

論文

Equo-Tip 경도값에 미치는 실험변수의 영향

남 승 훈 · 전 승 범 · 김 종 집
한국표준연구소

The Effect of Test Variables on the Accuracy of Equo-Tip Hardness

S.H. Nahm, S.B. Jeon, J.J. Kim
Korea Standards Research Institute

ABSTRACT

For the accurate measurements of hardness in a material, it is necessary to have a thorough understanding of the effects of test variables on the accuracy of hardness value. For the rebound hardness test, major test variables are the radius of hammer ball tip, type of backing materials, size and roughness of the specimen. In this study, effects of these variables on Equo-Tip hardness value were investigated.

Hardness measurements were carried out using WC balls with various sizes of worn-out zone. The sample materials chosen for the experiments were commercial standard hardness blocks and SM45C steel bars subjected to either normalization or quench and temper treatments. As backing materials, aluminum, steel and rubber plates were used in all the experiments.

Experimental results show that for the accurate measurements of Equo-tip hardness, it is necessary to use the hammer ball with a worn-out zone parameter of less than 0.23, and the recommended minimum thickness and width of the specimen are 25mm and 70mm, respectively. Further for the surface preparation, the specimens need to be polished with an emery paper of No. 400 or finer, and for the backing materials, it is recommended to use steels or rubbers.

1. 서 론

경도시험은 측정방법이 간편하고 시험하는데 소요되는 시간이 짧기 때문에 재료의 특성을 평가하는 시험방법 중 널리 사용되고 있는 방법으로서 최근에는 경도를 측정하여 다른 기계적 성질들을 추정하려는 시도^{1,2)}로 인하여 점점 더 사용빈도가 높아지고 있다. 특히 반발경도시험은 압입경도시험에 비해 압입자국이 적게 나고 측정이 간편하기 때문에 부품이나 제품등의 비파괴검사 방법으로 많이 사용되고 있다³⁾. 그간 여러 종류의 반발경도시험기가 개발되었으나 시험의 간편성과 정밀 정확

도가 높아서 우리나라 산업체에서 많이 사용되고 있는 시험기중의 하나가 Equo-Tip경도시험기이다.

Equo-Tip 경도의 정확한 측정을 위해서는 다른 경도시험에서와 마찬가지로 실험변수가 경도값의 정확도 또는 오차에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하며, 일반적으로 Equo-Tip 경도시험에서 발생하는 오차는 시험기 자체의 오차와 시편등에 따른 시험조건에 의한 오차로 분류된다⁴⁾. 시험기의 오차는 Equo-Tip 경도시험기의 경우 주로 해머선단의 마모에 의한 영향으로서 시험기의 지속적인 사용에 의해 해머의 곡률반경이 변형되어 발생하며⁵⁾ 시험조건에 의한 오차는 주로 시편의 형

상 및 크기 즉, 시편의 반침재질, 시편의 두께 및 직경, 시편의 표면거칠기 등에 의해 발생된다. 본 연구에서는 이러한 실험변수들이 Equo-Tip 경도값의 정확도에 미치는 영향에 대해서 조사하였다.

2. 실험방법

해머 선단의 변형 또는 마모에 의한 해머의 곡률반경 변화가 경도값의 정확도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 해머선단을 인위적으로 마모시킨 Equo-Tip 경도 시험기를 사용하였으며 마모영역의 크기는 Fig.1과 같이 해머선단의 불직경에 대한 마모영역의 직경비인 d/D 로 나타내었다.

시편의 두께, 직경 및 반침재에 따른 Equo-Tip 경도값의 변화를 조사하기 위하여 SM45C 봉재를 직경이 120mm, 높이가 40mm인 원통형으로 기계가공한 후 880°C에서 1시간 유지한 후 공냉시켜 불림(normalizing) 처리한 Equo-Tip 경도값이 423.2인 시편과 830°C에서 1시간 유지한 후 수냉시켜 담금질(quenching)한 다음 다시 575°C에서 2시간 뜨임(tempering) 처리한 Equo-Tip 경도값이 521.7인 2종류의 시편을 사용하였으며, 반침재료는 Equo-Tip 경도값이 603 L_a 인 steel (SM45C), 334 L_a 인 알루미늄(Al 2024), 고무등을 사용하였다.

표면거칠기가 Equo-Tip 경도값에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 실험에 사용한 시편은 본 연구소에서 제작한 Rockwell 경도기 교정용 기준편 세 종류로 경도값

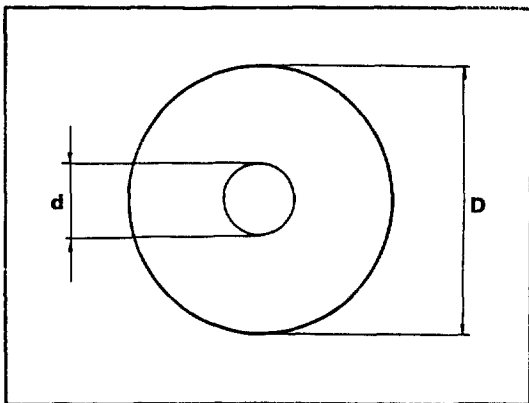


Fig.1. The schematic diagram of worn hammer ball.

이 각각 HRC로 33.09, 50.83, 64.33이고 본래의 시편의 표면거칠기는 1.6S 미만이었으며 이 기준편들을 grit No. 80, 150, 200, 320, 400 및 600의 emery paper로 연마한 후 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 해머선단의 마모영역이 Equo-Tip 경도값에 미치는 영향

Fig.2~4는 d/D 에 따른 L_a 의 변화를 나타낸 것으로서 L_a 값이 470.1, 620.4, 762.4인 3가지 교정용 기준 block 모두에서 같은 경향을 보이고 있다. 즉, d/D 의 값이 0.13~0.37 범위에서 경도값이 급격히 증가하고 있으며 d/D 가 0.13에서 0.37까지 변화했을 때 경도값의 변화는 L_a 가 470.1인 block은 40, L_a 가 620.4인 block은 44, L_a 가 762.4인 block은 39이다. Equo-Tip 경도 시험기의 교정오차가 $\pm 12L_a$ 이므로 d/D 가 0.23 이상인 경우는 경도값에 관계없이 3가지 경우 모두 교정 오차를 벗어나고 있으며 따라서 해머선단의 불직경에

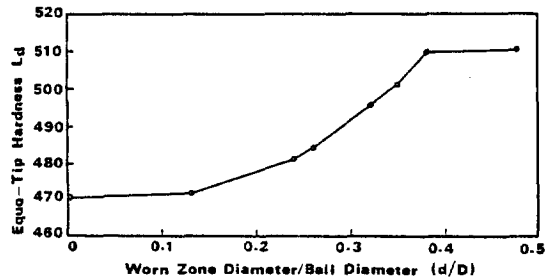


Fig.2. Hardness L_a variation with d/D for the 470.1 L_a specimen.

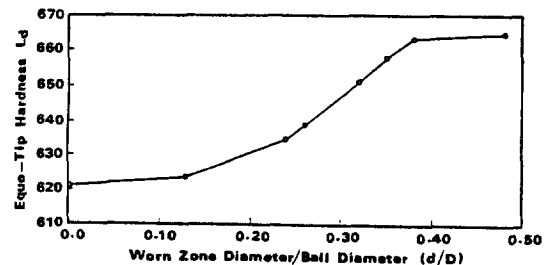


Fig.3. Hardness L_a variation with d/D for the 620.4 L_a specimen.

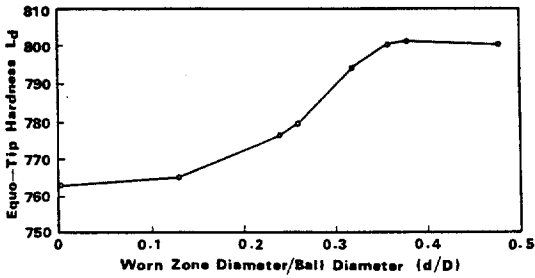


Fig. 4. Hardness L_d variation with d/D for the 762.4 L_d specimen.

대한 마모영역의 직경비 d/D 가 0.23이내이어야 정확한 경도값을 측정할 수 있음을 알 수 있다.

3.2. 시편의 크기 및 받침재가 Equo-Tip 경도값에 미치는 영향

Equo-Tip 경도시험에서는 경도의 측정이 압자와 시편의 순간적인 접촉에 의하여 이루어지며 그 크기는 측정재료의 에너지 흡수능을 나타낸다. 따라서 측정재료의 크기와 받침재의 종류에 따라 에너지 흡수 정도가 다르게 되어 결과적으로 경도값에 영향을 주게 된다.

3.2.1. 시편두께 및 받침재에 따른 Equo-Tip 경도값의 변화

Fig. 5 및 6은 각각 SM45C강을 불림(normalizing)한 시편 및 SM45C강을 담금질(quenching)한 후 뜨임(tempering)한 시편의 두께변화 및 받침재에 따른 경도값의 변화를 나타낸 것으로, 불림한 시편 및 뜨임한 시편에서 공히 받침재질이 steel과 고무인 경우 시편 두께가 경도값에 미치는 영향은 큰 차이가 없으나 받침재질

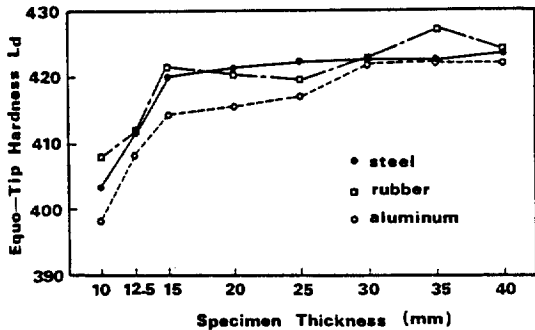


Fig. 5. Hardness L_d variation with thickness for the normalized specimen.

이 알루미늄인 경우는 앞의 2가지 받침재를 사용했을 경우보다 경도값이 높게 나타나고 있다. 이는 받침재가 시료보다 무른 경우에 정확한 경도값을 얻기 어렵다는 연구보고³⁾와 잘 일치한다. 또한 뜨임한 시편에서는 3종류의 받침재에서 모두 두께가 15mm 이하에서는 경도값이 급격히 감소하는 경향을 보이며 불림한 시편에서도 동일한 경향을 보인다. 따라서 시편의 받침재로는 steel이나 고무가 좋으며 시편의 두께가 얇아질수록 경도값의 오차가 커지므로 시편두께는 기준 시편의 정확한 경도값이 521.7 L_d 임을 고려하면 최소한 25mm 이상이어야 정밀한 경도값을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

3.2.2. 시편직경에 따른 Equo-Tip 경도값의 변화

Fig. 7, 8, 9는 불림처리와 뜨임처리한 SM45C강의 직경변화가 경도에 미치는 영향을 도시한 것으로, 두께가 20mm인 시편(Fig. 7)과 30mm인 시편(Fig. 8)에서 직경에 따른 경도값의 변화를 보면 불림과 뜨임한 시편에서 공히 직경이 70mm 이하에서 경도값이 낮아지고 있음을 알 수 있으며 두께가 20mm인 시편에서 더 큰 폭으로 낮아졌다. 그러나 두께가 40mm인 시편(Fig. 9)에서는 직경에 따른 경도값의 변화가 크지 않았다. 또한 경도값은 두께 20, 30, 40mm인 시편에서 공히 뜨임한 시편이 불림한 시편보다 직경 크기에 더 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

3.3. 연마조건이 Equo-Tip 경도값에 미치는 영향

Fig. 10~12는 경도값이 다른 각 경도기준편의 연마조건에 따른 L_d 값(평균값)의 변화를, Fig. 13은 연마조건에 따른 L_d 값의 흐트러림(range)의 변화를 나타낸다. Fig. 10~12에서 보는 바와 같이 grit No.가 400 이하인

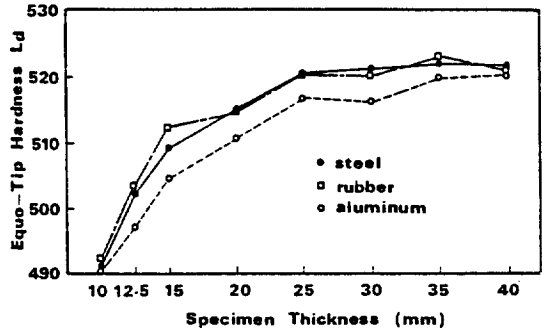
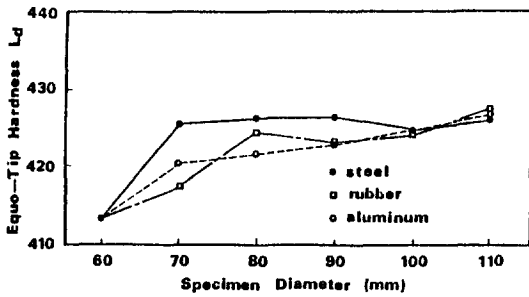
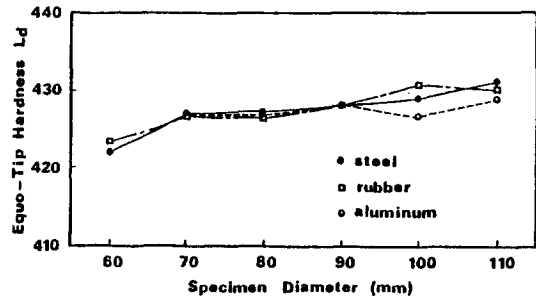


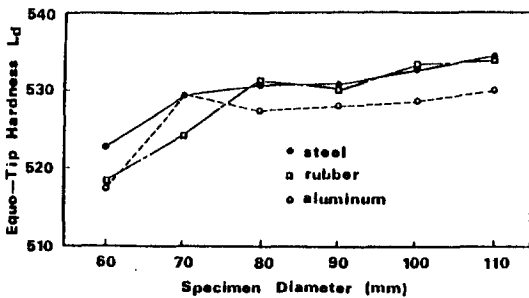
Fig. 6. Hardness L_d variation with thickness for the tempered specimen.



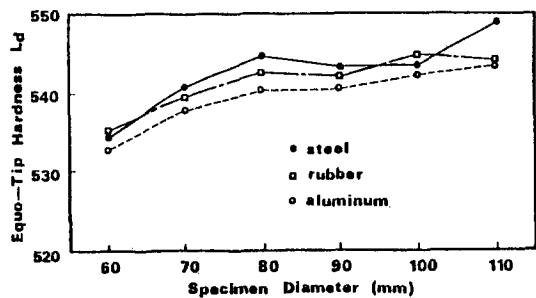
(a)



(a)



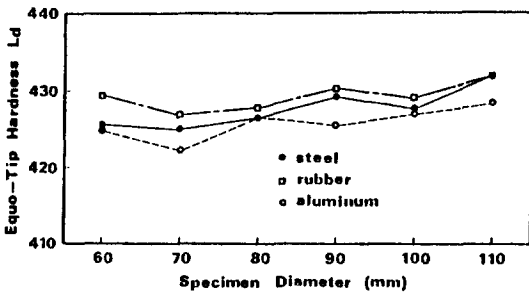
(b)



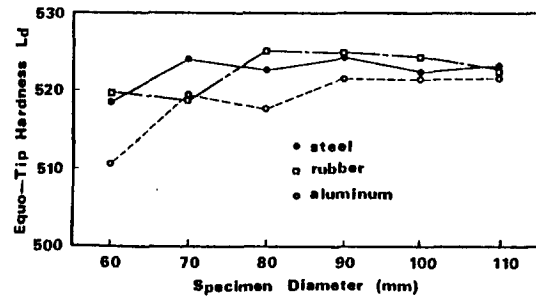
(b)

Fig. 7. Hardness L_d variation with diameter for the thickness 20mm specimen.
(a) normalized specimen, (b) tempered specimen

Fig. 8. Hardness L_d variation with diameter for the thickness 30mm specimen.
(a) normalized specimen, (b) tempered specimen



(a)



(b)

Fig. 9. Hardness L_d variation with diameter for the thickness 40mm specimen.
(a) normalized specimen, (b) tempered specimen

emery paper로 연마한 시편에서는 시편의 실제 경도값과 큰 차이를 보여주고 있으며, grit No.400 이상인 emery paper로 연마한 시편에서는 실험오차내에서 실제 경도값과 근접함을 알 수 있으며, emery paper No.에 관계없이 일정한 값을 보여주고 있다. 또한 이때

의 L_d 값의 흐트러짐(Fig.13)도 HRC 33.9인 시편을 제외하면 모두 10이하로(HRC로 환산했을 경우 약 1.2), 비교적 양호하여 정확한 경도 측정값을 얻기 위해서 grit No.가 400이상인 emery paper로 연마하여야 함을 알 수 있다.

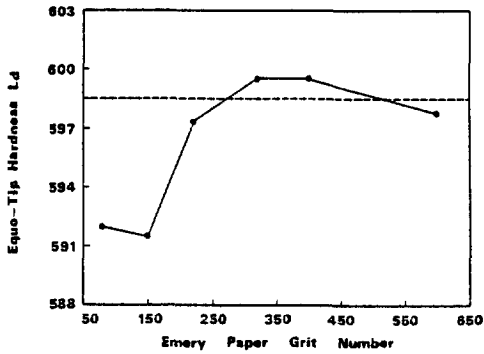


Fig. 10. Hardness L_d variation for the HRC 33.09 specimen with surface roughness.

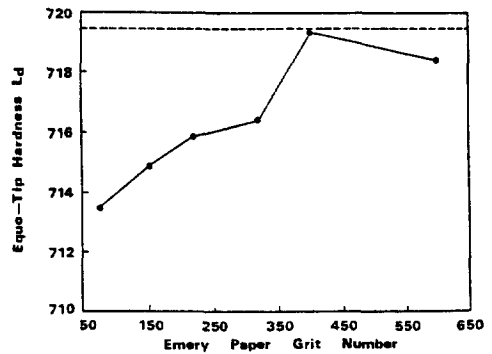


Fig. 11. Hardness L_d variation for the HRC 50.83 specimen with surface roughness.

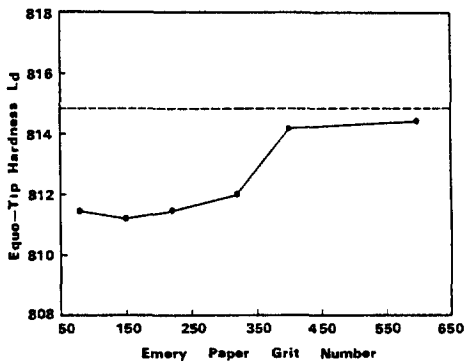


Fig. 12. Hardness L_d variation for the HRC 64.33 specimen with surface roughness.

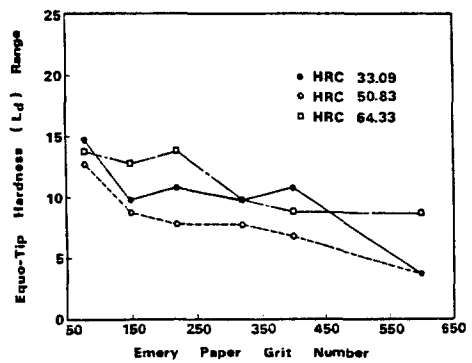


Fig. 13. L_d range variation for the hardness specimens with surface roughness.

4. 결론

반발경도시험기의 일종인 Equo-Tip 경도시험기의 경도값에 영향을 미치는 몇 가지 인자들에 대하여 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 해머선단의 볼 직경에 대한 마모영역의 직경비 d/D 가 0.23이내어야 해머선단의 마모에 의한 경도 측정 오차를 줄일 수 있다.
2. 시편의 두께가 얇아질수록 경도값의 오차가 커지므로 시편두께는 최소한 25mm 이상이 좋고 시편반침 재료로는 steel이나 고무가 좋다.
3. Equo-Tip 경도값은 시편의 직경에도 영향을 받으므로 가능한 한 70mm 이상이 좋다.
4. Emery paper No.400 이상으로 표면이 연마된 상태에서는 L_d 값에 대한 재료의 표면거칠기의 영향을 무시할 수 있다.

5. 참고문헌

1. 町田周郎, 生形俊二, 市川純也: 材料試験技術, Vol.24, No.1, (1979), pp.4~8.
2. 應力と硬さ分科會: 材料試験技術, Vol.23, No.4, (1978), pp.46~52.
3. 西村三樹男, 菱山光正: 材料試験技術, Vol.25, No.4, (1980), pp.211~216
4. 通田並照: 計量研究所報告, Vol.26, No.4 (1978), pp.1~111.
5. 石橋達彌, 下田茂: 日本機械學會論文集(A編), 52卷, 483號, 論文 No.86~0097A, (1986), pp.2, 538~2, 544.
6. Operating Instructions Hardness Tester EQUOTIP, 3rd ed., PROCEQ SA, Zurich, (1977), pp.12.