 및 도면을 활용하여 설계확인 사항을 검토하고 확인한다.

<표 3> 설계확인 시 자료 및 검토사항

필요자료	검토사항
• 공정흐름도(PFD) 및 공정배관계장도(P&ID) • 기계 및 구동장치의 상세 사양 • 기계외관도 • 기계단면도 • 부품・재질 목록 • 물질안전보건자료(MSDS) • 위험성 평가 혹은 분석자료	• 기계용량 및 승인된 설계와 운전한계의 검토 • 경험상 발생 가능한 고장 요인에 대한 검토 • 위험물질 누출을 억제할 수 있는 대책 검토 • 방호장치와 그 적합성 검토 • 점검주기 및 계획 검토

(나) 설계확인의 결과는 문서로 기록하여 설계확인서를 작성한다.

(다) 운전과 보수에 대한 기술을 축적하고 설계한계를 확인하는 설계확인 과정에 기계 제작자를 활용하는 것이 권장된다.

(2) 위험동력기계는 개별 기계번호를 부여하고 장비대장에 분류 등록한다. 각 기계에 개별기계번호를 부착한다.

(3) 기계별로 별도 자료철을 마련하여 주요 사양을 기재하고 자료를 철해 놓는다. 등록철에는 다음의 사항들을 포함시킨다

(가) 개별기계번호

(나) 기계의 위치

(다) 관련 공정흐름도(PFD) 및 공정배관계장도(P&ID)

(라) 설계확인 증명서

(마) 위험성 평가 혹은 분석자료

(바) 주요부품과 방호장치의 검사 및 점검계획

(사) 점검 보고서

(아) 윤활계획

(자) 운전 및 정비지침서

(차) 정비 및 변경내역

(카) 기타 설계・제작・점검・검사・시험・방호장치・모니터링・정비・변경에 관련된 서류

(4) 위험동력기계의 고장은 중대산업사고로 발전될 수 있는 아차사고이므로 기계 관리자는 이 고장을 조사하여 보고서로 작성한다. 위험동력기계의 고장조사 절차는 KOSHA GUIDE C-C-54-2026 「공정사고 조사계획 및 시행에 관한 기술지원규정」을 따른다.

7.3 회전부 예비부품과 설치예비기기

(1) 회전부 예비부품을 준비하여야 할 기계는 제품 생산의 공헌도, 조달 소요시간을 고려하여 선정한다.

(가) 제품생산에 직접적으로 관계되는 기계로서 제품생산의 25% 이상을 담당하는 기계

(나) 조달에 30일 이상 소요되는 부품을 가진 기계

(다) 고장난 기계를 보수할 때 회전부 부품의 검사, 수리, 조달에 많은 시간을 소비하게 되는 기계

(2) 회전부 예비부품 준비 시 이점은 다음과 같다.

(가) 전체기계가 손상을 입거나 파괴되는 사례도 발생 가능하나 케이싱이나 구조물을 수리해야 할 고장은 드물고 일반적으로 회전부의 고장이 대부분이다.

(나) 회전부의 가격은 전체기계의 절반이하 수준이다.

(다) 전체공장 분해검사시 회전부의 검사, 수리, 조달이 가장 많은 시간을 소비하게 한다.

(라) 회전부 예비부품이 준비되어 있으면 보수효율을 증대시키고 소요시간을 절약할 수 있다.

(마) 분해점검은 기계를 열고 검사하여 보수가 필요한 부분을 파악하고 예비부 품으로 교체한 후 기계를 재조립 함으로써 끝낼수 있다.

(바) 교체된 부품들은 시간적 여유를 가지고 보수 및 재저장 할 수 있다.

(사) 하나의 예비부품은 비슷한기계의 여러곳에 공동으로 대응할 수 있다.

(아) 부품의 품질을 향상시키거나 성능을 보완할 경우 가동정지시간을 최소화하여 교체할 수 있다.

(자) 설치예비기기나 기계전체를 예비품으로 저장하는 경우보다 쉽게 저장, 검사, 수리가 가능하므로 상당부분은 회전부 예비부품을 준비함으로써 대체 할 수 있다.

(3) 회전부 예비부품을 준비하여야 할 기계의 예를 구체적으로 열거하면 다음과 같다.

(가) 가스터빈, 스팀터빈의 구동부, 감속기어박스를 포함한 종동부

(나) 대형 전동기, 발전기

(다) 보일러의 순환펌프 및 환풍팬

(라) 롤링밀, 카렌다, 혼합기, 분쇄기 등 가공설비

(마) 펌프, 압축기, 이젝터 등 압축이송설비

(4) 한편, 설치예비기기를 준비함으로써 대형 회전기계의 신뢰성을 최상으로 보증할 수 있다.

(5) 설치예비기기 준비 시 이점으로는 다음과 같다.

(가) 신뢰성이 최대로 되며 필요시 공정상 보조기계로 사용할 수 있다.

(나) 운전중인 기계가 고장의 조짐을 보일 때 생산에 충격없이 보조기계로 운전을 이양할 수 있다.

(다) 적절한 밸브 및 운전조작으로 다른기계가 운전할 동안 기계를 보수할 시간적 여유를 갖는다.

(6) 설치예비기기 준비 시에는 다음의 사항을 고려한다.

(가) 설치예비기기의 수가 과다하면 운전기계 보다 요구되는 보수시간이 과도해진다.

(나) 설치예비기기는 신뢰성을 보증하기 위하여 주기적으로 시운전을 하여야 한다.

(다) 설치예비기기의 주기적인 시운전은 공정에 운전부하를 증가시킬수 있고 비정상적인 운전조건을 일으킬수 있다. 이러한 문제는 설치예비기기의 시운전을 점검기간 등 정상가동 이외의 기간에만 국한 시키는 등의 방법으로 최소화 할 수 있다.

(라) 공정을 변경하여 예비기기를 추가로 운전하게되면 안전여유가 줄어들거나 없어질 수 있다.

(마) 지속적인 점검·보수를 하지않으면 설치예비기기가 가지고 있는 기술적인 장점이 없어질 수 있다.

7.4 회전부 예비 부품의 저장

7.4.1 회전부 예비 부품의 저장방법 및 위치

(1) 회전부 예비부품의 저장은 축의 한끝을 매달은 수직상태이거나 축이 베어링에 지지된 상태로 저장한다.

(2) 저장 및 지지위치는 예비부품의 상태에 따라 고려할 사항과 위치변경주기 등을 면밀히 검토하여 결정한다.

(3) 저널이 받침대에 지지되어 보관되는 로터의 경우 매 90일 마다 90°씩 회전시켜 지지하는 것이 권장된다.

(4) 끝을 매달은 상태로 저장하는 부품은 위치변경이 필요없으나 한 위치에서 아주 장시간 보관될 경우에는 접지형 받침대를 사용하는 것이 좋다.

(5) 저널 받침대에는 테플론 코팅 등을 하지 않도록 한다. 이것은 주기적인 위치변경에는 편리하나 저널내부에 할로겐원소 등이 용해되어 공정운전 중 취성파괴나 예기치 못한 고장을 유발시킬 수 있다.

7.4.2 회전부 예비 부품의 저장조건

(1) 온도와 습도를 조절할 수 없는 창고에 저장할 경우에는 습기가 응축되거나 먼지 등이 축적되는 것을 방지할 수 있는 방법을 강구하여야 한다.

(2) 대기상에 존재하는 미량원소에 따라 추가적인 예방보호조치가 필요하다.

(3) 수축포장 및 캡슐저장 시에는 내부에 건조제를 함께 넣어 습기를 제거한다. 한편, 상태를 확인하는 주기적인 검사를 시행하고, 건조질소 등을 충진한다.

(4) 방부제 도포 방법에서는 여러 가지 부식방지물질이 액체, 그리스, 분말형식으로 제공된다. 스프레이, 담금, 솔질 등의 방법으로 기계운전에 영향을 미치지 않는 물질을 사용한 방부제를 도포하고, 기계에 설치되기 전에 완전하게 제거되어야 한다.

(5) 회전부 예비부품 저장 시 포장 내부의 온도가 이슬점 이상을 유지하도록 난방기구를 사용하여 온도를 높인다. 이 때, 난방기구는 화재가 발생되지 않도록 주의하여야 한다.

7.4.3 회전부 예비부품 저장 시 추가적인 조치

(1) 베어링저널, 기어잇면, 롤표면 등 중요한 표면에는 기계적인 손상을 방지할 수 있는 보호대를 한다.

(2) 접근가능한 내부표면에도 방부조치를 한다.

(3) 재질별로 추가 보호조치가 요구되는 사항을 검토한다.

(4) 오스테나이트계 스테인리스 스틸은 염화물에 영향을 받아 부식이 일어날 수 있으므로 염화물이 포함된 잉크로 표시하지 않는다.

(5) 산소와 염소를 취급하는 설비는 오일과 화학반응을 일으킬 수 있으므로 주의해야 한다.

7.4.4 저장예비부품의 점검

(1) 대형로터에 부속된 베어링저널 등 정밀성이 요구되는 예비부품은 분기별 1회이상 점검한다.

(2) 일반 예비부품은 양호한 상태를 유지하기 위하여 1년에 1회이상 점검한다.

(3) 보관상태가 양호하지 않은곳에 저장된 예비부품은 점검주기를 더 단축하여 실시한다.

<부록 1> 주요 기계설비의 위험요인, 기술적 대책 및 관리적 대책

주요 기계설비의 위험요인, 기술적 대책 및 관리적 대책 (기계식프레스, 절곡기)

기계설비	위험요인	기술적 대책	관리적 대책
기계식 프레스	① 안전장치 미부착 상태에서 작업 중 금형 사이에 손 등이 끼이는 위험 ② 가동 중인 상태에서 가공물 교정, 스크랩 배출 등의 작업을 하다 신체가 끼이는 위험 ③ 금형 설치 후 이를 조정하는 작업 중에 손 등이 금형 사이에 끼이는 위험 ④ 발스위치를 타 근로자가 밟거나 물건이 떨어지면서 작동시키는 등 기계 오작동으로 인한 위험	① 밀폐식 가드, 조정식 가드, A형 또는 B형 게이트, 소재 자동 공급장치, 양수조작식 안전장치, 접근반응형 방호장치, 치공구 등을 이용하여 "노핸드인다이" 작업을 원칙으로 한다. 다만, 치공구를 사용하여 소재를 공급할 경우에는 수인식 안전장치 등을 함께 사용한다. ② 가능한 범위 내에서 금형이 열리는 높이를 6 mm(스트로크 제한형 금형)이하로 제한한다. 6 mm이상 열리는 경우에는 작업점으로부터 근로자를 보호할 수 있는 가드를 사용하거나 이를 대체할 수 있는 안전장치를 구비한다. ③ 가드에 개구부를 설치하는 경우에는 허용 가능한 치수 이하로 제작하여 손가락, 손, 팔 등이 가드의 상하, 측면 등을 통해 위험점에 접근할 수 없어야 한다. ④ 기계식 프레스의 가드는 다음 조건 중의 하나 이상을 만족하도록 설치한다. • 근로자의 손 등이 작업점에 다다르면 슬라이드 하강을 방지하거나 또는 급정지 • 금형이 닫힐 때 작업점에 접근하는 것을 방지 • 금형이 닫힐 때 무의식적으로 작업점에 손을 넣으면 밖으로 끌어냄 • 작업점에 다다르는 것을 방지 • 안전거리가 확보된 양수조작식 스위치를 사용하여 슬라이드가 하사점에 이르기 전에 손을 넣을 수 없도록 하거나 작업점에 도달하기 전 운전을 정지 • 슬라이드 하강 개시 전 또는 슬라이드 하강 중 슬라이드가 정지하기 전에 작업점을 둘러싸서 근로자의 손 등이 작업점에 다다르는 것을 방지	① 프레스 작업 착수 전에 안전작업 절차 및 방법, 충분한 교육·훈련·실습 등을 실시한다. ② 근로자가 훈련 받은 대로 안전작업 절차 및 방법을 이행하고 있는지 지도·감독한다. ③ 정상적인 상태를 유지할 수 있도록 정기적인 점검, 유지보수, 장비이력 기록·보관 및 이에 대한 보고 절차, 방법, 내용 등에 대해 교육을 실시한다.

동력식 절곡기	① 운전자의 손이 작업점에 있는 동안 불시의 발스위치 조작 등으로 인한 위험 ② 절곡하는 동안 가공물과 절곡기의 프레임 사이에 신체의 일부가 끼는 위험 ③ 근로자가 가공물을 투입 또는 정렬하거나, 문제를 해결하거나 고치는 동안 이를 인지하지 못한 제3의 근로자가 가동스위치를 누르는 등의 불시기동에 의한 위험 ④ 조절, 끼임 해결, 유지보수, 금형 설치·정렬 또는 기계 청소 시 록아웃/태그아웃(Lock out/tag out) 또는 이의 대체 안전 조치 미이행 또는 이의 실수	① 양수조작식 안전장치, 재기동 방지장치, 수인식 안전장치, 격벽가드, 안전거리, 기타 제한 장치 등에 의해 위험으로부터 근로자나 보조자를 보호한다. ② 특수 목적용(전용) 절곡기의 경우 다음에 따른다. • 보호구역에 소재 등을 투입할 수 있도록 뮤팅(Muting) 또는 블랭킹(Blanking) 기능을 설정할 수 있음. 이 때에는 특정 가공물이나 과업에 따라 기능이 적절하게 조절되었음을 확인하여야 함. 잘못 조절하였을 경우 운전자를 보호할 수 없는 구역이 발생할 수 있어 근로자가 급박한 위험에 노출될 수 있음 • 양수조작식 안전장치, 2인 이상의 공동 작업 제어 시스템, 재기동 방지장치 등의 안전장치를 사용 • 소량의 특정 제품 생산 등으로 안전장치의 설치가 현실적으로 곤란한 경우에는 치공구 등을 사용하여 소재를 투입, 꺼내는 등 거리제한에 의한 안전을 확보 ③ 작업 여건상 안전장치의 설치가 현실적으로 불가능하여 발 스위치를 사용하는 경우에는 다음을 따른다. • 발 스위치는 원칙적으로 가드나 안전장치와 함께 사용하여야 한다. 다만 현실적으로 이러한 방호장치를 사용하는 것이 불가능한 경우에는 작업점으로부터 근로자 손까지의 안전거리를 확보한다. • 소재를 충분히 크게 하여 근로자의 손 등이 작업점에 도달할 수 없도록 한다. • 발 스위치는 의도하지 않게 스위치가 눌려지거나, 연속작동이 되지 않도록 가드 등을 설치한다. • 발 스위치를 밟고 올라서는 것을 금한다. • 가공물이 작아 손 등이 작업점에 접근해야 하는 경우에는 치공구와 위치제한형 방호장치 등을 병용한다.  <그림> 발스위치가드	① 절곡기를 사용하려는 자는 작업 전에 숙련된 유경험자로부터 훈련을 받아야 하며 관리자는 근로자 스스로 안전하게 작업할 수 있을 때까지 철저히 감독한다. ② 지속적으로 안전운전 절차를 개발하여 보급하고, 이를 잘 적용하고 있는지 주기적으로 점검한다. ③ 해당 근로자는 작업 시작 전 후 주유 등 일상 점검·정비를 실시한다.

	로 인한 위험		

주요 기계설비의 위험요인, 기술적 대책 및 관리적 대책 (컨베이어)

기계설비	위험요인	기술적 대책	관리적 대책
컨베이어 (공통)	① 운전 중 청소 및 유지보수 작업 ② 느슨한 복장 등 ③ 체인, 스프로켓 부분의 가드 부적절 ④ 현수식(천장 등에 매달아 설치) 컨베이어 하부의 체인 ⑤ 컨베이어를 넘어가거나, 주위에서 뛰거나 보행	① 모든 스프로켓, 체인, 롤러, 벨트 등의 구동 부위에는 이에 적합한 가드를 설치한다. 위치제어 가드를 활용할 경우에는 이동부위가 근로자로부터 멀어지는 쪽으로 설치하여 우발적으로 위험점에 접근하는 것을 방지한다. ② 다른 컨베이어와의 간섭 등으로 가드를 설치하는 것이 현실적으로 불가능한 경우에는 경고 표지판이나 경광등을 설치한다. ③ 컨베이어를 사용하지 않거나 일정기간 방치할 때에는 벽, 바닥, 슈트, 호퍼 등에 설치된 개구부에 덮개를 설치한다. ④ 돌발적인 실수로 인하여 기동 버튼이 눌려지지 않도록 운전대, 운전실 등에는 가드를 설치한다. ⑤ 안전하게 유지보수 할 수 있도록 록아웃/태그아웃을 적용한다. ⑥ 재기동 방지를 위하여 운전 재개 시 수동으로 재설정하는 기능이 있는 비상정지 장치를 사용한다. ⑦ 식별이 용이하고 근로자가 쉽게 접근할 수 있는 곳에 비상정지 버튼, 삼각대식 비상정치장치, 당기는 줄로 된 비상정지 장치 등을 설치한다.	① 안전운전 절차를 지속적으로 개발하여 이를 적용하고 제대로 이행하고 있는지 주기적으로 점검한다. ② 훈련을 받은 자만이 운전할 수 있고, 훈련을 받고 자격을 인정받은 자만이 유지보수 할 수 있는 시스템을 구축한다. ③ 컨베이어 운전자나 주위 근로자에게 급정지장치의 위치를 알리고 이에 대한 사용 방법, 컨베이어의 안전 운전 절차 등에 대한 교육 훈련을 실시한다. ④ 컨베이어에 탑승을 금지한다. ⑤ 컨베이어의 위나 아래로 통과해야 할 경우에는 안전하게 건널 수 있는 건널다리나 안전 통로를 설치한다. ⑥ 반드시 컨베이어를 멈추고 컨베이어의 정렬, 주유, 유지보수 등의 실시. 현실적으로 불가능한 경우에는 작업점이 생성되는 부위, 말려 들어갈 수 있는 부위 등으로부터 안전거리를 확보한 후 실시한다. 예를 들면 주유 튜브 및 주입구를 위험점으로부터 연장하여 빼어 내고, 조정 스크류를 설치하는 등의 조치를 취한다. ⑦ 느슨한 복장, 장신구 등의 착용을 금하고, 긴 머리카락이 노출되지 않도록 모자, 망 등을 착용한다. ⑧ 주기적으로 점점 및 유지보수를 실시한다.

		⑧ 컨베이어 벨트의 전 구간에 걸쳐 어느 지점에서나 용이하게 접근할 수 있도록 줄로 된 비상스위치 등을 설치한다.	

벨트 컨베이어 (추가)	① 벨트 긴장장치 부위 및 반대편 끝단 등 벨트가 움직이는 방향이 바뀌는 곳에 생성되는 작업점 ② 컨베이어 끼리 서로 인접한 곳의 벨트 등에 의해 생성되는 작업점	① 격벽 가드 등이 정상운전과 간섭되어 가드 설치가 곤란한 경우에는 경고 표지, 경광등과 함께 안전거리를 확보한 위치제어 가드 등을 사용한다.	-
나사 컨베이어 (추가)	① 덮개, 하우징 등이 열려 있는 경우 나선식 날개의 전 구간에 걸쳐 생성되는 작업점	① 소재 투입구 및 취출구를 제외한 전 구간에 걸쳐 하우징을 설치한다. ② 하우징 설치가 현실적으로 불가능한 경우로서 위치제어 가드를 적용하지 않은 경우에는 컨베이어를 감싸는 가드레일을 설치한다. 이때는 투명 플라스틱이나 그물망 형태의 재료를 사용하여 운전 상태를 감시할 수 있도록 한다. ③ 덮개를 설치하기가 곤란한 경우에는 개방된 반죽 통 등을 사용할 수 있다. 다만, 이때에는 위치제어 가드를 사용한다. ④ 위치제어 가드의 대안으로 근로자가 접근하거나 통 안으로 떨어지는 것을 방지할 수 있도록 반죽통의 벽을 높게 설치할 수 있다.	-
체인 컨베이어 (추가)	① 체인 컨베이어의 기능을 손상시키지 않고는 덮개를 설치할 수 없는 경우 등의 움직이는 체인	① 정상운전과의 간섭에 의해 가드를 설치할 수 없는 경우에는 위치제어 가드, 위험경고 표지 및 경광등 등의 신호 장치를 설치한다.	-
롤러 컨베이어 (추가)	① 구동체인-스프로켓 사이 ② 캐리어롤러-벨트 사이 ③ 구동부, 터미널, 긴장 장치(Take up device), 아이들 롤러	① 운전자를 보호할 수 있도록 조정식 가드를 영구적으로 설치한다. 예를 들면 작은 소재를 이송하기 위하여 롤러 폭의 일부만 사용하는 경우, 운전자 측에서 가까운 반대편의 롤러에 가드를 설치한다.	-

주요 기계설비의 위험요인, 기술적 대책 및 관리적 대책 (인쇄기)

기계설비	위험요인	기술적 대책	관리적 대책
인쇄기	① 연판 등의 교체, 시운전 시 롤러 사이에 판지 등의 소재 투입 ② 운전 중 청소 및 보수 ③ 운전 중 작업점 생성부위에서 이물질이나 끼어 있는 물질 제거 ④ 느슨한 복장 ⑤ 구동부의 가드 부적절	① 정상 운전 시 접근할 수 있는 롤러와 동력 전달장치(체인, 스프로켓 등)에 의해 생성되는 작업점 등의 위험부위에는 가드를 설치한다. ② 작업점에는 벽 가드, 닙 가드(Nip guard) 등을 설치한다. 다만 이로 인해 추가 위험이 발생하지 않도록 설계·제작·설치한다. 닙 가드와 롤러 사이를 최대한 가깝게 설치한다. 아울러 쐐기 형태가 생성되지 않도록 닙 가드와 롤러 표면사이의 각도를 60° 이상으로 한다. ③ 운전자가 접근할 필요가 없는 롤러에는 고정식 가드를 설치한다. ④ 교대 시 1회 정도 접근하는 등의 접근 빈도가 낮은 곳에는 고정식 가드를 설치한다. 다만 이때에는 공구를 사용하지 않고는 열 수 없는 구조로 한다. ⑤ 빈번하게 접근해야 하는 경우에는 인터록 가드를 설치하고, 이를 열면 운전이 정지되도록 한다. 인터록 가드가 열린 상태에서는 정상적인 운전이 되지 않도록 제작한다. ⑥ 체인, 롤러, 벨트 등 움직이는 부위에는 이에 적합한 가드를 설치한다. 위치제어 가드를 활용할 경우에는 이동부위가 근로자로부터 멀어지는 쪽으로 설치한다. ⑦ 근로자가 접근할 필요가 없는 롤러에는 고정식 벽 가드를 설치한다.	① 경고 시스템은 인쇄기가 가동하기 적어도 2초 전에, 경고를 발하여 근로자가 피할 수 있는 시간적 여유를 준다. ② 운전 개시 전에 충분한 훈련을 제공해야 하며, 근로자가 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저히 감독한다. ③ 주유, 조정, 유지보수 등은 운전이 정지된 상태에서 실시하여야 한다. 다만, 현실적으로 불가능한 경우에는 작업점이 생성되는 곳으로부터 안전거리를 확보한 상태에서 작업을 한다. 예를 들면 주유 튜브 및 주입구를 위험점으로부터 연장하여 빼어 내고, 조정 스크류를 설치하는 등의 조치를 취한다. ④ 느슨한 복장, 장신구 등의 착용을 금하고, 모자, 망 등을 사용하여 긴 머리카락이 노출되지 않도록 한다. ⑤ 주기적으로 점검 및 유지 보수한다.

		⑧ 운전자가 위험 부위에 접근할 수 있도록 한 개 이상의 인터록 가드를 제거한 상태에서 연판을 투입, 조정하거나 주유를 할 경우 미동 모드, 역회전 모드 등을 사용한다. 이때 미동 모드의 속도나 운전 간격은 근로자에게 위험을 가하지 않을 정도로 설계한다. ⑨ 정상 운전 절차를 준수할 때에만 인쇄기를 기동할 수 있어야 한다. 인터록 가드를 개방했다가 원 위치로 복구하더라도 자동으로 기동되어서는 안 된다. ⑩ 기타 추가적인 안전장치로 위치 제어식 가드, 트립 바(Trip bar), 풀코드(Pull cord) 등을 사용한다. ⑪ 모든 인쇄기는 다음의 신호 시스템을 구비한다. • 2명 이상의 근로자가 함께 작업을 하거나, 2개 이상의 운전실에서 협력하여 운전하는 경우가 있음으로 이들이 잘 볼 수 있는 곳에 시각 및 청각 신호시스템을 설치하여 정상운전, 안전모드, 급박한 위험 상태 등을 알릴 수 있도록 한다. • 시각 신호 장치는 충분한 밝기와 충분한 량을 설치하여 쉽게 볼 수 있도록 함. • 청각 경고 장치는 주위 암소음보다 충분하게 높은 소리로 경고를 발하여 운전자나 주위 사람들이 쉽게 들을 수 있어야 함 • 경고 시스템은 인쇄기가 가동하기 적어도 2초 전에, 경고를 발하여 근로자가 피할 수 있는 시간적 여유를 줌	⑥ 비상정지나 인터록장치가 작동하여 전원이 차단되더라도 아이들 롤러 등이 상당기간 동안 회전하고 있어 위험에 처할 수 있음을 근로자에게 주지시킨다.

주요 기계설비의 위험요인, 기술적 대책 및 관리적 대책 (롤성형기, 롤벤딩기)

기계설비	위험요인	기술적 대책	관리적 대책
롤성형기 롤벤딩기	비상정지나 인터록장치가 작동하여 전원이 차단되더라도 아이들 롤러 등이 상당기간 동안 회전하고 있어 위험에 처할 수 있음을 근로자에게 주지시킨다. ① 비상정지나 인터록 장치가 작동하여 전원이 차단되더라도 아이들 롤러 등이 상당기간 동안 회전하고 있어 위험에 처할 수 있음을 근로자에게 주지시킨다. ② 조작반이 공정에 너무 가까이 설치된 경우 ③ 불시에 기동될 때	① 롤 성형 및 절곡기는 크기, 형상 등이 매우 다양하므로 당해 기계에 적합한 안전장치를 설치한다. ② 방호설비는 예상된 가동 조건의 응력을 견딜 수 있도록 견고하게 만들어져야 하며 필요한 경우 인터록 스위치와 같은 민감한 부품에 대해 추가적인 기계적 보호를 제공해야 한다. ③ 운전실이 2개 이상인 경우 한 운전실에서만 운전할 수 있도록 하여야 한다. 다만, 비상정지 장치는 각각의 운전실에서 작동할 수 있어야 한다. ④ 운전자가 작업점에 노출되지 않도록 운전실의 위치를 정하여야 한다. ⑤ 운전실에는 잠금장치를 설치하여 허가된 자가 아니면 운전할 수 없도록 한다. ⑥ 가드 • 소재 투입구 및 가공품 취출구에 고정 또는 조정 가드를 설치. 소재나 가공물의 크기, 형상 등이 변하지 않는 등 유사한 품목을 취급하는 경우에는 고정 가드를, 그렇지 않은 경우에는 조정 가드를 설치하는 것이 바람직 • 작업점으로부터 근로자 보호를 위해 롤러 측면에도 고정식 가드 설치 • 동력전달장치 등 모든 회전부에 이를 감싸는 고정식 또는 인터록 가드 설치 • 허가 받지 않은 자가 기계 주위에 접근하지 않도록 인터록 게이트와 함께 경고 표지를 부착한 격벽 가드를 설치 • 발 스위치에는 불시의 기동을 방지할 수 있도록 가드를 설치. 발 스위치는 운전 점으로부터 멀리 설치.	① 작업 전 • 안전운전 절차를 지속적으로 개발하고 적용하며, 이를 정상적으로 이행하고 있는지 주기적으로 점검 • 운전 전에 충분한 훈련을 제공해야 하며, 근로자가 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저히 감독 • 기기의 주변 지역은 충분한 조명을 갖추어야 하며, 미끄러지거나 걸려 넘어 지지 않도록 물품을 치워놓아야 함 • 2명 이상의 작업자가 일하는 경우, 작업 시작 전에 명확한 작업 절차를 마련하고 준수 ② 작업 시 • 장갑 끝이 롤 투입구에 말려들어갈 수 있기 때문에 공작물을 최초에 투입할 때는 장갑 사용 금지. 손의 보호가 필요한 경우에는 손바닥 보호만

	④ 록아웃/태그아웃이 잘 안된 상태에서 청소를 하거나 가공물에 대한 문제점을 제거, 가공물 교체, 검사 등을 행할 때	⑦ 가동유지제어 (Hold to run controls) • 기기들은 제어기가 가동 포지션에 있을 때만 롤이 작동하도록 하는 가동 유지제어기를 갖추어야 한다. 제어가 해제되면 자동적으로 정지 포지션으로 돌아가야 한다. 이런 종류의 제어는 버튼, 조이스틱 또는 풋 스위치의 형태를 갖춘다. ⑧ 트립장치 • 트립 장치 (바 또는 인장 와이어(Tensioned wire))는 손이 롤에 말려들어간 경우 작업자 자신이 손쉽게 작동시켜 심각한 부상이 일어나기 전에 기기를 정지시킬 수 있도록 적절한 위치에 설치 • 트립 장치는 기기 양쪽에 위치시킴. 킥 판넬(Kick panel)을 포함한 기계적 트립 바는 두 개의 안전 인터록 스위치를 판넬 양 끝에 하나씩 갖추어야 함. (평소에는 폐쇄 상태(Closed)를 유지). 또는 로타리 캠 스위치에 의해 작동되도록 사용할 수 있음. 스위치는 작동 시 바 또는 판넬의 변형이 최소화 되도록 설치되어야 함. • 트립 와이어가 있는 경우, 안전 스위치는 당기거나, 절단 또는 느슨한 와이어 상태에서도 작동이 가능하도록 적절한 유형을 선택. • 트립 장치는 기기 제어회로와 인터록 되어야 함. • 트립 장치가 작동 된 후 기기는 안전장치가 재설정되고 스위치가 정상적인 상태에 놓여있을 때만 재가동하도록 해야 함. ⑨ 제어 시스템 - 정상적인 정지 • 방호장치는 기기의 위험한 부분들이 신속히 정지할 때만 효과적임 • 관성에 의한 오버런의 리스크가 있는 경우에는 제어 장치를 갖추는 것이 필요. 오버런과 관련한 리스크는 무 부하 상태에서 고려되어야 함.	할 수 있도록 함 • 느슨한 옷의 착용도 금지. 소매가 타이트한 작업복의 착용이 바람직 • 공작물을 롤에 투입할 때는 기기의 이송(In-feed) 속도를 감안하여 롤의 가장자리에서 충분히 멀리 떨어져 있음으로써 손을 롤에 가까이 하는 것을 방지. 작업특성을 고려하여 이송 테이블(Feed table)이나 롤의 보조 기구(Roller)를 사용하거나, 소재 투입 시 저속 모드(Jog mode)를 사용 ③ 작업 후 • 주기적 점검 및 유지 보수 • 방호장치 및 제어 시스템 또한 정기적인 유지보수 및 검사가 필수적임. 이것에 대한 세부적인 지침은 기기 사용 지침서에 포함되어 있어야 하며 제조업체 또는 공급업체로부터 제공 받도록 함 • 롤의 청소는 기기의 스위치를 폐쇄(Off)하고 격리한 상태에

		• 롤의 최고 회전속도 (RPM 또는 m/min) 및 롤의 직경이 중요한 고려 조건임. 제어 시스템은 기계적 또는 전기적이거나 아니면 두 가지 결합 방식임 • 기계적인 제어시스템의 디스크 또는 캘리퍼 브레이크(Caliper brake)를 우선적으로 고려해야 함. 오래된 기기에 추후 제어 시스템을 장착할 경우 기기가 제어의 효과로 인해 발생하는 응력을 견딜 수 있는지를 체크해야 함 ⑩ 비상정지장치 • 운전자가 즉시 접근할 수 있는 곳에 설치해야 함 • 비상정지장치는 기기가 수동으로 재설정될 때까지는 재가동되지 않도록 잠금(Lock in) 방식이어야 함 • 비상정지가 해제 또는 재설정된 후 기기가 작동되도록 해서는 안 되며, 정상적인 기동제어(Start control)를 통해서만 기기가 움직이도록 해야함 • 제어장치가 장착된 경우 비상정지장치는 제어시스템 전체를 차단할 수 있어야 함.	서만 실시

주요 기계설비의 위험요인, 기술적 대책 및 관리적 대책 (전단기)

기계설비	위험요인	기술적 대책	관리적 대책
전단기	① 운전자의 손이 작업점에 들어간 상태(양손을 사용하여 소재를 투입하는 수동 전단기 등) 에서 원하지 않는 발 스위치의 동작 ② 단독으로 사용하는 수동 전단기 등에서 가드를 사용하지 않은 채 소재 투입구의 뒤쪽에 설치된 기동장치(Tripping device)를 사용하여 운전하는 경우 ③ 소재 누름장치(Hold-down)가 없는 곳에서 전단 시 소재나 가공물이 튕겨 나와 근로자를 가격할 위험 ④ 클러치를 구비하지 않은 전단기에서 전원 차단 시 에너지가 소멸될 때까지 칼날의 상하운동	① 소재의 형태 및 치수가 동일한 경우 컨베이어 등의 자동 공급 장치를 사용한다. ② 기계식 전단기는 클러치, 1행정1정지기구, 재기동 방지장치 등을 구비한 것을 사용한다. ③ 작업점과 소재 누름장치의 눌림점 등으로부터 운전자를 보호하기 위하여 소재 투입구에 고정식 또는 조정식 가드를 부착한다. 이 때에는 가드 밑 또는 주위로 위험점에 도달할 수 없도록 하여야 한다. ④ 소재 투입구에 트립 바(Trip bar), 풀코드(Pull cord) 등의 비상정지 장치를 설치한다. ⑤ 단독으로 사용하는 전단기나 연속 공정상에 설치된 자동 전단기에는 광 커튼 등의 접근반응형 방호장치를 설치한다. ⑥ 소재 누름장치를 설치하고 이를 사용한다. ⑦ 양손을 이용하여 작동할 수 있도록 양수조작식 안전장치 등 설치 ⑧ 수인식 등의 위치제한형 방호장치를 사용한다. ⑨ 불시의 기동으로부터 운전자를 보호할 수 있도록 전단기로부터 충분한 안전거리를 확보한 위치에 가드를 구비한 운전실(조작반) 등을 설치한다. ⑩ 발 스위치는 사용하지 않는 것을 원칙으로 한다. 다만, 불가피하게 사용할 경우에는 불시의 기동으로부터 운전자를 보호할 수 있도록 전단기로부터 충분한 안전거리를 확보한 위치에 설치한다. ⑪ 전단기 뒤쪽에서 운전해야 하는 경우에는 다음에 따른다. • 전단기 뒷면에 고정식 가드 설치 • 전단기 뒷면에 인터록 게이트, 급정지 장치 등 설치	① 안전운전 절차를 지속적으로 개발하고 적용하며, 이를 정상적으로 이행하고 있는지 주기적으로 점검한다. ② 가공물의 크기가 작아 손이 작업점에 들어갈 수 우려가 있는 경우 동작제한 장치와 병행하여 치공구를 사용한다. ③ 클러치 및 브레이크에 대하여 일상점검 및 유지 보수를 실시한다. ④ 운전 전에 가드가 제대로 설치되어, 동작하는지 점검한다. ⑤ 전단기에 동력이 공급되어 있으나 적합한 잠금장치가 되어 있지 않은 경우에는 어떠한 경우에도 작업점에 손을 넣지 않도록 특별 교육을 실시하고 이를 준수하고 있는지 철저히 감독한다. ⑥ 운전 중 또는 동력이 공급된 상태에서는 전단기 뒤쪽의 위험구역에 접근하지 않는다. ⑦ 발 스위치에 올라서지 않는다. ⑧ 운전 전에 충분한 훈련을 제공해야 하며, 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저히 감독한다. ⑨ 주기적으로 점점 및 유지 보수한다.

주요 기계설비의 위험요인, 기술적 대책 및 관리적 대책 (식재료가공기, 육류분쇄기, 육류 가공용 띠톱)

기계설비	위험요인	기술적 대책	관리적 대책
식재료 가공기	① 운전 중 또는 스위치는 꺼져 있으나 전원이 공급되고 있는 동안 식재료 가공기를 조절하거나 유지보수 등을 할 때 ② 소재를 투입하는데 양손을 사용해야 하는 수동식 식재 가공기 등 운전자의 손이 작업점에 들어간 상태에서 원하지 않는 발 스위치의 동작으로 인한 불시 기동 ③ 작은 육류 조각 등을 썰 때 식재료 고정 장치 위에 설치된 슬라이딩 장치를 적절하게 사용하지 못한 때 ④ 적절한 밀개, 미는 가드, 플런저, 보호장치 등을 사용하지 않고 손으로 밀어 넣을 때	① 사용되지 않는 칼날의 상하 부위를 가드 등으로 덮는다. ② 식재료 공급장치가 구비된 가공기를 구입하거나 별도로 구입하여 사용 전에 설치한다. ③ 슈트에 소재를 투입하는 경우 밀개, 기타의 도구, 장치 등을 사용한다. ④ 밀개나 보호장치가 구비되지 않은 경우 플런저를 공급하여 사용토록 한다.	① 안전운전 절차를 지속적으로 개발하고 적용하며, 이를 정상적으로 이행하고 있는지 주기적으로 점검한다. ② 운전 전에 충분한 훈련을 제공해야 하며, 근로자가 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저히 감독한다. ③ 사용하지 않을 때나 일정기간동안 방치할 때에는 플러그를 뽑아 전원을 완전히 차단한다. ④ 어떠한 경우에도 손으로 식재료에 압력을 가하거나 손으로 슈트에 투입해서는 안 된다. 식재료를 슈트에 투입하는 때에는 플런저 등의 투입장치를 사용한다. ⑤ 운전 중 또는 날 등을 청소할 때에는 와이어 메시로 된 장갑을 사용한다. ⑥ 청소할 때에는 칼날을 안전구역으로 완전히 퇴각시킨다. ⑦ 유지보수 시에는 플러그를 뽑아 전원을 차단한다.
육류 분쇄기	① 육류 분쇄기 운전 중에 소재 투입구에 손을 넣거나, 스위치는 꺼졌으나 플러그를 뽑지 않아 전원이 투입된 상태에서 스위치를 오조작하여 불시에 기동이 되는 경우 ② 운전자가 투입 쟁반을 적절하게 사용하지 않는 경우, 나사식 송곳이나 다공판 등에 결함이 발생한 경우 등	① 작업점에 운전자의 손이 들어가는 것을 방지할 수 있는 크기의 투입구나 손이 들어가는 것을 방지하는 망 등의 안전장치를 구비한 육류 분쇄기를 사용한다. ② 운전 중 손이 투입구에 들어가는 것을 방지할 수 있는 크기의 플	① 가드가 제 위치에 적절하게 설치·유지되고, 안전하게 소재를 투입할 수 있도록 안전운전 절차를 지속적으로 개발하여 적용하고, 이를 정상적으로 이행하고 있는지 주기적으로 점검한다. ② 운전을 하려는 자는 운전 전에 유경험자로부터 직접적인 감독하에 충분한 훈련을 받아야 한다. 그리고 운전자 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저히 감독한다. ③ 육류 분쇄기를 사용하지 않거나 일정기간동안 방치할 때에는 전원 플러그를 제거하여 전원을 완전히 차단한다.

		런저를 사용한다.	④ 소재 투입 시 적절한 플런저 등의 장치를 사용한다. ⑤ 소재 투입 쟁반과 투입구가 설치된 분쇄기만 사용한다. ⑥ 정해진 목적 이외의 용도로 사용해서는 안 된다. ⑦ 주기적으로 점검 및 유지 보수한다.
육류 가공용 띠톱	① 육류를 밀고 있던 손이 미끄러지거나 돌발적으로 날에 닿는 경우 ② 톱날이 회전하고 있는 동안 톱날 주위의 육류를 제거하려 할 때 ③ 장갑, 장신구, 옷자락 등이 톱날에 말려 들어갈 때	① 작업 구간을 톱날을 제외한 전 구간에 걸쳐 가드를 설치한다. 운전 중 사용하지 않는 날 부분을 덮을 수 있도록 가드를 조정하거나 자폐식 가드를 사용한다. ② 풀리 및 전동기 전체에 덮개를 설치한다. ③ 전원이 차단되면 톱날이 즉시 정지할 수 있도록 휠 차에 브레이크를 설치한다. ④ 톱날에 육류를 투입할 수 있도록 미는 가드나 울을 설치한다.	① 가드가 제 위치에 적절하게 설치, 사용되고 있는지 점검한다. ② 안전하게 소재를 투입할 수 있도록 안전운전 절차를 지속적으로 개발하여 적용하고, 정상 이행 여부를 주기적으로 점검한다. ③ 운전을 하려는 자는 운전 전에 유경험자로부터 직접적인 감독하에 충분한 훈련을 받아야 한다. 그리고 운전자 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저하게 감독한다 ④ 손이 톱날에 닿지 않고 오직 육류만이 톱날에 접촉할 수 있도록 가드를 조절한다. ⑤ 특히 작은 조각을 자르는 경우 미는 가드나 울을 사용하여 투입한다. ⑥ 예리한 톱날을 사용하고 띠톱의 장력을 절절하게 유지한다. ⑦ 장갑, 장신구, 느슨한 작업복 등의 착용을 금하고, 머리카락이 긴 경우 모자나 망을 사용하여 외부로 노출되지 않도록 한다. ⑧ 톱날이 움직이는 동안에는 톱 주위의 육류, 이물질 등을 제거하지 않는다. ⑨ 사용하지 않거나 일정 기간 동안 방치할 때에는 플러그를 제거하여 전원을 완전히 차단한다. ⑩ 장신구, 느슨한 복장 등의 착용을 금하고, 모자, 망 등을 사용하여 긴 머리카락이 노출되지 않도록 한다. ⑪ 주기적으로 점검 및 유지 보수한다.

주요 기계설비의 위험요인, 기술적 대책 및 관리적 대책 (드릴기, 밀링기, 연삭기, 슬리터)

기계설비	위험요인	기술적대책	관리적대책
드릴기	장갑, 옷자락, 장신구 등이 회전하는 드릴기 날에 감기거나 끼는 위험 등 ① 작업점이나 동력 전달부 등의 부적절한 가드 ② 전원을 차단하지 않은 상태에서 풀리, 벨트, 드릴 등의 교체나 고정, 주유 또는 유지보수 ③ 드릴기 날이 돌고 있는 동안 가공깊이 설정, 가공물 위치조정 또는 고정 등	① 전동기, 벨트, 풀리 등에 덮개를 설치한다. ② 가공물 위의 사용되지 않는 드릴, 척 부위 등을 덮을 수 있는 조정 가드를 설치한다. ③ 척, 나사 등은 돌출되지 않도록 안전 척, 세트 스크류 등을 사용한다. ④ 기동 스위치가 사고 등으로 인해 돌발적으로 눌려지지 않도록 덮개 등을 설치한다.	① 안전운전 절차를 지속적으로 개발하고 적용하며, 이를 정상적으로 이행하고 있는지 주기적으로 점검한다. ② 운전 전에 충분한 훈련을 제공해야 하며, 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저히 감독한다. ③ 드릴기 작업 중 장갑, 느슨한 복장, 장신구 등의 착용을 금하고, 모자, 망 등을 사용하여 긴 머리카락이 노출되지 않도록 한다. ④ 가공물이 돌거나 튀어나가지 않도록 작업 전에 클램프 등으로 견고하게 고정한다. 작업 중 손으로 가공물을 고정해서는 안 된다. ⑤ 드릴기 날이 돌고 있는 동안에는 조정 등을 하지 않는다. ⑥ 정해진 목적 이외의 용도로 사용하지 않는다. ⑦ 사용하지 않을 때나 일정기간동안 방치할 때에는 플러그를 뽑아 전원을 완전히 차단한다. ⑧ 주기적으로 점점 및 유지 보수한다.
밀링기	① 커터가 회전하고 있는 동안 가공물을 탑재하거나 내릴 때, 가공량을 설정하거나, 가공부위를 측정할 때 ② 스위치는 꺼져있으나 커터가 회전하고 있을 때, 또는 커터가 정지했더라도 전원이 투입되어 있는 동안 시운전, 부품	① 테이블이 철수하면 커터를 감싸는 자폐식 가드를 설치한다. ② 테이블 주위에 인터록 가드 설치, 커터 날 정지 브레이크가 설치된 경우 인터록 가드를 열거나 제거하면 브레이크가 작동하도록 한다. ③ 작업상 커터 날을 감싸는 가드	① 바이스(Vise)나 지그(Jig) 등을 사용하여 가드를 체결할 경우에는 가드가 풀려 부적절하게 조절될 수 있음으로 이의 사용을 금한다. ② 안전운전 절차를 지속적으로 개발하고 적용하며, 이를 정상적으로 이행하고 있는지 주기적으로 점검한다. ③ 운전 전에 충분한 훈련을 제공해야 하며, 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저히 감독한다. ④ 가공물 고정 장치를 안전구역으로 이동한 후 가공물을 탑재 또는 제거, 가공량을 설정하거나 치수를 측정한다. 다만 이때에는 커터의

	교체, 주유 등을 하거나, 낀 물체, 과도한 윤활유, 칩 등을 제거할 때 ③ 장신구나 느슨한 작업복을 착용한 때	를 설치할 수 없거나 이로 인해 추가 위험이 예상되는 경우에는 윤활유나 칩 비상 방지 가드 또는 차폐판 등 당해 작업에 적합한 가드를 설치한다.	회전이 완전히 정지한 후에 실시한다. ⑤ 가동 중이나 전기가 차단되지 않은 상태에서는 커터나 호브로부터 칩을 제거해서는 안 된다. ⑥ 커터가 정지한 상태에서 칩 등의 이물질을 브러시 등으로 제거한다. ⑦ 지그나 바이스를 사용하여 체결할 때에는 운전자 앞으로 당겨야 잠기는 쪽으로 설치한다. 그렇지 않으면 체결하는 동안 커터 등과 접촉하여 위험에 처할 수 있다. ⑧ 작업이 완료되면 커터를 즉시 제거한다. ⑨ 사용하지 않거나 일정기간 방치할 때에는 플러그를 제거하여 전원을 완전히 차단한다. ⑩ 작업 중 장갑, 느슨한 복장, 장신구 등의 착용을 금하고, 모자, 망 등을 사용하여 긴 머리카락이 노출되지 않도록 한다. ⑪ 주기적으로 점점 및 유지 보수한다.
연삭기	① 연삭숫돌의 측면으로 연삭 ② 연삭숫돌의 덮개가 부적절한 경우 ③ 연삭숫돌의 덮개가 부적절한 경우 ④ 숫돌과 작업대 사이에 가공물이 끼어 숫돌이 파괴되어 비산 ⑤ 숫돌이 회전하고 있는 동안 작업대 조정, 숫돌 균형 잡기, 숫돌주위 청소, 회전하는 숫돌을 손으로 정지시키기, 가공물 탑재 또는 제거, 치	① 스핀들 끝단, 너트, 플랜지 돌출부 등에 안전 덮개·가드 등의 설치 ② 손으로 잡고 연마해야 되는 경우 조절이 가능한 튼튼한 작업대 사용 ③ 발 스위치로 기동하는 경우 불시의 기동을 방지하기 위하여 가드 설치 ④ 필요시 운전자와 작업점 사이의 안전거리를 확보할 수 있도록 치공구 등 사용	① 안전운전 절차를 지속적으로 개발하고 적용하며, 이를 정상적으로 이행하고 있는지 주기적으로 점검한다. ② 운전 전에 충분한 훈련을 제공해야 하며, 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저히 감독한다. ③ 사용 전 숫돌의 결함, 편심, 풀림 등을 점검하고, 이상이 없는 경우에 한해 사용한다. ④ 사용 전 가드를 점검하고 해당 사용 조건에 맞도록 조절한다. ⑤ 숫돌과 작업대 사이의 간격을 3 mm 이하로 조정한다. ⑥ 작업 중 장갑, 느슨한 복장, 장신구 등의 착용을 금지하고, 모자, 망 등을 사용하여 긴 머리카락이 노출되지 않도록 한다. ⑦ 수동식 연삭기에서 연마 시 손을 작업점으로부터 가능한 한 멀리 떨어뜨린다.

	수 측정 등		⑧ 숫돌이 회전하고 있는 동안 가드를 조절하거나 숫돌 주위를 청소하지 않는다. ⑨ 주기적으로 점검 및 유지 보수한다.
슬리터	① 칼 날, 와인더(Winder), 리와인더(Rewinder) 등의 작업점에 부주의로 인한 접촉 ② 장갑, 장신구, 옷자락 등이 작업점 또는 슬리터 회전 날 등에 말려 들어감 ③ 슬리터 날이 회전 중 또는 스위치는 꺼졌으나 전원이 차단되지 않는 상태(플러그가 꽂혀있는 상태)에서 청소, 조정, 유지보수 등의 작업	① 소재 투입구 및 취출구에 고정식 또는 조정식 가드를 설치한다. ② 와인더 및 리와인더의 측면에는 고정식 가드를 설치한다. ③ 동력전달부 등의 움직이는 부위에는 고정식 또는 인터록 가드를 설치한다. ④ 허가받은 자가 아니면 접근하지 못하도록 기계 주위에 인터록 게이트와 경고표지를 부착한 격벽을 설치한다. ⑤ 원하지 않는 불시의 기동을 방지하기 위하여 운전석, 운전대 등에 가드를 설치한다.	① 안전운전 절차를 지속적으로 개발하고 적용하며, 이를 정상적으로 이행하고 있는지 주기적으로 점검한다. ② 운전 전에 충분한 훈련을 제공해야 하며, 스스로 안전운전을 할 수 있을 때까지 철저히 감독한다. ③ 주기적으로 점검 및 유지 보수한다.

<부록 2> 기어 점검표

문제점	원인	조치사항
과열	1. 과부하	· 부하를 줄이거나 충분한 용량의 기어로 교체
	2. 정격속도 초과	· 운전속도를 낮춤
	3. 윤활유 과다 또는 과소	· 오일레벨을 확인한 다음 윤활유 량을 줄이거나 보충
	4. 통기구(Breather) 막힘	· 이물질 제거
	5. 윤활유 냉각기의 결함	· 냉매 및 윤활유의 흐름상태 점검 · 시스템내의 공기제거 · 냉각수에 의한 퇴적물 점검 및 제거
	6. 부적합한 윤활유 사용	· 기존의 윤활유 제거 후 적합한 윤활유 충전, 필터세정 또는 교체
	7. 윤활유의 산화 또는 이물질 혼입	· 기존의 윤활유 제거후 새 윤활유 충진, 필터세정 또는 교체
	8. 윤활시스템 결함	· 펌프 및 배관 등을 점검하고 압력조절기, 노즐, 필터 등이 막히지 않았는지 확인
	9. 커플링 정렬 불량	· 커플링 해체 및 재정렬
	10. 오일실 또는 팩킹 이상	· 오일실 (Oil seal) 또는 팩킹 검사 및 교체
	11. 베어링 조정 불량	· 베어링이 너무 죄어져 회전에 문제가 있는지 확인 · 베어링의 축방향 유격이 적정한지 확인 및 조정
축 불량	1. 축단하중(Overhung load) 과다	· 축단하중을 경감
	2. 기어열(Gear train)에 과부하	· 부하를 줄여준다
	3. 과도하고 반복적인 충격	· 충격흡수가 가능한 커플링 사용
	4. 커플링의 정렬불량	· 커플링 해체 및 재정렬 · 축방향의 유동이 적정한지 확인 및 조정
	5. 부적합한 커플링 사용	· 기존의 커플링 제거후 적정 형상과 규격의 커플링으로 교체
	6. 돌출 베어링의 정렬 불량	· 돌출 베어링의 재정렬
	7. 직경 및 축방향의 진동	· 축 위험속도의 75%이하의 속도로 운전 · 커플링 무게 조정 · 축의 길이, 직경 등을 조정

문제점	원인	조치사항
베어링 불량	1. 과부하	· 부하를 줄이거나 충분한 용량의 기어로 교체
	2. 축단하중 과다	· 축단하중을 경감
	3. 베어링 속도 과다	· 속도 감속
	4. 커플링의 정렬 불량	· 커플링 해체 및 재정렬 · 축방향의 유격이 적정한지 확인 및 조정
	5. 베어링 조정 불량	· 베어링이 너무 죄어져 회전에 문제가 있는지 확인 · 베어링의 축방향 유격이 적정한지 확인 및 조정
	6. 윤활 불량	· 냉각수 및 윤활유의 흐름상태 점검 · 윤활유 레벨게이지를 확인하여 윤활유를 보충하거나 초과 윤활유를 제거하여 적정량 확보 · 윤활유 펌프 점검 · 밸브가 열려있는지 확인 · 노즐, 필터 등이 막혀 있지는 않은지 점검
	7. 물, 습기 등의 유입으로 인한 녹 발생	· 가스킷 등의 점검 및 교체 · 윤활유에 방청성분이 적정량 함유되어 있는지 확인 · 베어링에 윤활이 적절하게 되고 있는지 확인 · 장기간 정지시에는 자주 가동시켜 줄 것
	8. 베어링이 마멸된 입자 등에 노출	· 가스킥 등의 점검 및 교체 · 기존의 윤활유를 제거하고 감속기 내부를 세정한 후 새 윤활유 충진 · 베어링을 검사하고 필요시 교체
	9. 장기간 가동중지로 인하여 기어가 부적절하게 방치되었거나 손상됨	· 기어를 분해하여 검사 · 녹 제거 및 청소 · 녹슨 베어링 등의 부품 교체
누유	1. 윤활유 적정수준 초과	· 오일레벨 게이지 확인 및 초과 윤활유 제거
	2. 통기구가 먼지에 의해 막힘	· 통기구 청소 및 이물질 제거 · 통기구는 유기용제 등으로 세척
	3. 윤활유 배출구 막힘	· 윤활유 배출구에 먼지 등의 이물질이 끼어있지 않는지, 잘 흘러내리는지 점검
	4. 오일실 손상	· 오일실 교체 · 오일실 접촉부의 축 검사 및 필요시 폴리싱
	5. 스터핑 박스 이상 (Stuffing box)	· 패킹 조정 또는 손상된 패킹 교체 · 패킹 교체후 점검시 점차적으로 조여주어 유격 조정 · 패킹이 접촉되는 축 표면의 검사 및 필요시 폴리싱
	6. 베어링에 과도한 강제 윤활	· 오리피스 등을 조절하여 유량 조정
	7. 드레인, 플러그, 피팅류, 접속부 등에서 누유	· 분해하여 밀봉제(Sealant) 등을 바르고 죄어줌
	8. 압축형 피팅 (Compressive fitting) 파손	· 죄어주거나 분해하여 칼라(Collar)가 튜브를 적절하게 죄어주고 있는지 점검
	9. 하우징, 캡 등의 누유	· 볼트 등을 죄어줌 · 덮개, 캡 등을 열고 이들과 접합되는 부위 표면 청소 · 접합부에 밀봉 콤파운드를 바르고 조립

문제점	원인	조치사항
치면 마멸	1. 과부하	· 부하를 줄여준다
	2. 축단하중 과다	· 축단하중 경감
	3. 기어의 선속도 과다	· 선속도를 줄여준다
	4. 하우징의 뒤틀림 또는 변형	· 기초의 점검 · 심(Shims)의 점검
	5. 오일레벨 불량	· 오일레벨 점검 · 오일의 보충 또는 제거
	6. 부적합한 윤활유 사용	· 기존의 윤활유 제거 후 적합한 윤활유 충전
	7. 윤활유 산화	· 기존 윤활유 제거, 내부청소, 새 윤활유 충전 · 필터 청소 또는 교체
	8. 윤활시스템의 결함	· 윤활유 펌프가 정상적으로 작동되는지 점검 · 유로가 열려있는지 확인 · 조절기(압력, 유량), 노즐, 필터 등이 막히지 않았는지 점검
	9. 커플링 정렬불량	· 커플링 해체 및 재정렬 · 축방향의 유격이 적절한지 확인 및 조정
	10. 기어 정렬 불량	· 기어의 면접촉 상태를 조사
	11. 베어링 조정 불량	· 베어링이 너무 죄어져 회전에 문제가 있는지 확인 · 베어링의 축방향 유격이 적정한지 확인 및 조정
	12. 기어가 마멸된 입자 등에 노출	· 가스킷 등의 점검 및 교체 · 기존 윤활유 제거및 감속기 내부 세척 후 새 윤활유 충전 · 베어링을 검사하고 필요 시 교체
	13. 치면 마모 및 파손	· 제조사 등과 협의
	14. 물·습기 등의 유입으로 인한 녹 발생	· 가스킷 등의 점검 및 교체 · 윤활유에 방청성분이 적정량 함유되어 있는지 확인 · 베어링에 윤활이 적절하게 되고 있는지 확인 · 장기간 정지시에는 자주 구동시켜 줄 것
	15. 직경 및 축방향 진동	· 축의 위험속의 75%이하의 속도로 운전 · 커플링 무게 조정 · 축의 길이, 직경 등을 조정

문제점	원인	조치사항
소음·진동이 비정상적 혹은 점차 증가	1. 과부하	· 부하를 줄여준다
	2. 축단하중 과다	· 축단하중 경감
	3. 기어의 선속도 과다	· 선속도를 줄여준다
	4. 하우징의 뒤틀림 또는 변형	· 기초의 점검 · 심(Shims)의 점검
	5. 오일레벨 불량	· 오일레벨 점검, 오일의 보충 또는 제거
	6. 부적합한 윤활유 사용	· 기존의 윤활유 제거후 적합한 윤활유 충전
	7. 윤활유 산화	· 기존 윤활유 제거, 내부청소, 새 윤활유 충전 · 필터 청소 또는 교체
	8. 윤활시스템의 결함	· 윤활유 펌프가 정상적으로 작동되는지 점검 · 유로가 열려있는지 확인 · 조절기(압력, 유량), 노즐, 필터 등이 막히지 않았는지 점검
	9. 커플링 정렬 불량	· 커플링 해체 및 재정렬 · 축방향의 유격이 적절한지 확인 및 조정
	10. 기어 정렬 불량	· 기어의 면접촉 상태를 조사
	11. 베어링 조정 불량	· 베어링이 너무 죄어져 회전에 문제가 있는지 확인 · 베어링의 축방향 유격이 적정한지 확인 및 조정
	12. 축의 불균형	· 커플링 및 키의 균형 점검 · 추가된 회전부의 균형 점검 · 부하를 제거하면 축이 원활하게 도는지 확인
	13. 베어링이 마멸된 입자 등에 노출	· 가스킷 등의 확인 및 교체 · 기존 윤활유 제거 및 감속기 내부 세척 후 새 윤활유 충전 · 베어링을 검사하고 필요시 교체
	14. 기어가 마멸된 입자 등에 노출	· 가스킷 등의 확인 및 교체 · 기존 윤활유 제거 및 감속기 내부 세척 후 새 윤활유 충전 · 베어링을 검사하고 필요시 교체
	15. 치면 마모 및 파손	· 제조사 등과 협의
	16. 물·습기 등의 유입으로 인한 녹 발생	· 가스킷 등의 점검 및 교체 · 윤활유에 방청성분이 적정량 함유되어 있는지 확인 · 베어링에 윤활이 적절하게 되고 있는지 확인 · 장기간 정지시에는 자주 구동시켜 줄 것
	17. 직경 및 축방향 진동	· 축 위험속도의 75%이하의 속도로 운전 · 커플링 무게 조정 · 축의 길이, 직경 등을 조정

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : (사)고경력과학기술연우총연합회

○ 개정사유 : 유사지침 통폐합

관리번호	기술지원규정명	정비유형
B-M-37-2026	회전기계 등의 끼임 절단재해 예방을 위한 기술지원규정	통폐합(개정)
M-102-2012	회전기계의 안전덮개에 관한 기술지침	통폐합(폐지)
M-110-2012	회전기계의 진동감시 기술기준	
M-26-2023	끼임·절단재해 예방을 위한 기술지침	
M-104-2012	위험동력기계의 관리에 관한 기술지침	
M-144-2012	회전기계 예비품 관리에 관한 기술지침	
M-148-2012	기어 및 감속기의 유지보수에 관한 기술지침	

○ 주요 개정내용

- 4번 항목 법적 필수사항 추가
- 인용규격에 따른 용어의 수정
- ISO 21940-23에 따라 회전기계 보호등급 변경(O, A, B, C ≫ A, B, C, D)