

# 비자동저울의 성능비교 분석에 관한 연구

남궁재관\*, 김홍원<sup>+</sup>, 공재향<sup>++</sup>

## Analysis of Performance comparison of nonautomatic weighing instruments

Chai-Kwan Namkoong\*, Hong-Won Kim<sup>+</sup>, Jae-Hyang Kong<sup>++</sup>

### Abstract

This study is to improve the quality of electronic weighing machine by providing a reformation plan on currently problems of domestic manufactured nonautomatic weighing instruments, and by test items and criteria considering internal situation, on base of identification of quality level of domestic manufactures electronic weighing machine according to the international standards.

**Key Words :** KS C 1313(Electrical weighing machine) 전기식시저울, OIML R 76 (Nonautomatic weighing instruments)비자동저울.

## 1. 서론

현대사회의 산업구조는 산업의 각 부문에서 생산된 상품이나 서비스를 서로 교환함을 전제로 하여 발달하여 왔기 때문에 오늘날 국가경제 또는 국가경제에서 상거래가 갖는 의미는 매우 크다고 할 수 있다. 따라서 공정거래 확보 차원에서 실시되고 있는 계량기의 검사는 경제가 발전하고 환경오염문제에 대한 국민의식이 높아지면서 더욱 그 중요성이 커지고 있다고 할 수 있으며, 최근 점점 확대되고 있는 경제의 국가장벽의 완화추세로 계량기의 국제적 유통이 더욱 확대될 전망을 나타내고 있어 계량기의 품질보증문제는 이제 국내적 차원이 아니라 국제적 차원에서 다루어야

할 문제로 등장하고 있다.<sup>(1)</sup>

국제법정계량기구(OIML)에서는 1991년부터 측정기기 형식승인의 국가간 상호인증을 위한 측정기기 인증제도를 실시하고 있으며, 아시아·태평양 지역의 APLMF에서도 비자동저울 등 계량기의 국가간 상호인증을 비교시험을 실시하여 평가 중에 있다.<sup>(1,2)</sup>

계량제도나 계량기의 역사가 유럽국가들과 궤를 달리하여 OIML의 국제권고를 그대로 받아들이기에 소극적인 반응을 보여오던 일본의 경우도 1993년11월 계량법을 개정하여 계량제도와 계량기 기술기준을 가능한 한도 내에서 국제기준에 맞추고자하고 있으나, 우리나라의 경우

\* 주저자, 서울산업대학교 기계선계자동화공학부  
주소: 139-743 서울시 노원구 공릉2동 172  
+ 서울산업대학교 산업대학원 기계선계학과  
++ 서울지방중소기업청 기술지원과

이와 같은 국제적 흐름에도 불구하고 계량기 품질보증의 가장 기본이 되는 한국산업규격(KS)이 국제적 기준에 비하여 너무 미흡한 실정이다.

따라서, 금번 국내·외 비자동저울의 성능비교 분석에 관한 연구에서는 주로 상거래 되고 있는 전기식 지시저울 생산업체의 실태를 파악함과 동시에 국내 생산제품의 기술 수준을 파악하여 국제표준이 국내 현실이 허용되는 부분을 발굴하고자 하였으며, 또한 현재 국내 생산 비자동저울의 문제점에 대한 개선방안을 제시하여 품질향상을 기할 수 있도록 노력하였다.

## 2. 국내·외 연구동향

### 2.1 관련업체 현황

현재 국내에서 질량계를 생산하는 제조업체는 약 120업체이나 대부분 30인 이하의 소기업으로 기술이 취약하고 영세하며, 그중 상거래에서 사용되는 일반용 전기식지시저울을 생산하는 업체는 6업체정도 밖에 되지 않는 실정이다. 2002년도의 경우 Table 1에서 보는 바와 같이 전기식지시저울 생산은 약850억원 정도로 이중 수출이 5천만불로서 국내생산의 약60%를 수출에 주력하고 있으나 국내·외 규격의 상이함으로 내수 및 수출제품을 별도로 생산관리하고 있는 실정이다.

Table 1 전기식 지시저울 수출·입 실적(2002년)

구 분	국 내		수 출		수 입	
	대수 (대)	금액 (백만원)	대수 (대)	금액 (천\$)	대수 (대)	금액 (천\$)
실 적	96,000	34,700	143,400	50,300	7,600	9,000
구성비	39%	37%	58%	54%	3%	9%

## 3. 국내표준과 국제적 권고사항의 연구

### 3.1 기준의 선정

전기식 지시저울은 근래에 상거래용으로 그 수요가 크게 증대되도록 있으며 무역 거래가 활발히 이루어지고 있는 품

목으로서, 인증서제도 적용이 현실적으로 가장 근접하고 있는 제품이다. 국내 표준으로는 한국산업규격인 KS C1313(2톤이하), KS C 1314(2톤이상)이 있으며, 국제표준으로는 국제권고규격인 OIML R76-1 : 비자동저울(Nonautomatic weighing instruments)있는데 금번 기준비교에는 국내표준으로는 KS C 1313<sup>9)</sup>을 국제표준으로는 OIML R76-1 중 전자저울부분을 비교의 대상으로 선정하였다.

### 3.2 기준의 일반구성

국제권고 R 76-1: 비자동저울(Nonautomatic weighing instruments)은 Part 1: 계량 및 기술 요건 시험검사 부분과 Part 2: 형식평가 보고서로 이루어져 있다. 계량 요건(Metrological Requirement)에서는 저울의 등급, 최대허용오차, 측정결과간의 허용오차, 검점표준, 변별력, 양과 시간의 영향에 따른 변화, 형식평가 시험 등에 관한 일반 원칙들을 다루고 있다. 기술요건(Technical Requirements)에서는 저울의 구조, 계량결과와 표시, 표시장치 및 인쇄장치, 영점장치와 영점추적장치, 용기설정장치, 로드셀<sup>6)</sup> 요건, 상거래용 저울, 주 표시부, 판매금액을 표시하는 저울, 가격계산저울, 가격라벨인쇄 저울에 대한 기술적 사항을 다루고 있다. 전자기기(Electronic instruments)에 대한 일반요건과 기능 요건, 특성검사를 규정하고 비자동지시저울에 대한 기술적 요건을 저울 종류별로 두루 다루고 있다.

기타 표기 및 표지에 대해 규정하며 계량규제에서는 형식승인, 초기검정, 후속검정, 시험검사에 관한 원칙들을 다루고 있다<sup>4,5)</sup>.

### 3.3 국내·외 기준간의 비교

저울의 형식평가 및 시험은 R 76-1에서 규정한 것과 KS C 1313에서 규정한 사항이 유사한 경우도 있지만 상당히 다른면을 엿볼 수 있다. R 76-1의 규정은 본문에서 공통적 일반 사항과 계량요건, 기술요건을 서술하고 형식평가에 필요한 실제 실험방법에 대하여는 부록에서 다루었으며 특히 전자저울에 대해 시행 해야할 추가 시험에 대한 것은 별도의 부록으로 다루고 있다.

그러나 KS C 1313에서 규정하고 있는 형식승인시험은 비교적 단순한 절차로 되어 있다.

OIML 권고에서 정한 형식평가시험은 대체로 Table 2의 항목을 포함하고 있다.

Table 2 국내 · 외 기준의 비교

OIML R 76	한국 (KS C1313)	비고(일본의 특정계량기 검정검사규칙)
1. Weighing performance (계량특성)	3.기차	제182조(검정공차)
2. Temperature effect on no load indication (무부하 표시시 온도효과)		제139조(영점지시의 안정성)
3. Eccentricity (편심성)	6.9편심	제133조(편심오차)
4. Discrimination and Sensitivity (변별력과 감도)	6.8감도	제131조(감도)
5. Repeatability (반복성)	6.1반복작용	제132조(동일점량에 의한 반복)
6.1 Zero return (영점변환)	6.10영점변화	제138조(영점복귀)
6.2 Creep (크리프)	6.4크리프	제137조(시간에 의한 하중특성)
7. Stability of equilibrium (균형의 안정성)		제145조(인쇄기구)
8. Tilting (경사도)	5.2기구 및 작용	제134조(무부하시의 경사오차) 제135조(부하시의 경사오차)
9. Tare (Weighing test) (용기제기)		제149조(Tare set기구)
10. Warm-up time (정상작동 준비시간)		
11. Variations of voltage (전압변동)	6.7전압변동	제180조(전기식저울의 환경시험)
12.1 Short time power reductions (전압강하)		제180조(전기식저울의 환경시험)
12.2 Electrical bursts (전원 스파크)		
12.3 Electrostatic discharges (정전기감사)		제180조(전기식저울의 환경시험)
12.4 Immunity to radiated electromagnetic fields (전자기장에 의한 내성)		
13. Damp heat, stability state (고온, 다습 안정상태)	6.5온도변화	제180조(전기식저울의 환경시험)
14. Span stability (스팬의 안정성)		
15. Endurance (내구성)		제178조(내구성)
16. Examination of the construction of the instrument (구조검사)	5.구조 8.표기 및 표시	제118조 ~ 제130조

### 3.4 제도 적용상의 문제점 및 대책

위에서 각항목의 차이점이 많은 것을 볼수 있다. 구조에서 볼 때 OIML 권고에서는 보정방지와 안전사용에 중점을 두었다면 KS C 1313에서는 사용상의 편의성을 고려한 것으로 보인다. 기능요건에 있어서도 2규격간에는 큰차이를 보이고 있는데 이중에서도 가장 중요한 부분은 기기의 허용오차라 할 수 있다. 이는 다른 기능시험을 수행하는데 있어 자주 기본 요건으로 이용되는 것이어서 최저와 최고 온도 범위에서  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 의 차이를 보이고 있다. 또, 영점변화, 편심하중, 전기적 교란상태, 기기의 등급표시, 표시판 및 문자의

규격 등에서도 상당한 차이를 보이고 있는데 어떤 항목은 KS C 1313에서는 언급되지 않은 경우가 있고 허용한도가 다르거나 규정하는 방식이 다른 형태를 보이기도 한다. R 76-1의 형식평가에서는 영점장치와 영점추적장치, 용기설정상치에 대한 평가를 포함하고 있으나 KS C 1313에서는 규정되어 있지 않은 예의 하나이다. 그러므로 전기식 지시저울에 대한 OIML 인증서제도의 적용은 OIML 권고와 우리나라 검정기준간의 비교에서 볼 때 두 가지 관점에서 고려될 수 있다. 첫째는 검정 기준이 되는 KS C 1313의 요건과 OIML 권고 요건을 포함시키는 것이다. 다른 하나는 이들 두 규격간의 차이를 완전히 무시하고 제도를 적용함으로써 양립시키는 방법이다.

전자의 경우는 국가 규격을 국제 규격에 완전히 일치시키는 것이어서 국제 규격의 의의에도 부합하고 GATT Standards Code를 만족하는 이점은 있으나 국내 다수 업체들의 현실을 외면할 수 없는 면이 있다. 후자의 경우에는 당분간 KS C 1313을 국내용으로 계속 활용하고 OIML 인증서제도를 도입하여 R76-1을 적용하면서 적절한 시기에 결국 이들을 정합시키는 점진적인 방안이 될 수 있으므로 국내 업체의 현실을 인정하는 한편 국제적 추세에 대응할 수 있는 방안이다.

## 4. 비저울저울 성능평가

피 계량물이란 힘에 의하여 저울 기구의 변형량이나 변위량을 전압, 전기저항, 또는 이와 유사한 물상상태의 량이 변화를 주는 구조의 저울인 전기식지시저울의 종류로는 전기저항선식, 차동변압기식, 자기식, 광전식, 압전식, 유도전기식, 전자식, 방사선식 등이 있으나 전자력평형식과 전기저항식이 주종을 이루고 있다.

전자력 평형식은 전자력으로 하중과 평형을 이루는 원리로서 용량은 수 mg부터 수십kg까지, 정밀도로는 1/2000에서 1/10,000,000까지의 수준에 달한다.

그러나 아직까지 국내에서는 Fig.1의 전자력식 저울은 생산되고 있지 않으며, 전기저항식 제품만 생산되고 있는 실정이다. 또한, 아래 Fig.2의 전기저항식은 하중에 의한 로드셀의 비틀림을 전기저항으로 감지하는 원리로서 용량이 수백g에서 수 톤까지, 정밀도는 1/1000에서 1/20,000정도이다.

## 5. 결과 및 분석

### 5.1 국내생산제품 성능분석

국내 전기식 지시저울 생산업체 7개중 현재 생산이 일시 중단된 1개사를 제외한 6개사 제품에서 거래가 많이 이루어지고 있는 15kg이하 제품으로 7형식을 평가대상으로 선정하였으며, 제품의 성능평가는 국제권고규격인 OIML R76-1과 국내 표준인 KS C 1313에서 크게 차이를 보이고 있는 항목인 계량특성시험, 무부하시 온도효과, 전자파 장애, 고온다습안정상태, 에 대한 제품의 기술수준을 평가하도록 하였다.

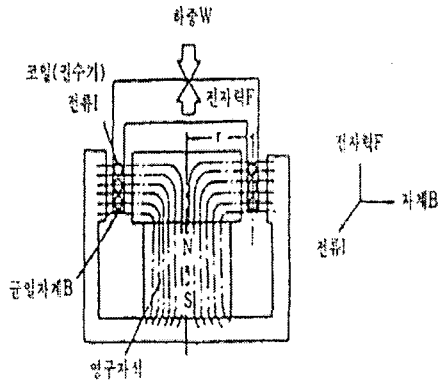


Fig.1 전자력식(전기식지시저울)의 구조

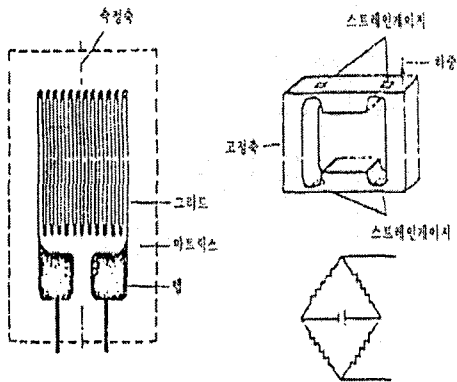


Fig.2 전기저항식(전기식지시저울)의 구조

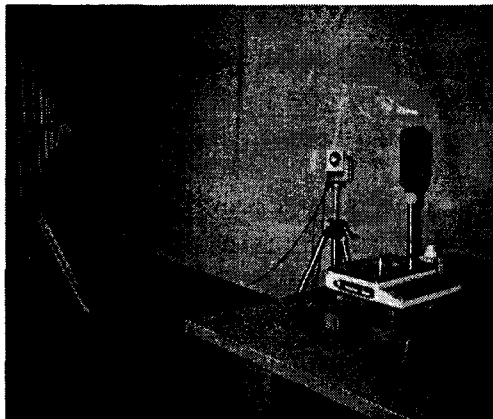


Fig.3 전자교란검사

#### 5.1.1 계량특성시험

OIML R 76-1에서는 초기검사는 10곳을 측정토록 하고, 이후에는 5곳 이상을 실시토록 정하고 있으며, 하중 증가시와 감소시를 모두 측정토록 정하고 있는바, 국내제품 7형식에 대하여 측정된 결과는 Table 3과 같이 모두 기준에 적합한 것으로 측정되었으며, 사용범위 내 온도차이클에 의한 온도시험 후 계량오차에서는 Table 4과 같이 시험대상 5개사 제품중 2개사 제품이 규정을 초과하였다.

Table 3 초기 계량특성 측정결과(각회사별)

허용 오차	측정값						
	A사	B사	C사	D사	E사	F사	G사
$\pm 0.5e$	-0.1e~+0.3e	-0.3e~+0.1e	-0.1e~+0.5e	-0.3e~+0.2e	-0.4e~+0.2e	-0.1e~+0.1e	-0.2e~+0.3e
$\pm 1.0e$	-0.5e~+0.1e	-0.4e~+0.1e	+0.3e~+0.8e	-0.3e~+0.3e	0.0e~+0.3e	-0.2e~+0.0e	-0.7e~+0.1e
$\pm 1.5e$	-0.3e~+0.6e	-0.4e~+0.2e	+0.5e~+0.8e	+0.1e~+0.2e	0.0e~+0.5e	-0.3e~+0.2e	-0.4e~+0.1e

#### 5.1.2 무부하시 온도효과

무부하시 온도효과 시험은 저울의 영점 또는 영점에 가까운 표시에서 1항의 순환하는 온도 5℃당에 따른 영점변화가 하나의 검증눈금 이상 변하지 않아야 되도록 규정되어 있는바, 5개사제품의 측정결과를 보면 Table 5과 같이 5개사 제품중 1개사를 제외한 4개사 제품이 기준을 초과하고 있으며 특히 1개사 제품은 기준의 8배를 넘게 초과하고 있었다.

Table 4 온도별 계량특성 측정결과(각회사별)

온도별	허용 오차	측정결과				
		A사	B사	D사	E사	G사
20℃	± 0.5e	-0.1e~+0.3e	0.0e~+0.2e	0.0e~-0.1e	-0.1e~0.0e	-0.1e~+0.5e
	± 1.0e	-0.1e~-0.4e	0.0e~+0.4e	0.0e~+0.3e	-0.3e~-0.1e	-0.2e~+0.8e
	± 1.5e	-0.6e	+0.2e	+0.3e	-0.4e	-0.8e
40℃	± 0.5e	-0.2e~+0.4e	-0.2e~+0.2e	0.0e~0.0e	-0.2e~0.0e	-0.4e~0.0e
	± 1.0e	-0.6e~+0.1e	-0.7e~-0.2e	-1.3e~+0.2e	-0.7e~-0.3e	-0.4e~+0.3e
	± 1.5e	-0.7e	-0.2e	+0.3e	-1.0e	+0.3e
-10℃	± 0.5e	-0.2e~+0.2e	-0.1e~+0.1e	0.0e~0.0e	-0.1e~0.0e	-0.2e~+0.9e
	± 1.0e	-0.7e~-0.6e	-0.4e~-0.1e	-0.1e~-0.8e	-0.5e~-0.1e	-2.3e~-1.9e
	± 1.5e	-1.1e	-0.3e	-0.6e	-0.8e	-3.2e
5℃	± 0.5e	0.0e~+0.4e	-0.3e~+0.2e	-0.2e~+0.1e	-0.2e~0.0e	0.0e~+0.6e
	± 1.0e	-0.4e~0.0e	-0.2e~+0.2e	0.0e~+0.6e	-0.3e~-0.1e	-2.2e~+0.4e
	± 1.5e	-1.1e	0.0e	+0.5e	-0.6e	-1.6e
20℃	± 0.5e	-0.3e~+0.2e	-0.5e~0.0e	-0.1e~+0.2e	-0.1e~+0.2e	-0.9e~0.0e
	± 1.0e	-0.4e~-0.3e	-0.5e~-0.1e	-0.4e~+0.3e	-0.3e~0.0e	-1.1e~-0.3e
	± 1.5e	-0.9e	-0.4e	+0.3e	-0.4e	-0.8e

Table 5 온도 5℃ 당 영점변화율(각회사별)

허용 오차	측정결과				
	A사	B사	D사	E사	G사
1e	0.1e~1.2e	3.3e~4.1e	1.1e~1.8e	0.1e~0.3e	0.2e~8.6e

5.1.3 전자기 교란

전자기교란 검사Fig.3에는 전압강하시험, 버스트, 정전기 검사, 전자기성에 의한 내성시험이 있는데, 시험대상 3개사 제품중 2개사 제품에서 이상이 발생되었고, 1개사 제품에서는 양호한 결과를 얻었다.

Table 6 전자기 교란시험 측정결과

시험항목	측정결과		
	B사	E사	G사
전압강하	이상없음	이상없음	이상발생
버스트	이상없음	이상없음	이상없음
정전기 검사	이상없음	이상없음	이상없음
전자기성에 의한 내성	이상발생	이상없음	이상발생

5.1.4 고온다습 안전상태

고온다습시험은 온도 20℃, 상대습도 50%상태와 온도 40℃, 상대습도 85%시 2일동안 방치후 다시 온도 20℃, 상대습도 50%상태로 변화하며 안정상태를 측정하는 시험으로 4개사 제품을 측정한 결과를 보면 Table 7 과 같이 2개사 제품에서 이상이 발생되었고, 2개사 제품에서는 양호한 결과를 나타내었다.

Table 7 고온·다습시험 측정결과(각회사별)

시험조건	허용오차	측정결과			
		B사	D사	E사	G사
20℃, 50%	± 0.5e	-0.3e~0.0e	-0.4e~0.0e	-0.1e~0.0e	-0.6e~+0.1e
	± 1.0e	-0.6e~0.0e	+0.3e~+0.5e	-0.2e~0.0e	-0.2e~-0.8e
	± 1.5e	-0.3e	+0.1e	-0.3e	-0.5e
40℃, 85%	± 0.5e	-0.2e~0.0e	+0.1e~+0.8e	-0.3e~0.0e	-1.5e~+0.4e
	± 1.0e	-0.3e~-0.2e	+0.5e~+0.8e	-0.8e~-0.3e	-0.8e~+0.1e
	± 1.5e	-0.3e	+0.9e	-0.9e	+0.7e
20℃, 50%	± 0.5e	-0.4e~0.0e	0.0e~+0.4e	-0.2e~0.0e	-1.4e~0.0e
	± 1.0e	-0.4e~+0.1e	-0.1e~+0.5e	-0.3e~-0.1e	-1.1e~-0.6e
	± 1.5e	-0.2e	+0.2e	-0.4e	-1.0e

6. 결론

위에서 OIML R 76-1과 KS C1313을 비교하였는데 각 항목의 차이점이 많은 것을 볼 수 있다. 구조에서 볼 때, OIML 권고에서는 보정방지과 안전사용에 중점을 두었다면 KS C 1313에서는 사용상의 편의성을 고려한 것으로 보인다. 기능요건에서도 두 기준간에는 큰차이를 보이고 있는데 이중에서도 가장 중요한 부분은 기기의 허용오차라 할 수 있다. 이는 다른 기능시험을 수행하는데 있어 자주 기본요건으로 이용되는 것이어서 최저와 최고 온도 범위에서 ±5℃의 차이를 보이고 있다.

또한, 영점변화, 편심하중, 전기적 교란상태, 기기의 등급 표시, 표지판 및 문자의 규격 등에서도 상당한 차이를 보이고 있는데 어떤 항목은 KS C 1313에서는 언급되지 않은 경우가 있고 허용한도가 다르거나 규정하는 방식이 다른 형태를 보이기도 한다. 또한 영점장치와 영점추적장치, 용기

설정장치에 대한 평가를 포함하고 있으나 KS C 1313에서는 규정되어 있지 않은 예의 하나이다.

그러므로, 전기식 지시저울에 대한 OIML 권고와 국내표준인 KS C 1313의 요건을 완전히 부합시키되, 국내 다수 업체들의 현실을 외면할 수 없으므로 국내표준인 KS C 1313에 의한 검정기준 적용시 무부하시 온도효과, 전자기교란 등 일부 시험항목에 대한 적용시기를 유예기간을 둠으로서, 국내 업체의 현실을 인정하는 한편 국제적 추세에 대응할 수 있는 방안이 아닐까 사료된다.

### 참 고 문 헌

- (1)OIML R 76-1, "Nonautomatic weighing instruments", International Recommendation, 1994.
- (2)OIML R 74, "Electronic weighing instruments", International Recommendation, 1993.
- (3)KS C 1313, "Electrical weighing machine(전기식 지시저울), 한국산업규격, 1997.
- (4)한국계량측정협회, " 정밀측정기술",PP.49~95
- (5)한국계량측정협회, " 계량담당공무원교육교재", pp.141~220, 2003.
- (6)OIML R 60, "Motrological regulation for load cell", International Recommendation, 1994.
- (7)OIML R111 "Weights of accuracy classes E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>,F<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, International Recommendation, 1994.
- (8)"The Fundamentals of Weighing Technology", Sartorius AG, pp1~33, 1996.