

MARCO FRANZINI \*, MIRELLA TROYSI \*

## UNA PROPOSTA PER LA STANDARDIZZAZIONE DELLE MISURE DI MICRODUREZZA: LA MICRODUREZZA ESTRAPOLATA

**RIASSUNTO.** — Recentemente gli AA. hanno introdotto il termine di « microdurezza estrapolata » per indicare un valore di microdurezza, calcolato da due o più misure sperimentali, che risulta indipendente dal carico di prova. Viene suggerita l'adozione del valore della microdurezza estrapolata, in sostituzione della microdurezza misurata con carico di 100 grammi, come più rappresentativo della proprietà « durezza alla penetrazione » sia per scopi scientifici che per scopi applicativi.

### Premessa

Gli AA. hanno recentemente dimostrato (FRANZINI, TROYSI, 1979 a, b, c) che la variazione, in funzione del carico, della microdurezza di minerali e metalli lavorati artificialmente può essere spiegata assumendo che, dopo il sollevamento della punta di diamante, si abbia un ritiro elastico dell'impronta ( $\sigma$ ) indipendente dalle dimensioni dell'impronta stessa; hanno quindi proposto l'introduzione di una grandezza *HVE* (o *HKE*), indicata come « microdurezza estrapolata », che può essere valutata per via grafica o per via analitica con la risoluzione del sistema di equazioni:

$$| HVE = kp_i / (d_i + \sigma)^2 | \quad i = 1, N$$

dove  $N \geq 2$  e gli altri simboli hanno il significato usuale.

Scopo di questa nota è quello di suggerire, appunto, l'uso del valore di tale grandezza come il più significativo per descrivere la proprietà « durezza alla penetrazione ».

### Condizioni standard di misura della microdurezza

È noto che il valore della microdurezza di uno stesso minerale è assai variabile; esso dipende sia da vari fattori intrinseci al singolo campione esaminato (impurezze chimiche, difetti reticolari, deformazioni meccaniche, ecc.) sia dalle condizioni sperimentali (orientazione del campione, forma della punta del microdu-

\* Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Pisa - C.N.R. - Centro per la geologia dinamica e strutturale dell'Appennino, Via S. Maria 53, 56100 Pisa.

rimetro, carico di prova, tempo di discesa e di permanenza della punta, ecc.).

Ai fini di rendere confrontabili tra loro misure eseguite da ricercatori diversi, l'uso comune ed i suggerimenti della Commissione per lo studio dei minerali opachi dell'I.M.A. hanno portato a standardizzare i seguenti parametri:

- *forma del penetratore*: piramide Vickers e piramide Knoop;
- *tempo di discesa e tempo di permanenza della punta*: 15" in entrambi i casi;
- *carico di misura*: 100 grammi;
- *orientazione*: nelle situazioni comuni (misure su sezioni lucide) non è selezionabile nè controllabile dall'operatore. Si raccomanda di indicarla dove possibile.

Queste indicazioni sulle procedure sperimentali mettono in grado ricercatori diversi di ottenere valori uguali su di uno stesso campione. L'ipotesi implicita è quella che, a parte gli effetti dovuti all'orientazione, con l'adozione di questi procedimenti si possano ottenere valori confrontabili anche su campioni diversi di uno stesso minerale e che, di conseguenza, il valore della microdurezza assuma un significato diagnostico. Purtroppo l'esperienza dimostra che, per ogni specie mineralogica, si registrano intervalli assai ampi di valori della microdurezza alla penetrazione.

### Dati sperimentali

I dati sperimentali riportati qui di seguito sono stati ottenuti dagli autori nelle condizioni descritte da FRANZINI e TROYSI (1979 b).

Le figure 1 e 2 sono state disegnate utilizzando alcuni dei dati ricavati nell'ambito di una ricerca, tuttora in corso di svolgimento, sulla microdurezza delle galene.

La figura n. 1 illustra il comportamento di due campioni di questo minerale che forniscono valori diversi di microdurezza per i singoli carichi ma che, a causa di un valore diverso del ritiro elastico, risultano avere la stessa microdurezza estrapolata.

La figura n. 2 mette in evidenza che uno stesso campione, su cui le misure sono state effettuate sia in assenza di qualsiasi riscaldamento preliminare (quadritini) sia dopo riscaldamento a 400° C per 24 ore (crocette), fornisce valori diversi del ritiro elastico nelle due condizioni e valori diversi della microdurezza per i singoli carichi, ma lo stesso valore di microdurezza estrapolata.

Nella tabella n. 1 sono raccolti alcuni dati relativi a 7 campioni di galena per i quali è stata misurata la microdurezza a diversi carichi sulla faccia (100) con le diagonali dell'impronta parallele (orientazione 0) o a 45° (orientazione 1) alla direzione [001].

I sette campioni sono stati opportunamente selezionati per mettere in evidenza come, in una stessa specie mineralogica, possano variare i valori di *HVE* e  $\sigma$  e come questi due parametri siano indipendenti tra loro.

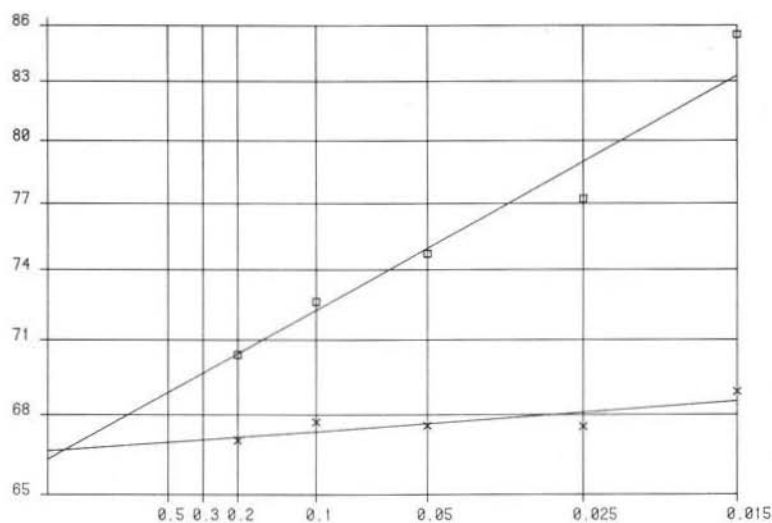


Fig. 1. — Microdurezza Vickers in due campioni di galena.

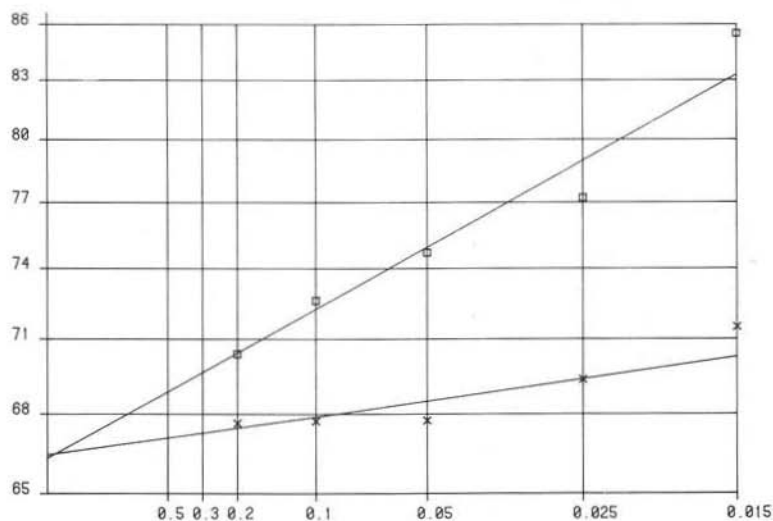


Fig. 2. — Microdurezza Vickers in uno stesso campione di galena prima e dopo trattamento termico.

Per ogni campione i valori relativi all'orientazione 0 sono più alti rispetto a quelli relativi all'orientazione 1; i due valori *HVE* per le due orientazioni sono, invece, uguali tra loro.

TABELLA 1  
*Galena - faccia (100) - Misure Vickers*

| Camp. | Or. | HV <sub>.015</sub> | HV <sub>.100</sub> | HVE  | Sigma |
|-------|-----|--------------------|--------------------|------|-------|
| 2     | 0   | 96.3               | 89.5               | 83.7 | 1.10  |
|       | 1   | 94.6               | 88.7               | 84.1 | .8    |
| 4     | 0   | 103.5              | 99.6               | 94.5 | .9    |
|       | 1   | 102.2              | 98.5               | 93.9 | .8    |
| 6     | 0   | 77.2               | 71.8               | 70.5 | .8    |
|       | 1   | 75.4               | 71.2               | 69.9 | .7    |
| 7     | 0   | 82.3               | 69.3               | 62.1 | 2.9   |
|       | 1   | 79.7               | 68.2               | 61.8 | 2.6   |
| 8     | 0   | 73.3               | 65.9               | 60.9 | 2.0   |
|       | 1   | 71.8               | 65.0               | 60.8 | 1.8   |
| 11    | 0   | 78.9               | 75.9               | 76.0 | .18   |
|       | 1   | 78.0               | 75.6               | 76.0 | .08   |
| 12    | 0   | 115.7              | 100.1              | 90.0 | 2.2   |
|       | 1   | 112.8              | 98.3               | 89.2 | 2.1   |

TABELLA 2  
*Misure di microdurezza Vickers e Knoop*

$$\begin{aligned} \text{HKE} &= 1.36 \text{ HVE}^{.936} & \text{Coeff. di determinazione} &= 0.986 \\ \text{HK}_{0.1} &= 1.072 (\text{HV}_{0.1})^{.979} & \text{Coeff. di determinazione} &= 0.992 \end{aligned}$$

Numero di minerali e metalli diversi misurati: 28  
Intervallo di HVE rappresentato: da 19,2 a 1809

Nella tabella n. 2 sono raccolti alcuni dati significativi ricavati dall'esame delle misure di microdurezza Vickers e Knoop eseguite su 28 campioni, di cui 24 minerali diversi appartenenti alle classi dei solfuri, solfati, ossidi, alogenuri, silicati e 4 metalli commerciali (l'elenco completo dei dati è a disposizione di chiunque ne faccia richiesta agli autori).

La relazione che lega il valore della microdurezza Knoop al corrispondente valore di microdurezza Vickers ha un significato puramente matematico e non si intende assegnarle, in questa fase della ricerca, alcun significato fisico. È sufficiente osservare che le microdurezze Knoop (estrapolate o misurate con un carico di 100 grammi) ricalcolate con l'espressione data in tabella, a partire dai valori Vickers, differiscono da quelle effettivamente misurate con la punta Knoop in media del 7 % con scarti massimi del 12 % sui valori più bassi.

## Conclusioni

I pochi dati sperimentali presentati mettono in evidenza che una delle cause di variabilità dei valori misurati di microdurezza alla penetrazione — e cioè la dipendenza dal carico di prova — può essere eliminata utilizzando i valori di microdurezza estrapolata.

Il condurre le prove a carico costante (100 grammi) non trova giustificazione sul piano teorico dato che il ritiro elastico è una caratteristica definita di ogni campione e può avere valore variabile da campione a campione di uno stesso minerale.

Sul piano pratico, ad es. per fini diagnostici, occorre precisare, però, che la microdurezza estrapolata non fornisce grossi vantaggi: anch'essa infatti, per ogni minerale, è ampiamente variabile in funzione di numerosi fattori cristallografici e cristallografici.

Tuttavia si raccomanda ugualmente che il valore di tale grandezza sostituisca quello della microdurezza a 100 grammi per due ordini di motivi:

- sul piano teorico i valori di microdurezza estrapolata (accompagnati dal valore del ritiro elastico) caratterizzano più accuratamente ogni campione ed è quindi probabile che, disponendo di un sufficiente numero di misure, si possano trovare più precise correlazioni fra microdurezza ed altre proprietà cristallografiche e cristallografiche dei minerali. Inoltre, anche se i dati della tabella n. 2 hanno carattere preliminare e vanno quindi presi con una certa cautela, sembra che la microdurezza estrapolata Knoop possa essere correlata, con ottima approssimazione, con la corrispondente microdurezza estrapolata Vickers, eliminando così un altro fattore di variabilità nei dati di letteratura;
- sul piano pratico la microdurezza estrapolata è in certo modo assimilabile alla macrodurezza; essa è quindi in grado di rappresentare meglio le qualità tecnologiche di un materiale di quanto possa fare la microdurezza misurata per un carico definito.

## BIBLIOGRAFIA

- FRANZINI M., TROYSI M. (1979) - *Macrohardness derivation from microhardness measurements*. Rend. Atti Acc. Naz. Lincei, ser. 8, 65, V, 185-189.
- FRANZINI M., TROYSI M. (1979 b) - *L'effetto del ritiro elastico dell'impronta nelle misure di microdurezza Vickers e Knoop. I. I dati sperimentali*. Rend. Atti Acc. Naz. Lincei, in corso di stampa.
- FRANZINI M., TROYSI M. (1979 c) - *L'effetto del ritiro elastico dell'impronta nelle misure di microdurezza Vickers e Knoop. II. Discussione e interpretazione dei dati*. Rend. Atti Acc. Naz. Lincei, in corso di stampa.