微小硬さ測定における読み取り差について*

(押込み硬度の圧こんについて 第6報)

財 満 鎮 雄** 西 畑 三 樹 男***

On the Reading Error in the Measurement of the Diagonal Length in the Micro-Hardness,

(On the Depression of Brinell, Vickers and Knoop Indentater. 6th Report.)

by

Shigeo ZAIMA
(Yamanashi University)

and

Mikio HISHIHATA
(Nippon Teleg. and Teleph. Pub. Corporation)

It is difficult to measure correctly the diagonal length in the measurement of the depressed hardness and the depression has been studied as regards the measuring accuracy by many persons. In the same tester is used, there is not a little influence on the hardness of the personal error of each measurer, the difference in the illumination of depression, the enlargement in the measurement of depression and so on, besides the errors that may be prevented with care, for instance, the error in reading the scale, the trouble in the tester. The prevention of the errors is all the more important in the case of the measurement of micro-hardness because the depression is very small.

The authors have studied the surface figure of the depression, especially the piling up, and from this point we pursue the personal error in the optical measurement of the depression in the micro-hardness testing with the same tester (manufactured by Leitz Co.). The diagonal length of the same depression is measured by four measurers, one of whom is expert in using that tester, and the other three persons are unexperienced in the measurement of the hardness and operate the tester for the first time, and at the beginning of this experiment the latter three are trained twenty times in the operation of hardness tester.

As the result, it is found that there are occasions of measuring error being affected by the surface figure of depression, especially by the piling up, however large the absolute value of error may be, when the unexperienced measurer examines the hardness.

And then, a person, who has a narrow maximum deviation of the measuring value not with standing the absolute value of the error, has a reliable technique of measurement and may be able to improve rapidly as a good measurer.

(Received May 23, 1958)

1. 前 書

押込み硬さ測定において圧こんを正しく測定することはむずかしい問題で、従来から押込み圧こんの測定精度に関しても種々研究されている。同一試験機を用いても、目盛の読みあやまり、機械の故障などの注

意すれば防止できる誤差のほか、各測定者による個人誤差、圧こんの照明の明暗度の差、あるいは拡大倍率により硬さ値に及ぼす誤差の影響は少なくない。特に微小ビッカース硬さのように小さな圧こんで硬さを測定する場合、なおさら重要である。

著者らは従来より押込み圧こんの形状、特に周辺の盛り上りについて検討を加えてきているが、ビッカース圧こんにおいても対角線方向では、対辺方向ほどは

* 原稿受付 昭和33年5月23日, 昭和33年5月17日当協会第7期総会で講演したものの一部である。

** 正員 山梨大学工学部

*** 正員 日本電信電話公社電気通信研究所

なはだしくはないが盛り上りの影響が少なからず認められることがわかった。したがって、ビッカース硬さ測定で対角線長さを読みとる際の個人誤差に大きな影響を及ぼす因子として、盛り上りおよびその程度の差も当然考慮に入れらるべきところであり、特に微小硬さ測定では見のがすことのできないところであると思う。

ここに微小硬さ測定において同一試験機を用い、同一圧こんの光学測定の際の個人差について実験を行ない、上述の盛り上りの見地からその結果について検討を加えてみた。以下、簡単にその大要について説明する。

2. 測定条件

硬さ基準片および二、三の材料の中から $H_V=30\sim 900$ の範囲で適当に10段階の硬さを示す材料を選び、ライツ製微小硬さ試験機を用いて荷重を 100 gr とし、そのおのおのに1個の正常な圧こんを得た（したがって、圧こんの対角線の大きさの範囲は $80\sim 15\mu$ 程

度となる）。測定は1個の圧こんについて該硬さ試験機を用いて、おのおの5回繰返し長さを読みとった。

測定者は A, B, C および D の4人で、その測定歴は次のようである。すなわち、常時その硬さ試験機を使用している（測定機担当者）熟練者 A と、初めて硬さ試験機を操作する者を1～2時間測定法を教育した B（計測関係に未経験者）、C（一般の計測関係にいくぶんの経験を有する者）および D（他の計器類の読みとりには充分の習熟を有する者）の3人の初心者である。

3. 光学測定 of 個人差

各測定者の各ブロックにおける読みとり長さの平均値、およびそのばらつき範囲を示せば Fig. 1 のようになる。図は測定熟練者 A の測定値の平均を中央値にとった。概ね A の値の $\pm 15\mu$ の範囲におさまっているが、硬さ値が高い場合、すなわち、対角線長 L が小さい場合、比較的個人差が大きいうである。また、B の測定値は A に比べ大きい場合もあり小さい場合もみられ

るが、C はだいたいにおいて A より小さい傾向にあり、D にいたっては常に A より小さい値となる。図から各測定者のそれぞれの場合における測定値のばらつきを求めれば Fig. 2 のようになる。図中 $L=25.0\mu$ の試料では B, C, D の3者では、ばらつきが0となっているが、これは偶然にも圧こんの両端がスケールの $0\sim 25\mu$ の線上にあるようになって、何回測ってもその読みとり長さに差が見られなかった。このような場合、よほど測定者が熟練していないと、スケール線に影響を受けやすく読みとりにくいものである。また、A は熟練者だけあって各場合を通じてばらつきは 0.5μ 以内におさまる、 L の小さい範囲ではとくに $0.2\sim 0.4\mu$ 以内におさまっている。しかし、未熟練者の中 B, C は、ばらつきが大きく、特に L の小さい範囲でばらつきが大きいことは測定精度の上からも望ましいことではない。D は多少ばらつきは大きい、ほぼ A に近いばらつきを示している（ある場合には A より小さなばらつきを示すこともある）。

以上の結果より A の測定平均値を基準にとり、他の測定者の平均値との誤差を求めれば Table 1 のようになる（A より大なる場合、正符号、小さな場合、負符号に示す）。これよりみれば、各場合を通じて B は正負いずれの値にせよ A にも

Fig. 1 The diagonal length of the same depression by four measurers

Fig. 2 The dispersion of measuring value in each measurer

Table 1 The personal measuring error of three unexperienced measurers to the value by measurer A. (Annexed the piling up of the block.)

Standard block	Diagonal length (Measurer) (μ)	Measuring error to A. (μ)			Pilling up (%)
		B-A	C-A	D-A	
No. 1 (Aluminium)	79.4	+0.2	-0.2	-0.5	1.22
No. 2 (103/105)	39.5	+0.1	-0.5	-1.0	0.55
No. 3 (Nickel)	29.6	-0.3	-0.6	-0.8	0.82
No. 4 (292/293)	25.4	-0.4	-0.4	-0.4	1.13
No. 5 (392/401)	21.3	+0.7	+0.1	-0.4	1.20
No. 6 (499/502)	19.1	+0.1	-0.7	-0.6	0.98
No. 7 (602/607)	17.9	+0.5	-0.8	-0.8	0.91
No. 8 (704/708)	16.2	0	-0.6	-1.0	0.80
No. 9 (809/813)	14.8	+0.7	-0.3	-1.3	0.53
No. 10 (919)	14.5	-0.2	-0.3	-1.0	0.52

っとも近い値をとり、Dは常にAより小さく、しかも、もっとも差が大きく、Cはその中間にあることがわかる。

4. 試料の盛り上り

使用した試料は Table 1 にも記したようにアルミニウム (No. 1)、ニッケル (No. 3)、黄銅製硬さ基準片

(No. 4~No. 10) であり、前報までと同様な方法で大越式表面粗さ試験機 (触針型、垂直方向 1000 倍、水平方向 50 倍に拡大) を用いて圧こんの表面形状を調べた。

圧こん表面の最初の水平線位置から対角線方向における最高盛り上り高さ h_1 と、最初の水平線上での対角線長さ l_1 の比 (h_1/l_1) % を対角線方向における盛り上り率と定めた。各試料について測定し、試料の表示硬さによって図示すれば Fig. 3 を得る (Table 1 にも併記した)。これらの結果は、さきに国産鋼³⁾製硬さ基準片について求めた盛り上りの傾向と等しく、アルミニウム (No. 1)、黄銅製硬さ基準片 (No. 2) についても、それぞれ従来の結果と矛盾しない。ニッケル (No. 3) については ASTM の硬さ換算表より、さきに報告した考え方により推定した (h_1/l_1) = 0.8% とほぼ一致することで確認できる。

5. 盛り上りよりの考察

前述のように Table 1 より各測定者の A に対しての最大読みとり誤差は、B が最小で D が最大で、一見 B が C、特に D に比べてすぐれた測定技術を有すると思われるのに対し、読みとり値の最大ばらつきは Fig. 2 よりわかるように A を除けば B がもっとも大きく、逆に D は最小で、その間にいささかの矛盾が感ぜられる (Table 2)。よって B、C および D の A に対する誤差と盛り上り率との関係をまとめれば Fig. 4 を得る。これよりみれば B の場合、盛り上りと読みとり誤差の間には有意性は認められないが、D では盛り上りと読みとり誤差の間に直線的関係があるようで、また、C は B、C の中間的である程度の直線的関係が認められるようである (図中、各直線は最小自乗法により求めたものである)。

圧こんの形状を考えると、盛り上り率の高いことは圧こんがいわゆる盛り上り型 Piling up に属し、圧子により押しのけられた部分の体積に相当する量が Fig. 5 (上段) のように圧こん周辺のごく近傍に集まりエッジが鋭くなっているため、上部より観測して標線の合せ

Table 2 The maximum measuring error and the maximum deviation of the measuring value

Measurer	A	B	C	D
Maximum measuring error to A-value (μ)		+0.7	-0.8	-1.3
Maximum personal dispersion (μ)	0.5	1.8	1.2	0.7

Fig. 3 The piling up of the standard block used
(In the diagonal side)

Fig. 4 The relation between the piling up and the measuring error of three unexperienced measurers

Fig. 5 The illustration of the vickers depression

方が容易で l_2 の読みもはっきりするに対し、盛り上りの小さいことは Fig. 5 (下段) のように周辺に幅広く拡がり、エッジの部分鮮明に決定しにくいことが考えられる⁶⁾。したがって、その観点よりすれば、Dは Fig. 4 より圧こん形状によりAとの誤差は負側で一定の傾向があることになり、焦点の合せ方、あるいは標線を合せるエッジの部分Aよりやや下方にすぎないはあるが、確定した傾向の測定癖を有することが

わかる。これに対しBは Fig. 4 のように盛り上りからみた傾向はばらばらで、焦点の合せる部位標線の位置の基準をエッジのどの付近にもってくるか、あまりはっきりとした把握はしていないと見られ、Cこの両者の中間にあるようである。

上述のように考えればDがもっとも一定の傾向を有し、CBの順に測定技術が良好であるということができ、Table 2 の矛盾も解決がつく。すなわち、Dは測定の経験習熟とともに、BあるいはCより速くAと同様な熟練測定者となる可能性が多いことを示している。

6. 総括

以上、要約すれば、

(1) 微小硬さ圧こんの読み取りの個人差(とくに初めて硬さ試験機を用いた者と常時使用している者との差)は最大 1.3μ 以内にあり、また、同一圧こんの5回読みとりのばらつきは、常時使用している者で最大 0.5μ 、未熟者で最大 1.8μ 程度であった。

(2) しかし、その測定値について試料の盛り上りより検討をすれば、特に誤差の絶対値は大きくとも

圧こんLの形状、特に盛り上りによる誤差が影響している場合もある。その場合、誤差の絶対値にかかわらず最大ばらつきの小さい者は測定技術が一定し、熟練による向上の可能性が速やか、かつ、大であると思う。

(3) すなわち、硬さ測定の際の対角線長さ読みとり誤差におよぼす因子として材料の盛り上りも考慮すべきことであることがわかった。

終りに臨み東京工業大学森永卓一教授、ならびに東京大学吉沢武男教授の御指導に深甚なる感謝の意を表する。

参考文献

- 1) たとえば、ブリネル圧こんについて、K. Sporkert, Z. Metallkunde, 30, 199 (1938)、ピッカース圧こんについて、K. Sporkert, Z. Metallkunde, 29, 5 (1937) など
- 2) 財満, 材料試験, 5, 37, 584 (1956)
- 3) 財満, 材料試験, 6, 51, 777 (1957)
- 4) 財満, 左沢, 材料試験, 6, 47, 526 (1957)
- 5) ASTM E 93-52 (1952)、たとえば、材料試験協会編、工業材料規格便覧(金属材料試験法), 190 (1955年版)
- 6) 財満, カタサ研究会資料, 32-40 (1957)