[논문] 열처리공학회지, 제14권 제6호(2001)
J. of the Korean Society for Heat Treatment, *Vol. 14, No. 6, (2001) pp. 336~344*

로크웰 경도 국제비교교정 결과 분석

방건웅 · 탁내형 · T. Polzin*
한국표준과학연구원 물질량표준부, *MPA-NRW

Analysis on the Results of the World Wide Rockwell Hardness Round Robin Test with Conical Indenters

G. W. Bahng, N. H. Tak and T. Polzin*
Div. of Chemical Metrology and Materials Evaluation, Korea Research Institute of Standards and Science, #1, Doryong-dong, Yusoung-gu, Daejeon, 305-600, Korea,
**Materialprufungsamt Nordrhein-Westfalen, Marsbruchstr. 186, Dortmund, D-44285, Germany*

Abstract For the establishment of the world wide unified scales of the Rockwell hardness test with conical indenters, round robin test was carried from 1998 to 2000. The pilot laboratory was MPA-NRW and 12 laboratories from 11 countries participated in this RRT. Rockwell hardness of 74 specially prepared blocks was measured for the scales of C, A, D, 45N, 30N, and 15N and the results were compared. It was found that the geometric form of indenter affects on the results very significantly and standardization in the measurement and evaluation of indenter should be established in short time for the reliable hardness measurement. KRISS showed good results in general for all of the ranges except 15N scale which showed relatively large difference compare to the mean value. It was concluded that poor control in loading velocity of the dash pot was the major reason.

(Received June 14, 2001)

Key words: *Rockwell hardness, Round robin test*

1. 서 론

로크웰 경도는 경도 시험 방법들 중에서도 가장 널리 쓰이고 산업적으로 중요한 재료시험 방법이다. 시험 방법이 제안된 지 70년이 넘었으나 의외로 일부 시험 조건들에 대한 국제적 표준화는 아직 되어 있지 않으며 예로서 초기하중 유지시간, 압입 속도, 시험하중 유지시간 등을 들 수 있다. 1984년에 "국제법정도량형기구" (OIML)에서 시행한 국제비교교정 결과에서 보면 그림 1에서 보듯이 참여 기관별로 경도값의 차이가 ±1 HRC 까지 차이가 나고 있다. 이 값은 ASTM에서 허용하고 있는 오차인 ±0.5 HRC 보다 큰 것이며 이러한 차이의 원인은 앞서 말한 인자들이 통일되어 있지 않은 때문인 것으로 추정되었다.[1]

이와 같은 상황을 개선하기 위하여 ISO의 기술위원회 164 (TC164, Mechanical Testing of Metals) 경도 분과 위원회 (SC3, Hardness)에서는 1995년에 로크웰 경도 잣대의 통일을 위한 작업을 하기로 만장일치로 결의하였고 이의 후속 작업으로 1998년에 독일 재료시험 연구소인 MPA-NRW의 주관 하에 국제비교교정(Round Robin Test)을 실시하게 되었다.

12개국 13개 표준연구기관이 이 비교교정에 참여하였으며 한국표준과학연구원에서도 보유하고 있는 경도표준시험기를 사용하여 1999년에 독일에서 보내온 RRT용 경도 시편의 경도를 측정하여 그 결과를 독일로 송부 하였다.

각국의 측정이 종료된 다음에 독일에서 보고된 결과를 종합한 결과 우리 나라의 결과는 시험하중이 60 kgf 이상인 경우에는 잘 들어맞았으나 시험하중이 낮은 저하중 영역에서는 차이가 있는 것으로 나타났으며 특히 시험하중이 작은 15N 잣대에서는 차이가 더욱 컸었다. 본 논문에서는 비교교정 결과에 대한 종합적인 검토와 함께 저하중 영역에서 차이가 난 원인에 대해 검토하였다.

2. 시험방법

2.1. 비교교정 로크웰 경도의 잣대

비교 대상이 된 잣대는 HRC, HRA, HRD, HR45N,

HR30N, HR15N 으로서 각 잣대별 시험하중은 다음의 표 1과 같다. 이들 잣대의 공통점은 다이아몬드 누르개를 사용하는 잣대라는 점이며 이 중에서 15N, 30N, 45N은 시험하중이 작은 수퍼피셜(superficial) 경도로서 최근에 개정된 KS 규격에서는 표층경도라는 이름으로 바뀌었다. 따라서 이번 국제 비교교정에서는 다이아몬드를 사용하는 로크웰 경도의 전 잣대에 대해 실시한 것임을 알 수 있는데 지금까지 수행된 국제비교교정과 비교하여 볼 때 지역적으로나 종류로나 가장 광범위하게 진행된 것이다.

2.2. 시험 조건

MPA-NRW에서 보내온 시험 조건은 ISO 6508-3 [2]에 따른 것이었으며 다만 하중 유지시간은 두 가지로 설정되었다. 1번 누르개로는 규격 허용 범위에 맞도록 초기하중 유지시간을 3초, 그리고 시험하중 유지시간을 5.5 ± 0.2 초로 하도록 요구되어 있었다. 2번 누르개로는 이와 달리 시험하중의 유지시간이 미치는 영향을 볼 목적으로 초기하중 유지시간을 5 ± 1 초, 그리고 시험하중 유지시간을 15 ± 1 초로 하도록 요구되어 있었다. 그리고 규격에 명시되어 있지 않은 압입 속도는 0.040 mm/s 로 통일하였다.

2.3. 경도 시험편

독일의 경도 시험편 제조회사인 Buderus Edelstahlwerke 사에서 특별히 제조한 경도 기준편 74개가 사용되었다. 시편의 크기는 60 × 60 mm 이었으며 두께는 16 mm 이었다. 시편의 경도는 표 2에서 보듯이 HRC 잣대의 경우에는 가장 사용 빈도가 높은 점을 감안하여 20 부터 65 HRC의 사이에 걸쳐 5 HRC 단위로 준비되었고 HRC 이외의 다른 잣대들에 대해서는 모두 20, 40, 55, 65 HRC 의 경도 범위에 해당하는 시편이 준비되었다. 시편 표면을 레이저로 표시하여 압입 할 구역을 강제적으로 할당함으로써 압입 자국간의 거리가 최소한 5 mm가 되도록 하였다. 경도 측정 구역은 시편의 표면을 크게 4 지역으로 나눈 다음에 각 지역마다 2곳을 측정하도록 배당되었다. 따라서 한 시편에 대해 8번을 측정할 수 있게 되어 있었다. 그림 2는 시편의 표면을 참여기관별로 배정한 위치를 보여주고 있으며 한국표준과학연구원에는 13번의 구역이 배정되었다.

표 2. 74개 경도 기준편의 경도 잣대별 경도 범위

경도 잣대	(HRC)
HRC	20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 62.5, 65
HRA	20, 40, 55, 65
HRD	상동
HR15N	상동
HR30N	상동
HR45N	상동

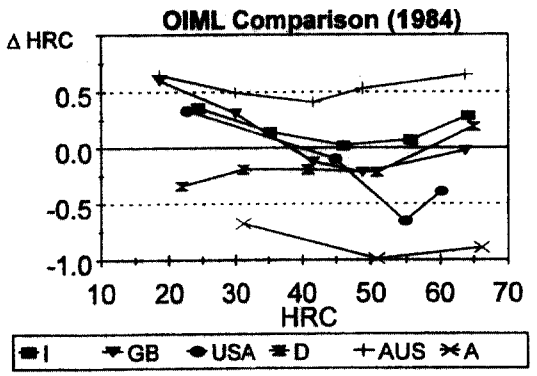

그림 1. 국제도량형기구(OIML)에서 주관한 로크웰 경도 비교교정 결과

2.4. 누르개

이 비교교정에서 주목할 내용은 누르개가 같이 공급되었다는 점이다. COM 1이라 명명된 1번 누르개와 COM 2라 명명된 2번 누르개가 시편과 함께 공급되었으며 따라서 이 시험에 참여한 기관들은 공통의 누르개를 사용하여 경도 측정을 함으로써 누르개의 차이를 배제한 경도 값의 비교, 다시 말하여 시험기에서 오는 경도 측정의 차이를 비교할 수 있게끔 한 것이다. 동시에

표 1. 국제 비교 교정에 포함된 로크웰 경도 잣대

경도잣대	HRC	HRA	HRD	HR15N	HR30N	HR45N
초기하중, N (kgf)	98.07 (10)	좌동	좌동	29.42 (3)	좌동	좌동
부가하중, N (kgf)	1,373 (140)	490.3 (50)	882.6 (90)	117.7 (12)	264.8 (27)	411.9 (42)
총시험하중, N (kgf)	1,471 N (150)	588.4 N (60)	980.7 N (100)	147.1 N (15)	294.2 N (30)	441.3 N (45)

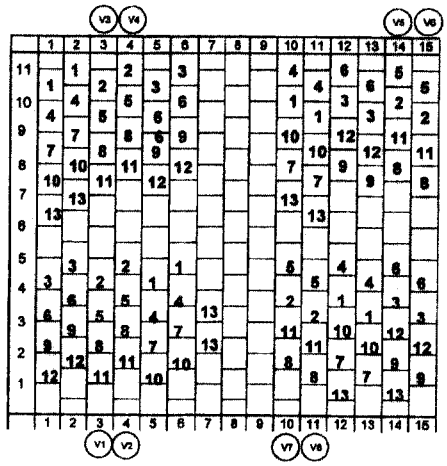

그림 2. 국제비교교정에 사용된 RRT용 경도시편의 측정 구역 배정 위치. KRISS에는 13번의 위치가 배정되었다.

각 기관들이 자체적으로 보유하고 있는 누르개(INST)로도 경도를 측정하도록 함으로써 기관 보유 누르개로 인한 경도값의 차이가 있는지에 대해서도 검증을 할 수 있게 하였다.

1번 누르개는 미국의 NIST에서 제공하였으며 2번 누르개는 MPA-NRW에서 제공하였다. 누르개는 모두 독일의 Stroh 사에서 제작한 것이다. 각 누르개의 측정 결과는 표 3과 같으며 모두 공히 규격을 만족하는 표준기급 정밀도를 갖추고 있는 누르개들 임을 알 수 있다.

2.5. 시험기

각 표준기관들은 자체 보유하고 있는 경도시험기의 불확도 관련 인자 값들을 독일에 보고하였으며 MPA-NRW에서는 이 값들을 기초로 하여 각 시험기관에서 보유하고 있는 시험기의 불확도를 산정하였다. 그 결과는 표 4와 같다. 한국표준과학연구원에서 보유하고 있는 시험기의 불확도는 저경도 영역에서는 0.29, 중경도 영역에서는 0.21, 그리고 고경도 영역에서는 0.21로서 각 영역별로 8, 9, 2위를 차지하고 있어 불확도만으로 비교한다면 고경도 영역에서는 불확도가 만족할 만한 수준이나 저경도와 중경도 영역에서는 다른 기관들이 보유하고 있는 시험기에 비해 다소 높은 것을 알 수 있다.

표 4. 제비교교정에 사용된 각국 표준시험기의 확장 불확도

참여기관	경도 범위 (HRC)		
	20-25	40-45	60-65
Lab 2	0.15	0.12	0.25
Lab 12	0.21	0.21	0.30
Lab 10	0.27	0.15	0.41
Lab 13	0.29	0.21	0.21
Lab 3	0.17	0.11	0.21
Lab 5	0.07	0.07	0.14
Lab 7	0.51	0.33	0.51
Lab 11	0.30	0.16	0.40
Lab 1	0.14	0.04	0.22
Lab 9	0.18	0.20	0.31
Lab 6	0.36	0.17	0.39

3. 시험 결과

3.1. 참여기관 및 종합 결과 분석

국제비교교정 시험은 74개의 시편을 돌려 가면서 측정하는 방식으로 1년 동안에 걸쳐 진행되었으며 표 5는 12개국 13개 참여기관의 목록이다. 참여 기관들은 모두 각국의 표준연구소이며 아시아에서는 한국, 중국, 일본이 참여하였다. 최종 결과는 2000년 3월에 보고서의 형태로 발간되었다.[3]

시편에서 오는 오차의 원인이 있는가 여부를 확인하기 위하여 측정 결과에 대해 통계분석을 실시하였다. 참여

표 3. 국제비교교정에 사용된 누르개의 형상 측정 결과

측정기관	1번 누르개 (COM 1)		2번 누르개(COM 2)	
	평균곡률반경(μm)	평균 선단각도 (°)	평균곡률반경(μm)	평균 선단각도 (°)
NIST	200.55 ± 0.75	120.07 ± 0.02	197.07 ± 0.90	119.91 ± 0.01
IMGC	203.43 ± 0.4	120.06 ± 0.02	-	-
OFMET-A OFMEC-B	204.85 ± 0.70 201.48 ± 0.63	120.074 ± 0.025 120.051 ± 0.025	203.62 ± 0.42 196.96 ± 0.65	119.926 ± 0.027 119.880 ± 0.025
MPA-NRW	202.5 ± 1	120.07 ± 0.02	200.6 ± 1	119.92 ± 0.02

표 5. 국제비교교정에 참여한 연구기관 목록(알파벳 순서)

국가명	연구기관명	소재지
중국(China)	National Institute of Metrology(NIM)	Beijing
덴마크 (Denmark)	Force Institute	Copenhagen
독일(Germany)	Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB)	Berlin
이태리 (Italy)	Instituto di Mrtrologia G. Colonetti (IMGC)	Turin
일본 (Japan)	National Research Laboratory of Metrology (NRLM)	Ibaraki
한국 (Korea)	Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS)	Taejon
폴란드 (Poland)	Central Office of Measures	Warschau
스위스 (Switzerland)	Swiss Federal Office of Metrology (OFMET)	Wabern
체코 (TCR)	CMI Dept. of hardness	Prague
영국 (UK)	National Physical Laboratory (NPL)	Teddington
미국 (USA)	national Institute of Standards and Technology (NIST)	Gaithersburg
독일 (Germany)	Materials Testing Institute (MPA NRW)	Dortmund (주관 연구기관)

기관들이 보낸 결과들을 종합하여 변량분석을 하였으며 5%의 오차 확률에 대한 t 분포 상관관계 값을 아래의 식에서 구하였다.

$$t(test) = \{(x - \mu) \times \sqrt{n}\}/s \quad (1)$$

여기에서 x는 평균값, μ는 평균 빈도(population), n은 집단의 크기, s는 표준편차이다. 95% 신뢰한계에서의 t 분포를 구한 결과 직선으로 나타났으며 이것은 참여기관이나 시편으로부터 야기된 영향이 없었다는 것을 의미한다. 또한 참여기관들에 대한 통계적 시험인자(test parameter)는 95%의 신뢰도 수준보다 높았으며 이것은 참여기관들 간에 계통오차가 있다는 의미이다.

INST에 대한 인자값은 COM1 이나 COM 2보다 컸으며 이것은 각 참여기관에서 보유하고 있는 누르개가 영향을 미쳤다는 것을 의미한다. 시편의 구역 간 경도값 차이가 95% 신뢰수준을 넘는 경우가 있으나 경도 측정값은 동일한 구역 안에서 비교하였기 때문에 시편의 균일도는 큰 문제가 되지 않는 것으로 판단되었다. 또한 구역간 차이가 있는 경우라 하여도 시편의 균일도는 ISO 6508-3에서 요구하는 수준보다 우수하였다.

3.1. 1번 누르개(COM 1)를 사용하여 얻은 결과

1번 누르개로는 로크웰 경도의 전 잣대에 걸쳐 측정을 실시하였다. 참여 기관들이 얻은 결과의 평균과 표준편차는 표 6과 같다. KRISS의 결과를 보면 그림 3과 4에서 보듯이 C, A, D 잣대에서는 평균값에서나 표준편차에서나 다른 연구기관들과 대등한 수준을 보이

표 6. 1번 누르개를 사용하여 얻어진 경도 측정 결과

1번 누르개 (COM 1)	평균값			표준편차		
경도 잣대	평균값		±0.3 HR 이내에 들어온 연구소 숫자	표준편차		0.10 HR 이내에 들어온 연구소 숫자
	최소값	최대값		최소값	최대값	
HRC	-0.51	0.43	7	0.02	0.22	6
HRA	-0.47	0.38	7	0.02	0.17	7
HRD	-0.49	0.36	7	0.03	0.59	7
						0.15 HR 이내
HR15N	-0.35	0.55	8	0.02	0.40	6
HR30N	-0.77	0.32	8	0.04	0.55	7
HR45N	-2.74	0.76	2	0.06	0.91	4

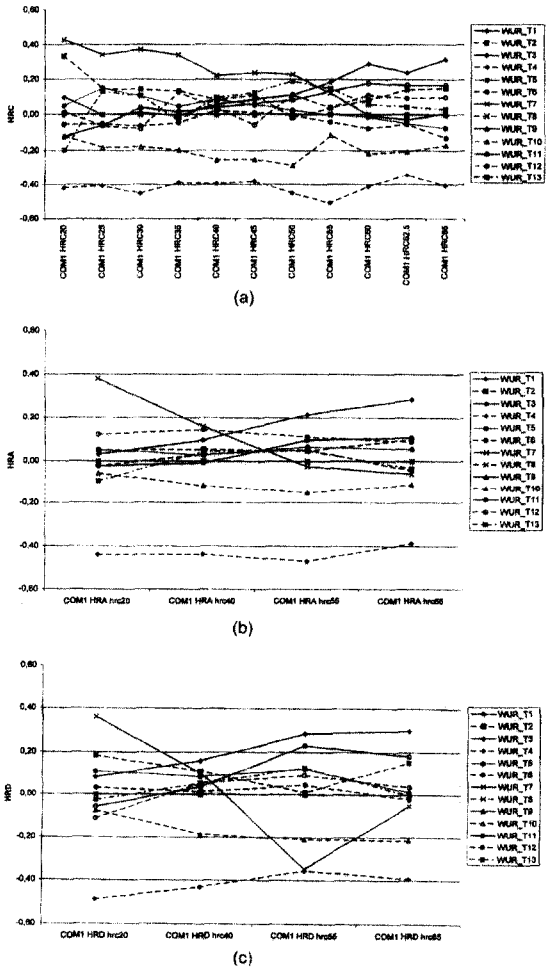

그림 3. 로크웰 경도 C, A, D 잣대 측정 결과의 평균, KRISS는 T-13번이다. 1번 누르개를 사용하여 얻은 결과이다. (a) 로크웰 경도 C 잣대, (b) 로크웰 경도 A 잣대, (c) 로크웰 경도 D 잣대

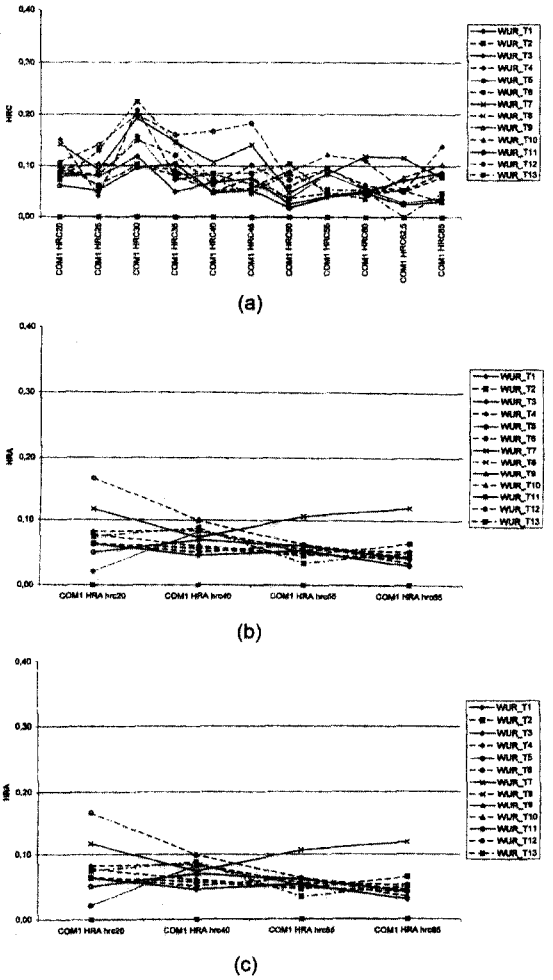

그림 4. 로크웰 경도 C, A, D 잣대 측정 결과의 표준편차, KRISS는 T-13번이다. 1번 누르개를 사용하여 얻은 결과이다. (a) 로크웰 경도 C 잣대, (b) 로크웰 경도 A 잣대, (c) 로크웰 경도 D 잣대

는 것으로 확인되었다. 평균값에서는 ±0.3 HR을 만족하였고 표준편차에서는 0.1 HR 이내의 조건을 만족하는 결과가 얻어졌다.

그러나 표층경도에서는 이와 같은 정도의 결과를 얻지 못하였다. 그림 5와 6은 그 결과로서 평균값의 차이를 보여주는 그림 5에서 보면 30N과 45N에서의 결과는 만족할만하나 15N에서는 ±0.3 HR을 벗어난다. 다시 말하여 ±0.3 HR을 만족하는 8개 기관 안에 들어오지 못한다는 것으로서 이것은 KRISS가 보유하고 있는 표준기로 로크웰 표층경도 표준을 확립하는데 있어 심각한 문제가 내포되어 있다는 의미가 된다. 또한 그림 6의 표준편차에 대한 결과를 보면 전체 표층경도 측정 결과가 잣대에 상관없이 0.1 HR을 벗어난다. 즉 평균에서는 30N, 45N의 잣대가 ±0.3 HR을 만족하였어도 데이터의 흐트러짐이 크다는 것으로서 이것은 측정 결과의 안정성이 좋지 않다는 것을 의미한다.

이 원인에 대해서 분석한 결과 KRISS에서 보유하고 있는 표준기의 구동방식에 문제가 있는 것으로 추정되었다. 아시아에서 참여한 한, 중, 일의 3개국 가운데서 중국은 실하중 방식의 표준기를 보유하고 있고 일본과 한국은 동일한 회사(Akashi)의 지렛대 방식 표준기를 보유하고 있다. 지렛대 방식의 시험기에서 가장 취약한

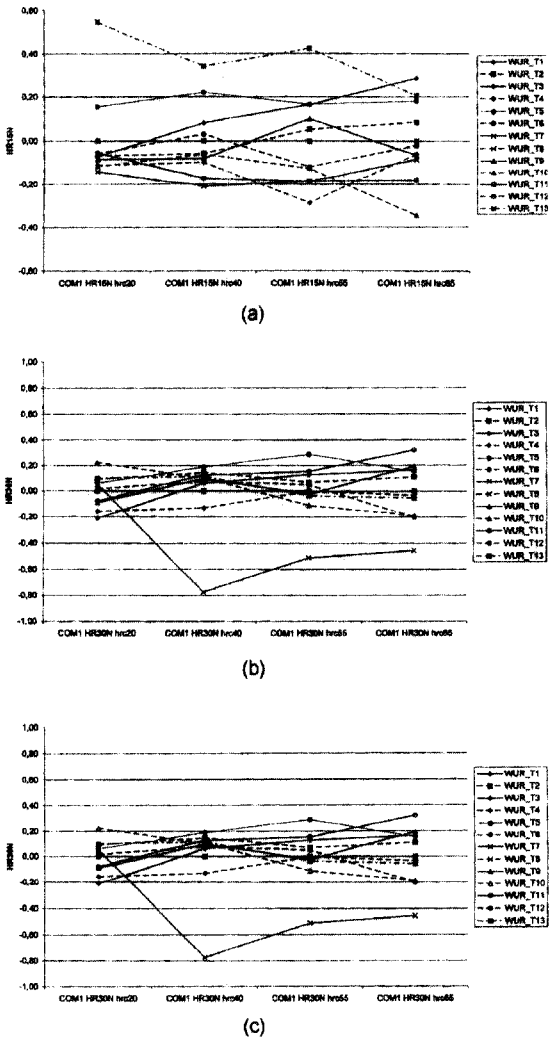

그림 5. 로크웰 표층경도 15N, 30N, 45N 잣대 측정 결과의 표준편차, KRISS는 T-13번이다. 1번 누르개를 사용하여 얻은 결과이다. (a) 로크웰 경도 15N 잣대, (b) 로크웰 경도 30N 잣대, (c) 로크웰 경도 45N 잣대

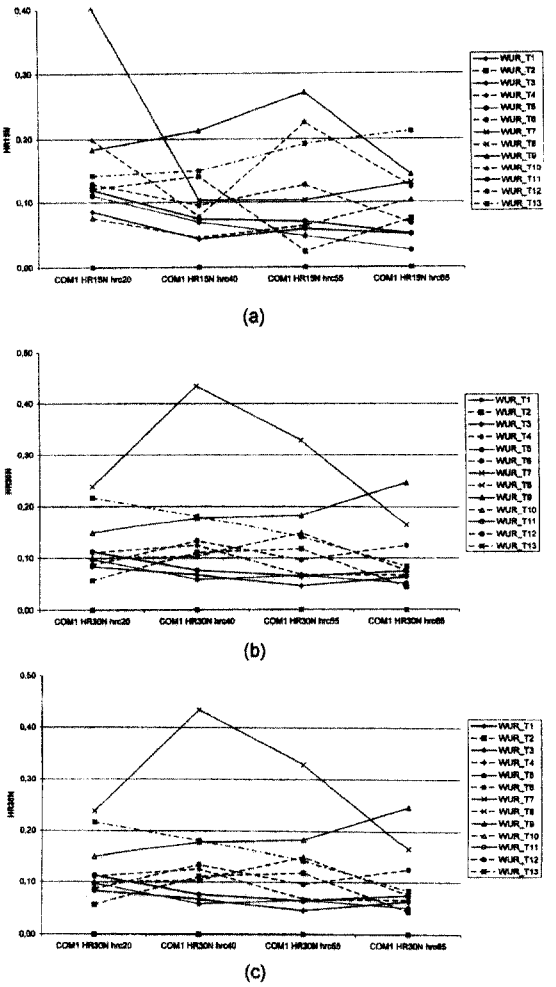

그림 6. 로크웰 표층경도 15N, 30N, 45N 잣대 측정 결과의 표준편차, KRISS는 T-13번이다. 1번 누르개를 사용하여 얻은 결과이다. (a) 로크웰 경도 15N 잣대, (b) 로크웰 경도 30N 잣대, (c) 로크웰 경도 45N 잣대

점은 저하중 영역에서 압입 속도를 제어하는 것이 잘 안 된다는 점이다. 압입 속도는 대쉬포트의 오일 토출량을 밸브로 조정하여 제어하는데 만약에 압입 하중이 낮은 표층경도에서처럼 대쉬포트를 누르는 시험 하중이 작으면 압력이 낮아서 오일의 토출량이 불균일 하게 될 가능성이 높아진다. 더욱이 압입 속도를 빠르게 하기 위하여 밸브를 많이 열 경우에는 이러한 가능성이 더욱 증가한다. 실제로 시험을 하는 과정에서 압입 속도가 일정하지 않게 되는 현상이 관찰되었었다. 결과적으로 하중이 적은 15N에서는 평균값마저 불안정하게 되었고 30N과 45N에서는 평균값이 근사하게 나왔어도 데이터의 흐트러짐이 크게 된 것으로 판단된다.

3.2. 자체 보유 누르개(INST)를 사용하여 얻은 결과

참여 기관들이 자체적으로 보유하고 있는 누르개를 사용하여 얻은 결과는 표 7과 같다. 표 6의 결과와 비교하여 보면 참여기관들 간의 차이가 더 크게 벌어진 것을 알 수 있다. 표준편차에 있어서는 그 차이가 거의 없는 것으로 미루어 참여기관들이 보유하고 있는 누르

표 7. 각 참여기관 보유 누르개를 사용하여 얻어진 경도 측정 결과

자체 보유 누르개 (INST)	평균값			표준편차		
	평균값		±0.3 HR 이내에 들어온 연구소 숫자	표준편차		0.10 HR 이내에 들어온 연구소 숫자
경도 잣대	최소값	최대값		최소값	최대값	
HRC	-0.75	0.47	4	0.02	0.29	8
HRA	-1.85	0.49	3	0.02	3.54	5
HRD	-0.58	0.50	6	0.02	0.23	7
						0.15 HR 이내
HR15N	-1.51	0.61	2	0.02	0.87	5
HR30N	-0.62	0.91	3	0.04	0.93	5
HR45N	-0.89	0.78	5	0.05	0.66	3

표 8. KRISS 보유 누르개에 대한 형상 측정 결과 및 ISO 규격 사양

측정기관	JBI (1994)		MPA-NRW (1999)	
	평균곡률반경(mm)	평균 선단각도	평균곡률반경(mm)	평균 선단각도
누르개 일련 번호 32607	0.196	120° 4'	0.198	120° 11'
측정 불확도	-	-	0.0025	1.1'
ISO 6508-2 규격	0.200 ± 0.01	120° ± 21'	좌동	좌동
ISO 6508-3 규격	0.200 ± 0.005	120° ± 6'	좌동	좌동

주) 6508-2는 일반기급 누르개에 대한 규격이고 6508-3은 기준편을 인증하는데 쓰이는 표준 기급 누르개에 대한 규격이다.

개의 형상 차이에서 오는 것이라고 결론 지을 수 있다. 그러나 누르개의 형상 측정 능력을 보유하고 있는 연구기관은 전세계적으로 몇 안되므로 앞으로 이 분야의 능력을 확보하고 측정 절차의 표준화를 위한 공동작업이 필요하다. 이러한 이유로 현재 이태리의 표준기관인 IMGC가 주관기관이 되어 누르개 형상 측정을 위한 pilot study가 진행 중에 있다.

KRISS의 경우, 그림 7 및 8에서 보듯이 D 및 45N 잣대를 제외하고는 ±0.3 HR을 벗어나는 값들이어서 우리가 보유하고 있는 표준 누르개에 문제가 있음을 알 수 있다. C 잣대에 대한 결과를 보면 전체적으로 높은 값이 얻어졌고 특히 HRC 35에서 55 사이의 영역이 높은 값을 나타내었다. 이것은 중경도 이상의 영역에서 누르개의 압입에 대한 저항이 컸었다는 것을 의미한다. 압입 저항이 커진 원인으로는 누르개 끝 부분이 마모에 의해 곡률반경이 커졌거나 시편과 닿는 부분의 직선성이 안 좋아서 120°의 규정각도보다 큰 때문인 것으로 추정할 수 있다. 경도 값이 중경도 이상의 경도 범위에서 더 높은 값이 나왔고 곡률 반경이 0.200 mm보다 약간 작기 때문에 표면 마모보다는 시편과 닿는 부위의 직선도가 좋지 않은 때문인 것으로 판단된다. 이 경우, 누르개 끝 부분에서 직선부보다 바깥쪽으로 약간 벗어난 형상일 것으로 짐작되며 형상 관찰 결과에서도 이러한 상태인 것으로 확인되었다.

이 결과는 누르개를 보다 더 정밀한 것으로 교체해야 한다는 것을 의미한다. 사실상 현재 KRISS에서 보유하고 있는 다이아몬드 누르개는 오사카 다이아몬드사 제품으로서 일본의 NRLM을 통하여 구입하였으며 사용한 지 10여 년 이상 된 것이다. 표 8은 우리가 보유하고 있는 누르개의 형상을 측정한 결과로서 일본과 독일에서 각기 측정한 것이다. 표준기급으로 사용하기에는 다소 미흡한 점이 있는 것을 알 수 있다.

이 결과는 또한 로크웰 경도 표준을 확립하는데 있어서 다이아몬드 누르개의 형상을 측정할 수 있는 능력을 갖추는 것이 매우 중요함을 의미하기도 한다. 실제로 경도 시험의 불확도에 영향을 미치는 8개 인자들 가운데서 누르개의 형상과 관련된 인자가 가장 영향이 큰 것으로 알려져 있다.[4,5]

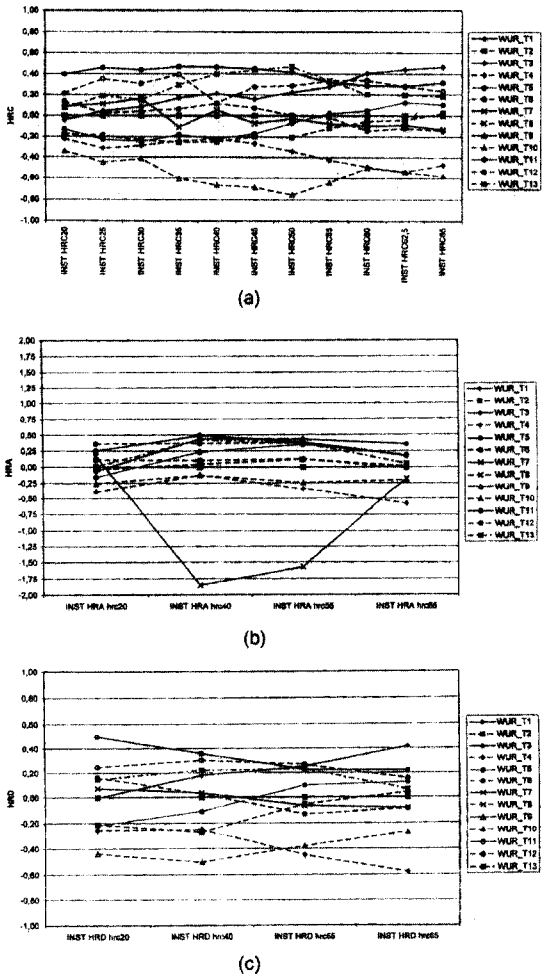

그림 7. 로크웰 경도 C, A, D 잣대 측정 결과의 평균, KRISS는 T-13번이다. KRISS 보유 누르개를 사용하여 얻은 결과이다. (a) 로크웰 경도 C 잣대, (b) 로크웰 경도 A 잣대, (c) 로크웰 경도 D 잣대

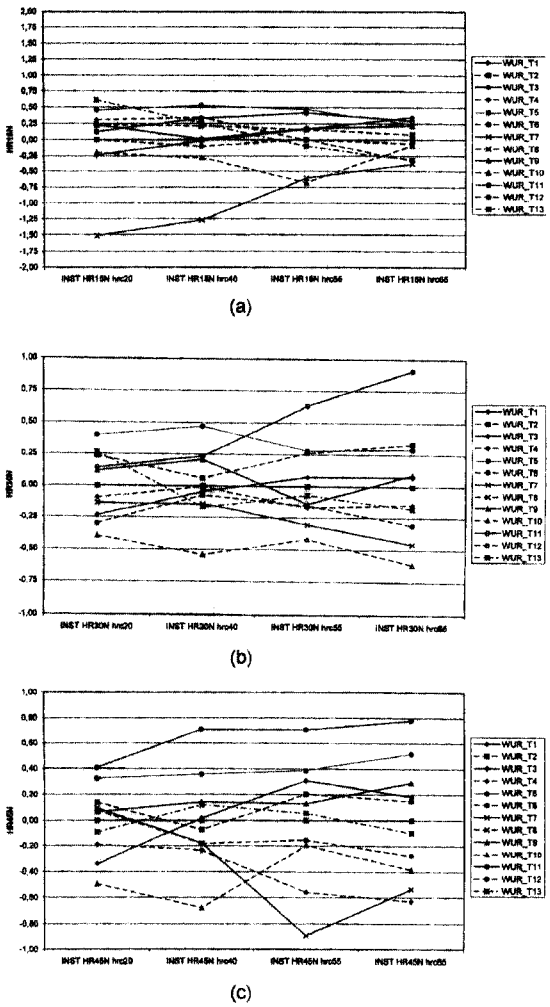

그림 8. 로크웰 경도 15N, 30N, 45N 잣대 측정 결과의 표준편차, KRISS는 T-13번이다. KRISS 보유 누르개를 사용하여 얻은 결과이다. (a) 로크웰 경도 15N 잣대, (b) 로크웰 경도 30N 잣대, (c) 로크웰 경도 45N 잣대

전체적으로 1번 누르개를 사용한 경우에는 경도 범위별로 그 차이가 상대적으로 적었으나 중경도 부분에서 높은 경도값이 나오는 경향은 1번 누르개로 얻은 결과에서나 자체 누르개를 사용하여 얻은 결과에서나 공통적이다. 이것은 시험기 자체의 특성에서 기인하는 것으로 추정된다. 다른 나라에서 얻어진 결과들을 보면 어떤 경향성도 찾기가 어렵다.

3.3. 2번 누르개(COM 2)를 사용하여 얻은 결과

2번 누르개는 표 3에서 보듯이 곡률반경 및 각도가 1번 누르개 보다 작다. 이것은 그만큼 압입 저항이 적

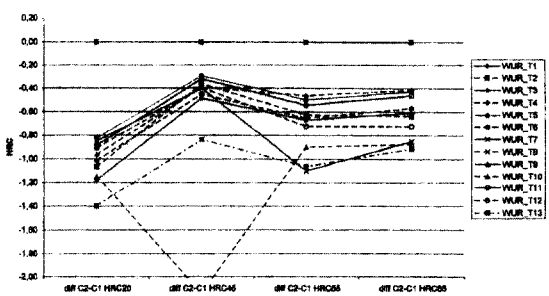

그림 9. 1번 누르개를 사용하여 얻은 경도값과 2번 누르개를 사용하여 얻은 경도값의 차이

다는 것을 의미하며 따라서 경도 값이 1번 누르개를 사용하여 얻은 결과보다 작게 나오는 경향이 있을 것으로 예상된다. 또한 시험하중 유지시간이 길기 때문에 이로 인하여 경도값이 더욱 작아지는 경향이 두드러질 것으로 예상할 수 있다. 두 가지 요인이 상승 작용한 결과 그림 9에서처럼 참여한 기관들 모두 공통적으로 작은 경도값이 얻어졌으며 그 차이는 경도 범위에 따라 다르나 0.4에서 1.0 HRC 수준이어서 누르개의 형상 관리가 매우 중요함을 거듭 확인할 수 있다. 특히 20 HRC의 저경도 영역에서 그 차이가 더욱 크게 나타난 것은 깊이 들어갈수록 누르개의 형상에 의한 영향이 더욱 커진다는 것을 의미하는 것으로 볼 수도 있다.

4. 결 론

로크웰 경도의 국제 비교교정에 참여한 결과 KRISS에서 보유하고 있는 지렛대 방식의 표준기는 시험하중 30 kgf 이상의 영역에서는 국제적으로 대등한 결과가 얻어졌으나 압입속도 제어상의 문제 때문에 15 kgf 의 낮은 시험하중을 사용하는 15N의 잣대에서는 문제가 있는 것으로 드러났다. 이를 해결하기 위하여 KRISS에서는 실하중 방식의 표준기를 현재 설계 제작 중에 있다. 또한 경도 표준을 확립하는데 있어 누르개의 형상 측정이 매우 중요한 것으로 나타났으며 KRISS에서는 이를 해결하고자 고정밀 2차원 CAD 방식 형상측정기를 구입하였으며 이를 활용하여 IMGC에서 주관하는 pilot study에 참여할 계획이다. 이와는 별도로 표준기급의 누르개를 확보하기 위하여 주관기관인 독일의 MPA-NRW에 협조를 요청하여 독일로부터 표준기급 누르개를 구입하였다. 이러한 일련의 보강작업이 끝나면 KRISS의 경도 표준은 국제적인 소급성을 확보할 수 있게 되어 국내에서 발급되는 경도 시험 성적서에 대한 국제적 신뢰도를 확보하는데 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. OIML SP19/SR4 Compte rendu de la comparaison internationale des echelle de durete Rockwell C et Vickers HV 30 (1984).
2. ISO 6508-3, Metallic materials, Rockwell hardness test, Part 3, Calibration of reference blocks (1999).
3. Thomas Polzin, Dieter Schwenk, "Results of the round robin test, differences between the laboratories, World-wide unified scales Rockwell Hardness Test with Conical Indenter", Final Report, MPA-NRW (2000).
4. "Uncertainty in Hardness Measurement", EA group on Mechanical Measurements, Final draft, 1999.
5. 방건웅, 탁내형, "한국산업표준(KS)에 따른 로크웰 경도 시험기의 불확도 산정에 관한 연구", 열처리공학회지, 13권 3호, pp. 163-169 (2000).