

AGLOMERASYON FLOTASYONU VE ANTIMONİT CEVHERLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE ETKİNLİĞİ

AHAKAR(*)

ÖZET

Bu çalışmada, Ödemiş-Emirli arsenikli antimonit (Sb_2S_3) cevherinin zenginleştirilmesi ve arsenikten arındırılmasında etkin diğer bir seçimli (selektif) yöntem olan "aglomerasyon flotasyonu" tanıtılarak, tarihsel gelişimindeki konumu belirlenmiştir.

Yöntemin başarısına etkinliği olan toplayıcı türü, tane iriliği, pH derecesi, sıcaklık, flotasyon aşama ve türü seçeneklerinin optimal değerleri deneysel uygulamalarla saptanmıştır.

ABSTRACT

In this study, the agglomeration flotation which is another effective type of the selective flotation methods for concentration of Ödemiş-Emirli arsenic bearing ore (Sb_2S_3) and elimination of arsenic from this ore has been introduced and importance of this method in the historical development has been emphasized.

The optimal values of the type of collector, grain size, pH- degree, temperature, types and steps of the flotation which is effected the accomplishment of the method is obtained from experimental applications.

(*) Öğr.Gör. Dr. Maden Yük. Müh., Dokuz Eylül üniversitesi Muh.-Mim. Fak. Maden Muh. Böl. İZMİR

1. GİRİŞ

Başka bir flotasyon yöntemi de aglomerasyon flotasyon yöntemidir. Bu yöntemin diğer geleneksel flotasyon uygulamalarından en önemli ayrıcalığı, mineral tanecikleri yerine, mineral taneciklerinin bir araya gelerek oluşturdukları "mikroaglomerat" (topakların yüzdürülmesidir(44,57). Bu nedenle yüzdürme işleminde önce mikro aglomeratları oluşturacak koşulların gerçekleştirilmesi gerekir. Aglomerasyon olayı iyonlaşmayan apolar toplayıcılar yoluyla gerçekleştirilmektedir. Mineral taneciklerinin toplayıcı yağ tabakası ile kaplanması o taneciklere yalnızca hidrofob özellik kazandırmamakta, aynı zamanda uygun koşullarda tanecikleri birbirine bağlayan "köprü sıvı" görevini de yüklenmektedirler. Bu ise taneciklerin bir araya getirilmesi, başka bir deyimle, yüksek devirde koşullandırılması yoluyla sağlanmaktadır. Zaten hidrofob özellik kazanmış topaklar uygun köpürtücülerle yüzdürülerek gerçek ayırım meydana gelmektedir(S).

Aglomerasyon flotasyonu, genellikle grafit, kükürt, mobildenit, kömür gibi hidrofoblaşma yeteneği yüksek mineraller ile çok ince öğütülmüş ilmenit, maganez, demir kasiterit cevherlerinde başarıyla uygulanmıştır. Genel olarak geleneksel flotasyon için geçerli tane boyutlarından daha ince tanelerde ve daha yüksek pülp yoğunluklarında başarı oranı artmaktadır(24,27,45).

Antimonitin oldukça yüksek bir hidrofoblaşma yeteneğine sahip olması ve öğütme işleminde gevrekliği ve düşük sertliği nedeniyle kolayca ince tane boyutlarına kayması olgularından hareket ederek, aglomerasyon flotasyonunun antimonit içinde uygulanabileceği düşünülmüş ve ilk kez bu çalışmada denenmiştir. Gerçi 1916, 1917 ve 1924 yıllarında sırasıyla Pillgrimm(37), Danniels(58) ve Parsons(37) toplayıcı olarak katranın kullanıldığı "katran flotasyonu" uygulamasını denemişlerdir. Ancak burada katran geleneksel flotasyon uygulaması kapsamı için toplayıcı olarak denenmiş ve "aglomerasyon flotasyonu" kapsamı içinde ele alınmamıştır.

2. HAM CEVHER VE ÖN ARAŞTIRMALAR

2.1. Mineralojik ve Kimyasal Analizler

Aglomerasyon flotasyon denemelerinde kullanılan ham cevher, tüm cevher tiplerini eşit oranda içeren kompozit-3 numunesi olmuştur. Bu cevher üzerinde kimyasal, mineralojik, elek ve metal analizleri uygulanmıştır(I).

Cevher üzerinde yapılan mikroskopik gözlemlerden, cevherde ana mineral olarak antimonit, pirit, arsenopirit, kuvars, muskovit, yanıl mineral olarak da kaolinit, klorit, kloritoid, biyotit, rutil, antimonokür, markazite rastlanmıştır.

Deneylere temel oluşturan ham cevherin kimyasal analizi aşağıdaki değerlerdedir(I):

| | |
|---|----------|
| Sb | % 7,82 |
| As | % 0,56 |
| SiO ₂ | 96 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 |

Mikroskopik gözlemlerle de kanıtlanan ve yukarıda belirtilen kimyasal bileşime dayalı kuramsal mineralojik bileşim şu şekildedir(I):

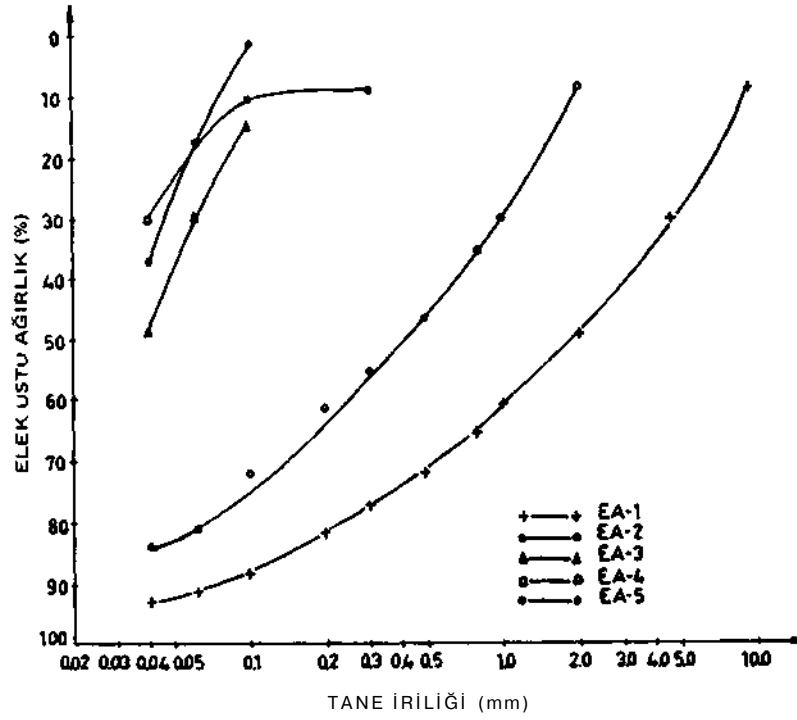
| | |
|--|----------|
| Antimonit | % 10,90 |
| Arsenopirit | % 1,23 |
| Pirit | % 5,60 |
| Ara Toplam | % 17,73 |
| Kuvars | % 47,10 |
| Muskovit | % 27,70 |
| Kaolinit | % 3,87 |
| Diğer mineraller (biyotit, klorit, kloritoid, rutil, vs.) | % 3,60 |
| T O P L A M | % 100,00 |

Araştırmanın en belirleyici öğelerinden birisi, kimyasal analizler olmuştur. Hem uygulanan yöntemlerin ayrıntılı belirlenmesi ve hem de denetimi için mümkün olduğu kadar fazla sayıda numuneye kimyasal ve X-ray analizi uygulanmıştır.

Bunun için X-ray spektrometrik yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemle göre yaklaşık -60 mikrona kadar öğütülen numuneden, özel presleme aygıtında 400-700 kg/cm² basınç altında çapı 6 cm olan "tablet" ler elde edilmiştir. Tabletlerin biri standart olmak üzere 6'şarlık partiler halinde D.E.Ü. Müh.-Mim.Fak. Maden Mühendisliği Bölümünde bulunan JEOL-SDX-100 S₆ X-ray floresans spektrometre cihazında cps değerinden ölçümleri yapılmış, standart değerlerin oluşturduğu "dönüşüm eğrisi" yoluyla analitik karşılığı hesaplanmıştır.

2.2. Elek Analizleri

Şekil 1'de görüldüğü gibi numune hazırlama işleminde ham cevherin her kırma ve öğütme işleminden sonra elek analizi yapılmış ve bu genel anlamda koruyucu ve sık denetimli öğütme işleminin ana öğelerinden birisi olmuştur. Şekilden de görüleceği gibi ufalama işlemlerinin her aşamasından sonra tane irilik spektrumları giderek daralmış ve en son öğütme süresinin 60 dakika ve besleme malının -2 mm olduğu aşamada en dar biçimini almıştır.



Şekil 1— Ham cevherin kırma ve öğütme aşamaları ürünlerinin elek üstü eğrileri

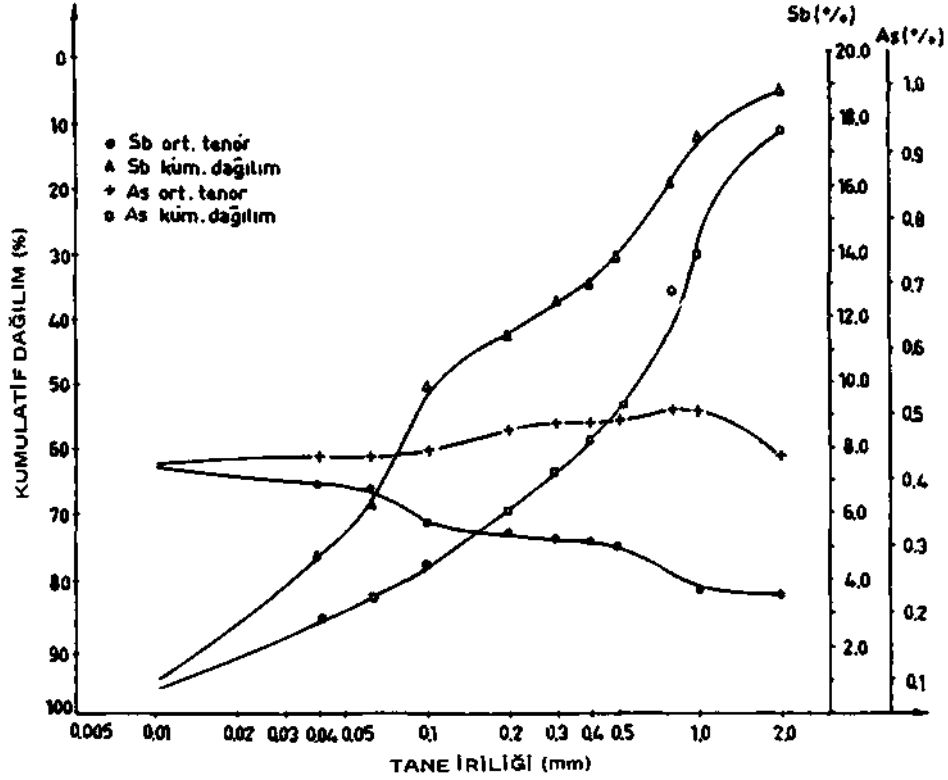
2.3. Elek Metal Analizleri

Şekil 2'de de görüleceği gibi her tane aralığındaki Sb-As içeriği ve bunun kümül at if dağılımı yapılan elek metal analizleriyle gösterilmiştir. Böylece içinde Sb-As elementlerini içeren fazların öğütme işlemindeki davranışları ortaya çıkmıştır. Buna göre, As içeren fazın kırma ve öğütme işleminde daha dayanıklı ve daha zor ufalanabilir özellik gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Ham cevherdeki Sb'nin toplam kütledeki yaklaşık %43'ü + 0,2 mm tane fraksiyonu içinde kalırken bu değer As için % 70 olmuştur(1).

Hem tane aralıklarının mikroskopik incelemesinde hem de Şekil 2'deki eğrilerden de görüleceği gibi Sb fazı gevrekliği nedeniyle ince tane de artmakta böylelikle endüstriyel değerlendirmede şlam olarak zorluk çıkarabilecek bir durum göstermektedir. Bu nedenle antimoniti ince tanede kazanabilecek bir flotasyon yönteminin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

3. AGLOMERASYON FLOTASYONU

Bilindiği gibi antimuan cevherlerinin zenginleştirilmesinde cevheri oluşturan mineral türüne bağlı olarak en etkin yöntem flotasyondur. Araştırma konusu ham cevher içerisinde bulunan gevrek yapıları Stibnit (Sb_2S_3), Arsenopirit ($FeAsS$), pirit (FeS_2) ve diğer gang minerallerine karşın ince tane boyutlarında ufalanmaktadır. Verimli bir antimonit konsantresi kazanımı söz konusu ince taneli antimonit minerallerinin selektif olarak topraklandırılarak flote edilmesi ile olanaklıdır(40,42).



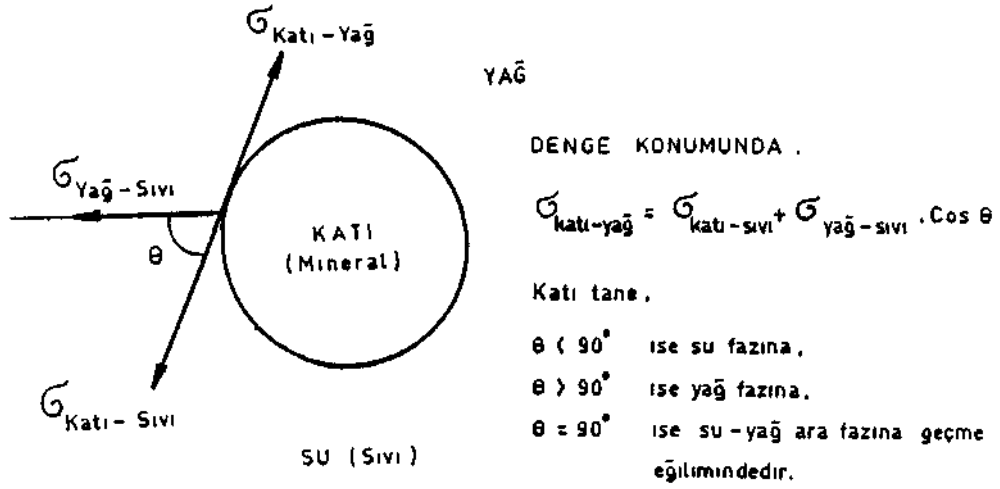
Şekil 2— Kompozit-3 ham cevherinin tane iriliklerine bağlı Sb-As tenor ve dağılım eğrileri

3.1. Yöntemin Tanımı

Flotasyon ortamında ince stibnit taneciklerinin toplayıcı yağ tabakasıyla kaplanması taneciklere hem hidrofob özellik kazandırmakta hem de uygun koşullarda tanecikleri birbirine bağlayan köprü sıvı görevini üstlenmektedir. Toplayıcı yağ yoluyla taneciklerin topaklaşmaları için diğer önemli ön koşul ise Şekil 3 de sunulduğu gibi 6 açısının 90° dereceden büyük olmasıdır. Flotasyon olayında önemli olan ve katı-sıvı-gaz arasındaki yüzey gerilimleri dengesini belirleyen YOUNG eşitliği burada da geçerlidir(24). Ancak flotasyon olayındaki gaz fazı yerine Aglomerasyon flotasyonunda yağ fazı etkin olmaktadır(25,33).

3.2. Antimuan Cevherlerini Zenginleştirmede Tarihsel Gelişim

Bilindiği gibi flotasyon gerek ayırma gücünün yüksekliği (sellektivite) ve gerekse yer yer % 90'ı aşan verimliliği nedeniyle günümüz madenciliğinde en çok kullanılan zenginleştirme yöntemlerinden birisidir. Yalnızca dünya bakır madenciliğinde yılda 1,5 milyar tonu aşkın bakır cevherinin flotasyona tabi tutulduğu bilinmektedir. Flotasyon özellikle başta, antimuan olmak üzere sülfürlü cevherlerin zenginleştirilmesinde en geçerli yöntemlerden biridir. Dünya antimuan üretiminin yaklaşık %90'nına yakın bölümü de flotasyon işleminden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3— Aglomerasyon flotasyon ortamında yağ-su-katı (mineral) fazları yüzey gerilimleri arasındaki ilişki

Aşağıdaki Çizelge 1 'de antimonit cevherlerindeki flotasyon uygulamaların bilimsel ve teknik gelişimi özetlenmiştir.

Buradan da görüleceği gibi bu uygulama flotasyonun genel gelişmesiyle özdeş bir süreç geçirmiştir. Başka bir tanımlamayla, flotasyon yöntemindeki herhangi bir yenilik hemen arkasından antimuan cevherlerinin zenginleştirilmesine doğrudan yansiyabilmektedir.

Çizelge 1- Antimuan cevherlerinin zenginleştirilmesine ilişkin tarihsel gelişim

| Yıl | Olay | Kaynakça |
|-----------|--|----------|
| 1912 | Flotasyonun antimuan cevherleri zenginleştirilmesinde ilk kez uygulanması | (58) |
| 1916-1917 | Antimuan cevheri, tar flotasyonla (katran flotasyonu) zenginleştirilmeye çalışılmıştır. | (37) |
| 1924 | Katran + H ₂ SO ₄ ile % 60 Sb içerikli konsantre eldesi mümkün olmuştur. | (37) |
| 1925 | Ksantatların antimuan flotasyonunda kullanımı | (37) |
| 1931 | Ters flotasyonla As-arındırma ve fosokresolun doğru flotasyonda ilk kez kullanımı sağlanmıştır. | (33) |
| 1934 | CuSO ₄ ile ters flotasyonda Sb ₂ S ₃ ve FeAsS ayırımı yapılmıştır. | (37) |
| 1936 | FeAsS'in kimyasal ve elektriksel yoldan yüzey oksitlenmesi sağlanarak bastırılmasına çalışılmıştır. | (39) |
| 1943 | Ters flotasyonda arse noplrit CuSO ₄ ile doğru flotasyonda antimonit Pb-Asetat ile canlandırılmıştır. | (8) |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 1945 | Antimuan sülfür minerallerinin molibdenit gibi pek doğal yüzebilir olmadıkları savunulmuştur. | (53) |
| 1947 | Kollektif-Selektif uygulaması tesis çapta denenmiştir. | (15) |
| 1951 | Organik toplayıcılar canlandırıcısız kullanılmıştır. | (37) |
| 1951 | Nabit antimuan $Pb(NO_3)_2$ + ksantatla yüzdürülmüştür. | (9) |
| 1957 | Wad tipi mangan cevherinin aglomerasyon flotasyonu yapılmıştır. | (44) |
| 1959 | Sb_2O_3 - flotasyonunda dihidroksibutilbenzen etkin olmuştur. | (54) |
| 1961 | Katıların sıvı fazda küresel aglomerasyonu sağlanmıştır. | (19) |
| 1962 | Sb_2S_3 'in "bleaching powder", FeS_2 'in NaCN ve gang şlâmanın ise yellow dextrin ile bastırılması önerilmiştir. | (15) |
| 1963 | Antimonit için toplayıcı olarak Z-11 önerilmiştir. | (22) |
| 1963 | Na_2S 'nin sülfürlü ve oksitli antimuan cevheri flotasyonunda olumsuz etki yaptığı savunulmuştur. | (52) |
| 1963 | Bertierit flotasyonunda K-butil ksantat + Pho sohresol B etkin olmuştur. | (28) |
| 1963 | Antimonokür flotasyonunda heterojen yapıli toplayıcılar etkin olmuştur. | (38) |
| 1964 | Yüksek karbonlu ksantatlar antimonit flotasyonunda etkin olmuştur. | (37) |
| 1965 | Kuvarlı antimonit cevherleri flotasyon süresinin karbonatlı cevherlere karşı daha kısa olduğu belirtilmiştir. | (26) |
| 1968 | Selektif küresel aglomerasyonla apatitin demirden ayırımı sağlanmıştır. | (46) |
| 1969 | Yağ fazlı aglomerasyonla altın içerikli cevher zenginleştirilmiştir. | (21) |
| 1970 | Minerallerin selektif flokülasyonu araştırılmıştır. | (7) |
| 1972 | Antimonit flotasyonunda ağır metal tuzlarının canlandırıcı, NaCN'ün bastırma etkisi olduğu ve iyonik olmayan toplayıcılarla $CuSO_4$ ilavesine gerek olmadığı belirtilmiştir. | (25) |
| 1972 | Antimonit flotasyonu için MIBC, Pine oil ve kresilik asit köpürtücü olarak önerilmiştir. | (56) |
| 1973 | İlmenit konsantresinin selektif küresel aglomerasyonu yapılmıştır. | (40) |
| 1974 | Na_2CO_3 ilavesiyle pH =8-8,5'ta antimonit flote edilmiştir. | (6) |
| 1976 | Yüksek tenörlü antimonit konsantre eldesi için $Pb(NO_3)_2$ kullanımının zorunlu olduğu belirtilmiştir. | (49) |
| 1976-1977 | Kömür şlâmlarının selektif aglomerasyonla değerlendirilmesi gerçekleştirilmektedir. | (11,13,14) |
| 1978 | Sülfürlü, oksitli antimuan cevherleri flotasyonunda h-dietil amino mercuric asetat ve $Pb(NO_3)_2$ kullanım olumlu sonuç vermiştir. | (31) |

| | | |
|-----------|--|---------|
| 1980 | Değerli minerallerin şlâmlardan selektif flotasyonla kazanımı sağlanmıştır. | (12,50) |
| 1980-1981 | Arsenikli antimuan cevherinin zenginleştirilmesi ve arsenikten arındırılmasında etken flotasyon türleri, reaktif türleri denemiştir. | (1,2) |
| 1983 | Selektif küresel aglomerasyon yöntemi ile antimonit cevherlerinin zenginleştirilmesi ve arsenikten arındırılması sağlanmıştır. | (3) |
| 1984 | Antimuan oksit mineralinin sülfonatlara flotasyonunda demir sülfatın etkisi bildirilmiştir. | (11-a) |
| 1984 | Sülfürlü-oksitli antimuan cevherinin tesis çapta zenginleştirilmesi denemeleri. | (4) |

4. AGLOMERASYON FLOTASYON DENEMELERİ

Tamamen kuramsal verilere dayanarak ileri sürülen aglomerasyon flotasyonunun antimonit ayırımında uygulanabileceği varsayımı deneylerle de somut olarak kanıtlanabilmiştir. Bu çalışmada uygulanan aglomerasyon flotasyon başarısına toplayıcı türünün, tane iriliğinin, pH derecesinin sıcaklığın, flotasyon aşama ve türlerinin etkinliği araştırılmış, optimal değerlerinin saptanmasına çalışılmıştır(1).

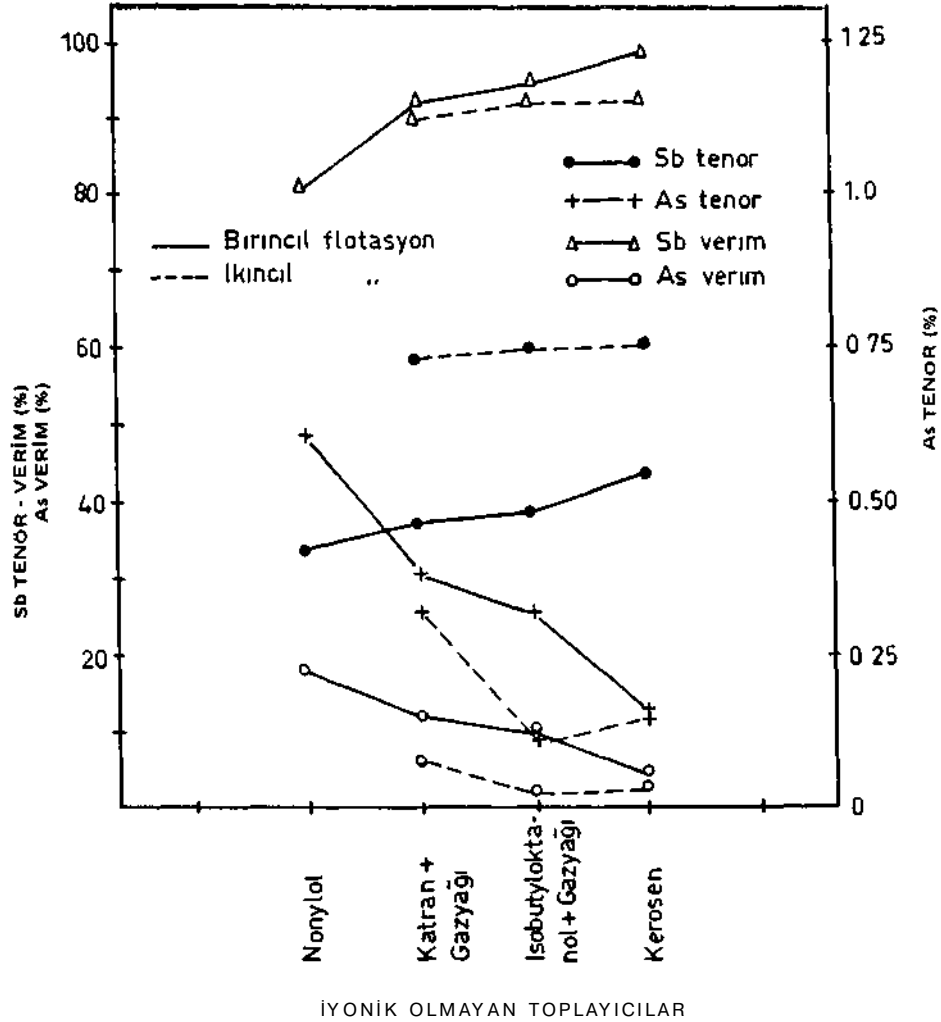
4.1. Toplayıcı Türü Etkinliği

önce en uygun iyonik olmayan toplayıcı türü belirlenmiştir. Bu amaçla söz konusu olabilecek ve endüstriyel uygulaması olabilecek nonyol, katran, isobutyloktanol ve Kerosen kullanımlı saptanan koşullarda (-150 mikron tane iriliği, pH = 6,5, %25 katı, sıcaklık 20°C, karıştırma hızı 1100 D/D canlandırıcı $Pb(NO_3)_2$ ve gang bastına Na_2SiO_3) aglomerasyon flotasyonu uygulanmıştır. Bu uygulamada katran ve isobutilokanolun emilsiyon yeteneğini artırabilmek için %60 ve %80 oranlarında gazyağı ile karıştırılmıştır. Deneyler tek aşamalı ve temizlemeli olarak uygulanmıştır. Temizleme flotasyon sonuçları temel kabul edilirse (bk. Şekil 4) en uygun toplayıcı yağ türü isobutiloktanol gazyağı karışımı olmaktadır. Çünkü bu yolla diğerlerinden daha iyi nitelikli ve Sb-tenörü %60, Sb-verimi %92 ve As-tenörü %0,13'ün altında olan bir antimonit konsantresi elde edilmektedir. Bu nedenle bundan sonraki denemelerde yağ türü olarak isobutiloktanol gazyağı karışımı kullanılmıştır.

4.2. Tane İriliği Etkinliği

Aglomerasyon flotasyonu uygulamasındaki tane iriliğinin, konsantredeki Sb-tenör ve verimi ile As-tenörüne olan etkisi Şekil 5'te şematik olarak gösterilmiştir.

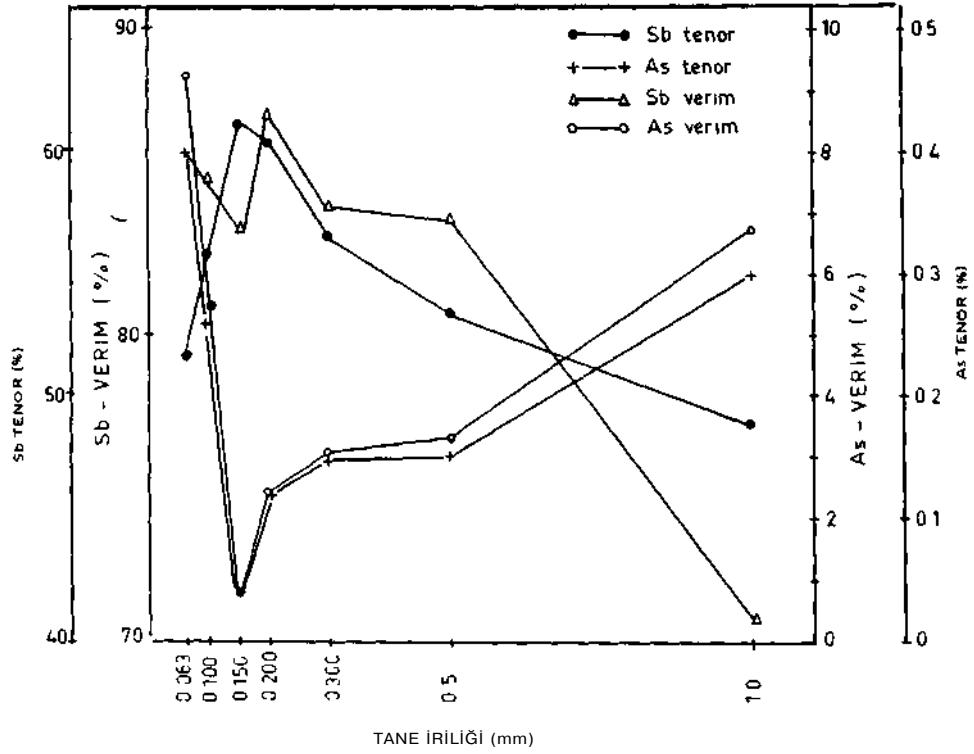
Sb-verimi -200 mikrondaki en yüksek değerden %3 kadar düşük olmasına rağmen bu çalışmada en uygun tane iriliği -150 mikron olarak kabul edilmiştir. Çünkü bu tane boyutunda konsantrenin Sb-tenörü en yüksek noktasına ulaştığı gibi As-tenörü de en düşük ve %0,04 gibi ideal kabul edilebilecek bir değere ulaşmaktadır. Ayrıca, -150 mikron dışındaki tüm diğer tane boyutlarındaki konsantre As-tenörleri üst sınır olan %0,2'nin üzerindedir.



Şekil 4— İyonik olmayan toplayıcı yağların flotasyon konsantrisi Sb-As tenor ile verimine etkisi

4.3. pH-Derecesi Etkinliği

En uygun pH- değerinin belirlenmesi ile ilgili deney sonuçları Şekil 6'da sunulmuştur. Şekilden de görüleceği gibi gerek en yüksek Sb- veriminin elde edilmesi ve gerekse Sb ve As- tenörlerinin uygun olması nedeniyle optimal pH- derecesi 6 olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak bu değerlerin pH = 6,5'tan farklılığı büyük değildir. Üstelik nötr ortama yakın pH- değerlerinde çalışmak flotasyon sistemini gereksiz yere pH- ayarlayıcı reaktiflerde yüklememek ve endüstriyel aşamada korozyonu önlemek açısından daha avantajlı kabul edilmiş ve en uygun pH- derecesi olarak 6,5 temel alınmıştır.

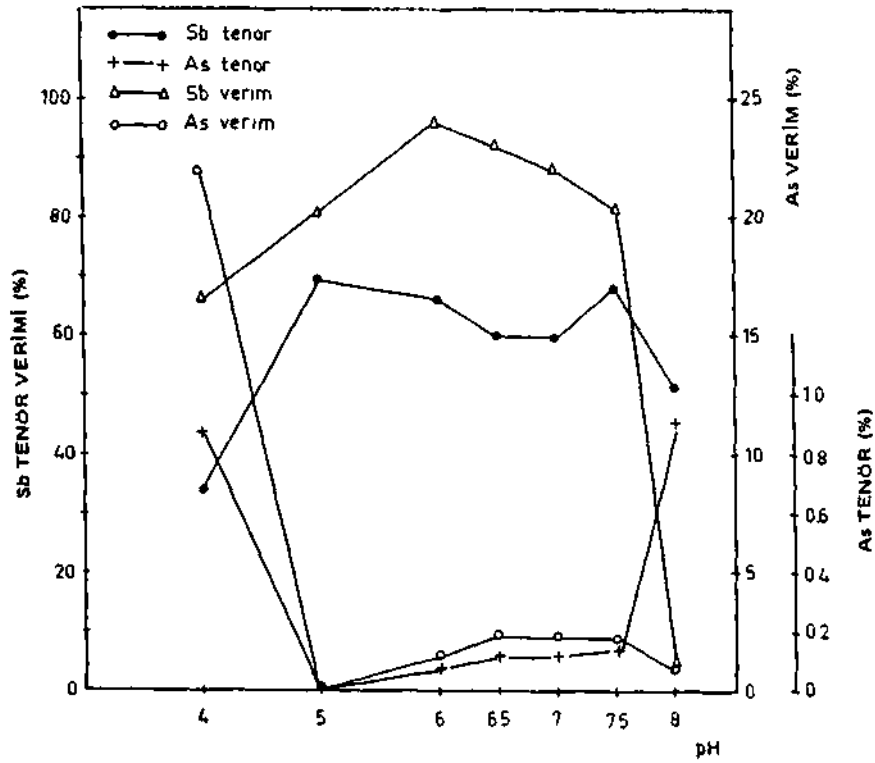


Şekil 5- Ham cevherin (Kompozite-3) seçmeli aglomerasyon flotasyonu konsantrasyonunun Sb-As tenor ile veriminin tane iriliğine bağlı değişimi

4.4. Sıcaklık Etkinliği

Bilindiği gibi iyonik olmayan toplayıcı yağlar suda çözünmezler ve toplayıcı olarak kullanılmadan önce emülsiyon haline getirilmelidir(25,44). Gerek emülsiyon olayı gerekse mineral taneciklerinin flotasyon sıvısı içerisindeki bu yağ küreciklerine karşı olan davranışları kuşkusuz sıcaklığa bağlı olarak değişecektir. Bu değişim ayrıca yağ küreciklerinin yüzey gerilimlerine de yansiyacaktır. Bu değişimin elde edilen flotasyon konsantrasyonundaki Sb ve As- tenor ve verimlerdeki etkisini incelemek üzere çeşitli sıcaklıklarda aglomerasyon flotasyonu uygulanmıştır (bk. Şekil 7). Gerçekten de elde edilen konsantrasyonun Sb ve As- değerleri sıcaklığa göre önemli ölçüde değişmektedir.

Genel olarak 5°C'nin üstündeki sıcaklıkta Sb- verimi düşüktür. Düşük sıcaklıktaki verim düşüklüğünü iyonik olmayan toplayıcı yağın (isobutiloktanol + gazyağı) mineral tane yüzeylerine bağlanmasındaki güçlüğüyle ilişkilidir. Düşük sıcaklık nedeniyle yüksek olan yüzey gerilimi, yağın mineral yüzeyine temasını engellemektedir. Yüksek sıcaklıktaki verim düşüklüğünün nedenini, yüksek sıcaklıkta (60°C) yüzey geriliminin düşmesi sonucu yağın kolayca mineral yüzeyine bağlanarak topraklar (aglomeratlar) oluşturularak irileşme-

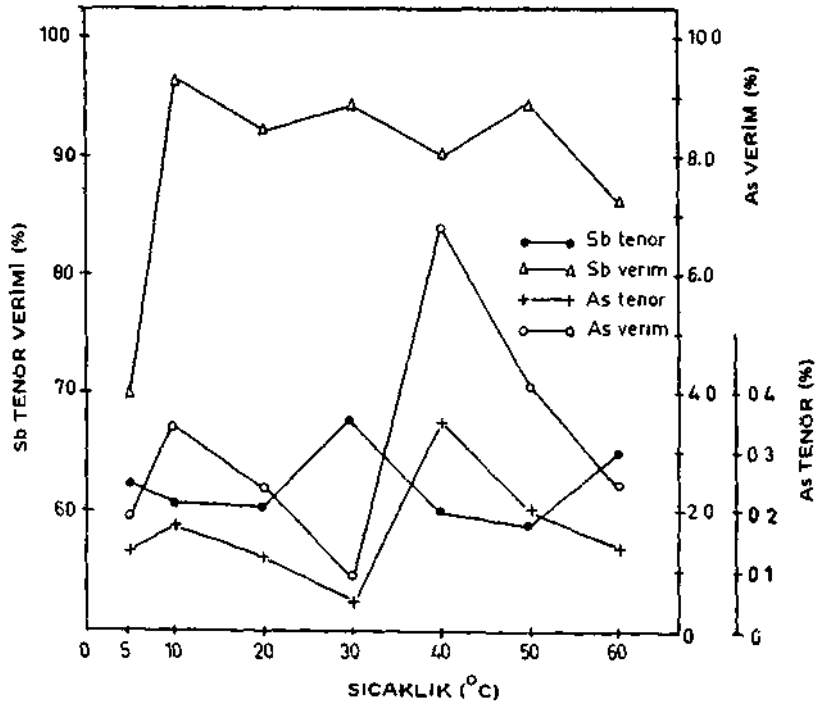


Şekil 6— Ham cevherin (Kompozit-3) tSOBUTYLOKTANOL + GAZYA-ĞI eklemeli seçmeli aglomerasyon flotasyon ürünü Sb_2S_3 konsantrasyonunun Sb-As tenör ile veriminin ortam pH- derecesine bağlı değişimi

si ve artığın içinde kalması ile açıklamak mümkündür. Zaten bu da diğer bir çalışmada ayrıntılı biçimde ele alınmış olan selektif küresel aglomerasyon yönteminin temelini oluşturmuştur (3).

Şekil 7'den çıkarılan ikinci ilginç sonuç, 40°C'de konsantredeki As- tenör ve veriminin aniden artarak en yüksek nokasına ulaşmasıdır. Bu da gösteriyor ki arsenopiritin 40°C sıcaklıklarda hidrofoblaşma yeteneği artmaktadır. Bu da uygulanabilecek diğer bir yöntem olan ters flotasyon uygulamasının temelini oluşturmuştur! 1).

Konsantredeki gerek Sb- verim ve tenörü ve gerekse As- tenör ve verimi açısından en uygun sıcaklık 30°C'dir. Bu sıcaklıkta % 94'lük bir verimle % 67,5 Sb ve % 0,05 As içeren ideal nitelikte bir Sb- konsantrasyonu elde etmek mümkün olmaktadır.



Şekil 7— Ham cevherin (Kompozit-3) isobutyloktanol + gazyağı eklemeli seçimli aglomerasyon flotasyon konsantresi Sb-As tenor ile veriminin sıcaklığa (°C) bağlı değişimi

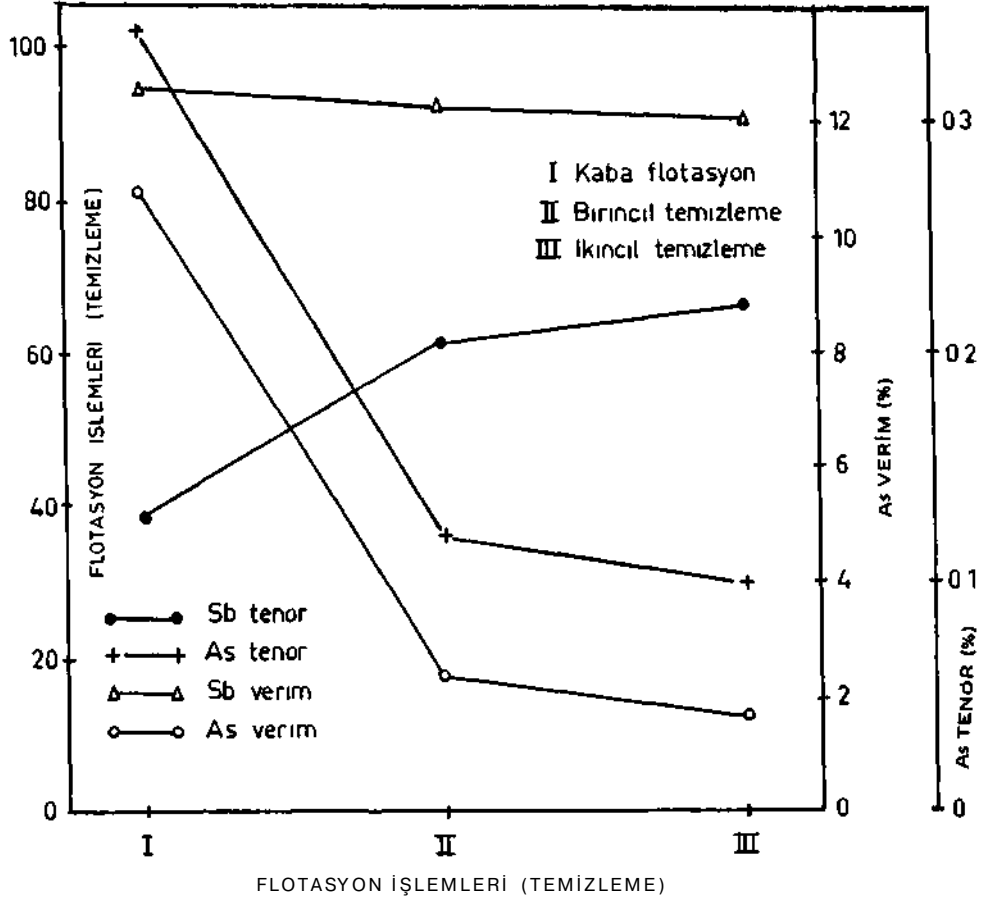
4.5. Aşama Etkinliği

En önemli ve belirleyici farklılık ise toplu konsantreden aglomerasyon flotasyonu ile elde edilen konsantrede % 0,38 ile sınır değerini çok üstünde bulunan As- tenorunun ham cevherden doğrudan elde edilen konsantrede % 0,10 gibi ideal sayılabilecek bir değer taşımamasıdır.

Aglomerasyon flotasyon uygulamasında, % 60 Sb tenörlü ve % 90 Sb verimli ancak % 0,2 değerinden az As içerikli konsantre kazanımı temizleme devreli flotasyonla sağlanabilmektedir (bk. Şekil 8).

4.6. Flotasyon Türü Seçeneklerinin Etkinliği

Uygun nitelikli bir antimonit konsantresi elde edimine yönelik olarak aglomerasyon flotasyonu uygulaması için toplu konsantreden ve ham cevherden olmak üzere iki seçenek söz konusudur. Her iki seçeneğin akım şemaları Şekil 9 ve 10'da gösterilmiştir. Şekil 9'dan da görülebileceği gibi toplu konsantreden seçmeli aglomerasyon flotasyonu uygulaması ham cevherden yapılan uygulamaya nazaran uygun nitelikte antimonit konsantresinin elde edilimine olanak vermemektedir. Girdi cevher yaklaşık %0,7 Sb daha zengin olmasına rağmen nihai konsantresinin Sb- tenor ve verimi doğrudan ham cevher aglomerasyon flotasyonuna göre düşüktür.

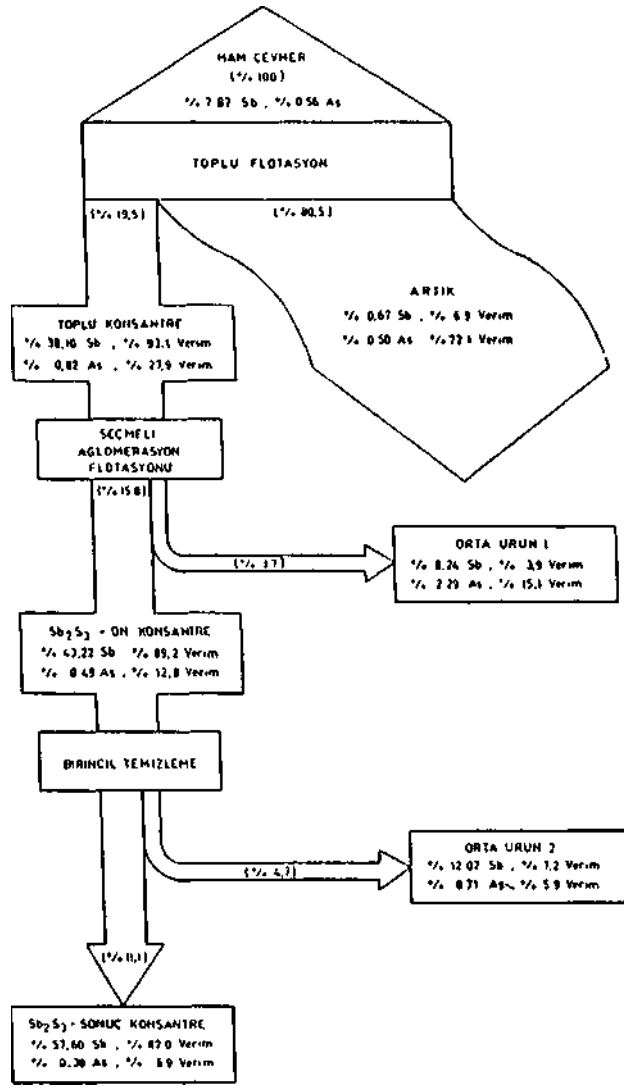


Şekil 8— Ham cevherin tek aşamalı selektif aglomerasyon flotasyonunda (I) temizleme aşamalarının (II, III) konsantre Sb-As tenor ile verimine etkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

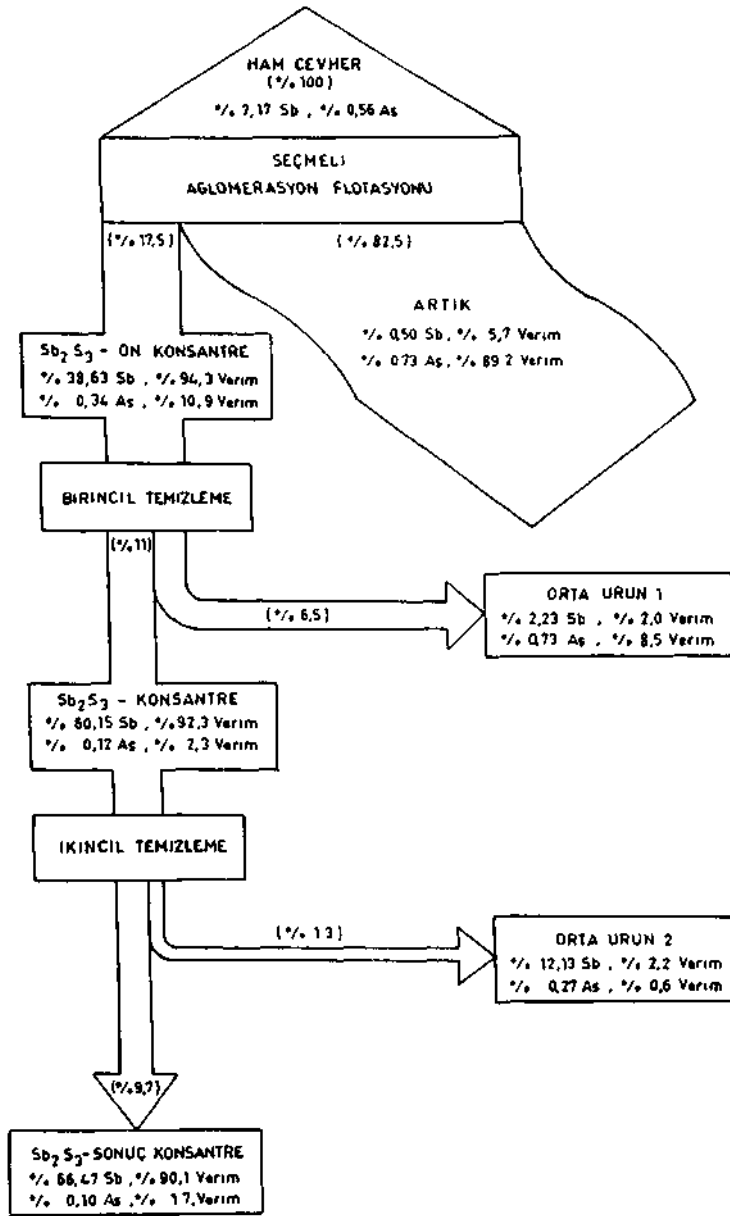
Yukarıda sunulan çalışmadan görüldüğü gibi toplu konsantreden aglomerasyon flotasyonu uygulaması uygun nitelikli antimonit konsantresi üretimine elverişli değildir. Buna karşın ham cevherden doğrudan seçmeli aglomerasyon flotasyonu uygulaması ciddi bir seçenek oluşturmaktadır.

Nitekim bu yolla % 90 verimle % 66,5 Sb ve % 0,1 As içeren antimonit konsantresi elde etmek mümkündür. Üstelik temizleme işlemini 2 yerine tek bir defa uygulayarak verimi % 92,3'e çıkarmak mümkündür. Çünkü ikincil temizleme işlemi As-eliminasyonuna ancak % 0,02'lik bir katkıda bulunmaktadır. Birincil temizleme işlemi sonunda elde edilen % 60,15 Sb ve % 0,12'lik As- değerleri nitelikli bir antimonit konsantresi için yeterlidir.



Şekil 9— Toplu konsantreden seçimli aglomerasyon flotasyonu deneysel uygulama akım şeması

Antimonit zenginleştirilmesi için söz konusu olabilecek yöntemlerden aglomerasyon flotasyonu da ilk defa bu çalışmada gözönüne alınmıştır. Toplu konsantrenin aglomerasyon flotasyonunda elde edilen Sb_2S_3 -konsantresinin As- tenörü % 0,4'e yaklaşırken (bk. Şekil 9-10) ham cevherin doğrudan aglomerasyon flotasyonuna tabi tutulması sonucunda % 90 Sb- verimiyle % 66,5 Sb ve % 0,1 As içeren bir "Super konsantre" niteliğinde konsantre elde edilebilmiştir. Bu seçenek için optimal koşullar olarak,



Şekil 10—Ham cevherden seçmeli aglomerasyon flotasyonu deneysel uygulama akım şeması

- % 25 katı oranı,
- Ph- değeri 6,5
- Ortam sıcaklığı 30 C,
- Tane iriliği - 150 mikron,
- Ham cevher tenörü % 7 Sb,
- Gang bastına Na_2SiO_3 (400 g/t),
- Canlandırıcı $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (200 g/t),
- Toplayıcı (köprü sıvı) isobutuloktanol % 20 +gazyağı % 80 (750 g/t),
- Köpürtücü Dowfroth 250 (25 g/t) saptanmıştır.

Tarihsel gelişimi izlenen aglomerasyon flotasyonu yönteminin bu araştırmadaki bulguların ışığı altında;

- Ülkemizdeki özgün sorunlu antimonit cevherlerinin ve
- diğer düşük tenörlü, ince tane yapıllı örneğin grafitlerin, kömürlerin, hidrofob yeteneği yüksek mineraller ile
- "köprü sıvı" üzerinden mikro aglomerat oluşturabilecek nitelikteki minerallerin değerlendirilmesinde

günümüzde halen geçerli ve ekonomik bir seçenek olarak gözönünde bulundurulması yerinde olur(4).

KAYNAKLAR

1. AKAR, A. Odemiş-Halıköy-Emirli Arsenik Antimonit Cevherinin Zenginleştirilmesi ve Arsenikten Arındırılması, Ege üniversitesi-Makine Fakültesi-Maden Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, Bornova-Izmir, 1980
2. AKAR, A.: odemiş-Halıköy-Emirli Arsenik Antimonit Cevherinin Zenginleştirilmesi ve Arsenikten Arındırılması. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 7. Kongresi, 16-20 Şubat 1981, Ankara, sayfa 239-274
3. AKAR, A.:Selektif Küresel Aglomerasyon Yöntemi ile Antimonit Cevherlerinin Zenginleştirilmesi ve Arsenikten Arındırılması. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 8. Kongresi, 21-25 Şubat 1983
4. AKAR, A.: Etibank odemiş-Emirli Sürfürlü Oksitli Antimon Stok Ham Cevherinin 40 t/gun kapasiteli Tesis Çapında Flotasyon Denemeleri. Etibank-Dokuz Eylül üniversitesi Muh.-Mim.Fak. Maden Muh. Bölümü, Bornova-izmir, Şubat 1985 (Yayınlanmamış Rapor)
5. AYTEKİN, Y.: Untersuchungen zur Sammleradsorption und deren Verteilung an Mineraloberflächen am Beispiel des Çakmakaya-Kupferkieserzes. Dissertation, T.U. Berlin, 1968
6. BHATH, M.I., MASOAD, K. Beneficiation of Low Grade Antimony ore. J.Sci.Res., 1979, 26, s. 21-24
7. BLAZY, P.: La Valorisation des Mineraux Manuel de Mineralurgie PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE, 108, Boulevard Saint-Germain, Paris, 1970, s. 316
8. BRADLEY, J.D., MECIA, J.A., BAKER, R E.: Yellow Pine Mm Engg. Min. J. April, 1943
9. BUREAU OF MINES: Hermada Antimony, U.S. Bureau of Mines RI 4950, 1953
10. BEHRENBECK, H.J , PLATE, W., SIMONIS, W.. Die Selektivite Agglomeration von Kohle-Mineralstoff kollektiven in feinsten Steinkohlenschlamm Auf bereitungstechnik Nr. 9/1974, s. 495-500
11. BOGENSCHNELDER, 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
11. a Calic, Bopov, Pavlica: Antimon Oksit Minerallerinin Sülfonatlarla Flotasyonunda Demir Sülfatın Etkisi, Balkan ülkeleri 4. Cevher Hazırlama Kongresi 11-13 Eylül 1984, İstanbul
12. CLEMENT, M.' BETRAM, R.: Untersuchungen zur Selektiven Flockung von Mineral Gemischen. ERZMETALL 33 (1980), Nr. 2, s. 94-99
13. DEMİREL, H.. Toz Kömürün Küresel Aglomerasyonla Kazanılması, TMMOB-Maden Muh. Odası Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 5 Kongresi, Ankara, 1977
14. DEMİREL, H., ÖZDAĞ, H.: Küresel Aglomerasyon Yönetimindeki Gelişmeler, TMMOB-Maden Mühendisleri Odası Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 5. Kongresi, Ankara, 1977

15. DENVER EQUIPMENT COMPANY: Flotation Recovery of Antimony, in Mineral Processing Flowsheets, p. 254-255 Denver Colorado, 1962
16. EGGERT, P., GOCHT, W.: Begrenzende Faktoren auf den Märkten der Buntmetalle Antimon, Wismut, Cadmium und Quecksilber Metall 32, 7, 724-728, 1978
17. ERDOĞAN, M.: Küresel Aglomerasyon, Diploma Projesi, E.u.Makİna Fak. Maden Miih.Bol. Borno-İ zmir, 1978
18. 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
19. FARNAND, J.R., SMITH, H.M., PUDDINGTON, I.E.: Spherical Agglomeration of Solids *i Liquid Suspension. Can. J. Chem. Eng. 1961
20. 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, 3123-3135
21. 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
22. FINN, W.K.: New Mill At Turkish Antimony Mine World Min. 16 (1963), Nr. 1, p. 22-25
23. FUERSTENAU, D.W.: Froth Flotation 50 th Anniversary Volume Rocky Mountain Fund Series, AIME-New York, 1962
24. FUERSTENAU, M.C.: Flotation, A.M. Gaudin Memorial Volume I and II AIME-New York-USA 1976
25. GLEMBOISKII, V.A., KLASSEN, V.I., PLAKSIN, I.N.: Translated by R.E. Hammond Edited by Harold S. Rabinovich Editor, Tsvetnye Metally Primary Sources, New York 1972, s. 553-554
26. GRÜNDER, W.: Arbeitsmethoden im Aufbereitungslaboratorium BAND II, Hermann Hübener Verlag-Abt. Technischer Verlag Wilhelmshaven-GOSLAR, 1957
27. GATTAS, A.D., LIERDE, A.V., CUYPER, I.de: Influence d'un tensionactif non ionique sur la flottation de la cassiterite, XIII. In Ternational Mineral Processing Congress
28. HERBST, F.: Die Berthierit-Vorkomme, von Valcros (Department du Var-Frankreich) Erzmetall H.3, 1963, 5. 127-131
29. HUKKI, R.T.: Hot Flotation Improves Selectivity and Raises Mineral Recoveries. World Mining, p. 74-76, March 1973
30. KAVOURIDIS, C.B.: The Spherical Agglomeration of Aqueous Mineral Suspensions by an immiscible Liquid. ph.D.These, Imperial College-London, Feb. 1978
31. KOGAN, P.I.: New Collecting Agent for the Flotation of Antimony Ores, Tsvetn Met., (2). 1978, s. 70-71
32. LEONARD, J.W.: Oil Agglomeration Coal Preparation 4*ⁿ Edition (P. 10.95-10.96), AIME-New York-USA, 1979
33. MAYER, E.W., SCHRANZ, H.: Flotation Verlag Von S Hirzel, Leipzig, 1931, s. 375
34. 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
35. MEHRATRA, V.P., SASTRY, K.V.S.: Oil Agglomeration Offers Technical and Economical Advantages, Mining Engineering August 1980, p. 1230-1233
36. MECZAJ-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
37. OBERBILLIG, E.: Flotation of Antimony Ores Mining Magazine-July 1964, s. 35-45
38. PATZOLD, H.: Antimonocker und Ihre Flotationsproblematik Bergbauwissenschaften Nr. 7, 1963, s. 146-151, Hermann Hübener Verlag K. G. GOSLAR
39. PETERSEN, W.: Schwimmaufbereitung, Verlag Von Theodor Steinkopf, Dresden und Leipzig, 1936, s. 235
40. PUDDINGTON, I.E., SPARKS, B.D.: Spherical Agglomeration Processes, Min.Sci.Eng., Vol. 7, No. 3, 1975, p. 282-288
41. RAO, T.C., PILLAU, K.J., VARARGAKUOI, M.: Statistische Analyse der Kohlenflotation eine Einleitung zur Prozess-Optimierung. IX. Internationaler Kohlaufbereitungs-Kongress Neu Delhi 1982, s. C2-1-C2-13
42. RICHARDS, R.G.: Laboratory Flotation of Endeavour Inlet, N.S. Antimony ore. Proc.Australas. Ins. Metall. No: 263, September 1977, s. 39-46
43. ROORDA, H.J., BURGHARDT, D., KORTMANN, H.A., JIPPING, M.J., KATER, T.: Organic Binders for Iron ore Agglomeration, II.th International Mineral Processing Congress in Cagliari 1975
44. SCHUBERT, H.: Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe, Band II. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1967
45. SHERGOLD, H.L., MELLGREN, O.: Concentration of Minerals at the Oil-Water Interface: Hematit-Isocetane-water System in the Presence of Sodiumdodecylsulphate, Ins. Ming. Metal 1969, C. 121-132
46. 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

47. SIRIANNI, A.F., CAPES, C.E., PUDDINGTON, I.E.: Recent Experience With the Spherical Agglomeration Process. Can. J. Chem. Eng. 1969, 47, 166-170
48. SMITH, H.M., PUDDINGTON, I.E.: Spherical Agglomeration of Barium Sulphate, Can. J. Chem. Eng. 1960, 38, 1911-1916
49. SOLOZHENKIN, P.M., MEDZHIDON, A.A., KIRICHENKO, I.N., ZINCHENKO, Z.A., KOPITSYA, N.I.: Flotability of Sulphide Minerals by a Collector Costaining and Unpaired Electron, Proc. Acad. Sei. SSR 12(6) 22-25, Chem. Abstr., 72:23689g, 1969
50. SOMASUNDARAN, P.: Processing Mineral Fines Engineering and Mining Journal, December 1979, P. 64-68
51. SUTHERLAND, J.P.: The Agglomeration of Aqueous Suspensions of Graphite Can. J. Chem. Eng. 1960, 38, 1911-1916
52. STOLZE, F.: Der Derzeitige Erfahrungsstands auf dem Gebiete der Erzflotation, Aufbereitungstechnik Nr. 1/1963, s. 10-14
53. taggart, DEL GUIDICE, ZIEHL: The Case for the Chemical Theory of Flotation, AIME, Vo. 112, p. 369-371
54. THRUN, E.: Flotation of Antimony Oxide, Chemiker Zeltung 83, P. 681-685, 1959
55. UZKUT, i.: Büyük Menderes-Gediz Arasındaki Arsenopirit Yatakları ve Altın ile Kobalt Açısından önemi, Ege üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Doçentlik Tezi, 1978
56. VIJAKUMAYAKUMAR, K., MAJUMDAR, K.K.: Studies on the Flotation of Stibnite, J.Mines, Metals Fuels 20 (11), 1972, s. 342-346
57. WILLS, B.A.: Agglomeration-skin Flotation, Mineral Processing Technology Second Edition. Pergamon Press Oxford, New York - Paris - Frankfurt 1980 (p. 365-366)
58. WOOD, H.E.: "The Wood Flotation Process", Bull AIME, Nov. 1912, pp. 1227-44. Trans AIME, Vol.44, pp. 684-701