

# Düşük Tenörlü Oolitlik Demir Cevherinin Flotasyon«

Gülhan ÖZBAYOĞLU\*

## Ö Z E T

Bu çalışmadan amaç, flotasyon yönteminin oozitik tipli ve düşük tenörlü demir cevherlerinin zenginleştirilmesine olan etkinliğini göstermektir.

Silifke Gilindire mntkasına ait numune % 38,28 Fe. % 23,20 SiO\* ve % 12,18 A11O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> içermektedir.

Anyonik ve katyonik reaktiflerle yapılan deneyler sonucunda % 50 randımanla % 50 Fe, % 12 SiO<sub>2</sub> içeren konsantreler elde edilmiştir.

## 1. G İ R İ Ş

Ülkemizde demir cevherine duyulan gereksinmenin artması, düşük tenörlü cevherlerin zenginleştirilmesi zorunluğunu ortaya koymuştur. Gravite, manyetik ayırma ve flotasyon gibi herhangi bir zenginleştirme yöntemi ile elde edilecek konsantrelerin topaklanmasından sonra, sayıları gittikçe artan demir-çelik tesislerimize cevher bulma olasılığı sağlanmış olacaktır.

Gravite ve manyetik ayırma yöntemlerinin aksine flotasyon yönteminin demir cevherlerine uygulanması oldukça yenidir. (1,2) Bugün yüksek fırınlara beslenen cevherlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kesin bir şekilde sınırlandırılması, flotasyon yöntemine olan ilgiyi arttırmış-

•Öğretim Görevlisi, O.D.T.Ü.  
Maden Müh. Bölümü.

Çalışmalar iki ayrı flotasyon yöntemi üzerinden yürütülmüş ve istenilen özellikte konsantrelerin elde edilebilmesi olanakları araştırılmıştır.

## 2. CEVHERİN ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmadan amaç, flotasyon yönteminin düşük tenörlü demir cevherlerinin zenginleştirilmesine olan etkinliğini göstermek olduğu için, amaca uygun özellikte, düşük tenörlü, oolitlik tipli bir cevher seçilmiştir. Silifke kazasının Gilindire bucağı yakınlarından alınan bu cevherle yapılan çalışmalar o sahanın fizibilite etüdünü çıkarmaktan çok, coğrafik .Jeolojik ve madencilik koşulları uygun olan sahalardaki bu tip cevherlerin flotasyon yöntemine olan uygulanabilirliğini ortaya koyacaktır.

### 2.1 Cevherin Mineralojik Etüdü

Mineralojik etüdler cevherin limonit, götit\*, kil, kuvars taneleri ve çok az miktarda kalsit, boksit ve pirit içerdiğini göstermiştir. Cevherin başlıca demir minerali limonit olup bunun da büyük bir kısmının götit şeklinde olduğu, ayrıca, içerisinde çok az miktarlarda kriptokristaller halinde hematit ve psilomeian olduğu bulunmuştur.

Limonit çapları 0,3 ile 1 cm arasında değişen oolitler halinde görülmüştür. Çapları 1 ile 0.015 mm. arasında değişen kuvars taneleri ile boksit oolitleri, birbirlerine limonit ile bağlanmaktadır.

Hemen hemen bütün oolitler kil ve ince kuvars tanecikleri içermekte olup, bunları serbest hale getirebilmek için cevheri çok ince tanelere kadar öğütmek gerekmektedir. Yalnız oolitlerin seçilmesiyle elde edilen bir numunenin % 55 Fe içerdiği bulunmuştur. Bu tenor ileride zenginleştirme sonucunda elde edilecek konsantrde ulaşılacak maksimum değeri göstermektedir. Gündire oolitlerinin bu yapısını Camdağ oolitterinde de izlemek mümkündür. (3)

İnce kesitlerden alınan aşağıdaki fotoğraflardan birincisi demir cevherindeki silikat dağılımını, ikincisi ise tipik bir ooliti göstermektedir. Fotoğraflarda siyah olarak görülen kısımlar götit, beyaz olarak görülen kısımlar ise silikatlardır. Birinci resimden yapılan tane sayımında, tanelerin % 50'sinin 15 mikrondan küçük olduğu saptanmıştır.

Cevher orta-sertlikte olup, yoğunluğu 3.33 tür.

## 2.2 Cevherin Kimyasal Etüdü

Harmanlama ve dörtleme yöntemiyle alınan ortalama bir numuneden yapılmış kimyasal analizin sonucu aşağıda gösterilmiştir.

Fe.....	% 38,28
SiO <sub>2</sub> .....	% 23,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub> .....	% 12,18
S.....	% 0,04
CaO.....	% 0,86
P.....	Eser
Ateş kaybı.....	% 8,97

Cevherdeki minerallerin yaklaşık yüzdelere bulmak için mineralojik ve kimyasal analizlerden yararlanılmıştır. Bu yaklaşım yapılırken cevherdeki demir yüzdesinin

## ÇİZELGE : 1.

### 1. Cm.'nin Altına Kırılmış Ortalama Numunenin Elek Analizi ve Demir Silis Dağılımı

Meş	% Ağırlık	% Toplam ağırlık	% Fe	% SiO <sub>2</sub> ,	% Demir dağıtımı	% Toplam Fe dağılımı
+ 3	2.00	2.00	40.92	23.63	2.12	2.12
+ 4	5.41	7.41	10.93	22.83	5.74	7.85
+ 6	13.43	20.84	41.15	21.69	14.31	22.16
+ 8	14.23	35.07	42.70	19.98	15.73	37.89
+ 10	13.38	48.45	11.25	19.90	14.30	52.19
+ 14	12.38	60.83	40.05	20.86	12.83	65.02
+ 20	8.02	68.85	39.92	22.07	8.29	73.31
+ 28	5.96	74.81	39.08	23.97	6.02	79.33
+ 35	4.63	79.44	35.39	27.45	4.23	83.56
+ 48	3.26	82.70	33.99	28.76	2.85	86.41
+ 65	2.40	85.10	33.30	28.35	2.05	88.46
+ 100	5.91	91.01	30.60	31.54	4.94	93.40
+ 150	2.08	93.09	27.79	33.26	1.49	94.89
+ 200	1.10	94.19	27.35	33.35	0.78	95.64
+ 250	1.55	95.74	27.91	33.66	1.11	96.75
— 250	4.26	100.00	29.78	28.20	3.25	100.00
Toplam	100.00	—	38.28	23.20	100.00	—

(\*) w- Uytendogaardt kitabında limoniti, hematit ve büyük bir kısmı götitten müteşekkil bir demir (Asitleri karışımı olarak vermektedir. Gören hidratlı bir demir oksit olarak tarif etmektedir. H.0 formüllü ve % 62.9 Fe içerir.

tamamının götit ve piritten geldiği varsayımından hareket edilmiştir. Ayrıca kil minerallerinin kompozisyonlarının bilinmemesinden dolayı kil ve kuvars yüzdesi birlikte verilmiştir.

- Götit (FeA - H <sub>2</sub> O).....%	60,76
Pirit (FeSa).....%	0,77
Kalsit (CaCO <sub>3</sub> ).....%	1,54
Kil + Kuvars.....%	36,93

### 2.3 Cevherin Elek Analizi

Harmanlama yöntemiyle hazırlanan 1 cm'. ye kırılmış ortalama bir numuneden yapılan elek analizi sonucu aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Elek analizinden elde edilen herbir fraksiyonun kimyasal ve mineralojik analizleri yapılarak demir mineralinin serbestleşme noktasının saptanmasına çalışılmış ve ayrıca çeşitli tane boyutlarındaki demir dağılımı bulunmuştur.

Buna göre cevherin yaklaşık olarak % 80'i 35 meşin (0,417 mm.) üstünde olup, ortalama % 40,82 Fe içermektedir. Bu kısım toplam demir dağılımının % 83,5'ini kapsamaktadır.

Cevherdeki silis yüzdesi tane boyutu küçüldükçe artmakta, 250 meşin altında ise düşmektedir.

Cevherin iri ve ince fraksiyonları arasındaki demir dağılımı farkının çok az olması bütün fraksiyonların bir bütün olarak ele alınmasını gerektirmiştir.

Elek fraksiyonlarının mikroskop altında incelenmesi sonunda, demir mineralini serbest hale getirmek için numuneyi en az 200 meşe öğütmenin gerektiği saptanmıştır.

## 3. FLOTASYON ÇALIŞMALARI

Demir cevherinin flotasyonunda iki yol izlenmiştir. Birincisi anyonik flotasyon yöntemi olup, demir mineralleri<sup>1</sup> köpükten alınmaktadır [direkt flotasyon yöntemi.] Bu yöntemde demir oksitleri kolayca, hidratlı oksitler orta, sideritler ise daha az y Çze bilmektedirler.!<sup>4</sup>) İkincisi ise katyonik flo-

tasyon yöntemi olup, demir mineralleri artık olarak alınmaktadır {indirekt flotasyon yöntemi). Her iki yöntem için kullanılabilir olan reaktifler literatürde geniş bir şekilde ele alınmıştır.<sup>5</sup>)

Flotasyon deneyleri için önce numune % 66 katı pülp yoğunluğunda, demir bilyah porselen bir değirmende 200 meşin altına öğütülmekte, sonra da bir hidrolik klasifikatör yoluyla şlamından ayrılmaktadır. Şlamın atılmasıyla hem flotasyonda selektivite sağlanmakta, hem reaktif tüketimi azaltılmakta, hem de numunenin tenöründe bir artış sağlanmaktadır.

### 3.1 ANYOTİK FLOTASYON YÖNTEMİ

Götit mineralinin izo-elektrik noktası pH = 6,7 de görüldüğünden, mineral yüzeyinin (+) yüklü olması için pülpün pH'sı 6,7'nin altına düşürülmüştür. Çalışmalar optimum pH'nin 4 dolayında olduğunu göstermiştir. Bundan sonra çeşitli kolektörlerin (Tall oil, saf oleik asit, R-801, R-825, R-801 - R-825. Turkey Red Oil) kullanılmasıyla optimum sonucu verecek kolektörün seçimine çalışılmış ve Turkey Red Oil'in kullanılmasına karar verilmiştir.

Gang minerallerinin bastırılması için bazı reaktiflere gereksinim duyulmuştur. Çünkü asidik pülp demir minerallerinin dış yüzeylerini çözerek Fe iyonlarının açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Serbest duruma geçen bu iyonların hidrolize ürünleri ise kuvars mineralini aktive ettiklerinden, gangın bastırılması işini güçleştirmektedirler. Fe hidroksi-komplekslerinin bu etkisinin giderilmesi için pülpe KCN, Na<sub>2</sub>S, NaF gibi reaktiflerin ilâvesi gerekmektedir, örneğin, NaF, demir iyonları ile bir kompleks meydana getirmekte ve bu iyonların sabit bir şekilde bağlanmasını sağlamaktadır.<sup>6</sup>)

Sülfonatlı kolektörlerin mineral yüzeyleri tarafından adsorplanması pülp yoğunluğu ile arttığından, kondisyon devresinde katı yoğunluğu yüksek tutulmakta, flotasyon devresinde ise % 30 katı yoğunluğuna düşürülmektedir. Kondisyon zamanı bastırı-

cılar için 15, koilektörler için 10 dakika olarak saptanmıştır. Flotasyon zamanı ise 20 dakikadır.

Aşağıda flotasyon sonuçları verilen deneyin koşulları gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 2.

Anyotik Flotasyon Koşulları

İlave yeri	Zaman (dakika)	pH	Reaktifler, gram/ton		NaF
			Turkey Red Oil	Fuel Oil	
Kondisyon tankı	15	4	—	—	<b>1200</b>
Flotasyon devresi	10	»	1000	300	
Yıkama devresi	5	»	600	180	800

Deneyler emülsiyon şeklinde uygulanan reaktiflerin daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. İyonlaşmayan Fuel Oil kolektörü ile anyonik Turkey Red Oil kolektörünün emülsiyon şeklinde ilâvesi hem

götüt selektivitesini, hem de randımanını arttırmıştır.

Aşağıda koşulları önceden belirtilen deneyin flotasyon sonucu gösterilmiştir.

ÇİZELGE : 3.

Anyotik Flotasyon Sonuçları

Ürünler	% Ağırlık	% Fe	% SiO <sub>2</sub>	% Fe-Randımam
Konsantre*	37,28	50,19	12,23	48,90
Artık	48,12	30,88	30,27	38,89
Slam	14,60	32,00	22,50	12,21
Toplam	100,00	38,25	23,22	100,00

(\*) Konsantrelerin SiO<sub>2</sub> yüzdesi istenilen yüzdeleri gösterilmemiştir.

nin üstünde olduğu için ayrıca Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 3.2. -Kasyonik Flotasyon Yöntemi

Bu yöntemde demir mineralleri nötr pülpe selüloz zamkı (cellulosegum) ile çöktürülmekte ve CuCl<sub>2</sub> ile aktive edilen kuvars ve silikatlardan oluşan gang mineralleri aminler yardımıyla köpükten alınmaktadır.

(7) Flotasyon sırasında ilave edilen aminlerden Armeen 18 - D (pelmithglamine) ve Armac-C (coco amine acetate) arasında ikincisinin daha olumlu sonuç verdiği görülmüştür.

Literatürde de belirtildiği gibi, kasyonik flotasyon yönteminde kullanılan ve HCl veya klorürler şeklinde pülpe ilâve edilen Cl<sup>-</sup> iyonunun kuvars aktivasyonundaki işlerliği deneysel şekilde kanıtlandığı halde, teorik yönden kabul edilebilir bir izah yolu bulunamamıştır.

Aşağıdaki çizelge kasyonik flotasyon yöntemi için uygulanan flotasyon koşullarını göstermektedir.

**ÇİZELGE : 4.**

ilâve yeri	Katyonik Flotasyon Koşulları			
	Zaman (dakika)	Reaktifler, gr/ton	Armac-C	CuCl«
Kondisyon tankı	10	800		
»	3			380
Flotasyon Devresi	10		700	
Yıkama Devresi	3			380

Katyonik flotasyon yönteminde pülp yoğunluğu önemli bir faktör olmadığından bütün deneylerde % 30 kati dolayında tutulmuştur.

Yukarıdaki koşullarda yürütülen bir flotasyon deneyinin sonucu aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

**ÇİZELGE ; 5**

Ürünler	Katyonik Flotasyon Sonuçları			
	% Ağırlık	% Fe	% SiO <sub>2</sub>	% Fe-Randımanı
Konsantre	46,71	48,18	12,08	58,86
Artık	38,69	28,59	36,88	28,93
Şiam	14,60	32,00	22,50	12,21
Toplam	100,00	38,25	23,20	100,00

**4. SONUÇLAR**

1) Çalışılan flotasyon koşullarında, Gilindire colitik tipli ve düşük tenörlü demir cevherinden yüksek tenor ve randımanlı konsantrelerin elde edilmesi, colitlerin özelliklerinden dolayı mümkün olamamaktadır. Önceden de belirtildiği gibi yalnız colitlerden oluşan bir numune en fazla % 55 Fe içerebilmektedir. Bu safsızlık, colitlerin içerisinde bulunan ve serbestleşmesi ekonomik olmayan birkaç mikron boyundaki kuvars ve diğer silis taneciklerinden ileri gelmektedir.

2) Flotasyon sonuçlarına göre yaklaşık olarak % 50 Fe'li bir konsantre % 10'nun üstünde SiO<sub>2</sub> içermekte, buna karşı randımanı % 50'nin üstüne çıkmaktadır.

3) Anyotik ve- katyonik kollektörlerin kullanılması flotasyon sonuçlarını fazla etkilememiştir. Bununla beraber, ekonomik yönden anyonik kollektörlerin katyonik kollektörlere nazaran daha ucuz olması, anyonik flotasyon yönteminin tercih edilmesine önemli bir neden oluşturabilir.

4) Şlamin atılmasının gerek anyotik ve gerekse katyonik flotasyon yönteminde gerekli olduğu bulunmuştur. Bu da başlangıçta % 12'lik bir demir kaybına neden olmaktadır.

5) Flotasyon yönteminin Gilindire demir

cevheri için olumlu sonuç vermemesi doğrudan doğruya colitlerin içindeki safsızlıklarla ilgili olduğundan, bu yöntemin diğer colitik tipli demir cevherlerindeki başarı olasılığı, ooiitlerin temiz olduğu sürece yüksek olacaktır.

**KAYNAKLAR :**

- (1) Roe, A.L., «Iron Ore Beneficiation», Minerals Publishing Co., 1957, s. 102-122.
- (2) Scott, D.W., «A review and appraisal of Iron Ore Beneficiation» Mining Congress Journal, May, June, July 1963, s. 56-78-53.
- (3) Atak. S., «Çamdağ Demir Cevherinin Zenginleştirilmesi», Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 4. Kongresi, 1975, s. 451.
- (4) Gaudin, A.M., «Flotation», 1932, s. 375
- (5) Glembotsky, V.A., «Reagents for iron ore flotation». Mineral Processing, Cannes 1963, s. 371-384.
- (6) Toggart, A.F., «Handbook of Mineral Dressing», John Wiley and Sons Inc., London, 1950, S. 12-29.
- (7) Durand M., Gauthier, F., Guyot, R. : «Beneficiation of the Siliceus Gangue» Mineral Processing Cannes 1963, s. 385 - 395.