高強度セラミックスのロックウェル硬さと ビッカース硬さの相関

阪口修司・若井史博

(名古屋工業技術試験所)

Relations between Rockwell Hardness and Vickers Hardness in Engineering Ceramics

Shuji SAKAGUCHI and Fumihiko WAKAI

(Government Industrial Research Institute, Nagoya)
1-1, Hirate-cho, Kita-ku, Nagoya-shi 462

Rockwell and Vickers hardnesses of silicon nitride, silicon carbide and partially stabilized zirconia were determined. Rockwell superficial hardness decreased linearly when the load increased. A table of the relation between Rockwell hardness and Vickers hardness for high strength ceramics has been obtained by comparing Vickers hardness with Rockwell surface stress calculated from the Rockwell indented diameter and the shape of the indenter.

[Received October 2, 1985]

Key-words : Rockwell hardness, Vickers hardness, Silicon nitride, Silicon carbide, Partially stabilized zirconia

1. 緒 言

構造用セラミックスの機械的性質の評価項目としての硬さの測定は、試験方法が簡便でかつ確立されていることから広く普及している。測定方法としては、圧子圧入法によって破壊靱性が測定できることから^{1),2)}ビッカース硬さ試験が多く用いられているが、微小硬さ及びロックウェル硬さ試験を用いる例も見うけられる。このうち、ビッカース硬さと微小硬さは測定原理が同じであることから、両方法で得られた測定値の比較は容易であるが、これらの値とロックウェル硬さによって得られた値は、得られる数値の持つ意味が全く異なるために直接の比較は困難である³⁾。

ところで、ASTM-E 140に各種硬さの換算表があり、ロックウェル-ビッカース間の換算も可能であるが、ビッカース硬さ (HV) 940以下に対する換算値しかなく、一般にHV 1000以上である高強度セラミック材料には使用できない。

そこで、窒化ケイ素、炭化ケイ素、部分安定化ジルコニアについて、ロックウェル硬さ、ロックウェルスーパーフィシャル硬さ及びビッカース硬さを測定し、ロックウェル硬さ測定時に発生する圧痕の直径を測定することにより、ロックウェル硬さ測定時の表面応力を算出してビッカース硬さとの比較を行うという方法で、これらの値の相関を検討した。

2. 実験方法

試料として、市販のホットプレス窒化ケイ素

(HPSN)、常圧焼結窒化ケイ素 (SSN)、常圧焼結炭化ケイ素 (SSC)、及び部分安定化ジルコニア (PSZ) を使用した。窒化ケイ素はY₂O₃、Al₂O₃添加、炭化ケイ素はB、C添加、PSZはY₂O₃部分安定化させたものであり、これらの試料を、# 400のダイヤモンド砥石で平面研削したのち、# 1000のカップホイールでラップし、加工層の除去を行い、更に粒度2 μmのカップホイールでラップして試料表面を鏡面とし、試験片とした。硬さ測定は、ロックウェル硬さはAスケールで、スーパーフィシャル硬さは15 N、30 N、45 Nの各スケールで測定を行った。ビッカース硬さについては、微小硬さ計による1 kgf (9.8 N)での試験を各試料について行い、また窒化ケイ素については10 kgf、炭化ケイ素については5 kgf、PSZについては50 kgfでの測定をビッカース硬さ計を用いて行った。

3. 結果及び考察

各試料の実測値を表1に示す。まずスーパーフィシャル

Table 1. Hardness of some engineering ceramics.

	HPSN	SSN	SSC	PSZ
HR15N	97.0	96.2	98.0	94.0
HR30N	93.0	91.4	95.2	88.2
HR45N	88.6	86.4	92.0	82.5
HRA	92.5	91.3	95.0	89.1
Hv(1kgf)	1510	1480	2270	1190
HV	1490 (10kgf)	1400 (10kgf)	2300 (5kgf)	1190 (50kgf)

Fig. 1. Load dependence of Rockwell superficial hardness on engineering ceramics.

Table 2. Calculated values or HRA from HR 45 N and measured value of HRA.

	HR45N	HRA calc	HRA meas
HPSN	88.6	93.2	92.5
SSN	86.4	91.9	91.3
SSC	92.0	95.2	95.0
PSZ	82.5	89.6	89.1

ル硬さに関しては、高強度材料においては各スケール間において、荷重に対する直線性があり、またこれらの直線が基準荷重である 3 kgf の点に収束することが認められた(図 1)。また、スーパーフィシャル硬さとロックウェル硬さとの関係を、荷重に対する硬さ値の直線性及び基準荷重への収束を仮定し、更に両方法での基準荷重の差を考慮すると、次の式が得られる。

$$(60-10) \cdot (100-HR_{xN}) = 2 \cdot (x-3) \cdot (100-HRA) \\ (x: 15, 30, 45) \quad (1)$$

(1) 式を用いて HR 45 N の値から HRA の推定値を算出したところ、全体に実測値よりやや高い値が計算値として得られた(表 2)。しかし、本来 HRA の数値は 0.5 を最小単位として記述すること及びスーパーフィシャル硬さの小数点以下の値はサブミクロンの計測に基づいていることを考慮すれば、この推定法は有効である。

次に、ロックウェル硬さとビッカース硬さとの比較であるが、まずスーパーフィシャル硬さ測定によってできた圧痕の直径を測定し、スーパーフィシャル硬さから得られる圧子の変位量と圧痕径との関係を調べた。次にこの圧痕径を用いて、圧子の接触面積を次式により計算した。

$$S = 400 \pi \cdot \{200 - \sqrt{200^2 - (D/2)^2}\} \\ (D < 200) \quad (2)$$

$$S = 4 \pi (20000 - 35000 \sqrt{3}/3 + \sqrt{3} D^2/24) \\ (D > 200) \quad (3)$$

Fig. 2. Relations between indented diameter and indenter displacement on superficial hardness test.

Fig. 3. Relations between indented diameter and Rockwell/Vickers surface stress ratio.

ここで、 S : 圧痕面積 (μm^2)

D : 圧痕径 (μm)

この面積値と、硬さ測定時の荷重から試料表面での応力を算出し、ビッカース硬さとの比較を行った。

まず、圧子の変位量と圧痕径との関係は次の 2 次式で良く近似できることが分かった(図 2)。

$$d = 8.532 \times 10^{-4} \cdot D^2 - 0.1096 D + 4.921 \quad (4)$$

ここで、 d : 圧子の変位量 (μm)

更にスーパーフィシャルによる表面応力とビッカース硬さとの比をとったところ、圧痕径に対して正の相関が得られた(図 3)。この相関は、ビッカース圧子とロックウェル圧子の形状の差に起因するものと考えられる。この値を、最小自乗法で直線近似すると次の式が得られる。

$$R = 0.2115 D + 71.20 \quad (5)$$

ここで、 R : ロックウェル/ビッカース間の応力比

Table 3. Calculated values of Vickers hardness from Rockwell (HRA) hardness.

HRA	HR45N	d	Diameter	HV
90	83.2	16.8	198.6	1200
91	84.9	15.1	190.9	1320
92	86.6	13.4	182.8	1470
93	88.2	11.8	174.6	1650
94	89.9	10.1	165.2	1890

これらの関係から得られた近似式を用いて，HRA が

ら HR 45 N を介して HV を推定した換算表（表 3）が得られた。

文 献

- 1) A. G. Evans and E. A. Charles, *J. Am. Ceram. Soc.*, 59, 371-72 (1976).
- 2) K. Niihara, R. Morena and D. P. H. Hasselman, *J. Mater. Sci. Lett.*, 1, 13-16 (1982).
- 3) 松野外男, 若井史博, 阪口修司, “ファインセラミックス評価技術集成”, リアライズ社 (1984) p. 182-89.