

A T T I
DELLA
SOCIETÀ TOSCANA
DI
SCIENZE NATURALI
RESIDENTE IN PISA

MEMORIE - SERIE A

VOL. LXXXIII - ANNO 1976

I N D I C E

	Pag.
ANDRI E., DE ASMUNDIS C., FANUCCI F. - Il problema della ricristallizzazione delle facies micritiche	1
MENESINI E. - Studio della variabilità di <i>Balanus perforatus perforatus</i> BRUGUIÈRE (cl. Cirripedia, Ord. Thoracica) in popolazioni fossili e viventi	» 15
LEONI L., PETRACCO C. - Ricerche sulla microdurezza dei silicati. III - Alcuni nesosilicati e sorosilicati	» 53
LEVI-MINZI R., RIFFALDI R. - Ulteriori indagini sulle reazioni Cd-acido umico	» 74
RADI G. - La Tecchia della Gabellaccia (Carrara). Note paleontologiche	» 81
DE POMPEIS C., AGRIPPA C. - Un insediamento dell'età del bronzo lungo il tratturo prospiciente San Clemente a Casauria	» 103
LEONI L., PALASCIANO A., TROYSI M. - Ricerche sulla microdurezza dei silicati. III - I granati	» 110
BOSSIO A., EL-BIED RAKICH K., GIANNELLI L., MAZZEI R., RUSSO A., SALVATORINI G. - Corrélation de quelques sections stratigraphiques du miopliocène de la zone atlantique du Maroc avec les stratotypes du bassin Méditerranéen sur la base des Foraminifères planctoniques, Nannoplancton calcaire et ostracodes	» 121
MENICAGLI R., PICCOLO O., LARDICCI L. - New optically active naphthalene derivatives: absolute configurations of 2-methyl-3- and 2,2-dimethyl-3-(α - and β -naphthyl)-butanes	» 138
MONTEFORTI B. - La « zona di Berceto » nell'evoluzione tettonica dell'Appennino settentrionale dal Paleocene al Pliocene	» 142
ORLANDI P. - La datolite del Monte Dragnone e i minerali che la accompagnano	» 165
ORLANDI P. - Il granato di M.te Ferrato e i minerali che lo accompagnano	» 170
PITTI C., SORRENTINO C., TOZZI C. - L'industria di tipo Paleolitico superiore arcaico della grotta La Fabbrica (Grosseto). Nota preliminare	» 174
LEONI L., MELLINI M., SANTACROCE R. - Na-rich alkali-feldspar phenocrysts from metaluminous and peralkaline silicic volcanic rocks	» 202
ORLANDI P., BIANCHI G. - Nota di mineralogia toscana - I minerali delle geodi dei marmi di Carrara	» 220
LANDINI W. - Osservazioni sulle placche faringee di alcuni labridi del Pliocene della Toscana	» 230
MENESINI E. - Studio di una Malacofauna del Pliocene medio del Bacino della Fine (Toscana Marittima): osservazioni paleoambientali	» 251
Conto rendite e spese anno 1975	» 273
Elenco dei Soci per l'anno 1976	» 275

L. LEONI, C. PETRACCO (*)

RICERCHE SULLA MICRODUREZZA DEI SILICATI. III - ALCUNI NESOSILICATI E SOROSILICATI

Riassunto — E' stata misurata la microdurezza Vickers di 36 campioni di silicati rappresentativi di 19 specie mineralogiche appartenenti ai nesosilicati e di 5 specie mineralogiche appartenenti ai sorosilicati.

Per ogni campione sono state eseguite misure in diverse orientazioni cristallografiche perfettamente definite.

La riproducibilità delle misure è confermata dalla deviazione standard di ogni singola determinazione definita in $\pm 0,158 \mu\text{m}$.

Le microdurezze Vickers risultano in buon accordo, ad eccezione della titanite e della cianite, con i valori di durezza Mohs.

Si svolgono alcune considerazioni sull'importanza del ritiro elastico in rapporto alla microdurezza.

Abstract — Measurements were made of the Vickers microhardness on 36 samples of silicates, representing 19 mineralogic species belonging to the nesosilicates and 5 mineralogic species belonging to the sorosilicates.

Each sample was measured in different perfectly defined crystallographic directions.

The standard deviation for each measurement was calculated as $\pm 0.158 \mu\text{m}$.

The Vickers microhardness proved to be in good agreement with the Mohs hardness values except for titanite and cyanite.

Some considerations are then made on the importance of the elastic contraction with respect to the microhardness.

PREMESSA

La durezza alla penetrazione dei minerali, misurata con carichi piccoli (da 15 a 300 grammi), che indicheremo nel seguito come microdurezza, è diventata importante elemento diagnostico so-

(*) Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Pisa. Centro di Geologia strutturale e Dinamica dell'Appennino. C.N.R.

prattutto per i minerali opachi. Ben pochi invece sono i dati relativi ai silicati sia per la maggiore difficoltà di misurare la microdurezza di questi minerali sia per la sua scarsa applicazione a livello diagnostico.

Da tempo tuttavia è stata iniziata una ricerca (C. PETRACCO [1974], L. LEONI et Al., [1975], [1976]) sulla microdurezza dei silicati allo scopo di affinare i dati, tuttora in uso, della scala di Mohs e di studiare le relazioni esistenti fra durezza, tipo di struttura dei silicati e loro composizione chimica.

In questa nota viene riportata una ampia serie di misure su nesosilicati e su alcuni sorosilicati. Nel corso della ricerca è stato svolto anche un notevole lavoro metodologico ai fini di definire con una certa sicurezza l'attendibilità dei dati ottenuti. Si svolgono infine alcune considerazioni sui valori misurati nei diversi minerali, con particolare riferimento alle relazioni esistenti fra microdurezza e durezza Mohs.

METODOLOGIA SPERIMENTALE

E' stata misurata la microdurezza Vickers per mezzo di un apparecchio Durimet Leitz. Le misure sono state eseguite tutte con carico di 100 grammi. Eseguire misure con un solo carico non permette di valutare l'eventuale ritiro elastico dell'impronta (M. FRANZINI [1966], C. PETRACCO [1974]) e quindi di calcolare un valore estrapolato di « macrodurezza ».

Come sarà meglio specificato in una successiva nota, ancora in fase di preparazione, nei silicati è difficile valutare il ritiro elastico dell'impronta da misure eseguite con carichi diversi dato che si ottengono facilmente, anche con carichi non troppo elevati, impronte fratturate che rendono vano ogni tentativo di ricostruzione di un possibile valore di macrodurezza.

Si è preferito pertanto operare a peso costante, ricercando piuttosto una buona riproducibilità delle misure.

Il durimetro è stato regolato in modo tale che la discesa della punta di diamante avesse luogo in un tempo di 15 secondi. Prima di rialzarla si è atteso un ulteriore intervallo di 15 secondi. Le impronte sono state sempre misurate appena eseguite. Ogni valore riportato rappresenta la media di quattro o cinque misure eseguite su impronte perfettamente riuscite. Impronte mal riuscite o poco nitide sono state scartate e ripetute.

RIPRODUCIBILITÀ DELLE MISURE

Considerato che nel corso di questo lavoro i minerali esaminati hanno valori di durezza compresi in un intervallo abbastanza ristretto, e che pertanto anche le dimensioni delle impronte sono comprese in un intervallo abbastanza ristretto, per la valutazione del grado di precisione tutte le misure sono state considerate omogenee.

Si sono prese in esame 591 misure corrispondenti a 132 serie di misure ripetute quattro o cinque volte. Per ogni serie di misure sono state calcolate le differenze fra la media delle quattro (o cinque) misure e le singole misure. La frequenza delle differenze osservate fra media e singole misure è riportata nella tabella 1.

Sulla base di tali frequenze è stato costruito il grafico in figura 1.

Lo scarto quadratico medio è stato calcolato come:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i)^2 f(x_i)}{\sum f(x_i) - 1}}$$

dove (x_i) è lo scarto assoluto e $f(x_i)$ la sua frequenza. Dai dati della tabella si ottiene $\sigma = \pm 0,317 \mu\text{m}$. La tabella n. 1 e la figura n. 1 mettono in evidenza che nell'intervallo $\pm \sigma$ ricadono 450 valori (cioè circa il 77%) contro i teorici 404, corrispondenti al 68,3%.

Nell'intervallo $\pm 2 \sigma$ rientrano 561 valori (teorici 564 pari al 95,5%). Nell'intervallo $\pm 3 \sigma$ rientrano 586 valori (teorici 589 pari al 99,7%).

Si può quindi ritenere più che giustificato assumere il valore di $\pm \sigma = 0,317 \mu\text{m}$ come scarto quadratico medio della singola misura. Per i valori rappresentanti la media di almeno quattro misure, lo scarto quadratico medio sarà uguale (o minore) a $\pm 0,158 \mu\text{m}$ dato dalla

$$\pm \sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{4}} .$$

Assumendo che il valore calcolato di $\pm 0,158 \mu\text{m}$ sia indipendente dalle dimensioni dell'impronta (ipotesi verificata se le di-

Tab. I

		Scarti in valore assoluto												
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
freq.(-)			51	43	53	34	28	20	13	12	11	10	9	3
	46													
freq.(+)			35	44	32	26	23	18	13	6	11	8	5	4
totale		46	86	87	85	60	51	38	26	18	22	18	14	7
		Scarti in valore assoluto												
		0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20	1,30	1,50	
freq.(-)		5	1	1	1	1	1	1					1	
freq.(+)		4	4	3	2	3	2	1	1	1	1	1		
totale		9	5	4	3	4	2	1	1	1	1	1	1	

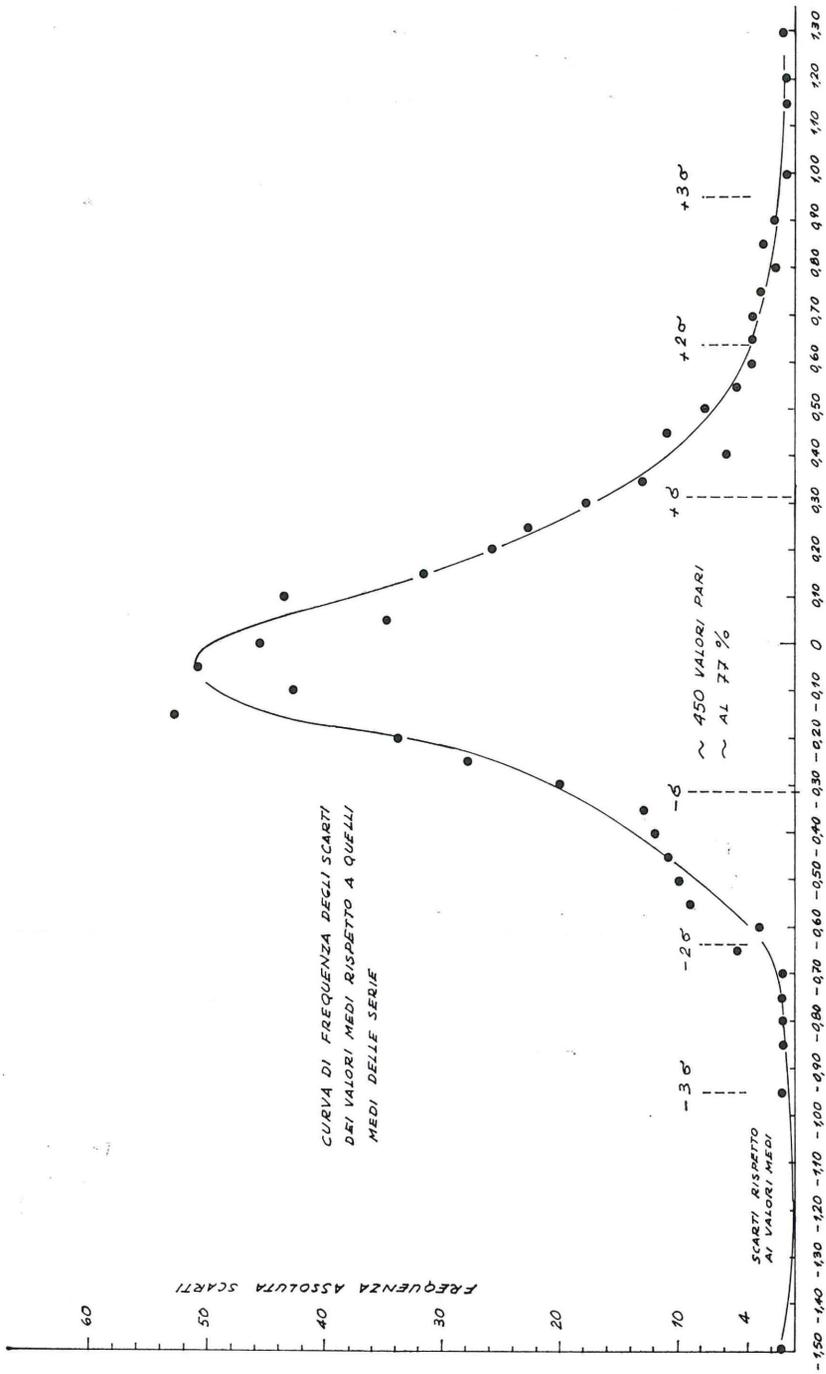


Fig. I

mensioni dell'impronta sono contenute in un intervallo abbastanza ristretto) si può trasformare l'errore di misura dell'impronta in errore assoluto sulla determinazione della microdurezza, in funzione del valore sperimentale riscontrato come risulta dal grafico di figura 2 (C. PETRACCO [1974]). Per esempio un valore di microdurezza misurato uguale a 1000 unità Vickers sarà affetto da una deviazione standard di circa ± 23 unità.

I CAMPIONI STUDIATI

I campioni studiati nel presente lavoro provengono tutti dal Museo dell'Istituto di Mineralogia e Petrografia della Università di Pisa. Sono stati selezionati scegliendo i più caratteristici per purezza, ricchezza di forme e presenza di facce speculari adatte per la misura di microdurezza. Le caratteristiche dei campioni sono brevemente riassunte nella tabella finale.

Quando possibile le misure sono state eseguite su facce naturalmente lucide del cristallo. In caso contrario si è proceduto ad una lucidatura superficiale con pasta diamantata, su piatto rotante, con panno sottile.

I campioni, spesso rappresentati da cristalli minuti, sono stati inglobati in gesso ponendo particolare cura ad assicurare il parallelismo fra la faccia da misurare ed il basamento del microscopio. La perpendicolarità che si consegue fra la faccia e l'asse del sistema ottico-meccanico è garantita quando, per traslazione del tavolino mobile, il campo visivo resta centralmente a fuoco al massimo ingrandimento (400 X).

Per alcuni campioni, si veda la tabella riassuntiva, sono state effettuate misure in spettro di polvere a raggi X per accertarne l'esatta composizione.

Quando possibile le misure di microdurezza sono state eseguite, per ogni campione, su più facce appartenenti a forme diverse. L'orientazione dell'impronta su ogni faccia è definita dall'indicazione di una direzione di spigolo parallelo alla faccia. La misura a è stata eseguita con la diagonale dell'impronta quadrata, e la misura b con il lato dell'impronta, paralleli alla direzione di spigolo indicata.

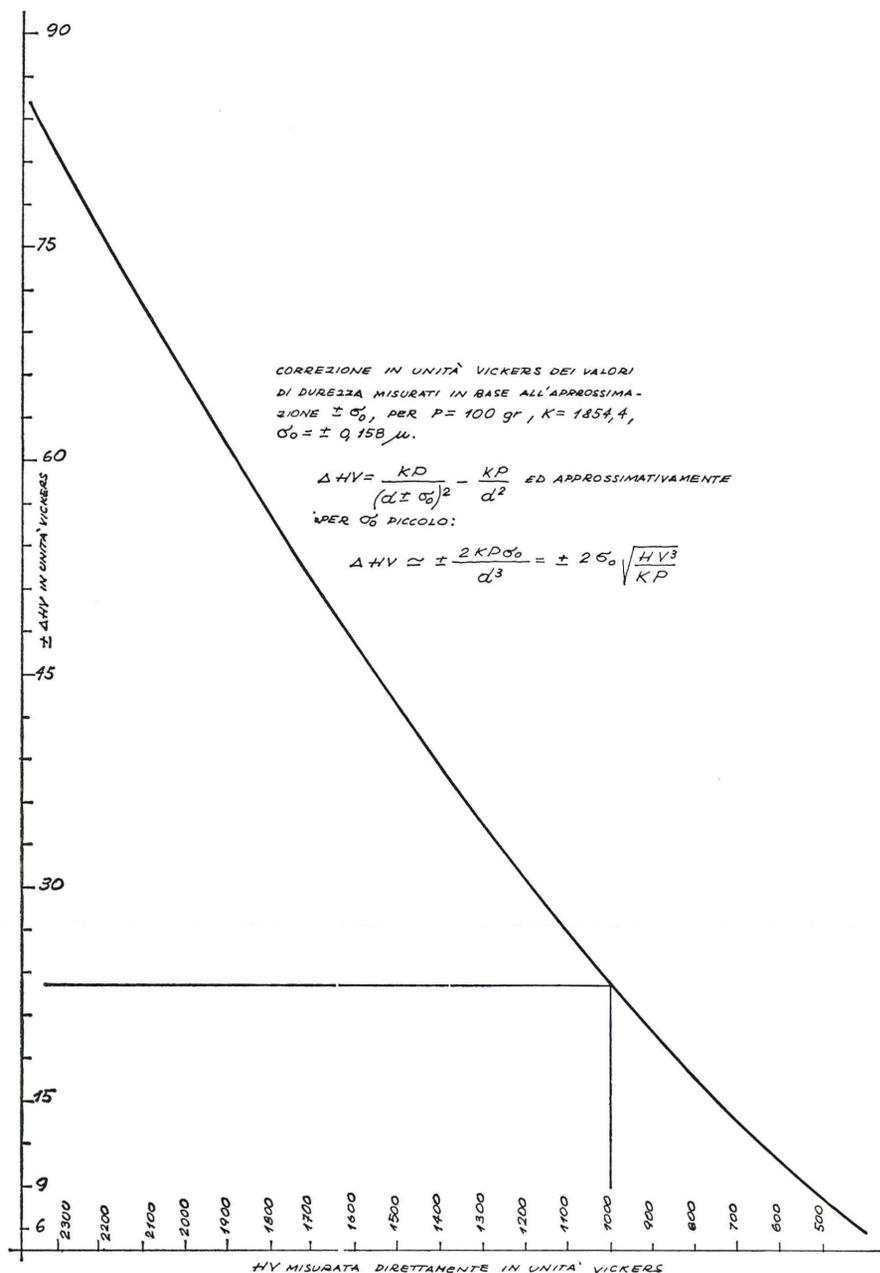


Fig. 2

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Il confronto fra le coppie di dati relative a misure in orientazione a e b mettono in evidenza che talvolta i due dati sono uguali, nei limiti degli errori sperimentali, mentre talvolta sono significativamente differenti. Per esempio fenacite, faccia (1120), (1625-1514); olivina, faccia (010), (1157-1036), ecc..

Per come è definita la durezza alla penetrazione (rapporto fra carico e superficie dell'impronta di penetrazione) queste divergenze non avrebbero ragioni teoriche di sussistere.

Nella pratica, tuttavia, non si misura la reale superficie dell'impronta bensì le sue diagonali (cioè la proiezione sul piano degli spigoli dell'impronta piramidale) le quali, a causa delle deformazioni dell'impronta successive al ritiro della punta di diamante, non permettono in generale di valutare la reale superficie dell'impronta nel momento di massima penetrazione del diamante.

Per semplicità di interpretazione si immagini che nella generazione di impronte di microdurezza si abbiano soltanto fenomeni di deformazione elastica e plastica. Infatti quando si supera la resistenza alla rottura, cioè quando l'impronta di penetrazione è associata a fratture create nel mezzo dalla penetrazione del diamante, la misura della microdurezza è scarsamente riproducibile e l'interpretazione dei dati misurati a carico diverso diventa, in tali circostanze, assai difficile se non del tutto impossibile.

Pertanto, assumendo soltanto deformazioni elastiche e plastiche, si può ammettere che la penetrazione della punta piramidale prosegua fin tanto che non si raggiunga una superficie di penetrazione di ampiezza tale da garantire l'equilibrio fra carico della punta e forze elastiche del mezzo. In questa ipotesi semplificata, al sollevamento della punta di diamante corrisponde un ritiro dell'impronta il cui valore è, in prima approssimazione, indipendente dalle dimensioni della impronta stessa.

In un mezzo isotropo il ritiro della impronta porta come conseguenza che la microdurezza misurata risulta tanto più piccola quanto maggiore è il carico cioè quanto maggiore è la dimensione dell'impronta. Difatti il ritiro, ammesso costante, è percentualmente tanto più significativo quanto più piccola è l'impronta.

La misura di due impronte eseguite a carico diverso consente, in teoria (M. FRANZINI [1966]), il calcolo del ritiro elastico e quindi la valutazione delle dimensioni teoriche raggiunte dal-

l'impronta nel momento di massima penetrazione della punta. La microdurezza calcolata, utilizzando queste dimensioni teoriche dell'impronta, esente quindi da fenomeni di ritiro elastico, è indipendente dal carico impiegato e verrà indicata con il termine di « macrodurezza » anche se, probabilmente, soprattutto nel caso di monocristalli, essa non corrisponde alla macrodurezza in senso proprio (alla durezza cioè misurata con carichi molto elevati) a causa dei fenomeni di frattura quasi sempre presenti quando si usino carichi elevati.

Il termine di macrodurezza verrà quindi utilizzato di seguito con il significato come sopra attribuito.

Quanto ora detto può essere esteso ai corpi anisotropi, portando a giustificare le differenze osservate fra coppie di misure eseguite su di una stessa faccia ma in diversa orientazione.

Supponiamo, per semplicità di rappresentazione, di misurare un minerale nel quale le forze elastiche residue abbiano, nel piano della faccia misurata, una distribuzione anisotropa, con simmetria di ordine 4, vedi fig. 3. L'impronta, quadrata, nel momento di massima penetrazione del diamante (linea tratteggiata), risulterà diversamente deformata (linea intera) a seconda dell'orientazione dell'impronta rispetto alla distribuzione delle forze elastiche. Nei due casi limite rappresentati in figura (impronte ruotate di 45° una rispetto all'altra) la misura delle diagonali porterà a sottostimare (fig. 3 b) o a sovrastimare (fig. 3 c) la superficie stessa e quindi a calcolare due diversi valori di microdurezza per le due orientazioni.

Ne consegue che solo le macrodurezze calcolate per estrapolazione (M. FRANZINI [1966], C. PETRACCO [1974]) saranno uguali nelle due orientazioni. E' questa una verifica che non è stata effettuata nel corso di questa ricerca ma che sarà ripresa in un prossimo lavoro.

Quanto rilevato per una anisotropa distribuzione, con simmetria di ordine 4, delle forze elastiche residue è vero — generalmente — anche per altre simmetrie: le deformazioni della impronta saranno peraltro di tipo diverso. Il fenomeno ora descritto può divenire imponente in casi eccezionali, nei quali d'altronde sussiste una ben nota forte anisotropia delle proprietà meccaniche del mezzo. Ad esempio per la faccia (100) della cianite, si sono ottenuti valori di 1268 e 1583 unità Vickers.

Per i motivi esposti è evidente che la media dei valori otte-

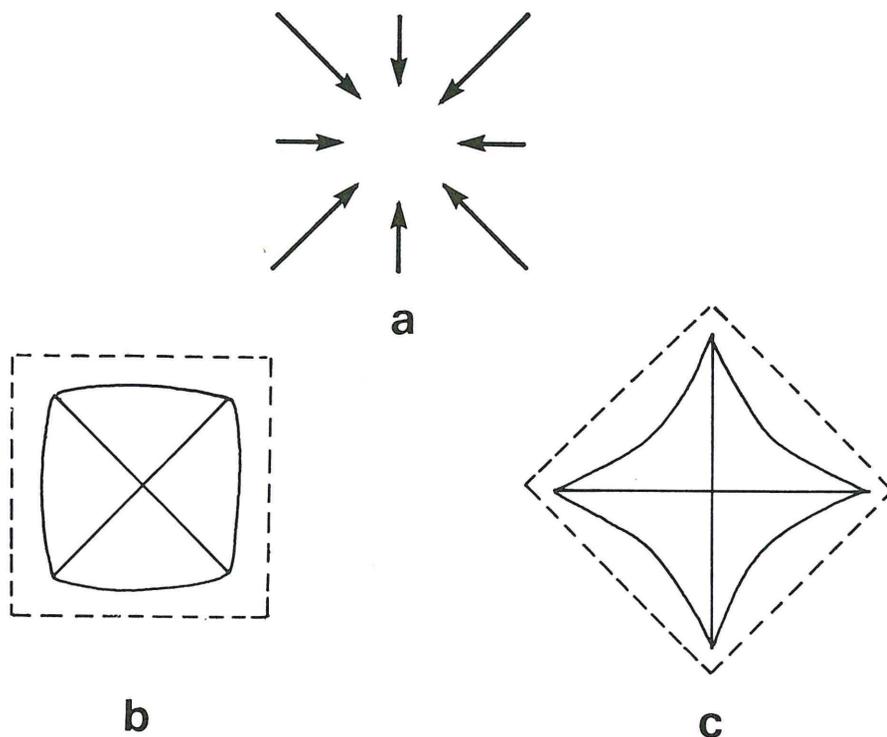


Fig. 3

nuti nelle due orientazioni è abbastanza rappresentativa del reale valore di durezza (per quel carico) della faccia esaminata.

Il confronto fra le durezze medie (media delle misure *a* e *b*) di faccie diverse di uno stesso cristallo mette in evidenza che talvolta le diverse misure sono uguali, nei limiti degli errori sperimentali, ma che più frequentemente sono significativamente differenti. Le differenze osservate non sembra siano riconducibili alla sola anisotropia delle forze elastiche residue ma ad una vera anisotropia della proprietà fisica microdurezza, anche se per garantire questa constatazione sarebbe evidentemente più corretto confrontare valori di macrodurezza estrapolata che non risentono delle forze elastiche residue, ovvero in cui tali forze sono relativamente trascurabili.

Tabella 2

Termini MOHS	Indici MOHS	M.M.KHRUSHCHOV et Al. [1950]	E.M.ONITSCH [1948]	S.D.DMITRIEV [1951]	E.W.TAYLOR [1949]
Talco	1	2,4	29	10 - 11	47
Gesso	2	36	73	39 - 90	60
Calcite	3	109	206	145 - 165	105 - 136 - 145
Fluorite	4	189	220	175 - 260	175 - 200
Apatite	5	536	588	550 - 690	659
Ortose	6	795	880	780 - 850	714
Quarzo	7	1120	1142	1200 - 1460	1103 - 1260
Topazio	8	1427	1220	1800 - 2000	1648
Corindone	9	2060	2040	2050 - 2200	2085
Diamante	10	10060			

La fig. 4 riporta in modo schematico l'insieme dei dati misurati. Le due linee tratteggiate, costruite sulla base dei dati della tab. 2, rappresentano il campo di variabilità delle durezza Vickers riportate in letteratura per i termini della scala di Mohs. I dati della letteratura sono peraltro di qualità assai varia e mancano

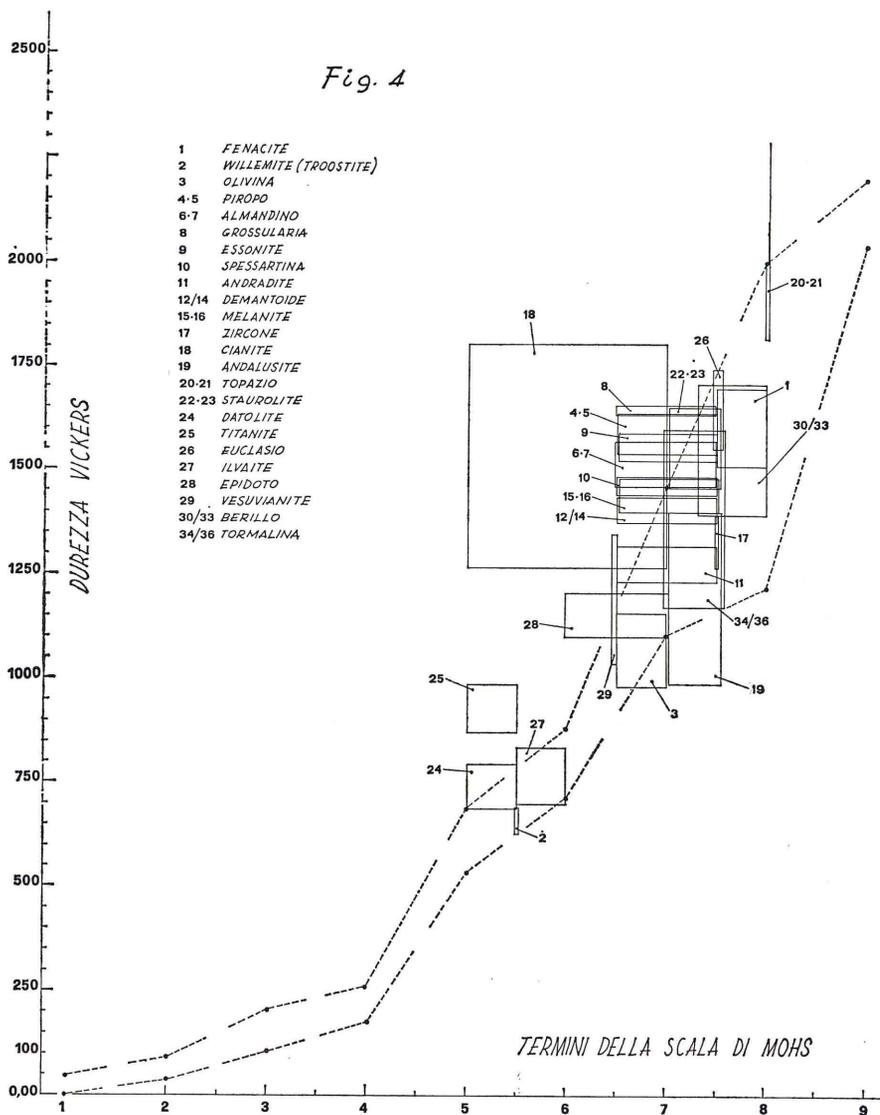


Fig. 4

TAB. 3 - Microdurezza di nesasilicati e sarasilicati.

NESOSILICATI

№	MINERALE	LOCALITÀ DI PROVENIENZA	CARATTERISTICHE MINERALOGICHE	FACCIA	ORIENTAZ.	DUREZZA VICKERS
1	FENACITE	MINAS GERAES (BRASILE)	CRISTALLO DI ABITO PRISMATICO, TOZZO, LIMPIDO E INCOLORE, DOTATO DI LUCENTEZZA ADAMANTINA. FORME PRESENTI: $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}3\}$, $\{10\bar{1}1\}$	$(11\bar{2}0)$ $(10\bar{1}0)$ $(11\bar{2}3)$ $(10\bar{1}1)$	$[0001]$ $[0001]$ $[\bar{1}\bar{2}1\bar{1}]$ $[0001]$	a 1625 b 1314 a 1656 b 1698 a 1547 b 1510 a 1560 b 1520
2	WILLEMITE (VAR. TROOSTITE)	FRANKLIN (NEW JERSEY)	CRISTALLO DI ABITO PRISMATICO DI COLORE ROSA ROSSICCIO. FORME PRESENTI: $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{011\bar{2}\}$. IL MINERALE È IMPIANTATO SU MATRICE E PERMETTE LA MISURA DELLA SOLA FACCIA. $(11\bar{2}0)$	$(11\bar{2}0)$	$[0001]$	a 689 b 627
3	OLIVINA	MAILLARGUÉS CANTAL (FRANCIA)	DEL CRISTALLO DI COLORE VERDE OLIVA, DOTATO DI LUCENTEZZA VITREA, MOSTRA LA COMBINAZIONE DEI PRISMI $\{110\}$ E $\{021\}$ CON IL PINACCOIDE $\{010\}$. DA UNO SPETTRO DI POLVERE È RISULTATO CONTENERE ~ 90% DI FORSTERITE.	(110) (021) (010)	$[00\bar{2}]$ $[\bar{1}\bar{1}2]$ $[00\bar{1}]$	a 1020 b 983 a 1001 b 1081 a 1157 b 1036
4	PIROPO	YASKO (UNGHIERA)	CRISTALLO DI CIRCA CM. 1,5, DI COLORE ROSSO CUPO. L'UNICA FORMA PRESENTE È IL TRAPEZIOEDRO.	(211)	$[\bar{2}0\bar{1}]$	a 1557 b 1519

(segue tab. 3)

5	PIROPO	VASKO (UNGHERIA)	CRISTALLO DI CIRCA CM. 2,0, DI COLORE ROSSO CUPO. FORME PRESENTI {110}, {211}	(110)	[111]	a b	1543 1559
6	ALMANDINO	SIBERIA	CRISTALLO DI CIRCA CM. 1,5, DI COLORE ROSSO VIOLEGGIO. UNICA FORMA PRESENTE: {110}	(110)	[111]	a b	1639 1576
7	ALMANDINO	TIROLO (ALPI)	CRISTALLO DI CIRCA CM. 3,5, DI COLORE ROSSO BRUNO. UNICA FORMA PRESENTE: {110}	(110)	[111]	a b	1550 1572
8	GROSSULARIA	GUERRERO (MESSICO)	CRISTALLO DI CIRCA CM. 1,5, DI COLORE ROSA GAROFANO, DI FORMA ROMBODECAEDRICA.	(110)	[001]	a b	1657 1636
9	ESSONITE	ALPE DELLA MUSSA (VAL D'ALA)	BELLISSIMI CRISTALLI DI COLORE ROSSO GIACINTO. FORME PRESENTI {110}, {211}	(110)	[111] [131]	a b c	1578 1523 1590 1557
10	SPESSARTINA	S. PIETRO IN CAMPO (ELBA)	DISCRETI CRISTALLI DI COLORE GIALLO BRUNO. UNICA FORMA PRESENTE: {110} LE IMPRONTE SI PRESENTANO MOLTO FRATTURATE PER CUI LE MISURE SONO POCO ATTENDIBILI.	(110)	[111]	a b	1440 1484
11	ANDRADITE	VASKO (UNGHERIA)	CRISTALLI MOLTO PICCOLI, DI COLORE ROSSO BRUNO, FORME PRESENTI: {110}, {211} LE IMPRONTE SONO ASSOCIATE A FENOMENI DI FRATTURAZIONE SPECIE SULLA {110}, CHE RENDONO DIFFICOLTA LA DETERMINAZIONE DELLA MICRODUREZZA.	(110)	[111]	a b	1319 1255
12	DEMANTOIDE	VAL MALENGO	CRISTALLO DI CIRCA CM. 1, DI COLORE VERDE BRUNASTRO. FORME PRESENTI {100}, {110}, {111}	(100)	[001]	a b	1374 1387
				(110)	[001]	a b	1430 1394

(segue tab. 3)

13	DEMANTOIDE	VAL MALENCO	CRISTALLO DI CIRCA CM. 1, DI COLORE VERDE GIALLIGNOLO. DI FORMA NETTA, ROMBO DODECAEDRICA.	(111)	[111]	a b	1395 1435
14	DEMANTOIDE	ROTHORN VALLESE	BEI CRISTALLINI DI COLORE VERDE SHERALDO, DI FORMA DISTINTA ROMBO DODECAEDRICA. QUESTO CAMPIONE PRESENTA IMPRONTE FRATTURATE ASSOCIATE AD ALONI PER CUI SI OTTENGONO APPROSSIMATI VALORI DI MICRODUREZZA.	(110)	[001]	a b	1430 1412
15	MELANITE	FRASCATI (LAZIO)	CRISTALLO DI CIRCA CM 0,5 DI COLORE NERO LUCENTE. FORME PRESENTI: {110}, {211}. NON SONO STATE ESEGUITE LE IMPRONTE SU QUEST'ULTIMA PER L'IMPOSSIBILITA' DI METTERE IN PIANO ALCUNA FACCE. QUELLE ESEGUITE SULLA FACCE DEL ROMBO DODECAEDRO PRESENTANO LATI MOLTO INCURVATI VERSO L'INTERNO DELLA DIAGONALE E FRATTURE DI SCARSA ENTITA' CHE PARTONO DAI VERTICI DELL'IMPRONTA.	(110)	[001]	a b	1405 1390
16	MELANITE	MELFI (BASILICATA)	CRISTALLO DI CIRCA CM 0,5, DI COLORE NERO LUCENTE. UNICO FORMA PRESENTE: {110}	(110)	[001]	a b	1412 1482
17	ZIRCONE	MASK (URALI)	CRISTALLO DI CIRCA CM. 2,0, DI COLORE ROSSO BRUNO. PRESENTA ABITO PRISMATICO BIPIRAMIDATO MOSTRA LA COMBINAZIONE DEI PRISMI {100} E {110} CON LA BIPIRAMIDE {111}.	(100)	[001]	a b	1332 1369
18	CIANITE	S. GOTTARDO	IN CRISTALLI DI COLORE AZZURRO BUIASTRO, DISTRIBUITO IRREGOLARMENTE AZONE BIANCASTRE. SI PRESENTANO ALLUNGATI SECONDO L'ASSE VERTICALE E SONO FORMATI DALLA COMBINAZIONE DEI PRISMAIDI {100}, {110} E {010}. PER QUANTO CONCERNE LE FORME {110} E {010} SI OTTENGONO IMPRONTE PERFETTAMENTE DEFINITE E CON LATI DIRITTI; LE IMPRONTE ESEGUITE SULLE FACCE DELLA FORMA {100} PRESENTANO NOTEVOLI FRATTURAZIONI NORMALMENTE ALL'ALLUNGAMENTO DEL MINERALE E CIO' SIA NELL'UNA CHE NELL'ALTRA ORIENTAZIONE.	(100)	[001]	a b	1310 1268
				(110)	[011]	a b	1392 1339
				(100)	[001]	a b	1268 1585
				(110)	[001]	a b	1807 1701
				(010)	[001]	a b	1626 1663

(segue tab. 3)

19	ANDALUSITE	LISENZ (TIRLOLO)	CRISTALLI DI CIRCA CM. 3,0, DI COLORE GIALLO VERDEGGIOLO ALLUNGATI SECONDO IL PRISMA $\{110\}$ CHE E' COMBINATO CON IL PINACCOIDE $\{001\}$	(110) [001]	[001] [110]	a b b	1397 1358 1081 988
20	TOPAZIO	BRASILE	CRISTALLO DI CIRCA CM. 3,0 DI COLORE GIALLO MIELE - PRESENTA ABITO PRISMATICO ASSAI PERFETTO, RICCO DI FACCE. MOSTRA LA COMBINAZIONE DEI PRISMI VERTICALI $\{110\}$, $\{120\}$, CON IL PRISMA $\{021\}$, CON LE BIPIRAMIDI $\{111\}$, $\{113\}$ E CON IL PINACCOIDE BASALE $\{001\}$; LUNGO LE FACCE DEI PRISMI SI NOTANO STRIATURE VERTICALI - LA FORMA $\{113\}$ NON PERMETTE MISURE PERCHE' NESSUNA DELLE FACCE PUO' ESSERE MESSA IN PIANO.	(110) (120) (021) (111) (001)	[110] [001] [212] [110] [010]	a b a b a b	2071 2110 2295 1904 1862 1902 1902 1865 1942 2000
21	TOPAZIO	BRASILE	CRISTALLO DI CIRCA CM. 2,5, DI COLORE ROSA - PRESENTA ABITO PRISMATICO TERMINATO AD UN SOLO ESTREMO E CON STRIATURE VERTICALI LUNGO LE FACCE DEI PRISMI - FORME PRESENTI: $\{110\}$, $\{120\}$, $\{221\}$.	(110) (120) (221)	[001] [001] [111]	a b a b	1912 1872 2060 1940 1820 1820
22	STAUROLITE	CONTEA DI FANNIN (GEORGIA)	CRISTALLO DI CIRCA CM. 2,5, GEMINATO A CROCE OBLIQUA, DI COLORE ROSSO BRUNO - I CRISTALLI SONO FORMATI DALLA COMBINAZIONE DEL PRISMA $\{110\}$ CON I PINACCOIDI $\{010\}$, $\{101\}$, $\{001\}$.	(110) (010) (01) (001)	[001] [001] [010] [100]	a b a b a b	1533 1596 1524 1565 1652 1636 1575 1482

(segue tab. 3)

23	STAUROLITE	CONTEA DI FANNIN (GEORGIA)	CRISTALLO DI CIRCA CM. 1.0, GEMINATO A CROCE OBLIQUA, DI COLORE ROSSO BRUNO - FORME PRESENTI: $\{110\}$, $\{010\}$, $\{001\}$.	(110)	[001]	a b	1532 1597
24	DATOLITE	ROSSENA (BOLOGNA)	CRISTALLO DI CIRCA CM. 0.5, IN COLORE F.LIMPI- DO. FORME PRESENTI: $\{110\}$, $\{010\}$, $\{012\}$. LE IMPRONTE ESEGUITE SU TUTTE LE FACCE ESAMINATE HANNO I LATI LEGGERMENTE INCURVATI VERSO L'ESTERNO DELL'IMPRONTA; SI NOTANO INOLTRE DELLE FRATTURE CHE PARTONO DAI VERTICI DELL'IMPRONTA.	(110)	[001]	a b	743 687
25	TITANITE	GRATTAN (CANADA)	CRISTALLO DI ABITO PSEUDO PRISMATICO PER IL PREVALENTE SVILUPPO DELLA $\{111\}$, DI COLORE BRUNO. - PRESENTA LE FORME: $\{111\}$, $\{110\}$, $\{001\}$	(111)	[110]	a b	922 928
26	EUCLASIO	VILLA RICA (BRASILE)	CRISTALLO DI COLORE VERDE PALLIDO; SI PRESEN- TA IN FORMA PRISMATICA ALLUNGATA E STRIATA NEL SENSO DELLA LUNGHEZZA. PRESENTA LE FORME: $\{120\}$, $\{010\}$, $\{111\}$, $\{100\}$ E $\{231\}$. LE IMPRONTE RELATIVE ALLA $\{001\}$ E $\{231\}$ NON RISULTANO BEN DEFINITE PER CUI LE DETER- MINAZIONI DI MICRODUREZZA SONO ASSAI INGERE- PER QUANTO CONCERNS LA $\{010\}$. SI OSSERVA NO IMPRONTE ASSOCIATE A FRATTURE, FATTO CHE NON GARANTISCE LA PRECISIONE DELLE MISU- RE.	(120)	[001]	a b	1748 1652
				(010)	[001]	a b	1680 1636
				(111)	[100]	a b	1552 1700

(segue tab. 3)

SOROSILICATI

1	ILVAITE ELBA	SI PRESENTA IN BEI CRISTALLI PRISMATICI DI COLORE NERO. FORME PRESENTI: $\{110\}$, $\{111\}$	(110)	[001]	a b	739 739
2	EPIDOTO UNTERSULZBACHTAL PINZGAU (TIROLO)	CRISTALLO MOLTO ALLUNGATO DI CIRCA 2 CM. DI LUNGHEZZA, DI COLORE VERDE CUPO QUASI NERO, DOTATO DI LUCENTEZZA VIREA. FORME PRESENTI: $\{100\}$, $\{102\}$, $\{101\}$, $\{001\}$ E $\{011\}$.	(100)	[001]	a b	1124 1072
3	YESUVIANITE FISSA (TIROLO)	IN CRISTALLI PRISMATICI TOZZI, DI COLORE GIALLO VERDE. FORME PRESENTI: $\{110\}$, $\{111\}$	(110)	[110]	a b	1104 1208
4	BERILLO MOURNE MOUNTAINS (IRLANDA)	CRISTALLO CON ABITO PRISMATICO DI COLORE VERDE CHIARO MARE. FORME PRESENTI: $\{100\}$, $\{0001\}$. LE IMPRONTE DELLA FORMA $\{0001\}$ PRESENTANO TRACCIATE LINEARI E CONCAVITÀ SPECIE PER LA DETERMINAZIONE b.	(100)	[0001]	a b	1256 1348
5	BERILLO BODENMAIS (BAVIERA)	CRISTALLO CON ABITO PRISMATICO DI CIRCA CM. 2,5, DI COLORE VERDE CHIARO, DOTATO DI SPLENDORE VITREO. E' CARATTERIZZATO DALL'ASSOCIAZIONE DI DUE PRISMI ESAGONALI ED E' TERMINATO AD UNA SOLA ESTREMITA'. FORME PRESENTI: $\{100\}$, $\{110\}$, $\{0001\}$. LE IMPRONTE RELATIVE ALLA FORMA $\{0001\}$ RISULTANO FRATURATE, INTERESSATE DA ALONI, E SONO QUINDI POCO ATTENDIBILI.	(100)	[0110]	a b	1520 ?
			(1070)	[0001]	a b	1540 1588
			(1120)	[0001]	a b	1548 1452
			(0001)	[0110]	a b	1392 1395

(segue tab. 3)

6	BERILLO (VAR. ^{ta} SMERALDO)	AUSTRALIA	CRISTALLO CON ABITO PRISMATICO DI CIRCA 3 CM. DI COLORE GIALLO VERDE OPACO, DI FORMA MOLTO SEMPLICE, COSTITUITO DA UN PRISMA ESAGONALE ALLUNGATO, TERMINATO AD UNA SOLA ESTREMITA'. FORME PRESENTI: $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$. LE IMPRONTE RELATIVE ALLA FORMA $\{0001\}$ RISPUNTONO FRATURATE, INTERESSATE DA ALG. NI, E SONO QUINDI POCO ATTENDIBILI.	(10 $\bar{1}0$) (0001)	[0001] [0110]	a b a b	1580 1508 1464 1480
7	BERILLO (VAR. ^{ta} SMERALDO)	URALI	CRISTALLO DI CIRCA 1 CM. DI COLORE VERDE SMERALDO. FORME PRESENTI $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$. LE IMPRONTE RELATIVE ALLA $\{0001\}$ RISULTANO FRATURATE E INTERESSATE DA ALONI; QUELLE A 45°. NON SONO DEFINIBILI.	(10 $\bar{1}0$) (0001)	[0001] [0110]	a b a b	1588 1580 1520 ?
	TORMALINA	ST. LORENZEN (STIRIA)	I CRISTALLI DI CIRCA CM.3, DI COLORE GIALLO BRUNO SONO COSTITUITI DAI PRISMI $\{11\bar{2}0\}$, $\{1010\}$ E SONO TERMINATI DALLA PIRAMIDE TRIGONALE DI 1° ORDINE $\{10\bar{1}1\}$; LE FACCE DELLA ZONA VERTICALE SONO LEGGERMENTE STRIATE PARALLELAMEN- TE ALL'ASSE. LE IMPRONTE RELATIVE ALLA $\{10\bar{1}1\}$ RI- SULTANO FRATURATE E POCO ATTENDIBILI.	(11 $\bar{2}0$) (1010) (10 $\bar{1}1$)	[0001] [0001] [0110]	a b a b a b	1440 1400 1445 1392 1448 1468

usualmente della indicazione del peso applicato e della orientazione della misura.

Ogni specie minerale studiata in questo lavoro è rappresentata da un rettangolo con base uguale all'intervallo di durezza Mohs dato dalla letteratura e con altezza uguale all'intervallo di durezza misurato in unità Vickers.

Le durezze Vickers definite per i diversi minerali evidenziano una buona concordanza con i relativi valori Mohs ad eccezione della cianite e della titanite.

Per la cianite è utile ricordare che la forte anisotropia riscontrata in prove di microdurezza si manifesta anche nelle determinazioni secondo Mohs: è pertanto difficile confrontare le misure ottenute con i due diversi metodi. Per la titanite non è possibile, per ora, fornire spiegazioni attendibili salvo l'eventuale presenza di cationi estranei (C. PETRACCO [1974]).

CONCLUSIONI

Dai risultati conseguiti risulta che una corretta valutazione della durezza Vickers di un silicato richiede una certa perizia tecnica nell'esecuzione della misura; questa ultima inoltre ha senso solo se eseguita con carico ed orientazione noti.

E' confermata una corrispondenza di massima fra durezza Vickers e Mohs con due eccezioni rappresentate dalla cianite e dalla titanite.

Nel corso della ricerca è emersa la necessità di approfondire alcuni aspetti strettamente legati alla tecnica di misura. Certamente il fattore più importante che richiede ancora ulteriori chiarimenti è il ritiro anisotropo della impronta dovuta alla presenza di forze elastiche residue.

BIBLIOGRAFIA

- DMITRIEV S. D. (1951) - Anisotropy of microhardness and the microhardness of halide compounds of monovalent alkali metals. Transactions of the conference on microhardness (Trudy Soveshch. po mikrotverdsti). *Akad. Nauk SSSR*.
- FRANZINI M. (1966) - Ricerche sulla microdurezza dei minerali. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Serie A*, **73**, 1-2.

- KHRUSHCHOV M. M. (1950) - Microhardness and hardness according to Mohs and its hardnes grades. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **72**, n. 4.
- LEONI L., TROYSI M. (1975) - Ricerche sulla microdurezza dei silicati. I - Gli epidoti. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.*, Serie A, **81**, 397-403.
- LEONI L., TROYSI M. (1976) - Ricerche sulla mirodurezza dei Silicati. II - Le tormaline. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.*, Serie A, in corso di pubblicazione.
- ONITSCH E. M. (1948) - Über die Mikrohärtte der Metalle und Mineralien, *Berg.-u. hüttenmänn. Jb.* **93**, 7-12.
- PETRACCO C. (1974) - La microdurezza dei silicati. *Tesi, corso di laurea in Sci. Geolog. Università di Pisa, Anno Acc. 1972-73*, pp. 100, 2 ff, 12 tabb. fuori testo.
- TAYLOR E. W. (1949) - Correlation of Mohs scale of the hardness with the Vickers hardness numbers. *Am. Min.* **28**, 718-721.

(ms. pres. l'1 aprile 1976; ult. bozze il 12 ottobre 1976).