

OTOJEN ÖĞÜTMİYİ ETKİLEYEN KRİTERLER

M. Zeki DOĞAN (*)
Ümit ATALAY(**)

ÖZET

Bu çalışmada cevherlerin otojen öğütmeye uygunlukları araştırılmıştır. Bu amaçla otojen öğütülen dört ayrı cevherin laboratuvarında mekanik ve fiziksel özellikleri saptanmış ve bu özelliklerin otojen öğütmedeki önemleri tartışılmıştır. Sonuç olarak, hangi tip cevherlerin otojen öğütmeye uygun olabileceği hakkında bir kıstas saptanmıştır.

ABSTRACT

The study concerns the suitability of ores for autogenous grinding. For this purpose four different ores, which are ground autogenously, have been investigated in the laboratory. Physical and mechanical properties are determined and the importance of these properties in autogenous grinding is discussed. A simple criterium of suitability of ores for autogenous grinding has been given.

(*) Prof. Dr., ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, ANKARA

(**) öğretim Görevlisi., ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, ANKARA

1. GİRİŞ

Cevher hazırlama tesislerinde öğütme metalurjik verimlilik ve maliyet yönünden her zaman önemli bir etkidir.

Endüstriyel çapta öğütme her zaman pahalı bir işlem olup, işletme masraflarının önemli bir kısmını, öğütmede kullanılan çelik çubuk ve bilyaların aşınması ve enerji sarfıyatı oluşturmaktadır. Genel olarak toplam öğütme maliyetinin yarısını, öğütmede kullanılan çubuk ve bilyaların aşınması oluşturur (1). Otojen öğütmede çelik çubuk ya da bilyaya gereksinim olmadığından öğütme maliyeti yarı yarıya azalmaktadır. Cevherlerin otojen öğütülmeye uygunlukları hakkında herkesçe kabul edilmiş bir kural yoktur. Günümüzde cevherin otojen öğütmeye uygunlukları pilot çapta yapılan bir deneme sonucunda ortaya çıkarılmaktadır. Pilot çapta yapılan deneme genellikle pahalı bir işlem olup elde edilen sonuçlarda her zaman endüstriyel çapta öğütme performansı ile uyum sağlamamaktadır.

Birçok araştırmacı cevherlerin otojen öğütmeye uygunluklarının mineralojik içerikleriyle, mekanik ve fiziksel özellikleriyle ilgili olduğunu ileri sürmüşlerdir.

2. DENEYSEL

Deneysel çalışmanın amacı, otojen olarak öğütülen Ytong Kuvarsit, KBî Samsun bakır cürufu, Murgul Çakmakkaya ve Murgul Damar bakır cevherlerinin öğütülebilirlik, düşme indeksi, sertlik, darbe dayanımı, çekme dayanımı ve basma dayanımı gibi mekanik ve fiziksel özelliklerini saptamaktır. Deneysel çalışmalarda kullanılan bu cevherlerin kimyasal analizleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Basma dayanımı deneylerinde cevher bloklarından çıkarılan silindirik numuneler kullanılmıştır. Numunelerin (boy) uzunluk/çap oranı 2 - 2.5 arasında tutulmuştur.

Çekme dayanımının saptanmasında Brezilya yöntemi uygulanmıştır (2). Bu yöntemde numunelerin uzunluk/çap oranı bir olarak seçilir ve yük yana yatırılmış numune üzerine bir doğru boyunca yüklenir.

Çizelge 1 — DeneYlerde Kullanılan Cevherlerin Kimyasal Analizleri

Cevher	Cu	Fe	Al ₂ O ₃	S	CaO	MgO	Zn	SiO ₂	Diğerleri
Ytong Kuvarsit	—	—	—	—	—	—	—	98.00	2.00
Murgul Damar	1.37	694	4.10	8.75	0.50	0.46	0.12	70.36	738
Murgul									
Çakmakkaya	105	7-04	2.65	7.99	0.35	0.35	0.05	73.20	7.32
Samsun cüruf	1.40	*	1.50	0.90	—	—	4.80	26.40	5.98

(*) %4880 FeO ve % 10 Fe₃O₄

Darbe altında kırılmaya karşı gösterilen direnç olan darbe dayanımının saptanmasında da çapı ve boyu birbirine eşit ve 25 mm olan numuneler kullanılmıştır (3). Darbe dayanımı saptanmasında otomatik test cihazı kullanılmıştır.

Cevherlerin sertliğini saptamak için Vickers sertlik ölçme aleti kullanılmıştır (4). Piramit şekline getirilmiş bir elmasın mineral üzerine bastırılmasıyla elde edilen izin boyutundan yararlanılarak mineralin sertliği saptanmıştır. Minerallerin sertliği ölçüldükten sonra cevherlerin mineralojik kompozisyonu gözönünde tutularak cevherin sertliği hesaplanmıştır.

Cevherlerin öğütülebilirlik indekslerinin saptanmasında «Hard. grove» ve «Bond» standard bilyalı değirmen yöntemleri uygulanmıştır (5, 6).

Düşme indeksi kayaç ve cevherin düşmesinden dolayı oluşabilecek kırılma ve ufalanmalara karşı gösterdiği dirençtir. Cevherin aşınmaya karşı gösterdiği direnç ise Aşınma indeksidir. DeneYlerde Düşme İndekslerinin ve Aşınma İndekslerinin saptanmasında ISO 3271 sayılı uluslararası standartlardan yararlanılmıştır (7).

Cevherlerin özgül ağırlıklarının saptanmasında ise piknometreler kullanılmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

Cevherlerin laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilen mekanik ve fiziksel özellikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2— Cevherlerin Fiziksel ve Mekanik özellikleri

	Murgul Çakmak- kaya	TMURGUL Damar	KB. t Samsun Cüruf	J*''* Kuvarsit
Basma Dayanımı, kg/cm ²	1&46	1409	1987	2367
Çekme Dayanımı, kg/cm ²	169.07	53.23	124.08	172.67
Darbe Dayanımı, kg. cm/cm ³	38.63	13.52	40.19	47-47
Hardgrove tş İndeksi, kwh/ton*	9.18	7.65	12.67	1435
Bond iş İndeksi, kwh/ton	13.38	7.04	10.38	12.11
Düşme indeksi, %	91.72	88.96	89.37	92.39
Aşınma İndeksi, %	4.83	7.67	5.75	4.90
Vickers sertliği, kg/mm ²	»8604	945.86	709.66	1011.28
Özgül ağırlık	2.77	3.16	4.44	2.55

(*) **kwh : Kilovat - saat**

Basma dayanımı otojen öğütmede önemli bir rol oynar. Basma dayanımı deney sonuçları en yüksek değeri Ytong kuvarsiti için (2367 kg/cm²) ve en düşük değeri Murgul Damar cevheri için (1409 kg/cm²) vermiştir. Basma dayanımı sonuçları bu cevherlerin, yüksek basma dayanımına sahip cevherler gurubuna girdiklerini göstermektedir. Otojen öğütmede, basma dayanımı küçük olan cevherler (280 - 560 kg/cm²) orta boyut¹ ara kolayca kırılır ve kapasiteyi düşürerek zararlı olan kritik tane boyutuna ulaşır. Bu nedenle otojen öğütmede basma dayanımı yüksek cevherler iyi sonuçlar vermektedir.

Otojen öğütmede çekme dayanımının doğrudan doğruya bir etkisi yoktur. Ancak şarjın ağırlığından dolayı cevher parçalarının üzerinde çekme kuvveti oluşur. Bu kuvvetlerin etkisiyle cevherin parçalanmaması için belirli bir çekme dayanımına sahip olması gerekmektedir.

Otojen öğütmede etkili olan bir diğer özellik de öğütme anında cevherlerin birbirinin üstüne düşmesiyle oluşabilecek darbelere karşı dayanıklı olmaktır. Deney sonuçlarından elde edilen darbe dayanımı değerleri (13.52 kg. cm/cm³ -47.47 kg. cm/cm³) bu cevherlerin darbelere karşı yeterli dirence sahip olduklarını göstermektedir. Yüksek Düşme indeksi cevherin düşme sonucu ufalanmasına karşı göstereceği direncin ölçüsüdür. Düşme indeksi sonuçları, darbe dayanımı sonuçlarına paralellik göstermektedir.

Aşınma indeksinin büyüklüğü aşınmaya karşı olan direncin büyüklüğünü gösterir. Deneyler sonucunda aşınmaya karşı en fazla dirence Murgul Çakmakkaya bakır cevherinin sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Cevherlerin sertlikleride onların aşınmaya karşı olan dirençlerini etkiler. Çizelge 2'de görüldüğü gibi en büyük sertliğe Ytong kuvarsiti (1011.26kg/mm²), en düşük sertliğe ise Samsun Bakır cürufu sahiptir (709.66 kg/mm²). Otojen olarak öğütülen Türk cevherlerinde kuvars ya da pirit vardır, bu minerallerin vickers sertlikleri 1000 kg/mm²'nin üstündedir.

Otojen değirmende cevherin aşınması, normal bir değirmende çubuk ve bilyaların aşınmasıyla benzerlik gösterir. Otojen öğütmede aşınma cevherdeki tanelerin yüzeyden kopanmasıyla olur. Yüzeyden koparılan işlemi cevherin içindeki sert ve aşındırıcı olan minerallerin yardımıyla gerçekleşir. Cevher içindeki sert mineraller normal öğütmedeki çelik bilya ve çubukların işlevini görürler.

Öğütülebilirlikle ilgili iş indeksi tayinleri «Hardgrove» ve «Bond» standart bilyalı değirmen yöntemleriyle yapılmıştır. Her iki yöntemde Murgul Çakmakkaya cevheri dışında yakın sonuçlar vermiştir. İş indeksinin «Bond» yöntemiyle saptanması daha güvenilir olduğundan sonuçların değerlendirilmesinde bu yöntem esas alınmıştır. 10'a yakın ya da daha yüksek iş indeksi değerleri öğütme için gerekli enerji tüketiminin yüksek olduğunu gösterir. Yüksek iş indeksleride otojen öğütülen cevherlerin ortak özelliklerinden biridir.

2.55 ile 4.44 arasında değişen özgül ağırlıklarda otojen öğütmeyle dolaylı olarak ilgilidir. Aşınmaya neden olan temasın cevherlerin özgül ağırlığıyla olan ilişkisi açıktır. Ayrıca yüksek özgül ağırlığa sahip cevherler değirmen kapasitesini arttırdığından otojen olarak daha verimli öğütülmektedir.

4 SONUÇ

Deneylerin ışığı altında aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır;

- öğütme ortamı sağlayabilmek ve öğütme anında oluşacak kuvvetlere paraçlanmadan karşı koyabilmek için cevherler yüksek basma dayanımına ve yeterli çekme dayanımına sahip olmalıdır.
- Aşındırıcı özelliğe sahip cevherler otojen öğütmeye uygundur. Otojen olarak öğütülen cevherlerin aşınma indeksleri ve sertlikleri bu sonucu doğrulamaktadır.
- Yüksek düşme indeksi ve yüksek darbe dayanımında otojen öğütme için gerekli özelliklerdir. Bu özellikler cevherin darbeler ve düşmeler sonucu parçalanıp kritik boyuta gelmesini önler.

KAYNAKLAR

- 1 — HUKKÎ, T.R., «Autogenous Grinding - A Key to Economic Processing of Minerals», United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the less Developed Areas, 581 E., Oct., 1962, 9 pages.
- 2 — Internatinoal Society for Rock Mechanics and Mineral Sciences, Vol. 15, 1978.
- 3 — T.S. 699 Mart 1978, Türk Standartlar Enstitüsü, sayfa 7-9.
- 4 — CAMERON, E.N., Ore Microscopy, Wiley. 1961.
- 5 — HUGHES, H.T., «Surface/Energy Relationship on a Laboratory Grinding Mill», Second European Symposium on Commination, p. 551.
- 6 — BOND, F.C., «Standard Grindability Tests Tabulated», AIME Transactions, 1949.
- 7 — «Determination of Tumbler Index», ISO 3271 (International Standards), 197 S (E), 5 pages.