

# El Metamorfismo de las Cromitas del Macizo de Dobromiritsi (Montañas Rhodope, SE Bulgaria)

// JOSE M<sup>a</sup> GONZÁLEZ-JIMÉNEZ (1,\*), JOAQUÍN A. PROENZA (2), THOMAS KERESTEDJIAN (3), FERNANDO GERVILLA (1)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología e Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, (Universidad de Granada-CSIC), Facultad de Ciencias, Avda. Fuentenueva s/n, 18002, Granada (España)

(2) Departament de Cristal·lografía, Mineralogía i Dipòsits Minerals, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès s/n, 08028, Barcelona ( España)

(3) Geological Institute, Bulgaria Academy of Sciences, 24 Georgi Bonchev, Str., 1113 Sofia (Bulgaria)

## INTRODUCCIÓN.

La espinela cromífera [(Mg, Fe<sup>2+</sup>)(Cr, Al, Fe<sup>3+</sup>)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>] es un mineral accesorio muy común en rocas máficas y ultramáficas. Esta espinela, en ocasiones, llega a formar concentraciones de interés económico. Uno de los contextos en los que se encuentran este tipo de concentraciones son los complejos ofiolíticos, en donde la composición de la espinela cromífera es muy dependiente de la naturaleza del magma parental. Este hecho hace que, se utilice como indicador petrogenético (Irvine 1967; Dick y Bullen 1984; Arai 1992; Stowe 1994; Zhou y Robinson 1997; Zhou et al., 1998; Gervilla et al., 2005). No obstante, diversos trabajos han demostrado que la composición primaria o magmática de la cromita, puede verse modificada durante los procesos de alteración (Spangenberg 1943; Thayer 1966; Cerny 1968; Evans y Frost 1975; Bliss y McLean 1975; Wylie et al., 1987). Uno de los procesos más aludidos es el metamorfismo. Sin embargo, a pesar de los estudios realizados no se ha establecido aún, de manera precisa, cómo este proceso modifica la química de la cromita.

En el presente trabajo, se presentan los resultados del estudio de cromitas procedentes de varios cuerpos de cromitita del Macizo Ultramáfico de Dobromiritsi (SE Bulgaria). Este macizo está incluido en un terreno metamórfico (Macizo de los Rhodopes, SE Bulgaria) en el cual afloran desde esquistos verdes hasta anfibolitas. Este escenario, supone un excelente punto de partida para evaluar cómo afecta el metamorfismo a las cromitas.

## EL MACIZO DE DOBROMIRITSI Y LOS DEPÓSITOS DE CROMITA ASOCIADOS.

El Macizo Ultramáfico de Dobromiritsi es

un pequeño cuerpo ultramáfico (~11 Km<sup>2</sup>) de naturaleza ofiolítica. Está intensamente deformado y orientado en dirección NE-SO, y se localiza en el Macizo de los Rhodopes, en el sureste de Bulgaria (González-Jiménez et al., 2007, 2008). Las rocas del macizo (harzburgitas y dunitas, cortadas por capas de piroxenitas) están alteradas por los procesos metamórficos. La alteración predominante es la serpentización, aunque, a lo largo de fallas y zonas de borde del macizo se reconocen procesos de cloritización, carbonatización y talquitización.

Las cromititas presentes en este macizo se localizan dentro de un horizonte de dunitas. Dentro de este, las cromititas forman cuerpos lenticulares de unos cientos de metros de longitud, y menos de 3 m de potencia, las cuales se alinean según la orientación general de la foliación milonítica. La textura primaria que domina en las cromititas es la masiva. No obstante, hacia las partes periféricas de los cuerpos se reconocen cromitas semimasivas y diseminadas.

El grado de alteración entre los diferentes cuerpos es muy variable. Esta heterogeneidad también se observa dentro de cada cuerpo mineral y entre las diferentes zonas de un mismo cuerpo. Las cromitas que forman los cuerpos más grandes (D3, D4 y D8) están menos alteradas que aquellas que forman los cuerpos de mediano y pequeño tamaño (D1, D2, D5, D6, D7 y D9). Así mismo, las cromititas diseminadas muestran mayor grado de alteración que las semimasivas y masivas respectivamente. La mayoría de los cristales muestran zonaciones concéntricas señalando el avance de la alteración desde los bordes de grano y las fracturas, hacia las zonas internas de los granos. También se reconocen zonaciones complejas, formadas por

parches de zonas alteradas e inalteradas. En ocasiones las zonas alteradas (normalmente los bordes mas externos) contienen abundantes inclusiones de silicatos secundarios, principalmente clorita. La matriz silicatada intersticial entre los granos de cromita está formada por una mezcla de lizardita parcialmente reemplazada por antigorita, junto con clorita, talco y carbonatos.

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CROMITA.

En concordancia con las observaciones petrográficas, las cromitas que forman las cromititas masivas de los depósitos de mayor tamaño (D3, D4, y D8) no muestran ninguna modificación en su composición. La composición de estas cromitas, en términos del #Cr [#Cr=Cr/(Cr+Al)] (0.55-0.77) y del #Mg [#Mg=Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>)] (0.53-0.69), es típica de cromitas podiformes (ofiolíticas) (Irvine 1967, Leblanc y Nicolás 1992). Esta composición es muy similar a la que muestran los núcleos inalterados de las cromitas de los depósitos D1 y D5. En el depósito D1 los núcleos muestran un #Cr variable entre 0.57 y 0.71) y los valores mas altos del #Mg (<0.78). Por el contrario, en el depósito D5 los núcleos tienen un #Mg similar (0.51-0.67) al de las cromitas inalteradas, pero menor #Cr (0.53-0.57). Las cromitas de este último depósito muestran, además, importantes variaciones composicionales desde los núcleos a los bordes de grano. Estas están caracterizadas por una fuerte pérdida de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y un enriquecimiento en FeO, sin apenas variación de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. La composición de los núcleos de las cromitas del depósito D2 es muy parecida a la de los bordes de alteración de las cromitas del depósito D5. Los bordes más externos de las cromitas del depósito D2 muestran enriquecimiento

**palabras clave:** Palabra 1, Palabra 2, Etc.

**key words:** Keyword 1, Keyword 2, Etc.

en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hacia los bordes de grano, acompañado por un incremento ligero en el contenido de Fe<sup>2+</sup> (#Mg varía entre 0.38 y 0.17) y fuerte en el de Cr<sup>3+</sup> (#Cr varía entre 0.81 y 0.94). Por el contrario, las cromitas del depósito D6 muestran un enriquecimiento en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sin variación de FeO y Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, aunque sí de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Las cromitas de los depósitos D1 y D9 muestran patrones de zonación mucho más complejos. En ocasiones se reconocen hasta dos bordes o zonas de alteración (B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>). Los bordes tipo B<sub>1</sub> están caracterizados por un ligero incremento de los contenidos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> acompañado por un ligero empobrecimiento en FeO, respecto de los núcleos. Los bordes tipo B<sub>2</sub> (no siempre presentes) se desarrollan entorno a los bordes B<sub>1</sub> y/o directamente a partir de los núcleos. La formación de este borde de alteración supone un fuerte incremento en el contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, disminución de FeO y una disminución importante de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### DISCUSIÓN.

El estudio de nueve depósitos de cromita del Macizo Ultramáfico de Dobromirski, ha puesto de manifiesto que, la composición química de la cromita puede modificarse significativamente el metamorfismo. Estas modificaciones son el resultado de las reacciones que tienen lugar entre los cristales de cromita y los silicatos que forman la matriz intersticial entre los granos de cromita. En las cromititas estudiadas, las investigaciones petrográficas y químicas de detalle muestran que, el proceso de alteración es heterogéneo. El grado de alteración depende, básicamente, del tamaño del cuerpo de cromitita, y de la relación cromita/silicato en esta última. Así, las cromititas que forman las texturas masivas de los cuerpos de mayor tamaño están menos alteradas que aquellas que forman los depósitos de pequeño tamaño y/o las cromititas diseminadas. La alteración queda signada en los cristales de cromita con zonaciones cuyos patrones varían desde irregulares a concéntricos. La estructura y tipología de las zonaciones permiten identificar tres eventos principales durante la alteración. Durante el primer evento, la cromita se enriquece en FeO y Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y pierde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, con poca o ninguna variación del contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. En el segundo evento la cromita también se enriquece en FeO y Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y pierde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, pero al contrario que durante el primero de los eventos, tiene lugar un ligero

aumento del contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Por el contrario, durante el tercer evento tiene lugar la formación de bordes de cromita muy enriquecidos en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, llegando a formar una fase intermedia entre la cromita y la magnetita denominada en la literatura como ferritcromita.

Los diferentes eventos reconocidos, caracterizan diferentes etapas del metamorfismo regional de los Rhodopes. El primero y segundo evento de alteración, se asocian al metamorfismo en facies de esquistos verdes, mientras que el tercero de los eventos se asocia al metamorfismo en facies de las anfibolitas de baja temperatura.

#### REFERENCIAS.

- Arai, S. (1992): *Chemistry of chromian spinel in volcanic rocks as a potential guide to magma chemistry*. *Mineral. Magaz.*, **56**, 173-784.
- Bliss, N.W., MacLean, W.H. (1975): *The paragenesis of zoned chromite from the Manitoba*. *Geoch. Cosmoch. Acta.*, **39**, 973-990.
- Cerny, P. (1968): *Comments on serpentinization and related metasomatism*. *Am. Mineral.*, **53**, 1377-1385.
- Dick, H.J.N. & Bullen, T. (1984): *Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas*. *C. Mineral. Petrol.*, **86**, 54-76.
- Gervilla, F., Proenza, J.A., Frei, R., González-Jiménez, J.M., Garrido, C.J., Melgarejo, J.C., Meibom, A., Díaz-Martínez, R., Lavaut, W., (2005): *Distribution of platinum-group elements and Os isotopes in chromite ores from Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt (eastern Cuba)*. *C. Mineral. Petrol.* **150**, 589-607.
- González-Jiménez, J.M., Gervilla, F., Kerestedjian, T., Proenza, J.A. (2007): *Postmagmatic evolution of platinum-group and base-metal mineral assemblages in Paleozoic ophiolitic chromitites from the Dobromirski massif, Rhodope Mountains (SE Bulgaria)*. In: *Proc. 9<sup>th</sup> biennial SGA meeting, 20-24 August 2007. Dublin, Ireland*. pp 889-892.
- González-Jiménez, J.M., Kerestedjian, T., Proenza, J.A., and Gervilla, F., (2008): *Metamorphism on chromite ores from Dobromirski Ultramafic Massif*. (in press)
- Irvine, T.N. (1967): *Chromian spinel as petrogenetic indicator; Part II, Petrologic applications.*, *Can. J. E. Sc.*, **4**, 71-103.
- Spangenberg, K. (1943): *Die Chromerzlagertätte von Tampadel Zobten*. *Zeitschr Prakt Geol*, **51**, 13-35.
- Stowe, C.W. (1994): *Compositions and tectonic setting of chromite deposits through time*. *Econ. Geol.*, **89**, 528-564.
- Thayer T.P. (1966): *Serpentinisation considered as a constant volume metasomatic process*. *Am. Mineral.*, **51**, 685-710.
- Wyllie, A.G., Candela, P.A., Burke, T.M. (1987): *Compositional zoning in unusual Zn-rich chromite from Sykesville district of Maryland and its bearing on the origin of "ferrichromite"*. *Am. Mineral.*, **72**, 413-422.
- Zhelyaskova-Panayotova & Economou-Eliopoulos, M. (1994): *Platinum-group elements and gold concentration in oxide and sulfide mineralizations from ultramafic rocks of Bulgaria*. *Annuaire de l'Université de Sofia*, **86**, 196-218.
- Zhou, M.-F. & Robinson, P.T. (1997): *Origin and tectonic environment of podiform chromite deposits*. *Econ. Geol.*, **92**, 259-262.
- Zhou, M.F., Sun, M., Keays, R.R., Kerrich, R.W. (1998): *Controls on platinum-group elemental distributions of podiform chromitites: A case study of high-Cr and high-Al chromitites from Chinese orogenic belts*. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **62**, 677-688.