

# 밸런싱기계의 안전장치에 관한 ISO 7475의 1차개정안에 대하여

## ISO/TC/108/SC1 CD 7475 (Mechanical Vibration - Balancing Machines - Enclosures and Other Safety Measures for the Measuring Station )

최 상규\*, 전 오성\*\*

Sang-Kyu Choi, Oh Sung Jun

### ABSTRACT

This first ISO/CD 7475 is a proposed revision of ISO 7475-1984, which specifies requirements for enclosures and other safety measures used to minimize mechanical hazards produced by the rotor in the measuring station of centrifugal (rotational) balancing machines. The hazards are associated with the operation of balancing machines under a variety of rotor and balancing conditions. This standard defines different classes of protection that enclosures and other protective features have to provide and describes the limits of applicability for each class of protection.

At the meeting held at AFNOR in Paris in June 1999, ISO/TC 108/SC1/WG 12 agreed to prepare a first ISO Committee Draft (CD) and circulate to the member bodies for vote and comment by 3 March 2000 since publication as an International Standard requires approval by at least 75% of the member bodies casting a vote. The results of the ballot on this first ISO/CD 7475 was positive so that it will be prepared as an ISO/DIS (ISO/DIS 7475) and discussed in a meeting of ISO/TC 108/SC1 at BSI, London, U.K. in March 2000. Contents of this ISO/CD 7475 with some member comments accounted is briefly described in what follows.

### 1. 서론

ISO/CD(Committee Draft) 7475는 1984년에 제정된 밸런싱기계의 측정부위에서의 안전장치에 관한 ISO 7475의 제1차 개정안으로서 1999년 6월 프랑스에서 개최되었던 ISO/TC 108/SC1/WG 2의

\* 한국기계연구원 회진체연구그룹

\*\* 전주대학교 기계공학과

모임에서 ISO 7475표준안의 1차 개정을 위한 기술위원회 초안(CD:Committee Draft)을 작성키로 결정하고 이를 2000년 3월까지 참가회원국(P member)들의 동의를 얻기로 결정하였다. 이에 따라 작성되어 참가회원국들의 투표에 붙인 것이 ISO/CD 7475이다. 현재는 본 초안이 14개 참가회원국 중 11개 회원국의 찬성과 3개 회원국의 기권으로 동의된 상태로서 독일과 러시아의 수정권고안을 반영한 ISO/DIS 7475가 마련되고 있다.

ISO 7475 표준안은 산업현장에서 광범위하게 사용되는 밸런싱기계에서의 각종 재해(Table 1)- 기계의 부품이나 로터와의 접촉, 로터부품이나 평형 질량의 이탈 및 지지대로부터의 로터의 이탈, 로터

Table 1 List of significant specific hazards and major source of these hazards associated with the measuring station in balancing machines

	Description	Example(s) of related hazardous situation(s)	Associated activity	Related danger zone
1	Mechanical			
1.1	Crushing	workpiece moving	loading the workpiece	between rotor and pedestal
1.2	Shearing	workpiece rotating	check of belt drive	around drive shaft and rotor/guide rollers
		workpiece rotating	lubrication of roller	between journal and roller
		workpiece moving in axial direction when rotating	during process control	between rotor and pedestal, access area around machine
		power operation of clamping device	loading of rotor	between rotor and clamping device
1.3	Ejection of rotor	safety bracket not closed at high balancing speed	measuring excessive unbalance	area around machine
1.4	Ejection of rotor parts	parts loose, excessive balancing speed	measuring unbalance	area around machine
1.5	Ejection of correction masses	mass insufficiently fixed	measuring unbalance	area around machine
1.6	Stabbing or puncture	end drive not coupled to rotor and drive actuated	start of drive	around end drive
		rotor with protruding parts rotating	checking set-up while rotor running	at rotor
1.7	Entanglement	belt drive running	start of drive	between belt and rotor/guide rollers
		rotor with protruding parts rotating	checking set-up while rotor running	at rotor
1.8	Loss of stability	pedestal not fixed to base	measuring unbalance	between rotor and pedestal
1.9	Slip, trip and fall	ejection of lubricant from sleeve bearing	during operation of machine	floor area around machine
2	Electrical	automatic re-start after power loss	during set-up of rotor	around rotor and drive
		high speed during indexing activity	indexing of rotor	between rotor and clamping device
3	Hearing loss; psychological disorders due to excessive noise	balancing bladed rotors	measuring unbalance	near machine
4	Neglecting ergonomic principles			
4.1	Unhealthy postures or excessive (repetitive strain) efforts	lifting and reaching while handling workpiece and machine parts	during loading/unloading and maintenance	load/unload position. Maintenance action points
4.2	Inadequate consideration of human hand-arm			
4.3	Inadequate local lighting	judgement and accuracy of manual actions during setup and loading	during loading and set-up	at drive elements, pedestals and load/unload position
5	Human errors	inadvertent operation of controls, misuse of guard-controls	during set-up, measuring unbalance	around rotor

회전시 로터의 돌출부위로 인한 상해 등- 를 규정하고 이러한 재해로부터 작업자를 보호하기 위한 방호장치의 등급 및 방호장치의 설계, 그리고 이의 검증을 위한 기준을 제시하고 있다.

ISO/CD 7475는 기존의 ISO 7475-1984에 비해 다음과 같은 내용의 변화를 주고 있다.

- 회전하는 로터로부터 이탈되는 비산 로터입자의 허용속도범위의 확장
- 방호장치에 부딪히는 입자의 impulse 고려
- 방호장치 전체 또는 부품의 고정력의 가늠자로서 입자의 절대에너지를 포함
- 방호장치 재료의 비산 로터입자 차단능력의 가늠자로서 면적-비에너지 (area-specific energy)의 채택
- 기타 작업자의 안전을 위한 벨런싱머신의 고유한 안전대책의 추가

ISO/CD 7475의 구성을 보면 다음과 같다.

1. Scope
  2. Normative references
  3. Definitions
  4. List of hazards
  5. Safety measurements and/or measures
    - 5.1 General requirements
  6. Verification of safety requirements and/or measures
  7. Information for use
    - 7.1 General
    - 7.2 Instruction handbook
    - 7.3 Marking
- Annex A. Class C safety enclosure selection
- A.1 General
  - A.2 Consideration of impulse
  - A.3 Consideration of absolute energy
  - A.4 Consideration of area-specific energy
  - A.5 Designation of safety enclosures
  - A.6 Higher particle speed
- Annex B. Equipment for impact test
- B.1 Gun device
  - B.2 Falling pipe device
- Annex C. Examples of enclosures and burst protection
- Annex D. Protection classes
- Annex E. Bibliography

## 2. 벨런싱기계 작업환경의 방호등급

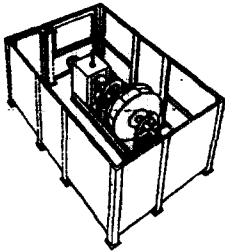
ISO 7475 표준안은 벨런싱기계의 작업자를 보호하기 위하여 벨런싱하고자 하는 로터의 파손시 발생할 수 있는 위험도에 따라 안전을 위한 방호등급을 분류하고 이에 따른 안전조치를 제시하고 있다. 방호등급 분류 및 안전조치를 소개하면 Table 2와 같다.

Table 2 Protection classes

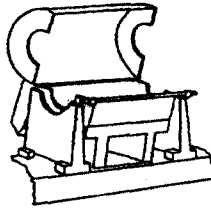
Hazard assessment	Safety measure	Class
No significant danger from rotor	None.	0
Major rotor failure is not expected at max. rotor speed. Particle energy < 0.56 J	Safely goggles or face shield only.	A
Major rotor failure is not expected at max. rotor speed. Lager rotor or dangerous rotor surface may cause operator's injury due to contact. Particle energy < 0.56 J	Barrier protection and either safety goggles or face shield	B
Major rotor failure is not expected at max. rotor speed. Rotor components might become detached with particle energy ≥ 0.56J	Particle-proof enclosure around the workpiece.	C
Major rotor failure can not be excluded. Enclosure has to be designed for specific rotor parameters and fragment characteristics	Burst-proof enclosure around workpiece of entire machine	D

Table 2에 있는 바와 같이 방호등급 0와 A는 안전장치가 필요 없을 정도로 저속, 소형로터의 벨런싱에 해당되며, 방호등급 B는 직경이 큰 로터 또는 표면이 거친 로터의 회전시 작업자의 접촉으로 인한 재해방지를 위한 등급이다. 방호등급 A와 B는 로터의 부품이나 불평형 교정질량이 최대 교정속도에서 로터로부터 이탈되었을 때의 절대에너지가 0.56J 이하일 때, 방호등급 C는 터빈 휠 벨런싱시 발생할 수 있는 로터 블레이드의 이탈과 같이 절대에너지가 0.56J 이상일 때, 그리고 D는 로터의 파열(Burst)로 로터 전체의 1/3이 방호장치에 충격을 줄 수 있는 경우에 대한 방호등급이다.

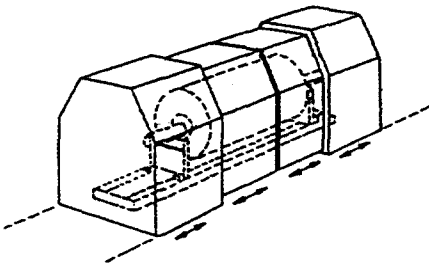
방호등급 B와 C의 예가 Fig. 1에 나타나 있다.



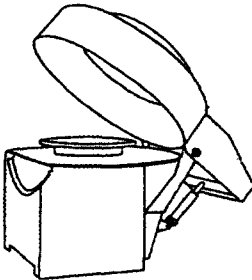
(a) Typical balancing enclosure. Class B



(b) Enclosure for production balancing. Class B or C



(c) Enclosure covering entire machine for general applications. Class B or C



(d) Rotor enclosure on vertical machine used for production balancing. Class B or C

Fig. 1 Examples of enclosures (Class B or C)

방호등급 C의 경우, 방호장치의 설계시 임펄스(impulse), 면적-비에너지(area-specific energy), 절대에너지(absolute energy)의 세가지 항목을 고려하며 이에 대한 방법이 Annex A에 기술되어 있다. 방호등급 D의 경우에는 장갑관통기술과 같은 관련기술을 기초로 로터의 파열로 인한 로터 조각의 방호장치 관통력을 계산하여 방호장치를 설계

하는데, 이는 본 표준안에서는 다루지 않고 있다. 따라서 본 표준안은 주로 방호등급 C의 설계기준 등에 초점을 맞추고 있다.

다음은 본 표준안의 부록 A에 기재된 C등급 방호장치의 선정(Class C safety enclosure selection)에 관한 내용이다.

### 3. C등급 방호장치의 선정

방호등급 C는 로터의 선속도의 범위가 10-150 m/s인 일반적인 밸런싱기계를 대상으로 하며 이에 적합한 안전장치의 선정을 위해서는 최대 밸런싱 속도에서 로터로부터 이탈하는 입자 또는 로터 조각의 임펄스(impulse), 절대에너지(absolute energy), 면적-비에너지(area-specific energy)의 3가지를 검토하여야 한다.

임펄스 및 절대에너지는 로터에서 이탈 가능한 최대크기의 입자에 대해 고려하고, 단위면적당 비에너지는 입자의 절대에너지와 입자의 충돌 가능한 최소 표적면적(projected target area)을 함께 고려한다.

#### 3.1 임펄스 검토

입자의 임펄스는  $I = mv$  로 여기서  $m(\text{kg})$ 은 입자의 질량,  $v(\text{m/sec})$ 는 입자의 속도를 나타낸다. 고정되지 않은 방호장치는 입자의 임펄스 교환에 의해 이동되거나 심할 경우 넘어질 수 있다. 따라서 이의 방지를 위해 계산에 의해 최악의 임펄스 교환상태를 검토한다. 필요할 경우에는 방호장치를 바닥에 고정시킨다.

#### 3.2 절대에너지 검토

입자의 절대 에너지는

$$E_{abs} = \frac{1}{2} * m * v^2 \quad \text{[J]} \quad (1)$$

로 표현되며 이는 방호장치 전체 또는 부품의 고정력을 시험/평가하는 기준으로 사용된다. 입자의 방호장치 충돌시 방호장치를 통과할 수 있는 개구부가 생기지 않도록 하는 것이 중요한데 이는 방호장치 및 창의 틀을 조인트를 사용, 고정시킴으로써 가능하다.

#### 3.2.1 방호장치 고정력의 평가

방호장치 고정부의 고정력은 Fig. 2와 같은 표준

발사체(standard projectile)를 수직 파이프 또는 총열이나 포신(gun barrel, Fig. 3) 등을 이용, 10-30m/sec의 속도로 실제 상태로 고정시킨 방호장치 및 그 부품에 발사 또는 낙하시켜 실험적으로 검증한다. 이러한 실험적 평가방법은 단순히 방호장치 고정력의 평가만을 목표로 하고 방호장치의 관통력 저항 등은 평가대상으로 하지 않기 때문에 실험중에 발사체가 방호벽재를 관통할 경우에는 더 큰 발사체를 동일한 절대에너지를 갖도록 저속으로 발사하여 재평가를 실시한다.

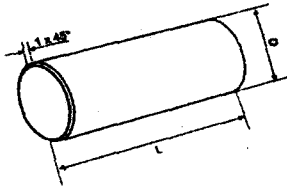


Fig. 3.1 Blunt standard projectile (made out of steel with hardness 40 to 50 HRC)

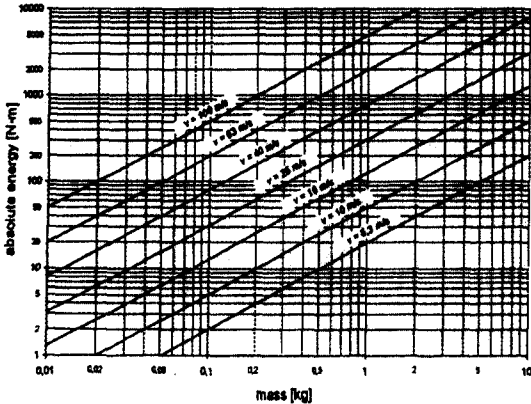


Fig. 3.2 Relation between blunt standard projectile mass, translational velocity and absolute energy

Mass m[kg]	Diameter D[mm]	Length L[mm]	Velocity v[m/s]	$E_{abs}$ [J]
0.01	8.6	22.1	20	2
0.03	12.5	31.3	20	6
0.1	18.6	47	20	20
0.3	26.8	67.8	20	60
1	40.1	100.9	20	200
3	57.8	145.7	20	600
10	86.4	217.3	20	2000

Fig.3.3 Dimensions of blunt standard projectiles and their absolute energy for v=20m/s

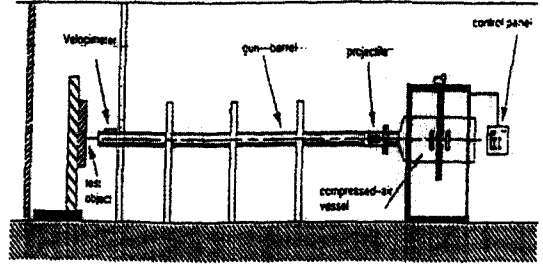


Fig. 3 Example for impact test equipment

3.2.2 제작자의 방호장치 설계 및 사용자의 선정  
 제작자는 방호장치를 다음의 절대에너지를 감당할 수 있도록 설계한다.

$$E_{abs\ qual} = \frac{E_{abs\ adm}}{S_{F\ abs}} \quad (2)$$

여기서  $E_{abs\ adm}$ 은 시험중에 방호장치가 용인할 수 없는 손상을 주지 않는 최대에너지를, 그리고  $S_{F\ abs}$ 는 안전계수를 지칭한다.

사용자는 로터로부터 이탈 가능한 모든 입자의 최대절대에너지  $E_{abs\ max}$ 가  $E_{abs\ qual}$ 와 같거나 작은 것으로 선정한다.

3.3 면적-비에너지 (area-specific energy) 검토

면적-비에너지  $E_{spec}$ 은 로터로부터 이탈되는 입자의 방호장치 관통능력의 평가척도로 다음과 같이 주어진다.

$$E_{spec} = \frac{E_{abs}}{A_p} \quad (3)$$

여기서  $E_{abs}$ 는 입자의 절대에너지를,  $A_p$ 는 입자의 표적에 대한 투영단면적을 나타낸다 (Fig. 4).

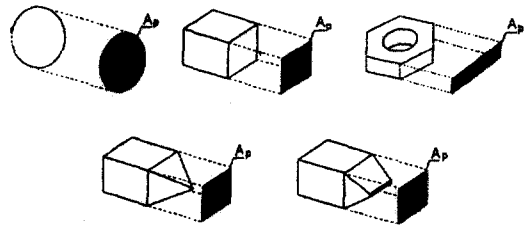


Fig. 4 Projected target area  $A_p$  for different body shapes

표준발사체에 대한 입자의 상대관통능력  $P_{cab}$ 는

$$P_{cab} = f_{Pr} * E_{spec} \quad [J/mm^2] \quad (4)$$

로 주어진다. 여기서  $E_{spec}$ 은 입자의 절대에너지이며,  $f_{Pr}$ 은 입자의 재료 및 형상의 영향을 고려한 관통계수로서 표준발사체일 경우의 값은 1이다.

방호재료의 관통저항도, 즉 입자가 관통하지 않고 방호장치에 가할 수 있는 면적-비에너지 ( $J/mm^2$ )는 다음과 같다.

$$P_{res} = f_{mat\ std} * R_M * \epsilon_B * t \quad (5)$$

여기서,  $f_{mat\ std}$ 는 표준발사체에 대한 방호장치의 재료저항계수이며,  $R_M$ 은 방호재료의 파열저항 ( $N/mm^2$ ),  $\epsilon_B$ 는 발사체로 인한 방호재료의 변형률, 그리고  $t(mm)$ 는 방호재료의 두께를 나타낸다.

### 3.3.1 방호장치의 관통저항 평가

방호장치의 관통저항 평가는 계산이나 실험에 의해 평가할 수 있다. 실험에 의한 평가는 표준발사체를 가로 및 세로가 발사체 직경의 10배 이상인 방호벽재 시편에 수직으로 발사하여 관통저항을 측정한다. 이 때 시편은 반드시 실제상태의 방호장치 조건으로 지지되어야 한다.

표준발사체의 면적-비에너지가 Fig.5에 도시되어 있다.

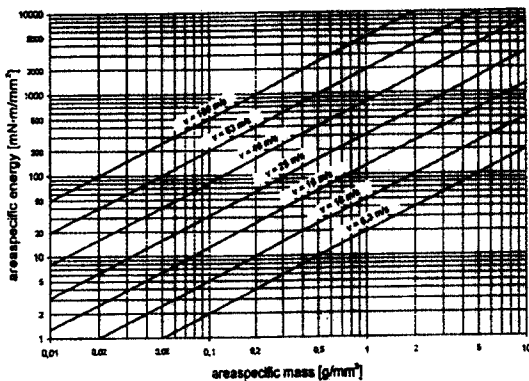


Fig. 5 Relation between blunt standard projectile mass, translational velocity and area-specific energy

### 3.3.2 제작자의 설계 및 사용자의 선정

제작자는 방호장치의 모든 부품의 관통저항이

다음의 조건을 만족하도록 설계한다.

$$P_{res\ qual} = \frac{P_{res}}{S_{F\ spec}} \quad (6)$$

$P_{res}$ 는 입자가 관통하지 않고 방호장치에 가할 수 있는 면적-비에너지이며,  $S_{F\ spec}$ 는 안전계수를 나타낸다. 사용자는 로터로부터 이탈되는 모든 입자의 최대관통능력  $P_{cab\ max}$ 가 방호장치의 관통저항능력  $P_{res\ qual}$ 보다 같거나 작도록 선정한다.

### 3.4 방호장치의 호칭

방호장치의 호칭은 다음과 같이 한다.

$$C E_{abs\ qual} / P_{res\ qual} \quad (7)$$

방호장치의 정격 절대에너지  $E_{abs\ qual}$ 는 J로, 관통저항  $P_{res\ qual}$ 은  $mJ/mm^2$ 의 단위를 사용한다.

## 4. 결론

ISO/CD 7475의 내용에 대해 요약하여 기술하였다. ISO/CD 7475는 1984년에 제정된 밸런싱기계의 측정부위에서의 안전장치에 관한 ISO 7475의 제1차 개정초안으로서 현재는 본 초안이 14개 참가회원국 중 11개 회원국의 찬성과 3개 회원국의 기권으로 동의된 상태로 독일과 러시아의 수정권고안을 반영한 ISO/DIS 7475가 마련되고 있다. 조만간 ISO/FDIS 7475로서 회원국들의 동의를 얻어 공표될 것으로 예상된다.

## 참고 문헌

1. First ISO/CD 7475 Mechanical Vibration - balancing machines - Enclosures and other safety measures for the measuring station
2. Ballot results on first ISO/CD 7475 (ISO/TC 108/SC1 N244) Mechanical Vibration - balancing machines - Enclosures and other safety measures for the measuring station - Circulated to ISO/TC 108/SC1 N245) on 9 December 1999 and closed as of 9 March 2000