

ÇAMDAĞ DEMİR CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Suna ATAK

Özet

Doğrudan doğruya izabeye gönderilecek cevherlerin tükenmesi sonucunda, son yıllarda demir cevheri fiyatlarında yükselmeler olmuştur. Zengin demir cevherlerine artan istek karşısında, düşük dereceli cevherler ince öğütüldükten sonra, zenginleştirilerek ve peletleme ile büyük boyutlara getirilerek yüksek fırınlara beslenmeye başlanmıştır. Bu sebeple, diğer düşük dereceli cevherler arasında, oolitik sedlmanter demir cevherleri de ekonomik bakımdan önem kazanmıştır.

Bu raporda, %35 demir içeren Çamdağ demir cevherinin zenginleştirilme konusu incelenmiştir. Çamdağ demir cevherinin mineralojik tayini yapılmış, bundan sonra tabla ve flotasyonla zenginleştirme yöntemleri uygulanmıştır. Deneyler sonucunda, takriben %50 Fe tenörü ve % 75-80 Fe randımanı ile konsantreler elde edilmiştir.

Abstract:

Depletion of direct smelting iron ores caused rising in their price in the past several years. Constantly increasing demand for rich furnace feed is being satisfied by use of low-grade iron ores after grinding, beneficiation and pelletizing. Thus, among the other low-grade iron ores, oolitic sedimentary ores have become economically important.

Beneficiation of Çamdağ Iron Ore which contained %35 Fe was investigated in this report. Following the mineralogies! determination, table concentration and flotation experiments were performed with Çamdağ Iron Ore. The concentrates with about %50 iron content and % 75-80 iron recovery were obtained after a series of experiments.

Giriş

Ağır sanayinin belli bağı hammaddesi olan demir cevherlerinin zenginleştirilmesi, son yıllarda önemi artan bir konudur. Tabiatta demir cevherlerinin yüksek tenörde bulunuşu ve ince demir konsantrelerinin yüksek fırına beslenme güçlüğü nedeni ile, yurdumuzda ve dünyada düşük dereceli demir cevherlerinin zenginleştirilmesi konuları uzun süre ihmal edilmiş, zengin cevherlerin kullanılması yoluna gidilmiştir. Bu sebeple demir cevherlerinin zenginleştirilmesine, kırma işlemlerinden sonra, basit yıkama ve elle ayıklama yöntemleri uygulanmış, daha ince CPV-herle çalışan diğer zenginleştirme yöntemleri uzun yıllar demir hazırlamasına tatbik edilmemiştir.

Ekonomik gelişme nedeni üe bütün dünyada olduğu gibi, yurdumuzda da demir cevherlerine ihtiyaç artmış, fiatların yükselişi daha düşük dereceli cevher yataklarım da ekonomik sınıra sokmuştur. Eskiden %55-60'ın altında demir içeren yataklar demir cevheri olarak kabul edüemezken, bu gün pek çok memlekette % 25-35 Fe taşıyan yataklar ekonomik olabilmektedir. Düşük dereceli yatakların ekonomik olması, gravite, flotasyon, manyetik ayırma gibi çeşitli cevher hazırlama yöntemlerinin demir cevherlerine uygulanmasını sağlamıştır. Zenginleştirme sonunda elde edüen ince taneli konsantreler, peletleme sonucunda birkaç santimetrelik parçalar haline getirilerek, yüksek fırınlara beslenebilmektedir.

Düşük dereceli demir yataklarının en önemlileri arasında, sedimanter oolitik demir yatakları sayılabilir. Bu yataklarda genellikle kalkerli, killi çimento içinde oolitler halinde demirli mineraller bulunur. Almanya'da Salzgitter demir yatağı oolitik yapı gösteren sedimanter bir cevher yatağıdır. Salzgitter yatağının ortalama demir tenörü % 25-35 Fe'dir. Zenginleştirme sonucunda elde olunan % 40-50 Fe'li konsantreler kavrulduktan sonra, yüksek fırına beslenmektedir.

Yurdumuzda oolitik demir yataklarına misal olarak, Çamdag demir cevheri gösterilebilir. Bu raporda, Çamdag demir cevheri üe yapılan bazı mineralojik etüdlere ve zenginleştirme deneylerine yer verilmiştir. Cevher yatağının tümü üe etüd

edilmesi, pilot tesis çalışmalarını gerektirir. Bu rapor, kapsamı ile ancak pilot tesis çalışmalarına ışık tutabilir.

Cevher Yatağı Hakkında Genel Bilgiler

Çamdağ yatağı Sakarya ili sınırları içinde, Ferizli ve Kestanepınar arasında uzanan sedimanter bir cevher yatağıdır (3). M.T.A. ve Etibank tarafından yapılan sondajlar ve arama çalışmaları ile cevher yatağı geniş olarak etüd edilmiştir. Yapılan etüdüler sonucunda, bölgede yapısı ve tenörü değişen çeşitli formasyonlar halinde toplam olarak 50 milyon ton civarında demir cevheri rezervi tespit edilmiştir. Cevher yatağı, orta devoniyen yaşlı marnlı kalkerler ve kalkerli kumtaşıları arasında bulunur. Cevher yapısı oolitiktir. Oolitlerin ve çimento maddesinin yapısı bu çalışmada incelenmiştir.

Çamdağ Cevherinin Mineralojik Etüdü

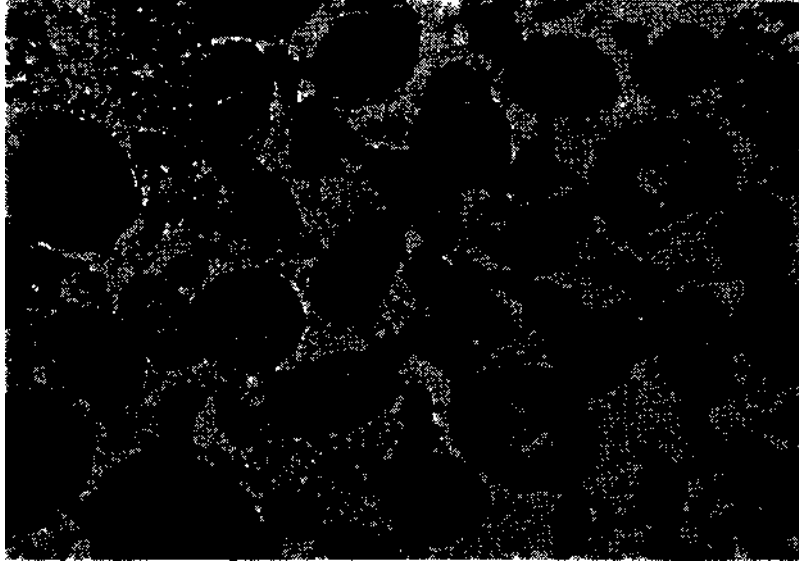
Cevherden alınan ortalama numunenin kimyasal analiz sonuçları şöyledir: Fe: %35, Al_2O_3 : %8, Si(X): %12,3, CaO: %13.2, P: %0.3.

Seçülen cevher numuneleri ile mineralojik tâyinler yapıldı ve oolitlerin büyüklüğü ölçüldü. Cevherde çimentoyu meydana getiren ana mineral kalsittir. Kalsit bazan kristalize, bazan da ince taneli yapıdadır. Çimento içinde yer yer siderit, limonit kil bandları, serizit pulları bulunmaktadır.

Oolitlerin çapı 0,2 - 0,8 mm arasındadır. Merkezlerinde klorit, kuvars, kalsit kristalleri üe demirleşmiş fosil kalıntıları bulunur. Bunların çevresi konsantrik halkalar halinde demir mineralleri üe sarümiştir. (Mitlerde bulunan demir minerali genellikle hematit'tir, fakat bazı numunelerde hematit halkaları arasında limonit halkalarına hatta gang halkalarına rastlanmıştır. Cevherde fosfor, hematitleşmiş fosiller halinde bulunur. Ayrı bir fosfat minerali gözlenememiştir (Şekil 1).

Kırma Deneyleri ve Yorumu

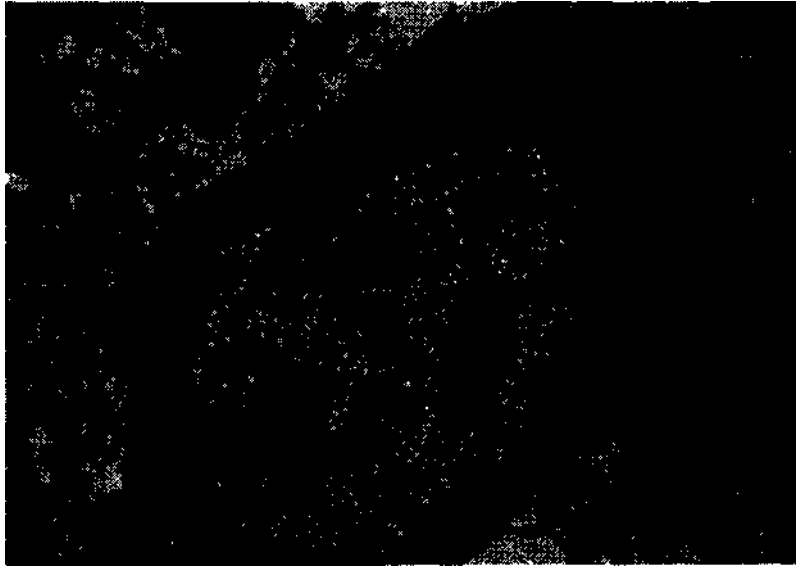
Cevher numunesi laboratuvar konüü kırıcısında kırıldıktan sonra, A.S.T.M. standart elek takımından elenerek, elek frak-



Şekil 1 — a) Kalker çimento içinde oolitler



Şekil 1 — b) Oolitt içinde kalsit

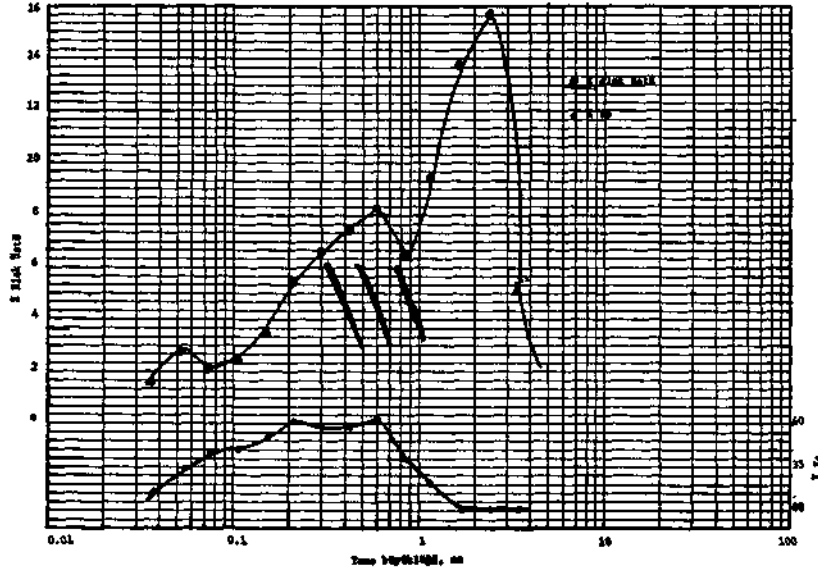


Şekil 1 — o) Oolitik içinde fosil



Şekli 1 — d) Oolit içinde kovara, kavaranı çatlaklarında hematit tarafından doldurulmuş

siyonlarının demir analizi yapıldı. Sonuçlar Şekil 2'de görülmektedir. Numunenin direkt elek analizi eğrisinde üç pik görülmektedir. Bunlardan ilki kırılmış cevherin tane iriliği ile ilgilidir. Cevherin 2-3 mm. ebadına kırılmış olduğunu gösterir. 0,8 - 0,2 mm. arasında bulunan ikinci pik, demirli oolitlerin serbest kaldığı bölgeyi gösterir. Çeşitli elek fraksiyonlarında yapılan demir analizi sonuçlarında, demir yüzdelerinin 0,8 - 0,2 mm. arasında maksimum değerde oluşu da bu görüşü doğrular. Mineralojik tâyin sonucunda da aynı durum ortaya konulmuştur. Üçüncü pikin ise, çimentoyu meydana getiren minerallerin çoğunlukla serbest kaldıkları boyutu gösterdiği düşünülebilir. Oolitlerin serbest kaldığı sınırdan, demir tenörlerinde bir yükselme varsa da, belirli elek fraksiyonlarını konsantre olarak kabul edecek değerde değildir. Çok ince fraksiyonlarda da demirde bir azalma olmakla beraber, önemli miktarda (%30 Fe) demir mevcuttur. Bu sebeple, ince fraksiyonlar artık olarak kabul edilemez.



Şekil 2 — Konill kiracıda S mm altına kırılmış cevherin direkt elek analizi eğrisi ve çeşitli elek fraksiyonlarının demir tenörleri

Zenginleştirme Deneyleri

Cevher, demirce zengin oolitlerden ve demirce fakir çimento maddesinden oluştuğuna göre, zenginleştirmede iki değişik yolun denenmesi düşünülmüştür.

1 — Cevheri oolitlerin büyüklüğüne kadar kurarak, demirce zengin oolitleri çimento maddesinden ayırmak.

2 — Cevheri oolit büyüklüğünün çok altına kırıp öğütürerek, oolitlerin merkezindeki gang minerallerini de demirli mineralerden ayırarak, daha yüksek dereceli konsantre elde etmeğe çalışmak.

Her iki metodun uygulanmasında takip edilen çalışma yöntemleri ve sonuçlar aşağıda görülmektedir.

Oolitlerin Çimento Maddesinden Ayrılması

Cevherden alınan 10 kg. kadar numune, merdaneli kırıcıda 1 mm. altına kırıldıktan sonra (cevherin %90'ı 0,8 mm. den ince), 70 mesh (0,2 mm.) eleğinden elendi. 1-0,2 mm. fraksiyonları arası cevher numunesi laboratuvar Wilfley Sarsıntılı Tablasında zenginleştirildi. Deney sonuçları Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1 — 1 mm Altına Kırılmış Cevherini Sarsıntılı Tablada Zenginleştirilmesi

Ürün	% Miktar	% Fe	% Fe Randımanı
Konsantre	13.3	50.2	19.0
Artık	48.9	35.0	48.5
— 0,2 mm.	37.8	30.0	32.0
Toplam	100.00	35.0	100.0

Deney sonucunda, nispeten yüksek dereceli bir konsantre elde edildiği fakat randımanın çok düşük olduğu, artık ve ince şlamda çok fazla miktarda demir bulunduğu görülmektedir. Oolitlerin tane büyüklüğünün üst sınırına kadar cevher kırıl-

dığı için, serbest kalmayan oolitler sebebi üe artık tenorunun yüksek olduğu düşüünülebilir. Artığı kademeli kırarak ve yeniden tabladan geçirerek konsantrede demir randımanı bir miktar yükseltilebilir. Fakat ince şlamda da önemli miktarda demir bulunduğundan (%30 Fe), demir kaybı yüksek olacak, sadece tabla üe zenginleştirme sorunu çözemeyecektir.

İnce öğütölmüş Cevherle Flotasyon Deneyleri

Oolitlerin konsantre edilmesi sonucunda yüksek dereceli bir ürün alınamadığı tabla deneylerinde göröldüğünden, cevherin oolit çaplarından çok daha küçük boyutlara kadar öğütölerek flotasyon zenginleştirilmesi için çeşitli deneyler yapıldı.

Demir oksitlerin flotasyonla zenginleştirilmeleri asit ortamda sülfonat tipi reaktiflerle demir oksitlerini yüzdürerek, kationik kollektörlerle gang minerallerini yüzdürerek veya silis ve silikatları bir metal iyonu ile canlandırdıktan sonra, yağ asitleri üe gang mineralleri yüzdürölerek yapılabılır (2). Çamdağ cevherinin karbonatlı mineralleri içermesi ve fazla glamlı oluşu, asit ortamda sülfonat flotasyonu yapmaya ve kationik reaktiflerle gangı yüzdürmeğe imkân vermemiş, bu sebeple bir metal iyonu üe silikatlar canlandırıldıktan sonra yağ asitleri üe gang minerallerinin flotasyonu cevherin yapısına daha uygun görölmüştür.

Kuarsın ve çeşitli süikatların, anyonik kollektör flotasyonunda, çeşitli metal iyonları ile, bu iyonların hidrolize başladığı pH değeri üzerinde canlandırıldıkları çeşitli araştırmacılarca ortaya konmuştur (1) (4). Meselâ kurşun iyonu (Pb^{+2}), hidrolize başladığı pH 6 üzerinde kuarsı canlandırarak, anyonik kollektörle yüzebümesini mümkün kılar. Flotasyon, ortamda kurşunun hidroliz ürünleri bulunduğu sürece devam eder. pH'ın fazla yükselmesi sonucu, bütün kurşun iyonlarının nötr hidroksit büeşığı veya plombât ($HPbOa$) iyonu meydana getirmesi halinde, takriben pH 11'de flotasyon son bulur (1). Aynı şekilde kalsiyum iyonu da hidrolize başladığı pH 11 üzerinde kuarsı ve süikatları canlandırır. Çamdağ cevherinde silis ve

kalsit birlikte bulunduğundan, canlandırıcı iyon olarak Ca^{+2} iyonu seçildi. Flotasyon deneylerinde 800 -1000 g/t arası kalsiyum klorür kullanıldı.

pH 11'in üstünde demir oksitlerin yağ asitleri ile yüzeme-yeceği kabul edilirse de, ince demirli şlamın yüzerek demir randımanım düşürmesi ihtimaline karşı, flotasyonda demir minerallerinin bastırılması da uygun görüldü.

Nişasta ve nişasta ürünlerinin demir oksitleri bastırıldığı çeşitli araştırmacılarca ortaya konmuştur (4) (5). Nişastanın su- da çözünen en önemli ürünlerinden biri kostik nişastadır. Kostik nişasta çözeltisi, belirli miktarda nişastayı su içinde karıştırdıktan sonra, aynı hacimde sodyum hidroksit çözeltisi üve edilerek yapılır. Sodyum hidroksit çözeltisi konsantrasyonu, son çözeltide $1N$ NaOH bulunacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu karışım, 30 dakika kadar $55^{\circ}C$ sıcaklıkta 4000 d/d hızla karıştırılır. Böylece hazırlanan kostik nişasta çözeltisi, deneylerde 2-5 kg/t mertebesinde kullanıldı.

Deneylerde kollektör olarak, oleik asit, potasyum oleat, Acintol FAI (Arizona Chemical Co) reaktifi denendi ve en iyi sonuç, sonuncu reaktif ile alındı. Bu reaktif, kademeli olarak 900 -1000 g/t civarında kullanıldı.

Deneylerde kullanılan cevher, %65-75'i —200 mesh olacak şekilde öğütüldü. Cevherin kıvamlandırılması ve flotasyonu Laboratuvar Denver Flotasyon Makinasında, %20 katı pülp yoğunluğunda yapıldı. Cevher önce kostik nişasta ve kalsiyum klorürle 4 dakika karıştırıldı. Daha sonra, bazan bir defada, bazan da kademeli olarak kollektörle karıştırılarak köpük alındı. Çeşitli flotasyon deneylerinde ortam pH'ı kullanılan kostik nişastanın miktarına bağlı olarak, 11.0 ve 11.8 arası değiştirildi.

Flotasyonda, önceden de belirtildiği gibi, gang mineralleri yüzdürülerek, konsantrenin flotasyon hücresinde bırakılmasına çalışıldı. Yani tersine bir flotasyon işlemi uygulandı. Flotasyon süresi kısa tutulduğu zaman, artıkta daha az miktarda demir bulunduğu (%16 -17 Fe) fakat konsantre ve tenorunun düşük olduğu (%44-'48 Fe) görüldü. Flotasyon zamanı uzatıldığında

bunun aksi bir durumla karşılaşıldı. Konsantre tenörü %53 Fe ye kadar çıkarılabildi, fakat bundan daha iyi bir sonuç almak mümkün olmadı.

Flotasyonun diğer bir özelliği, cevherde bulunan demir oksitli kilerin çok ince ufalanarak, pülpde uzun sürede çöken bir şlam meydana getirmesi idi. Bu şlamın çökmesi beklendiğinde, konsantre demir tenorunun düştüğü, şlam ayrıldığında yüksek dereceli konsantre elde edildiği, fakat demir kaybı yüksek olduğu görüldü.

Çeşitli deneyler sonucunda, tıvönan cevherin %50-60'ı oranında, %50-53 Fe tenörü ve % 70-80 demir randımanı üe konsantreler alındı. Artık tenörleri ise % 17-20 Fe civarına düşürüldü, iyi sonuç alman bir deneyin şartları ve sonuçları aşağıda görülmektedir:

Deney şartları: İnce öğütülmüş cevher (%60'ı —200 mesh) 5 kg/t kostik nişasta ve 0,8 kg/t CaCl₂ üe dört dakika karıştırıldı. (Ortam pH'ı 11,5) 1,2 kg/t Acintol FAI üe de dört dakika karıştırıldıktan sonra köpük alındı. Deney sonucu Tablo 2 de görülmektedir.

Tablo 2 — Flotasyon Deneyi Sonucu

Ürün	% Miktar	% Fe	% Fe rand.
Konsantre	42	53,0	60
Şlam	18	43,0	20
Artık	40	19,0	20
Toplam	100	37,0	100

Şlam konsantre üe birlikte alındığı zaman, %50 Fe tenörlü ve %80 randımanlı bir demir konsantresi elde edülebilir.

Sonuçlar

1) Çamdağ oolitik demir cevheri üe mineralojik çalışmalar yapılarak, cevherin kalkerli, killi ve limonitli çimento içinde, merkezlerinde gang mineralleri bulunan ve bunları konsant-

rik halkalar halinde saran demir oksitli oolitlerden meydana geldiği ve oolitlerin çapının 0,2 - 0,8 mm. arasında değiştiği görüldü.

2) Cevherde hem çimento maddesi içinde limonitli küler, siderit gibi demirli mineraller; hem de oolitler içinde kuvars, klorit, kalsit gibi gang mineralleri mevcuttur. Bu durum, konsantre tenörü ve randımanının yüksek olmasını önlemektedir.

3) Zenginleştirme yöntemi olarak, cevherin oolitlerin büyüklüğüne kadar kırılması ve oolitlerle çimento maddesinin tablalarla ayrılması üe, cevherin çok ince öğütülerek flotasyonla konsantre edilmesi ayrı ayrı denendi, iki tip deney sonucunda, benzer tenörde (%50 Fe) demir konsantreleri elde edildi.

4) Tek bir deneme halinde yapılan tabla çalışmasında konsantrenin metal randımanının çok düşük olduğu görüldü. Püot çalışma olanağı olmadığından, cevheri kademeli öğütüp tabladan geçirerek randımanı yükseltme yolları denenemedi. Flotasyon sonucunda, daha yüksek metal randımanı ile (%70-80) konsantreler alındı.

5) Cevher ile yapılacak püot tesis çalışmalarında, iri tane büyüklüğünde (0,8 - 0,2 mm) oolitlerin zenginleştirilmesi, kademeli olarak tablalarla yapılabilir. Flotasyon sadece ince şlama uygulanabilir.

Referanslar

1. PUERSTBNAU, M. C. ve ATAK, S.: Lead Activation in Sulfonate Flotation of Quartz. ATME Trans., vol. 232, 1965, s. 24.
2. GAUDESr, A. M.: Flotation., McGraw-Hill Book C, 1957, s. 475.
3. GÜMÜŞ, A.: Iron Ore Deposits of Turkey, Symposium on Iron Ore, s. 64.
4. Iwasaki, I.: Interaction of Starch and Calcium in Soap Flotation of Activated Silica from Iron Ores., AIME Trans, vol. 232, 1965, s. 383.
5. IWASAKI, I. ve IIAI, R. W. : Starches and Starch Products as Depressants in Soap Flotation of Activated Silica from Iron Ores., AIME. Trans, vol. 232, 1965, s. 364.

