

KOSHA GUIDE

M - 123 - 2012

기계류의 위험성평가 지침

2012. 6.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 김 건 남
- 개정자 : 안전연구실
- 제 · 개정경과
 - 2000년 4월 기계안전분야 기준제정위원회 심의
 - 2000년 5월 총괄기준제정위원회 심의
 - 2012년 4월 기계안전분야 기준제정위원회 심의(개정)
- 관련규격 및 자료
 - ISO 14121
: Safety of machinery - Principles of risk assessment
- 관련 법규 · 규칙 · 고시 등
 - 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제2편 제1장 제7절 제116조(압력방출 장치)
- 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2012년 6 월 20 일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

기계류의 위험성평가 지침

1. 목적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제2편 제1장 제7절 제116조(압력방출장치)의 규정에 따라 기계류에 대한 위험성평가를 실시하여 기계의 안전성을 결정하기 위하여 필요한 지침을 정하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 기계공장을 비롯한 각종 제조공장에서 기계류의 위험성평가를 수행하는데 적용한다.

3. 용어의 정의

그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행 규칙, 안전보건규칙 및 고용노동부 고시에서 정하는 바에 의한다.

4. 일반사항

4.1 위험성평가 개념

- (1) 위험성평가는 가능한 한 논리적이고 시스템적인 방법으로 기계에 관련된 위험성을 진단한다.
- (2) 진단된 위험성에 위험수준감소 조치를 하고 다시 평가하여 새로운 위험성을 진단한다. 이러한 절차를 반복하면 위험을 최대한 제거할 수 있고 최선의 안전조치를 강구할 수 있다.
- (3) 위험성평가는 기계의 안전성을 판단할 수 있게 한다.

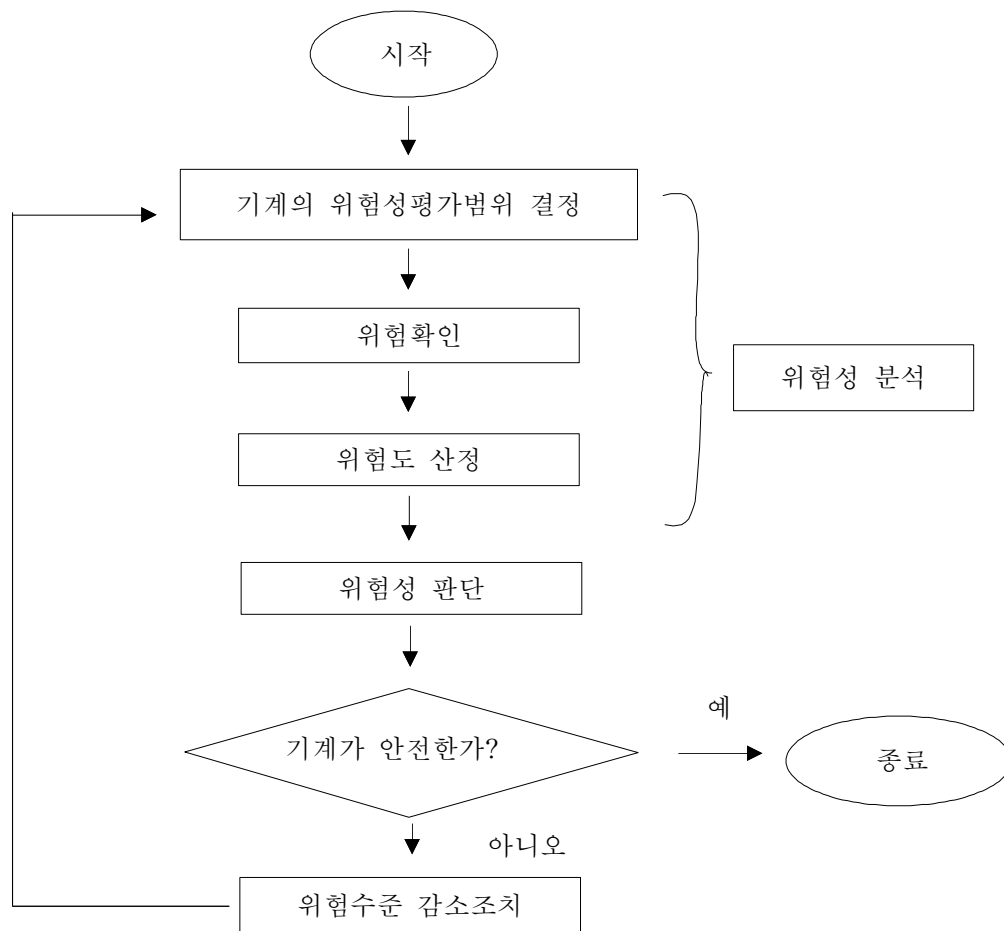
- (4) 정량적인 방법으로 평가를 수행하면 기계의 안전성 판단에 대한 신뢰성을 높일 수 있다.
- (5) 사고발생 빈도가 높고 사고피해의 크기가 큰 설비에 대해서는 정량적 위험성평가 방법을 사용한다.
- (6) 정량적인 평가방법은 선택적인 안전조치를 적용하거나 더 나은 방호조치를 결정할 때 유용하다.
- (7) 정량적인 평가방법의 수행은 적용 가능한 자료의 양에 따라 제한되며 자료가 부족할 경우에는 정성적 위험성평가만이 가능하다.

4.2 위험성평가 절차

- (1) 위험성평가는 <그림 1>의 절차에 따른다.
- (2) 위험성분석은 기계의 위험성평가 범위를 결정하고 위험확인을 하며 위험도를 산정한다.
- (3) 위험성분석은 위험성판단을 위하여 필요한 정보를 제공한다.
- (4) 위험성판단을 통하여 위험하다고 결정된 기계는 위험수준 감소조치를 한다.
- (5) 위험성평가는 절차에 따라 수행하고 얻어진 결과를 문서로서 작성한다.

4.3 위험성평가를 위한 자료

- (1) 위험성평가를 하기 위하여 다음의 자료들을 수집하고 준비한다.
 - (가) 기계의 범위
 - (나) 기계의 수명을 평가할 수 있는 자료
 - (다) 기계설계 도면 또는 사양서
 - (라) 동력 자료
 - (마) 사고 및 고장사례
 - (바) 재해발생 사례



<그림 1> 위험성평가 절차

- (2) 설계가 개량되고 변경되었을 경우에 관련 자료를 보완하여야 한다.
- (3) 다른 종류의 기계가 갖고 있는 유사한 위험상태를 비교함으로써 그 상태가 사고를 발생시킬 수 있는지에 대한 자료로 활용할 수 있다.
- (4) 사고사례가 없거나 발생한 사고의 수가 적고 사고의 강도가 낮은 경우만으로 위험성이 낮다고 판단하여서는 아니된다.
- (5) 사용된 정보와 자료들에 관련된 불확실한 사항들은 위험성평가 기록 문서에 표기한다.
- (6) 관계 전문가들의 경험으로부터 도출되어 합의된 자료들은 정성적인 평가자료로 활용할 수 있다.

5. 기계의 위험성평가 범위 결정 요소

- (1) 사용 년수 등 기계의 노후화 정도
- (2) 정상 상태 또는 비정상 상태나 이상작동이 될 수 있는 상태에서 사용되는 사용범위
- (3) 공정용, 비 공정용 등 기계의 중요도 및 사용율
- (4) 숙련도, 시각·청각 능력, 체력 등 기계의 작동을 위하여 필요로 하는 기능
- (5) 운전자, 정비사, 점검자, 훈련공, 실습생 등 예상되는 기계 사용자의 능력, 경험, 훈련 정도
- (6) 기계에 관련된 위험에 노출될 수 있는 자

6. 위험 확인

- (1) 기계에 관련되는 모든 위험상태와 발생할 수 있는 사고들을 확인한다.
- (2) <별표 1>에 기술되어 있는 위험상태 및 사고의 예를 참조하여 기계에서 그러한 상태가 발생될 수 있는가를 검토한다.
- (3) 위험의 확인 방법은 다음의 여러 가지 기법들을 활용할 수 있다.
 - (가) 기계공장에 대한 위험과 운전분석기법(M-HAZOP) : KOSHA CODE P-34-1999
 - (나) 사고예상질문 분석기법(What - if method) : KOSHA CODE P-3-1998
 - (다) 이상위험도 분석기법(FMECA) : KOSHA CODE P-5-96
 - (라) 결함수 분석기법(FTA) : KOSHA CODE P-4-96
 - (마) 이벤트트리 분석기법(ETA) : KOSHA CODE P-8-97

(바) 기타 평가기법

7. 위험도 산정

7.1 위험도 산정 요소

7.1.1 위험도 산정을 위한 요소

- (1) 위험을 확인한 후에는 위험도를 산정하기 위한 요소들을 결정한다.
- (2) 위험도 산정요소는 피해의 크기와 피해발생 가능성이며 위험도는 아래 수식의 조합으로 표시된다.

위험도	=	피해크기 예상되는 위험으로부터 가능한 피해의 크기를 구한다.	×	피해 발생 가능성 - 노출의 빈도와 기간 - 위험한 사고의 발생 가능성 - 피해를 없게 하거나 줄일 수 있는 가능성
------------	---	--	---	--

- (3) 많은 경우에 이런 요소들은 정확하게 결정되지 않으나 대략적으로 추정할 수 있다.

7.1.2 피해의 크기

- (1) 방호하는 목적물에 따라 구분한다.

- (가) 사람
- (나) 재산
- (다) 환경

(2) 피해의 정도나 건강 손상 정도에 따라 구분한다.

- (가) 가벼움(일반적으로 회복 가능)
- (나) 심각함(일반적으로 회복 불가능)
- (다) 사망

(3) 각 기계별 피해의 범위에 따라 구분한다.

- (가) 한사람
- (나) 여러 사람

7.1.3 피해 발생 가능성

(1) 위험에 대한 노출 빈도와 기간에 따라 구분한다.

- (가) 일반운전, 보수·유지 작업 등 위험지역에 접근 필요성
- (나) 재료의 인력 공급 등 접근 특성
- (다) 위험지역 내에서 보내는 시간
- (라) 접근이 요구되는 인원 수
- (마) 접근의 빈도

(2) 위험한 사고의 발생 가능성에 따라 구분한다.

- (가) 기계의 신뢰도와 기타 상태감시 자료
- (나) 사고사례
- (다) 건강상의 장애 사례
- (라) 위험비교

(3) 피해를 없게 하거나 줄일 수 있는 가능성에 따라 구분한다.

(가) 기계를 운전하는 사람

- ① 숙련공에 의한 운전
- ② 미숙련공에 의한 운전

③ 무인운전

(나) 위험한 사고의 발생속도

- ① 갑자기 발생
- ② 빠르게 발생
- ③ 느리게 발생

(다) 위험의 인지 방법

- ① 일반정보에 의한 인지
- ② 직접관찰에 의한 인지
- ③ 경고등, 경고음 등 경보나 계기에 의한 인지

(라) 사람의 반사적 행동, 기민한 행동, 탈출 가능성 등 피해를 없애거나 줄일 수 있는 사람에 대한 가능성

- ① 가능
- ② 경우에 따라서 가능
- ③ 불가능

(마) 작업자의 실무 경험과 지식

- ① 그 기계에 대한 실무경험 있음.
- ② 유사기계에 대한 실무경험 있음.
- ③ 실무경험 없음.

7.2 위험도 산정을 위한 요소를 계산할 때 고려할 사항

7.2.1 사람의 노출

- (1) 위험도 산정은 위험에 노출되는 모든 사람들을 고려해야 한다.
- (2) 운전자, 정비자 등 직접 기계에 관련된 사람이외에 근처 작업자, 통행인 등

기계로 인하여 영향을 받을 수 있는 모든 사람들을 고려한다.

7.2.2 노출의 형태, 빈도, 기간

- (1) 위험에의 노출을 산정하기 위하여는 기계 운전의 모든 상태와 작업방법들을 전부 고려한다.
- (2) 기계의 설치, 교육, 작동절차의 변경이나 수정, 청소, 고장점검, 유지·보수 기간 중에 발생할 수 있는 위험에의 노출을 고려한다.
- (3) 안전기능을 유지하여야 할 필요가 있는 상황을 고려한다.

7.2.3 노출과 그로 인한 영향간의 관계

- (1) 노출과 그로 인한 영향은 서로 상관관계가 있다.
- (2) 노출이 축적되었을 때의 영향과 상승효과 등도 고려되어야 한다.
- (3) 사고 사례는 안전조치를 하고 있는 기계에 대한 개별적인 피해의 크기와 가능성을 알려주므로 이러한 구체적 자료들을 근거로 하여 위험도를 산정한다.

7.2.4 인간요소

- (1) 인간요소는 위험도에 영향을 주며 다음 사항이 고려되어야 한다.
 - (가) 기계와 인간의 상호 영향
 - (나) 사람사이의 상호 영향
 - (다) 심리적 상태
 - (라) 인간공학적 영향
 - (마) 훈련, 경험, 숙련도에 따라 주어진 상황에서 위험에 대처하는 사람의 능력
- (2) 사람의 능력을 산정 하는 데에는 다음 사항들을 고려한다.

- (가) 기계의 설계에 인간공학적인 개념을 적용했는지 여부
- (나) 요구되는 직무를 수행하는 데 필요한 기본적인거나 개발된 능력
- (다) 위험의 인지
- (라) 고의적 또는 비고의적인 이탈 없이 요구되는 직무를 수행할 수 있는 자신감의 정도
- (마) 안전작업 수행을 위하여 필요한 사항과 명령으로부터 이탈하려고 하는 유혹

(3) 인간요소는 위험도에 영향을 줄 수 있으나 위험을 제거하는데는 사용되지 않는다.

7.2.5 안전기능의 신뢰성

(1) 위험도 산정에는 기계의 개별부품과 시스템의 신뢰성을 고려한다.

- (가) 부품고장, 동력상실, 전기적 교란 등 피해가 발생될 수 있는 환경들을 고려한다.
- (나) 여러 가지 안전조치들을 비교하여 적절한 안전기능, 부품, 장치를 선정할 수 있는 정보를 제공한다.

(2) 중요한 안전기능을 선정할 때는 신뢰도와 품질에 대한 특별한 주의가 필요하다

(3) 작업조직개선, 행동개선, 주의, 개인보호구의 착용, 기능훈련 등의 안전조치는 설비개선 등 입증된 기술적 안전조치 보다 상대적으로 낮은 신뢰도를 가질 수 있으므로 위험도 산정에 고려 되어야 한다.

7.2.6 안전조치를 무효화시킬 가능성

(1) 위험도 산정에는 안전조치를 무효화시킬 수 있는 가능성을 고려한다.

(2) 안전조치를 무효화시키는 원인은 다음과 같다.

- (가) 생산성 저해

- (나) 사용자의 행동을 방해하거나 선택 강요
 - (다) 사용하기 어려움
 - (라) 사용자 이외의 다른 사람이 참여되어야 기능 발휘
 - (마) 사용자에게 인식되지 않거나 기능에 불만
- (3) 안전조치의 무효화 가능성은 조정가드, 자동정지장치 등 안전조치의 형태와 설계 상세 사항 모두에서 발생될 수 있다.
- (4) 자동제어 시스템의 사용자는 안전관련 소프트웨어가 적합하게 설계되고 감시되지 않으면 무효화의 가능성은 더 커진다.
- (5) 위험도 산정에서는 안전조치에 관련된 기능들이 기계의 기능과 별개가 아님을 확인하여야 하며, 진단을 위한 원격접근이나 공정수정목적으로 접근 등 접근가능성의 범위를 결정하여야 한다.

7.2.7 안전조치 유지 가능성

- (1) 위험도 산정에는 안전조치가 요구되는 방호의 수준을 제공하는데 필요한 상태를 유지할 수 있는가를 고려한다.
- (2) 안전조치가 수정작업을 쉽게 할 수 없을 경우에는 기계의 지속적인 사용을 위하여 안전조치의 무효화가 발생될 수 있다.

7.2.8 사용자를 위한 정보

위험도 산정에서는 기계와 함께 사용자를 위한 정보가 충분히 제공되는지 검토한다.

8. 위험성 판단

8.1 위험성 판단 절차

- (1) 위험도 산정 후에는 위험수준 감소가 필요한지 또는 안전하게 되었는지를 결정하는 위험성 판단을 수행한다.
- (2) 위험수준 감소가 필요하다면 적절한 안전조치를 선정 적용하고 <그림 1>의 절차를 다시 반복한다.
- (3) 반복 작업을 통하여 새로운 안전조치가 취하여졌을때 다른 추가적인 위험이 발생하는지 검토하여야 한다.
- (4) 위험수준 감소 목표에 도달되고 위험성을 비교하여 만족한 성과를 얻으면 그 기계는 안전하다고 할 수 있다.

8.2 위험수준 감소 목표의 도달 방법 및 조건

- (1) 위험과 위험성을 감소시킨다.
 - (가) 덜 위험한 물질로 대체
 - (나) 안전가드를 설치
- (2) 안전가드는 경험에 의하여 사용자가 안전한 상태가 되도록 선택한다.
- (3) 안전가드를 선택할 때는 다음 사항을 고려한다.
 - (가) 무효화 가능성
 - (나) 피해의 크기
 - (다) 요구되는 직무수행 방해정도
- (4) 기계의 사용자를 위한 정보는 충분하고 명확하게 한다.
- (5) 기계의 사용을 위한 운전절차는 기계를 사용하는 사람과 기계의 위험에 노출 될 수 있는 모든 사람들의 능력에 맞게 작성한다.

- (6) 기계를 사용할 때 필요한 안전작업 요구사항과 이에 관련된 훈련 사항들을 적절하게 기술한다.
- (7) 기계의 사용 중 상태가 변화되었을 때의 위험성에 대한 충분한 정보를 사용자에게 제공한다.
- (8) 개인보호구 착용이 필요하다면 적합한 사양과 사용을 위하여 필요한 훈련 사항들을 적절히 기술한다.
- (9) 추가적인 예방조치는 충분하게 한다.

8.3 위험성 비교

- (1) 유사한 기계에 대하여 다음 사항들을 검토하여 위험성을 비교한다.
 - (가) 유사한 기계에 대한 안전성
 - (나) 사용자와 작업방법
 - (다) 위험과 위험요소
 - (라) 사용조건
- (2) 유사한 기계에 대한 위험성 비교는 기계의 안전성을 확인하는 방법으로 사용될 수 있으나 유사한 기계가 안전하다고 위험성평가 절차를 따를 필요성이 없어지지 않는다.

9. 기록 유지

- (1) 위험성평가의 절차별로 나타난 결과를 문서로 기록한다.
- (2) 문서에는 다음사항들이 포함된다.
 - (가) 위험성평가를 하는 기계의 사양, 범위, 사용자

(나) 하중, 강도, 안전율 등 관련 설계 자료

(다) 위험확인 사항

- ① 위험상태
- ② 기계에서 발생될 수 있는 사고
- ③ 위험도

(라) 위험성평가의 근거가 되는 자료

- ① 사고사례, 유사한 기계에 적용된 위험수준감소 대책에서 얻어진 경험 등 사용된 자료 및 근거
- ② 사용된 자료의 불명확성과 위험성평가에 미치는 영향

(마) 안전조치에 의하여 도달하여야 하는 목표

(바) 안전조치가 수행할 수 있는 확인된 위험상태나 사고의 제거 또는 위험 수준 감소

(사) 안전조치 후 기계에 남아있는 잠재위험

(아) 최종 위험성평가의 결과

<별표 1>

위험 상태 및 사고의 예

1. 기계적 위험

- 기계부품이나 작업물의 형상
- 기계부품이나 작업물의 위치
- 질량과 안정도 (위치에너지 - 중력의 영향)
- 질량과 속도 (동력학적에너지 - 운동의 영향)
- 기계적 강도의 부적합
- 탄성요소(스프링)
- 압력상태의 액체 및 기체
- 진공상태

1.1 파손 위험

1.2 파단 위험

1.3 절단 위험

1.4 말림 위험

1.5 당겨지거나 빠질 위험

1.6 충격 위험

1.7 찢림 또는 압착 위험

1.8 마찰과 마멸 위험

1.9 과압 유체의 유입 또는 유출 위험

2. 전기적 위험

2.1 활선에 사람 접촉 (직접 접촉)

2.2 고장이나 파손으로 인하여 통전되게 된 부분에 사람접촉(간접접촉)

2.3 고전압 부위에 접근

2.4 정전기 현상

2.5 과부하나 합선으로 용융입자의 방출과 화학작용으로 발생하는 열방사 또는 다른 현상들

3. 열에 의한 위험

3.1 화재·폭발 또는 열원에 의하여 극고온이나 극저온이 된 부위에 사람이 접촉되어 발생하는 화상이나 기타 부상

3.2 고온이나 저온의 작업환경에 의한 건강장애

4. 소음에 의한 위험

4.1 청각장애 기타 생리적 질병

4.2 음향신호 또는 대화에 간섭

5. 진동에 의한 위험

5.1 기계공구를 손으로 사용하여 발생하는 여러 가지 신경성 및 혈관 질환

5.2 전신진동에 노출, 특히 나쁜 자세에서 노출

6. 방사선에 의한 위험

6.1 저주파수, 라디오파, 마이크로파

6.2 적외선, 가시광선, 자외선

6.3 X선, 감마선

6.4 알파선, 베타선, 전자선, 이온선, 중성자

6.5 레이저

7. 물질에 의한 위험(기계에서 사용 또는 발생되거나 구성요소인 물질)

7.1 유해가스, 분진, 흙, 먼지의 흡입이나 접촉에 의한 위험

7.2 화재·폭발 위험

7.3 생물학적 또는 미생물학적(바이러스, 박테리아) 위험

8. 기계설계 시 인간공학적 요소를 갖추지 못함으로 인한 위험

8.1 나쁜 자세 또는 과도한 힘 필요

8.2 팔과 다리의 부적절한 사용

8.3 개인 보호구의 미착용

8.4 부적절한 조명

8.5 정신적인 피로, 스트레스

8.6 인간실수, 인간행동

8.7 수동제어의 부적절한 설계, 위치, 확인

8.8 시각표시장치의 부적절한 설계, 위치

9. 복합위험

10. 예상치 못한 시동, 과주행, 과속 및 오작동

10.1 제어시스템의 고장 및 오작동

10.2 중단된 에너지 공급의 재개

10.3 전기장치에 의한 영향

10.4 중력, 바람 등에 의한 외부 영향

10.5 소프트웨어 오류

10.6 작업자 실수(사람의 능력과 성격이 기계와 조화를 이루지 못할 때)

11. 정상조건에서 기계정지의 불가능

12. 기계 회전속도의 변화

13. 동력공급의 중단

14. 제어회로 고장

15. 불량 부속품

16. 운전 중 파손

17. 유체나 물체의 낙하 또는 배출

18. 기계의 안정도 상실, 전도

19. 미끄러짐, 넘어짐, 추락

20. 움직임에 의한 추가적인 위험 상태 및 사고

20.1 주행 기능에 의한 위험

20.1.1 엔진 시동시의 돌발 기동

20.1.2 운전자 없이 기동

20.1.3 모든 부분이 안전한 상태에 있지 않을 때 기동

20.1.4 보행하면서 운전하는 기계의 과속

20.1.5 주행시의 과도한 진동

20.1.6 기계의 속도를 낮추고, 정지시키고, 고정시키는 능력의 부족

20.2 기계의 작업장소

20.2.1 작업장소로 가는 도중에 추락

20.2.2 작업장소의 산소부족 및 가스배출

20.2.3 화재(운전실의 가연성물질, 소화기의 부족)

20.2.4 작업장소의 기계위험

- 휠 접촉
- 구름
- 낙하, 비래
- 고속회전 부분의 파손
- 기계의 작동 부분이나 공구에 접촉(보행하면서 운전하는 기계)

20.2.5 작업장소에서의 부적절한 시야

20.2.6 부적절한 조명

20.2.7 부적절한 좌석

20.2.8 작업장소에서의 소음

20.2.9 작업장소에서의 진동

20.2.10 비상탈출이 용이하지 않음

20.3 제어시스템

20.3.1 수동제어의 부적절한 위치

20.3.2 수동제어와 운전모드의 부적절한 설계

20.4 기계를 운전하는 동안 안정도의 결여

20.5 동력원과 동력 전달 장치

20.5.1 엔진과 배터리로부터의 위험

20.5.2 기계사이의 동력전달장치로부터의 위험

20.5.3 커플링, 견인장치로부터의 위험

20.6 제3자에 의하거나 제3자에 가해지는 위험

20.6.1 승인 받지 않은 기동 또는 사용

20.6.2 정지 위치에서 이탈

20.6.3 시각 및 청각 경보장치의 부족 또는 부적절

20.7 운전자를 위한 불충분한 교육

21. 중량물에 의한 추가적인 위험 상태 및 사고

21.1 기계적 위험

21.1.1 화물의 낙하, 충돌, 기계의 날카로운 부분에 의한 위험

- 안정도의 결여
- 하중제어 불능, 과하중, 전도모멘트 초과
- 운동거리 제어 불능
- 화물의 예기치 못한 움직임
- 부적절한 고정장치
- 기계상호간의 충돌

21.1.2 화물 취급 작업자의 접근

21.1.3 탈선

21.1.4 부품의 부적절한 기계적 강도

21.1.5 풀리, 드럼의 부적절한 설계

21.1.6 체인, 로프, हु 등 요소의 부적절한 선정 및 조합

21.1.7 마찰브레이크 제어 권상장치에서 미끄러짐으로 인한 화물의 하강

21.1.8 조립, 시험, 사용, 보수의 부적절한 상태

21.1.9 화물 또는 균형추와 사람의 충돌

21.2 조명에 의한 위험

21.3 인간공학적 고려 미비로 인한 위험

21.3.1 운전위치에서의 부적절한 시야

22. 지상작업에서의 추가적인 위험상태 및 사고

22.1 기계적 위험

22.1.1 힘을 받는 지붕지지대의 안정도 결여

22.1.2 레일 위를 운행하는 기계의 가속기나 브레이크의 고장

22.1.3 레일 위를 운행하는 기계의 무인운전장치 고장

22.2 사람의 행동제한

22.3 화재 · 폭발

22.4 먼지 · 가스 누출

23. 승용기계에 의한 추가적인 위험상태 및 사고

23.1 기계적 위험

23.1.1 부적절한 기계적 강도, 부적절한 작업 효율

23.1.2 운반제어의 고장

23.1.3 승용기계 기능의 고장

23.1.4 승용기계의 과속

23.2 승용기계에서의 사람 추락

23.3 승용기계의 추락 및 전도

23.4 인간실수, 인간행동