

Interpretación de los valores de microdureza de la recta de Gahm. Aplicación del método al estudio de la dureza de la hematites y de la cobaltina

por M. VENDRELL,* J. NOGUÉS,* A. LÓPEZ SOLER,** J. M. BOSCH FIGUEROA **

RESUMEN

Se describe la obtención de los valores experimentales de la dureza a escala microscópica (microdureza) en las hematites y la cobaltina y de los respectivos equipos utilizados. Se exponen a continuación las gráficas de los valores obtenidos, según Gahm, para la obtención de la recta de regresión. Se establecen las conclusiones y recomendaciones al efectuar trabajos de investigación sobre la dureza de los minerales.

SUMMARY

The description of how to obtain the experimental data of the hardness at microscopical scale in hematites and cobaltine and of the respective equipments used is given. The graphics of the data obtained are exposed according to Gahm, to obtain the best straight line. The conclusions and recommendations on doing the research work on the hardness of the minerals, are established.

El objeto del presente trabajo, no es obtener unos valores de dureza a escala microscópica, ya que varios son los autores que han realizado estudios de estos minerales; el propósito que se persigue es lograr la interpretación de los resultados experimentales obtenidos en cualquier estudio de dureza. Los minerales utilizados para la obtención de los datos experimentales han sido la hematites y la cobaltina.

Obtención de los valores experimentales

Para el estudio de la hematites se ha utilizado el equipo Microhardness Tester M.H.P. de la marca Zeiss. Dicho equipo va provisto de un objetivo especial Neofluar con coeficiente de aumento 63x y apertura numérica 0,8. El ocular utilizado ha sido el de aumento 16x y el cambiador de aumentos Optovar se

ha empleado con el factor de aumento 1,25. Con la combinación óptica descrita el aumento total alcanzado ha sido de 1.260 diámetros.

El instrumento indicador del aparato lleva un galvanómetro incorporado que permite controlar la velocidad de penetración que se imprime a la pirámide de diamante, y elegir el valor de las cargas que se pueden utilizar; cuyo intervalo va desde 0 a 200 ponds; lo que confiere al equipo un grado de libertad muy amplio. En el presente trabajo la variación de las cargas utilizadas ha sido a intervalos sucesivos de 10 ponds.

Con este equipo la punta de diamante permanece fija y es la muestra la que se desplaza juntamente con la platina, con ello se logra que en cada momento la presión que registra el instrumento indicador sea realmente la que se está ejerciendo.

La parte óptica va provista de un sistema de interferencia por reflexión tipo Nomarski, que suministra un marcado contraste de las imágenes de las microhuellas, con lo que se logra realizar las mediciones con gran exactitud.

La punta de diamante y el objetivo van acoplados en monturas distintas pero en una misma pieza, que es desplazada con un movimiento lateral mediante un dispositivo eléctrico. La platina puede nivelarse con lo que se logra quede exactamente perpendicular al eje óptico del microscopio.

Para graduar mejor la velocidad imprimida a las cargas, hemos seguido la recomendación de girar el micrómetro con ambas manos, para evitar los saltos discontinuos.

En la cobaltina se ha utilizado un microescleroscopio acoplado a un microscopio tipo ORTOLUX-POL de la marca Leitz G.M.B.H. El equipo estaba formado por un estativo ORTOLUX-POL, con platina giratoria centrable respecto al eje óptico del microscopio y un anillo portaobjetivos en el que iba acoplado un cuerpo provisto de una palanca selectiva.

* Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias, Universidad de Barcelona.

** Sección de Cristalografía del Instituto "Jaime Almera", C. S. I. C. Egipcíacas, 15. Barcelona.

para efectuar el intercambio mediante un giro de 90° del objetivo 50x/0,85 de la pirámide de diamante de tipo Vickers, a voluntad. La platina de este modelo no era nivelable, por lo que se admite que la muestra queda perpendicular al eje óptico del microscopio.

El cuerpo del ocular iba provisto de un micrómetro giratorio con una escala micrométrica iluminada en su parte inferior.

La transmisión de la carga se ha realizado neumáticamente, mediante un cuerpo transmisor conectado al soporte de la pirámide por un tubo flexible, que permite la utilización de las siguientes cargas: 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 400 ponds. La velocidad de penetración de la pirámide es regulada en función de la carga escogida.

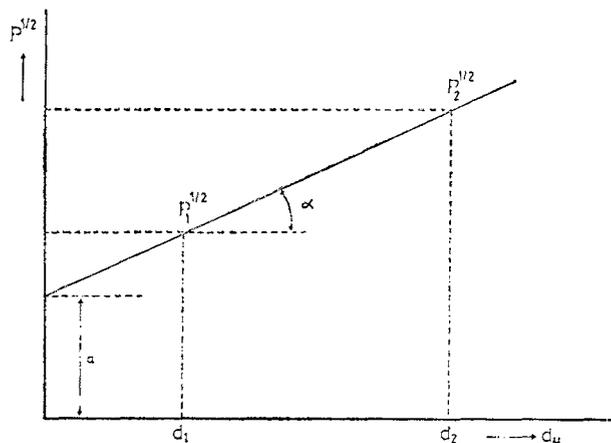


FIG. 1. — Esquema general de la representación de los puntos experimentales en función de $P^{1/2}$ en ordenadas y d en abscisas.

REPRESENTACIÓN DE LOS VALORES EXPERIMENTALES SEGÚN GAHM

Al representar los datos obtenidos experimentalmente, colocando $P^{1/2}$ en ordenadas y d en abscisas, siendo P las cargas en ponds y d las diagonales en micras, se obtiene una recta supuesto teórico el comportamiento del material. En realidad estos puntos no se sitúan exactamente sobre una recta, aunque se aproximan mucho a ella.

Se han ajustado los valores experimentales mediante el método de los mínimos cuadrados, hallando a partir de dichos valores, la ecuación de la recta teórica a la cual se acercan dichos puntos.

Una vez obtenida la ecuación de la recta, a partir de los puntos experimentales, hemos representado en la gráfica correspondiente los puntos teóricos obtenidos, observando que se había obtenido una ordenada en el origen.

El significado físico de este valor de la ordenada en el origen, no es otro, que la recuperación elástica

que se produce en el material, una vez se ha retirado la punta de diamante (1, 2, 3).

A partir de la pendiente de dicha recta, se puede determinar el valor de la microdureza, que representa un valor medio de todos los valores parciales obtenidos con cada carga. El valor de dicha pendiente se ha obtenido a partir del cociente diferencial de pares de valores contiguos P , d_1 y P_2 , d_2 . (Véase fig. 1.)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_2^{1/2} - P_1^{1/2}}{d_2 - d_1}$$

A partir del valor de la pendiente de la recta, el valor de la microdureza se ha obtenido mediante la fórmula:

$$HV = 1.854,4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \text{ Kp/mm}^2$$

De acuerdo con todo lo expuesto, vemos que conforme aumenta la dureza de los materiales, va aumentando la pendiente de la recta (5).

Hematites

Se dan a continuación la relación de los valores experimentales obtenidos en la sección (1010).

TABLA I

Ponds	d	S	HVN	MV (mín.)	HV (máx.)
10	4,7	$\pm 0,20$	839 ± 72	772	1.003
20	6,0	$\pm 0,18$	1.030 ± 69	965	1.183
30	6,8	$\pm 0,13$	1.203 ± 35	1.135	1.277
40	7,8	$\pm 0,21$	1.219 ± 62	1.131	1.319
50	8,6	$\pm 0,23$	1.254 ± 58	1.145	1.346
60	9,5	$\pm 0,27$	1.233 ± 78	1.135	1.344
70	10,1	$\pm 0,10$	1.273 ± 25	1.224	1.298
80	11,2	$\pm 0,14$	1.183 ± 31	1.122	1.204
90	12,2	$\pm 0,15$	1.121 ± 28	1.085	1.159
100	12,9	$\pm 0,08$	1.097 ± 16	1.081	1.114
110	14,3	$\pm 0,16$	997 ± 28	944	1.026
120	14,8	$\pm 0,12$	1.016 ± 14	1.002	1.058
130	15,2	$\pm 0,10$	1.043 ± 13	1.016	1.057
140	16,2	$\pm 0,13$	989 ± 12	954	1.002
150	16,8	$\pm 0,12$	985 ± 12	962	1.009
160	17,5	$\pm 0,16$	969 ± 22	936	991
170	18,0	$\pm 0,10$	973 ± 11	952	984
180	18,3	$\pm 0,09$	997 ± 11	975	1.008
190	19,1	$\pm 0,09$	166 ± 10	946	926
200	19,7	$\pm 0,12$	956 ± 10	890	917

d : media de las diagonales en micras.

S: desviación estándar.

HVN: valor de la microdureza en unidades Vickers.

En la figura 2 vienen representados los valores experimentales en función de $P^{1/2}$ y d en micras. La ecuación de la recta calculada a partir de dichos valores es:

$$y = 0,7030x - 0,4739$$

y el valor de microdureza en unidades Vickers:

$$\text{HVN} = 911 \text{ Kp/mm}^2$$

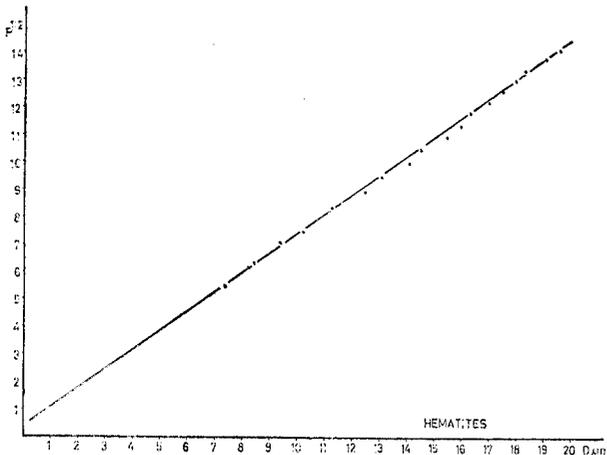


Fig. 2. — Representación de los puntos experimentales obtenidos en la hematites, con su recta de ajuste correspondiente.

Cobaltina

La tabla siguiente muestra los resultados experimentales obtenidos con cada una de las cargas indicadas.

TABLA II

Ponds	d	S	HVN	HV (mín.)	HV (máx.)
50	8,88	$\pm 0,45$	1.145 ± 120	930	1.314
100	13,19	$\pm 0,93$	1.064 ± 150	824	1.226
200	19,54	$\pm 0,82$	975 ± 80	849	1.084
400	28,52	$\pm 1,53$	914 ± 8	785	1.056

La ecuación de la recta calculada a partir de estos valores es:

$$y = 0,6569x + 1,2837$$

y el valor de microdureza en unidades Vickers:

$$\text{HVN} = 800 \text{ Kp/mm}^2$$

En la figura 3 vienen representados los puntos experimentales y la recta de ajuste de los mismos.

CONCLUSIONES

Aplicando este método en la obtención del valor de la dureza de cualquier material, se obtienen unos resultados mucho más acordes con la realidad, ya que el número de mediciones que se efectúa es grande y por tanto el resultado no es tan aleatorio como en el caso de utilizar únicamente una sola carga. En el transcurso del trabajo experimental, se puede apreciar el intervalo de las cargas más adecuado para obtener unas huellas idóneas en las que efectuar la medición; ya que en algunos casos el exceso de carga provoca la formación de fracturas y deformaciones en las huellas que impiden realizar una medición adecuada.

También se ha observado que para las cargas pequeñas, los valores de microdureza son muy altos y que al aumentar la carga dichos valores disminuyen permaneciendo sensiblemente constantes.

La explicación que podemos dar a este fenómeno es que las cargas pequeñas, al no provocar la fractura del material la huella obtenida es perfecta, presentando sus lados cóncavos, signo que indica que ha tenido lugar la recuperación elástica del material. Lo antes expuesto explica también por qué en este intervalo de cargas bajas aparece una dureza más alta de la que corresponde en realidad al material (4).

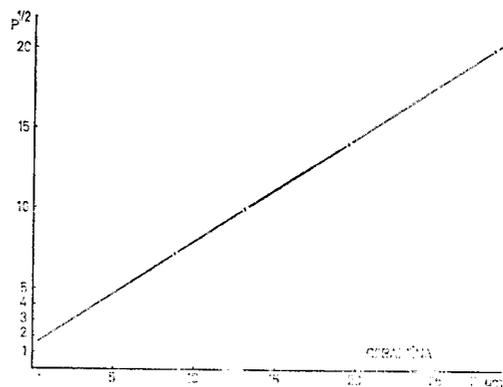


Fig. 3. — Representación de los puntos experimentales obtenidos en la cobaltina, con su recta de ajuste correspondiente.

Al utilizar cargas más elevadas (superiores a 100 ponds) se sobrepasa un cierto umbral con lo que el material se fractura, siendo imposible la recuperación elástica del mismo. Consideramos que la información obtenida según el valor del contrapeso utilizado en las determinaciones de la dureza a escala mi-

croscópica ha de contribuir a un estudio más completo en lo que se refiere a dicha propiedad física, la dureza.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOWIE, S. H. U. et CAYE, R. (1969): Mesures de la microdureté par la méthode microscopique. *Conférence présentée au cours de la 1^{er} Ecole d'Eté des pays Latins*. Barcelone.
2. SIMPSON, P. (1969): Microhardness measurements. *Summer School in Ore Microscopy*. Toronto.
3. UYTENBOGAARDT, W. (1965): Principles of microindentation hardness measurements. *Dpt. of Min. and Petr. Inst. of Earth Sciences*. Amsterdam.
4. YOUNG, B. B. and MILLMAN, A. P. (1964): Microhardness and deformation characteristics of ore minerals. *The Inst. of Min. and Met.*, abril, núm. 689.
5. ZEISS, CARL (1967): Tables for Vickers Microhardness from 1 to 200 g. Oberkochen. West Germany.