

SELEKTİF KÜRESEL AGLOMERASYON YÖNTEMİ İLE ANTİMONİT CEVHERLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ VE ARSENİKTEN ARINDIRILMASI

AU AKAR (*)

ÖZET

1961 yılından beri Cevher Zenginleştirmede uygulanmasına başlanan selektif (seçimli) küresel aglomerasyon yöntemi ilk kez bu çalışmada antimonit cevherinin zenginleştirilmesine uygulanmıştır.

Araştırmaya konu olan Ödemiş-Halıköy-Emirli arsenikli antimonit ham cevherinin öncelikle kimyasal, minerolojik, kırma-öğütme, elek-metal analizleri ile söz konusu yöntemin uygulanmasına uygunluğu araştırılmıştır.

Ham cevheri oluşturan antimonitin, gang minerallerine karşı gevrek oluşu ve öğütmeyle ince tane boyutlarında birikimi ve parajenez minerallerinden daha çok hidrofob özelliğe sahip olması, seçimli küresel aglomerasyonun uygulanmasına olanak sağlamıştır.

(*) Dr. Maden Yük. Müh., Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Bornova. İZMtR

Ödemiş-Halıköy-Emirli ham cevherinin seçimli küresel aglomerasyon yoluyla zenginleştirilmesi ve arsenikten arındırılmasında başlıca;

- Ham cevherin doğrudan seçimli küresel aglomerasyonu,
- Toplu flotasyon-seçimli küresel aglomerasyon ikilemi,
- Seçimli aglomerasyon flotasyonu-seçimli küresel aglomerasyon ikilemi,
- Seçimi flotasyon-seçimli küresel aglomerasyon ikilemi,

gibi seçenekler denenmiştir. Deney sonuçlarının ayrıntılı irdelenmesinde denenen söz konusu seçeneklerden;

- Sb — verimi % 90'nın üzerinde,
- Sb — tenörü % 50'nin üzerinde ve
- As — tenörü de % 0,2'nin altında olan

Sb_2S_3 - konsantre (küresel peletler) üretimine elverişli seçenekler;

- Toplu konsantreden seçimli küresel aglomerasyonla kazanılan küresel peletleri arsenopritten seçimli ters flotasyonla ayrımını içeren ve
- Seçimli flotasyon-seçimli küresel aglomerasyon ikilemi

uygulamaları olarak saptanmıştır.

ABSTRACT

In this study, the suitability of spherical agglomeration technique for an antimonite ore containing arsenic was investigated.

To concentrate antimonite and for the removal of arsenic the following alternatives were studied:

- Selective spherical agglomeration,
- Bulk flotation-selective spherical agglomeration,
- Selective agglomeration flotation-selective spherical agglomeration.
- Selective flotation-selective spherical agglomeration,

The best results were obtained either in bulk flotation-spherical agglomeration and then indirect flotation of arsenic or selective flotation-selective spherical agglomeration alternatives. The recovery of antimony and the grade were over 90 % and 50 % respectively, the residual arsenic being under 0.2 % As.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Genelde cevher zenginleştirme dalında çok yeni sayılabilecek yöntemlerden birisi de selektif küresel aglomerasyon yöntemidir. Katı-sıvı ortamında uygun tane iriliğine getirilmiş minerallerin uygun bir köprü sıvı vasıtasıyla, bir araya gelip boyut büyütme olgusuna dayanan bu yöntem, antimuan cevherlerinin zenginleştirilmesinde ilk kez bu çalışmada uygulamaya sokulmuştur.

Aglomerasyon flotasyonundaki sıcaklığın konsantredeki Sb ve As-tenor ve verimlerine etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerde (1) 60°C sıcaklıkta oluşan toprakların irileşip, köpükle taşınamayacak boyutlara ulaştığı izlenmiş ve bu sıcaklıkta Sb— veriminin düşmesi bu olguya bağlanmıştır. Bu gözlem aynı zamanda antimonitin uygun koşullarda küresel peletler haline getirilebileceğini, başka bir deyimle selektif küresel aglomerasyon yönteminin araştırma konusu antimuan cevherine uygulanabileceğinin bir belirtisi olarak değerlendirilmiş ve araştırma bu yönde genişletilmiştir.

Araştırma Şekil 8'deki akım şemasına göre yürütülmüştür. Bundan ayrı olarak f lotasyon yöntemi ile uygun verim ve tenörde elde edilen antimonit konsantrelerinin sıvı ortamda bu yöneme göre aglomera edilebilirlikleri de araştırılmıştır. Bilindiği gibi aglomera yoluyla boyutları büyütülmüş sülfür konsantreleri, daha kolay ve daha az enerjiyle izabe edilebilmektedirler.

Yöntemin laboratuvar olanaklarının elverdiği hemen hemen tüm parametreleri göz önüne alınmış ve optimal uygulama koşulları ortaya konmaya çalışılmıştır. Karıştırıcı olarak Maden Bölümü laboratuvarında var olan HEIDOLPH tipi karıştırıcı ile DENVER SUB A D -1 D2 tipi flotasyon makinası uygun biçimde kullanılmıştır.

2. YÖNTEMİN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

Bilindiği gibi selektif küresel aglomerasyon, öncelikle ince taneli mineral taneciklerinin bir sıvı ortamda genellikle iyonlaşmayan apolar yağlar yoluyla boyut büyütüp pelet haline getiren yöntemdir (13, 22). Aglomerasyon yönteminden boyut büyütme olayının sıvı içinde olmasıyla ayrılır. Selektif küresel aglomerasyon

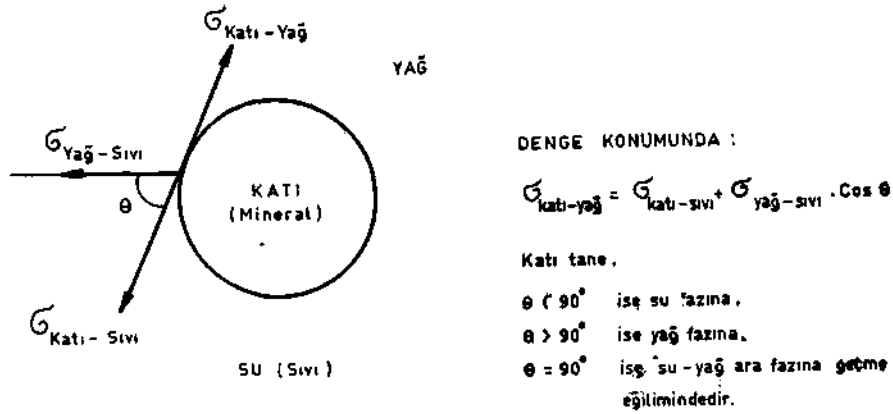
yon, aglomerasyon flotasyon gibi bir flotasyon yöntemi değildir; zira yöntem yüzdürme olayı ile son bulmaz. Ancak yüzdürme aşamasına kadar olan işlemler açısından (canlandırma, bastırma, adsorpsiyon v.b.) flotasyon yönteminin ilke ve kurallarından yararlanılarak uygulanır. Bu nedenle yüzdürme aşaması hariç tutulursa boyut büyütme açısından selektif küresel aglomerasyon yöntemini aglomerasyon flotasyonu yönteminin bir devamı olarak kabul etmek mümkündür. Aglomerasyon flotasyonunda, emülsiyona uğramış toplayıcı yağlar ince taneler arasında köprü görevi yaparak mikro aglomeratlar oluşturmaktadır. Mikro aglomeratı oluşturan taneler arasında büyük bir oranda flotasyon sıvısı bulunur. Buna karşın selektif küresel aglomerasyonda, taneler arası toplayıcı yağdan oluşan küreler oluşur. Bu olayın gerçekleşmesi, aglomerasyon flotasyonu için geçerli;

- Toplayıcı yağ miktarının en az iki misline,
- Katı - sıvı oranının % 20'den en az % 30'a
- Sıcaklığın 30°'den 60°'ye
- Karıştırma süresinin en az iki misline,

çıkarılmasına bağlıdır. Yağ ve katı-sıvı oranının artırılması ile karıştırma süresinin uzatılması, yüzeyleri yağ damlacıkları ile kaplı mineral taneciklerinin birbirlerine çarpma olasılığını artırmaya yöneliktir. Sıcaklık artışı ise toplayıcı yağın emülsiyon yeteneğini artırdığı gibi, yüzey gerilmesini azaltarak mineral taneciklerini içine alıp, onları küre durumuna getirmede önemli rol oynamaktadır (22).

Toplayıcı yağ yoluyla kürelerin oluşması için başka bir önemli ön koşul da Şekil 1'de görüldüğü gibi © açısının 90° dereceden büyük olmasıdır. Flotasyon olayında önemli olan ve katı - sıvı - gaz arasındaki yüzey gerilmeleri dengesini belirleyen YOUNG eşitliği burada da geçerlidir (22). Ancak flotasyon olayındaki gaz fazı yerine küresel aglomerasyonda yağ fazı etkin olmaktadır (22).

1961 yılında ortaya çıkarılan selektif küresel aglomerasyon yöntemi (13), aradan geçen kısa sayılabilecek sürede geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Diğer yöntemlerden en önemli farklılığı ve olumlu yanı, zenginleştirme işlemi ile kütleleştirme (aglomerasyon) işlemlerinin bir arada gerçekleştirilebilmesidir. Üstelik bu yöntemde geleneksel flotasyon işleminde normal koşullarda şlama kaçabilecek tane iriliklerindeki mineralleri de birlikte ka-



Şekil 1. Selektif küresel aglomerasyon ortamında yağ-su-katı (mineral) fazları yüzey gerilmeleri arasındaki ilişki.

zanmak olanaklıdır. Bu nedenle, bu yöntem doğal nedenlerle ince tane boyutlarında bulunan minerallerin zenginleştirilmesinde verimin artmasına katkıda bulunmaktadır (21,22,23).

En önemli uygulama örnekleri şunlardır;

1 — % 53.4 Fe, % 0.39 P ve % 17.3 SiO₂ içerikli Snake River ham cevherinden iki aşamalı selektif küresel aglomerasyon ile % 65.9 Fe, % 0.02 P ve % 5.3 SiO₂ nitelikli demir konsantresi elde edilmiştir (25).

2 — Kömür yıkama tesisleri artıklarının içerdikleri ince kömür taneleri aglomera edilerek kazanılmıştır (3,4,6,7).

3 — % 31.4 BaSO₄ içerikli barit cevherinden iki aşamalı selektif küresel aglomerasyon ile %95 BaSO₄ içerikli, %80 BaSO₄ verimli barit konsantre üretilmiştir (27).

4 — Ekonomik değeri yüksek ancak tenörü düşük altın zenginleştirme tesisleri artıklarındaki kaçak altının selektif küresel aglomerasyon yöntemi ile kurtarılabilmesi için laboratuvar ve endüstriyel çapta kanıtlanmıştır (15).

5 — Kavouridis (1978), ince taneli alümina üzerinde yaptığı küresel aglomerasyon deneyleri ile ortamın optimal pH değeri süresi, yağ konsantresi, katı-sıvı oranı ve fizikokimyasal koşullarına ilişkin deneysel bulgular saptanmıştır (19).

3. HAMMADDE VE ÖN ARAŞTIRMALAR

Araştırmaya konu olan ham cevher örneklerinin alındığı Emirli antimuan yatağı İzmir ili ödemiş ilçesinin 20 km güney-güneydoğusunda ve Halıköy civa yatağının yaklaşık 8 km batısında bulunmaktadır. Cevherleşme, Menderes masifinin şist örtü tabakası içindeki, mikaşistler içindeki yönü genel olarak NW-SE olan ve uzunluğu 2,5 km'yi bulan Emirli fayına bağlı olarak yer almıştır, üretim şimdiye kadar Emirli ve Yağcılar - Yapalaktepe bölümlerinde yapılmıştır (1). Bunlardan Emirli'de 1870 yılından beri aralıklı olarak antimuan üretildiği bilinmektedir. Aynı adı taşıyan köyün hemen kuzeybatısında başlayan cevherleşmenin bu bölümü yaklaşık 1600 metrelik bir uzanımına sahiptir. Bölümün kuzeybatı ucu tek bir damar biçimindedir. Ancak güneye doğru gidildikçe damarın çatallaştığı ve cevherleşmenin tenor ve kalınlığının arttığı görülür. Halen Emirli bölümü Etibank Halıköy Maden İşletmeleri Müessesesi tarafından araştırılmakta ve işletilmeye yönelik değerlendirilmeler sürdürülmektedir (32).

Yağcılar - Yapalaktepe bölümü Emirli fayının kuzeybatı ucunun 600 - 700 metrelik bölümünü kaplamaktadır.

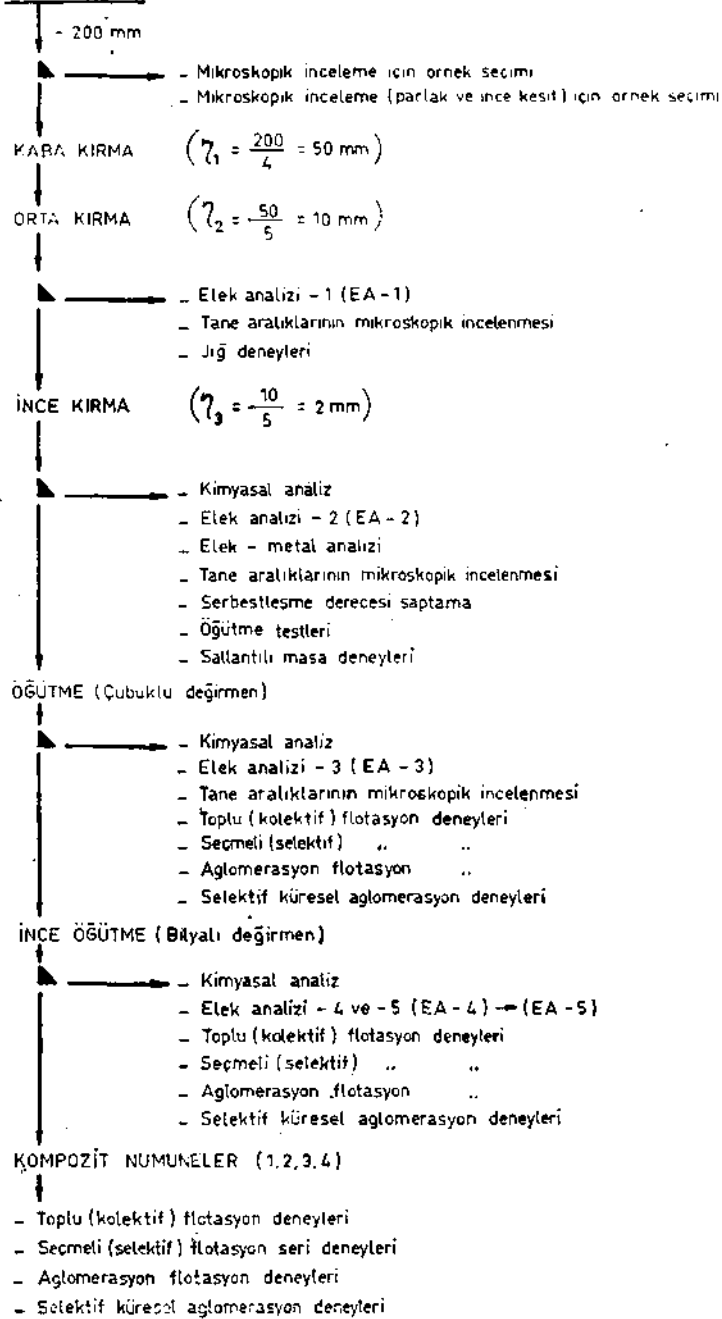
3.1. Kimyasal Analizler

Araştırmaya konu olan ham cevher örnekleri Etibank ödemiş-Halıköy maden sahalarında bulunan Yağcılar - Yapalak Tepe ile Emirli ocaklarından temsili olarak alınmıştır, örneklerdeki Sb - tenoru % 0,60 - % 19,0 ve As - tenörü de % 0,28 - % 0,89 değerleri arasında değişmektedir. Daha geniş bir tenor spektrumunu inceleyebilmek için bu cevherlerin çeşitli oranlarda karıştırılmasıyla sağlanan kompozit numuneler araştırmaya bağımlı tutulmuştur. Bunların Sb - tenörleri % 3,20 - % 7,82 ve As - tenörleri de % 0,49 - % 0,56 arasında değişmektedir.

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

Sb	% 7.82	S	%6.58
As	% 0.56	Hg	eser
SiO ₃	% 61.27	NaaO	%0.69
Al ₂ O ₃ +TiO ₂	% 2.18	K ₂ O	%2.71
CaO	% 1.26	MgO	%0.40
Fe ₂ O ₃	% 4.67	Kızdırma kaybı (950°C'de)	%77.1

HAM CEVHER (N1, N2, N3, N4, N5)



Şekil 2. Numune hazırlama ve araştırma genel akım şeması

3.2. Mikroskopik İnceleme

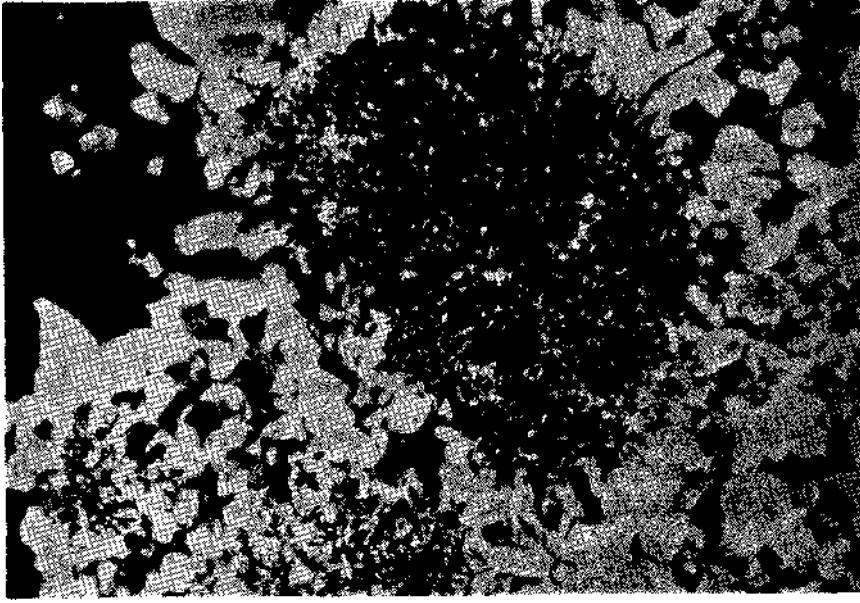
öte yandan çeşitli cevher numunelerinde yapılan mikroskopik gözlemlerden, cevherde ana mineral olarak antimonit, pirit, arsenopirit, kuvars, muskovit, yan mineral olarak da kaolinit, klorit, kloritoit, biyotit, rutil, antimonokür, markazite rastlanmıştır. Mikroskopik gözlemlerle de kanıtlanan ve bundan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

Antimonit	% 10.90
Arsenopirit	% 1.23
Pirit	% 5.60
Ara toplam	% 17.73
Kuvars	% 47.10
Muskovit	% 27.70
Kaolinit	% 3.37
Diğer mineraller (biyotit, klorit, kloritoit, rutil v.s.)	% 3.60
T o p l a m	% 100.00

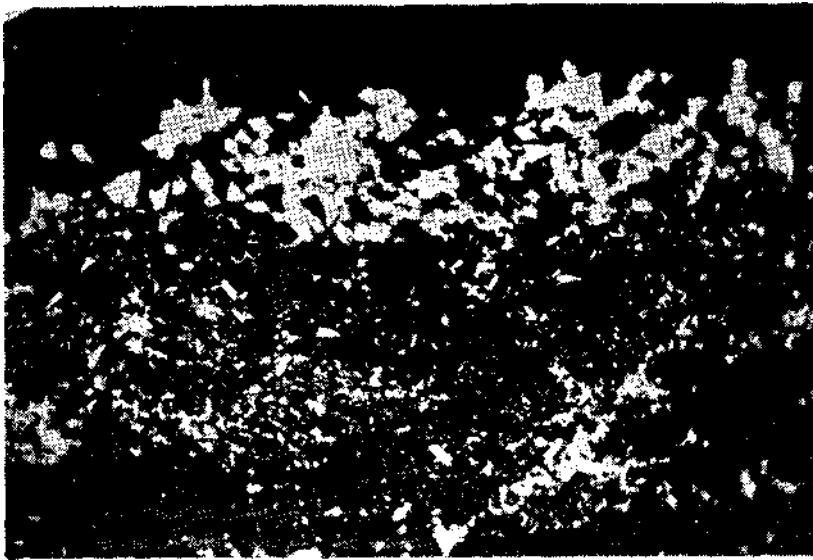
Antimonit genel olarak iki biçimde ortaya çıkmaktadır. Büyük lüğü 0,5mm'den fazla çubuksu ve kataklastik olarak parçalanmış kristaller halinde kuvarlarla çimentolaşmış mikaşist içinde yaygın olarak rastlanan antimonit, cevherin toplam antimuan içeriğinin az bir bölümünü kapsamaya karşın iri taneli ve kapanımız olması ve mikaşist içinde kolayca serbestleştirilebilir bir durumda bulunması nedeniyle ilginçtir.

Ayırım işleminde sorun yaratabilecek antimonit tipi ise bundan önce belirtilen tipe göre daha ince taneli ve daha genç kuvarlarla bir kaç kez breşlenip, çimentolaştırılmış oluşumlardır (Şekil 3). Hem breşleştirme işlemi, hem de çökme olayının daha yaşlı kuvarlarla birlikte gerçekleşmiş olması tane iriliğinin küçük boyutlarda kalmasına neden olmuştur. Bu tür antimonitlerde tane iriliği en fazla 150, çok nadir olarakta 200 mikronu bulmaktadır.

Arsenopirit oranı çok yüksek olmamakla birlikte (%1,23), sorun yaratan ve ayırım işleminin ana konusunu oluşturan bir mineraldir. Tane iriliği en fazla **300** mikron civarında bulunan kris-



Şekil 3. ince kesit, büyütme 140 kez, demet halinde ışımsal yapılı stibnitin (siyah), enine kesiti, kuvars (beyaz), kalsit (gri).



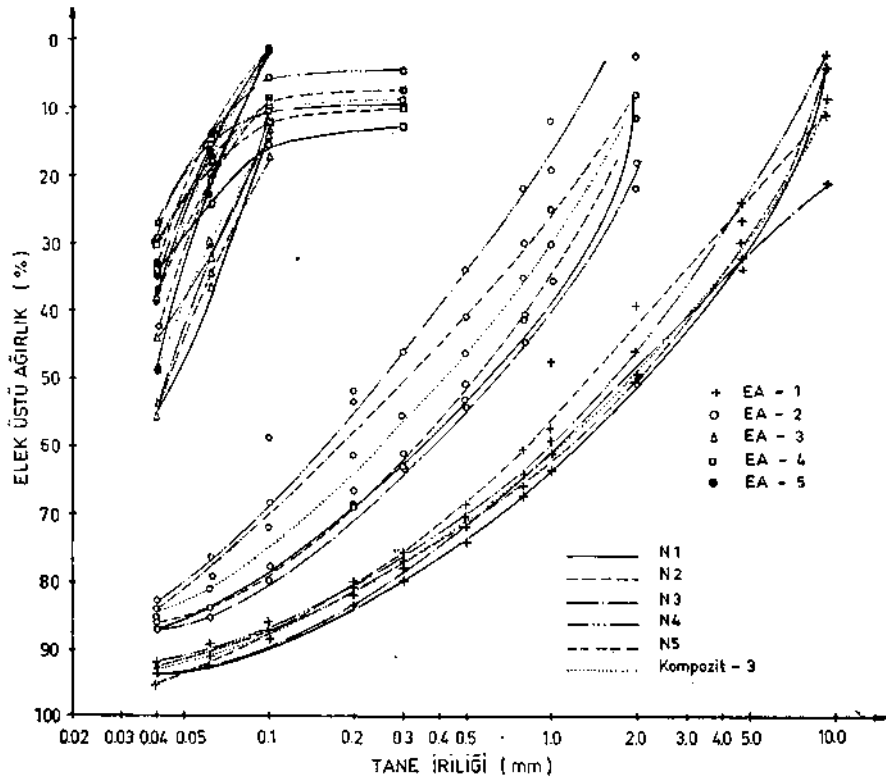
Şekil 4. Parlak kesit, imersiyon yağı içinde büyütme 140 kez, arsenopirit (beyaz), gang (siyah).

taller halinde bulunur. Arsenopirit çoğunlukla tane iriliği 50 -100 mikron arasında değişen boyutlarda kümeleşmiştir (Şekil 4). Tümünüyle kuvarsla çimentolanmıştır. Bazen kuvars çimentolu yaşlı arsenopirit birikimleri en az bir kez breşleştirilip tekrar kuvars, bazen kuvars+antimonit ile çimentolanmıştır. Çok daha yaygın olan ve genellikle idiomorf kristaller halinde, hem yantaş mikaşist hem de kuvars çimentosu içinde rastlanan pirit, antimonit ayırımında önemli bir sorun yaratmamaktadır. Nitekim mikroskopik gözlemlerle;

- Cevher içeriğindeki tüm antimonun antimonite, tüm arseniğin de arsenopirite bağlı olduğu,
- Antimonit içinde arsenopirit, arsenopirit içinde antimonit kapanımlarına rastlanılmadığı için serbestleştirildiği takdirde her iki mineralin birbirinden ayrılacağı,
- Cevher içeriğindeki toplam antimonitin yaklaşık % 15'nin iri taneli (+ 500 mikron) olması nedeniyle, bu bölümün daha kaba kırma işlemi sırasında kolayca ayrılacağı ve bu yolla yüksek Sb tenörlü ve As tenörü çok düşük Sb_2S_3 konsantrasyonunun elde edilebileceği,
- Gerek arsenopirit ve gerekse antimonitin geri kalan bölümü için serbestleşme tane iriliğinin yaklaşık —150 mikron olacağı belirlenmiştir.

3.3. Elek Analizleri

Şekil 2'den de görüleceği gibi numune hazırlama işleminde elek analizleri önemli bir yer tutmuş, her kırma ve öğütme işleminden sonra elek analizi yapılmış ve bu, genel anlamda koruyucu ve sık denetimli öğütme işleminin ana öğelerinden birisi olmuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil 5'te sunulmaktadır. Şekil 5'den de görüleceği gibi, her kırma öğütme işleminden sonra, son ürünlerdeki tane irilik spektrumları giderek daralmakta ve en son öğütme süresinin 60 dakika ve besleme malının —2 mm olduğu aşamada en dar biçimini almaktadır. Ancak, besleme malının —10 mm olduğu EA-4 aşaması bundan farklı bir bileşim göstermektedir. EA-5 aşaması ile aynı sürede bilyalı değirmende öğütüldüğü halde, kütlenin % 5-14 arasında değişen bölümü —0,5+0,2 mm tane aralığında kalmaktadır.

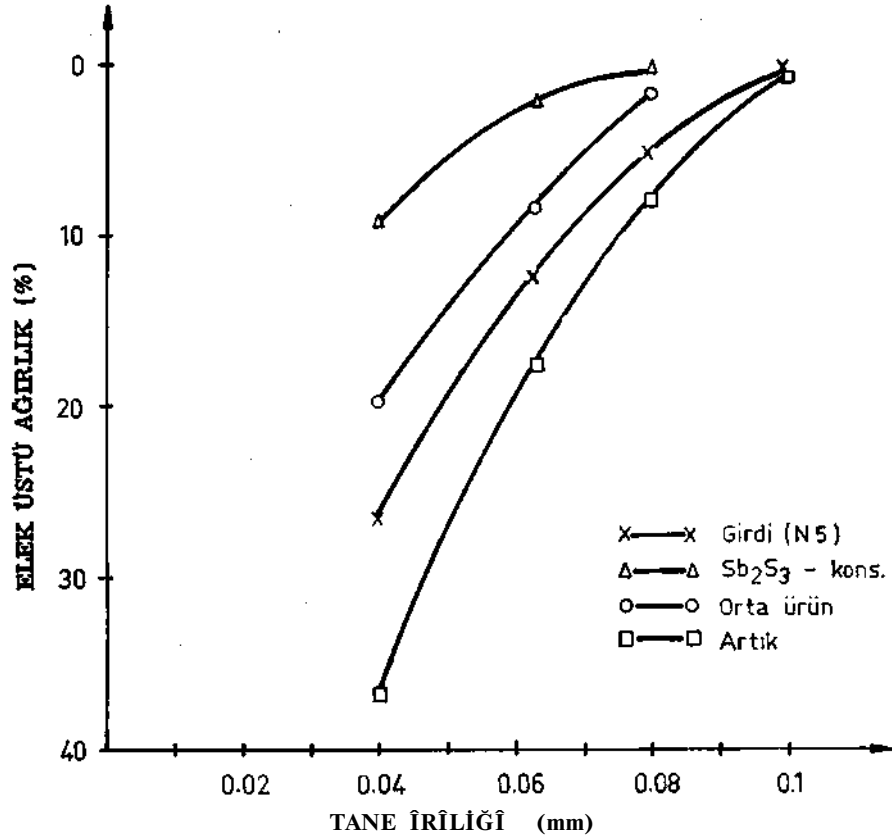


Şekil 5. Ham cevher türleri, kırma ve öğütme aşamaları, ürünlerinin elek üstü eğrileri.

EA-5 aşamasına kadar öğütülmüş girdi ham cevher numunesinin tek aşamalı ve tek temizlemeli konsantredeki Sb verimi %87,4 ve Sb tenörü % 65,07 olan bir flotasyon işleminden sağlanan ürünlerin elek üstü eğrileri Şekil 6'da sunulmuştur. Bu eğrilerden antimonitin özellikle gang minerallerine göre daha kolay öğütüldüğü, aynı öğütme işleminde gang minerallerinin daha iri tane boyutlarında kalmasına karşın antimonitin büyük oranda ince tane aralığına geçtiği anlaşılmaktadır.

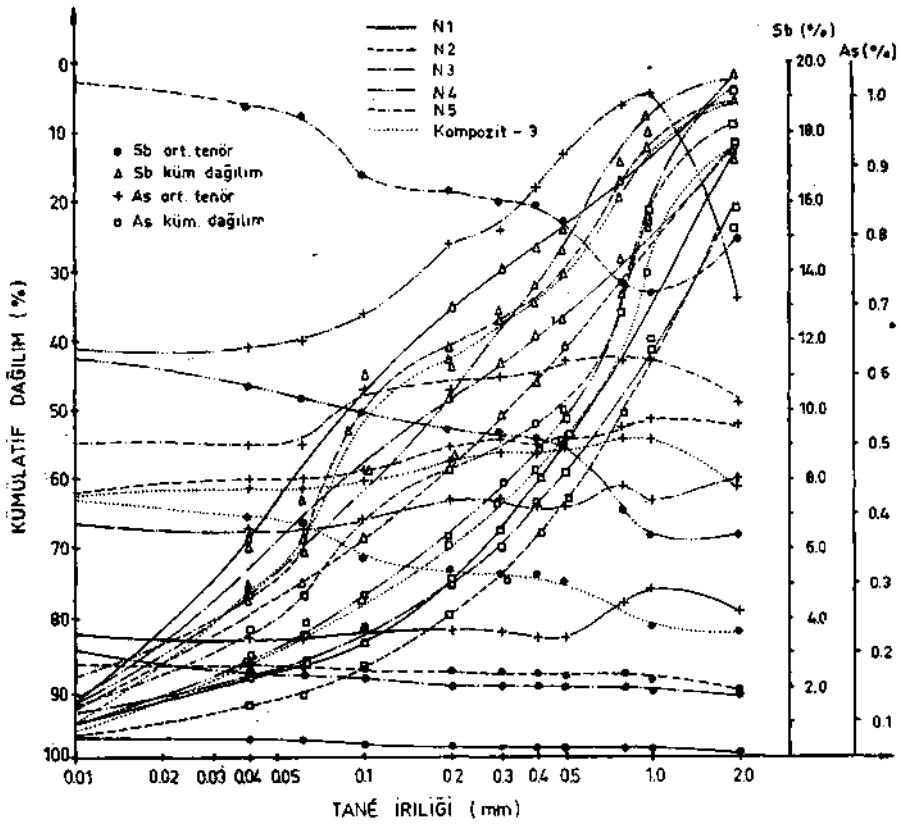
3.4. Elek-Metal Analizleri

Sonuçları Şekil 5'te Özetlenen elek analizlerine bağlı olarak her tane fraksiyonundaki Sb-As içeriği ve bunun kümülatif dağılımını belirlemek üzere elek-metal analizleri de yapılmıştır.



Şekil 6. Antimonit ham cevherinin tek aşamalı ve tek temizlemeli flotasyonu ürünleri elek üstü eğrileri.

Amaç, cevher içinde Sb-As elementlerini içeren fazların öğütme işlemindeki davranışlarını ortaya koymak, bu yolla özellikle As-fazının elimine edilip edilemeyeceğini belirlemek olmuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil 7'de topluca gösterilmiştir. Buna göre, As. içeren fazın kırma ve öğütme işleminde daha dayanıklı ve daha zer ufalanabilir özellik gösterdiği ortaya çıkmaktadır, örneğin kompozit-3 ham cevher numunesinde Sb'nin toplam kütledeki yaklaşık %43'ü, +0,2 mm tane fraksiyonu içinde kalırken, bu değer As için yaklaşık %70 olmuştur. Elde edilen sonuçlarda bu farklılık yer yer %30'a kadar ulaşabilmektedir.



Şekil 7. Ham cevher türleri, tane aralıklarının Sb-As tenor ve dağılım eğrileri.

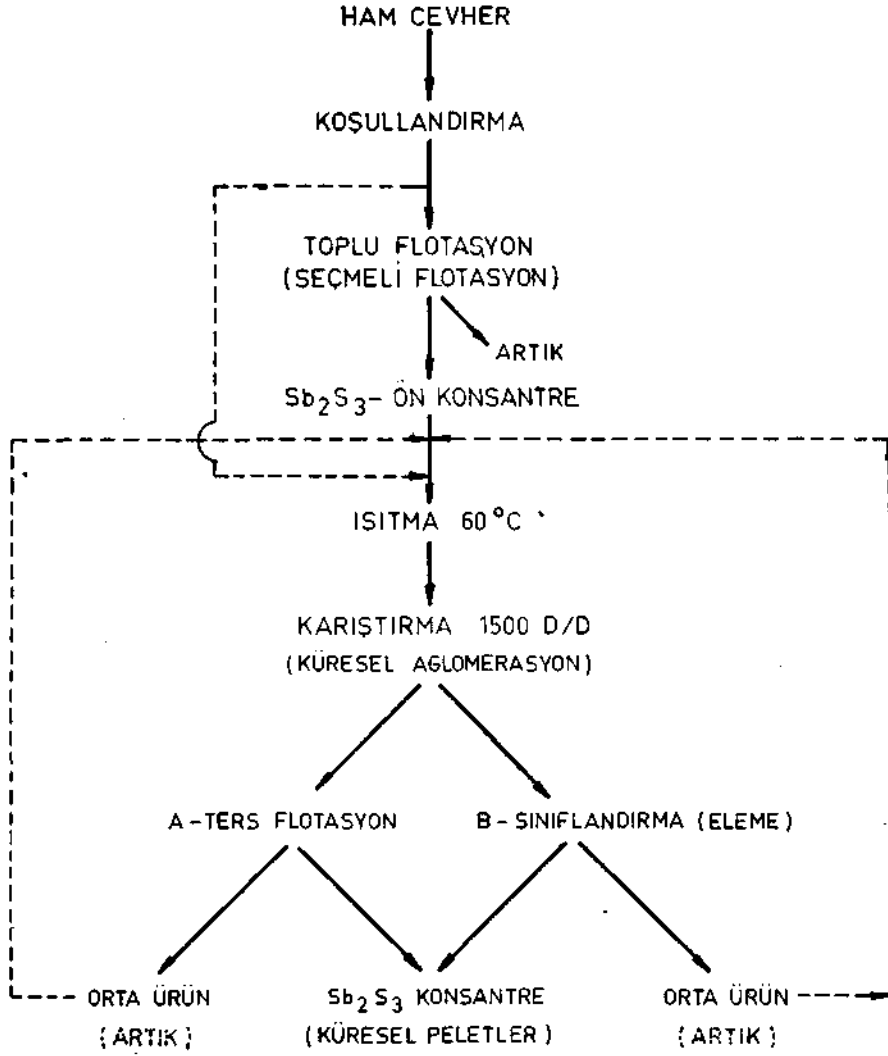
Verilerin ayrıntılı değerlendirilmesi, yalnızca ham cevherde değil, Sb - konsantre, orta ürün ve hatta artıka da Sb, daha az oranda As'in % 75-6-% 92.6 arasında değişen oranlarda en ince --10 mikron tane fraksiyonunda kümeleştiği anlaşılmaktadır. Bu olgu, uygulanan öğütme koşullarında, tüm Sb ve As fazlarının büyük çoğunluğunun serbestleşebildiğini, başka bir deyimle bileşik tane sayısının çok az olduğunu göstermektedir.

4. SELEKTİF (SEÇİMLİ) KÜRESEL AGLOMERASYON DENEMELERİ

4.1. Deneysel Uygulama

Agglomerasyon flotasyonu sırasındaki gözlemler ve buna dayanarak yapılan küresel agglomerasyon deneyleri (Şekil 8), anti

monitin selektif küresel aglomerasyon için ideal sayılabilecek özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Gevrek ve düşük sertliğe sahip olan antimonit kırma ve öğütme işlemleri sırasında zaten kolayca ince tane boyutlarına geçebilmektedir- Bundan başka, antimonitin yüzey özellikleri grafit, molibdenit, kükürt gibi yüksek hidrofoblaştırılabilme yeteneğine sahiptir (11,12,14,20,29).



Şekil 8. Selektif küresel aglomerasyon deney akım şeması.

Bu çalışmada aglomerasyon flotasyonundaki sonuçlardan yararlanarak, pH = 6.5, sıcaklık 60° C, karıştırma süresi 10 dakika, karıştırma hızı 1000 D/D olarak sabit tutulmuştur. Ayrıca anti-monitin canlandırılması için Pb (NO₃)₂ ilavesi yapılmıştır. En uygun bağlayıcı yağ olarak, gaz yağında emülsiyona bağımlı tutulmuş isobutiloktanol kullanılmış, bunun yanında, endüstriyel uygulamaya yönelik olarak, isobutiloktanoldan çok daha ucuz ve yurt içinden karşılanabilecek katranla da aynı olumlu sonuçların elde edilip edilmeyeceği araştırılmıştır.

Deneysel uygulamalarda aşağıdaki optimal selektif küresel aglomerasyon koşulları sağlanmıştır :

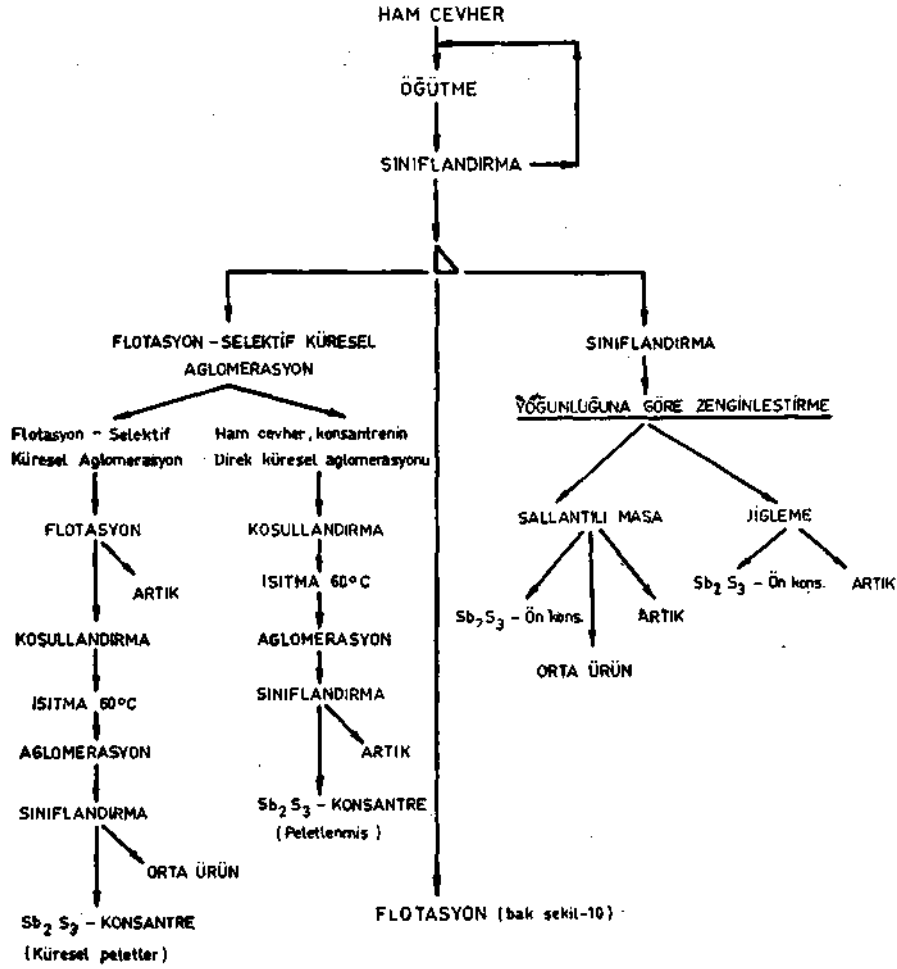
Girdi ürün	: Ham Cevher; Toplu Konsantre; SbaS ₃ konsantre
Katı/Sıvı	: % 30 katı
Koşullandırma	: tsobutiloktanol % 20+Gazyağı % 80; 1200 gr/t Katran % 40 + Gazyağı % 60, 800 gr/t
Isıtma	: 40°; 60°C
pH değeri	: 6,5; 9,0 (H ₂ SO ₄ ; Na OH)
Karıştırma	: 1000 - 2500 dev/dak.

Küresel Aglomeratları
(Peletleri) Ayırma : Ters flotasyonla; sınıflandırma (eleme) ile
Elde edilen küresel paletlerin boyutu : Elek analizi (Şekil 17)

4.2. Deneysel Uygulama Seçenekleri

Halıköy antimuan cevherinde seçmeli küresel aglomerasyon uygulaması için, şu seçenekler gözönüne alınmıştır (Şekil 8) :

- 1 — Ham cevherden doğrudan seçmeli küresel aglomerasyon (Şekil 12).
- 2 — Toplu konsantreden seçimli küresel aglomerasyon.
 - a) Küresel peletlerin eleme ile ayırımı (Şekil 14).
 - b) Küresel peletlerin arsenopiritten seçimli ters flotasyonla ayırımı (Şekil 15).

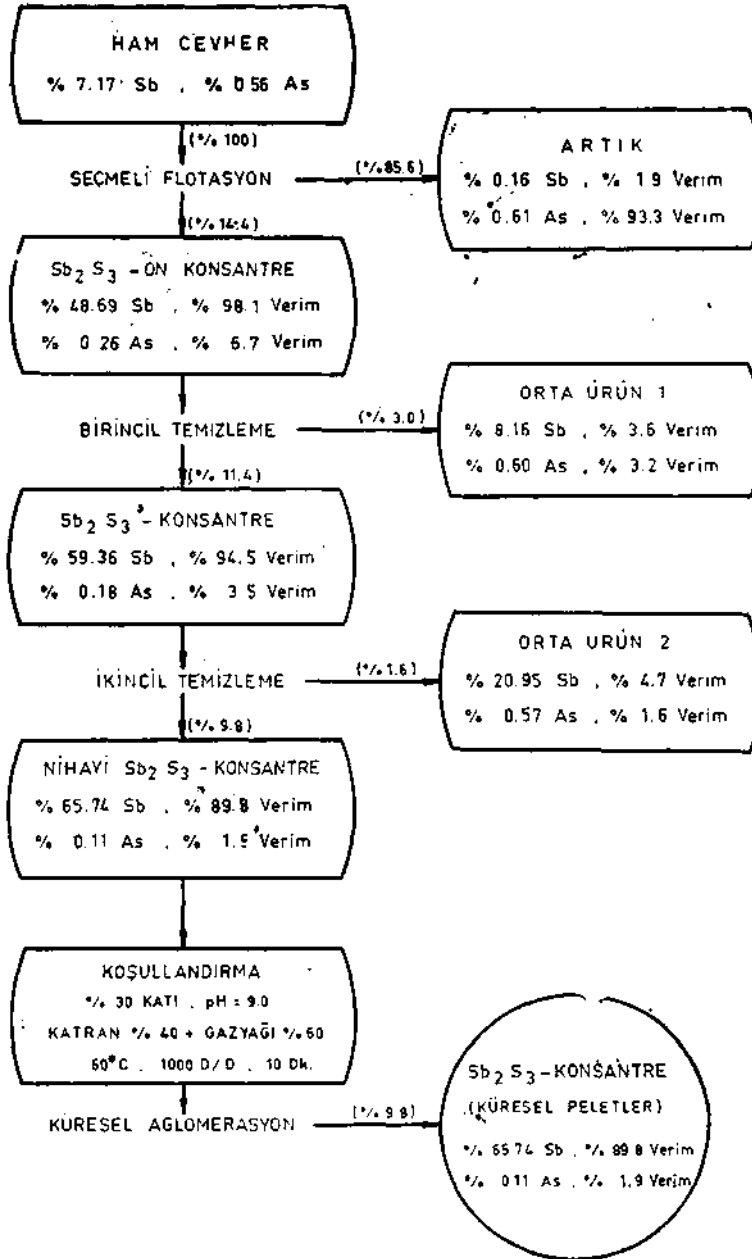


Şekil 9. Uygulanan antimonit zenginleştirme yöntemleri genel akım şeması.

- 3—Seçimli aglomerasyon flotasyon yoluyla elde edilen Sb₂S₃ ön konsantrenin, seçimli küresel aglomerasyonu (Şekil 13).
- 4— Ham cevherden iki temizleme aşamalı seçimli flotasyon işleminin sonucunda elde edilen Sb₂S₃ konsantrenin küresel aglomerasyon yöntemiyle peletlenmesi (Şekil 10)-

Seçeneklerin akım şemaları ve her aşamada elde edilen ürünlerin Sb ve As dengeleri Şekil 10, 12,13, 14 ve 15'te sunulmaktadır.

Verilerin ayrıntılı değerlendirilmesi şu olguları ortaya çıkarmaktadır :



Şekil 10. Elde edilen som Sb₂S₃ konsantrenin küresel aglomerasyon uygulaması deney akım şeması.

4.2.1. Seçimli Flotasyon-Seçimli Küresel Aglomerasyon İkilemi

İki temizleme aşamalı seçmeli flotasyon sonucunda %90 verimle elde edilen %65.7 Sb ve <#>0.11 As içerikli SbaSg- konsantresinin tümünü küresel aglomerasyon yöntemi yoluyla çoğunluğu tane iriliği $-2+1$ mm arasında değişen peletler haline getirmek olanaklıdır (Şekil 10 ve 17/c).

Ancak bu yöntemin As— eliminasyonununa herhangi bir katkısı olmamakla birlikte konsantrenin verimi diğer izabe yöntemlerine göre daha yüksek olan, yüksek fırında izabe edilmesinin en önemli ön koşullarından birisi gerçekleştirilmiş olmaktadır. Bu açıdan elde edilen konsantrenin, gerek daha yüksek fiyatla değerlendirilmesinde ve gerekse doğrudan yüksek fırında izabe edilmesinde kolaylıkla uygulanabilecek bir yöntem olarak ele alınmalıdır.

4.2.2. Ham Cevherin Doğrudan Seçimli Küresel Aglomerasyonu

Ham cevherin doğrudan seçmeli küresel aglomerasyonu sonucunda, tüm çalışmanın arsenik tenörü en düşük, buna karşın Sb tenörü en yüksek (% 68.09 Sb; Şekil 12) hem de % 95'i + 5 mm tane iriliğinde olan (Şekil 17/a) peletler halinde bulunan konsantre elde edilebilmiştir (Şekil 11). Bu da seçmeli küresel aglomerasyon yönteminin selektivitesinin çok yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak yöntemin % 63.3 olan Sb verimi oldukça düşüktür ve artığın % 3.02 Sb içermesi nedeniyle ancak ek bir zenginleştirme işlemiyle birlikte uygulanma şansına sahiptir. Bu ek işlem için söz konusu olabilecek yöntem, artığı bir kez süpürme niteliğinde ikincil bir seçmeli küresel aglomerasyondur. Zira, bu yolla pülpe herhangi bir ek ısıtma işlemi gerektirmeyecektir.

4.2.3. Seçimli Aglomerasyon Flotasyonu • Seçimli Küresel Aglomerasyon

Seçmeli aglomerasyon flotasyonu sonucunda elde edilen Sb_2S_3 — ön konsantrenin (Şekil 13), seçmeli-küresel aglomerasyona bağımlı tutulması sonucunda niteliği ham cevherden doğrudan seçmeli küresel aglomerasyondaki (Şekil 12 ve 13) konsantreye yakın bir ürün elde edilebilmektedir. Ancak burada da Sb verimi % 72 ile düşüktür. Diğerinden farklı olarak peletlenmemiş orta ürünün % 17'ye yakın yüksek Sb tenörü nedeniyle tekrar devreye ve-

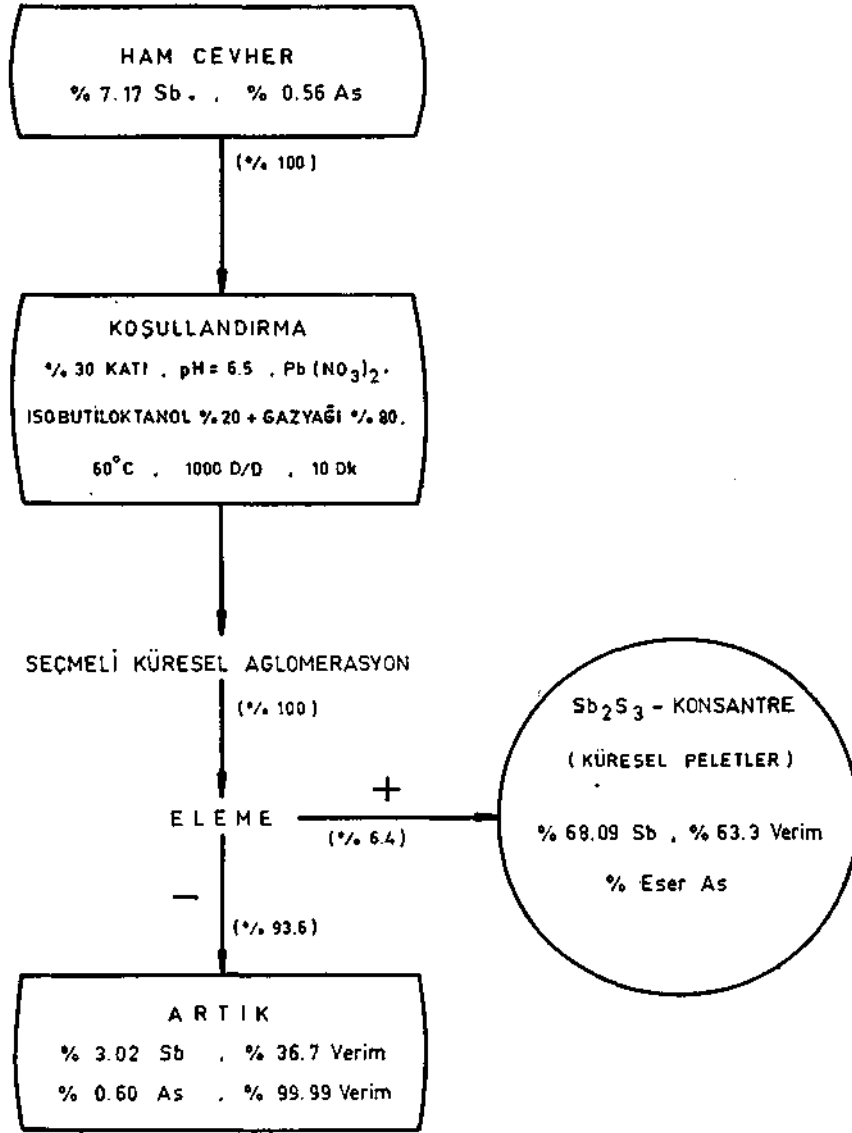


Şekil 11. Doğrudan ham cevherin selektif küresel aglomerasyonu ile kazanılan Sb₂S₃, küresel peletler konsantrenin -10+5 mm aralığının mikroskopta görünümü.

rilme olasılığı vardır. Bu yolla toplam verimi % 87'ye çıkarmak olanaklıdır.

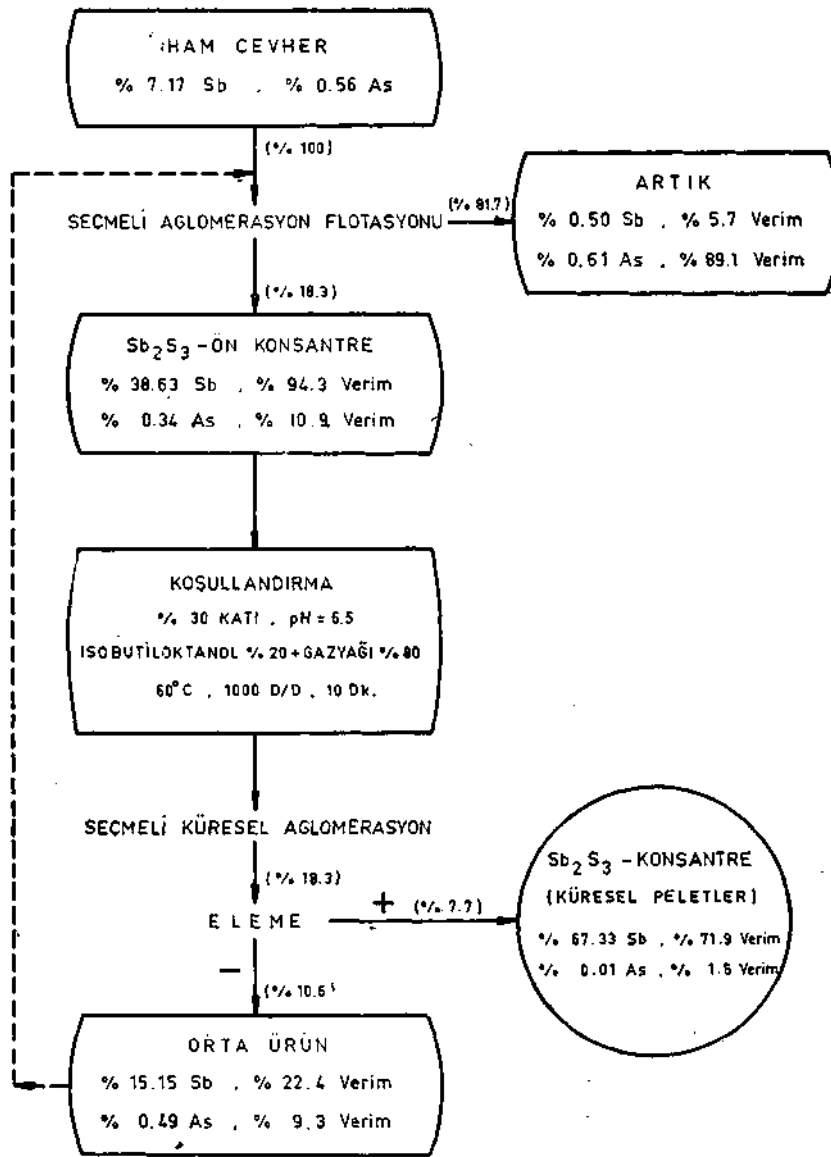
4.2.4. Toplu Flotasyon Seçimli Küresel Aglomerasyon Seçenekleri

Toplu konsantrenin seçmeli küresel aglomerasyona bağımlı tutulması sonucunda elde edilen peletler, birinci seçenekte eleme ile (Şekil 14) ikinci seçenekte (Şekil 15) küreleşmemiş antimonit dışındaki sülfürlü mineraller, ters flotasyonla birbirinden ayrılmıştır. Eleme yoluyla elde edilen peletlenmiş SbaSa konsantresinin, ters seçmeli flotasyondakine göre hem verimi düşük hem de As tenörü yüksektir. Bu da seçmeli küresel aglomerasyon yoluyla oluşan peletlerin dış yüzeylerinin ince arsenopirit tanecikleri ile kaplı olabileceğini ve bunların eleme işlemi sırasında peletlerden ayrılamadığını göstermektedir. Buna karşın ters flotasyon, antimonit peletleri üzerindeki ince arsenopirit taneciklerini kopararak

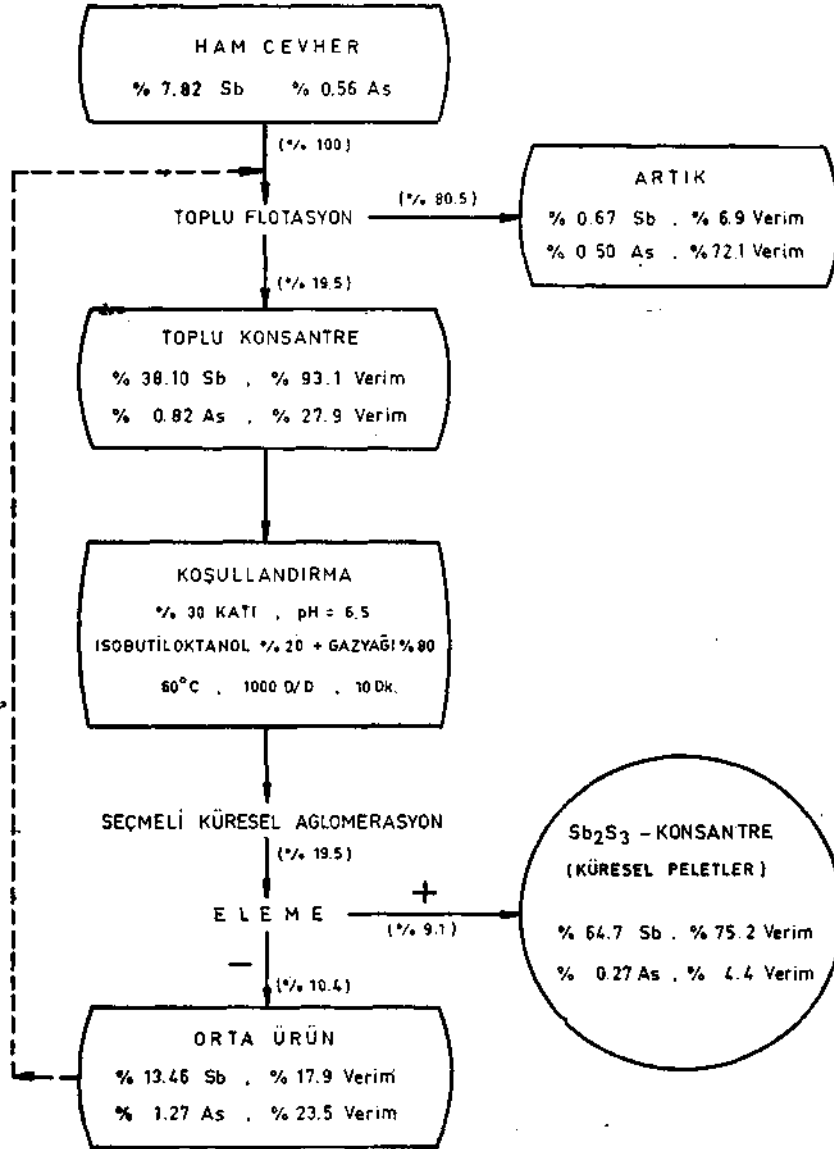


Şekil 12. Ham cevherden doğrudan seçmeli küresel aglomerasyon uygulaması deney akım şeması.

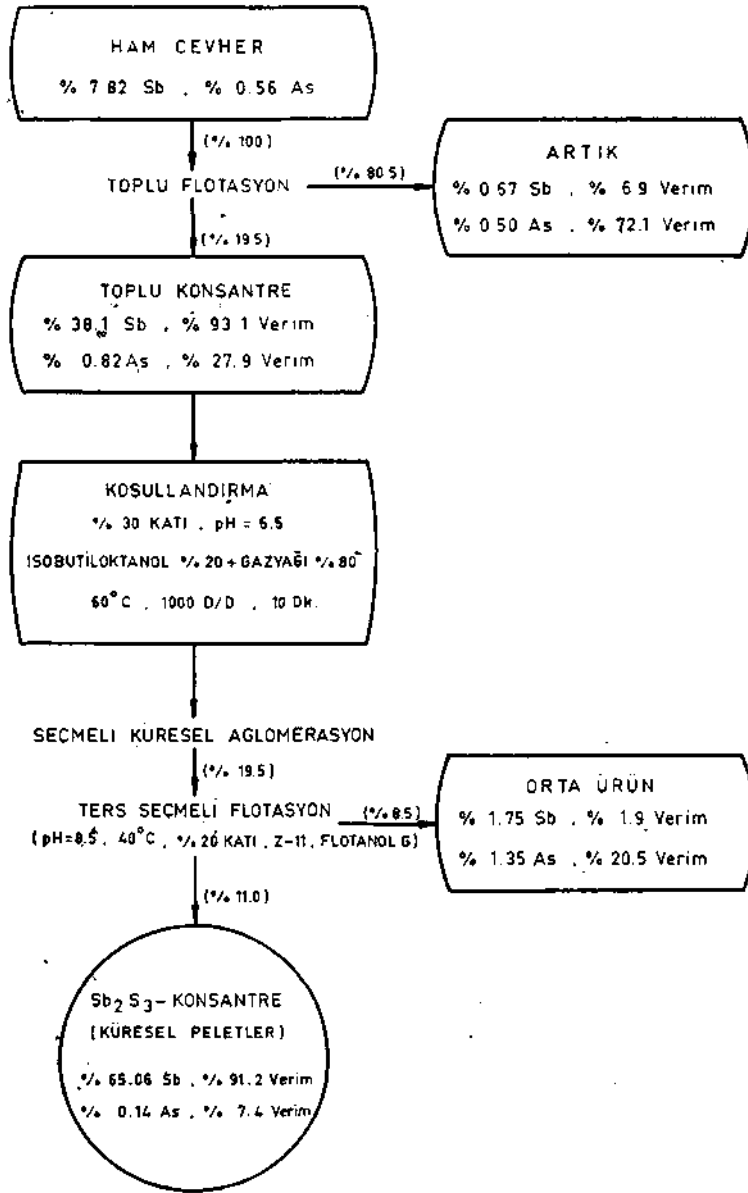
daha sağlıklı bir seçimlilik (selektivite) sağlayabilmektedir. Ancak kazanılan peletlerin tane irilikleri diğer seçeneklere karşın daha küçüktür (Şekil 17/e ve Şekil 16).



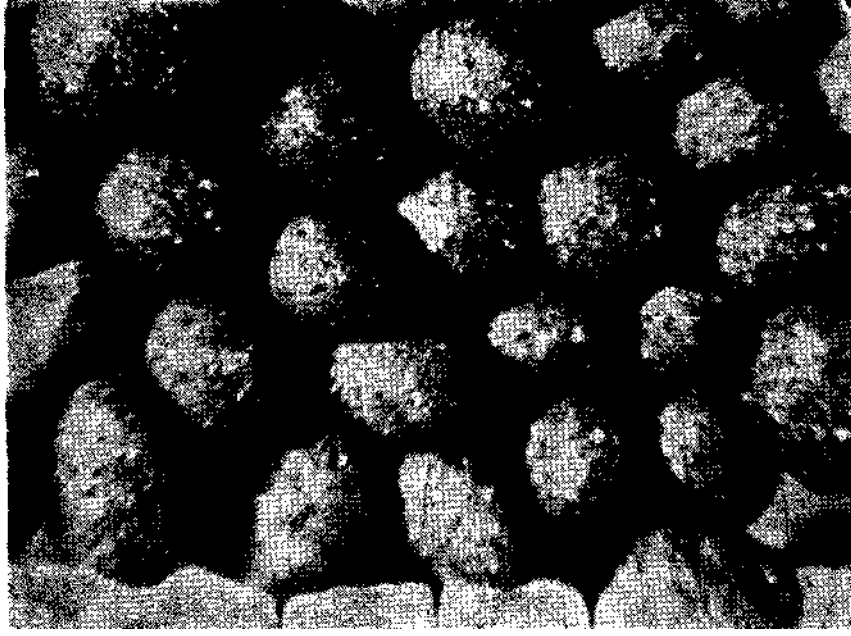
Şekil 13. Seçimli aglomerasyon flotasyon Sb_2S_3 fin konsantresinin seçimli küresel aglomerasyon uygulaması deney alam şeması.



Şekil 14. Toplu konsantreden seçimli küresel aglomerasyon uygulaması deney akım şeması (Küresel peletler ayırımı eleme ile)



Şekil 15. Toplu konsantreden seçimli küresel aglomerasyon uygulaması deney akım şeması Küresel peletlerin ayırımı seçimli ters flotasyonla)



Şekil 16. Ham cevherin (kompozit 3) toplu konsantresine ters flotasyon uygulaması ile sağlanan selektif küresel aglomerasyon deney ürünü küresel Sb_2S_3 peletlerin mikroskop altında görünümü ($-1+0.8$ mm. fraksiyonu).

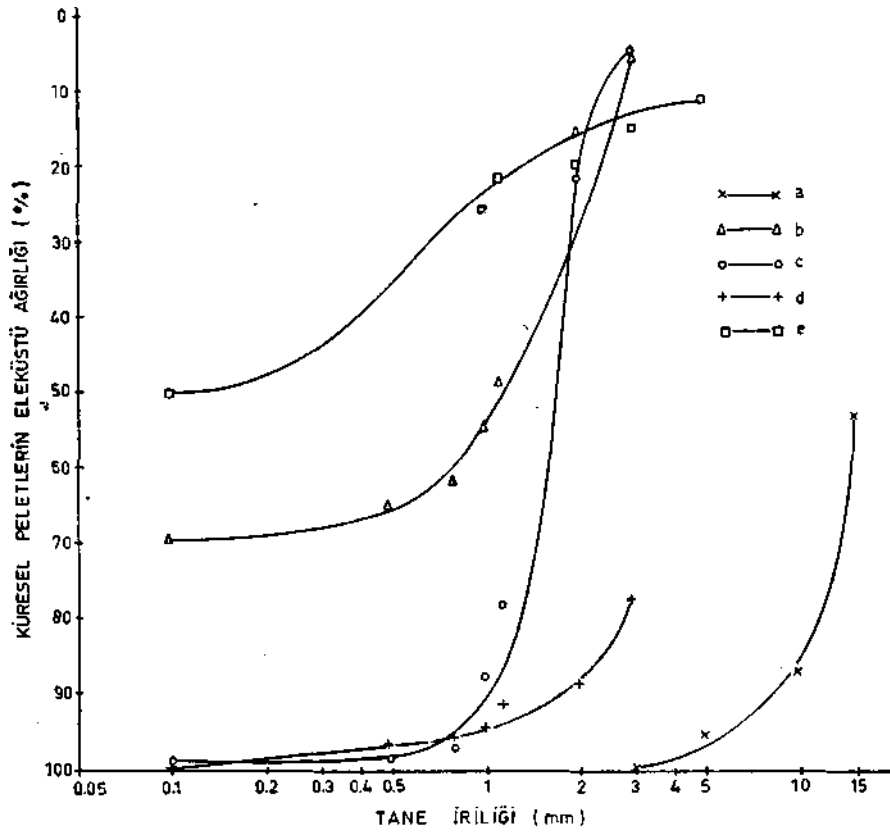
4.3. Küresel Peletlerin Analizleri

4.3.1. Küresel Peletlerin Elek Analizleri

Her 5 seçenekte elde edilen peletlerin tane irilikleri dağılımı Şekil 17'de sunulmuştur. Buna göre en iri peletler ham cevherin doğrudan seçmeli küresel aglomerasyonu yoluyla elde edilebilmiştir. Buna karşın tane iriliği aralığı en dar, başka bir deyimle er uniform peletler ise Sb_2S_3 son konsantresinin selektif küresel aglomerasyonunda ortaya çıkmıştır.

4.3.2. Küresel Peletlerin Elek - Metal Analizleri

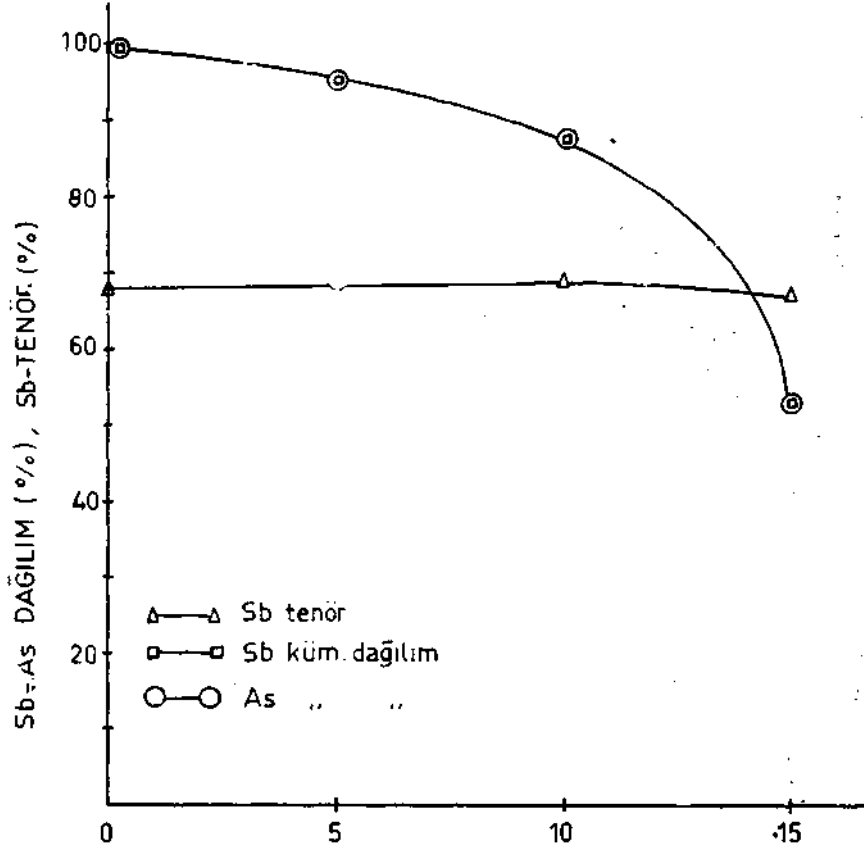
Şekil 18, 19, 20, 21 ve 22'de her 5 seçenek sonucunda elde edilmiş peletlerin elek-metal analizleri sunulmaktadır. Görüldüğü



Sekil 17. Seçimli küresel aglomerasyon deney uygulaması ile elde edilen peletlenmiş $Sb^{\wedge}Sbj$ konsantrelerin elek üstü eğrileri.

- a — Ham cevherin seçimli küresel aglomerasyonu;
- b — Sb_2S_3 ön konsantresinin seçimli küresel aglomerasyonu;
- c — Son Sb_2S_3 konsantrenin seçimli küresel aglomerasyonu;
- d — Toplu konsantrenin seçimli küresel aglomerasyonu (pelet ayırımı eleme ile);
- e — Toplu konsantrenin seçimli küresel aglomerasyonu (pelet ayırımı ters flotasyon ile).

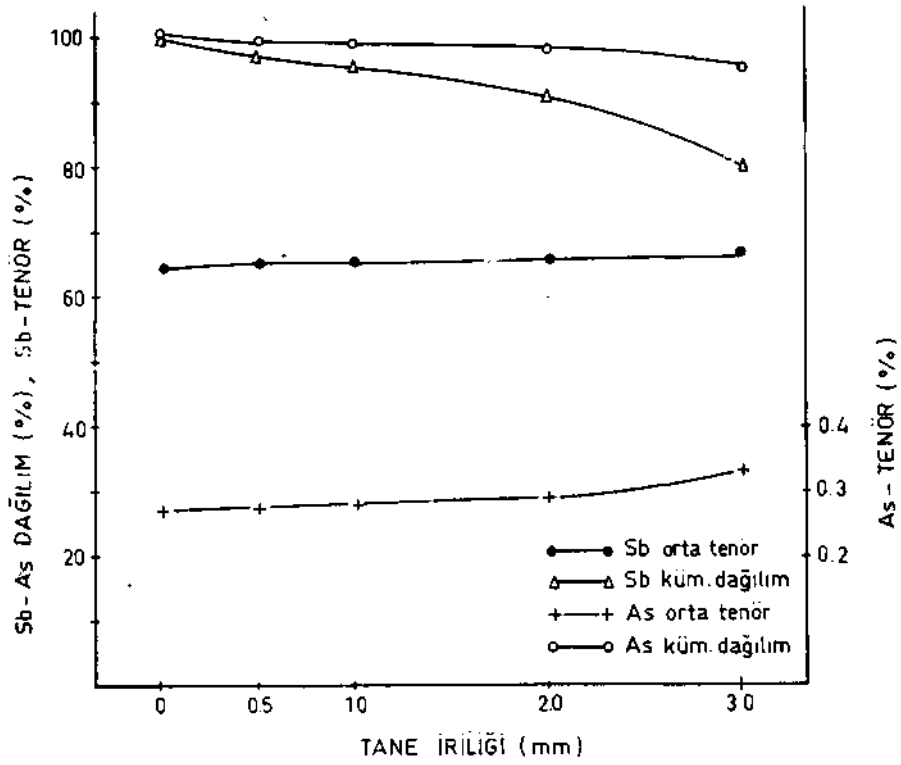
gibi her 5 seçenekte oluşan peletlerin kimyasal bileşimleri, seçenek uygulaması boyunca hemen hemen aynı kalmakta, tek değişken peletlerin tane irilikleri olmaktadır.



Şekil 18. Ham cevherden doğrudan seçimli küresel aglomerasyon uygulaması ile kazanılmış küresel peletlerin tane aralıkları Sb-As tenor ile dağılım grafikleri.

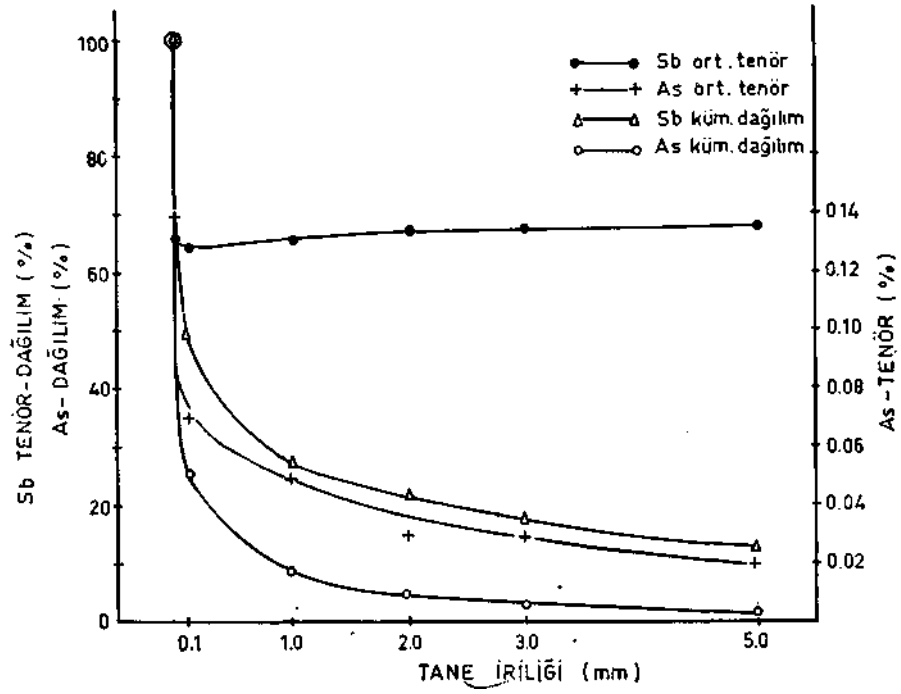
4.4. Deney Sonuçlarının İrdelenmesi

Gene ilk defa bu çalışmada selektif küresel aglomerasyon yöntemi antimonit cevherlerine uygulanmıştır. Bilindiği gibi selektif küresel aglomerasyon, öncelikle ince taneli mineral tane-ciklerinin bir sıvı ortamda genellikle iyonlaşmayan apolar yağlar yoluyla boyut büyütüp pelet haline getirilmesine dayanan ve 1961'den beri uygulanan yeni bir zenginleştirme yöntemidir. Halıköy - Emirli antimonit cevherleri için şu seçenekler gözönüne alınmıştır (Şekil 8) :



Şekil 19. Toplu konsantreden seçimli küresel aglomerasyon uygulaması ile kazanılmış küresel peletlerin (pelet ayırımı eleme ile) tane aralıkları Sb-As tenör ile dağılım grafikleri

- 1—Ham cevherden doğrudan seçimli küresel aglomerasyon (Şekil 12).
- 2—Toplu konsantreden seçimli küresel aglomerasyon:
 - a) Küresel peletlerin eleme ile ayırımı (Şekil 14),
 - b) Küresel peletlerin arsenopiritten seçimli ters flotasyonla ayırımı (Şekil 15).
- 3—Seçimli aglomerasyon flotasyon yoluyla elde edilen $St^{\wedge}Ss$ ön konsantrenin seçimli küresel aglomerasyonu (Şekil 13).
- 4—Ham cevherden iki temizleme aşamalı seçmeli flotasyon işlemi ile elde edilen Sb_2S_3 son konsantrenin küresel aglomerasyon yöntemi ile yaş peletlenmesi (Şekil 10).



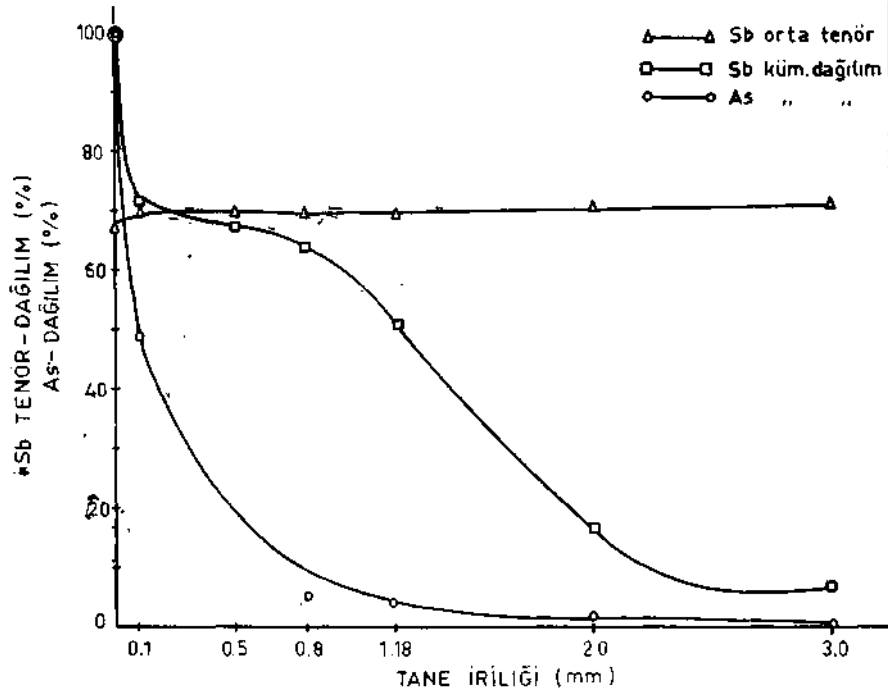
Şekil 20. Toplu konsantreden seçimli küresel aglomerasyon uygulaması ile kazanılmış küresel peletlerin (pelet ayırımı ters flotasyonla) tane aralıkları Sb-As tenor ile dağılım grafikleri.

Bu seçeneklerden, toplu konsantrenin seçimli küresel aglomerasyona bağımlı tutulup, peletler oluştuktan sonra arsenopirit + piritin ters flotasyonla yüzdürülmesine dayanan (Şekil 15) uygulamanın, endüstriyel uygulama için ciddi bir seçenek olabileceği ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu yöntemde, konsantre geleneksel flotasyon yönteminden farklı olarak peletlenmiş, başka bir deyimle ardı sıra gelen izabe işlemleri için avantajlı bir nitelik taşımaktadır.

Anılan seçeneklerin deneysel uygulamaları sonucunda kazanılan ürünlerin (küresel peletler, orta ürün, artık) % ağırlık verimleri, Sb ve As tenor içerikleri (%), ile verim yüzdeleri Çizelge l'de topluca sunulmuştur.

Çizelge 1 — Seçimli Küresel Aglomerasyon Seçeneklerinin Deneysel Uygulamasında Kazanılan Ürünlerin Sb, As Toplu Bilançosu

Seçenek	Ürünler	Ağırlık o/ /o	Sb		As	
			Tenor o/ /o	Verim o/ /o	Tenor o/ /o	Verim o/ /o
Bk- Şekil No-12	Sb ₂ S ₃ -KONSAN. (Küresel Peletler)	64	68.09	63	Eser	—
	ARTIK	93.6	3.02	36.7	0.60	100.0
	KOMPOZİT-3	100.0	718	100.0	0.56	100.0
Bk- Şekil No-14	Sb ₂ S ₃ -KONSAN. (Küresel Peletler)	91	64.70	75.2	027	4.4
	ORTA ÜRÜN	10.4	13.46	17.9	1.27	23.5
	ARTIK	80.5	067	6.9	0.50	72.1
	KOMPOZİT-3	100.0	7.82	100.0	0.56	100.0
Bk- Şekil No-15	Sb ₂ S ₃ - KONSAN. (Küresel Peletler)	11.0	65.06	912	014	7.4
	ORTA ÜRÜN	8.5	1.75	1.9	1.35	20.5
	ARTIK	80.5	067	6.9	0.50	72.1
	KOMPOZİT - 3	100.0	7.821	100.0	056	100.0
Bk- Şekil No-13	Sb ₂ S ₃ -KONSAN. (Küresel Peletler)	7.7	67.33	719	0.01	16
	ORTA ÜRÜN	10.6	15.15	22.4	0.49	9.3
	ARTIK	81.7	050	5.7	0.61	89.1
	KOMPOZİT-3	100.0	7.17	100.0	056	100.0
Bk. Şekil No-10	Sb ₂ S ₃ -KONSAN. (Küresel Peletler)	9.8	65.74	898	0.11	1.9
	ORTA ÜRÜN- 2	1.6	2095	4.7	0.57	1.6
	ORTA ÜRÜN- 1	3.0	8.16	3.6	0.60	3.2
	ARTIK	85.6	0.16	1.9	0.61	93.3
	KOMPOZİT-3	100.0	7.17	100.0	0.56	100.0



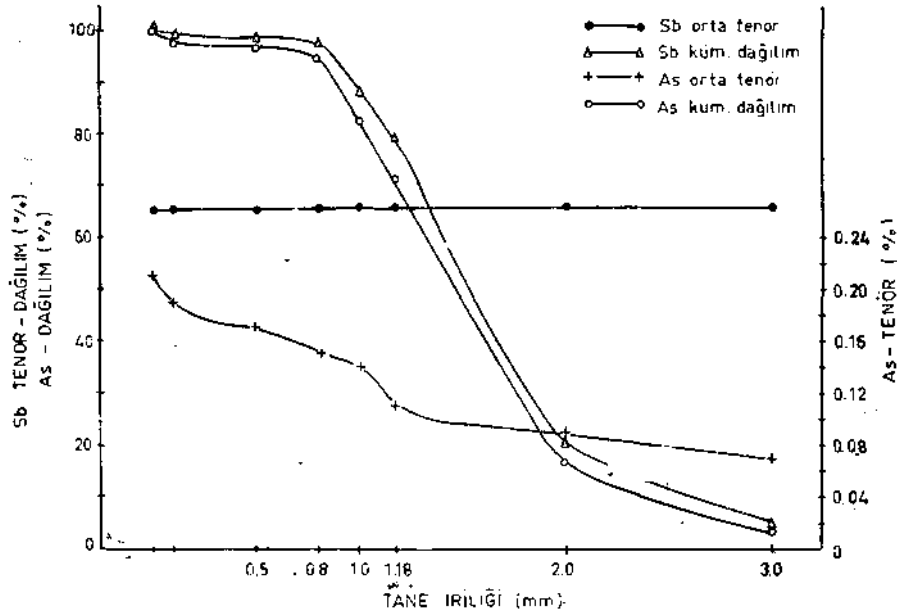
Şekil 21. Seçimli aglomerasyon flotasyon Sb^{Sj} ön konsantresinden seçimli küresel aglomerasyonla kazanılmış küresel peletlerin tane aralıkları Sb-As tenor dağılım grafikleri.

Şekil 23'te daha önceki (1, 2) ve bu çalışmada gözönüne alınan tüm seçeneklerdeki Sb₂S₃ konsantrelerinin Sb tenor ve verimleri ile As tenörleri karşılaştırılmıştır. Buna göre denenen seçeneklerden;

- Sb verimi % 90'nın üzerinde,
- Sb tenörü % 50'nin üzerinde ve
- As tenörü % 0-2'nin altında olan

SI2S3 konsantre üretimine elverişli seçenekleri;

- Ham cevherden doğrudan seçmeli aglomerasyon flotasyonunun (Şekil 23), çift temizlemeli (43/3), tek temizlemeli (43/2),*



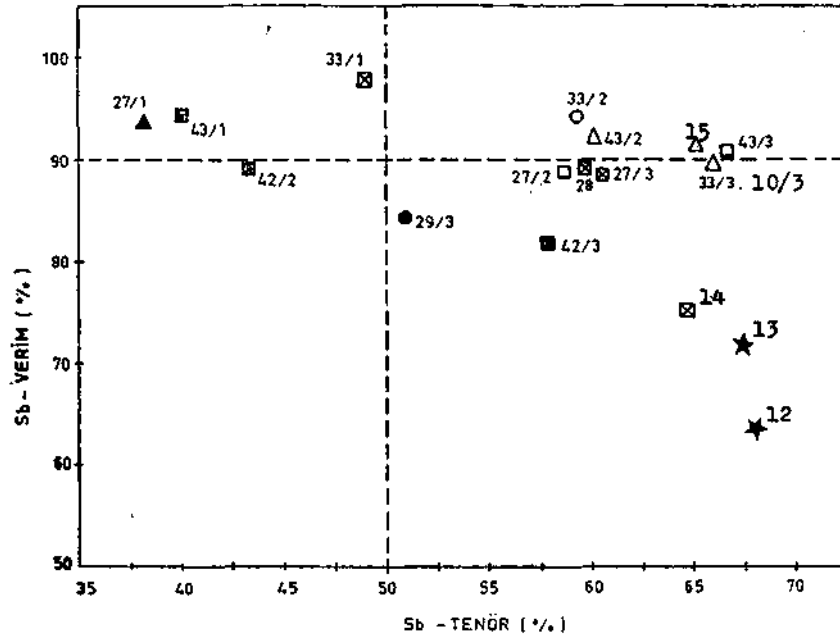
Şekil 22. Seçimli flotasyon Sb^S_5 son konsantresinden küresel aglomerasyonla kazanılmış küresel peletlerin tane aralıkları Sb-As tenor ile dağılım grafikleri.

- Ham cevherden doğrudan seçmeli flotasyonun (Şekil 23) çift temizlemeli (33/3), tek temizlemeli (33/2),
- Toplu konsantreden seçimli küresel aglomerasyonun (Şekil 15) küresel peletli arsenopiritten seçimli ters flotasyon. la ayırımını içeren (15),
- Sb_2S_3 son konsantrenin küresel aglomerasyon yöntemi (Şekil 10) ile yaş peletlenmesi (10/3)

uygulamaları olarak belirlemek olanaklı olmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Belirtildiği gibi hem zenginleştirme ve hem de kütleleştirme (aglomerasyon) işlemlerinin bir arada uygulandığı selektif küresel aglomerasyon 1831 yılından beri cevher hazırlamada geniş bir uygulama alanı-bulmuştur, özellikle ince taneli cevherlerin değerlendirilmesinde etkinlik sağlamıştır.



Şekil 23. Flotasyon ve selektif küresel aglomerasyon yöntemleri ile kazanılan ve belirli As % spektrum içerikli Sb_2S_3 konsantrasyonlarının Tenör-Verim ilişkisi.

e	•A	1 - 1.5 As	○	V.	0.2 - 0.15 As
•	V.	1 - 0.5 As	△	%	0.15 - 0.10 As
⊠	V.	0.5 - 0.3 As	▲	′/.	0.10 - 0.05 As
H	V.	0.3 - 0.2 As	★	•/.	< 0.05 As

NOT : Belirteçler ilişigindeki numaralar ŞEKİL'lerde uygulanan yöntemin ön (1). ara (2) ve son (3) Sb_2S_3 - konsantrasyonlarını belirtmektedir.

tik kez bu çalışmada seçimli küresel aglomerasyon yöntemi antimonit cevherinin zenginleştirilmesine uygulanmıştır.

Araştırmaya esas olan ödemiş - Halıköy - Emirli arsenikli antimonit cevherinin, yapılan mineralojik, kimyasal ve kırma-öğütme ile elek-metal analizleri, anılan yöntemin uygulanmasına uygun bir cevher yapısı olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Tüm veriler selektif küresel aglomerasyon yönteminin antimonit zenginleştirilmesinde başarı ile uygulanabileceğini ortaya koymaktadır, üstelik küresel aglomerasyon yöntemi antimonitli cevherlerin zenginleştirilmesinde söz konusu olabilecek yöntemler arasında selektivitesi en yüksek yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında bu yöntemle hem Sb tenörü çok yüksek, As tenörü çok düşük, hem de peletlenmiş halde (Şekil 11 ve 16) konsantreler elde etmek olanaklı olmaktadır. Böylece konsantrenin pirometalurjik işlenmesine olumlu bir katkıda bulunmuş olmaktadır.

Selektif küresel aglomerasyonun genel olumsuzluğu olarak uygulama sıcaklığının 60°C olması ve bunun maliyeti olumsuz yönde etkilemesi gösterilebilir. Ancak bu olumsuzluğun yöntemin diğer avantajları ile olan ilişkisini ve bunun genel sonucunu, geniş kapsamlı fizibilite çalışması ortaya koyabilecektir.

Böylece anılan deney koşullarında ince tane yapısındaki antimonit mineral tanecikleri iyonlaşmayan apolar yağlarla selektif olarak peletler haline getirilerek antimonitin hem arsenikten hem de gangtan arındırılması sağlanmıştır.

ödemiş - Halıköy - Emirli ham cevherinin seçimli küresel aglomerasyon yoluyla zenginleştirilmesi ve arsenikten arındırılmasında;

- Ham cevherin doğrudan seçimli küresel aglomerasyon'
- Toplu flotasyon - seçimli küresel aglomerasyon ikilemi,
- Seçimli aglomerasyon flotasyonu - seçimli küresel aglomerasyon ikilemi,
- Seçimli flotasyon - seçimli küresel aglomerasyon ikilemi,

gibi başlıca seçenekler denenmiştir. Tüm deney sonuçlarının ayrıntılı olarak irdelenmesinde denenilen sözkonusu seçeneklerden;

- Sb verimi % 90'ın üzerinde,
- Sb tenörü % 50'nin üzerinde ve
- As tenörü de % 0,2'nin altında olan

Sb₂S₃ konsantre (küresel peletler) üretimine uygun seçenekler;

- Toplu konsantreden seçimli küresel aglomerasyonla oluşturulan küresel peletleri arsenopiritten seçimli ters flotasyonla ayırımını içeren ve

– Seçimli flotasyon-seçimli küresel aglomerasyon ikilemi uygulamaları olarak saptanmıştır.

Daha çok yeni bir uygulama olarak bilinen bu yöntemin, bu çalışmadaki bulguların ışığı altında;

– Ülkemizdeki tüm sorunlu antimonit cevherlerinin ve

– Diğer düşük tenörlü, ince tane yapılı cevherlerin ve kömürlerin değerlendirilmesinde yeni bir seçenek olarak göz önünde bulundurulması yerinde olur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın oluşmasında ilgi gösteren ve yapıcı eleştiri ile katkılarda bulunan tüm İ.T.Ü., E.Ü., Dokuz Eylül üniversitesi, ETİBANK ve MTA Enstitüsü ilgililerine içtenlikle teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. AKAR, A., Ödemiş-Halköy-Emirli arsenikli antimonit cevherinin zenginleştirilmesi ve arsenikten arındırılması. Ege Üniversitesi Makina Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Doktora tezi, 1980, Bornova - İzmir.
2. AKAR, A., Ödemiş-Halköy-Emirli arsenikli antimonit cevherinin zenginleştirilmesi ve arsenikten arındırılması. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 7. Kongresi, 16-20 Şubat 1981 » Ankara, Sayfa 239-274.
3. BEHRENBEOK, H. J., PLATE, W., SIMONIS, W., Die selektive agglomeration von Kohle-Mineral stoffkellektiven in feinsten Stein kohlen-schlammen- Aufbereitungstechnik Nr. 9/1974, S- 495-500.
4. BOGENSÖHNELDER, B., BEHRENBECK, J., KUBITZA, K.H., The preparation of ultra-fine coal slurries by selective agglomeration. Glückauf, Vol. 112, No- 23, 1976, P. 1314-1319.
5. CLEMENT, M., BETRAM, R., Untersuchungen zur selektiven Flockung von Mineral gemischen. ERZMETALL 33 (1980)- Nr. 2, S. 94-99.
6. DEMİREL, H., Tozkömürün Küresel Aglomerasyonla Kazanılması, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 5. Kongresi, Ankara, 1977.
7. DEMİREL, H., ÖZDAĞ, H., Küresel Aglomerasyon Yönetimindeki Gelişmeler, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 5. Kongresi, Ankara, 1977.

8. DÔBIAS, B., Fiotierbarkeit und elektrokinetische Eigenschaften von Flussspat und Schwerspat, ERZMETALL, Band 21, Heft 6, 1968, S. 275-281.
9. DPT-ÖİK., Metal Madenler Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Antimuan) T.C Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Yayın No. DPT: 1637 OİK: 286, S- 222-245, Ankara, 1978.
10. EGGERT, P., GOCHT, W., Begrenzende Faktoren auf den Marktan der Buntmetalle Antimon, Wismut, Cadmium und Quecksilber Metall 32, 7, 724-728, 1978.
11. ERDOĞAN, M., Küresel Aglomerasyon, Diploma Projesi, E.Ü. Makina Fak. Maden Müh. Böl., Bornova - İZMİR 1978.
12. ERTEN, M.H., ÖZBAYOĞLU, G., Kolemanit ve Fluorit Gibi Metalik Olmayan Minerallerin Aglomerasyonu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 3. Kongresi S- 589-605 Ankara, 1973.
13. FARNAND, J. R., SMITH, H.M., PUDDINGTON, I. E., Spherical agglomeration of solids in liquid suspension. Can. J. Hhem- Eng. 1961-
14. FARNAND, J.R., MEADUS, F.W., TYMCHUK, P., PUDDINGTON, I.E., The application of spherical agglomeration to the fractionation of a tincontaining ore Can. Met. Quart- 1964, 3 123-135.
15. 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.
16. FUERSTENAU, D.W., Frotn flotation 50 tn anniversary Volume Rocky Mountain Fund Series, AIME-New York, 1962.
17. BATTAS, A. D., LIERDE, A. V., CUYPER I. de., Influence d'un tensionactif non ionique sur la flottation de la cassiteritè, XIII. In ternational mineral processing congrers, Warszawa, 1979, S. 5-32.
18. HUKKI, R. T., Hot flotation improves selectivity and raises mineral recoveries, World Mining, P. 74-76, March 1973.
19. KAVOURIDIS, C.B., The spherical agglomeration of aqueous mineral suspensions by a immiscible Liquid, ph. D. These, Imperial College-London, Feb. 1978.
20. MEADUS, F.W., MUKYTIUK, A., PUDDINGTON, I.E., MACLEOD, W.D., The upgrading of tin ore by continuous agglomeration. C.I.M. Bull, 1966. 59, 968-970.
21. NECZAJ-HRUZEWICZ, J., SPRAYCHA, R., JANUSZ, W., SZCZYPA, J-, MONIES, A., Treatment of flotation tailings by the spherical agglomeration of flocculated slimes, XIII. International mineral processing Congress. Warszawa, 1979.
22. PUDDINGTON, I.E., SPARKS, B.D., Spherical agglomeration processes. Min. Sei. Eng., Vol. 7, No. 3,175. P. 282-288.

23. ROORDA, H.J., BÜRGHARDT, D., KÖRTMANN, H.A., JIPPING, M. 3., KATER, T., Organic binders for iron ore agglomeration, 11. th International mineral processing congress in Cagliari 1975-
24. SHERGOLD, H. L., MELLGREN, O., Concentration of minerals at the oil-water interface; hematite-isooctane-water system in the presence of Sodiumdodecylsulphate Ins- Ming. Metal 1969, C 121-132.
25. "SIRIANNI, A. F., COLEMAN, R.D., GOODHUE, E. C, PUDDINGTON, I. E., Separation studies of iron ore bodies containing apatite by spherical agglomeration methods C-I-M. Bull 1968, 61, 731-735.
26. SIRIANNI, A. F., CAPES, CE., PUDDINGTON, I.E., Recent experience with the spherical agglomeration process, Can. J. Chem. Eng. 1969, 47, 166-170.
27. SMITH, H.M., PUDDINGTON, I.E., Spherical agglomeration of barium sulphate, Can. J. Chem Eng. 1960., 38,1911-1916.
28. SOLOZHENKIN, P.M., MEDZHIDON, AA, KIRICHENKO, I.N., ZINC-HENKO, Z.A., KOPITSYA, N.I.,. Flotability of sulfide minerals by a collector containing and unpaired electron, Proa Acad. Sei- SSR 12 (6): 22-25; Chem- Abstr., 72: 23689 g, 1969.
29. SUTHERLAND, J.P., The agglomeration of aqueous suspensions of graphite, Can. J. Chem. Eng. 1962. 40,268-272.
30. TAGGART, DEL GIUDICE, ZIEHL, The case for the Chemical theory of flotation AIME, Vol- 112, P. 369-371.
31. UZKUT, t., Büyük Menderes-Gediz Arasındaki Arsenopirit Yatakları, ve Altın ile Kobalt Açısından Önemi, Ege Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Doçentlik Tezi, 1978-
32. URAĞ, Y., AKAR, A-, ÖZPEYNİRCİ, t, AYAN, N-, SEZER, H-, CAN-KURTARAN, H., KILIÇARSLAN, A., KARTAL, H., Gediz-Emet-Turhal-Samsun-Tesislerine Yapılan Teknik Gezi Raporu, ödemiş, Kasım. 1976 (Yayınlanmamış rapor).