

Mineralogy and Geochemistry of Platinum-Group Elements in Ophiolitic Chromitites of Orhaneli (Bursa, NW Turkey)

İbrahim Uysal¹, Federica Zaccarini², Necla Köprübaşı³, Yılmaz Demir⁴,
Giorgio Garuti², Oskar Thalhammer²

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-61080 Trabzon, Turkey
(E-Mail: iuyosal@ktu.edu.tr)

² University of Leoben, Dep. Applied Geological Sci. and Geophysics, A-8700 Leoben, Austria

³ Kocaeli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-41380 Kocaeli, Turkey

⁴ Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-29000 Gümüşhane, Turkey

Turkey is emerging as one of the major suppliers of chromite ranking, in the recent years, 4th in chromite exports in the world, after South Africa, Kazakhstan and India. Most of the Turkish chromitites occur in the mantle peridotite of Mesozoic ophiolites, that are widespread throughout the country. Ophiolitic chromitites, apart from their importance from the perspective of chromium recovery, represent a target for future platinum group elements (PGE) exploration, since they are strongly enriched in these noble metals, especially in Os, Ir, Ru with respect to their host peridotite. The main goal of this contribution is to increase the data base on PGE geochemistry and mineralogy of Turkish chromitites providing, a detailed study on Bursa chromitite hosted in the Orhaneli (Bursa, NW Turkey) ophiolite. The Orhaneli ophiolite is part of the Izmir-Ankara-Erzican Suture Zone and it is mainly composed of mantle tectonites, ultramafic cumulates, accompanied by minor mafic cumulates.

According to the field observation, chromite ore is mostly banded. However, massive and disseminated ore are also present. Most of the investigated samples can be classified as Cr-rich chromitite, with the trivalent site occupied by, in decreasing order of abundance as wt%, Cr₂O₃ (57.7–62.2), Al₂O₃ (14.2–16.1) and Fe₂O₃ (1–3.2). The bivalent site is mostly occupied by FeO and MgO with wt% values comprised between 12.2–17.2 and 9.6–13.3, respectively. TiO₂ content is always less than 0.25 wt%. The whole rock analyses show that the total PGE content varies from 83 to 507 ppb, with an average of 169 ppb. CI-chondrite normalized PGE patterns display an enrichment in Os+Ir+Ru (IPGE) relatively to Rh+Pd+Pt (PPGE), causing a negative slope between IPGE and PPGE with, however, a weak enrichment in Rh. The sample with the highest PGE content is also characterized by a strong positive anomaly in Ir and Rh.

Consistently with these geochemical data, the most abundant platinum group minerals (PGM) contain Os+Ir+Ru and minor Rh. Pt and Pd minerals are absent. The PGM form nano-crystals with a size comprised between 1 and 10 µm. Most of them occur enclosed in fresh chromite. According to their chemical composition, PGE sulphides (laurite, erlichmanite, cuproiridsite and unknown Ir-Ni-Fe sulphide), sulpharsenides (irarsite and hollingworthite) and alloys (iridium) have been encountered. Considering their morphology and textural position, the PGE sulphides are considered to be magmatic in origin. On the contrary, irarsite, hollingworthite and iridium probably are secondary, i.e. altered or reworked during some post-magmatic processes, being always associated with altered minerals (chlorite, serpentine, awaruite and ferrian chromite) and showing a complex and irregular morphology.

In conclusion, the absence of magmatic Os-Ir-Ru alloys and the presence of abundant Os-rich laurite, erlichmanite and other Ir bearing sulphides as primary PGM indicate that they crystallized at a temperature of about 1000 °C degrees under relatively high sulphur fugacity. Few PGM were altered and most of them are Ir and Rh phases, such as iridium, irarsite and hollingworthite. The alteration process is probably the reason of the enrichment of these two elements revealed in one sample.

Key words: ophiolite, chromitite, platinum-group element, platinum-group mineral, Orhaneli

Orhaneli (Bursa, KB Türkiye) Ofiyolitik Kromitlerinin Platin Grubu Element (PGE) Dağılımları ve Mineralojik Özellikleri

Türkiye, dünya kromit ihracatında Güney Afrika, Kazakistan ve Hindistan'dan sonra 4. sırada olup, son yıllarda krom üretiminde gelişmekte olan bir ülkedir. Türkiye kromitlerinin çoğu, ülke çapında oldukça yaygın olarak gözlenen Mesozoyik yaşlı ofiyolitlere ait manto peridotitleri ile ilişkilidir. Ofiyolitik kromititler, krom kaynağı bakımından önem arzemesinin yanında, ana kayacı olan peridotitlere kıyasla, özellikle Os, Ir ve Ru gibi soy metaller bakımından zenginleşmiş olmasından dolayı gelecekte plâtin grubu element (PGE) araştırmalarında hedef durumundadır.

Bu çalışmanın amacı, Orhaneli (Bursa, KB Türkiye) ofiyolitleri içinde bulunan kromititleri, kromit kimyası, PGE jeokimyası ve mineralojileri bakımından inceleyerek, Türkiye kromitlerine ait şu ana kadar elde edilmiş verilere katkı sağlamaktır. Orhaneli ofiyolitleri İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonunun bir parçası olup, esas olarak manto tektonitleri ve az oranda mafik kümülatların eşlik ettiği ultramafik kümülatlardan oluşmaktadır.

Arazi gözlemlerine göre, masif ve saçınımlı cevher yapıları görülmekle birlikte, yöredeki kromititlerin çoklukla bantlı olduğu gözlenmiştir. İncelenen örneklerin çoğu, Cr₂O₃ (% ağı. 57.7–62.2), Al₂O₃ (% ağı. 14.2–16.1) ve Fe₂O₃ (% ağı. 1–3.2) değerlerine göre kromca zengin olarak sınıflandırılmıştır. FeO ve MgO değerleri sırasıyla % ağı. 12.2–17.2 ve % ağı. 9.6–13.3 arasında değişim göstermekte olup, TiO₂ içeriği daima % ağı. 0.25'ten daha düşüktür. Tüm kayaç PGE içerikleri ortalama 169 ppb olmak üzere, 83–507 ppb arasında değişim göstermektedir. CI-kondrit değerlerine oranlanmış PGE diyagramlarında, ofiyolitik kromititlerin tipik özelliği olarak, genellikle Rh, Pt ve Pd (PPGE) elementlerine karşılık Os, Ir ve Ru (IPGE) elementlerinde bir zenginleşme söz konusu olup, bunun yanı sıra, bazı örneklerde Rh pozitif anomalisi gözlenmektedir. En yüksek PGE içeriğine sahip örnek, Ir ve Rh pozitif anomalisi sunmaktadır.

Bu jeokimyasal verilerle uyumlu olarak, söz konusu kromitlerde gözlenen platin grubu mineraller (PGM) genellikle Os+Ir+Ru ve az miktarda Rh içermektedir. Pt ve Pd içeren minerallere rastlanılmamıştır. PGM'ler, çoklukla taze kromit kristalleri içerisinde kapanlanmış olmak üzere, 1–10 µm arasında değişen nano boyutta kristallenmişlerdir. PGE sülfidler (laurit, erlichmanit, kuproiridsit ve adlanmamış Ir-Ni-Fe-S), sülfarsenidler (irarsit ve hollingvortit) ve iridyum alaşımları, kromit kristalleri bünyesinde gözlenen PGM kapanımlarıdır. Morfolojik ve dokusal özelliklerine göre PGE sülfidler magmatik kökenlidir. Diğer taraftan irarsit, hollingvortit ve iridyum, daima altere olmuş minerallerle birlikte bulunması (klorit, serpantin, avaruit ve Fe³⁺ bakımından kısmen zengin kromit) ve karmaşık ve düzensiz morfolojileri nedeniyle, magmatik süreçler sonrasında gelişen alterasyon veya kimyasal bileşimlerdeki değişimler gibi nedenlerle muhtemelen ikincildir.

Sonuç olarak, Os-Ir-Ru alaşımlarının yokluğu ve birincil plâtin grubu mineraller (PGM) olan Os'ca zengin laurit, erlichmanit ve diğer Ir içeren sülfidlerin varlığı, bu minerallerin yaklaşık 1000 °C sıcaklık ve yüksek sülfür fugasitesi şartları altında kristallendiğini göstermektedir. Bazı PGM'ler alterasyondan etkilenmiş olup bunlar çoklukla Ir ve Rh fazları olan iridyum, irarsit ve hollingvortit gibi PGM'lerdir. Buna bağlı olarak, alterasyonun, bir örnekte gözlenen Ir ve Rh zenginleşmesinde muhtemel neden olduğu görüşüne varılmıştır.

Anahtar kelimeler: *ofiyolit, kromitit, platin grubu element, platin grubu mineral, Orhaneli*