

A. CECCHINI, C. GRATZIU (*)

LA MICRODUREZZA DEL BERILLO

Riassunto — Vengono riportati i valori di microdurezza Vickers e Knoop relativi a 7 campioni di berillo provenienti da località diverse.

I risultati ottenuti permettono di proporre il berillo come termine di riferimento per la proprietà in questione; viene anche attribuito un valore definito di microdurezza estrapolata media per la forma $\{10\bar{1}0\}$ e per la $\{0001\}$

Abstract — *Beryl microhardness.* Vickers and Knoop microhardness values for 7 samples of beryl from different occurrences are reported; mean extrapolated values for the forms $\{10\bar{1}0\}$ (HVE = 1292, HKE = 940) and $\{0001\}$ (HKE = 796) are derived.

The high reliability these data allows to propose beryl as a good reference term in a microhardness indentation scale.

Key words — Microhardness indentation, beryl.

PREMESSA

Nell'ambito delle ricerche volte alla definizione di minerali atti ad essere utilizzati come termini di riferimento per la microdurezza alla penetrazione, si riportano i dati ottenuti misurando i valori di microdurezza Vickers e Knoop su 7 campioni di berillo di località diverse.

I campioni esaminati provengono tutti dal Museo di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Pisa. Le loro caratteristiche sono schematicamente descritte in tabella 1.

MISURE DI MICRODUREZZA

Le misure sono state effettuate su facce delle forme $\{10\bar{1}0\}$ e $\{0001\}$.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa.

Tabella 1

| Campione | N. Collezione | Località | Caratteristiche macroscopiche |
|----------|---------------|---------------------------------|--|
| 1 | 2894 | Bodenmais (Baviera) | Cristallo di colore azzurro, abito prismatico, lungo circa 3 cm. Forma presente: {10 $\bar{1}$ 0} |
| 2 | 181 | Australia | Cristallo di colore giallo, abito prismatico, lungo circa 2.5 cm. Forma presente: {10 $\bar{1}$ 0} |
| 3 | 79 | Massachusetts (U.S.A.) | Cristallo di colore azzurro-verde, abito prismatico, lungo circa 4 cm. Forme presenti: {10 $\bar{1}$ 0}; {0001}. |
| 4 | 3104 | Brasile | Cristallo di colore verde, abito prismatico, lungo circa 1.8 cm. Forma presente: {10 $\bar{1}$ 0} |
| 5 | 2884 | San Piero in Campo (Elba) | Frammento di cristallo di colore rosato, ad abito prismatico di cui è conservata la sola faccia basale. Forma presente: {0001} |
| 6 | 4616 | Sierra Albarrama (Andalusia) | Cristallo di colore giallo, abito prismatico, lungo circa 4 cm. Forma presente: {10 $\bar{1}$ 0} |
| 7 | 2906 | Bogotà | Cristallo di colore verde, abito prismatico, lungo circa 1.8 cm. Forma presente: {10 $\bar{1}$ 0} |

Per motivi di simmetria, sulle facce misurate, sono state scelte — come orientazioni indipendenti delle impronte Vickers e Knoop — quelle indicate nella figura 1.

Le misure riportate nel seguito sono la media di almeno 4 impronte ottenute utilizzando lo stesso peso; nelle tabelle 2 e 3 sono riportati i valori delle diagonali osservate nonché i relativi valori di HV e HK.

Le impronte sul berillo risultano normalmente nitide, ben misurabili, riproducibili (la deviazione standard del valore medio di 4 misure indipendenti risulta di $0.3 \mu\text{m}$ per le misure Vickers e di $1 \mu\text{m}$ per le misure Knoop). Fanno eccezione le impronte eseguite sulla base che risultano, per tutti i carichi, fortemente fratturate tanto che i dati raccolti possono essere ritenuti soltanto indicativi.

In tabella 4 vengono riportati i valori di microdurezza estrapolata, di ritiro elastico e di deviazione standard ricavati utilizzando il modello proposto da M. FRANZINI, M. TROYSI (1978). La scelta di tale modello è dettata dal fatto che i valori di microdurezza in funzione del carico risultano disposti secondo un unico allineamento.

Per le misure Vickers su facce $\{0001\}$ i calcoli forniscono un valore di σ negativo, privo di significato fisico, confermando quanto già detto nel descrivere le misure. I valori vengono riportati in tabella 4 fra parentesi come dati puramente indicativi.

Per le misure Knoop — orientazione a — del campione U.S.A., forma $\{10\bar{1}0\}$, i calcoli forniscono una deviazione standard sui valori ricalcolati HKC — M. FRANZINI, M. TROYSI (1979) — pari a 105 (quella calcolata teorica dovrebbe essere pari a 21) che mostra come, per questa serie di misure, non sia possibile valutare HKE: questo valore viene quindi indicato nella tabella tra parentesi e non preso ulteriormente in considerazione.

DISCUSSIONE DEI DATI

Una prima osservazione relativa ai dati delle tabelle 2 e 3 è che i valori di microdurezza del berillo sono estremamente variabili in funzione del carico. Considerando le misure eseguite a 15 g e a 500 g si osserva un rapporto fra durezze misurate compreso tra 1.1 e 1.9 per le misure Vickers e tra 1.8 e 5.6 per quelle Knoop. Queste grandi variazioni dipendono da un valore del ritiro

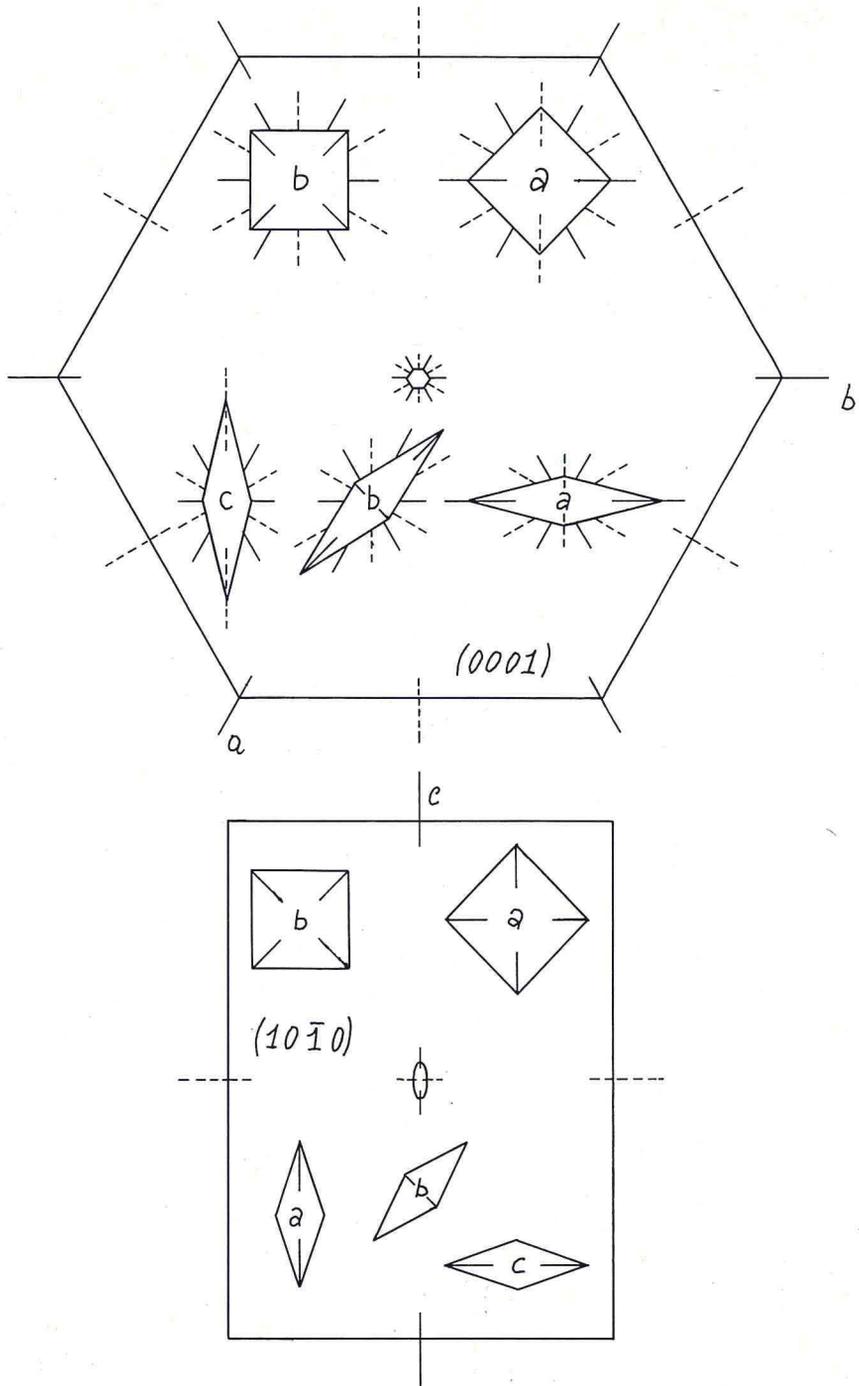


Fig. 1

TABELLA 2
Microdurezza Vickers per carichi compresi tra 15 e 500 g

| Campione | Forma | Orientazione | | 15 | 25 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 |
|-----------|------------------|--------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| | | a | b | | | | | | | |
| Baviera | {10 $\bar{1}$ 0} | d | | 4.3 | 5.6 | 7.5 | 10.1 | 14.7 | 19.7 | 25.9 |
| | | HV | | 1510 | 1517 | 1668 | 1817 | 1720 | 1442 | 1383 |
| | | d | | 3.4 | 4.9 | 7.0 | 10.2 | 14.9 | 18.3 | 26.6 |
| | | HV | | 2482 | 1995 | 1899 | 1788 | 1679 | 1661 | 1316 |
| Australia | {10 $\bar{1}$ 0} | a | | 4.1 | 5.6 | 7.4 | 11.0 | 16.7 | 20.4 | 26.5 |
| | | HV | | 1693 | 1485 | 1704 | 1552 | 1337 | 1343 | 1324 |
| | | b | | 4.4 | 6.1 | 7.7 | 11.3 | 16.4 | 19.6 | 26.4 |
| | | HV | | 1456 | 1248 | 1582 | 1444 | 1373 | 1447 | 1329 |
| USA | {10 $\bar{1}$ 0} | a | | 3.7 | 5.0 | 7.3 | 11.1 | 16.2 | 19.4 | 24.7 |
| | | HV | | 2104 | 1840 | 1751 | 1521 | 1420 | 1478 | 1453 |
| | | b | | 4.2 | 6.0 | 7.7 | 12.1 | 16.3 | 19.4 | 26.4 |
| | | HV | | 1621 | 1298 | 1582 | 1279 | 1390 | 1487 | 1336 |

Segue Tabella 2

| Campione | Forma | Orientazione | | 15 | 25 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 |
|----------|--------|--------------|----|------|------|------|------|------|------|------|
| USA | {0001} | a | d | 4.5 | 6.0 | 7.4 | 11.1 | | | |
| | | | HV | 1380 | 1281 | 1690 | 1510 | | | |
| | | b | d | 4.3 | 6.5 | 7.8 | 11.5 | | | |
| | | | HV | 1532 | 1106 | 1514 | 1404 | | | |
| Brasile | {1010} | a | d | 3.4 | 5.0 | 7.3 | 10.6 | 15.5 | 19.0 | 25.8 |
| | | | HV | 2497 | 1892 | 1742 | 1669 | 1545 | 1547 | 1395 |
| | | b | d | 4.1 | 5.7 | 7.9 | 10.6 | 15.0 | 19.5 | 25.2 |
| | | | HV | 1702 | 1434 | 1503 | 1672 | 1659 | 1466 | 1459 |
| Elba | {0001} | a | d | 5.3 | 7.3 | 8.4 | 11.2 | 16.8 | 23.1 | 25.5 |
| | | | HV | 1003 | 877 | 1319 | 1483 | 1315 | 1044 | 1427 |
| | | b | d | 5.6 | 7.4 | 8.7 | 11.7 | 17.7 | 22.6 | 27.6 |
| | | | HV | 899 | 854 | 1230 | 1359 | 1185 | 1090 | 1218 |

Segue Tabella 2

| Campione | Forma | Orientazione | | 15 | 25 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 |
|-----------|--------|--------------|----|------|------|------|------|------|------|------|
| Andalusia | | a | d | 3.6 | 5.4 | 7.7 | 11.0 | 16.0 | 19.8 | 26.5 |
| | | | HV | 2175 | 1603 | 1570 | 1538 | 1450 | 1420 | 1321 |
| | {1010} | b | d | 3.5 | 5.3 | 7.9 | 11.3 | 16.5 | 20.3 | 26.6 |
| | | | HV | 2301 | 1664 | 1491 | 1457 | 1363 | 1351 | 1311 |
| Bogotà | | a | d | 3.9 | 5.1 | 7.9 | 11.7 | 16.6 | 20.7 | 27.1 |
| | | | HV | 1853 | 1797 | 1491 | 1359 | 1347 | 1300 | 1263 |
| | {1010} | b | d | 3.9 | 5.1 | 8.0 | 11.7 | 16.7 | 20.8 | 27.0 |
| | | | HV | 1853 | 1797 | 1454 | 1359 | 1331 | 1287 | 1273 |

TABELLA 3
Microdurezza Knoop per carichi compresi tra 15 e 500 g

| Campione | Forma | Orientazione | | 15 | 25 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | |
|-----------|------------------|--------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Baviera | | a | d | 8.4 | 11.9 | 18.9 | 31.1 | 48.2 | 60.8 | 80.6 | |
| | | | HK | 3063 | 2512 | 1990 | 1467 | 1215 | 1148 | 1087 | |
| | {10 $\bar{1}$ 0} | b | d | 7.7 | 11.9 | 18.9 | 31.2 | 47.3 | 60.0 | 78.4 | |
| | | | HK | 3666 | 2525 | 1994 | 1450 | 1265 | 1177 | 1148 | |
| | | c | d | d | 9.6 | 14.2 | 22.1 | 32.1 | 47.3 | 61.0 | 80.6 |
| | | | | HK | 2328 | 1764 | 1450 | 1375 | 1263 | 1139 | 1087 |
| Australia | | a | d | 7.2 | 11.2 | 19.3 | 30.7 | 45.7 | 59.1 | 79.8 | |
| | | | HK | 4168 | 2811 | 1897 | 1503 | 1350 | 1212 | 1109 | |
| | {1010} | b | d | 7.3 | 11.6 | 19.0 | 30.5 | 45.0 | 58.6 | 79.9 | |
| | | | HK | 3972 | 2621 | 1952 | 1522 | 1392 | 1232 | 1106 | |
| | | c | d | 9.4 | 13.5 | 20.2 | 31.0 | 48.8 | 60.5 | 82.1 | |
| | | | | HK | 2428 | 1952 | 1736 | 1474 | 1186 | 1158 | 1048 |

segue Tabella 3

| Campione | Forma | Orientazione | 15 | 25 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | |
|----------|------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| USA | {10 $\bar{1}$ 0} | a | 7.1 | 10.2 | 18.0 | 30.0 | 47.0 | 75.9 | 93.4 | |
| | | b | HK | 4286 | 3403 | 2192 | 1579 | 1279 | 736 | 809 |
| | | | d | 7.2 | 10.8 | 18.7 | 30.3 | 45.9 | 57.7 | 77.4 |
| | c | HK | 4139 | 3050 | 2021 | 1538 | 1343 | 1275 | 1177 | |
| | | d | 9.2 | 13.2 | 20.6 | 31.1 | 47.6 | 60.0 | 79.0 | |
| | | HK | 2535 | 2042 | 1669 | 1464 | 1247 | 1177 | 1132 | |
| | a | d | 6.1 | 10.4 | 18.8 | 31.5 | 49.3 | 61.6 | 83.6 | |
| | | HK | 5673 | 3277 | 1994 | 1427 | 1164 | 1116 | 1011 | |
| | | d | 6.5 | 10.6 | 19.3 | 31.5 | 48.9 | 61.9 | 85.2 | |
| | b | HK | 5047 | 3137 | 1902 | 1427 | 1182 | 1104 | 972 | |
| | | d | 11.5 | 15.0 | 23.2 | 37.0 | 54.5 | 67.6 | 87.8 | |
| | | HK | 1622 | 1581 | 1316 | 1034 | 951 | 927 | 916 | |
| c | d | 7.6 | 11.6 | 19.5 | 30.0 | 46.1 | 58.2 | 78.7 | | |
| | HK | 3744 | 2658 | 1859 | 1577 | 1327 | 1251 | 1140 | | |
| | a | | | | | | | | | |

Segue Tabella 3

| Campione | Forma | Orientazione | | 15 | 25 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 |
|-----------|------------------|--------------|----|------|------|------|------|------|------|------|
| Brasile | {10 $\bar{1}$ 0} | b | d | 8.5 | 11.5 | 20.2 | 30.7 | 45.4 | 59.2 | 78.5 |
| | | | HK | 2970 | 2690 | 1731 | 1500 | 1373 | 1210 | 1147 |
| | | c | d | 11.4 | 15.4 | 23.3 | 34.7 | 50.5 | 63.5 | 85.6 |
| | | | HK | 1651 | 1500 | 1305 | 1176 | 1108 | 1051 | 963 |
| | | a | d | 8.9 | 13.8 | 21.3 | 34.1 | 50.6 | 66.3 | 87.0 |
| | | | HK | 2709 | 1868 | 1561 | 1218 | 1104 | 964 | 933 |
| Elba | {0001} | b | d | 9.0 | 14.3 | 23.3 | 35.0 | 53.5 | 65.9 | 86.8 |
| | | | HK | 2649 | 1740 | 1305 | 1156 | 987 | 976 | 937 |
| | | c | d | 11.0 | 15.2 | 24.4 | 37.1 | 54.6 | 67.7 | 87.8 |
| | | | HK | 1773 | 1540 | 1190 | 1029 | 948 | 925 | 916 |
| | | a | d | 10.4 | 14.0 | 22.3 | 33.0 | 48.6 | 63.0 | 84.0 |
| | | | HK | 1984 | 1815 | 1425 | 1301 | 1196 | 1068 | 1001 |
| Andalusia | {10 $\bar{1}$ 0} | b | d | 10.1 | 13.7 | 21.4 | 31.8 | 48.4 | 60.4 | 83.0 |
| | | | HK | 2103 | 1896 | 1547 | 1401 | 1206 | 1162 | 1025 |

Segue Tabella 3

| Campione | Forma | Orientazione | | 15 | 25 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 |
|----------|------------------|--------------|----|------|------|------|------|------|------|------|
| Bogotà | | c | d | 9.5 | 12.9 | 20.5 | 31.5 | 47.2 | 59.8 | 81.1 |
| | | | HK | 2377 | 2138 | 1686 | 1427 | 1268 | 1185 | 1074 |
| | | a | d | 10.5 | 13.8 | 21.5 | 33.0 | 49.1 | 61.0 | 82.5 |
| | | | HK | 1946 | 1868 | 1533 | 1301 | 1172 | 1139 | 1038 |
| | {10 $\bar{1}$ 0} | b | d | 10.4 | 13.7 | 21.4 | 32.5 | 48.0 | 60.2 | 81.7 |
| | | | HK | 1984 | 1896 | 1547 | 1341 | 1226 | 1170 | 1058 |
| | | c | d | 10.2 | 13.7 | 21.0 | 32.1 | 48.0 | 60.2 | 81.1 |
| | | | HK | 2062 | 1896 | 1606 | 1375 | 1226 | 1170 | 1074 |

elastico grande rispetto alle dimensioni dell'impronta e indicano molto chiaramente come per questo minerale sia indispensabile conoscere il peso al quale la misura è stata effettuata affinché il valore di microdurezza sia significativo.

Ai fini di una discussione dei possibili effetti della simmetria sulla proprietà misurata osserviamo innanzitutto che con le variazioni standard sulle misure date precedentemente si calcolano [M. FRANZINI, M. TROYSI (1979)], assumendo per HVE un valore di 1300 e per HKE un valore di 900, le seguenti deviazioni standard:

- per HVE ± 50
- per HKE ± 30
- per σ (V) ± 0.23
- per σ (K) ± 0.77

Per le impronte Vickers — orientazione a — le differenze tra i valori misurati delle due diagonali sono inferiori alla deviazione standard tra misure ripetute su più impronte di una stessa diagonale. Non si osserva quindi diversità tra le due diagonali indipendenti per simmetria per cui, in tabella 2, si è riportato un solo valore medio della diagonale.

Le diagonali delle impronte Knoop nelle orientazioni a, b e c su facce sia della forma $\{10\bar{1}0\}$ sia della forma $\{0001\}$ risultano differenti e quindi sensibili a effetti di simmetria. La discussione può essere meglio affrontata in termini di microdurezza estrapolata e di ritiro elastico.

Dalla tabella 4 inoltre, relativamente alle durezza Knoop, appare che:

- per le facce $\{10\bar{1}0\}$ i valori di HKE per le tre orientazioni possono essere considerati uguali nei limiti degli errori. Tuttavia si osserva che i relativi valori di σ sono per lo più diversi essendo quelli per le orientazioni a e b più grandi di quelli per l'orientazione c: infatti si può verificare che, all'uguaglianza dei valori HKE per le tre orientazioni, non corrisponde una uguaglianza dei valori HK_{100} .
- un analogo effetto di simmetria è riscontrabile sui valori di σ per le altre orientazioni sulla faccia $\{0001\}$.
- i valori medi di HKE sulle facce $\{10\bar{1}0\}$ sono più grandi di quelli sulle facce $\{0001\}$.

In tabella 5 per le due forme studiate vengono riportati i valori di HVE_m — media aritmetica dei valori di HVE calcolati per

Tabella 4

| Campione | Forma | Orientaz. | HVE | δ | d.s. | HKE | δ | d.s. |
|-----------|------------------|-----------|--------|----------|--------|-------|----------|--------|
| Baviera | {10 $\bar{1}$ 0} | a | 1372 | 0.73 | 177.09 | 899 | 8.09 | 54.47 |
| | | b | 1267 | 1.64 | 117.14 | 942 | 7.69 | 30.59 |
| | | c | | | | 969 | 5.42 | 34.71 |
| Australia | {10 $\bar{1}$ 0} | a | 1244 | 0.86 | 89.75 | 922 | 8.49 | 25.65 |
| | | b | 1343 | 0.26 | 104.68 | 932 | 8.38 | 41.04 |
| | | c | | | | 911 | 6.98 | 63.22 |
| U.S.A. | {10 $\bar{1}$ 0} | a | 1344 | 0.84 | 42.54 | (597) | 15.25 | 105.09 |
| | | b | 1353 | 0.22 | 114.25 | 971 | 8.06 | 25.33 |
| | | c | | | | 978 | 6.09 | 32.84 |
| | {0001} | a | (1715) | -0.51 | 176.72 | 801 | 10.55 | 16.88 |
| | | b | (1495) | -0.29 | 236.39 | 784 | 10.70 | 27.01 |
| | | c | | | | 801 | 5.52 | 40.13 |

Segue Tabella 4

| Campione | Forma | Orientaz. | HVE | 6 | d.s. | HKE | 6 | d.s. |
|-----------|--------|-----------|--------|-------|--------|-----|------|-------|
| Brasile | {1010} | a | 1308 | 1.23 | 52.03 | 959 | 7.83 | 27.72 |
| | | b | 1453 | 0.34 | 107.12 | 976 | 7.12 | 50.66 |
| | | c | | | | 887 | 4.89 | 38.14 |
| Elba | {0001} | a | (1391) | -0.77 | 232.52 | 785 | 8.11 | 32.95 |
| | | b | (1251) | -0.58 | 172.82 | 799 | 6.85 | 25.75 |
| | | c | | | | 804 | 5.27 | 21.03 |
| Andalusia | {1010} | a | 1253 | 1.02 | 62.32 | 891 | 6.10 | 49.56 |
| | | b | 1218 | 1.05 | 67.70 | 919 | 6.32 | 59.65 |
| | | c | | | | 942 | 6.66 | 53.81 |
| Bogotà | {1010} | a | 1173 | 1.06 | 30.63 | 929 | 5.71 | 49.21 |
| | | b | 1178 | 1.00 | 35.41 | 953 | 5.64 | 52.62 |
| | | c | | | | 958 | 5.76 | 52.00 |

Tabella 5

| Campione | Forma | HVE _m | HKE _m |
|-----------|------------------|------------------|------------------|
| Baviera | {10 $\bar{1}$ 0} | 1320 | 937 |
| Australia | | 1294 | 922 |
| U.S.A. | | 1349 | 975 |
| Brasile | | 1381 | 941 |
| Andalusia | | 1233 | 917 |
| Bogotà | | <u>1176</u> | <u>947</u> |
| | | 1292 (5.9%) | 940 (2.2%) |
| U.S.A. | {0001} | | 795 |
| Elba | | | 796 |

ogni campione nelle orientazioni a e b — e i valori HKE_m — media aritmetica dei valori ottenuti nelle orientazioni a, b e c. Sono esclusi dalla media i valori tra parentesi della tabella 4.

Per quanto concerne la microdurezza Vickers, si osserva che i dati ottenuti per la forma {10 $\bar{1}$ 0} sono in buon accordo tra loro. La differenza del singolo valore rispetto alla media è di circa 2 volte la deviazione standard del singolo valore; la deviazione standard della media risulta inferiore a circa il 6%; tale valore medio può quindi essere assunto come significativo per la descrizione della proprietà in questione.

Per quanto riguarda la HKE i dati raccolti, sia per la forma {10 $\bar{1}$ 0}, per la forma {0001}, sono in ottimo accordo tra loro e, come già detto, segnalano una differenza nel valore di questa proprietà sulle due facce misurate.

Ai fini poi di un confronto tra i dati di microdurezza alla penetrazione e quelli della scala di Mohs, in base alla relazione riportata in M. FRANZINI, M. TROYSI e A. CECCHINI (1982), si calcola per la forma {10 $\bar{1}$ 0} un valore di durezza Mohs pari a 8 per la HVE_m e a 7.9 per HKE_m; relativamente alla forma {0001} esso risulta pari a 7.5 per la HKE_m.

CONCLUSIONI

Lo studio della microdurezza del berillo porta alle seguenti conclusioni:

a) Sono evidenti nel berillo effetti di simmetria sulla forma e sulle dimensioni dell'impronta di penetrazione; quelli più rilevanti sono:

- L'impossibilità di eseguire misure Vickers sulla faccia {0001}.
- La differenza di valore di HKE fra le rocce {0001} e {10 $\bar{1}$ 0}.
- Il diverso ritiro elastico delle impronte Knoop su facce {0001} in funzione della loro orientazione.

b) I valori della microdurezza di questo minerale sono fortemente variabili in funzione del carico. Risultano invece altamente riproducibili purché si faccia riferimento alla microdurezza estrapolata misurata su piani in orientazioni cristallografiche ben definite. L'orientazione dell'impronta sulla faccia risulta sostanzialmente non determinante ai fini del calcolo del valore di durezza estrapolata.

c) Il berillo ben si presta come termine di riferimento per la misura della microdurezza alla penetrazione e si possono assumere i seguenti valori:

per la forma {10 $\bar{1}$ 0}: $HVE_m = 1292 (+ 76)$, $HKE_m = 940 (+ 81)$

per la forma {0001}: $HKE_m = 796$.

BIBLIOGRAFIA

- FRANZINI M., TROYSI M. (1978) - Macrohardness derivation from microhardness measurements. *Rend. Acc. Naz. Lincei*, Serie VIII, **65**, 185-189.
- FRANZINI M., TROYSI M. (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*, Serie VIII, **66**, 417-422.
- FRANZINI M., TROYSI M., CECCHINI A. (1982) - Una serie di minerali come termini di riferimento per la microdurezza alla penetrazione. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, Serie A, **89**, 27-45.

(ms. pres. il 31 ottobre 1983; ult. bozze il 31 dicembre 1983)