

Alteration Mineralogy, Fluid Inclusion and LA-ICPMS Lead Isotope Properties of Pb-Zn-Cu Ore Deposits from the Kabadüz Area (Ordu, NE-Turkey)

Yılmaz Demir¹, M. Burhan Sadıklar², İbrahim Uysal², Andrea Ceriani³ & Nurullah Hanilçi⁴

¹Gümüşhane University, Department of Geology, TR-29000 Gümüşhane, Turkey
(E-mail: ydemir78@hotmail.com)

²Karadeniz Technical University, Department of Geology, TR-61080 Trabzon, Turkey

³Pavia University, Department of Geology, IT-27100 Pavia, Italy

⁴Istanbul University, Department of Geology, TR-34320 Istanbul, Turkey

Hydrothermal vein type deposits of Kabadüz (Ordu), are located in the Upper Cretaceous andesitic-basaltic rocks and mostly formed in fault zones along the NW-SE directions. The primary mineral paragenesis of a number of ore veins with a thickness varying between a few centimeters to 2 meters are composed of pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena and tetrahedrite-tennantite with quartz and less amount calcite and barite as a gangue mineral. Covellite, chalcocite, malachite and azurite are also occurred as secondary phases. Two different stages of mineralisation have been distinguished in the ore veins. Petrographical studies suggest that the investigated deposits have been intensively deformed during the both first and second stage mineralisation. Concentrically zoned replacement of pyrites and sphalerite exsolutions in chalcopyrites as well as cataclastic textures are the most common textures observed in the investigated ore veins.

On the basis of chemical analyses of the drill core samples of Demiroluk and Haydarlı region, modal abundances of epidote, Fe-chlorite, sericite, albite and K-feldspar decrease whereas Mg-chlorite, calcite and quartz increase from the host rock towards the ore vein. The significant enrichment of calcium in the ore veins is thought to be related to the substitutions of Ca by Na and K since these elements are depleted because of the alteration of plagioclase by hydrothermal solutions. Considering the relative and net mass change calculations, Cu, Pb, Zn, As, Au, Ag ve Ca contents are found to be increase whereas Na, Ba, K and Rb contents decrease, both in propylitic alteration zone and in the ore veins.

All fluid inclusions measured in sphalerite and quartz minerals classified as fluid-rich with gas/fluid ratios between 5.2 and 37.2. On the basis of measured first melting temperatures (Tf), CaCl₂, MgCl₂ and FeCl₂ were dominant in the samples having higher homogenization temperature (Th > 360 °C) whereas NaCl and KCl were dominant in the samples having lower homogenization temperature (Th < 240 °C). Measured homogenisation temperatures and calculated salinity data vary between 180 and 433 °C (avg. 278 °C, σ=55) and, 1.1 and 15.1 % NaCl (avg. 7.7, σ=4.3), respectively in sphalerite minerals. However, homogenisation temperature and salinity values are slightly lower than those in sphalerite varying between 158 and 436 °C (avg. 261 °C, σ=58) and 0.2 and 14.3 % NaCl (avg. 5.2, σ=3.5), respectively. Well defined negative correlation between the homogenisation temperatures and salinity suggests that meteoric water involved in the system during the ore mineralisation.

According to the lead isotope data obtained by LA-ICPMS from the pyrite and galena phases of Haydarlı, Kuşyuvası and Demiroluk ore veins, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb and ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb values vary between 17.24–19.91, 15.86–17.85 and 37.57–40.01, respectively. On the basis of these isotopic data, the lead addition from the host rocks could be the reason for the highly radiogenic lead (especially ²⁰⁷Pb) enrichment of these ore veins. On the other hand ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb and ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb ratios demonstrate that leads in the ore veins represent Lower Crust and Island Arc environment in origin. Considering the alteration properties, fluid inclusion and lead isotope data, it is concluded that the ore veins in the investigated area connected Lower Crustal and Island Arc related magmatic activity besides leaching from host rocks around the ore veins.

Key words: *Hydrothermal ore deposits, Alteration mineralogy, Lead isotope geochemistry, Pb-Zn-Cu ore deposits, Kabadüz-Ordu*

Kabadüz (Ordu, KD-Türkiye) Yöresi Pb-Zn-Cu Cevherleşmelerinin Alterasyon Mineralojisi, Sıvı Kapanım ve LA-ICPMS Pb İzotop Özellikleri

Yılmaz Demir¹, M. Burhan Sadıklar², İbrahim Uysal², Andrea Ceriani³ ve Nurullah Hanilçı⁴

Kabadüz (Ordu) yöresi Pb-Zn-Cu cevherleşmeleri, Üst Kretase yaşlı andezitik-bazaltik kayalar içerisinde, genellikle KB-GD doğrultulu fay zonları boyunca gelişmiş hidrotermal damar tip oluşumlardır. Kalınlıkları birkaç cm'den 2 m'ye kadar değişen cevher damarlarında pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, tetrahedrit-tennantit parajenezindeki birincil sülfürlü mineraller olup, gang olarak kuvarsin yanında daha az oranda kalsit ve barit bulunmaktadır. Kovelin, kalkozin, malahit ve azurit ise parajenezde bulunan ikincil oluşan minerallerdir. Yöredeki cevherleşme iki ayrı fazda gerçekleşmiş olup, her iki faza ait mineraller yoğun deformasyona uğramıştır. Kataklastik dokuların yanında pirit minerallerinde gözlenen zonlu ornatım dokusu ve kalkopirit minerallerinde gözlenen sfalerit ayrılmaları, damarların çoğunda görülen karakteristik dokudur.

Demiroluk ve Haydarlı yöresinde cevher damarlarında yapılan sondajlara ait örneklerde, yan kayaktan cevher zonuna doğru epidot, Fe'li klorit, serizit, albit ve K'lu feldispat minerallerinde azalma, Mg'lu klorit, kalsit ve kuvars minerallerinde ise belirgin bir artış olduğu gözlenmektedir. Cevher zonunda kalsiyum miktarında önemli bir artış gözlenmekte olup, bu durum hidrotermal alterasyon sürecinde plajiyoklaslarda sodyum ve potasyumun ortamdan uzaklaşması ve yerini kalsiyumun almasıyla açıklanabilir. Kütle değişim hesaplamalarına göre, propilitik alterasyon ve cevher zonunda, hem göreceli hem de net kütle değişimi bakımından Cu, Pb, Zn, As, Au, Ag ve Ca konsantrasyonlarında artış gözlenirken, Na, Ba, K ve Rb konsantrasyonlarında azalma belirlenmiştir.

Sfalerit ve kuvars minerallerinde tespit edilen sıvı kapanımların tamamı sıvıca zengin iki fazlı kapanımlar olup, gaz/sıvı oranı 5.2-37.2 arasında değişmektedir. Sıvı kapanımların ilk ergime sıcaklığı (Te) değerleri, kısmen yüksek homojenleşme sıcaklığına (Th > 360 °C) sahip kapanımlarda çözelti bileşiminde baskın olarak CaCl₂, MgCl₂ ve FeCl₂'nin varlığını, düşük homojenleşme sıcaklığına (Th < 240 °C) sahip kapanımlarda ise baskın olarak NaCl ve KCl'nin varlığını göstermektedir. Sfaleritlerdeki kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının 180–433 °C (ort. 278 °C, σ=55) arasında, tuzluluklarının ise % 1.1–15.1 NaCl eşdeğeri (ort. 7.8, σ=4.3) arasında olduğu tespit edilmiştir. Kuvarslardaki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının 158–436 °C (ort. 261 °C, σ=58) arasında, tuzluluklarının ise % 0.2–14.3 NaCl eşdeğeri (ort. 5.2, σ=3.5) arasında değiştiği gözlenmiştir. Gerek sfaleritlerde ve gerekse kuvarslarda homojenleşme sıcaklığının düşmesiyle birlikte çözelti tuzluluğunun da azaldığı görülmektedir. Bu durum, cevher oluşum sürecinde çözelti sistemine olasılıkla daha az tuzluluğa sahip meteorik suyun da karıştığını göstermektedir.

Haydarlı, Kuşyuvası ve Demiroluk Pb-Zn-Cu damarlarına ait pirit ve galenlerde LA-ICPMS yöntemi ile yapılan kurşun izotop analizleri, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb ve ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb değerlerinin sırasıyla 17.24–19.91, 15.86–17.85 ve 37.57–40.01 arasında değiştiğini göstermektedir. Bu izotop verilerine göre, radyojenik kurşunun büyük ölçüde (özellikle ²⁰⁷Pb) zenginleştiği anlaşılmaktadır. Ayrıca, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb ve ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb oranları, kurşunun kaynak olarak alt kabuk ve adayayı volkanitlerinden türediğini göstermektedir. Bu verilere göre yöredeki cevher damarlarının oluşumunda alt kabuk veya adayayı kökenli bir magmatik faaliyetin yanında, yan kayalardan türeyen cevher minerallerinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Hidrotermal yataklar, Alterasyon mineralojisi, Sıvı Kapanım, LA-ICPMS kurşun izotopu, Pb-Zn-Cu Yatakları, Kabadüz-Ordu*