

기계안전의 위험성평가와 안전대책

김태구 · 김건남*

인제대학교 산업안전시스템공학부 · *한국산업안전공단 산업안전보건연구원

1. 서론

세베소지침이 제정된 후 1989년 유럽통합규격(European standard)이 만들어지고 기계지침(The machinery directive)도 완성되었다. 이 기계지침은 1993년까지 수정, 보완되어 이중 기계류의 안전성(Safety of machinery)을 초안으로 하는 기계안전의 국제규격제정이 가시화되고 있다는 것이다. ISO(국제표준화기구, International Organization for Standardization)는 1991년 기술위원회 ISO/TC(Technical Committee)가 설치하고 기계안전에 관한 유럽통합규격인 EN292(현재는 EN292-1)를 ISO12100(현재는 ISO/CD12100-1)으로, 위험성평가(Risk Assessment)에서는 EN1050을 ISO14121로, 제어시스템의 안전관련부분에서는 EN954를 ISO13849로 국제표준화하는 작업을 진행하고 있다. 기계안전에 관한 국제규격제정 움직임에 있어 먼저 살펴봐야 할 것은 유럽의 통합규격 중 기계지침의 구조라 하겠다. 표1에서 보는 바와 같이 기계지침의 가장 핵심이 되는 것은 EN292규격으로서 일반적 용어의 개념부터 기술하고 있고 그 주위에 EN1050과 안전관련의 제어시스템의 규격인 EN954등으로 구성되어 있다.

표1 기계안전에 관한 유럽규격일람

(a) Type A: 기본안전규격

규격번호	규격의 명칭	국제규격과의 대응
EN292	기초개념, 설계의 일반원칙	
EN292-1	제1부: 기초용어, 방법론	ISO/CD 12100-1
EN292-2	제2부: 기술원칙과 사양	ISO/CD 12100-2
EN1070	용어	ISO/NP13848
EN414	안전규격의 원안과 작성순서	ISO/DIS13850
EN1050	위험성평가의 원칙	ISO/14121

(b) Type B1: 그룹안전규격

규격번호	규격의 명칭	국제규격과의 대응

EN294	상체가 위험영역에 드는 것을 방지하기 위한 안전 거리	ISO13852
EN349	인체각부의 압착위험을 방지하기 위한 최소간격	ISO13854
EN811	하체가 위험영역에 드는 것을 방지하기 위한 안전 거리	ISO/DIS13853
PrEN999	손/팔의 속도안전장치의 설치장소를 결정하는 신체의 접근속도	ISO/NP13855
EN954	제어시스템의 안전관련부분	
EN954-1	제1부:설계의 일반원칙	ISO/DIS 13849-1
EN954-2	제2부:확인, 시험, 고장리스트	ISO/NP 13849-2
EN60204	기계의 전기장치	
EN60204-1	제1부:일반적요구사항	
(토의중)	Programmable한 전자제어장치의 기능적안전	IEC60204-1
(토의중)	안전관련시스템의 소프트웨어	IEC61508-1

(c) Type B2: 그룹안전규격

규격번호	규격의 명칭	국제규격과의 대응
EN574	양수제어장치	ISO/DIS13851
EN61496-1, -2	전기감응방호장치	IEC61496-1,-2
PrEN953	가드(고정식,가동식)의 설계와 구조에 관한 일반 요구사항	ISO/NP 14210
PrEN1088	가드록(Guard lock)부착식과 록미부착의 인터록 장치	ISO/NP 14119
PrEN1760-1	압력감지식 방호장치매트와 바닥	ISO/NP13856-1
EN418	비상정지장치,기능에 관한 제반사항의 설계원칙	ISO13850
PrEN1037	차단과 에너지의 분산-예기치 않은 기동의 방지	

(d) Type C: 개별안전규격

규격번호	규격의 명칭	국제규격과의 대응
EN775	매니퓰레이팅(Manipulating) 산업용 로봇	ISO 10218
EN692	기계프레스 안전	

*CD(Committee Draft, 위원회원안) *NP(New Work Item Proposed, 신규업무항목제안)

*DIS(Draft International Standards, 국제규격안), *pr(Proposal,규격안)

*FDIS(Final Draft International Standards, 최종국제규격안),

2. 본론

기계안전에 관한 유럽 통합규격은 타입(Type) A(기계에 대해 공통적으로 적용되는 기초개념, 설계원칙과 일반적인 측면을 규정하는 규격), B(그룹안전규격으로 광범위한 기계에 걸쳐 적용가능한 안전성에 관한 일반적인 측면 또는 안전장치의 형식을 취급하는 규격), C[특정 기계 또는 기계구분에 대해 상세한 안전요구사항(프레스, 고정식 연삭기계, 산업용 로봇, 목공기계, 포장기계, 식품가공 기계 등)]의 세가지로 구성되어 있는데, 이중 타입B는 B1[특정의 안전성측면(예:안전거리, 표면온도, 소음 등)에 관한 규격] 과 B2[안전관련장치(예: 프레스의 양수조작장치, 인터록 장치, 감압장치, Guard 등)에 관한 규격]로 나누어져 있다. 기계안전의 기본은 ISO/CD 12100-1:기계류의 안전성-기본개념, 설계를 위한 일반원칙(제2장: 기술적원칙과 사양)에 규정되어 있는데, 그 중 특히 중요한 것은 리스크의 개념이라 하겠다. 리스크란 위험상태에 있어서 장애 또는 건강장애의 발생확률과 중대도의 조합이지만 주목해야 할 것은 세베소지침에서 리스크의 개념을 도입하고 유럽규격에서 리스크분석(Risk analysis)과 위험성평가(Risk assessment)를 의무화한 기계지침이 국제규격으로 제정되어 모든 기계에 대해 개별 및 그룹별의 위험성평가가 필요하다는 것이다. 그러면 여기서 리스크의 구성요소에 대해 살펴보자. 리스크의 구성요소를 그림2에 나타낸다.

그림 1에서 보는 바와 같이 리스크의 어원은 위험원(Hazard)에 있고 이 위험원은 기계측의 위험과 인간측의 위험원 즉 인간오류(Human error)에 기인한다. 국제규격 ISO/CD12100에는 위험원이란 장애 또는 건강장애를 일으키는 근원으로 기술되어 있다. 그리고 위험에 인간이 폭로되어 있는 상태가 위험상태이며 이 위험상태로부터 리스크를 기존의 크기와 빈도의 개념 위에 회피의 곤란정도를 포함한 위험사상의 카테고리를 정하여 잔존리스크로 인한 위험의 정량적 정도에 따라 기계의 운전과 정지를 결정하는 사용허가를 하는 것이다. 여기서 카테고리(Category)란 위험의 수준을 구체적으로 정하는 것으로 정량화한 위험수준을 표시하는 것이다. 즉 각 기계별 위험성평가를 통해 얻은 리스크를 근거로 각 기계와 그룹별의 카테고리를 정해야 한다는 것이다. 특히 안전관련계(Safety related system), 즉 안전방호장치의 리스크평가에 의한 카테고리의 설정은 ISO/DIS13849-1에 설명되어 있는데, 리스크분석의 결과에 따라 리스크레벨을 정하고 안전대책의 성능평가의 수준을 의미하는 카테고리리로 분류한다. ISO국제규격

에 의한 카테고리의 설정방법은 그림2과 같이 나타낼 수 있는 데, 개시점인 위험원에서 리스크 파라메타(Parameter) S,F,P를 계산하여 리스크분석을 하고 이에 따라 카테고리를 설정하는 것이다.

여기서 또 살펴봐야 할 것은 기계안전의 국제규격에 있어 어떠한 안전방호대책을 권고하고 있는냐는 것이다. 이것을 간단히 설명하면 표2과 같다.

표2 기계안전에 관한 ISO국제규격의 안전방호대책

안전대책	내용
1.전주위방호	위험원을 보유하고 있는 기계는 작업자가 위험원에 도달할 수 없도록 기계의 전주위에 방호를 설치하는 것. 국제규격의 기계재해 방지의 기본에 기술되어있는 격리의 원칙:가드에 의한 안전방책과 정지의 원칙:안전장치에 의한 안전방호를 적용하는 것을 의미한다. 전주위 방호에 관련 된 규격은 ISO/DIS13852, 13853, 13854와 ISO/NP14120 이 있다.
2.Failure to danger의 고려	기계는 고장이 나고 작업자는 오류를 범할 수 있다는 사실의 인정 후, 만약 일어나더라도 작업자에 위해를 줄 수 없는 구조를 설계단계에서 구축하는 것. 이것은 안전성능의 카테고리 도입의 기초개념이 된다.
3.고장대책과 Category(수준)	제어시스템의 안전관련부분에 대해서는 일반적인 기계의 위험성이 높아짐에 따라 보다 높은 수준(카테고리)의 고장대책을 선택해야 한다고 규정되어 있다. 예를 들면 프레스기의 안전장치나 안전관련의 제어회로의 고장대책은 원칙적으로 가장 수준 높은 카테고리- 4이상으로 하지 않으면 안 된다.
4.수동조작시의 안전대책	미동(Inching)기구수동조작의 경우 안전수단으로 사용되고 있다. 국제규격에서는 누름버튼을 계속 눌러도 일정거리 또는 일정각도이상 작동하지 않는 방식(거리적제어)이나 누름버튼을 계속 눌러도 가동부가 일정시간이상 작동하지 않는 방식(시간적제어)이 채용되고 있다.
5.안전인증과 안전인증	기계지침에서는 위의 1~4항의 안전기능이나 그 외의 기능에 대해 적절한 것이라는 것을 입증(설명책임:Accountability)이 의무로 되어 있고 그 순서에 대해서도 규정되어 있다. 또, 필요한 경우에는 제3의 기관에 의한 안전인증제도를 시행하고 있다.

위의 표에서 특히 3의 고장대책과 카테고리에서 그림3에서 보여주는 바와 같이 카테고리를 5가지(B, 1~4)로 분류하여 그에 따른 필수조건과 시스템의 동작까지 규정하여

놓았다. 그러나 우리나라에서는 안전장치 등의 재해방지수단의 설치에 관해서는 규정되어 있으나 그 고장시의 카테고리는 분류되어 있지 않다. 앞으로 우리나라에도 이런 방식이 도입될 때에는 안전관련부의 고장해석법과 카테고리의 분류를 시작으로 각 기계에 대응한 카테고리 선택기준 등을 확립할 필요가 있다. 그러면 여기서 안전방호장치의 단계를 포함한 기계안전의 위험성평가와 안전대책프로세스에 대해 알아보자. ISO/IEC Guide51와 ISO/CD 12100에 있는 내용을 그림3에 나타내 보았다.

그림3에 나타낸 바와 같이 기계의 안전을 허용가능한 수준까지 달성하기 위해서는 리스크분석과 위험성평가를 기본으로 시행해야 한다. 그러기 위해서는 먼저 예측가능한 오사용의 명확화(Definition of intended use and reasonably foreseeable misuse)를 하고 위험원의 동정 과정을 통해 리스크를 산정 및 평가한 후 이 리스크에 의해 기계의 안전성을 검토하게 된다. 여기서 안전하지 못한 기계의 경우 단계3과 3의 리스크 저감의 과정을 Feedback하여 허용가능한 리스크 레벨까지 되풀이하는 것이다. 이런 일련의 과정을 거쳐 허용 가능한 리스크수준까지 달성되었으면 잔존리스크를 사용자에게 반드시 경고한 후 기계의 사용허가를 하게 되는 데, 단계2까지의 과정을 리스크 분석이라고 하고 단계4까지의 과정을 포함한 것을 위험성평가의 과정이라 한다. 여기서 주목해야 할 것은 위험성평가의 기초는 모든 기계의 오사용의 요소들을 먼저 명확히 하고 이 오사용의 요소들을 근거로 설계의 단계에서부터 리스크를 저감하자는 것이다. 설계단계에서도 저감되지 않은 리스크는 안전방호 장치를 사용하여 허용가능한 리스크레벨까지 감소시킨다. 여기서 위험성평가는 어디까지나 기계의 위험원으로 부터 발생하는 재해의 가능성을 평가하는 기법이라는 점은 눈여겨 볼만하다.

3. 결론

이상을 간단히 요약하자면 유럽에서의 강제적 법규이며 안전규정인 기계지침 대부분이 기계안전의 국제규격으로 제정되고 있다는 것이다. 이것은 앞으로 기계안전에 있어 유럽의 통합 기계안전 규격인 기계지침이 기계류에 위험성평가를 의무화 하고 있는 만큼 리스크분석과 이를 포함한 각 기계의 위험성평가 기법이 필수불가결한 요소로 자리 잡게 된다는 것을 의미한다. 물론 유럽의 기계지침과 같이 국제규격이 강제적으로 법적 구속력을 갖는 법률은 아니다. 어디까지나 권장사항이고 임의규정이지만 국제규격으로 제정될 때에는 유럽규격에서 규정했던 강력한 구속력을 갖지 못할지라도 각 나라에서는 요구사항 이상의 시행사항이 될 수 있다는 것을 우리는 주목하고 그 중요성을 인식해야 한다는 것이다. 따라서 기계안전성평가에 대한 구체적인 기법들의 개발과 연구

가 차후에 수행되어야 한다.

참고문헌

- 1)ISO/IEC Guide 51: Safety aspects-Guidelines for their inclusion in standards, ISO/IEC TAG SAFETY N31 DRAFT, 1999
- 2)ISO/CD 12100-1, -2: 199X: Safety of machinery-Basic concepts, general principles for design, February 1998
- 3)ISO 14121: Safety of machinery-Principles of risk assessment, 1999
- 4)Revision of ISO/IEC Guide 51: Safety aspects- Guidelines for their inclusion in standards, ISO/IEC, January 1998, Geneva.
- 5)機械安全工學-基礎理論と國際規格, 清水久二, 福田隆文 外, 養賢堂,pp. 123~135 2000