

- Cotton, C.A., 1944, Volcanoes as landscape forms, Whitcombe and Tombs, New Zealand, 270.
- Crandell, D.R., 1966, Some features of mud-flow deposits, Bull. Geol. Soc. Am., 77.
- Fisher, R., 1963, Bubble-wall texture and its significance; Jour. Sedim. Petr., 33, 1, 224-235.
- Fisher, R.V., 1960, Classification of volcanic breccias: Bull. Geol. Soc. Am., 71, 973-982.
- Fisher, R.V., 1958, Definition of volcanic breccia: Bull. Geol. Soc. Am. 69, 1071.
- Fisher, R.V., 1961, Proposed Classification of volcanoclastic sediments and rocks: Bull. Geol. Soc. Am., 72, 1409-1414.
- Green, P. and Short, 1971, A glossary and atlas of volcanology: Springer Verlag, Berlin, 519.
- Lydon, P.A., 1968, Geology and laahars of the Tuscan formation, Northern California: in "The studies of volcanology", ed. R.R. Coate, R.L. Hay, C.A. Anderson; Howel Williams Volume, Mem. 116, Geol. Soc. Am., 441-477.
- McDonald, G., 1972, Volcanoes, Prentice Hall, Englewood, C.J., 510.
- McDonald, G., 1953, Pahoehoe, Aa and Block lava; Am. Jour. Sci., 25, 169-248.
- Pettijohn-Potter-Siever, 1972, Sand and sandstone: Springer Verlag.
- Rittmann, A., 1962, Volcanoes and their activities: John Wiley, New York, 305.
- Ross, G.S., 1965, Provenience of piroclastic materials: Bull. Geol. Soc. Am., 66, 427-434.
- Smith, R.L., 1960, Ash flows: Bull. Geol. Soc. Am., 71, 791-848.
- Twenhofel, W.H., 1950, Principles of sedimentation: McGraw Hill, New York, 673.
- Wentworth, K.C. ve Williams, H., 1932, The classification and terminology of the pyroclastic rocks: Bull. National Res. Council, Washington.
- Wright, A.E., ve Browes, D.R., 1963, Classification of volcanic breccias: a discussion: Bull. Geol. Soc. Am., 74, 79-86.

Sıvı kapanımlar ve onlardan yararlanma olanakları

ÖMER AKINCI *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara*

GİRİŞ

Magma kütlelerinin yer kabuğuna yerleşip katılaştırmalarından artakalan, erimiş metaller yönünden başlangıçta doymuş veya yeryüzüne çıkış sırasında zenginleşmiş eriyiklerin, basınç ve sıcaklık değişimleri ve fiziko-kimyasal koşullardaki değişimler sonucu uygun bir yerde cevherleşmeleri oluşturdukları uzun yıllardır bilinmektedir. Oluşumunu tamamlayan her mineral, oluştuğu eriyiğin bir parçasını da içinde kaptanmış olabilir; işte bu yolla özellikle sıvı damar cevher minerallerinde kolaylıkla gözleyebildiğimiz sıvı kapanımlar oluşmaktadır.

Sıvı kapanımlar 100 seneden fazla bir zamandanberi incelenmiş olup, Zirkel (1873) ve Sorby (1858) bu konuda oldukça ayrıntılı bilgi vermişlerdir.

Sıvı kapanımlar cevherleşmelerin oluşum sıcaklıklarının saptanmasında zamanımızda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, maden yataklarının veya damarlarının oluşum sıcaklıklarının (yaklaşık olarak eriyiklerin kapanlandığı sıcaklık) saptanmasında yakın zamanlara kadar yapısal, dokusal ve mineralojik özellikler, jeotermometre varsayımlarına esas alınmıştır. Oysa cevherleşmenin yerleşmesi, metallerin dağılımı, en az litoloji ve yapı ile olduğu kadar, sistemin sıcaklığı ile de kontrol edilmektedir. Özellikle, damarlardaki zonlanmalar, tenör dağılımı gibi özellikler sistemin sıcaklığı ile çok yakından ilgilidir.

Sıvı kapanımların jeolojik termometre olarak kullanılmalarıyla ilgili, 1953'ten önceki çalışmaların çoğu Smith (1953) tarafından özetlenmiştir. Bu konuda en yaygın çalışma Ermakov (1950) ve Roedder (1967, 1972) tarafından yapılan yayınlarda görülmektedir.

SIVI KAPANIMLARIN OLUŞUMU VE SINIFLANDIRILMALARI

Kapanımlar çeşitli yollardan meydana gelebilirler. En olağan yollardan biri bir kristalin dallı budaklı büyümesidir. Bunu izleyen düzenli bir büyüme ilk aşamamın düzensizliklerinden oluşan boşlukları her taraftan örterek cevher getirici eriyiklerin bir kısmını boşluklarda kapanlayabilir. Diğer bir mineral tanesi, karışmaz bir sıvı damlacığı, veya gaz kabarcığı gibi, bir kristalin ufak bir kısmının büyümesini durduran veya yavaşlatan işlem de, aynı zamanda sıvının kapanmasına neden olabilir (Roedder, 1962 b, 1967).

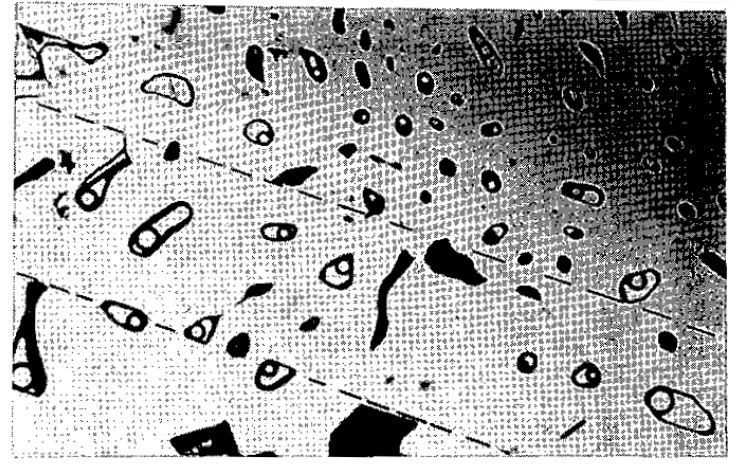
Kristalin büyümesi tamamlanınca büyüme düzensizlikleri veya boşlukları dış ortamdan tümüyle yalıtılmış olabilir. Eriyiğin soğumasının devam etmesi nedeniyle kapanım sıvısının büzülmesi sonucu kapanımda bir gaz kabarcığı ortaya çıkar; eğer eriyik içinde erimiş gaz fazı yoksa bu kabarcık genellikle vakumdur. Bu yolla meydana gelen kapanımlara ilksel kapanımlar denir. Zira bunlar, içinde buldukları kristalle birlikte oluşurlar ve kristali meydana getiren eriyiğin bir parçasını taşırlar (levha 1, şekil 1-2).

İkincil kapanımlar bir kristalin oluşum sonrası kırıklarının onarılması işlemiyle meydana gelirler ve kristalin oluşumundan sonra değişik bileşim ve sıcaklıktaki bir eriyik içine battığını gösterirler. Bunlar, içinde buldukları kristalde boydan boya uzanan onarılmış kırıklar boyunca sıralandıklarından kolaylıkla tanınabilirler (levha 1, şekil 3-4).

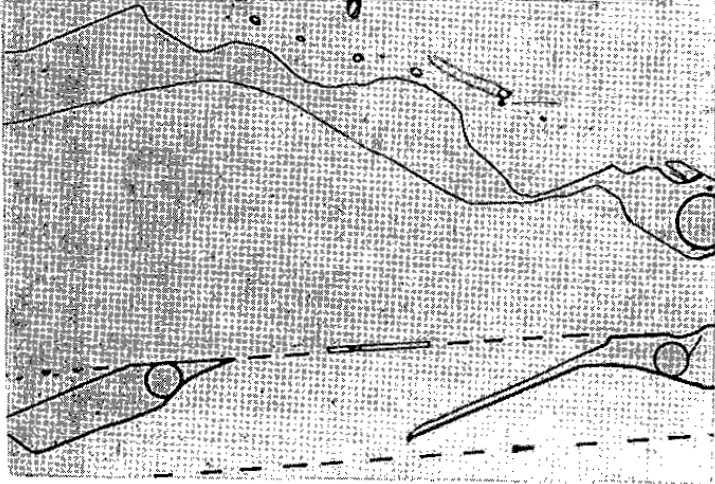
İlksel ve ikincil kapanımları birbirinden ayırtma güçlüğü bir sorun oluşturabilir; bununla birlikte ayırım için bilinmesi gerekli özellikler yeterince incelenmiştir. Bu konuda Bailey ve Cameron (1951), Ermakov (1950) ve Roedder (1967)den yararlanılabilir.



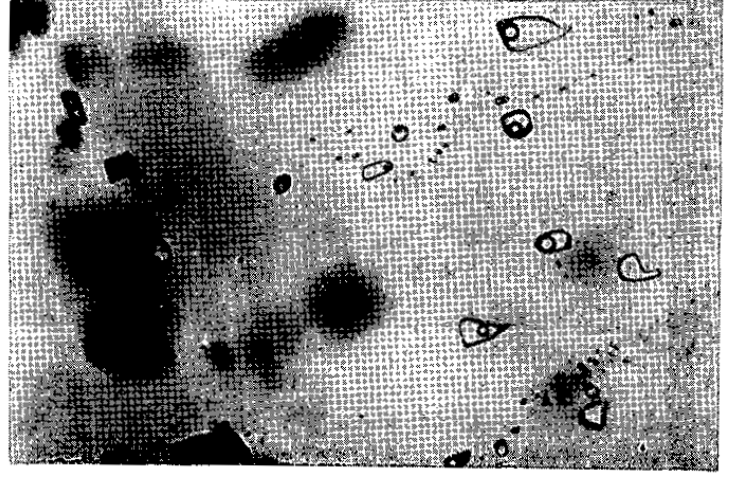
Şekil 1: Sfalerit içinde ilksel kapanımlar ve renk bantları. Büyük kapanım yaklaşık 100 mikron büyüklüğündedir.



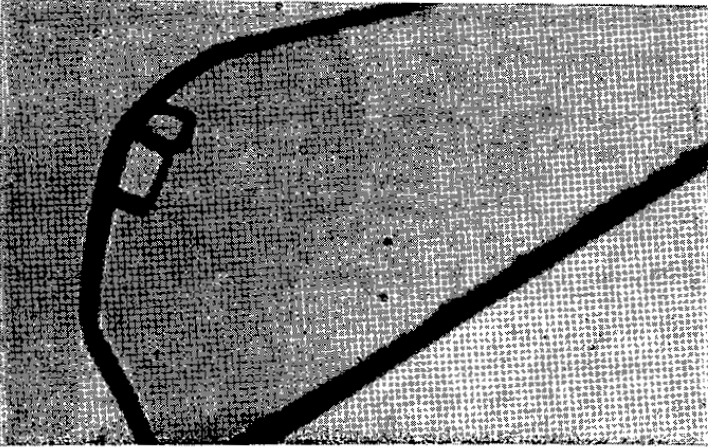
Şekil 2: Sfalerit içinde bir büyüme düzlemi boyunca oluşmuş ilksel (yarı ikincil?) Kapanımlar. Kapanımların büyüklüğü 30-75 mikron arasında değişmektedir.



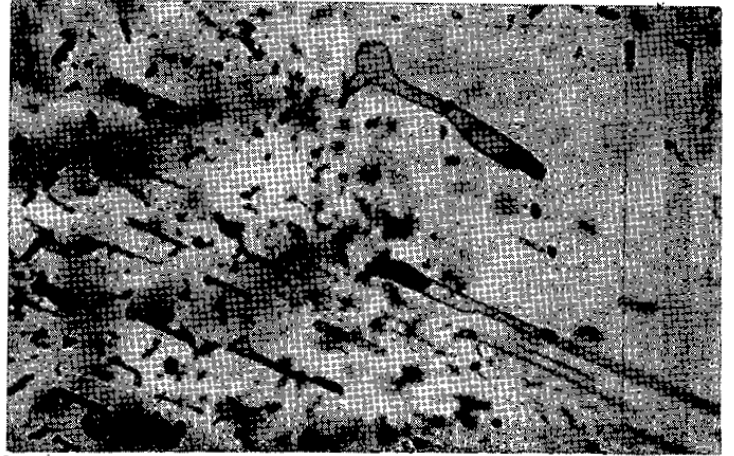
Şekil 3: Sfalerit içinde muhtemel bir dilinim (veya büyüme) düzlemi boyunca sıralanmış düzlemsel yarı-ikincil kapanımlar. Sol alt köşedeki kapanım 100 mikron uzunluğundadır.



Şekil 4: Barit içinde ilksel, ikincil (tek fazlı) ve gaz yönünden zengin kapanımlar.



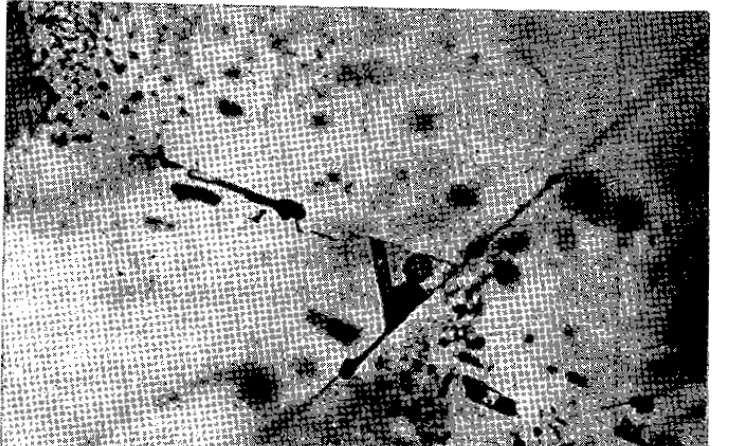
Şekil 5: Sfalerit içindeki kapanımların içerdiği tuz kristalleri.



Şekil 6: Kapanım içinde opak mineral parçacıkları.



Şekil 7: Kapanım içinde opak mineral parçacıkları.



Şekil 8: Kapanım içinde opak mineral parçacıkları.

Yarı-ikincil (Pseudosecondary) terimi Ermakov (1950) tarafından hem ilksel, hem de ikincil kapanımların birlikte olması olanaklı kapanımlar için kullanılmıştır.

Bu yazının yazarının Bulancak (Giresun)'da inceleme olanağı bulunduğu Sfalerit içindeki kapanımların çoğu oldukça iri ve dağılmış olarak bulunmuşlar ve herhangi bir kırıklı ilgilere görülmemekle beraber tam olarak ilksel köken özelliklerine sahip oldukları da saptanamamıştır. Böyle kapanımlar ilksel olarak kabul edilmişlerdir. Zira ikincil olduklarını açıklayacak, akla yatkın bir çözüm yolu bulunamamıştır. Bazılarında da renk bandları ve zonları görülmüştür (levha I, şekil 1).

Bulancak sülfid damarları örneklerinin incelenmesi sırasında kuvars, barit ve dolomitlerde çizgisel sıralanma gösteren tek fazlı (yalnız gaz veya sıvı içeren) kapanımlardan kaçınılmış, yalnız dağınık ve oldukça büyük kapanımlar ilksel olarak kabul edilmiştir.

KAPANIM TÜRLERİ

Yazarın Bulancak'ta incelediği örneklerde her ne kadar, değişik tüplerde kapanımlar görüldüyse de bunların büyük bir kısmı sıvı yönünden zengin türler olarak saptanmıştır. Bunlar sıvı/gaz oranı yönünden yüksek doldurma derecesine sahip oluşlarıyla, gaz kabarcığı oranının % birkaçtan %36'ya kadar çıkmasıyla, ayırtlanmışlardır.

Tümüyle sıvı veya gaz olan kapanımlar Bulancak'da incelenen örneklerde sfaleritte olduğu kadar baritte de izlenmişlerdir. Birinciler ince, yassılaştırmış, zar şeklinde görünürler (levha 1, şekil 3-4) ve bunların 70°C altında kapanlandıkları düşünülmektedir (Roedder, 1967). Sıvı yönünden zengin kapanımlarda gaz fazının oluşmaması, tamamı sıvı, tek fazlı düşük sıcaklık kapanımlarının ortaya çıkmasıyla sonuçlanır. Bulancak sülfid damarlarında, olasılıkla yarı ikincil kökenli bir sfalerit örneğinde, gaz kabarcığı içermeyen bir kapanımın duvarları boyunca tuz kristallerinin oluştuğunu yazar saptamıştır (levha 1, şekil 5). Bu tuz kristalleri 200°C'nin üstünde bile çözülmediklerinden sıvının kaçtığı kanısına varılmıştır.

Büyümekte olan mineraller ortamın içinde bulunan katı parçacıkları kapıp saklayabilirler. Bunların en iyi örnekleri Bulancak'da yazarın incelediği sfalerit örnekleri içinde görülmüştür (levha 1, şekil 6, 7, 8). Ortamdan kapılmış bu opak mineraller genellikle kübik veya dikdörtgen şekillere sahiptirler. El miknatısı ile denenmişlerse de herhangi bir miknatıslanma özelliği göstermemişlerdir. Cevher minerallerinin mikroskop incelenmeleri hematitin çok olağan olmadığını ortaya koyduğundan (Akıncı, 1974) ve sfaleritten önce oluşan tek mineral pirit olduğundan bu opak parçacıkların pirit olabileceği düşünülmüştür. Bununla beraber kalkopirit yaygın bir şekilde sfalerit içinde ayrıntılar halinde bulunduğundan bu olasılığı da hatırdan çıkarmamak gerekir. Roedder (1960), sıcaklık azalmasının mineral çökmesinde önemli bir etmen olduğuna işaret ederek, sıcaklığın azalması ile kapanım sıvısında da çökmenin devam edebileceğini ileri sürmüştür.

KAPANIMLARDAN YARARLANMA OLANAKLARI VE ÖLÇME YÖNTEMİ

Kapanımlardan hangi yolla yarar sağlandığının ve ölçme yöntemlerinin bilinmesinden önce jeotermometre ölçümlerinin ne gibi aşamalar geçirdiğinin kısaca hatırlatılmasında yarar vardır.

Friedman (1949) bir cevher kütlesini oluşturan sülfid minerallerinin "iz elementleri paylaşma katsayısı"nın uygulanabilir bir jeotermometre olduğunu, Barton ve Skinner (1967) tek bir mineralin iz element içeriğini kullanmak yerine iz element paylaşma katsayısının kullanılması gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Hall ve diğ. (1971) tarafından Darwin madeninde Sfalerit ve Galenit arasında Cd, Mn ve Se paylaşılması jeotermometre için esas alınmış fakat elde edilen sıcaklık değerleri birbirinden çok farklı sonuçlar vermiştir. Yöntemi sınırlandıran koşullar Bethke ve Barton (1971) tarafından aşağıdaki şekilde verilmiştir:

- Yöntem 200-500°C arasındaki ısılarla uygulanabilir.
- Sfaleritin yapısal eşleniklerinin (polytypes) bulunması oluşum sıcaklıklarını önemli derecede etkiler.
- Galenitlerdeki eser elementlerin yüksek ısı yataklarında yeniden dengelenmesi çok olağandır.
- Sfalerit ile kalkopirit arasında selenyumun paylaşılması uygulanabilir bir özellik değildir.

Pirotin ve sfalerit jeotermometresinin yakın zamanlarda büyük eleştirilerle karşı karşıya kalmış olması (Barton ve Toulmin 1960; Boorman, 1967; Scott ve Barnes, 1971; Brown ve Lovering, 1973; Arnold, 1969) dolayısıyla kullanılan diğer jeotermometre yöntemleri arasında sıvı kapanımlar en çok bilgi veren ve güvenilir yöntem durumuna gelmiştir (Sawkins, 1966). Sıvı kapanımlardan elde edilen verileri, diğer tamamlayıcı bilgilerle birlikte yeni zuhurların bulunmasında ve zengin zonların saptanmasında kullanılabilecek olanağı doğmuştur.

Dondurma Deneyleri

Her ne kadar donma noktasının düşme miktarının eriyiğin tuz yoğunluğu ile orantılı olduğu Ermakov (1950) tarafından belirtilmişse de dondurma yöntemi Roedder (1962 b) tarafından ABD'nde geliştirilmiştir. Kapanım sıvısı içinde son buz kristalini tamamiyle erimezden önce, eriyik ile denge halinde bulunduğu sıcaklık derecesine eriyiğin donma noktası denmektedir (Roedder, 1962a). Na⁺ ve Cl⁻ sıvı kapanımların (Roedder, 1967, 1972) ve birçok hidrotermal eriyiklerin (Helgeson, 1964) başlıca iyonlarını oluştururlar. Bu nedenle donma noktasının saptanması eriyiğin NaCl yüzdesi birim alınarak en iyi bir şekilde açıklanabilir. Bunun için NaCl-H₂O sisteminden faydalanılır (Roedder, 1962 a, şekil 4). Donma noktasını düşüren NaCl miktarının eriyiğin toplam tuz miktarına eşit olduğu varsayımı genellikle kabul edilmiştir. Tuzluluk miktarının saptanmasından başka bu yöntem kapanım sıvısı içindeki tuz kristallerinin tanınmasına ve eriyikte, eğer varsa, CO₂ miktarının saptanmasına da yardım etmektedir.

Dondurma Hücresi. Yazarın yapmış olduğu ölçümlerde kullandığı aygıt İngiltere'de Durham Üniversitesinde F. W. Smith (1973, şekil 1) tarafından geliştirilmiştir. Bu hücre ile 100 dereceye kadar inilebilmektedir, son derece çabuk bir soğutma olanağı yaratır ki bu donma noktasının altında uzun müddet duraylı kalabilen eriyiklerde donma noktasına erişebilmede kolaylık sağlar. Sfaleritlerdeki birçok kapanımlarda eriyiğin esas donma noktası -3°C olarak saptanmışsa da aynı eriyiğin -35°C 'de bir saat tutulduğu halde donmadığı görülmüştür.

Hücrenin kendisi perspex silindirden yapılmış olup alt taraftan ışığı geçirmesi için yine perspex levha ile kapatılmıştır. Hücre içine kat kat konmuş 3 bakır ızgara soğutulmuş azot gazının aşağıdan yukarı doğru çıkarken her tarafa yayılmasını sağlamaktadır. En üst ızgara aynı zamanda incelenen örneği de üstünde tutar.

Sıvı azot içindeki bakır sargı borusundan geçerken soğutulan azot gazı plastik (polythene) bir boru bağlantısıyla dondurma hücresine verilir. Bu yolla soğutulan kapanım eriyiğini içeren mineral örneğinin üzerine kar tutmaması için hava üflenir.

Hücrenin sıcaklığı kâğıtlı kaydediciye (Chart recorder) bağlı ısı teli çifti (thermocouple) ile ölçülür. Ölçülen sıcaklıklar (mv cinsinden) kalibrasyon eğrisi yardımıyla $^{\circ}\text{C}$ 'ye çevrilir. Kalibrasyon eğrisini hazırlamak için aşağıdaki kimyasal maddeler kullanılmıştır.

Butirik asid	Donma noktası	—	6.5°C
Bromin	" "	—	7.2°C
Metil Benzoat	" "	—	12.3°C
Benzonitril	" "	—	13.0°C
Kuinolin (Quinoline)	" "	—	15.9°C
Dekan (Decane)	" "	—	19.7°C

Sıvı kapanımların bileşimine yaklaşan herhangi bir standart olmadığı için donma noktası hatalı bulunabilir. Büyük hacimli örnek, büyük hacimli kapanım, düşük tuzluluk, kapanımların düzensizliği, gaz kabarcığıyla girişim gibi etmenlerin donma noktasını yükselttiği Roedder (1962 a) tarafından ileri sürülmüştür. Sıvı CO_2 'den ileri gelen bir iç basınç etkisi ise donma noktasını düşürme eğilimindedir.

Donma Etkimleri ve Ürünleri. Donan kapanım tümüyle opak duruma geçer. Dondurma işlemi durdurulup sıcaklık yavaş yavaş yükselttilirse ilk erime belirtileri bir müddet sonra görülmeye başlanır. Bu ilk erimenin başladığı an farke dilmeyebilir. İncelenen kapanımlarda buzdan başka bir faz saptanmamışsa da bazı kapanımlarda sıvı CO_2 'in varlığından şüphe edilmiştir. Donmanın ilk belirtisi kapanım içindeki kabarcığın büzülerek kabaca kalb şeklini alması veya daha küçük bir kabarcık haline geçmesiyle anlaşılır. Erime esnasında buzlar yuvarlak, yüksek negatif röliyeveli, çift kırması olan taneler haline geçerler.

Bulancak sülfid damarlarında yazarın yaptığı çalışmalar sonucu elde edilen sıcaklıklar, donma ürünleri, yoğunluk ve tuzluluklar Akıncı (1976) çizelge 1, 2 ve 3'te verilmiştir. Bulancak sülfidlerinde eriyik yoğunlukları Roedder (1967) ve Tugarinov ve Naumov (1972) tarafından saptanan hidrotermal eriyik yoğunlukları ile uyum halinde bulmuştur (Akıncı, 1976). Roedder (1967)'e göre hidrotermal yatakların ço-

ğu yoğunluğu 0.5 ile 1.0 gr/cm^3 arasındaki eriyiklerden oluşmuşlardır.

Yoğunluklar eğer oda sıcaklığında kapanım içindeki tuz kristallerinin, sıvının ve gaz kabarcığının oransal hacmi bilinirse veya Haas (1970) tarafından verilen çizelgeden bulunabilir. Bulancak'da yazarın incelediği örneklerin yoğunlukları 0.74 ile 0.98 gr/cm^3 arasında değişmektedir; damar oluşumunun başlangıç aşamasında 300°C 'de 0.74 olan eriyik yoğunluğu daha sonra sıcaklık 135°C dolayına düşüncü 0.97'ye yükselmiştir (Akıncı, 1976).

Isıtma Deneyleri

Isıtma Hücresi. Fırın: Mikroskop tablasına takılmış basit bir ısıtma hücresi ölçümler için kullanılabilir. Akım (ısıtma) esas olarak paslanmaz çelikten yapılmış bir silindir etrafındaki sargılarla sağlanır. Akım bir transformatörden kullanılarak azaltılıp çoğaltılabilir. Bütün blokun asbest bir kalp için alınması gerekir. İncelenecek örnek, ateşe dayanıklı (pyrex) silindirin içine tutturulmuş bir metalik yaka üzerine oturtulmuş bir disk üzerinde durur, bunun üzerinde kuvars camından yapılmış bir kapak bulunmaktadır.

Hücre içi ve incelenen örnek sıcaklığı daha önce açıklandığı gibi bir çift ısı ölçme teli (thermocouple) ile kontrol edilmiştir. Isı ölçme telleri ergime noktaları belli aşağıdaki kimyasal maddelerle kalibre edilmiştir:

	Ergime noktası ($^{\circ}\text{C}$)
Acetoxime	61—62
Hydroxyquinidine	75
Resorcinal	110—111
Benzoik asit	123.0
Para-Nitro anilin	147.5
Süksinik asit	187.0
Antrasen	215.0
Gallik asit	263.0
Benzen heksaklorür	310

Isıtma esnasında kapanım içindeki ısı dengesini sağlamak, anormal derecede düşük homojenleşme sıcaklığı elde etmeyi önlemek, kapanımın patlamasına engel olmak ve kapanım eriyiğini dışarı sızdırmamak için sıcaklık artışını sabit tutmak gerekmektedir ($1-5^{\circ}\text{C/dakika}$).

İki tarafı parlatılmış, kapanımı içeren mineral parçasını ısıtırken gaz kabarcığının kaybolduğu noktadaki sıcaklık kapanımın soğumakta olan cevherli eriyikten oluştuğu sıcaklığı temsil etmektedir. Bu homojenleşme sıcaklığı mineralin oluştuğu en düşük sıcaklığı temsil ettiği kabul edildiğinden bir buhar basıncı düzeltilmesi yapılmalıdır. Sourirajan ve Kennedy (1962)'ye göre %5-12 arasında NaCl içeren eriyiklerin kritik ısıları $425-515^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. İncelenen örneklerde bu sıcaklığa erişilmemiş olmasına, ayrıca CO_2 miktarının da ihmal edilebilir olmasına dayanarak, ve Klevtsov ve Lemkin (1959)'in yöntemini kullanarak Bulancak Sülfidleri için uygulanabilecek maksimum düzeltmeyi yazar $+20^{\circ}\text{C}$ olarak saptamıştır (Akıncı, 1974).

ÖNERİLER

Yöntemin son derece basit ve çabuk olmasına oranla maden jeolojisinde uygulama olanakları son derece yararlı sonuçlar vermektedir. Mikroskop ve kâğıtlı kaydedici dışında gereken bütün malzeme kolaylıkla bulunabilir veya herhangi bir atelyede yapılabilir. Maden jeolojisi ile uğraşan her kuruluşa yazar sistemin kurulması için gerekli yardımı ve verileri başvurulduğu takdirde sağlayabilir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akıncı, Ö.T., 1974, The Geology and Mineralogy of Copper, Lead, Sulphide veins from Bulancak, Turkey: Durham Univ., Unpubl. Ph. D. Thesis, s. ?
- Akıncı, Ö.T., 1976 Bulancak güneyindeki sülfid damarlarında sıvı kapanım çalışması: Türkiye Jeol. Kur. Bül., 19, hazırlanmakta.
- Arnold, R.G., 1969, Pyrrhotite phase relations below 304±6°C at 1 Atm. Total pressure: Econ. Geol., 64, 405-419.
- Bailey, S.W. ve Cameron, E.N., 1951, Temperatures of mineral formation in Botton - Rund Lead - Zinc Deposits of the Upper Mississippi Valley as indicated by liquid inclusions: Econ. Geol., 46, 626-651.
- Barton Jr., P.B. ve Toulmin III., P., 1966, Phase relations involving sphalerite in the Fe - Zn - S system: Econ. Geol., 61, 815 - 849.
- Barton Jr. ve P.B. Skinner, B.J., 1967, Sulfide mineral stabilities; Barnes, H.L., ed., "Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits" de: Holt, Rinehart And Winston, Inc., 236-333.
- Bethke, M.P., and Barton Jr., P.B., 1971, Distribution of some minor elements between coexisting sulfide minerals: Econ. Geol., 66, 140-163.
- Boorman, R.S., 1967, Subsolidus studies in the ZnS-FeS-FeS₂ system: Econ. Geol., 62, 614-631.
- Brown, P.R.L., ve Lovering, J.E., 1973, Composition of sphalerites from the Broadlands Geothermal Field and their significance to sphalerite geothermometry and geobarometry: Econ. Geol., 68, 381-387.
- Ermakov, N.P., 1950, Research in mineral forming solutions: Khar'kov Press (Rusça). 1965 de İngilizceye tercüme edilmiş: "Research on the nature of mineral forming solutions, with special data from fluid inclusions": New York, Pergamon Press, International series of Monographs in Earth Sciences, Vol. 22, 743 s.
- Friedman, I., 1949, A proposed method for the measurement of geologic temperatures: J. Geol., 57, 618-619.
- Hall, W.E., 1971, Fractionation of minor elements between galena and sphalerite, Darwin-Lead-Silver-Zinc mine, Inyo County, California, and its significance in geothermometry: Econ. Geol. 66, 602-606.
- Haas, Jr., J.L., 1970, An equation for the density of vapor saturated NaCl-H₂O solutions from 75° to 325°C: Am. Jour. Sci., 269, 489-493.
- Helgeson, H.C., 1964, Complexing and hydrothermal Ore Deposition: The Macmillan Co., 128 s.
- Klevtsov, P.V., ve Lemmlein, G.G., 1959, Pressure corrections for the homogenization temperature of aqueous NaCl solution: Dokl. Acad. Sci. USSR, 128, 995-997.
- Roedder, E., 1960, Fluid inclusions as samples of the oreforming fluids: XXI Int. Geol. Cong. Proc. Sec. 16, 218-229.
- Roedder, E., 1962 a, studies of fluid inclusions; I: Low temperature application of a dual-purpose freezing and heating stage: Econ. Geol., 57, 1045-1061.
- Roedder, E., 1962 b, Ancient fluids in crystals: Sci. American, 207, 38-47.

Roedder, E., 1967, Fluid inclusion as samples of ore fluids; Barnes, H.L., ed., "Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits" de: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 515-574.

Roedder, E., 1972, Composition of fluid inclusions: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 440 - JJ, 164 s.

Sawkins, F.J., 1966, Ore genesis in the North Pennine Orefield in the light of fluid inclusion studies: Econ. Geol., 61, 385-401.

Scott, S.D. ve Barnes, H.L., 1971, Sphalerite geothermometry and geobarometry: Econ. Geol., 66, 653-669.

Smith, F.G., 1953, Historical Development of Inclusion Thermometry: Toronto, Univ of Toronto Press, s.

Smith, F.W., 1973, A simple microscope freezing stage: Min. Mag., 39, 366-367.

Sorby, H.C., 1858, On the microscopic structure of crystals indicating the origin of minerals and rocks: Geol. Soc. London Quart. J., 14, Part I, 453-500.

Sourirajan, S. ve Kennedy, G.C., 1962, The system H₂O - NaCl at elevated temperatures and pressures: Am. Jour. Sci., 260, 115-141.

Tugarinov, A.I. ve Naumov, V.B., 1972, Physicochemical parameters of hydrothermal mineral formation: Geochemistry Int. 161-167.

Zirke, F., 1873, Die Mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und gesteine: Wilhelm, Englemann Leipzig.