

ÖDEMİŞ - HALIKÖY - EMİRLİ ARSENİKLİ ANTİMONİT CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ VE ARSENİKTEN ARINDIRILMASI

Ali AKAR (*)

ÖZET

Ödemiş - Halıköy - Emirli arsenikli antimonit ham cevherinin zenginleştirme yöntemleri ile optimal koşulları laboratuvar çapta deneysel olarak saptanmaya çalışılmıştır. Cevher içeriğindeki arseniği elemine ederek izabe sonunda arsenikten arındırılmış antimon regülüs elde edilmesine elverişli bir konsantre elde etmek bu araştırmanın ana amacını oluşturmuştur.

Cevher örnekleri üzerinden yapılan mikroskopik araştırmalar ve ön testler, uygun koşullarda cevher içeriğindeki arsenikli ve antimonlu fazların birbirinden ayrılabilceğini ortaya koymuştur.

(*) Dr. Maden Yük. Müh., Makina Fak., Maden Müh. Böl. E.Ü.; İZMİR.

Araştırmaya konu ham cevheri oluşturan minerallerin fiziksel, fizikokimyasal ve kimyasal özelliklerinden yararlanarak belirlenen koşullarda «Yoğunluğa göre, Flotasyon ve selektif küresel aglomerasyon» gibi temel ve ham cevhere özgün zenginleştirme yöntemleri ile bunların ikilemleri uygulanmıştır.

Yoğunluğa göre zenginleştirmenin ne son ürün ne de ara ürün elde etmeye uygun olamayacağı görülmüştür.

Bu arada, ayrılması amaçlanan antimonit ve arsenopiritin flotasyon ortamındaki davranışları ile ilgili veriler değerlendirilmiş ve her iki mineralin bu davranışlarının özellikle hidrofoblaşma özelliklerinin birbirine çok yakın olduğu, birbirinden ayrılmasının ancak hidrofoblaştırma yeteneği düşük toplayıcılar (ditiyofosfatlar) yoluyla mümkün olabileceği belirlenmiştir.

Ham cevher içeriğindeki antimoniti (Sb_2S_3) diğer sülfür mineralleri ile birlikte toplu kazanma (toplu flotasyon) yada yalnızca antimoniti gang ile sülfür minerallerinden seçimli olarak ayrı kazanma (seçimli flotasyon) yöntemleri ile bunların doğru yada ters kombinasyonları uygulanarak Sb_2S_3 konsantreleri kazanılmıştır. Bu seçeneklerden daha başarılı ve endüstriyel uygulama için daha elverişli sonuçlar, «ham cevherden seçimli flotasyon» uygulaması ile sağlanmıştır. Bu yolla belirlenen optimal flotasyon koşullarında toplam Sb verimi %95, Sb tenörü %65,17 ile As tenörü %0,11 olan bir «super Sb_2S_3 konsantre» elde edilmiştir.

Tüm bu seçeneklerden fakültemize ait ve halen ETİBANK Halıköy - Emirli antimuan cevherlerinin zenginleştirme denemelerinde kullanılmakta olan 50 ton/gün kapasiteli tesis olanaklarında ek yatırımsız ve belirlenen optimal flotasyon koşullarına da uygulanabilecek tek seçeneğin, «ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyon» yöntemi olduğu belirlenmiştir.

(*) Dr. Maden Yük. Müh., Makina Fak., Maden Müh. Böl. E.Ü.; İZMİR.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Çok uzun süreden beri Türkiye, Dünya'nın önemli antimuan üreten ülkelerinden birisi olmuştur. Ancak bu üretim belli bir düzeyin üzerine çıkarılamamıştır. Bunun ana nedeni, 19. yüzyıldan beri varlığı bilinen Türkiye antimuan kaynaklarının sağlıklı ve düzenli bir üretime temel oluşturacak biçimde araştırılmaması, çeşitli teknik ve teknolojik sorunlarının çözülmemiş olmasıdır. Bunun yanında Türkiye antimuan madenciliği, genellikle yatırım gücü kısıtlı küçük üreticilerin elinde bulunması, devletin üretici kuruluşlarının bu sektöre ilgisiz kalmaları, gelişmemenin ek etmenleri olarak ta gösterilebilir.

Türkiye'nin bilinen en eski antimuan kaynakları Batı Anadolu'da bulunmaktadır. Daha 1870 yıllarında Ödemiş'in güneydoğusundaki o dönemdeki adıyla «CİNLİ KAYA» madeninden İngilizler tarafından antimuan üretilip dışarıya satıldığı bilinmektedir (25,34).

Bu kadar eski bir geçmişi olmasına karşın bugünkü adıyla Emirli antimuan yatağı 1961 yılında kurulan ve işletmeye açılan ve Emirli'den yaklaşık 8 km uzaklıkta bulunan Halıköy Maden işletmelerinin ilgisini uzunca bir süre çekmemiştir. Düşen civa fiyatlarına karşın yeni bir civa izabe tesisinin kurulması, eski civa izabe tesisinin atıl kalmasına neden olmuş ve 1975 yılında hazırlanan bir master proje ile ETİBANK bu eski civa izabesinden antimuan üretiminde yararlanma girişimlerinde bulunmuştur. Bu amaçla Emirli antimuan sahasına komşu kendi sahasında (Yapalaktepe) arama ve değerlendirme çalışmaları başlamıştır (15).

Ancak 1976 -1978 yılları arasında antimuan izabe tesisine dönüştürülen eski civa izabe tesisinde yapılan doğrudan izabe deneme çalışmaları arseniğin önemli bir sorun oluşturduğunu ortaya koymuştur, üretilen regulus antimuandaki arsenik değerleri zaman zaman % 15'e kadar yükselmiştir, üstelik % 1 - 3 arasında değişen ham cevher Sb - tenörleri nedeniyle uygulanan direk izabenin verimi genellikle %70'in altında ve düşük kalmıştır.

Gerek Etibank sahası içinde kalan Yapalaktepe araştırmalarının rezervce olumlu sayılabilecek sonuçlar getirmesi ve gerekse rezerv potansiyeli yüksek kabul edilen [YILDIRIM (1978) (35)'a göre, 18000 ton Sb metale eşdeğer görünür + muhtemel + mümkün

rezerv] Emirli sahasının 1978 yılında Etibank'a kazandırılması, antimuman master projesinin hammadde temelini çözümlenmekle birlikte, ham cevherden uygun verimde ve arsenikten arındırılmış bir antimuman metalinin elde edilmesini ana sorun olarak ön plâna çıkarmıştır.

Dünya antimuman madencilikteki uygulamalar, As - eliminasyonunun izabe aşamasından daha çok zenginleştirme aşamasında gerçekleştirildiğini göstermektedir (37). Gerçekten arsenik ve antimumanın birbirine çok yakın kimyasal özellikleri olması, her iki metalin izabe işlemlerinde ortak davranış göstermelerine, başka bir deyimle aynı fazda birikip rafinasyon işleminde birbirinden zor ayrılmalarına neden olmaktadır.

Antimuman master projesinde öngörülen doğrudan izabe yöntemi, ham cevherdeki düşük Sb-tenörleri nedeniyle, düşük Sb-verimleri ortaya koymuştur. Daha yüksek bir verim ise, daha yüksek tenörleri, başka bir deyimle izabe öncesi zenginleştirme işlemini gerekli kılmıştır.

Bu çalışma, ETİBANK Halıköy Maden işletmeleri Müessesesinin Etibank projesindeki bu iki ana sorunu çözümlenmek amacıyla yöneliktir. Hem düşük verimler nedeniyle zorunlu olan izabe öncesi zenginleştirme işleminin optimal koşullarını saptamak, hem de bu zenginleştirme işlemi sırasında cevher içerisindeki arseniği elimine ederek sağlıklı ve izabe sonunda arsenikten arındırılmış antimuman regulus elde edilmesine elverişli bir konsantre elde etmek, bu çalışmanın ana amaçlarını oluşturmuştur (1).

Anılan cevher alanlarından üretilen cevher, işletmenin Ege üniversitesi - Makina Fakültesi - Maden Bölümü işbirliği ile kurduğu 50 ton/gün kapasiteli flotasyon tesisinde zenginleştirilmeye çalışılmaktadır. Elde edilen konsantrelerden tesisin yakınında bulunan ve civa üretiminden uyarlanan döner fırın ile reverber fırınlarında işlenerek regulus antimuman eldesi öngörülmüştür (11, 15).

2. HAM MADDE VE ÖN ARAŞTIRMALARI

2.1. NUMUNE ALMA

Bundan önce de belirtildiği gibi Halıköy çevresindeki antimuman yataklarının nitelik ve nicelikleri henüz kesin ve somut olarak

ortaya konulamamıştır. 1976 yılında başlatılmış olan çalışmalar devam etmektedir.

Buna karşın bu cevherler için geçerli olabilecek zenginleştirme yönteminde özellikle nicelik açısından geniş bir spektrumunu kapsamaması gerekir. Çünkü yöntemin temelini oluşturacak cevherlerin özellikle tenörleri henüz tam olarak belirlenememiştir.

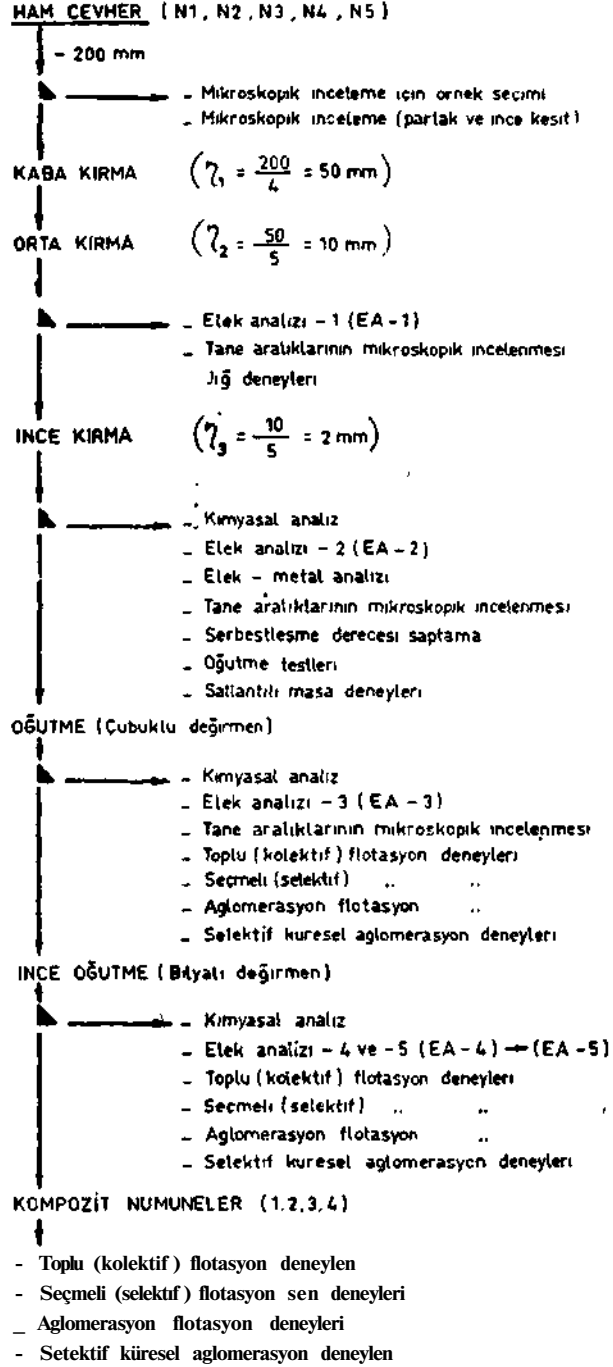
Gerek bu amacı gerçekleştirmek ve gerekse geliştirilmesi amaçlanan yöntemin cevher tenörleri ile ilişkisini saptamak üzere, araştırma 5 farklı tenördeki cevherde gerçekleştirilmiştir. Tüm tenor spektrumunu aralıksız olarak nitelendirebilmek için de bu cevherler belirli oranlarda karıştırılarak «kompozit» numuneler elde edilmiş ve söz konusu olabilecek yöntem seçenekleri bu numunelere de uygulanmıştır. Tablo - 1'de adı geçen numunelerin karışım oranları ve Sb, As içerikleri sunulmuştur (1).

Tablo 1 — Araştırmaya Konu Ham Cevher Türleri ve Sb-As içerikleri.

NUMUNE NO.	ALINDIĞI YER	Sb %	As %
	Yağcılar - Yapalak		
N 1	Tepe	0.60	0.54
N 2	»	3.20	0.43
N 3	»	3.70	0.28
N 4	Emirli	12.60	0.89
N 5	»	19.00	0.65
KOMPOZİT -- 1		3.20	0.49
KOMPOZİT -- 2		5.03	0.54
KOMPOZİT -- 3		7.82	0.56
KOMPOZİT -- 4		6.50	0.53

Numune alma işlemi ocaklardan ve cevher stoklarından en azından o stoku temsil edebilecek biçimde gerçekleştirilmiştir. Her bir numune en az 250 kilogramlık bir kütleden oluşmuştur.

Tüm numunelerde uygulanan hazırlama işlemleri ve her aşamada gerçekleştirilen deney ve araştırma türleri Şekil - 1'de gösterilmiştir. Tüm bu işlemler numunenin temsil yeteneğini indirgemeneden uygulanmış ve özellikle dış katkıların olmamasına büyük özen gösterilmiştir.



Şekil 1 — Numune Hazırlama ve Araştırma Genel Akım Seması.
244

2.2. HAM CEVHERİN KİMYASAL VE MİNERALOGİK ANALİZİ

Tablo 1'den görülebileceği gibi beş ayrı tenörde cevher araştırma kapsamı içine alınmıştır. Bu cevherlerde Sb - tenörü % 0.60 - 19.0, As - tenörü'de % 0.28 - 0.89 arasında değişmekte ve üçü Yağcılar - Yapalak Tepe, ikisi de Emirli ocaklarından kaynaklanmaktadır. Daha geniş bir tenor spektrumunu inceleyebilmek için bu cevherlerin çeşitli oranlarda karıştırılmasıyla dört adet kompozit numune hazırlanmış ve araştırmaya tabi tutulmuştur. Bunların Sb-tenörleri % 3.20 - 7.82, As - tenörleri de % 0.49 - 0.56 arasında değişmektedir.

Cevher damarlarının kalınlıkları genellikle birkaç cm ile birkaç dm arasında (en fazla 80 cm) değiştiği (36) ve üretim sırasında selektif bir ayırım olanaklı olmadığı için cevherler kalınlıklarına bağlı bir biçimde yan kayaçla karışmaktadır. Gerek bu nedenle ve gerekse cevher damarlarının bileşiminin zaten sık sık değişmesi nedeniyle araştırma konusu cevherlerin kimyasal bileşimleri oldukça değişkendir. Ve bu büyük bir olasılıkla endüstriyel çaptaki bir değerlendirmede özellikle zenginleştirme tesisinin sağlıklı çalışması için sorun yaratacaktır.

Tüm cevher tiplerini eşit oranda içeren kompozit - 3 numunesinin tam analizi şu şekildedir :

Sb	% 7.82
As	% 0.56
SiO ₂	% 61.27
Al ₂ O ₃ + TiO ₂	% 2.18
CaO	% 1.26
Fe ₂ O ₃	% 4.67
S	% 6.58
Hg	% eser
Na ₂ O	% 0.69
K ₂ O	% 2.71
MgO	% 0.40
Kızdırma kaybı (950 °C'de)	% 7.71

öte yandan çeşitli cevher numunelerinde yapılan mikroskopik gözlemlerden, cevherde ana mineral olarak antimonit, pirit, arsenopirit, kuvars, muskovite, tali mineral olarak da kaolinit, klorit, kloritoit, biyotit, rutil, antimonokür, markazite rastlanmıştır. Mikroskopik gözlemlerle de kanıtlanan ve bundan önce belirtilen kimyasal bileşime dayalı teorik mineralojik bileşim şu şekildedir (5) :

Antimonit	% 10.90
Arsenopirit	% 1.23
Pirit	% 5.60
Ara toplam	% 17.73
Kuvars	% 47.10
Muskovit	% 27.70
Kaolinit	% 3.87
Diğer mineraller (biyotit, klorit, kloritoit, rutil v.s.)	% 3.60
Toplam	% 100.00

2.3. MİKROSKOPİK ARAŞTIRMALAR

Araştırma konusu tüm cevherlerin mineralojik bileşimini belirlemek, özellikle cevher mineralleri arasındaki kenetlenme durumlarını ortaya çıkarmak ve üstelik bu cevherlerin zenginleştirilebilirliği konusunda veriler elde etmek amacıyla ince ve parlak kesit araştırmaları yapılmıştır (1, 31).

Bu araştırmaların temelini oluşturan kesitler BALIKESİR - M.T.A. Enstitüsü Kuzey Batı Anadolu Bölge Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Antimonit minerali ile ilgili mikroskopik gözlemler;

— Yatağın oluşum evrelerine bağlı olarak antimonitin yaklaşık % 80 oranında — 150 mikron, yaklaşık % 15 oranında da + 500 mikron tane boyutlarında kümeleştiğini,

— Kaba kırmadan sonra yapılacak bir antimonit ayırım işleminin yardımıyla toplam antimuanm % 15'ne yakın bir bölümünün tenörü % 60 Sb'nin üzerinde ve % 0.1 As'm altında antimonit konsantresinin elde edilebileceğini ortaya koymaktadır.

Arsenopirit, araştırma konusu cevherlerin içeriğindeki % 1,23 lük oranı çok yüksek olmamakla birlikte sorun yaratan ve ayırım işleminin ana konusunu oluşturan bir mineraldir. Tümüyle antimonit öncesi evrede ve kuvarsla birlikte tane iriliği en fazla 300 mikron civarında bulunan kristaller durumunda bulunur. Kimi kez ikiz ve üçüzlenmeler oluşturulabilir. Çoğunlukla tane iriliği 50 -100 mikron arasında değişen boyutlarda kümeleşmiştir.

Tümüyle kuvarsla çimentolanmıştır. Bazen kuvars çimentolu yaşlı arsenopirit birikimleri en az bir kez breşleştirilip tekrar kuvars, kimi kez kuvars + antimonit ile çimentolanmıştır (31).

Çok daha yaygın olan ve genellikle idimorf kristaller halinde hem yantaş mikaşist, hemde kuvars çimentosu içinde rastlanan pirit vardır. Yer yer piritte iri antimonit kristalleri içinde, büyüklüğü en fazla 100 mikron civarında olan kapanmalar durumunda rastlanmıştır. Yüzeyle kalmış numunelerde markazite dönüşüğünü gözlemek olanaksaldır.

Pirit, antimonit ayırımında önemli bir sorun yaratmayacaktır. Antimonit konsantresi içinde bulunması Sb tenorunu düşürmekten öte bir sakınca oluşturmayacaktır.

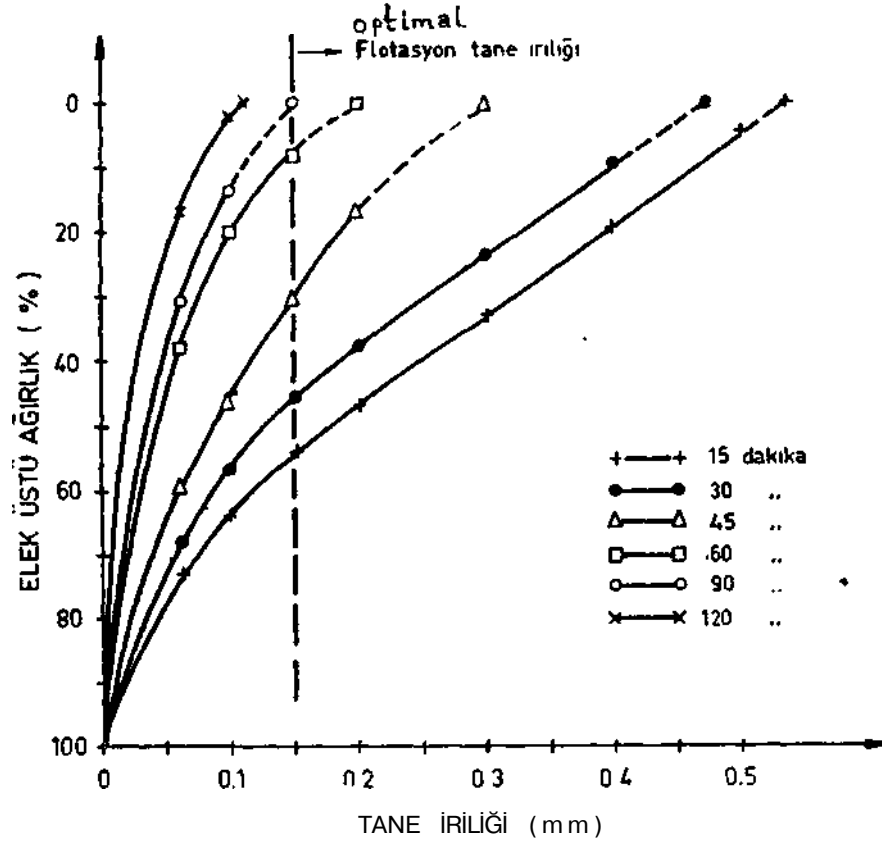
Özetlenecek olursa mikroskopik gözlemler, araştırma konusu antimuan cevherlerinde antimonitin uygun öğütme ve ayırım koşullarında ayrılabilceğini, kaba kırmadan sonra devreye konulacak bir ayırım işlemiyle iri taneli, arsenikçe çok fakir ve Sb tenörü % 60'ın üzerinde olan antimonit konsantrelerinin elde edilebileceğini göstermektedir. Bu yolla serbestleşmiş arsenikçe fakir antimonit ayrılarak boş yere öğütülmemiş olacaktır.

2.4. ÖĞÜTME TESTLERİ

Bilindiği gibi antimonit (Stibnit) sertliği düşük, buna karşın çok gevrek bir mineraldir. Kıрма ve öğütme gibi mekanik etkenler karşısında kolaylıkla boyutlarını küçülterek fiziksel yöntemlerle zenginleştirilebilme olanağı yok edilmektedir. Bu nedenle uy-

gulanacak kırma ve öğütmenin antimoniti şlam aşamasına götürebilecek etkinlikte olmaması, yani aşırı öğütmeden kaçınılması gerekir. Buna karşın verimi yüksek bir zenginleştirmenin uygulanabilmesi için de antimonitin serbestleşme tane iriliğine kadar öğütülmesi zorunluluğu vardır. Diğer bir deyimle antimuan cevherlerinin zenginleştirilmesinde optimal koşullarda öğütme, zenginleştirme işleminin başarısında baş etmen olmaktadır.

Araştırma konusu cevherlerin optimal öğütme koşullarını belirleme amacıyla bir dizi deney yapılmıştır. Bu deneyler tüm cevher türlerini eşit oranda içeren (bk. Tablo -1) kompozit - 3 numunesinde uygulanmıştır. Kaba kırma aşamasında -10 mm'ye kadar



Şekil 2 — Kompozit — 3 Ham Cevherinin (-10 mm) Süreye Bağlı Öğütme Ürünleri Elek Üstü Eğrileri.

kırılan kompozit - 3 numunesi 15 - 20 dakika arasında değişen farklı sürelerde bilyalı değirmende öğütölmüş ve her süre ürünü kütle, elek analizine tabii tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil. 2'de gösterilmiştir (1,2,16, 21).

öte yandan gerek bu arada belirlenmiş olan elek - metal analizleri ve gerekse flotasyon denemeleri tüm cevherler için en uygun flotasyon tane iriliğinin - 150 mikron olduğunu ortaya koymasını nedeniyle buna bağlı optimal öğütme süresi de Şekil. 2'den 60 dakika olarak belirlenmiştir.

3. ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Araştırma konusu cevherlerin kimyasal, mineralojik ve fiziksel yapısı gözönüne alındığında, bu cevherden sağlıklı bir antimonit konsantresini elde edebilmek için, sözkonusu olabilecek zenginleştirme yöntemlerini;

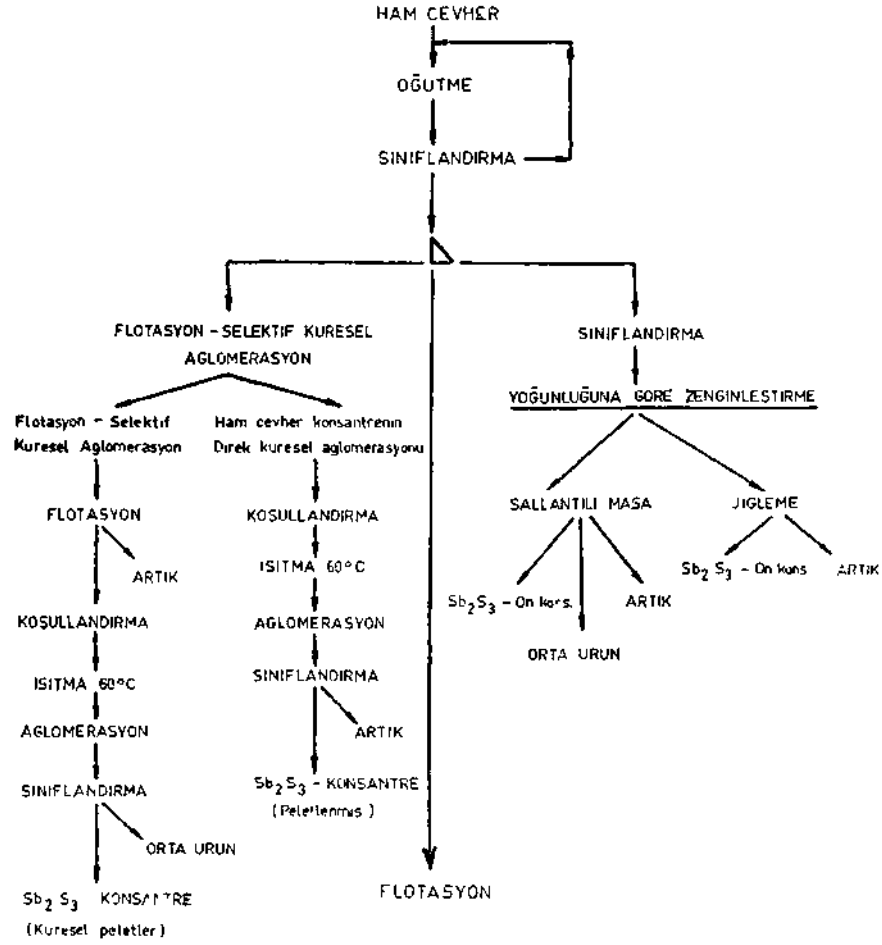
- yoğunluğa göre zenginleştirme,
- flotasyon,
- selektif küresel aglomerasyon (18)

olmak üzere üç ana grupta toplamak olanaklıdır. Tümüyle E.ü. Makina Fakölte si Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilen bu yöntemlerin genel akım şeması Şekil. 3'te verilmiştir (1).

3.1. YOğUNLUğA GÖRE ZENGİNLEŞTİRME

Ham cevherin belirli tane iriliğine kırılmasından sonra uygulanan boyut sınıflandırması ile sağlanan ürünleri jigleme ve akım sınıflandırması ile elde edilen ürünler sallantılı masada ön zenginleştirilebilme açısından incelenmiştir (bk. Şekil. 3).

Gerek jig ve gerekse sallantılı masa deneylerinde girdi tenörü yaklaşık % 0.65 Sb olan bir ham cevherden tenörü yaklaşık % 3 Sb'na kadar olan hemen hemen 5 katı zenginleştirilmiş bir «ÖN KONSANTRE» sayılabilecek bir ürün elde edilebilmiştir. Ancak elde edilen bu ürünlerdeki Sb- verimi hiç bir zaman % 61'i aşma-



Şekil 3 — Uygulanan Antimonit Zenginleştirme Yöntemleri Genel Akım Şeması.

maktadır, üstelik elde edilen bu önkonsantrede, girdi ham cevherde % 0.54 olan As oranı azalmamış, üstelik Sb'dan daha yüksek bir faktörde (5,5 katı) artmış ve böylece bu yöntemin As'in arındırılmasında etkin olamayacağı belirlenmiştir (4).

32. FLOTASYON YÖNTEMİ

Flotasyon, minerallerin yüzey özelliklerine dayalı ve günümüzde en yaygın biçimde uygulanan bir zenginleştirme yöntemidir.

Gerek endüstriyel çapta antımuın cevherlerinin zenginleştirilmesinde başarı ile uygulanması ve gerekse kuramsal açıdan araştırma konusu cevherler için en uygun yöntem olarak belirlenmesi nedeniyle flotasyon denemelerine öncelik verilmiştir. Bu öncelik hem deneylerin özenle yürütülmesinde ve hem de söz konusu olabilecek tüm seçeneklerin ve seçenek kombinasyonların denenmesinde kendini göstermiştir (bk. Şekil. 4).

Şekil. 4'ten de görülebileceği gibi söz konusu olabilecek tüm olasılıklar bu denemelerde göz önüne alınmış ve uygulanmıştır, üstelik her seçenek için bir flotasyon uygulamasında önemli olan en önemli parametreler ve bunların birbirleri ile olan bağıntısı da ortaya konmaya çalışılmıştır. Her seçenek için optimum

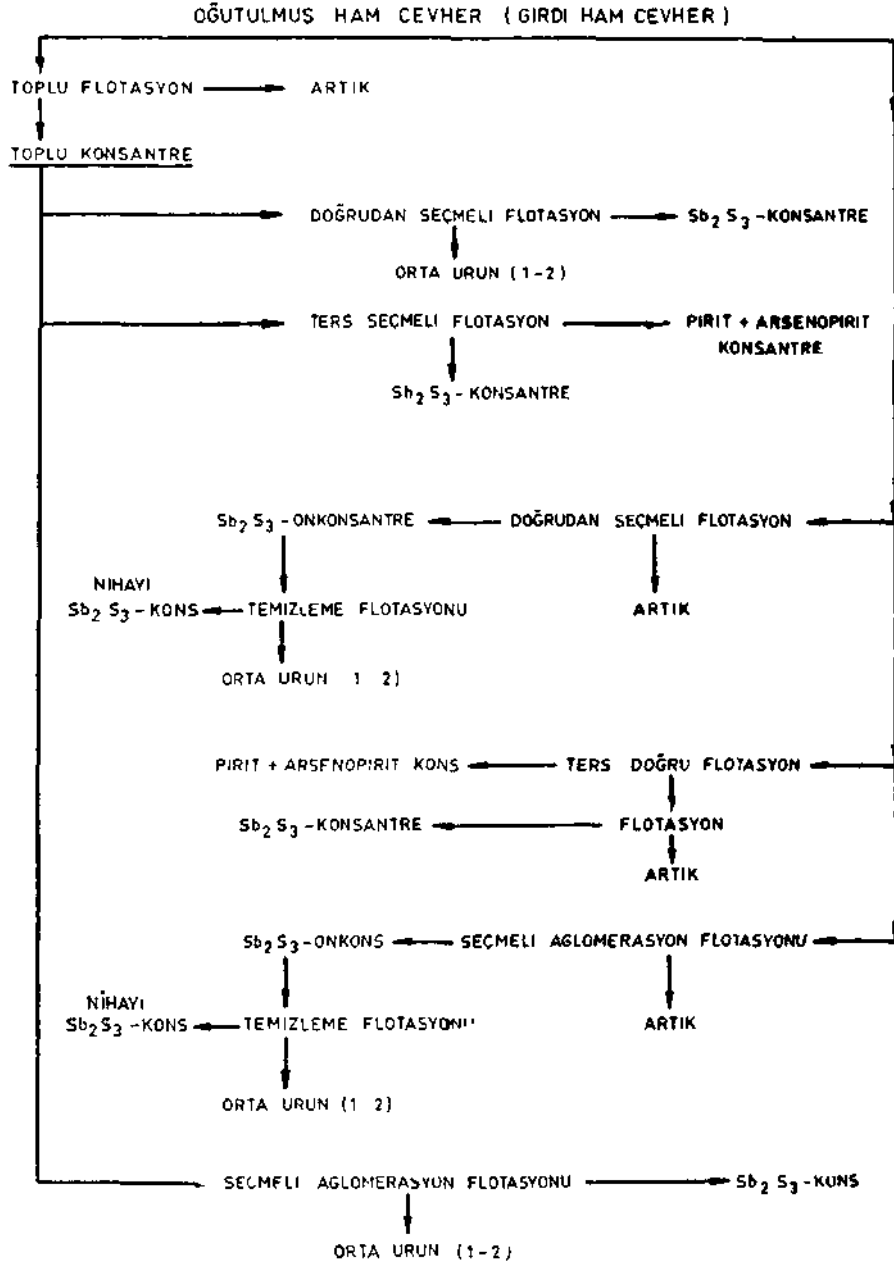
- ham cevher tane iriliği,
- ham cevher tenörü,
- katı - sıvı oranı,
- ortamın pH - değeri,
- bastına türleri,
- canlandırıcı türleri,
- toplayıcı türleri,
- bağlayıcı türleri,
- köpürtücü türleri,
- ortam sıcaklığı,
- flotasyon devre olanakları

belirlenmeye çalışılmıştır (1, 6, 9, 13, 17, 19, 10, 23, 24, 26, 28, 30, 32, 33).

Bu çalışmada, antımuın cevherlerinin zenginleştirilmesinde ilk kez bir flotasyon uygulama seçeneği olan (AGLOMERASYON FLOTASYONU) da uygulanmıştır (3, 8, 12).

Tüm deneyler E.ü. Makina Fakültesi Maden Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarında DENVER SUB - A MODEL Dİ VE D2 laboratuvar tipi flotasyon makinalarında yapılmıştır.

Aşağıda, bu cevher için söz konusu olabilecek seçeneklerden salt «toplu flotasyon » ve «ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyon» yöntemlerinin uygulaması ile sonuçlan sunulmuştur.



Şekil 4 — Flotasyon Yöntem Seçenekleri Genel Akün Şeması.

2.2.1. Toplu Flotasyon

Halıköy antimon cevherlerinin toplu flotasyon uygulamasından amaçlanan, cevher içeriğinin yaklaşık 3/4'den fazlasını oluşturan gang minerallerini elimine ederek, onu izleyen aşamada As-eliminasyonu için daha iyi ve sağlıklı bir toplu konsantre = ara ürün elde etmektir. Doğal olarak bunun da, olanaklı olduğu kadar yüksek verimle (en az % 90) ve olanaklı olduğu kadar yüksek tenörlü bir konsantre ile gerçekleştirilmesi gerekir (14).

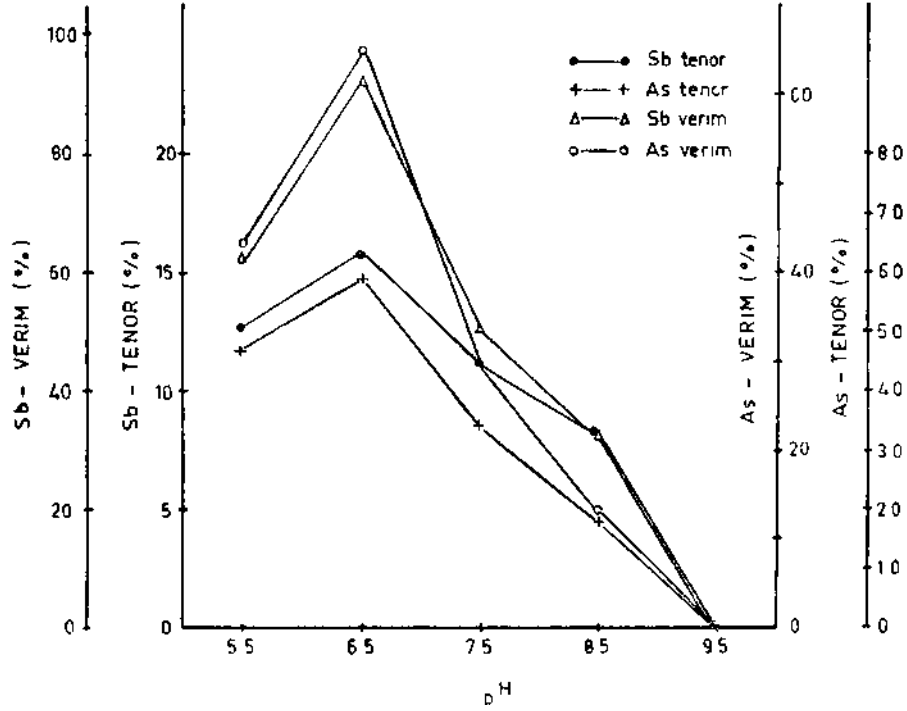
Sonuç olarak, bu çalışmada toplu flotasyon tek başına uygulanabilecek bir seçenek olarak değil, tersine seçmeli ve aglomerasyon flotasyon seçeneklerinin bir çıkış noktası olarak düşünülmüştür.

En uygun toplu flotasyon koşullarını belirlemek üzere bir seri deneyler yapılmış ve bu deneylerde, yöntemin en uygun pH, tane iriliği, cevher tenörü, canlandırıcı, bastına, toplayıcı ve köpürtücü türleri saptanmaya çalışılmıştır. Bu sırada katı - sıvı oranı % 20, sıcaklık 20 °C, koşullandırma aşamasında karıştırma hızı 1500 D/D, flotasyon aşamasında dönme hızı 1100 D/D, koşullandırma süresi toplam 30 Dak., köpük alış süresi 5 dakika olarak duran tutulmuştur (1).

2.2.1.1. pH-etkisi

Halıköy antimon cevheri içeriğindeki sülfürlü mineraller antimonit, pirit ve arsenopiritten oluşmaktadır. Toplu flotasyon uygulamasında bu üç mineralin birlikte yüzdürülmesi söz konusu olduğuna göre, en uygun pH- değeri 5 ile 8 arasında bulunacaktır. Bu nedenle deneylerde yöntemin 5,5 - 9,5 pH- değerleri arasındaki Sb ve As tenor ile verimlerinin değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil. 5'ten de görüleceği gibi en yüksek Sb içerikli ürün ve en yüksek verimle (%92.3) pH - 6,5 değerinde elde edilmiştir. Bundan daha düşük ve daha yüksek pH- değerlerinde gerek Sb tenörü ve gerekse verimi giderek azalmakta ve hatta pH 9,5 değerinde hiç bir sülfür minerali yüzdürülememektedir.

En uygun pH- değeri olarak bulunan 6.5 değerinin başka bir önemli sayılabilecek özelliği de elde edilen ara üründe dolaylı da olsa göreceli bir As- eliminasyonun da gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bu pH- değerinde % 92,3'lük bir Sb- verimi elde edilirken, As'te bu değer % 64,7 olarak kalmaktadır. Başka bir deyimle 6.5 pH- değerinde hem en yüksek Sb- verimi elde edilebilmekte, hem de ham cevhere göre göreceli olarak As- eliminasyonu sağlanabilmektedir.

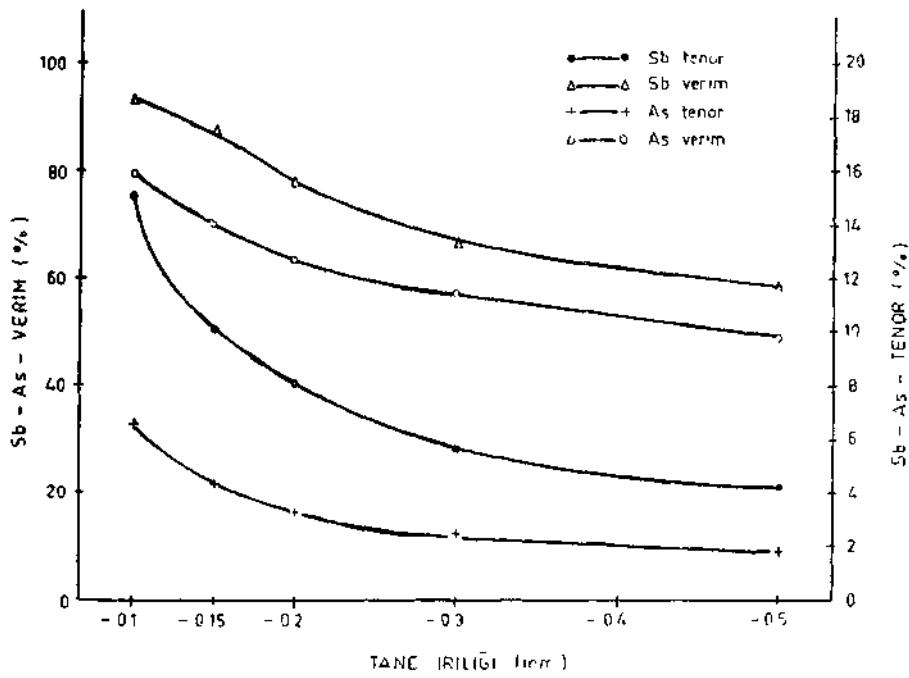


Şekil 5 — Ham Cevherin (Ni) Toplu Flotasyon Ürünü Toplu Konsantrenin Sb-As Tenor ile Veriminin pH - Derecesine Bağlı Değişimi.

3.2.1.2. Tane İriliği Etkisi

Toplu flotasyon seçeneğinin araştırılan başka bir parametresi de tane iriliği olmuştur. Şekil. 6'dan da görüleceği gibi, tane iriliği azaldıkça elde edilen toplu konsantredeki Sb ve As tenörleri üssel olarak artmaktadır. Ancak Sb'nin üssel artış hızı, As'e göre daha yüksektir. Tane iriliği ile Sb ve As verimleri arasındaki ilişki üssel olmakla birlikte hiç bir biçimde tenorlerdeki kadar belirgin değildir.

Tane iriliği azaldıkça gerek verim ve gerekse tenörlerdeki bu artışı doğal kabul etmek gerekir, çünkü tane boyutlarının küçültülmesi oranında serbestleşmiş antimonit ve arsenopirit taneçiklerinin sayısı artmaktadır. Ancak tüm denenen tane aralıklarında elde edilen Sb- verimleri As- verimlerine göre % 10 - % 17 arasında değişen oranlarda her zaman daha yüksektir. Bu olguyu, antimo-



Şekil 6 — Toplu Flotasyonda Tane İriliğinin Ön Konsantre Sb - As Tenörü ile Verimine Etkisi.

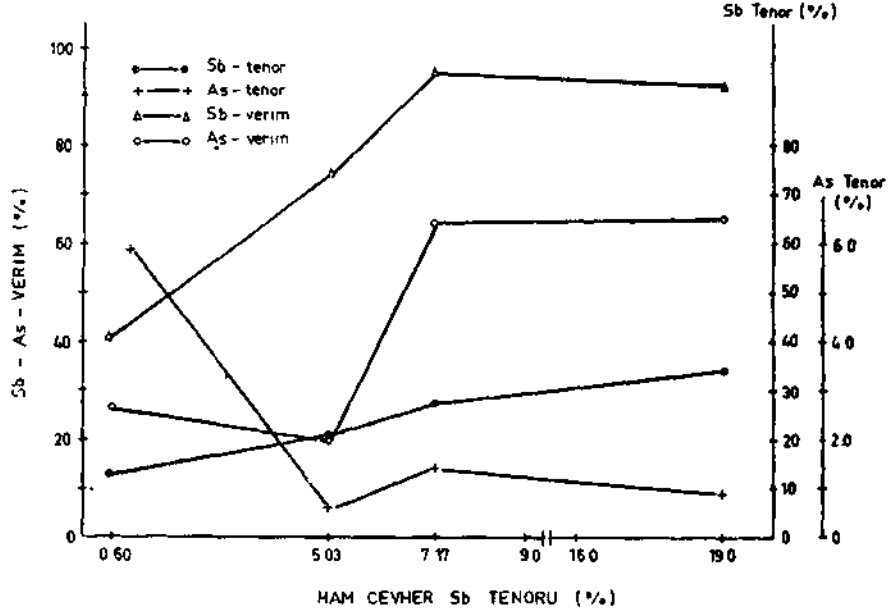
nit ve arsenopiritin farklı yüzey davranışları yanında, arsenopiritin antimonite göre daha sert ve daha az gevrek olması nedeniyle denenen tane aralığı içinde antimonite göre daha iri taneler halinde kalması ve üstelik daha yüksek yoğunluğuna bağlı olarak daha güç yüzdürülebilmesine bağlamak olanaklıdır.

—100 mikrondaki gerek Sb verimi ve gerekse tenörü en yüksek olmasına karşın, bu çalışmada —200 mikronluk bir öğütme ile yetinilmiştir. Bunun ana nedenlerinden birisi —100 mikronluk öğütmede gerek antimonitin şlama kaçma olasılığının daha yüksek olması ve gerekse —200 mikronda —100 mikrona göre azda olsa belli bir As- eliminasyonunun söz konusu olmasıdır.

3.2.1.3. Ham Cevher Tenorunun Etkisi

Toplu flotasyon uygulamasındaki Sb- tenor ve verimlerinin cevher tenörleri ile ilişkisini belirlemek, bunun da ötesinde toplu

flotasyon için en uygun cevher tenorunu saptamak amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Şekil. 7'de sunulmuştur. Bilindiği gibi, flotasyon işlemindeki konsantre metal verimleri genel olarak artan cevher tenörleri ile yükselmekte ve belli bir değerdan sonra

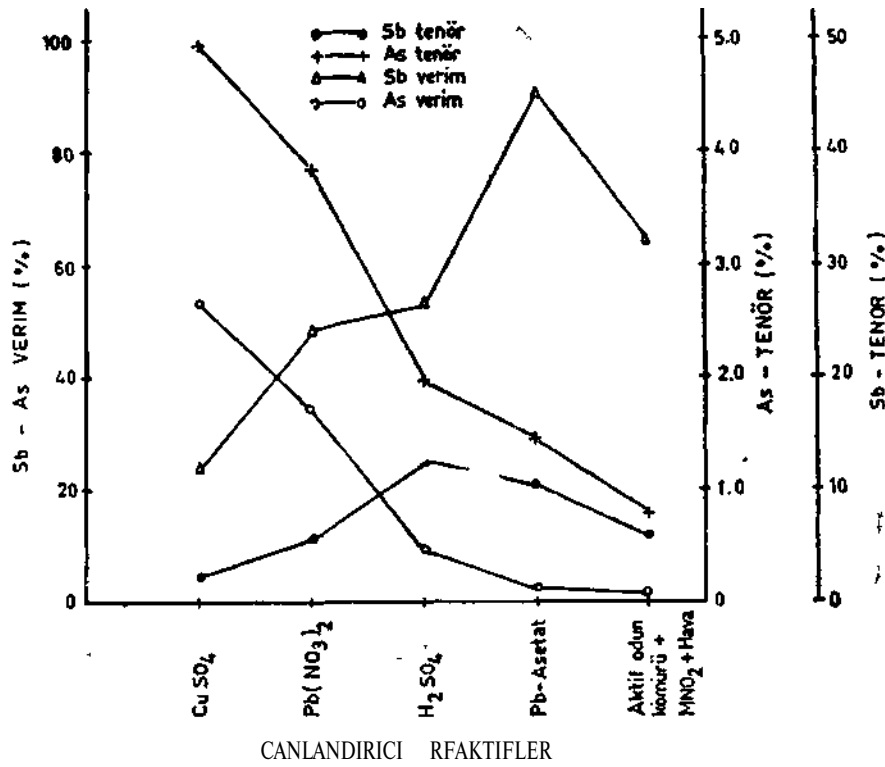


Şekil 7 — Tonlu Flotasyonda Ham Cevher Sb Tenor Değişiminin Konsantre Sb-As Tenor ile Verimine Etkinliği.

giderek azalmaktadır. Nitekim Halıköy antimuan cevherlerinde de % 0.60 - 7.17 Sb arasında metal verimi yaklaşık % 40'tan % 94.8'e yükselirken konsantre Sb- tenörleri aynı oranda olmasa bile % 10.3'ten % 27.2'ye yükselmektedir. Tenörü % 7.17'nin üzerinde olan cevherden tek bir örnek olmasına karşın (bk. Şekil. 7) bu değerin üstündeki tenor artışlarında konsantre tenöründe göreceli bir artış olmasına karşın Sb- verimi % 94.8'den % 92.2'ye düşmektedir. Bu nedenle Halıköy antimuan cevherlerinde toplu flotasyon uygulaması için en uygun cevher tenörü yaklaşık % 7 Sb olarak saptanmıştır. Burada da tüm diğer toplu flotasyon deneylerinde olduğu gibi Sb- verimi her zaman As- veriminden yüksek olmakta ve sonuçta göreceli bir As- eliminasyonu sağlanabilmektedir.

3.2.1.4. Canlandırıcı Etkisi

Toplu flotasyon uygulamasında en uygun canlandırıcı türünün saptanması ve çeşitli canlandırıcıların Sb - As verim ve tenörlerine etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen deney sonuçları Şekil. 8'de derlenmiştir.



Şekil 8 — Ham Cevher Flotasyonunda Canlandırıcı (Reaktif) Türlerinin Kazanılan Konsantré Sb-As Tenör İle Verimine Etkisi.

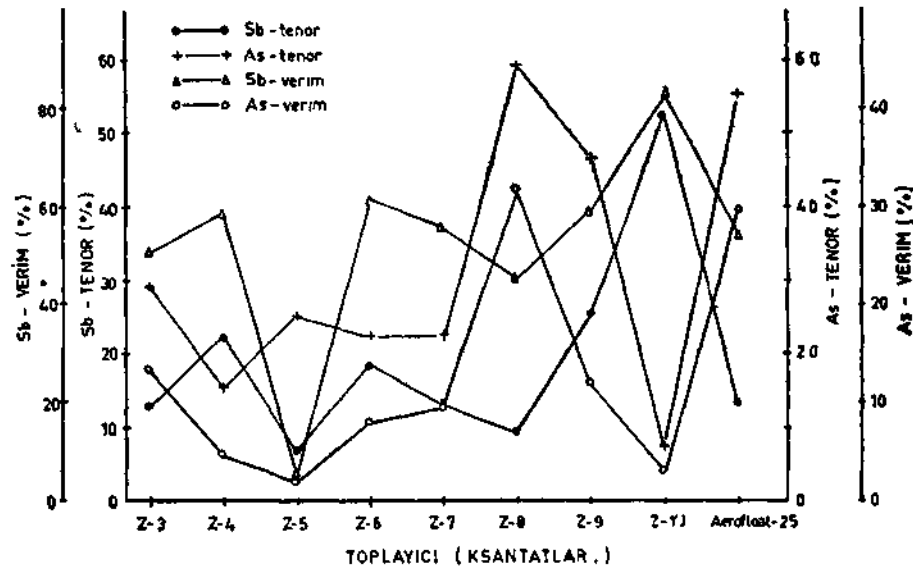
Amaç tüm sülfür minerallerini; bu arada antimonit ve arsenopiriti içeren toplu konsantré elde etmek olduğundan toplu flotasyon uygulamasında en uygun canlandırıcı türleri olarak CuSO₄ ve Pb(NO₃)₂ kullanılmıştır.

Toplu flotasyonda tüm sülfürlü mineralleri gang minerallerinden ayırmak söz konusu olduğundan toplu flotasyonda bu

amaçla en etkin gang bastırıcılarından olan Na_2SiO_3 (cam suyu) kullanılmıştır.

3.2.1.5. Toplayıcı Etkisi

Toplu flotasyon uygulamasında en uygun toplayıcı türünün belirlenmesi ve ksantatların antimonu ve arsenopirit flotasyonuna olan etkilerini saptama amacıyla yapılan deney sonuçları Şekil 9'da sunulmuştur. Toplu konsantre olması ve sülfürler için en uygun toplayıcı tür grubu ksantatlar olduğu için ksantat serisi toplayıcılar denenmiştir. Ayrıca bu bulgular antimonit ve arsenopiritin selektif ayırımı için yararlı olmuştur. Nitekim kısa adıyla Z-11 olarak tanınan Na- isopropil ksantat antimoniti yüzdürerek arsenopiritten ayırma işleminde en uygun ksantat türü olarak belirlenmiştir (bk. Şekil 9). Buna karşın Z-9 kısa adıyla bilinen K- isopropil ksantat toplu konsantrede en yüksek As- tenor ve verimini gerçekleştiren ksantat türüdür.

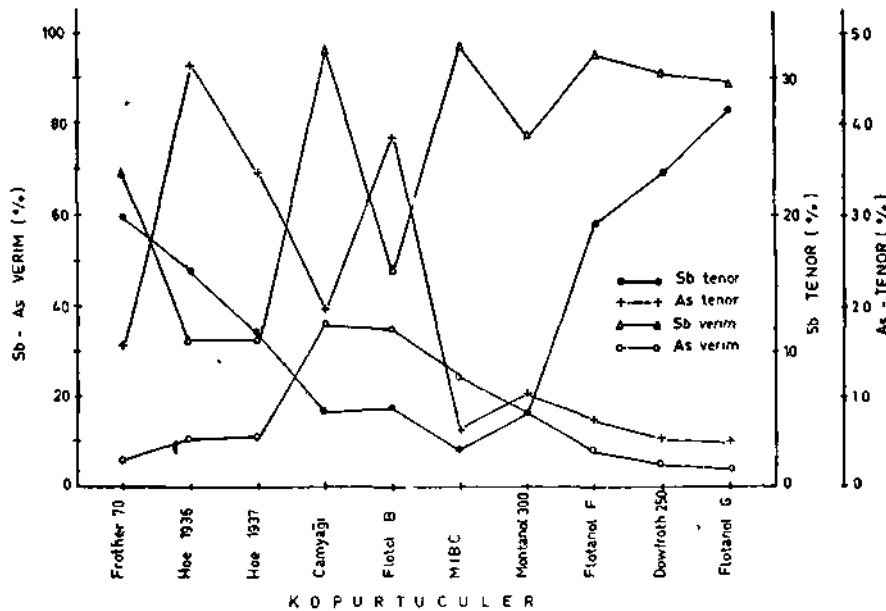


Şekil 9 — Toplu Flotasyonda Ksantat Serisinin Konsantre Sb-As Tenor ve Verimine Etkinliği.

Çalışmanın ana amacı olan As'ten arındırılmış bir antimonit konsantresi elde edilmesine katkısı bulunacağı düşüncesiyle, toplu flotasyon uygulamasında < Z -11 toplayıcısı yeğlenmiştir. Başka bir deyimle Na⁺ katyonu antimonitin arsenopiritten ayrılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

3.2.1.6. Köpürtücü Etkisi

Toplu flotasyon seçeneğinde en uygun köpürtücü belirlemesi Şekil. 10'da belirtilen deney sonuçlarına göre yapılmıştır. Bu sonuçlara göre toplu konsantrede en yüksek Sb- verimi MIBC, doğal çamyagı, Flotanol F, Dowfroth 250 ve Flotanol G köpürtücüleri ile gerçekleştirilmiştir. Toplu konsantrede tenor artışında ise Flotanol G, Dowfroth 250, Flotanol F yanında Frother 70 etkili olmuştur. Bunun yanında Dowfroth 250, Flotanol G ve Flotanol F'inde As- eliminasyonunda etkili olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle en uygun köpürtücü türünün Flotanol G olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 10 — Ham Cevher Flotasyonunda Köpürtücü Türlerinin Konsantre Sb - As Tenor İle Verimlerine Etkisi.

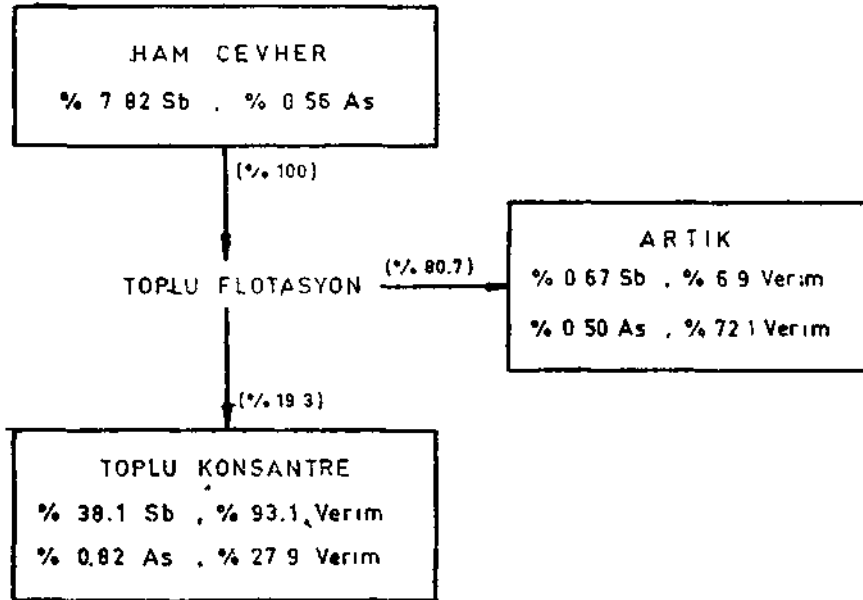
3.2.1.7. Toplu Flotasyon Sonucu

özetlenecek olursa, toplu flotasyon uygulaması için en uygun;

- pH- değeri 6.5,
- tane iriliği — 200 mikron,
- ham cevher tenörü yaklaşık % 7 Sb,
- canlandırıcı $\text{CuSO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ikilemi [(75 + 75) g/t],
- gang bastına Na_2SiO_3 (cam suyu) (200 g/t),
- toplayıcı Z-11 (Na-isopropilksantat) (75 g/t),
- köpürtücü Flotanol G (25 g/t)

olarak belirlenmiştir.

Ayrıca toplu flotasyon koşullarında kazanılan ürünlerin metal (Sb - As) bilançosu 'Şekil, 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11 — Toplu Flotasyon Akün Şeması.

3.2.2. Ham Cevherden Doğrudan Seçmeli Flotasyon

Bu seçenekte yalnızca gang mineralleri değil antimonitin dışındaki tüm sülfürlü minerallerin bastırılıp, antimonitin yüzdürülmesi amaçlanmıştır. Bunun için en uygun flotasyon koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Doğal olarak bu konuda, bundan önce özellikle toplu konsantre elde ediliminde antimonitin selektivitesini artırıcı etmenler olarak ortaya çıkarılan bulgulardan yararlanılmıştır. Nitekim en uygun;

- pH derecesi olarak 6,5,
- katı - sıvı oranı olarak % 20 katı,
- canlandırıcı olarak $Pb(NO_3)_2$ (100 g/t),
- gang bastırma olarak Na_2SiO_3 (200 g/t),
- köpürtücü olarak Dowfroth250 (25 g/t),
- ortam sıcaklığı olarak 20 °C sabit tutulmuştur (^a).

Bu saptamalar yanında aşağıdaki etmenlerde ayrıca araştırılmıştır.

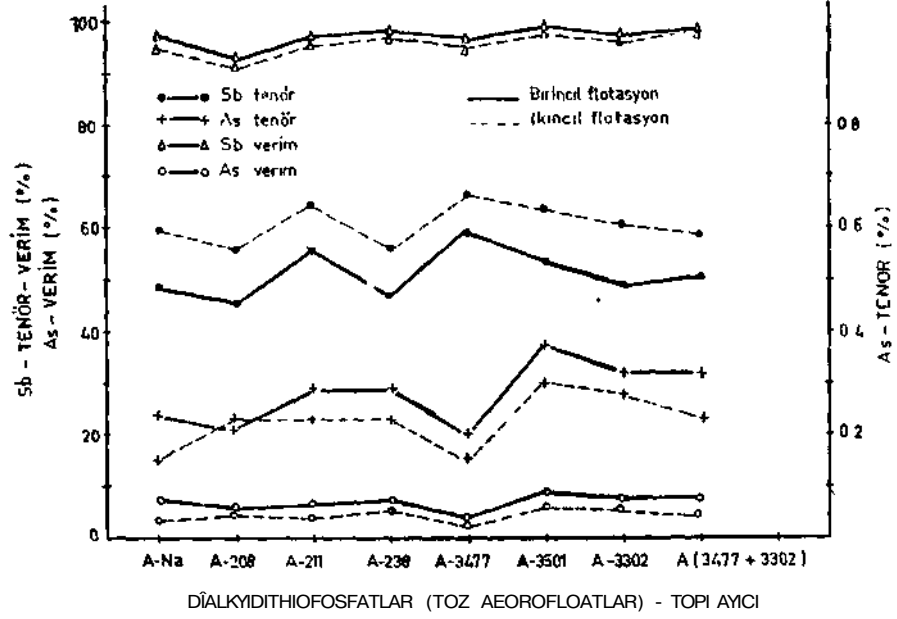
3.2.2.1. Toplayıcı Etkisi

Antimonitin ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyon seçeneğinde en uygun toplayıcı reaktifin belirlenmesine büyük önem verilmiş ve bu amaçla olanaklı olan bütün seçenekler denenmiştir (20,27,29).

Bundan önce de belirtildiği gibi, antimonitin de içinde bulunduğu sülfür mineralleri için söz konusu olabilecek toplayıcı türleri ksantatlar, ditiyofosfatlar ve toplayıcı yağlardır. Bunlardan toplayıcı yağlar antimonit flotasyonunda doğal bir aglomerasyona yol açmaktadır; bu nedenle etkinlikleri aglomerasyon flotasyonu kapsamı içinde ele alınmıştır.

Ksantatların, antimonitin selektif ayırımında kullanılmaya-çağı teorik bulgusu, deney sonuçlarıyla da belgelenmiştir.

Bu nedenle, başarılı bir selektif ayırım, yüzdürme gücü düşük ve antimonit ile arsenopirit yüzme yeteneği arasında bulunan (hidrofoblaştırılması daha kolay antimoniti yüzdürebilen buna karşın daha düşük arsenopiriti hidrofoblaştırmayan) toplayıcı reaktif türleri ile olanaklı olacaktır. Bu konuda ilk akla gelen ditiyofosfatlar olmaktadır. Nitekim ksantatlarla aynı koşullarda olmak üzere en önemli ditiyofosfat türleri denenmiştir (Şekil. 12), (7).



Şekil 12 — DİALKYDİTİYOFOSFATLAR (TOZ AEROFLOATLAR) Ham Cevherin (Kompozit-3) Tek Aşamalı Birincil (—) ve ikincil (—) Flotasyonu Konsantresi Sb-As Tenör İle Verimine Etkisi.

Tüm bu veriler, ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyon uygulamasında en uygun toplayıcı (reaktif) grubunun toz Aerofloatlar, bunlar içinde de en uygun türünün Aero 3477 olduğunu göstermektedir. Bu uygunluk, birincil ve ikincil temizleme flotasyonu uygulaması ve bu uygulamadan elde edilen orta ürünlerin tekrar devreye sokulması önkoşuluyla konsantredeki,

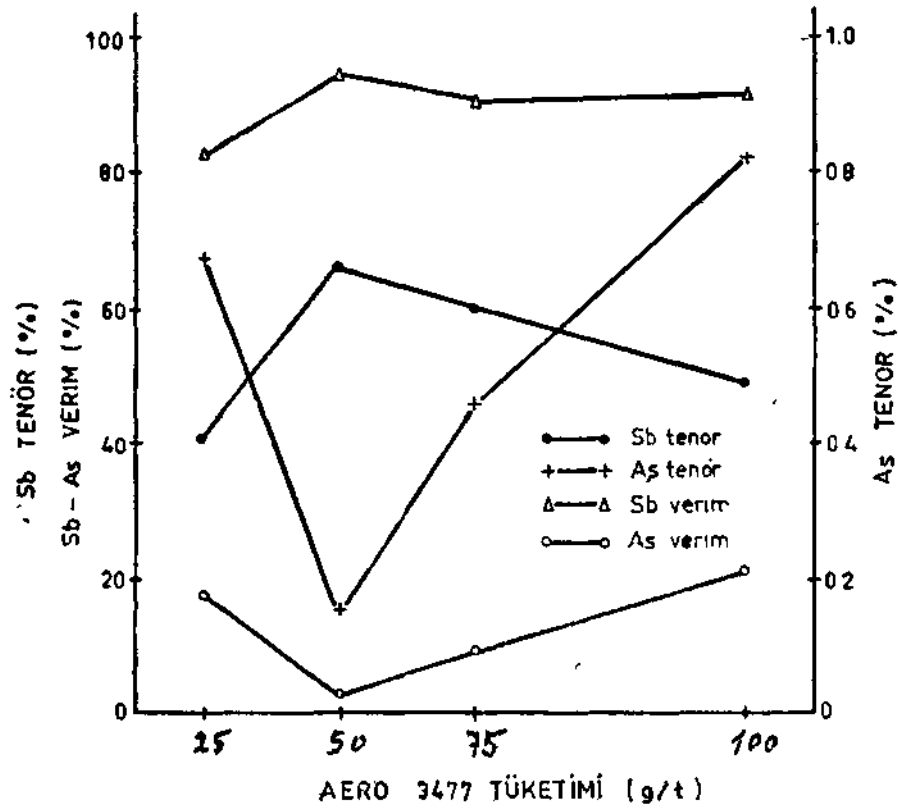
- % 95'i aşan Sb- verimi,
- % 65'i aşan Sb- tenörü,
- % 0,11'lik düşük As- tenörü,

nedeniyle «ideal» boyuta ulaşmakta ve bu yolla «super» antimonit konsantre elde edilebileceğini göstermektedir.

3.2.2.2. Toplayıcı Tüketimi

En uygun toplayıcı türünün belirlenmesinden sonra, bu türün optimal tüketim miktarı saptanmaya çalışılmıştır. Şekil. 13'te en

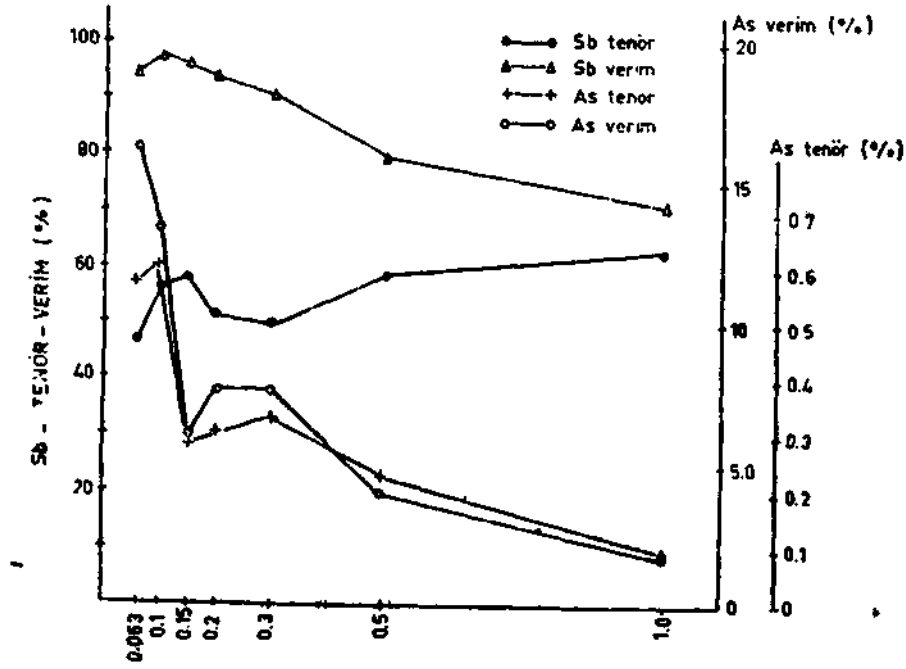
uygun toplayıcı türü olan Aero 3477 tüketimi ile elde edilen konsantredeki Sb-As tenor ve verimlerinin değişimi sunulmaktadır. Buna göre gerek en yüksek Sb- verimi ve Sb- tenörü ve gerekse en düşük As tenor ve verimi açısından en uygun tüketim miktarının 50 g/t olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 13 — Toplayıcı Aero 3477 Tüketim Miktarının (g/t) Ham Cevherin (Kompozit-3) Tek Aşamalı İkincil Selektif Flotasyon Konsantresi Sb - As Tenor İle Verimine Etkisi.

3.2.2.3. Seçimli Flotasyonda Tane İriliği Etkisi

En uygun toplayıcı türü belirleme çalışmalarına koşut bir biçimde, ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyon uygulamasındaki optimal tane iriliği saptanmaya çalışılmıştır. Şekil. 14'ten de



Şekil 14 — Ham Cevherin (Kompozit - 3) Tek Aşamalı Birincil Selektir Flo-tasyonu Konsantrasi Sb- Tenor İle Veriminin, Tane İriliğine Ba-ğıl Değişimi.

görülebileceği gibi —150 mikrona hem konsantredeki Sb- tenörü ve verimi en yüksek noktaya çıkmakta hem de —100 ve —200 mikrona göre arsenik verim ve tenörleri minimum noktaya ulaşmaktadır. Bu gözlemi, antimonitin arsenopirite göre daha gevrek, sertliğinin yüksek, yoğunluğunun fazla ve hidrofoblaşma yeteneğinin daha düşük olması ile açıklamak olanaklıdır. Çünkü maksimum tane iriliği —150 mikron olan bir kütlede arsenopirit antimonite göre daha iri kalmakta zaten hidrofoblaştırma gücü düşük Aero 3477 ağır ve iri arsenopiriti yüzdürememekte, buna karşın daha hafif, daha ince taneli ve hidrofoblaşma yeteneği yüksek antimoniti yüzdürerek görelî bir ayırım sağlamaktadır.

Optimal tane iriliği deneylerinin ilginç bir sonucu da 300 mikronun üstündeki tane boyutlarında elde edilen konsantredeki Sb-veriminin giderek azalmasına karşın Sb- tenorunun artması As-tenörünün de % 0,1 gibi çok düşük bir değerin altına düşmesidir (Şekil. 14).

Ayrıca bu sonuç cevherin önce -1 mm'ye öğütülüp, değirmen çıkışı — klasifikatör girişi arasına yerleştirilecek tek flotasyon selülü ile Sb- tenörü % 64'e yakın As- tenörü % 0.1'in altında olan iri taneli, arsenikten arındırılmış ideal bir antimonit konsantresinin elde edilebileceğini göstermesi açısından da ilginçtir. Ayrıca bu yolla zaten serbestleşmiş ve arsenikçe fakir antimonit tanecikleri tekrar değirmene sokulup ek öğütme işlemleri ile şlam boyutuna kadar öğütülüp artığa kaçması da önlenmiş olmaktadır. Bu yolla üstelik enerji artırımını da sağlamış olmaktadır.

3.2.2.4. Seçimli Flotasyon Sonucu

Toplu flotasyon uygulamasında olduğu gibi bundan önce belirlenen seçmeli flotasyon optimal koşulları çeşitli tenördeki cevherlere uygulanmış ve ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyon uygulaması için en uygun cevher Sb- tenorunun % 5 dolayında olduğu anlaşılmaktadır.

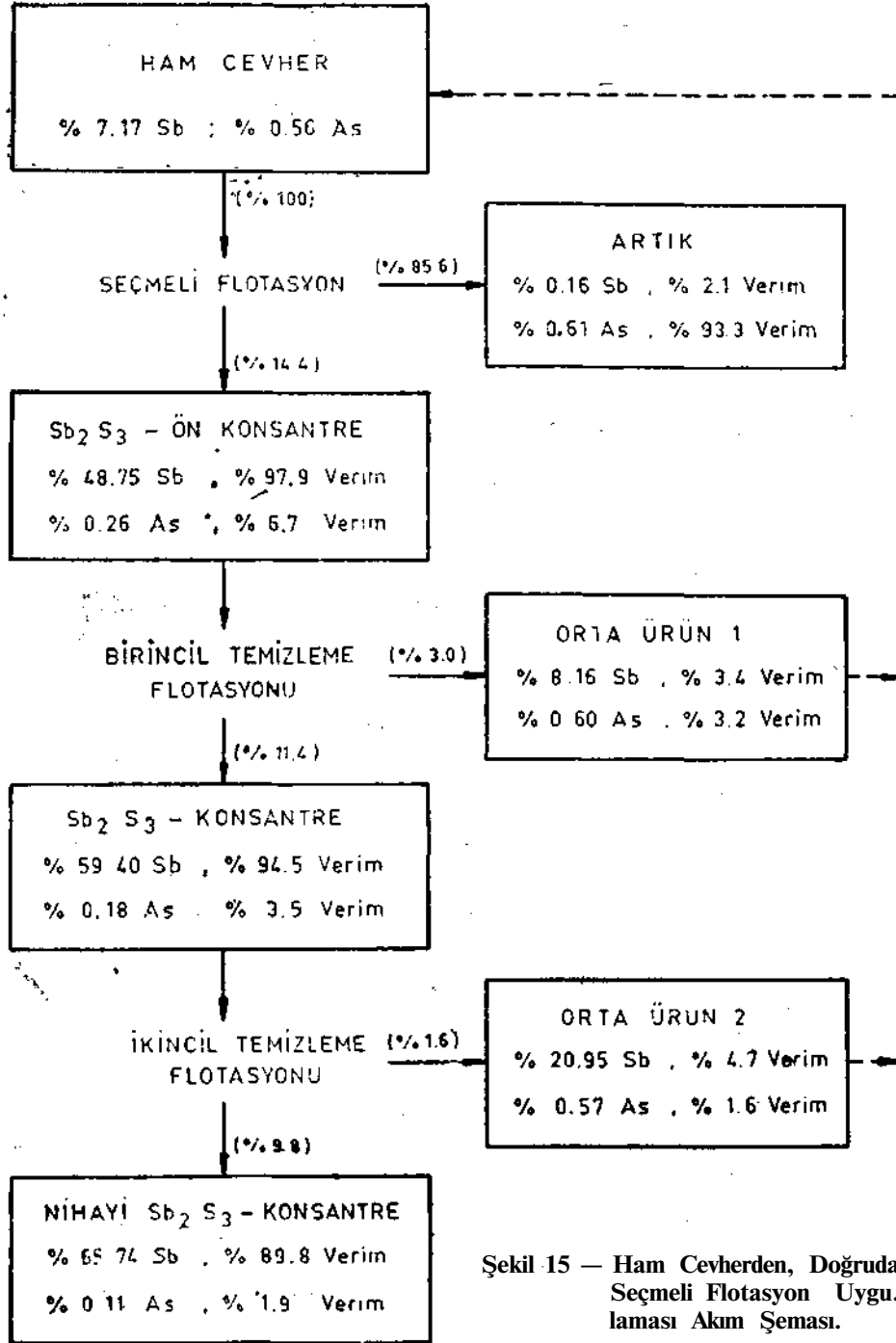
Sonuç olarak ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyon uygulaması için daha önce saptanan koşullara ek olarak en uygun;

- toplayıcı türü Aero 3477 (50 g/t),
- tane iriliği -150 mikron,
- cevher tenörü % 5 Sb

belirlenmiştir. Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, belirtilen koşullarda uygulanacak ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyon uygulaması ideal sayılabilecek konsantre üretimine elverişli bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yolla daha çalışmanın başında belirtilen yüksek Sb- veriminde (% 97) yüksek Sb-tenöründe (% 69) ve düşük As- tenörlü (% 0.1); (bk. Şekil. 15) Sb-konsantresi elde etmek amacı, hemen hemen tümüyle bu seçenekte gerçekleşmiş olmaktadır.

4. TESİSTE UYGULAMA OLANAĞI

Genel olarak flotasyonda bir tek işlem ile sonuç ürün (konsantre) elde etmek olanaksızdır. Çoğu kez bir kaç flotasyon işleminden sonra hedeflenen sonuca varmak olanaklıdır. Ancak optimal Flotasyon devresinin seçimi bir teknolojik ve ekonomik sorundur. Flotasyon devreleri ham cevherin mineralojik, kimyasal ve



Şekil 15 — Ham Cevherden, Doğrudan Seçmeli Flotasyon Uygunlaşması Akım Şeması.

fiziksel yapısına bağı olarak düz veya karmaşık (kompleks) devreler halinde uygulanabilir. Bilindiği gibi, sonuçta bir konsantre, orta ürün ve artık sağlıyan flotasyon işlemi, ara öğütme, sınıflandırma veya zenginleştirme işlemleri olmadan uygulanırsa tek aşamalı, ara işlemleri olanlar ise çift aşamalı olarak tanımlanmaktadır (22).

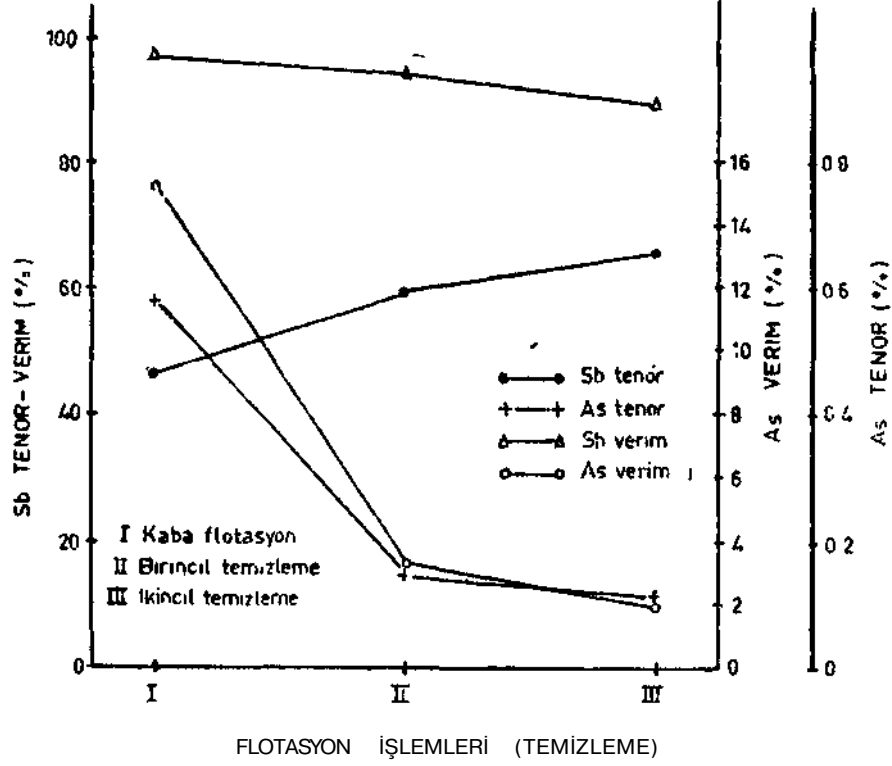
Flotasyon uygulamasında konsantreyi metal tenörü yükseltme amacıyla birincil gereğinde ikincil temizleme flotasyonuna bağımlı tutmak zorunlu olduğu gibi, artıktaki metal kaybını en az değerde tutmak için artığın da bir veya iki kez süpürme (scavenger) flotasyonuna bağımlı tutulması söz konusu olmaktadır.

Halıköy antimuan ham cevherinden istenen nitelikte son Sb_2S_3 konsantre elde etmek için laboratuvar çapta kesikli olarak flotasyon devre seçenekleri uygulanmıştır. Ham cevherden nitelikli konsantre ($> \% 60$ Sb ve $< \% 0,2$ As) kazanmada temizleme flotasyon aşamaları önemli bir etken olmuştur. Çünkü antimonitin arsenopirit ve piritte karşı daha fazla doğal yüzebilirliği yanı arsenopirit ve piritin engelli yüzebilirliği yanında arsenopirit ile piritin yoğunluğunun antimonite karşı fazla oluşu nedenleri aşamalı temizleme sonucunda kazanılan son $S t ^$ konsantreye belirli bir selektive sağlamıştır. Bu olguya en somut örnek Şekil : 16'da eğrisel olarak sunulan deney sonuçları olmaktadır. Optimal seçmeli flotasyon koşullarında toplayıcı olarak Aero 3477 (50 g/t) kullanımlı tek aşamalı seçmeli ön flotasyon (I), birincil (II) ve ikincil (III) temizleme sonuçları göstermektedir ki (bk. Şekil : 16), $\% 60$ Sb içeriğinden fazla buna karşı $\% 0.2$ As değerinden daha düşük tenörler içeren konsantreler ön konsantrenin aşamalı temizleme flotasyonu ile olanaklı olmaktadır (1).

Elde edilen deneysel bulguların ışığı altında Halıköy - antimonit ham cevherinin endüstriyel çapta zenginleştirilmesi için Şekil : 17'de sunulan akım şemasının uygulanması yerinde bir seçim olur. Ancak flotasyon selül bağlantı devresi endüstriyel çaptaki uygulama sonuçlarına göre elastiki olarak değiştirilebilme konumundadır (bk. Şekil: 17/13).

Çalışma sonuçlarının ışığında, halen deneme aşamasında çalışan Halıköy flotasyon tesisinin donatımı göz önüne alınarak Şekil : 17 de sunulan akım şemasını önermek olanaklıdır. Bu öneride tesisin donatımında bulunmayan ünit selül (Şekil : 17/10) bulun-

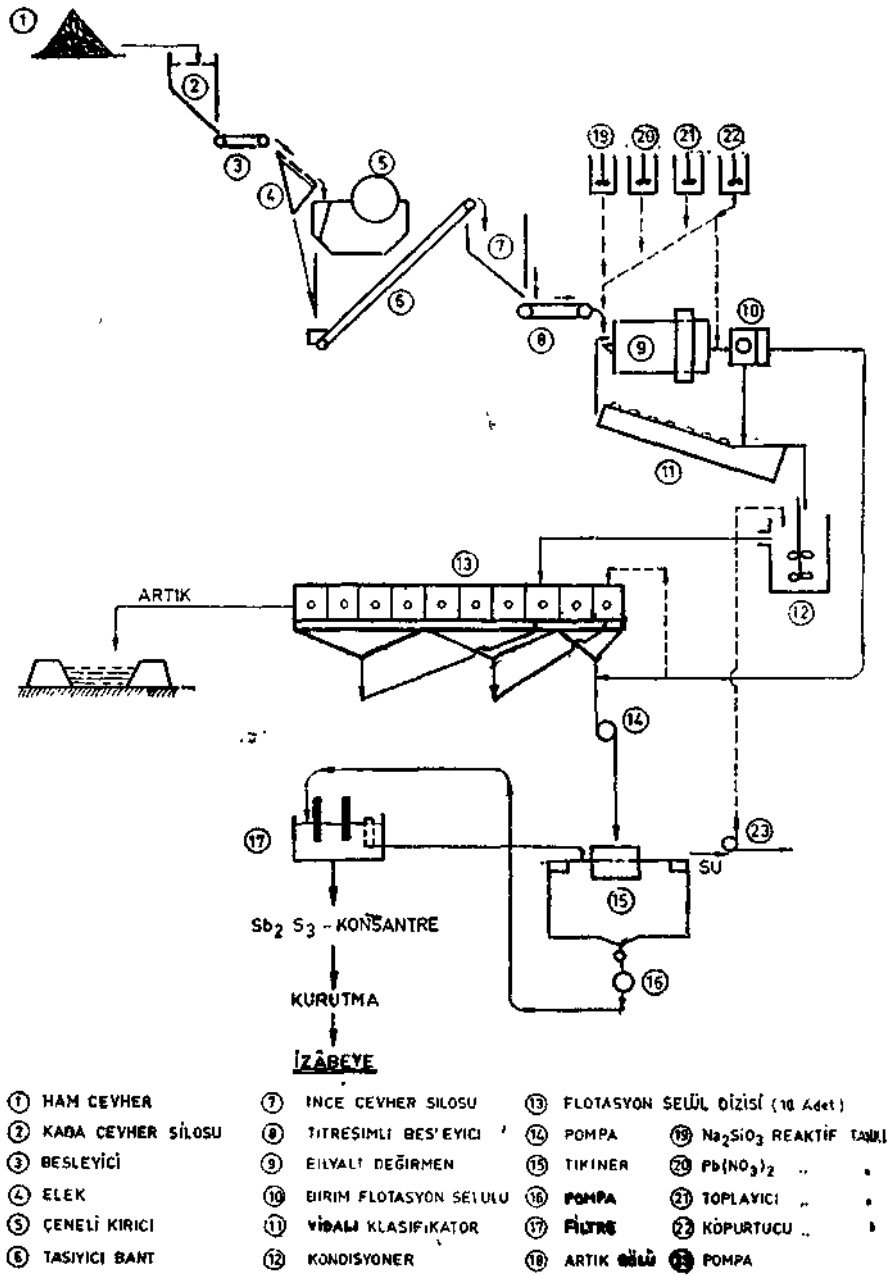
maktadır. Çeşitli kez vurgulandığı gibi ham cevher içindeki anti-
monitin yaklaşık % 15 i arsenik kapanmış ve 500 mikrondan da-
ha iri taneler halinde bulunmaktadır ve bilyalı değirmen çıkışına
yerleştirilecek bir flotasyon işlemi ile ek öğütme işlemlerine sok-
madan elde etmek olanaklıdır (1).



Şekil 16 — Ham Cevherin Tek Aşamalı Selektif Flotasyonunda (I) Temizle-
me Aşamalarının (II, III) Konsantre Sb-As Tenor İle Verimi-
ne Etkisi.

5. SONUÇ

Etibank - Halköy - Maden işletmeleri Müessesesinde yürütülen
antimuan master projesi uygulaması, gerek Etibank'ın kendi sa-
hası içinde bulunan Yapalaktepe ve gerekse onun kuzeybatı uzan-



Şekil 17 — Ödemiş - Halköy Antimonit Ham Cevherinin Tesis Çapta Zenginleştirilmesi İçin Önerilebilecek Akım Şeması.

tısını oluşturan Emirli sahası cevherleri için projede öngörülen döner fırında doğrudan izabe yönteminin başarılı olamayacağını ortaya koymuştur. Bu başarısızlık öncelikle cevherin düşük tenörlü olması ve cevher içeriğindeki zararlı arseniğin izabe yöntemleri ile elimine edilememesinden ileri gelmiştir. Sorunun çözümünün, izabe öncesi uygun verimle ve aynı zamanda arsenik eliminasyonuna yönelik bir zenginleştirme işlemine bağlı olacağı anlaşılmıştır.

Bu çalışma böyle bir zenginleştirme işleminin laboratuvar çaptaki optimal koşullarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Yataktan alınan cevher numunelerinde yapılan mikroskopik gözlemler, uygun koşullarda cevher içeriğindeki arsenikli ve antimonlu fazların birbirinden ayrılabilirliğini ortaya koyduğu gibi, cevherin zenginleştirilebilirliği konusunda veriler ortaya çıkarmıştır.

Cevherin ortaya çıkarılan kimyasal ve mineralojik bileşimi ve yukarıda belirtilen mikroskopik gözlemler ışığında, olası zenginleştirme yöntemleri olarak yoğunluğa göre ayırım, flotasyon ve selektif küresel aglomerasyon yöntemleri belirlenmiştir.

Yapılan deneyler, "gerek arsenopirit ve antimonitin bir birine yakın yoğunluğa sahip olmaları ve gerekse serbestleşme tane iriliklerinin yoğunluğun etkisini kaybettiği tane boyutlarında olması nedeniyle, yoğunluğa göre ayırımın (jig ve sallantılı masa) değil son, bir ön konsantre aşaması için bile söz konusu olamayacağını göstermiştir.

Çalışmanın ağırlığını flotasyon yöntemi oluşturmuştur. Bunun için tüm olasılıklar gözönüne alınmıştır.

Flotasyon uygulaması için önce toplu flotasyon seçeneği gözönüne alınmıştır: Cevher içeriğindeki tüm sülfürlü mineralleri (pirit, arsenopirit, antimonit) yüzdürerek,

- % 20 katı oranı,
- pH - değeri 6.5,
- ortam sıcaklığı 20 °C,
- tane iriliği -200 mikron,
- ham cevher tenörü % 7 Sb.

- gang bastırıcı Na_2SiO_3 (cam suyu) (200 g/t),
- canlandırıcı $\text{CuSO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ikilemi [(75 + 75) g/t,]
- toplayıcı Z –11 (Na – isopropilksantat) (75 g/t)
- köpürtücü Flotanol G (25 g/t)

optimal koşullarında % 93,1'lik Sb verimiyle % 38,1 Sb, % 0.82 As içeren bir toplu konsantre elde edilebilmiştir (bk. Şekil. 11).

Daha başarılı ve endüstriyel uygulama için daha elverişli sonuçlar ham cevherden seçmeli flotasyon uygulamasında elde edilmiştir. Bu yolla yaklaşık % 95 toplam Sb- verimiyle % 65,17 Sb ve % 0.11 As tenörlü gibi bir «super konsantre» niteliği taşıyan antimonit konsantresi elde edilmiştir.

Ancak bu seçeneklerden Fakültemiz'e ait ve halen Halıköy - Emirli antimuan cevherlerinin zenginleştirilme denemelerinde kullanılmakta olan 50 ton/gün kapasiteli tesis olanaklarında ek yatırımsız uygulanabilecek tek seçenek, optimal çalışma koşulları,

- % 20 katı oranı,
- pH- değeri 6.5,
- ortam sıcaklığı 20°C,
- ham cevher tenoru % 5 Sb,
- tane iriliği -150 mikron,
- gang bastırıcı Na_2SiO_3 (200 g/t),
- canlandırıcı $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (100 g/t),
- toplayıcı dithiofosfatlardan Aero3477 (50 g/t),
- köpürtücü Dowfroth 250 (25 g/t)

olarak saptanmış «ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyon» yöntemidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın oluşmasında, ilgi gösteren ve yapıcı eleştiri ile katkılarda bulunan tüm ilgililere içtenlikle teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. AKAR, A. : Ödemiş - Halıköy - Emirli arsenikli antimonit cevherinin zenginleştirilmesi ve arsenikten arındırılması. Ege Üniversitesi - Makina Fakültesi - Maden Mühendisliği Bölümü, doktora tezi, 1980, Bornova, izmir.
2. BATEL, W. : Einführung in die Korngrößenmeßtechnik Springer - Verlag, 1971, Berlin - Heidelberg - Newyork.
3. BEHRENBECK, H.J., PLATE, W., SIMONIS, W. : Die selektive agglomeration von Kohle - Mineralstoffkollektiven in feinsten Steinkohlenschlämmen, Aufbereitungs - Technik, Nr. 9, 1974, S. 495-500.
4. BERGMANN, A. : Die wirtschaftliche Berechtigung einer gravimetrischen Voranreicherung vor der Flotation. ERZMETALL, Band 22, Heft 6, 1969 S. 286 - 289.
5. BETECHTIN, A.G. : Lehrbuch der speziellen Mineralogie VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1971.
6. BHATH, M.I., MASOAD, K. : Beneficiation of low grade antimony ore. Pab. J. Sei. Res., 1974, 26 S. 21 - 24.
7. CHANDER, S., FUERSTENAU, D.W. Effect of potassium diethyldit - hiophosphate on the interfacial properties of molybdenite IMM. 1974.
8. CLEMENT, M., BERTRAM, R. : Untersuchungen zur selektiven Flockung von Mineralgemischen, ERZMETALL 33, 1980, Nr. 2., S. 94 - 99.
9. CYANAMID : Mining Chemicals Handbook Mineral Dressing Notes No : 26.
Cyanamid of Canada, Ltd. Cyanamid International Divisions 1976.
10. DOBIAS, B : Über die Adsorptionsgeschwindigkeit von Sammler - Ionen und über den Mechanismus ihrer Binlung an Mineraloberflächen. ERZMETAL, Band 19, Heft 1. 1966 S. 27 - 31.
11. ETİBANK : Etibank - Halıköy Maden işletmeleri Müessesesi Müdürlüğü'nün Resmi Bilgileri ödemiş - Beydağ, 1976 -1979.
12. FARNAND, J.R., MEADUS, F.W., GOODHUE, E.C., PUDDINGTON, I.E.: The beneficiation of gold ore by oil, phase agglomeration. CIM. Bull. 1969, 62.1326 -1329.
13. FLINT, L.Jt. : Factors influencing the design of flotation equipment. Miner. Sei. Engng. Vol. 5, No : 3, p. 232 - 241, 1973.
14. FRANK, L. : Die kollektiv - selektive Flotation, ihre Grundloggen und ihre Amöndung auf sulfidische Erze. ERZMETALL Bd XVIII (1965) H. 5. S. 223 - 230.
15. GÜÇKAN, O. : Etibank Halıköy Maden işletmeleri Müessesesi Müdürlüğü Etibank Bülteni, Sayı 10, Ankara, Mart, 1978 S. 6 - 9.

16. HEIDENREICH, H. : Die Erfolgsrechnung im Aufbereitungsbetrieb. Verlag Glückauf G.m.b.H; Essen, 1954.
17. HOECHST : Flotationsreagenzien Farbwerke Hoechst AG Frankfurt.
- 18.- KAVOURIDIS, C.B. : The spherical agglomeration of aqueous mineral suspensions by an immiscible Liquid, Ph. D. Theses, Imperial College . London, 1978.
19. KLÎSURANOV, G., GAÎDARDZHÎEV, St. : Enrichment of antimony ore from the Ribnovo deposit in the Blagoevgrad district. God. Vissh. Minno - Geol. Sofiya Svitukiv 12: 89 - 96 Chem. Abstr. 69 53657 a, 1966.
20. KOGAN, P.I. : New collecting agent for the flotation of antimony ores. Tsvetn Met, (2). 1978 S. 70 - 71.
21. LAUER, O. : Feinheitsmessungen an technischen Stäuben (Leitfaden fürden Praktiker) ALPINE AG - AUGSBURG 1963.
22. SCHUBERT, H. : Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe Band III VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1967.
23. SHERGOLD, H.L., MELLGREN, O. : Concentration of minerals at the oil - water interface : hematite - isooctane - watersystem in the presence of Sodiumdodecylsulphate, Ins. Ming. Metal. 1969, S. 121 -132.
24. SIEDLER, Pp., SANDSTEDTE, G., FRANK, H., : Über die Abhängigkeit der Flotierbarkeit von Mineralien von Bedeckungsgrad ihrer Oberfläche mit Sammlerionen ERZMETALL, Band 15 (19C2), Heft 6, S. 293-299.
25. SIMMERSBACH, B. : Nutzbaren mineralischen Bodenschätze in der kleinasiatischen Türkei, Zeitschrift für Berg. Hütten - und Salinen wesen Jahrgang 1904, Band 52, S. 515 - 557.
26. SOMASUNDARAN, P. : Processing mineral fines Engineering and mining Journal December 1979 p. 64 - 68.
27. STEINER, HJ. : Grenzflächen Potentiale als Einflußgrößen der Flotation und Ansatzpunkte der Flotationsforschung. ERZMETALL, Band 19.1966 Heft 6, S. 275 - 283.
28. STOLZE, F. : Der derzeitige Erfahrungsstands auf dem Gebiete der Erzflotation. Aufbereitungs - TECHNIK - Nr. 1/1963 S. 10 -11, S. 13, S. 14.
29. THOM, C. : Standart flotation seperations of antimony in froth flotation. A.I.M.E., New York, 1962, S. 328 - 329.
30. TÖPFER, F. : Untersuchungen über den Einfluss der Korngröße auf das Schwimmverhalten von Mineralien unter besonderen Berücksichtigung der Flotation von Grobkorn und Feinstkorn Freiburger Forschungsheft, A 328 (1964).

31. UZKUT, İ. : Büyük Menderes - Gediz arasındaki Arsenopirit yatakları ve Altın ve Kobalt açısından önemi, E.Ü. Yerbilimleri Fakültesi Doçentlik Tezi 1978.
32. UZLOV, V.M. : Improvement of the reagent schedule in antimony ore flotation Tsvetn. Met. (1977) (1), s. 86 - 87.
33. VĠJAYAKUMAR, K. : MAJÜMDAR, K.K. : Studies on the flotation of stibnite, J. Mines, Metals Fuels 20 (11), 1972, S. 344 - 346.
34. WEISS, K.E. : Kurze Mitteilungen über Lagerstätten im westlichen Anatolien Zeitschrift für praktische Geologie Juli, 1901, S. 255-256.
35. YILDIRIM, M. : Emirli ve Yağcılar antimuan yatağı, M.T.A. Enstitüsü (yayınlanmamış rapor), 1978.
36. YILDIZ, M. : Emirli Antimuan Madeni Hakkında Rapor, M.T.A. Enstitüsü (yayınlanmamış rapor), 1966.
37. ZISERMAN, A. SERMENT, R. : Classification typologique des grand gites d'Antimoine Mém. hors-Sér. Soc. géol. Fr., 7, 1976, S. 285 - 294.