

ŞEKİL VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER, FLOTASYONA ETKİSİ-RARİT ÖRNEĞİ

SHAPE AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES, EFFECT ON FLOTATION-BARITE SAMPLE

S. Bilgen
ODTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

C. Hiçyılmaz
ODTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

Ü. Atalay
ODTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü

G. Akdoğan
I.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

U. Uhisoy
C.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas

ÖZET: Bu çalışmada otojen ve bilyalı değirmende öğütülen barit tanelerinin şekil ve morfolojik özellikleri tarama elektron mikroskobu yardımıyla tesbit edilmiştir. Otojen değirmende öğütülen tanelerin yuvarlaklığı ve eksensel eşitlik derecesi daha fazla, yüzeyleri daha pürüzsüzdür. Bilyalı değirmende öğütülen tanelerin yassılığı ve göreceli uzunluğu daha fazla, taneler daha pürüzlüdür. Flotasyon sonuçları pürüzsüz, yuvarlak tanelerin daha iyi yüzdüğünü göstermiştir.

ABSTRACT: Shape and morphological properties of barite particles ground in autogeneous and ball mills have been determined by utilizing scanning electron microscope. The particles of autogeneous grinding had higher roundness and degree of axial equality, together with lower surface roughness. The particles ground in ball mill had higher flatness and elongation ratio with rougher surface. Flotation tests revealed that smoother and rounder particles showed better floatability.

1. GİRİŞ

Değerli minerallerin zenginleştirilebilmesi için serbestleşmiş olmaları gerekmektedir. Bu da öğütme işlemini zorunlu kılmaktadır. Öğütmede kullanılan otojen ve konvensiyonel (çubuklu ve bilyalı) değirmenler bugüne kadar ekonomiklik veya pülp kimyası ve flotasyona etkisi açısından incelenmiştir.

Son yıllarda başlatılan araştırmalar farklı öğütme mekanizmalarından elde edilen tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin farklı olduğunu, bu özelliklerin de flotasyonu etkilediğini göstermiştir.

Bu bildiride tanelerin şekil ve morfolojik özellikleri, bu özelliklerin tesbit edilmesinde kullanılan yöntem açıklanarak flotasyona olan etkisi barit numunesi ile yapılan deneylerle gösterilmektedir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Malzeme

Bu araştırmada Etbank Beyşehir Barit Madeninden getirilen yıkanmış parça barit kullanılmıştır. Temsili numunelerden yapılan kimyasal analizler numunede % 61.90 BaO ve % 34.50 SO₃ olduğunu, diğer bir deyişle % 94.22 BaS₄ içerdiğini göstermiştir.

2.2 Numune Hazırlama ve Ekipmanlar

Otojen öğütme deneyleri ϕ 430x220 mm boyutunda ve lastik astarla kaplanmış otojen değirmende yapılmıştır. Konvensiyonel öğütme için ϕ \ 50x205 mm boyutunda porselen bilyalı değirmen kullanılmıştır

öğütme kuru yapılmış, otojen öğütmede değirmene 6 kg numune beslenmiştir. Beslemenin fraksiyonlara göre dağılımı şöyledir: -80+50 mm, 3 kg; -10+1 mm, 2 kg; -1+0.147 mm, 1 kg.

3 kg paslanmaz çelik buyanın (25 ve 19 mm çapında) öğütme elemanı olarak kullanıldığı bilyalı değirmene -10+1 mm fraksiyonundan 1.3 kg, -1+0.147 mm fraksiyonundan 0.7 kg olmak üzere toplam 2 kg numune beslenmiştir. Yapılan öğütme deneylerinden 6 dakikalık bilyalı öğütme ile 4 dakikalık otojen öğütmenin çok yakın tane boyu dağılımı verdiği bulunmuştur ki bu da tanelerin özelliklerinin karşılaştırılabilmesine olanak sağlamıştır.

Tanelerin şekil ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde Jeol JSM-6400 tarama elektron mikroskobundan faydalanılmıştır. Otojen ve bilyalı öğütme için tesbit edilen koşullarda öğütülen numuneler elenerek -0.147+0.104 mm, -0.104+0.074 mm, -0.074+0.053 mm ve -0.053+0.044 mm fraksiyonlarına ayrılmıştır. Her fraksiyondan alınan temsili numuneler küçük plakalara dökülmüş, iletkenliğin sağlanması amacıyla altınla kaplanmıştır. Numunelere herhangi bir parlatma işlemi uygulanmamış, böylece parlatma sırasında tanelerin şeklini değiştirme, yüzey pürüzlülüğünü etkileme gibi riskler ortadan kaldırılmıştır.

Tanelerin kısa ve uzun eksenlerinin tesbiti için her resimde sınırlan resmin içinde kalan ve birbiri üzerine binmemiş taneler ele alınmıştır. Bu tanelerin uzun ve kısa eksenleri yönünde 5'er çizgi çizilerek bu çizgilerin uzunluğu ölçülmüştür. Her tane için ölçülen 5 uzun ve 5 kısa eksenin ortalaması alınarak o tanenin uzun ve kısa eksenleri tesbit edilmiştir. Daha sonra o fraksiyondaki taneler için bulunan uzun ve kısa eksenlerin ölçekleme de yapılarak ortalaması alınıp şekil ve morfolojik özelliklerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Her fraksiyonda yaklaşık 200 tanenin eksenleri ölçülmüştür.

Flotasyon deneyleri Hallimond tüpünde azot gazı kullanılarak yapılmıştır. Flotasyon süresinin 5 dakika olduğu, toplayıcı olarak 66 gr/ton A845 (Cyanamid) in kullanıldığı deneyler pH 10.5'da yapılmıştır.

3. ŞEKİL VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER

Şekil ve morfolojik özelliklerin belirlenmesinde tanelerin elips şeklinde olduğu kabul edilmekte, bu nedenle uzun (2a) ve kısa (2b) eksenlerin ölçülmesi gerekmektedir. Forssberg ve Zhai; 1985; Hagerman ve diğerleri, 1980). Tanenin yüzey alanı (A) ve çevresi (P) aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir (Beyer, 1978):

$$A = \pi ab \dots \dots \dots (1)$$

$$P \approx \pi [1.5(a+b) - \sqrt{ab}] \dots \dots \dots (2)$$

Tanelerin şekil özellikleri şunlardır: yassılık, yuvarlaklık, eksensel eşitlik derecesi, göreceli genişlik ve göreceli uzunluk.

$$\text{Yassılık} = \frac{P^2}{4\pi A} \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Yuvarlaklık} = \frac{4\pi A}{P^2} \dots \dots \dots (4)$$

3 ve 4 no lu eşitliklerden görüldüğü gibi yassılık ile yuvarlaklık birbirinin tersidir. Yuvarlaklık daire için maksimum olup değeri 1.0'dır. Daire için yassılık minimum olup değeri 1.0'dır. Diğer özellikler de şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{Göreceli Uzunluk} = \frac{a}{b} \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{Eksensel Eşitlik Derecesi} = \frac{A}{(2a)^2} \cdot \frac{4}{\pi} \dots \dots \dots (6)$$

1 no lu denklemdaki A değeri 6 no.lu denkleme yerine konduğunda eşitlik b/a olur, ki bu da göreceli genişlik olarak tanımlanmaktadır.

Eksensel eşitlik derecesi ve göreceli genişlik değerinin artması tanenin yuvarlaklığını göstermektedir. Yassılık ve göreceli uzunluk arttıkça tanenin yuvarlaklığı azalmakta, yassılığı artmaktadır.

Tanelerin morfolojik özelliklerinin tanımı da şöyledir:

$$\text{Göreceli Yassılık} = \frac{P_1^2 / A_1}{P_2^2 / A_2} \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{Göreceli Çevre Uzunluğu} = \frac{P_1}{P_2} \dots \dots \dots (8)$$

7. ve 8. denklemlerdeki 1 ve 2 sırasıyla otojen ve bilyalı değirmeni temsil etmektedir.

4. DENEYSEL BULGULAR

Yapılan ölçümlerden bulunan eksenler ile A ve P değerleri Tablo 1'de, hesaplanan şekil ve morfolojik özellikler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2'den görüldüğü gibi her fraksiyonda otojen değirmende öğütülen tanelerin yassılıklar ve göreceli uzunlukları bilyalı değirmende öğütülen tanelere göre daha az, eksensel eşitlik derecesi daha fazladır.

Bu da otojen değinnende öğütülen tanelerin daha yuvarlak olduğunu göstermektedir. Şekil 1'deki fotoğraflar bu konuda bir fikir vermektedir.

Göreceli yassılık değerlerine bakıldığında her fraksiyonda bu değerlerin 1.0'den küçük olduğu

görülmektedir. Benzer şekilde göreceli çevre uzunluğu değerleri de 1,0'den küçüktür. Bu da bilyalı değirmende öğütülen tanelerin daha uzun, tane yüzeylerinin ise daha pürüzlü olduğunu göstermektedir

Tablo 1. Bant tanelerinin eksenleri ile A ve P değerleri.

Tane Boyu (mm)	öğütme Sistemi	2a (um)	2b (Hm)	A (Um ²)	P (um)
0.147+0.104	Otojen	143.525	113.066	12745.271	404.47696
	Bilyah	150.06673	113.71132	13402.258	416.31872
-0.104 + 0.074	Otojen	100.407	73.626	5806.107	274.998
	Bilyah	117.295	84.320	7767.834	318.828
-0.074+ 0.053	Otojen	67.549	49.892	2646.913	185.524
	Bilyah	71.262	52.077	2914.70	194.919
-0.053+0.044	Otojen	50.344	37.793	1494.338	139.151
	Bilyah	58.125	39.423	1799.710	154.649

Tablo 2. Barit tanelerinin hesaplanan şekil ve morfolojik özellikleri.

Tane Boyu (mm)	öğütme Sistemi	Yassılık	Eksensel Eşitlilik Derecesi	Göreceli Uzunluk	Göreceli Yassılık	Göreceli Çevre Uzunluğu
0.147 + 0.104	Otojen	1.02148	0.788	1.269	0.995	0.971
	Bilyah	1.02912	0.758	1.320		
-0.104 + 0.074	Otojen	1.03650	0.733	1.364	0.995	0.862
	Bilyah	1.04135	0.719	1.391		
-0.074 + 0.053	Otojen	1.03475	0.739	1.353	0.997	0.952
	Bilyah	1.03729	0.731	1.367		
-0.053 + 0.044	Otojen	1.03109	0.751	1.332	0.973	0.90
	Bilyah	1.05750	0.678	1.475		

Hallimond tüpünde yapılan flotasyon deneylerinin sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

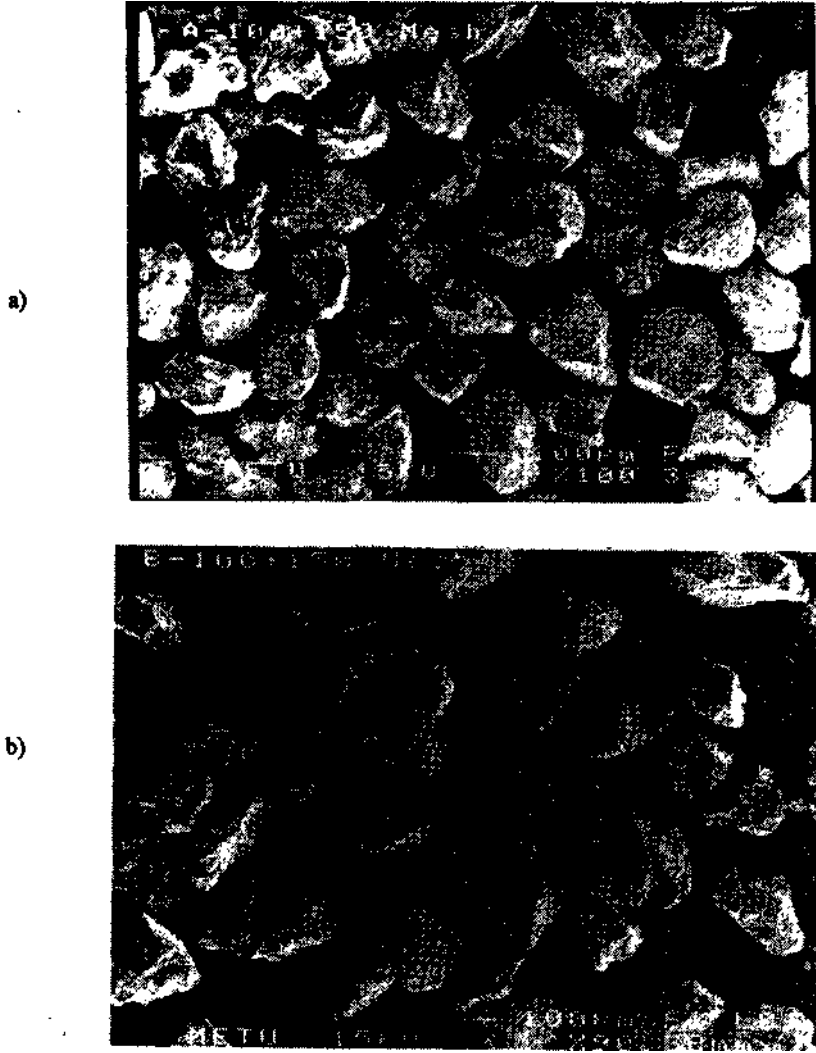
Tablo 3. Barit flotasyonu sonuçları.

Tane Boyu (mm)	Ağırlıkça Randıman, %	
	Otojen	Bilyah
-0.147+0.104	91.81	84.41
-0.104+0.074	95.82	93.64
-0.074+0.053	96.97	94.96
-0.053+0.044	95.33	94.11

Tabloda verilen ağırlıkça randımanlar her fraksiyon için yapılan dört deneyden elde edilen

randımanların ortalamasıdır. Deney sonuçlarından görüldüğü gibi otojen öğütülen tanelerin randımanları bilyalı değirmene göre daha yüksektir. Otojen değirmen ürünü tanelerin yassılığı ve pürüzlülüğü az, yuvarlaklığı fazla olduğuna göre tanelerin pürüzsüz ve yuvarlak olması flotasyonu olumlu yönde etkilemektedir.

Fahlström (1974), Forsberg ve Zhai (1985) yaptıkları çalışmalar ile otojen değirmende öğütülen tanelerin konvensiyonel değirmenlerde öğütülen tanelere göre daha yuvarlak olduğunu, flotasyonla elde edilen konsantrelerin tenor ve randımanlarının daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Bizim bulduğumuz sonuçlarda bu çalışmalarla uygunluk göstermektedir.



Şekil 1. a) Otojen b) Bilyalı değinnende öğütülen numunelerin $-0.147+0.104$ mm fraksiyonu (Büyütme: a)x100, b)x90).

5. SONUÇ

Bu çalışmada otojen ve bilyalı değirmende öğütülen tanelerin farklı şekil ve morfolojik özelliklere sahip olduğu, yuvarlak tanelerin daha iyi yüzdüğü bulunmuştur. Tane şekli yanında yüzey pürüzlülüğü de flotasyonu etkilemektedir.

KAYNAKLAR

- Beyer, WH. 1978. *Handbook of Mathematical Sciences*, CRC Press, Florida.
- Fahlström, P.H. 1974. Autogenous grinding of base metal ores at Boliden Aktiebolag. *CIM Bulletin*, 78- 127-141.
- Forssberg, E. ve Zhai, H. 1985. Shape and surface properties of particles liberated by autogenous grinding. *Scand. J. Metallurgy*, 14: 25-32.
- Hagerman, T.H., Black, K. ve Lilliesköld 1980. Shape and surface of mineral grains tested for mortar and concrete purposes through image analysis. *Swedish Councilfor Building Research*, D.26.

