

Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu yataklarında sıvı kapanım ve jeotermometre incelemeleri

Fluid inclusion and geothermometry studies of the Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu deposits

AHMET GÖKÇE

C.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas

ÖZ: Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu yatakları Doğu Karadeniz Bölgesinin güney ve batı kesimlerinde yaygın olarak gözlenen damar tipi yatakların tipik örneklerindedirler. Bu yataklardan alınan cevher örneklerinden yapılan sıvı kapanım incelemeleri kuvars ve sfalerit kristellerinde saptanan birincil ve ikincil kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Kapanımlar genellikle küçük boyutlu, düzgün olmayan şekilli, sıvı ve gaz fazları olmak üzere iki fazlı kapanımlar şeklindedirler.

Kapanımlar, kapanım tipi ve mineral parajenezi dikkate alınarak dört ayrı gruba ayrılmışlardır. Birinci grup kapanımlar kuvars kristelleri içindeki birincil kapanımları, ikinci grup kapanımlar sfalerit kristelleri içindeki birincil kapanımları, üçüncü grup kapanımlar sülfid damarcıkları ile temas halindeki ve/veya bu damarcıklarca kesilmiş kuvars kristelleri içindeki ikincil kapanımlar, dördüncü grup kapanımlar ise hematit içeren damarcıklarla temas halindeki ve/veya bu damarcıklarla kesilmiş kuvars kristelleri içindeki ikincil kapanımları kapsamaktadır.

İlk ergime sıcaklığı (T_{FM}), son buz ergime sıcaklığı (T_{ICE}) değerleri ve bu değerlerden hesaplanan tuzluluk değerleri birinci, üçüncü ve dördüncü tip kapanımlarda benzer özellikler gösterirken, ikinci grup kapanımlar belirgin bir farklılık göstermektedirler.

Homojenleşme sıcaklığı (T_H) ve sfalerit-galenit kükürt izotopları ayırılma sıcaklığı ölçümlerinden yararlanılarak cevher damarlarının jeotermometrik ve mineralojik evrimlerinin erken kuvars evresi (460 °C - 310 °C arası), geç sülfid evresi (163 °C -140 °C arası) ve hematit evresi (130 °C -126 °C arası) şeklinde geliştiği söylenebilir.

ABSTRACT: Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu deposits are the typical examples of the vein style deposits which are widely seen all over the southern and western parts of the Eastern Black Sea region in Turkey. Fluid inclusion studies were carried out on the primary and secondary types inclusions occurred in the quartz and sphalerite crystals. These inclusions are very tiny, irregular shaped and two phases inclusions containing liquid and gas phases.

Inclusions were divided into four different groups, according to their types and mineralogical relations. Their characteristics are as follows: The first group; primary inclusions in quartz crystals, the second group; primary inclusions in sphalerite crystals, the third group; secondary inclusions in the quartz crystals which in contact with the veinlets of sulfide minerals and/or cut by these veinlets, and the last one; secondary inclusions in the quartz crystals which in contact with the hematite bearing veinlets and/or out by these veinlets.

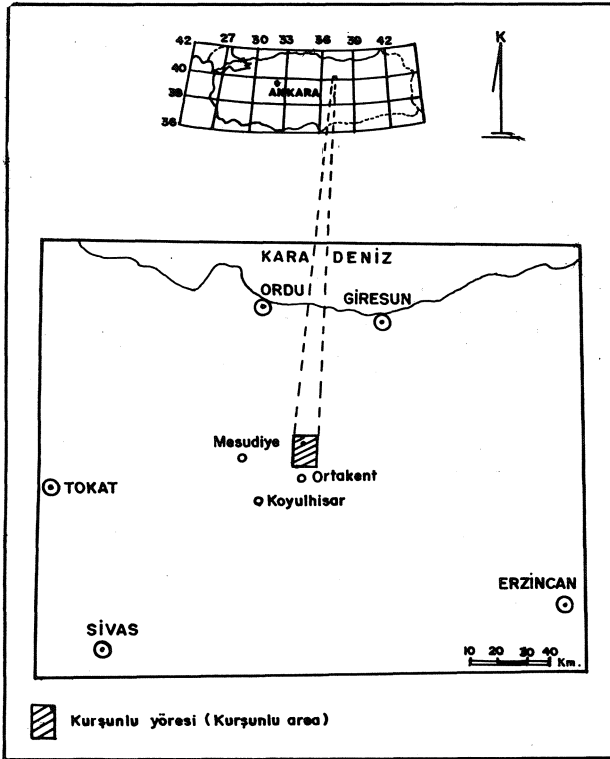
First melting temperatures (T_{FM}), last ice melting temperatures (T_{ICE}) and calculated salinity values in first, third and fourth group inclusions are slightly different from them.

GİRİŞ

Kurşunlu (Ortakent-koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu yatakları, Doğu Karadeniz Bölgesinin güney ve batı kesimlerinde yaygın olarak gözlenen damar tipi yatakların tipik örneklerindedirler (Şekil 1). Üst Kretase yaşlı genellikle andezitik, yer yer ise dasitik bileşimli volkanik

ve volkanotortul kayalar kesen faylar boyunca yataklanmışlardır. Cevher minerali olarak galenit, sfalerit, pirit, kalkopirit, kalkosin ve hematit, gang minerali olarak ise kuvars, kalsit ve az miktarda barit içermektedirler.

Yataklar çevresinde yüzeyleyen litolojik birimler, ya-



Şekil 1: Kurşunlu yöresinin coğrafik konumu haritası.

Figure 1: Location map of the Kurşunlu area.

takların jeolojik konumu, yataklanma şekilleri, cevher-yankayaç ilişkileri, mineral içerikleri ve sülfür minerallerinin yapısında bulunan kükürtün ötotopsal bileşimi ve kökeni son yıllarda ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir (Özgüneylioğlu ve Okabe, 1981; Özgüneylioğlu, 1988; Gökçe ve Özgüneylioğlu 1988; Gökçe, 1990).

Bu yayında/yöredeki yataklarda yapılan sıvı kapanım ve jeotermometre incelemeleri tartışılmakta ve mineral oluşturucu çözeltilerin fizikokimyasal özelliklerine özgü bazı bulgular açıklanmaya çalışılmaktadır.

SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Materyal ve Metod

Sıvı kapanım incelemeleri cevher damarlarından alınan örneklerden hazırlanmış iki yüzlü parlatılmış ince kesitlerde kuvars ve sınırlı sayıda sfalerit kristallerinde saptanan birincil ve ikincil tip sıvı kapanımlarında yapılmıştır. İncelemelerin yapılabilmesi için 20 adet örnekten iki yüzü parlatılmış kesitler hazırlanmıştır. Kesitlerde sıvı kapanımlarının genellikle incelenemeyecek kadar çok küçük boyutlu oldukları gözlenmiş olup 13 ayrı kesitte 68 adet kapanımın çeşitli özellikleri incelenmeye çalışılmıştır.

Önce kapanımların büyüklük, dağılım, morfolojik görünüm, faz durumu ve doldurulma oranı gibi genel özellikleri incelenmiş, daha sonra kapanımlar donduru-

lup ısıtılarak termometrik incelemelere başlanmıştır. Termometrik ölçümler sırasında ilk ergime sıcaklığı (T_{FM}), son buz ergime sıcaklığı (T_{ICE}) ve sıvı-gaz faz homojenleşme sıcaklığı (T_H) ölçümleri yapılabilmektedir. Özellikle T_{FM} ve T_{ICE} ölçümleri kapanımların kararlılığı nedeniyle oldukça sınırlı sayıda kapanımda gerçekleştirilebilmiştir. Bu ölçümlerin sonuçları ve bu ölçümlerden yararlanılarak hesaplanmış ortalama değerler ile yoğunluk, tuzluluk ve 500 m oluşum derinliği için basınç düzeltmesi yapılmış homojenleşme sıcaklığı değerleri Çizelge 1'de görülmektedir.

Kapanımların genel özelliklerinin incelenmesinde ve termometrik ölçümlerde Linkam TH 600 tipi programlanabilir ısıtma-soğutma sistemi bağlanmış Leitz Ortholux alttan aydınlatmalı mikroskop kullanılmıştır. Sistem $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında soğutma ve ısıtma kapasitesine sahip olup, hata payı ($-60\text{ }^{\circ}\text{C}$)-($+60\text{ }^{\circ}\text{C}$) aralığında $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den yüksek sıcaklıklarda ise $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ kadardır.

Kapanımların Genel Özellikleri

Ölçüm yapılabilen sıvı kapanımları 6-15 mikron büyüklüğünde, hiçbir geometrik şekle uymayan değişik şekilli kapanımlar halindedirler. Kapanımlar sıvı ve gaz fazlı olmak üzere iki bileşenlidirler. Gaz fazın tüm kapanım içindeki hacmi % 2 ile % 5 arasında değişmektedir. Kapanımlardan serbestleştirilen gazın kütle spektrometresi ile yapılan analizlerinde gaz fazın yalnızca CO_2 'den oluştuğu saptanmıştır.

İncelemeler sırasında sıvı kapanımlarının dört farklı gruba ayrılacakları anlaşılmıştır.

Birinci grup kapanımlar kuvars kristalleri içinde gelişigüzel ve bağımsız olarak dağılmış birincil kapanımlar şeklinde olup, fazla yaygın değildirler. İkinci grup kapanımlar sfalerit kristalleri içinde bağımsız dağılmış birincil kapanımları kapsamaktadırlar. Sfalerit kristalleri içinde birincil ve ikincil kapanımlar yaygın olmakla birlikte bu kristallerin ışığı az geçirmeleri ve kırma indislerinin yüksek olması nedeniyle gaz kaptırıcılığının hareketini izlemek ve ölçüm yapmak pek mümkün olmamıştır. Bu kapanımlar diğer grup kapanımlara göre daha büyük boyutludurlar.

Kuvars kristalleri içinde ikincil kapanımlar birincil kapanımlara göre oldukça yaygın olup, kuvarsları kesen ince kırık ve çatlaklar boyunca sıralanmış kapanım dizileri şeklindedirler. Bu kapanımlar incelemeler sırasında izlenen mineral parajenezleri dikkate alınarak sülfür mineralleriyle (sfalerit ve galenit) temas halinde olan ve/veya bu minerallerden oluşan damarcıklarca kesilen kuvars kristalleri içinde gözlenen (üçüncü grup) ve hematitlerle temas halinde olan ve/veya hematit içeren damarcıklarca kesilen kuvars kristalleri içinde gözlenen (dördüncü grup) kapanımlar olmak üzere iki grupta incelenmişlerdir. Bundan böyle kapanımlar bu sıra numaraları ile anılacaklardır.

Grup No (Sample No)	Kapanın No (Inclusion No)	T _{PM} (°C)		T _{ICL} (°C)		T _H (°C)		Yoğunluk (Density) (gr/cm ³)		Tuzluluk (Salinity) (% NaCl eqv.)		Açıklamalar (Explanations)
		Ölç. (Meas.)	Ort. (Mean)	Ölç. (Meas.)	Ort. (Mean)	Ölç. (Meas.)	Ort. (Mean)	Hes. (Cal.)	Ort. (Mean)	Hes. (Cal.)	Ort. (Mean)	
ES-13	1	-	-	kaz		430	-	-	-	-	-	
	2	-	-	kaz		310	-	-	-	-	-	
	3	-	-	kaz		395	410	-	-	-	-	
	4	-	-	kaz		455	-	-	-	-	-	
	5	-	-	kaz		460	-	-	-	-	-	
KS-54/2	1	-11,2	-11,2	-0,4	-2,2	200	-	-	0,85	-	5,05	1. grup kapanımlar. (1 st group inclusions.)
	2	-	-	-0,5	-	253	-	-	-	-	-	
	3	-	-	-3,0	-	246	-	-	-	-	-	
ES-54/2	1	-	-	-4,0	-	244	241	0,86	-	6,43	-	
	2	-	-	-4,5	-	245	-	0,87	-	7,15	-	
	3	-	-	-0,9	-	242	-	0,82	-	1,56	-	
	4	-	-	kaz		200	-	-	-	-	-	
	5	-	-	kaz		215	-	-	-	-	-	
ES-45/1	1	-37,4	-29,3	-6,2	-7,4	148	151	1,01	1,00	11,95	10,91	2. grup kapanımlar. (2 nd group inclusions.)
	2	-22,3	-	-6,5	-	154	-	0,99	-	9,86	-	
ES-45/2	1	-	-	-3,8	-	145	-	0,97	-	6,14	-	
	2	-	-	-2,7	-	149	-	0,95	-	4,48	-	
	3	-	-	-3,1	-	150	-	0,96	-	5,09	-	
ES-45/3	1	-	-	-1,3	-	155	-	0,93	-	2,23	-	
	2	-	-	-2,0	-	158	-	0,94	-	3,37	-	
	3	-	-	-1,7	-	158	-	0,93	-	2,89	-	
	4	-	-	-0,9	-	160	-	0,92	-	1,56	-	
	5	-	-	-0,7	-	157	-	0,92	-	1,22	-	
	6	-	-	-0,7	-	156	-	0,92	-	1,22	-	
	7	-	-	-1,0	-	158	-	0,93	-	1,73	-	
	8	-	-	-0,8	-	143	-	0,94	-	1,39	-	
	9	-	-	-0,5	-	147	-	0,93	-	0,87	-	
ES-44	1	-	-	-2,4	-	148	-	0,95	-	3,37	-	
	2	-	-	-0,4	-	150	-	0,92	-	0,07	-	
	3	-	-	-0,6	-	152	-	0,93	-	1,05	-	
	4	-	-	-1,8	-	150	-	0,94	-	3,05	-	
	5	-	-	-0,8	-	148	-	0,93	-	1,39	-	
ES-54/1	1	-18,5	-	-0,7	-	145	-	0,93	-	1,22	-	
	2	-	-	kaz		-	-	-	-	-	-	
	3	-	-	kaz		-	-	-	-	-	-	
	4	-17,0	-	-5,3	-	150	-	0,98	-	8,27	-	
	5	-18,0	-15,3	-5,0	-4,3	149	154	0,98	0,94	7,85	3,62	

Grup No (Sample No)	Kapanın No (Inclusion No)	T _{PM} (°C)		T _{ICL} (°C)		T _H (°C)		Yoğunluk (Density) (gr/cm ³)		Tuzluluk (Salinity) (% NaCl eqv.)		Açıklamalar (Explanations)
		Ölç. (Meas.)	Ort. (Mean)	Ölç. (Meas.)	Ort. (Mean)	Ölç. (Meas.)	Ort. (Mean)	Hes. (Cal.)	Ort. (Mean)	Hes. (Cal.)	Ort. (Mean)	
KS-58/3	1	-	-	-5,2	-	162	-	0,97	-	8,13	-	
	2	-13,5	-	-2,3	-	157	-	0,94	-	3,95	-	
	3	-	-	-1,7	-	159	-	0,93	-	2,99	-	
	4	-	-	kaz		140	-	-	-	-	-	
	5	-	-	-0,8	-	142	-	0,94	-	1,39	-	
	6	-	-	-1,0	-	150	-	0,93	-	1,73	-	
	7	-	-	kaz		160	-	-	-	-	-	
	8	-13,0	-	-2,9	-	163	-	0,94	-	4,79	-	
	9	-	-	-3,6	-	158	-	0,96	-	5,85	-	
	10	-	-	-0,9	-	163	-	0,92	-	1,56	-	
	11	-	-	kaz		143	-	-	-	-	-	
	12	-	-	-4,5	-	153	-	0,97	-	7,15	-	
	13	-17,6	-	-3,1	-	155	-	0,95	-	5,09	-	
KS-58/4	1	-15,0	-	-2,7	-	153	-	-	-	-	-	
	2	-14,6	-	-3,5	-	159	-	-	-	-	-	
	3	-	-	kaz		-	-	-	-	-	-	
	4	-	-	kaz		-	-	-	-	-	-	
KS-58/5	1	-	-	-4,4	-	154	-	0,97	-	7,01	-	
	2	-	-	-3,8	-	158	-	0,96	-	6,14	-	
	3	-	-	-2,8	-	162	-	0,94	-	4,63	-	
	4	-	-	-2,7	-	158	-	0,95	-	4,48	-	
	5	-	-	-	-	160	-	-	-	-	-	
KS-52/1	1	-	-	-1,2	-	124	-	0,96	-	2,06	-	
	2	-	-	-1,0	-	128	-	0,95	-	1,73	-	
	3	-	-	kaz		130	-	-	-	-	-	
	4	-	-	kaz		126	-	-	-	-	-	
	5	-	-17,9	kaz	-1,3	125	127	-	0,96	-	2,38	4. grup kapanımlar. (4 th group inclusions.)
KS-52/2	1	-17,9	-	-2,0	-	126	-	0,96	-	3,37	-	
	2	-	-	-1,4	-	126	-	0,96	-	2,40	-	
	3	-	-	-1,8	-	128	-	0,96	-	3,05	-	
	4	-	-	-0,6	-	130	-	0,94	-	1,05	-	

T_{PM} : İlk erime sıcaklığı (first melting temperature).
T_{ICL} : Son buza erime sıcaklığı (last ice melting temperature).
T_H : Homojenleşme sıcaklığı (homogenization temperature).
kaz : Kararsız gaz fazı (unstable gas phase).
- : Ölçüm yapılamadı (unmeasurable).

Ölç. : Ölçülmüştür (measured).
Ort. : Ortalama (mean).
Hes. : Hesaplanmıştır (calculated).
ES-13: Gübçe ve Ögütmeyle, 1988' de
(after Gübçe and Ögütmeyle, 1988)

Çizelge 1: Mineral oluşturuvcu sıvının sıvı kapanımlarında belirlenmiş özellikleri.
Table 1: Identified characteristics of the mineralising fluid in fluid inclusions.

İlk Ergime Sıcaklığı (T_{F M}) Ölçümleri

İlk ergime sıcaklığı ölçümleri yalnızca sınırlı sayıda kapanımda yapılabilmektedir. Birinci grup kapanımlardan yalnızca bir tanesinde -11,2 °C, ikinci grup kapanımlarda ortalama -29,9 °C (-37,4 °C ve -22,3 °C), üçüncü grup kapanımlarda -15,9 °C (-18,5 °C ve -13,0 °C aralığı) ve dördüncü grup kapanımlardan yalnızca bir tanesinde -17,9 °C ilk ergime sıcaklıkları ölçülmüştür.

Bilindiği gibi ilk ergime sıcaklığı değerleri kapanlanmış su içindeki su-tuz sistemlerinin ötektik noktaları ile karşılaştırılarak suyun içinde bulunan tuzun bileşimi hakkında tahminde bulunabilmektedir (Shepherd ve diğ. 1985). Bu değerlerden birinci, üçüncü ve dördüncü grup ölçümler H₂O - NaCl ikiye bileşimli sisteminin ötektik noktasının (-21,2 °C veya -20,8 °C; Shepherd ve diğ. 1985) üzerinde kalmakta olup mineral oluşturan su içinde NaCl (±KCl)'nin tek bileşen olduğu düşünülebilir. Ancak, ikinci grup kapanımlara ait değerler bu değerlerin altında olup, tuz bileşiminde NaCl yanısıra CaCl₂ veya MgCl₂ gibi tuzların da bulunduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, bu değerlerden yararlanılarak cevher oluşturu suyun olağan bileşiminin NaCl içerikli olduğu, ancak sülfür minerallerinin oluşumu sırasında bileşime NaCl dışında tuzların da katıldığı sonucu da çıkarılabilir.

Son Buz Ergime Sıcaklığı (T_{ICE}) Ölçümleri

Son buz ergime sıcaklığı ölçümünde dondurulmuş kapanımlar içinde gaz kabarcığının ortaya çıkıp, serbest harekete başladığı sıcaklık kullanılmıştır. Bazı kapanımlarda ısıtma sırasında sıcaklık 0 °C'yi aştığı halde gaz kabarcığı ortaya çıkmamış ve bu kapanımlar kararsız kapanımlar olarak nitelenmişlerdir.

Bu son buz ergime sıcaklık değerleri birinci grup kapanımlarda -2,2 °C (-4,5 °C ve -0,4 °C aralığı), ikinci grup kapanımlarda -7,4 °C (-8,2 °C ve -6,5 °C aralığı), üçüncü grup kapanımlarda -2,3 °C (-5,3 °C ve -0,4 °C aralığı) ve dördüncü grup kapanımlarda -1,3 °C ve -0,6 °C aralığı şeklinde. İlk ergime sıcaklığında olduğu gibi ikinci grup kapanımlar diğer gruptakilere göre belirgin bir farklılık göstermektedirler.

Bilindiği gibi saf suyun donma ve /veya ergime sıcaklığı 0 °C olup, suyun içinde çözümlü tuz miktarı arttıkça bu sıcaklık negatif işaretli değerlere doğru düşmektedir. Dolayısıyla negatif değerlerdeki rakamsal artış çözümlü tuz miktarının bir göstergesi olmaktadır.

Bu değerlerden yararlanılarak hesaplanan yoğunluk ve tuzluluk değerleri yine Çizelge 1'de görülmekte olup, tuzluluk: birinci grup kapanımlarda ortalama % 5,05, ikinci grup kapanımlarda % 10,91, üçüncü grup kapanımlarda % 3,62 ve dördüncü grup kapanımlarda % 2,28 şeklindedir. Tuzluluk bakımından da ikinci grup kapanımlar diğerlerine göre belirgin bir farklılık göstermektedirler. Ayrıca, bu tuzluluk değerlerinin ista-

tistiksel dağılımı Şekil 2'de grafik haline dönüştürülmüş olup sağ tarafa doğru oldukça genişlemiş bir dağılım oluşturmaktadırlar. Bu dağılımın nedeni tartışma bölümünde irdelenecektir.

Homojenleşme Sıcaklığı (TH) Ölçümleri

Birinci Grup Kapanımlar Bu kapanımlarda 200 °C ile 460 °C arasında değişen sıcaklık değerleri ölçülmüştür (Çizelge 1). Ölçüm yapılan örnekler ve değerlerin gruplanmaları dikkate alındığında 280 °C - 200 °C aralığı için ortalama 241 °C ve 460 °C - 310 °C aralığı için ise 410 °C olmak üzere iki ayrı ortalama

Örnek No (Sample No)	$\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ ($\delta^{34}\text{S}$ values permil)		Δ $\delta^{34}\text{S}_{\text{sph}} - \delta^{34}\text{S}_{\text{gln}}$	T °C Sıcaklık (Temperature)
	Sfalerit (Sphalerite)	Galenit (Galena)		
KS-5a	-6,1			
KS-7	-7,3			
KS-9b	-6,2	-8,4	2,2	300
KS-11a	-7,6			
KS-13a	-6,5			
KS-19a		-7,8		
KS-31	-4,6	-6,6	2,0	328
KS-36	-6,4	-8,3	1,9	344
KS-39	-5,3	-7,1	0,8	(-)
KS-42	-5,7	-7,6	1,9	344
KS-50	-5,5	-7,6	2,1	314
KS-52	-6,2	-7,3	1,1	(-)
KS-56	-5,3	-7,3	2,0	328
KS-58	-6,1	-8,1	2,0	328

sph: Sfalerit (Sphalerite)

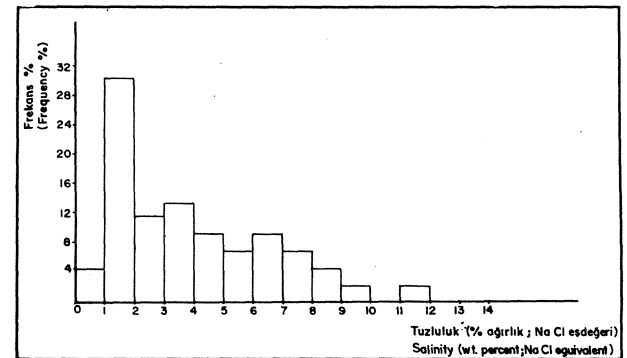
gln: Galenit (Galena)

(-): İki mineralin dengede olmadığı düşünülerek kullanılmamışlardır.
(Not used, disequilibrium condition.)

$T = ((0,35 \pm 0,03) \times 10^3) / (\Delta^{1/2})$; Ohmoto ve Iye, 1979' dan (After Ohmoto and Iye, 1979).

Çizelge 2: Sfalerit-galenit kükürt izotopları ayrımlanma jeotermometresi ile saptanmış sıcaklık değerleri (Gökçe, 1990).

Table 2: Temperature values identified by the sphalerite-galena sulfur isotopes fractionation geothermometer (Gökçe, 1990).



Şekil 2: İncelenen sıvı kapanımlarında tuzluluğun istatistiksel dağılımı.

Figure 2: Statistical dispersion of salinity in the investigated fluid inclusions.

KURŞUNLU PB-ZN-CN YATAKLARI

sıcaklık değeri ortaya çıkmaktadır. Ölçülen bu sıcaklık değerleri içinde buldukları kuvars kristallerinin oluşum sıcaklığı olarak düşünülmekte olup, cevher damarlarında kuvars oluşumunun oldukça geniş bir sıcaklık aralığında veya birisi 280 °C - 200 °C diğeri 460 °C - 310 °C sıcaklık aralığında olmak üzere iki ayrı sıcaklık koşulunda ve / veya iki ayrı evrede geliştiği söylenebilir.

İkinci Grup Kapanımlar Bu grup kapanımlardan yalnızca iki tanesinde 140 °C ve 154 °C sıcaklık değerleri ölçülebilmektedir (Çizelge 1). Bu sıcaklık değerleri ölçüm yapılan sfalerit kristalinin oluşum sıcaklığı olarak kabul edilebilir.

Üçüncü Grup Kapanımlar Bu grup kapanımlarda 140 °C ile 163 °C aralığında değişen (ortalama 154 °C) sıcaklık değerleri ölçülmüştür (Çizelge 1). Bu kapanımların sülfür mineralleri ile eş zamanlı olarak geliştiği kabul edildiğinde bu mineralleri içeren kılcal damarcıkların oluşumu sırasında sıcaklık bu değerler arasında olduğu düşünülmelidir.

Dördüncü Grup Kapanımlar Hematit ile temas halindeki kuvars kristallerinde ölçüm yapılan ikincil kapanımlarda ise 124 °C ile 130 °C arasında değişen (Ortalama 127 °C) sıcaklık değerleri ölçülmüştür (Çizelge 1) olup, yukarıdaki benzer bir yaklaşım ile hematit içeren kılcal damarcıkların oluşumu sırasında sıcaklığın bu aralıkta olduğu düşünülebilir.

Bilindiği gibi homojenleşme sıcaklığı değerlerinde cevherleşme sırasında cevher damarlarının üzerindeki örtünün kalınlığına ve hidrostatik basınca bağlı olarak basınç düzeltilmesi yapılması gerekmektedir. İncelenen yörede bu örtünün kalınlığı bilinmediğinden bu düzeltme kesin olarak yapılamamış, ancak sıcaklık artışı konusunda bir fikir vermesi için 500 m derinliğe göre hesaplanan sıcaklık değerlerinde gerekli düzeltme miktarlarının 3-4 °C olduğu görülmüştür.

KÜKÜRT İZOTOPLARI JEOTERMOMETRESİ

Kükürt izotoplarının denge halindeki sülfür mineralleri arasında izotopsal ayırılma faktörleri kullanılarak bu minerallerin oluşum sıcaklıkları belirlenebilmektedir (Ohmoto ve Rye, 1979). Bu nedenle değişik mineraller arasında mineral çiftleri oluşturulmakta ve $A_{A-B} = \delta^4$

$S_A - \delta^4 S_B$ izotopsal oran farkları hesaplanarak önerilen formüller yardımıyla oluşum sıcaklıkları bulunmuştur.

Yapılan kükürt izotopları incelemelerinde cevher damarlarında gözlenen pirit, kalkopirit, galenit ve sfalerit gibi sülfür minerallerinin genellikle izotopsal açıdan

dengede olmadıkları, yalnızca sfalerit ve galenit arasında sınırlı bir izotopsal dengenin bulunduğu gözlenmiştir (Gökçe, 1990).

Sfalerit-galenit çifti için sıcaklık bağıntısı $T = (0,85 \pm 0,03) \times 10^3 / (A^{1/2}_{Sph_Gln})$ şeklinde belirlenmiş (Ohmoto ve Rye, 1979) olup, hesaplanan sıcaklık değerleri Çizelge 2'de görülmektedir. Bu değerler 300 °C - 344 °C arasında değişmekte ve ortalama oluşum sıcaklığının 327 °C olduğu görülmektedir.

SONUÇLAR

Bu incelemelerden çıkarılabilecek sonuçlar aşağıdaki biçimde sıralanabilir.

Kuvars ve sfalerit kristallerinde birincil ve ikincil tip sıvı kapanımları izlenmiştir.

Bu kapanımlar genellikle küçük boyutlu (6-15 mikron), düzgün olmayan şekilli, gaz ve sıvı olmak üzere iki fazlı kapanımlar şeklindedirler.

Gaz fazın kapanımlar içindeki hacmi % 2- % 5 kadar olup, yalnızca CO₂den oluşmaktadır.

Kapanımlar, kapanım tipi ve mineral parajenezi dikkate alınarak dört ayrı gruba ayrılıp incelenmişlerdir. Birinci grup kapanımlar kuvars kristalleri içindeki birincil kapanımları, ikinci grup kapanımlar sfalerit kristalleri içindeki birincil kapanımları, üçüncü grup kapanımlar sülfür damarcıkları ile temas halindeki ve 6 veya bu damarcıklarca kesilmiş kuvars kristalleri içindeki ikincil kapanımları, dördüncü grup kapanımlar hematit içeren damarcıklarla temas halindeki ve / veya bu damarcıklarla kesilmiş kuvars kristalleri içindeki ikincil kapanımları kapsamaktadır.

İlk ergime sıcaklığı (T_{FM}), son buz ergime sıcaklığı (T_{ICE}) ve tuzluluk bakımından birinci, üçüncü ve dördüncü grup kapanımlar benzer özellikler gösterirken, ikinci grup kapanımlar belirgin bir farklılık göstermektedirler.

Birinci grup kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerine göre kuvars kristallerinin oldukça geniş bir sıcaklık aralığında (460° - 200 °C) veya birisi 460 °C - 310 °C diğeri 280 °C - 200 °C aralıklarında olmak üzere iki farklı sıcaklık aralığında ve / veya iki ayrı evrede oluştukları söylenebilir.

İkinci ve üçüncü grup kapanımlarda yapılan sıcaklık ölçümleri uyum halindedirler.

İkinci ve üçüncü grup kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı ve sfalerit-galenit kükürt izotopları ayırılma yöntemiyle hesaplanan sıcaklık değerleri, sülfür minerallerinin 344 °C ile 140 °C arasında oluştuğunu göstermektedir. Sıcaklık aralığındaki genişlik ve değerler arasındaki kümelenmeler dikkate alındığında, sülfür minerallerinin büyük bir kısmının 300 °C civarında oluştuğu (erken evre), ancak daha son-

raları sıcaklığın 140 °C'ye kadar düştüğü (geç evre) söylenebilir.

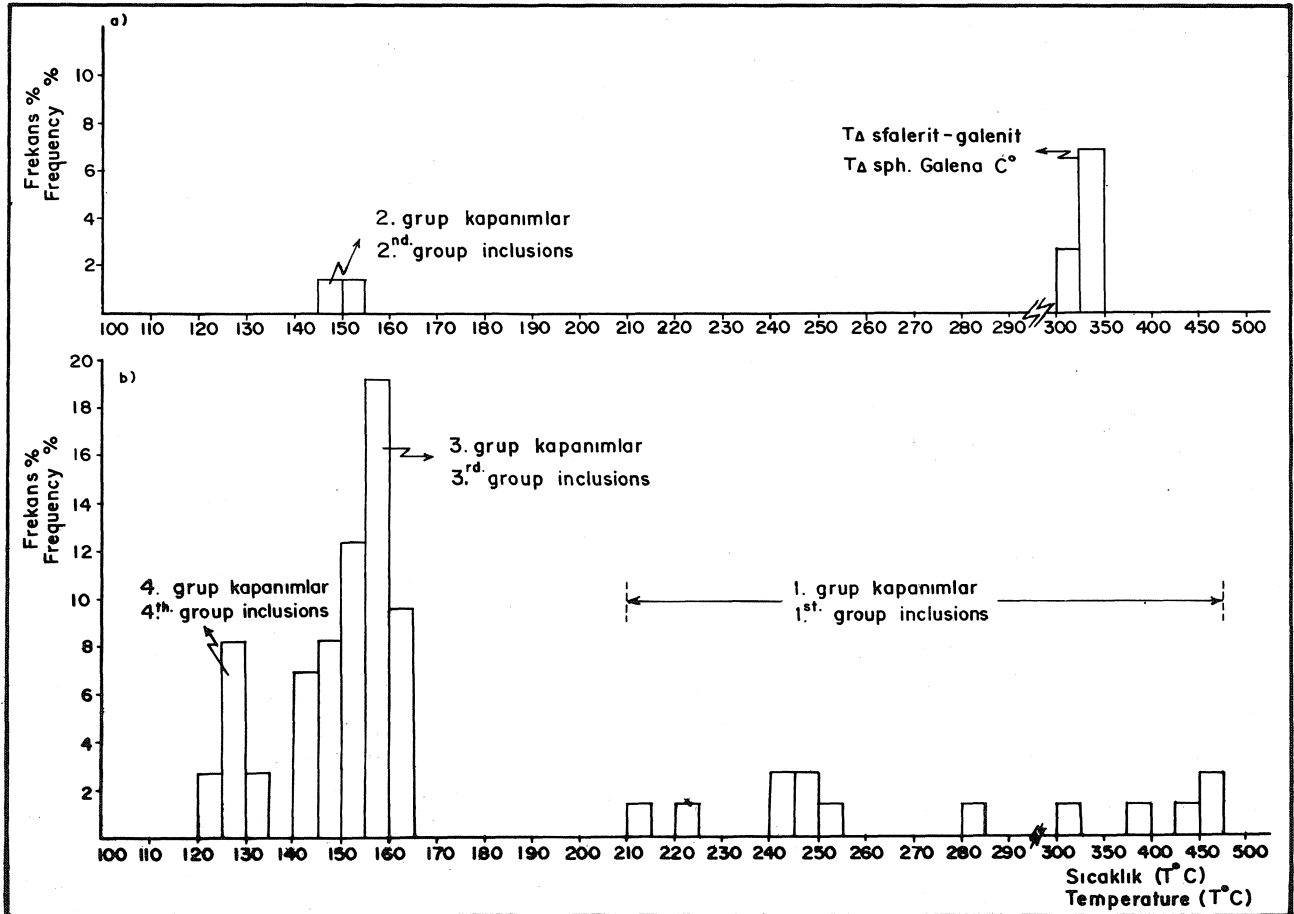
Dördüncü grup kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı değerleri ise cevher damarlarında hematit oluşumunun (ve / veya hematit içeren damarcıkların oluşumunun) 130 °C ile 124 °C arasında geliştiğini göstermektedir.

TARTIŞMA

İlk ergime sıcaklığı (T_{FM}), son buz ergime sıcaklığı (T_{ICE}) ve tuzluluk incelemelerinden sülfütlü minerallerin oluşumu ile doğrudan ilişkili olan ikinci tip kapanımlar, birinci, üçüncü ve dördüncü tip kapanımlara göre belirgin bir şekilde farklılık göstermektedirler (Çizelge 1). İkinci tür kapanımlarda ortalama tuzluluk değeri % 10,91 iken diğerinde % 2,28-5,05 aralığındadır. Bu değerlerden yararlanılarak özellikle sülfütlü minerallerin oluşumu sırasında hidrotermal suların tuzluluklarının sülfitsiz evreye göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

Diğer yandan tuzluluk değerinin istatistiksel dağılımında görülen sağa doğru uzamışlık ; tepe noktası %1-2 arasında olacak şekilde bir çan eğrisi oluşturan,

tuzluluğu düşük bir topluluğun, tuzluluğu daha yüksek bir topluluktan etkilendiğini göstermektedir (Şekil 2). Bu yüksek değerli topluluğun ikinci grup kapanımlarda ölçülen % 10,91 ortalama tuzluluk değerli topluluk olduğu düşünülebilir. Daha önce belirtildiği gibi ikinci grup kapanımlar sfalerit kristalleri içinde bulunan kapanımlar olup, hemen hemen her kesitte bulunmalarına karşın sfalerit kristallerinin renk tonunun kapammların incelenmesine mücade etmemesi nedeniyle yalnızca sınırlı sayıda ölçüm yapılabilmiş ve bu değerler Şekil 2'deki grafikte belirgin bir küme oluşturamamıştır. Eğer bu grup kapanımlarda çok sayıda ölçüm yapılabilmiş olsaydı büyük olasılıkla tepe noktası % 9-12 aralığında olmak üzere ikinci bir topluluk ortaya çıkacaktı ve aradaki geçiş değerlerinin bu iki farklı tuzluluktaki suların karışımı ile geliştiği açık bir şekilde söylenebilecekti. Tuzluluk değerlerini çok geniş bir aralıkta dağılım göstermesine karşın yoğun değerlerinin çok homojen olması tuzlulukları farklı iki ayrı suyun karışımı şeklindeki bu yaklaşımı desteklemektedir, bu sulardan tuzluluğu yüksek olanı, derinlerde dolaşmış ve cevher oluşturucu bileşenlerin taşınmasını sağlayan, olasılıkla denizel kökenli bir su, tuzluluğu az



Şekil 3 : Belirlenen sıcaklık değerlerinin istatistiksel dağılımı. (a ; sülfid mineralleri için, b ; kuvars kristalleri için).

Figure 3 : Statistical dispersion of the identified temperature values. (a ; for sulfide minerals, b ; for quartz crystals).

KURŞUNLU PB-ZN-CN YATAKLARI

olanı ise bu ürünlerin çökeltilmesinde etkili olmuş olasılıkla meteorik kökenli yerel yeraltı suyu olarak düşünülebilir.

Bu homojenleşme sıcaklığı ve kükürt izotopları aynınlanma sıcaklığı değerleri birlikte istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulduğunda Şekil 3a ve 3b'de görülen dağılımlar ortaya çıkmaktadır. Bu grafikten yararlanılarak cevher damarlarının jeotermometrik evrimine bağlı olarak "erken kuvars evresi (460 °C - 310 °C arası), ana sülfid evresi (344 °C - 300 °C arası), geç kuvars evresi (280 °C - 200 °C arası), geç sülfid evresi (163 °C - 140 °C arası) ve hematit evresi (130 °C - 124 °C arası)" şeklinde bir mineral oluşum evrimi geçirdikleri söylenebilir.

Çıkarılan sonuçların ve yapılan tartışmaların ışığında cevher getirici sıvının % 9-12 NaCl eşdeğeri tuzlulukta, hakim olarak NaCl (\pm KCl) ve kısmen CaCl₂ veya MgCl₂ içeren, sıcaklığı 460°C ile 124°C arasında değişen büyük olasılıkla derinlerde dolaşmış denizel kökenli bir su olduğu, daha soğuk ve tuzluluğu daha az olan (% 1-2 NaCl eşdeğeri) yerel meteorik kökenli yeraltı suyu ile karışması sonucunda taşıdığı bileşenlerini çöktirdiği şeklinde bir yorumda bulunulabilir.

KATKI BELİRTME

Saha çalışmaları ve örnek alımı sırasında Menka Madencilik A.Ş.'nin önemli katkısı olmuştur. Sıvı kapanım incelemeleri British Geological Survey'in Metodolojik İnceleme laboratuvarlarında yapılmış olup,

T.J. Shepherd ve J. Naden'in değerli yardımları olmuştur. Yazar, bu kurum ve kişilere katkılarından dolayı teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Gökçe, A., 1990 Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-SİVAS) damar tipi Pb-Zn-Cu yataklarının kükürt izotopları incelemesi : MTA Derg., 111, (baskıda).
- Gökçe, A., ve Özgüneylioğlu, A., 1988. Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-SİVAS) Pb-Zn-Cu yataklarının Jeolojisi, oluşumu ve kökeni : Cumhuriyet Univ., Mühendislik Fak. Dergisi., Seri A- Yerbilimleri, 5/1, 23-36.
- Ohmoto, H. ve Rye, R.o., 1979. Isotopes of sulfur and carbon : In ; Geochemistry of hydrothermal ore deposits (edit, by Barnes, H.L.), pp. 506a-567, Wiley, New York, 798 p.
- Özgüneylioğlu, A., 1983. Kurşunlu (Ortakent-Koyunluhisar-SİVAS) Pb-Zn-Cu yataklarının jeolojisi : Cumhuriyet Üniv. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans tezi, 52 s, (yayınlanmamış).
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H. ve Aiderton, D.H.M., 1985. A practical guide to fluid inclusion studies : Blackie and Son Limited, Glasgow (U.K.), 235 p.

Makalenin Geliş Tarihi 29.9.1989

Yayına Veriliş Tarihi 4.6.1990

