
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

MARCO FRANZINI, MIRELLA TROYSI

L'effetto del ritiro elastico dell'impronta nelle misure di microdurezza Vickers e Knoop. I. I dati sperimentali

Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 66 (1979), n.4, p. 263–268.
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1979_8_66_4_263_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI

<http://www.bdim.eu/>

SEZIONE II

(Fisica, chimica, geologia, paleontologia e mineralogia)

Mineralogia. — *L'effetto del ritiro elastico dell'impronta nelle misure di microdurezza Vickers e Knoop. I. I dati sperimentali.*
Nota di MARCO FRANZINI (*)(**) e MIRELLA TROYSI (*), presentata (***)
dal Socio G. CAROBBI.

SUMMARY. — Knoop and Vickers micro-indentation hardness numbers, measured on 11 specimens with seven different loads between 15 and 500 grams, are reported. Details on the instrumental conditions are given.

I. INTRODUZIONE

La successione di fenomeni, che presiedono alla formazione di un'impronta nelle prove di microdurezza alla penetrazione, è illustrata secondo una chiara schematizzazione da F. Gottardi [1]. Nella descrizione di questo autore si rileva un aspetto — cioè la presenza di una deformazione elastica del mezzo — che deve essere tenuto presente nell'analisi delle misure di microdurezza perchè responsabile di molteplici fenomeni, particolarmente vistosi nelle impronte prodotte su monocristalli.

Sono proprio le impronte ottenute su monocristalli che, risultando deformate rispetto alla forma teorica dipendente dal tipo di punta impiegata, garantiscono l'esistenza di forze elastiche residue, le quali, dopo il sollevamento della punta di diamante, concorrono a modificare l'aspetto dell'impronta riducendone le dimensioni (ritiro elastico).

Nel 1939 F. Knoop *et al.* [2], in un ampio lavoro sperimentale, hanno messo in chiara evidenza la sostanziale differenza fra le dimensioni dell'impronta nel momento in cui il peso è applicato («unrecovered dimensions») e le dimensioni dell'impronta («recovered dimensions»), quali sono misurabili dopo ritiro della punta di diamante.

Ritenendo più corretto esprimere la durezza come rapporto fra carico e «unrecovered dimensions» dell'impronta, F. Knoop *et al.* [2], dopo aver provato numerose forme, suggeriscono l'uso di un penetratore a forma di piramide rombica. Tale penetratore, noto come piramide Knoop, darebbe secondo gli AA., impronte prive di ritiro elastico. Nel seguito sarà mostrato che anche i dati originali di Knoop risentono di effetti di ritiro, sensibili soprattutto a bassi carichi.

L'influenza del ritiro elastico sulle misure di microdurezza è stata valutata, sul piano fenomenologico, nei lavori di M. Franzini [3], M. Franzini, M. Troysi

(*) Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Pisa.

(**) Centro di Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - C.N.R. - Pisa.

(***) Nella seduta del 21 aprile 1979.

[4]; in questi è mostrato come, assumendo un ipotetico ritiro elastico indipendente dal carico con il quale la misura è stata effettuata, sia possibile rendere confrontabili misure eseguite con carichi diversi ed anche calcolare un valore di durezza estrapolato, che può essere assunto come macrodurezza.

Scopo di questa nota e della successiva (M. Franzini, M. Troysi [4]) è analizzare gli effetti del ritiro elastico su impronte Vickers e Knoop, dimostrare che - nei limiti degli errori di misura realizzati nelle prove sperimentali - i soli fenomeni di ritiro elastico sono sufficienti a spiegare la dipendenza della microdurezza dal carico, valutare quantitativamente il «ritiro elastico» e mostrare inoltre che i valori estrapolati di microdurezza Vickers e Knoop, misurati su di uno stesso materiale, sono uguali.

In particolare nella presente nota sono descritti gli accorgimenti utilizzati per la più corretta raccolta dei dati sperimentali e sono riportati i valori di microdurezza Vickers e Knoop misurati su undici diversi campioni.

2. LA DUREZZA ALLA PENETRAZIONE

Negli ultimi 50 anni la misura della durezza alla penetrazione si è sviluppata proponendo nuove forme di penetratori (si veda per una descrizione F. Knoop *et al.* [2]) ed estendendo l'intervallo dei pesi di carico sul penetratore da pochi grammi («microdurezza» alla penetrazione) a parecchi chilogrammi («macrodurezza» alla penetrazione).

Il diffondersi delle misure, sia in ricerche di base sia in ricerche applicative, ha portato a constatare che i valori di microdurezza e di macrodurezza non sono tra loro confrontabili e che, inoltre, i valori di microdurezza sono funzione del carico applicato.

Nelle misure di microdurezza sono comunemente utilizzati due diversi penetratori, noti come piramide Vickers e piramide Knoop, ognuno dei quali ha uno specifico campo di applicazione. L'uso di due diversi penetratori introduce nelle misure di microdurezza l'ulteriore difficoltà che in generale $HV_p \neq HK_p$.

Il valore HV_p , espresso in Kg/mm^2 , viene calcolato come rapporto fra il carico e la superficie laterale dell'impronta ($K = 1854.4$), mentre il valore HK_p viene calcolato come rapporto fra il carico e la superficie dell'impronta proiettata sul piano di misura ($K = 14230$). Dato che i valori di microdurezza vengono comunemente espressi con una unità di misura (Kg/mm^2) che ha le dimensioni di una pressione, sembrerebbe logico che si facesse riferimento al rapporto fra carico e superficie proiettata dell'impronta ($K = 2000$ per impronte Vickers).

Considerando le tradizioni consolidate dall'uso, anche se nella letteratura non compare alcuna motivazione giustificata di questa scelta, non si ritiene opportuno modificare i valori delle costanti K utilizzate nel calcolo di HV e HK .

3. METODI SPERIMENTALI

Sono stati scelti, per le misure 11 campioni dalle caratteristiche molto differenti (Tabella I).

La lucidatura dei campioni, quando necessaria, è stata eseguita su panno rotante con pasta diamantata.

TABELLA I.

Elenco dei campioni esaminati.

CAMPIONE	
Acciaio n. 2	Acciaio di taratura per microdurezza N.MPA.3716077
Acciaio n. 1	Acciaio di taratura per microdurezza N.MPA.465064
Meteorite	Frammento di meteorite di Bagnone [6] - Orientazione non definita - Impronte Knoop fortemente asimmetriche.
Blenda	Carrara (Italia), cava di Fantiscritti - Faccia (111).
Fluorite	Congeaac (Francia) - Faccia (111).
Ottone	Ottone laminato commerciale, spessore 1 cm.
Alluminio	Tondino commerciale, diametro 4 cm.
Rame	Rame laminato commerciale, spessore 1 cm.
Galena	Miniera del Bottino (Italia). Camp. 38/25 - Museo di Mineralogia, Univ. Pisa - Faccia (111).
Magnesio	Tondino commerciale, diametro 4 cm.
Stagno	Stagno vergine commerciale in lingotto.

Tutte le misure sono state eseguite con un microdurimetro «Durimet» Leitz. Il reticolo micrometrico oculare è stato tarato con un micrometro oggetto a riflessione.

La perpendicolarità fra superficie misurata e asse della punta di diamante è assicurata controllando la permanenza della messa a fuoco su tutta la superficie del campione per traslazione dal tavolino del microdurimetro.

I pesi reali di carico sulla punta di diamante, rispetto a quelli teorici di taratura dello strumento, sono dati nella Tabella II. Nel corso di questa nota i calcoli sono stati eseguiti con i pesi reali misurati anche se, per comodità, questi verranno indicati nelle tabelle successive con i loro teorici valori interi.

TABELLA II.

Pesi applicati nelle varie prove.

Pesi (g) di carico sulla punta di diamante			
Teorici	Reali	Teorici	Reali
15	15.20	200	200.163
25	25.205	300	300.29
50	50.186	500	500.35
100	100.335	—	—

I tempi di discesa della punta e di permanenza sul campione sono stati tarati ambedue su 15 secondi.

Sono stati utilizzati due differenti penetratori (K 3930, V 3558) che, misurati ad un goniometro ottico a due cerchi, hanno dato i risultati della Tabella III. Nel corso dei calcoli sono stati utilizzati i valori $K = 14116$ e $K = 1853.1$.

TABELLA III.

Misure al goniometro ottico e caratteristiche geometriche delle piramidi utilizzate.

Piramide K 3930				Piramide V 3658			
ρ	φ	angoli fra gli spigoli	K	ρ	φ	angolo fra le facce	K
25° 08'	0° 00'		14116	22° 06'	0° 00'	135.8°	1853.1
25° 14'	16° 13'	172.41°		22° 06'	90° 12'		
25° 14'	178° 52'	130.04°		22° 06'	180° 05'		
25° 13'	195° 04'			22° 06'	270° 01'		

TABELLA IV.

Microdurezza Vickers per carichi compresi fra 15 (g) e 500 (g).

		15	25	50	100	200	300	500
Acciaio 2	d	6.59	8.62	12.31	17.53	25.30	31.08	40.31
	HV	649	629	614	605	579	576	571
	HVC	543.6	548.4	557.3	565.1	552.6	554.2	553.8
Acciaio 1	d	7.15	9.214	13.238	18.85	26.763	32.85	42.5
	HV	551	550	531	523	518	516	513
	HVC	500.8	510.7	503.7	504.4	504.6	504.9	505.0
Meteorite	d	8.686	11.388	16.286	23.242	33.029	40.543	53.525
	HV	373	360	351	344	340	339	324
	HVC	310.86	312.73	317.34	320.79	323.49	325.05	313.80
Blenda	d	11.143	14.488	20.488	29.425	43.063	54.388	71.238
	HV	227	223	222	215	200	188	183
	HVC	155.53	165.44	178.86	184.56	180.14	173.07	171.39
Fluorite	d	11.87	15.386	22.086	32.083	45.15	56.013	73.1
	HV	200	197	191	181	182	177	174
	HVC	163.77	168.87	170.85	167.39	172.32	169.73	167.75
Ottone	d	11.925	15.914	23.243	33.56	48.857	59.575	76.81
	HV	198	184	172	165	155	157	157
	HVC	151.73	150.55	149.48	149.55	145.12	148.21	150.43
Alluminio	d	15.267	20.217	28.257	40.875	57.857	70.233	91.25
	HV	121	114	116	111	111	113	111
	HVC	112.66	108.36	112.11	108.38	108.75	111.08	110.04
Rame	d	16.257	20.883	29.8	43.05	59.15	72.129	94.271
	HV	107	107	105	100	106	107	104
	HVC	107.01	107.44	104.95	100.48	106.14	107.05	104.40
Galena	d	20.313	26.338	36.90	53.45	76.55	93.729	
	HV	68.3	67.3	68.3	65.08	63.30	63.34	
	HVC	59.74	60.70	63.39	61.80	61.04	61.09	
Magnesio	d	21.543	28.457	41.414	59.898	86.05	111.07	149.66
	HV	60.7	57.7	54.2	51.8	50.1	45.1	41.4
	HVC	34.03	36.68	39.31	41.27	42.63	39.76	37.67
Stagno	d	38.35	52.1	78.371	127.463	186.213		
	HV	19.2	17.2	15.1	11.4	10.7		
	HVC	7.964	8.712	9.395	8.422	8.629		

Nelle Tabella IV e V sono riportati i dati misurati. Nelle colonne da 2 a 8 sono riportati, per ogni materiale, i valori in μm della media di almeno quattro misure indipendenti Vickers (d) o Knoop (l), del relativo valore di microdurezza (HV o HK), del valore di microdurezza calcolato (HVC o HKC) dopo aver apportato una correzione per il ritiro elastico secondo quanto verrà illustrato nella nota di M. Franzini, M. Troysi [5].

TABELLA V.

Microdurezza Knoop per carichi compresi fra 15 (g) e 500 (g).

		15	25	50	100	200	300	500
Acciaio 2	1	17.85	23.23	33.25	47.70	68.95	85.12	110.83
	HK	673	659	641	622	594	585	575
	HKC	530.6	547.6	561.9	567.5	557.2	555.2	552.3
Acciaio 1	1	18.2	23.75	33.9	49.75	71.55	88.3	114.6
	HK	648	631	616	572	552	544	538
	HKC	493.7	510.6	530.4	515.9	513.2	512.5	513.8
Meteorite	1	26.26	33.775	49.4	71.675	102.5	125.84	159.1
	HK	311	312	290	276	269	268	279
	HKC	271.32	280.16	269.60	261.91	259.43	259.93	272.61
Blenda	1	30.9	40.74	58.7	85.61	121.63	153.75	206.23
	HK	225	214	206	193	191	179	166
	HKC	144.48	152.03	160.98	162.89	169.09	162.75	154.42
Fluorite	1	33.55	46.68	68.08	96.7	143.56	178.16	
	HK	191	163	153	151	137	134	
	HKC	123.3	118.3	121.8	128.8	122.7	122.1	
Ottone	1	30.667	43.4	61.65	88.6	128.4	158.9	205.63
	HK	228	189	186	180	171	168	167
	HKC	166.4	150.4	158.3	160.8	158.2	157.3	158.8
Alluminio	1	43.775	56.0	77.10	109.2	154.825	189.3	
	HK	112	113	119	119	118	118	
	HKC	117.5	117.8	122.5	121.1	119.5	119.6	
Rame	1	42.98	54.025	79.37	111.725	160.27	199.325	
	HK	116	122	112	113	110	107	
	HKC	98.68	106.96	102.79	106.40	105.16	102.89	
Galena	1	54.2	71.58	103.65	149.1	211.40		
	HK	73.0	69.4	65.9	63.7	63.2		
	HKC	60.50	60.12	59.62	59.37	60.14		
Magnesio	1	61.5	79.15	113.625	158.63			
	HK	57	57	55	56			
	HKC	56.02	56.24	54.50	56.01			

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. GOTTARDI (1951) - *Contributo allo studio della microdurezza nella calcite*. «Mem. Soc. Tosc. Sc. Nat.», Serie A, 58, 161-172.
- [2] F. KNOOP, C. G. PETERS and W. B. EMERSON (1939) - *A sensitive pyramidal-diamond tool for indentation measurements*. «Jour. Res. Nat. B. Stand.», RP 1220, 23, 39-61.
- [3] M. FRANZINI (1966) - *Ricerche sulla microdurezza dei minerali. I. Blenda, Galena, Pirite*. «Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.», Serie A, 73, 182-191.
- [4] M. FRANZINI and M. TROYSI (1979) - *Macrohardness derivation from microhardness measurements*. «Rend. Acc. Naz. Lincei», Ser. VIII, in corso di stampa.
- [5] M. FRANZINI e M. TROYSI (1979) - *L'effetto del ritiro elastico dell'impronta nelle misure di microdurezza Vickers e Knoop. II. Discussione e interpretazione dei dati*. «Rend. Acc. Naz. Lincei», Ser. VIII, in corso di stampa.
- [6] S. BONATTI, M. FRANZINI and L. SCHIAFFINO (1970) - *The Bagnone meteorite*. «Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.», Serie A, 77, 123-133.