

## Estudio, mediante luz reflejada, de las maclas de calcopiritas metamórficas procedentes de mina "Saubader" (Vall D' Aran, Lérida)\*

por JUAN A. CAMPÁ-VIÑETA \*\*, AURELIO ÁLVAREZ-PÉREZ \*\* y JOAQUÍN MONTORIÓL-POUS \*\*, \*\*\*

### RESUMEN

Se describe la morfología de las maclas observadas en calcopiritas metamórficas procedentes de la Vall d' Aran (Lérida, España). Las maclas son de dos tipos: 1. Maclas lineales engendradas por un mecanismo de deformación; 2. Maclas irregulares debidas a la aparición de una fase polimórfica de la calcopirita. Se lleva a cabo su interpretación en relación con los procesos metamórficos.

### RÉSUMÉ

On décrit la morphologie des maclés observées dans des calcopyrites recueillies dans la Vall d' Aran (Lérida, Espagne). Les maclés appartiennent à deux types: 1. Maclés linéaires qui se sont formées au moyen d'un mécanisme de déformation; 2. Maclés irrégulières dues à l'apparition d'une phase polymorphique de la calcopyrite. On établit les relations entre les deux types de maclés et les processus métamorphiques.

### SUMMARY

The morphology of the twins observed in the metamorphic chalcopyrites from the Vall d' Aran (Lérida, Spain) is described. Twins are of two types: 1. Linear twinning, produced by a deformation mechanism; 2. Irregular twinning due to an appearance of a polymorphic phase in the chalcopyrite. Their interpretation related with the metamorphic processes is carried out.

### ZUSAMMENFASSUNG

Es wird die Zwillingslamellen bei metamorphischen Kupferkiesen aus Vall d' Aran (Lérida, Spanien) beschrieben. Es gibt zwei Zwillingslamellensorten: 1. Entststellungszwillingslamellen, die linear Lamellen erscheinen; 2. Unregelmässiger-zwillingslamellen, die auf einer vielgestaltiger Kupferkiesphase beruhen. Es wird in Verbindung mit metamorphischen Prozessen tritt.

### INTRODUCCIÓN

La calcopirita,  $S_2CuFe$ , posee una estructura tetragonal y pertenece al grupo espacial I 42d, con  $z = 4$ , o sea  $S_8Cu_4Fe_4$  por celda unidad, cuyas dimensiones son  $a = 5,25 \text{ \AA}$  y  $c = 10,32 \text{ \AA}$ . Tal estructura puede ser considerada como semejante a la de la esfalerita, sustituyendo los 4 Zn por 2 Fe y 2 Cu, con una disposición alternante de Fe y Cu a lo largo de  $z$ , con lo que el parámetro  $c$  dobla su longitud. En la esfalerita los átomos de S se disponen en capas que se empaquetan según una secuencia cúbica, mientras que en la calcopirita las capas de S se disponen paralelas a (112) (DEER, HOWIE and ZUSSMAN, 1962). Esta semejanza estructural permite predecir la formación de maclas de deformación en la calcopirita, al igual que acontece con la esfalerita. BUERGER (1929, 1934) ha observado la formación de maclas laminares de deformación según (110) (102) y (112); SHADLUN (1953) ha estudiado las estructuras de deformación de muestras naturales; y ATKINSON (1974) ha realizado ensayos de laboratorio para estudiar los mecanismos de deformación.

Nuestro trabajo ha consistido en estudiar las maclas en calcopiritas naturales procedentes de un depósito metamórfico (mina "Saubadera") de Vall d' Aran (Lérida), a fin de analizar la influencia del metamorfismo en la morfología de las mismas.

### CARACTERÍSTICAS DE LOS EJEMPLARES

Las muestras estudiadas proceden de una zona polimetamórfica en la que se ha podido discriminar un proceso de metamorfismo térmico y otro de metamorfismo mecánico (ÁLVAREZ, 1974). La mineralización se halla situada en fallas y grietas y presenta una textura cataclástica de removilización a partir de una masa primitiva. Las preparaciones microscópicas presentan las características que exponen en la tabla I.

\* Este trabajo ha sido realizado gracias a una Beca en Equipo de la Fundación "Juan March", correspondiente al Departamento de Geología. La investigación cae dentro de la línea general programada por el Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona, acogido al Fomento de la Investigación en la Universidad.

\*\* Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Universidad de Barcelona.

\*\*\* Sección de Mineralogía, Instituto "Jaime Almera", C. S. de I. C. Barcelona.

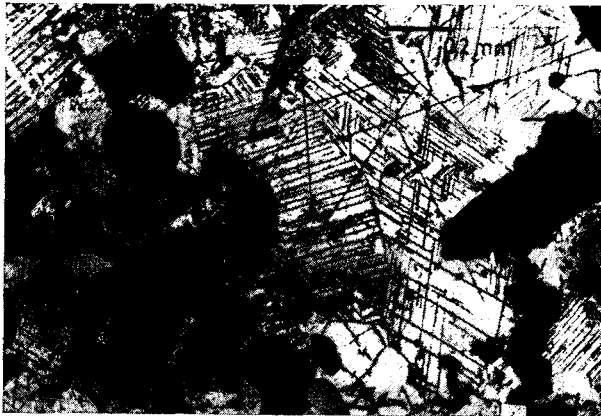
TABLA I

Muestra	Fases presentes	Textura
S-5	calcopirita esfalerita galena cubanita cuarzo	Cataclástica. Bordes de reacción
S-105A	calcopirita esfalerita cubanita cuarzo	Cataclástica. Bordes de reacción
S-105B	calcopirita esfalerita pirrotina cubanita cuarzo	Cataclástica. Exudaciones de calcopirita en esfalerita
S-124A	calcopirita esfalerita galena pirrotina cubanita cuarzo	Cataclástica. Abundante pirrotina

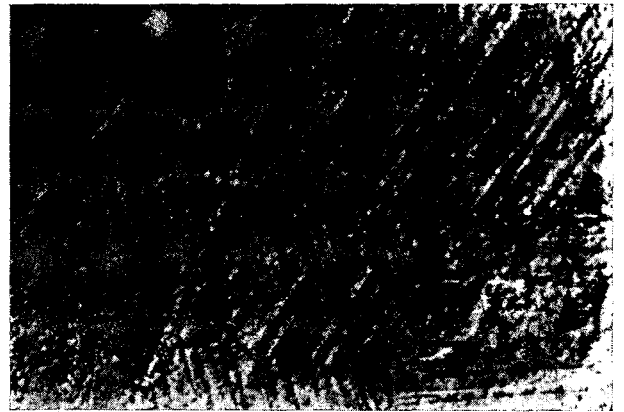
La paragénesis, así como la textura que presentan los minerales, es típica del metamorfismo. El que en unos casos haya dominado la presión y en otros la temperatura nos permitirá estudiar la evolución de las maclas de calcopirita, tanto desde un punto de vista dinámico como desde un punto de vista térmico.

pasta de diamante de tamaño de grano de  $15 \mu$ ,  $6 \mu$  y  $2 \mu$ . Finalmente, para obtener una superficie especular, se repulió con  $\gamma$ -alúmina.

Al objeto de poner de manifiesto las maclas, se llevó a cabo un ataque químico mediante la mezcla de 10 cc de ácido crómico al 2 por 100 y 1 cc de ácido



Fot. 1



Fot. 2

#### TÉCNICA UTILIZADA

Se englobaron los trozos de mineralización en resina Resisa Polylyte 32.032, polimerizada con catalizador M.E.K.P. al 50 por 100, y fueron pulidos mecánicamente con un aparato Stellapol 3, utilizando

bromhídrico al 47 por 100. El tiempo de ataque fue de 6 minutos.

Las muestras fueron observadas con un Fotomicroscop Zeiss, con objetivos Epiplan 4/0,1 POL y 16/0,35 POL para luz reflejada, y dispositivo de contraste interferencial Nomarsky Inko F Epiplan 418 POL.

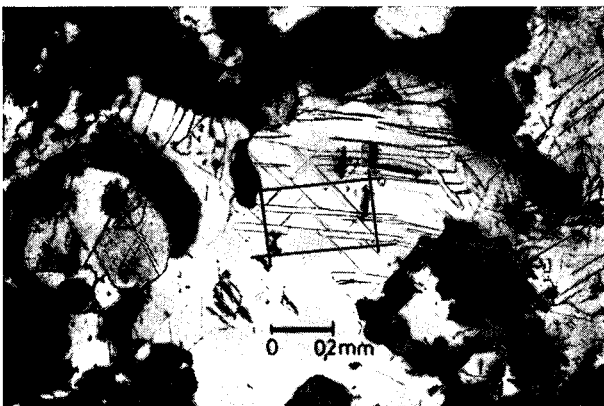
## MORFOLOGÍA DE LAS MACLAS

Las maclas observadas pueden clasificarse en dos grupos: 1. Las que presentan un desarrollo lineal; 2. Las que presentan un desarrollo irregular.



Fot. 3

En la fotografía 1 (muestra S-105A) puede observarse un maclado lineal de deformación correspondiente al primer tipo. (Estas maclas se han observado en otros sulfuros: en la galena, bloques formados por planos (001) se desplazan unos respecto a los otros según [110] (SALMON, CLARK and KELLY, 1974), y en la esfalerita planos [111] se desplazan según  $[1\bar{1}2]$ ; es por ello que ATKINSON (1974) propone que dada la semejanza entre la galena y la esfalerita, sea el plano  $(1\bar{1}2)$  el plano de macla, tal como sugirió BUERGER (1928).)

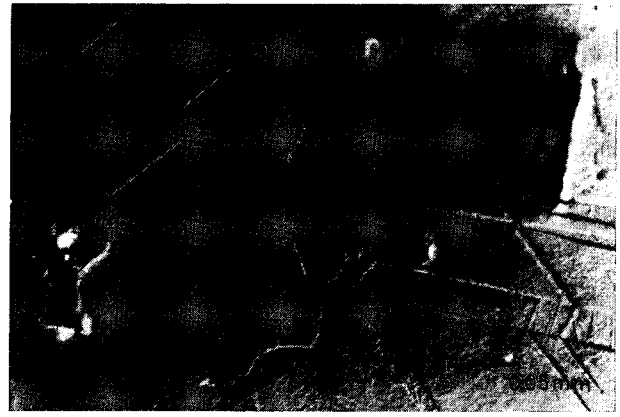


Fot. 4

En la fotografía 2 (muestra S-5) se observa la presencia de escalonamientos (*kinks*). Estos escalonamientos, muy frecuentes en la calcopirita (RAMDOHR, 1955), vienen a representar una morfología de menor volumen, hecho que está de acuerdo con el origen de

las calcopiritas en estudio. En algunos casos la presencia de *kinks* puede dar lugar a estructuras muy complejas (fot. 3, muestra S-5).

El estudio de los escalonamientos puede aportar datos muy interesantes relacionados con la génesis del



Fot. 5

mineral. Las fotografías 4 y 5 (muestra S-105B) muestran un sistema de *kinks* engendrados en varias fases, que concuerdan perfectamente con la historia geológica de la región. La primera dio lugar a bloques deslizados en dos sistemas perpendiculares y representa un maclado a presiones moderadas. Siguió una fase de alta presión (metamorfismo dinámico) que deslizó el sistema de *kinks* ya formados y creó una nueva serie de maclas, dando lugar a bloques de perfil romboédrico. Una última fase (metamorfismo térmico) provocó una recristalización parcial, como demuestra



Fot. 6

el grano de bordes curvados que elimina una cara del escalón (fot. 5). En general, los *kinks* y las maclas de deformación se presentan profusamente en todas las muestras de calcopirita metamórfica.

En las fotografías 6 y 7 (muestra S-5) pueden ob-

servarse maclas de desarrollo irregular. Tal tipo de maclas ha sido logrado experimentalmente por ATKINSON (1974), mediante la deformación de calcopirita a alta temperatura. Sin embargo, su origen natural no es bien conocido, aunque parece probable que sea debido a una transformación polimórfica de la calcopirita.

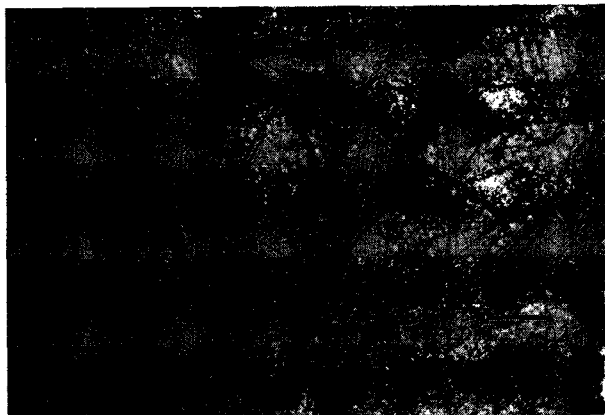


Fig. 7

DONNAY y KULLERUD (1958) han estudiado los polimorfos de alta temperatura de la calcopirita, encontrando que a 550 °C realiza una transformación de tetragonal a cúbica, con  $a = 5.264 \text{ \AA}$ , isoestructural con la esfalerita. ÁLVAREZ (1974) atribuye a la paragénesis una temperatura de rango 700-750 °C, por tanto, con posibilidades de engendrar el poliformo de

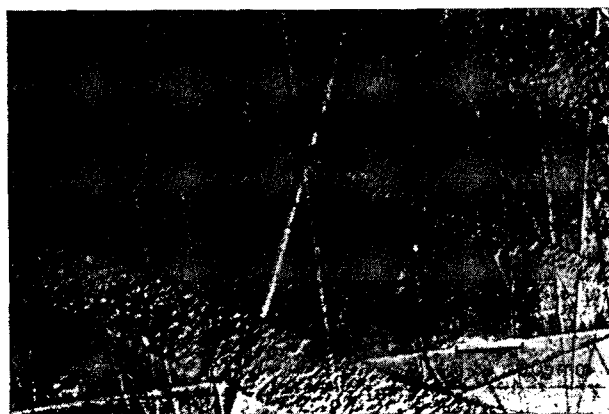


Fig. 8

alta temperatura. Anotemos que las bandas macladas presentan unas figuras de corrosión diferentes a las hasta ahora observadas (fot. 8, muestra S-124A). Desgraciadamente, los diagramas de difracción no presentan diferencia alguna y no ha sido posible aislar una banda maclada para llevar a cabo su análisis estructural.

Recibido para su publicación: 2 enero 1975.

## CONCLUSIONES

La formación de maclas en la calcopirita es el resultado de la acción de la temperatura, de la presión o de ambas a la vez. Cuando este mineral es sometido a presión reacciona reduciendo su volumen y produciéndose maclas de tipo lineal. Cuando la calcopirita es sometida a la acción de la presión y de un calentamiento superior a los 500 °C, se engendran maclas irregulares, probablemente gracias a la aparición de una fase polimórfica de alta temperatura.

Ambos tipos de maclas se observan en las calcopiritas metamórficas, pero los granos de recristalización sólo presentan maclas de desarrollo irregular. Todo ello nos lleva a concluir que la presencia de los diferentes tipos de maclas constituye un índice para discriminar la acción de la presión, la acción de la temperatura o la acción de ambas a la vez.

## AGRADECIMIENTOS

Al profesor MANUEL FONT-ALTABA, por la discusión crítica del manuscrito; al doctor JOSÉ M. BOSCH-FIGUEROA y a D. MARIO VENDRELL SAZ y D. JOSÉ CHINCHÓN YEPES, por su colaboración en el campo de la luz reflejada y preparación de las probetas; y al doctor ADOLFO TRAVERÍA-CROS, por los análisis difractométricos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ-PÉREZ, A. (1974): "Estudio de los yacimientos de galena y esfalerita del área de Bossost (Vall d'Arán, Llerida)". Tesis. *Secretaría de Publicaciones*, Universidad de Barcelona.
- ATKINSON, B. K. (1974): "Experimental deformation of polycrystalline galena, chalcopirite and pyrrhotite". *Trans of Mining and Metallurgy*, 83, 819-828.
- BUERGER, M. J. (1929): "The plastic deformations of ore minerals". *Am. Min.*, 13, 1-17.
- BUERGER, M. J. (1930): "Translation gliding in crystals". *Am. Min.*, 15, 45-64.
- CLARK, B. R. and KELLY, W. C. (1973): "Sulfide deformation studies: I. Experimental deformation of pyrrhotite and sphalerite to 2.000 bars and 500 °C". *Econ. Geol.*, 68, 332-352.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. y ZUSMAN, J. (1962): "Rock-forming minerals". Vol. 5. *Longmans*.
- DONNAY, G. and KULLERUD, G. (1958): "High-temperature chalcopirite". *Carnegie Inst., Ann. Rep. Div. Geophys. Lab.*, 57, 246.
- RAMDOHR, P. (1955): "Die Erzminerale und ihre verwachsung". *Akademie Ver.*, Berlín.
- SALMON, B. C., CLARK, B. R. and KELLY, W. C. (1974): "Sulfide deformation studie: II. Experimental deformation of galena to 2.000 bars and 400 °C". *Econ. Geol.*, 69, 1-16.
- SHADLUN, T. N. (1953): "The change in the structure of aggregates and in the internal structure of grains of chalcopirite subjected to the influence of dynamic factors". *M. A.*, 13-16.