

Contenidos en Mn, Zn y Co en Espinelas Cromíferas del Yacimiento de Co-Ni de Aghbar (Distrito de Bou-Azzer, Marruecos)

/ VANESSA COLÁS (1), ISABEL FANLO (1, *), FERNANDO GERVILLA (2), IGNACIO SUBÍAS (1)

(1) *Cristalografía y Mineralogía. Dpto. de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12. 50009, Zaragoza (España)*

(2) *Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra y Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias, C.S.I.C.-Universidad de Granada. 18002, Granada (España)*

INTRODUCCIÓN.

Las espinelas cromíferas ricas en Co, Zn, Mn y Ni son muy raras aunque se conocen varias localidades donde este tipo de espinelas están muy enriquecidas en alguno de estos elementos. Este es el caso de las serpentinitas del distrito de Bou-Azzer, donde las espinelas cromíferas son ricas en Mn, Zn y Co (Gahlan y Arai, 2007). La génesis de este tipo de espinelas cromíferas es bastante controvertida. Algunos autores sugieren que el enriquecimiento en estos elementos tiene lugar por el lixiviado de los mismos a partir de olivinos adyacentes durante los procesos de metamorfismo y alteración hidrotermal (Parakevopoulos y Economou, 1981; Michailidis, 1990; Barnes, 2000; Gahlan y Arai, 2007), mientras que para otros tienen su origen en las mineralizaciones de sulfuros adyacentes (Groves et al., 1977, 1983; Malakhov, 1983; Leshner et al., 1984; Parker, 1984).

Gahlan y Arai (2007) estudiaron espinelas cromíferas ricas en Co, Zn y Mn encajadas en serpentinitas no mineralizadas del distrito de Bou-Azzer, sugiriendo que tales espinelas son indicadores de la presencia de yacimientos de sulfuros de Co-Ni-Zn-Cu.

En este trabajo preliminar se han estudiado textural y mineralógicamente espinelas cromíferas presentes tanto en la serpentinita mineralizada, como en la mineralización filoniana de Co-Ni del yacimiento de Aghbar (Colás et al., este volumen). Se pretende establecer las tendencias composicionales de los elementos mayoritarios (Cr, Al, Mg, Fe²⁺ y Fe³⁺) y minoritarios (Mn, Zn, Co, Ni), y compararlas con las de las espinelas cromíferas que encajan en las serpentinitas no mineralizadas (Gahlan y Arai, 2007). Esto permitirá discutir si existe alguna relación entre el desarrollo

de las mineralizaciones de arseniuros de Co-Ni en Aghbar y el enriquecimiento en elementos minoritarios en dichas espinela cromíferas.

CONTEXTO GEOLÓGICO.

El cinturón ofiolítico de Bou-Azzer se localiza a lo largo de la falla Anti-Atlas Principal. Esta falla delimita una zona de sutura que separa dos unidades tectónicas principales: el Cratón de África Occidental Eburniense (Paleoproterozoico, 2000 Ma) al SE, y el Escudo Orogénico Panafricano (Neoproterozoico, 600-700 Ma), al NE. Las rocas procedentes del manto están compuestas, principalmente, por harzburgitas serpentinizadas con menores cantidades de dunitas. Las serpentinitas contienen espinelas cromíferas diseminadas (~1% en volumen, Gahlan y Arai, 2007) las cuales puede quedar englobadas dentro de la mineralización de arseniuros de Co-Ni (serpentinita mineralizada y filones).

TEXTURA DE LA ESPINELA CROMÍFERA.

Se han diferenciado dos tipos de espinelas cromíferas en función de su situación dentro del yacimiento: 1) las que se encuentran dentro de los filones mineralizados (Fig. 1a) y 2) las que aparecen dentro de la serpentinita

mineralizada (Fig. 1b). En general, los cristales de espinela cromífera presentan un alto grado de fracturación y muestran un zonado irregular. Se han diferenciado ópticamente hasta tres zonas de alteración. Cuando existe dicha zonación, ésta suele ser concéntrica, avanzando hacia el interior del cristal desde los bordes. Los contactos entre las diferentes zonas ópticas son nítidos, y no presentan inclusiones de silicatos, tipo clorita o serpentinita.

COMPOSICIÓN DE LA ESPINELA CROMÍFERA.

Las espinelas cromíferas estudiadas en la mineralización filoniana se presentan en dos asociaciones minerales diferentes: asociadas a sulfoarseniuros y arseniuros de Co-Ni, bornita y calcopirita, y asociadas a hematites. En la serpentinita mineralizada las espinelas cromíferas se encuentran, bien con skutterudita y lollingita, o bien con skutterudita y arsenopirita. En líneas generales, mientras que las espinelas cromíferas de la serpentinita mineralizada muestran rangos composicionales análogos, independientemente de la asociación mineral y de que estén o no englobadas en las fases arseniuradas, la composición de las espinelas cromíferas dentro de los filones varía mucho en función de la asociación mineral. Así, en

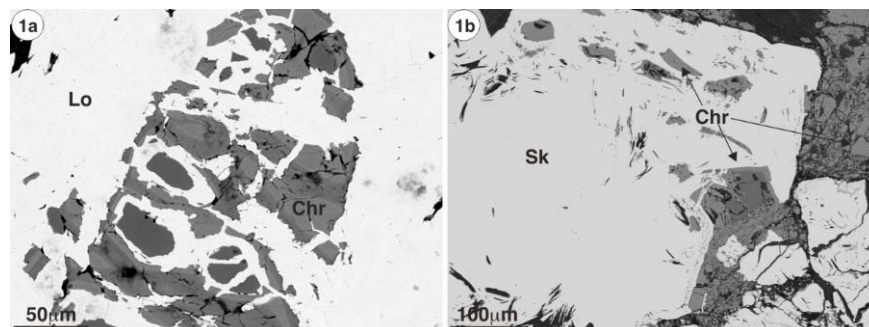


fig 1: fotografías mediante electrones retrodispersados espinela cromífera en el filón (1a) y en la serpentinita (1b). Lo: lollingita; Sk: skutterudita; Chr: espinela cromífera

palabras clave: Espinela Cromífera Rica en Mn, Zn y Co, Mineralizaciones de Co-Ni, Aghbar

key words: Co-Zn- and Mn-rich Chromian Spinel, Co-Ni Mineralizations, Aghbar

resumen SEM 2010

* corresponding author: fanlo@unizar.es

las espinelas cromíferas de la serpentinita, los valores del Cr# $[\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})]$ varían entre 0.65 y 1.00; los del Mg# $[\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})]$ entre 0.02 y 0.89, y los del Fe^{3+} # $[\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+}+\text{Cr}+\text{Al})]$ < 0.45 (Fig. 2). En cambio, las espinelas cromíferas de los filones presentan valores mucho más restringidos y diferentes entre ambas asociaciones: en la espinela cromífera con hematites el Cr#=0.76-0.80, el Mg#=0.44-0.57 y el Fe^{3+} #<0.02, mientras que en la espinela cromífera con sulfoarseniuros de Co-Ni y bornita el Cr#=0.95-0.99, el Mg#=0.03-0.26 y el Fe^{3+} #=0.21-0.36 (Fig. 2).

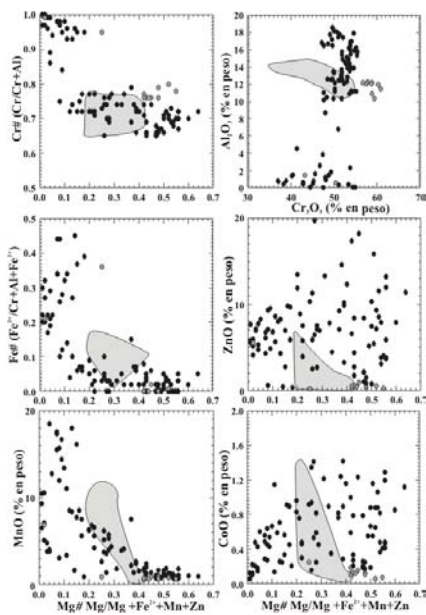


Fig. 2: Composición química de las espinelas cromíferas del yacimiento de Aghbar. Círculos negros: espinelas en serpentinita; círculos grises: espinelas en filones. En estos gráficos hemos representado la relación Mg# como $[\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}+\text{Mn}+\text{Zn})]$, para poder comparar nuestros datos con los de Gahlan y Arai (2007) para espinelas cromíferas en serpentinitas no mineralizadas del macizo ofiolítico de Bou-Azzer (zona sombreada).

La proporción de elementos minoritarios varía en función de la situación de la espinela cromífera, siendo mucho menor en la espinela cromífera encajada en los filones. Además, en este caso también depende de la asociación mineral: la espinela cromífera con hematites presenta valores muy bajos de MnO, ZnO y NiO (siempre inferiores a 0.90% en peso) mientras que en la espinela cromífera con sulfoarseniuros y sulfuros el contenido en MnO llega al 6.9% en peso, en ZnO al 5.5% en peso, los de CoO y NiO son <0.25% en peso (Fig. 2). En cambio, en la espinela cromífera presente en la serpentinita mineralizada, los valores de ZnO llegan al 20% en peso, los de MnO al 18.5% en peso, los de CoO

al 1.42% en peso y los de NiO al 0.42%.

DISCUSIÓN.

Las espinelas cromíferas del yacimiento de Co-Ni de Aghbar muestran unas composiciones similares a las encontradas por Gahlan y Arai (2007) en muestras de espinela cromífera incluidas en la serpentinita no mineralizadas de conjunto del distrito de Bou-Azzer, si bien los rangos obtenidos en este trabajo son bastante más amplios (Fig. 2). Los elementos mayoritarios no muestran diferencias significativas en las tendencias composicionales. Conforme disminuye el contenido en Mg, tanto en las espinelas cromíferas de la serpentinita no mineralizada, como en las de la mineralizada, se produce un aumento en Cr y Fe^{3+} . Existen pequeñas diferencias en la relación Al-Cr, que muestran tendencias opuestas. Sin embargo, respecto a los elementos minoritarios que, según Gahlan y Arai (2007) serían indicadores de ambientes mineralizadores, las tendencias son análogas en las espinelas cromíferas de ambos tipos de serpentinitas. El Mn muestra una clara correlación con el Mg, no existiendo ninguna clara entre este elemento y el Zn y el Co. Textualmente, la mineralización de arseniuros de Co-Ni se superpone claramente a la serpentinitización y a las espinelas cromíferas, reemplazando a la primera y englobando a las segundas. Esto permitiría argumentar que los procesos mineralizadores provocarían un enriquecimiento en Mn, Zn y Co en las espinelas cromíferas, lo que estaría de acuerdo con Gahlan y Arai (2007). Sin embargo, 1) el hecho de que las espinelas cromíferas de ambos tipos de serpentinitas (no mineralizada y mineralizada) presenten composiciones y tendencias análogas; 2) que las espinelas cromíferas encajadas en los filones, con una mayor proporción de arseniuros, muestren contenidos mucho más bajos en Mn (<7%), Zn (<5.5%) y Co y Ni (<0.25%) que las de la serpentinita mineralizada y 3) que los resultados analíticos preliminares de espinelas cromíferas zonadas muestren núcleos no alterados muy enriquecidos en Zn y Co, con bordes muy empobrecidos en tales elementos (el Mn presenta un comportamiento opuesto), sugieren que la formación de las mineralizaciones de arseniuros no fue la responsable del enriquecimiento en Mn, Zn y Co en las espinelas cromíferas sino que tales contenidos se alcanzaron durante la

serpentinitización de las rocas ultramáficas. La formación de las mineralizaciones, al contrario, pudo empobrecer las espinelas cromíferas en Mn, Zn y Co, tal y como muestra la composición de las que han quedado atrapadas en las mineralizaciones filonianas.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos al Dr. Leblanc la cesión de las muestras para este trabajo. Este estudio ha sido financiado a través de un proyecto de investigación de la Universidad de Zaragoza (221-266).

REFERENCIAS.

- Barnes, S.J. (2000): *Chromite in komatiites. II. Modification during greenschist to mid-amphibolite facies metamorphism*. *J. Petrol.*, **41**, 387-409.
- Colás, V., Fanlo, I., Gervilla, F., Subías, I. (2010): *Tendencias composicionales de los arseniuros de Co-Ni-Fe del yacimiento de Aghbar (distrito de Bou-Azzer, Marruecos)*. *Macla*, **11**.
- Gahlan, H.A. & Arai, S. (2007): *Genesis of peculiarly zoned Co, Zn and Mn-rich chromian spinel in serpentinites of Bou-Azzer ophiolite, Anti-Atlas, Morocco*. *J. Mineral. Petrol. Sc.*, **102**, 69-85.
- Groves, D.I., Barrett, F.M.; Binns, R.A., McQueen, K.G. (1977): *Spinel phases associated with metamorphosed volcanic-type iron-nickel sulfide ores from western Australia*. *Econ. Geol.*, **72**, 1224-1244.
- Groves, D.I., Barrett, F.M., Brotherton, R.H. (1983): *Exploration significance of chrome-spinels in mineralized ultramafic rocks and nickel-copper ores*. *Geol. Soc. South Africa. Special Publication*, **7**, 21-30.
- Leshner, C.M., Arndt, N.T., Groves, D.I. (1984): *Genesis of komatiite-associated nickel sulphide deposits at Kambalda, Western Australia: a distal volcanic model*. In: "Sulphide Deposits in Mafic and Ultramafic Rocks". D.L. Buchanan & M.J. Jones, eds. *Institute of Mining and Metallurgy, London*, 70-80.
- Malakhov, S.A. (1983): *Petrochemistry of the main formational types of ultramafic rocks*. *Nakua, Moscow*, 224 p.
- Michailidis, K.M. (1990): *Zoned chromites with high Mn-contents in the Fe-Ni-Cr laterite ore deposits from the Edessa area in Northern Greece*. *Mineral. Deposita*, **25**, 190-197.
- Paraskevopoulos, G.M. & Economou, M. (1981): *Zoned Mn-rich chromite from podiform type chromite ore in serpentinites of northern Greece*. *Am. Mineral.*, **66**, 1013-1019.
- Parker, P. (1984): *The role of contamination in the formation of the nickel sulphide ores at Wannaway and Mt. Edwards, Western Australia*. *Honours Thesis, B.Sc. thesis. University of Western Australia*.