

Küre Cevherinin Öğütülme Özellikleri

Grinding Properties of Küre Ore

Bülent FİDAN (*)
Ali İhsan AROL (**)

ÖZET

Öğütme, enerji yoğun bir süreç olması nedeniyle çok iyi bir şekilde kontrol edilmesi gerekir. Pülp yoğunluğu, hem öğütme inceliğini ve hem de öğütücü ortam tüketimini etkilediği için öğütmenin etkinliğini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Bu çalışmada, pülp yoğunluğunun Küre piritli bakır cevherinin öğütülmesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. En uygun öğütme yoğunluğu olarak ağırlıkça %62,5 katı bulunmuş ve öğütücü ortam tüketiminin artan pülp yoğunluğu ile azaldığı belirlenmiştir.

ABSTRACT

Because grinding is an energy intensive process, grinding circuits should be closely controlled. Pulp density, affecting both the fineness of the grind and the grinding media consumption, is one of the most important determining parameters for efficient grinding. In this study, the effect of pulp density on the grinding of the Küre pyritic copper ore was investigated. It was found that the most suitable pulp density was 62.5 percent solids by weight. It was also determined that the increasing pulp density caused a decrease in the grinding media consumption.

(*) Maden Yüksek Mühendisi,

(**) Doç.Dr., ODTÜ Maden Müh. Böl., ANKARA

1. GİRİŞ

Herhangi bir sanayi dalında katı hammadelerin hazırlanışı boyut küçültmeyle başlar. Boyut küçültme, kırma ve öğütme ile gerçekleştirilir. Hammaddelere uygulanan boyut küçültme işlemlerinin başlıca nedenleri şunlardır:

- Cevher içerisindeki bir ya da birden fazla değerli minerali gang minerallerinden serbest hale getirmek,
- Özel bir kimyasal tepkime için gerekli özgül yüzey alanını yaratmak,
- Hammaddeyi, proses ya da taşıma koşullarının gerektirdiği boyuta indirmek ve
- Hammaddeyi, piyasa koşullarına uygun hale getirmek.

Öğütme sonucu elde edilen ürünün inceliği, harcanan enerji ile orantılıdır. Bu konuda yapılan araştırmaların bir çoğunda enerji-boyut küçültme arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmış ve böylece en az enerji ile en fazla boyut küçültmenin yolları araştırılmıştır. Bilindiği gibi, harcanan enerjinin bir kısmı doğrudan boyut küçültmede kullanılmakta, önemli bir bölümü ise faydalı bir iş (boyut küçültme) yapmadan ısı enerjisine dönüşerek kaybolmaktadır.

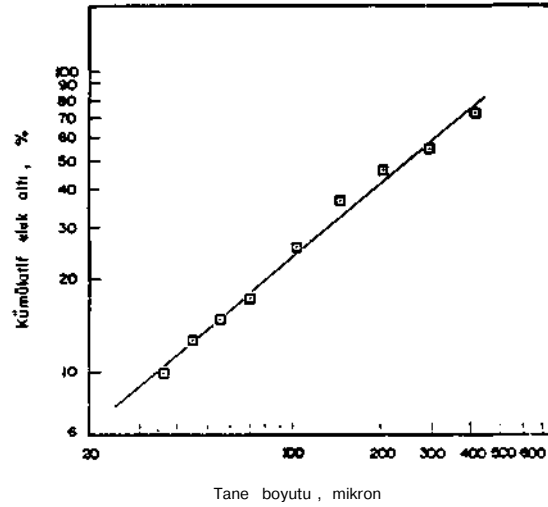
Öğütmede, enerjinin etkili bir şekilde kullanılması bir çok tasarım parametresinin yanında işletme parametrelerine de bağlıdır. İşletme parametreleri arasında öğütmeyi en önemli ölçüde etkileyen hiç kuşkusuz değirmendeki pülp yoğunluğudur. Ancak, bu konu cevher zenginleştirme tesislerinde hakettiği öneme henüz ulaşamamıştır.

Değirmendeki pülp yoğunluğu özgül enerji tüketimini etkilediği gibi, öğütme maliyetinin diğer bir önemli kalemi olan öğütücü ortam tüketimini de etkilemektedir. Özellikle fiziksel aşınmadan kaynaklanan ortam tüketimi ile pülp yoğunluğu arasında doğrudan bir orantı vardır. Pülp yoğunluğu arttıkça özgül ortam tüketimi azalmaktadır. Bu azalma, öğütme veriminin en yüksek olduğu pülp yoğunluğuna kadar olumlu; onu geçtiğinde olumsuzdur.

Bu yazıda, Küre piritli bakır cevherinin bilyalı değirmenlerde en etkili bir şekilde öğütülmesi için gerekli pülp yoğunluğu ve öğütücü ortam tüketiminin pülp yoğunluğu ile olan ilişkisi konusunda yapılan çalışmaların sonuçları verilmiştir.

2. DENEY MALZEME VE YÖNTEMLERİ

Öğütme deneylerinde küre piritli bakır cevheri kullanılmıştır. Küre konsantratöründen -1,5 cm olarak alınan cevher önce laboratuvar tipi çeneli kırıcı ve sonra merdaneli kırıcı yardımı ile iki kademede -28 meş'e kırılmıştır. Merdaneli kırıcıya, malzeme elenerek, yalnızca +28 meş beslenmiş ve malzemenin tümü -28 meş'i geçinceye kadar merdaneli kırıcıda kırılmaya devam edilmiştir. -28 meş'e kırılan bütün malzeme harmanlanarak 0,5 kg'lık temsili numunelere bölünmüştür. Öğütme deneylerine esas olan bu numunelerin elek analizi Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. öğütme deneylerinde kullanılan numunenin boyut dağılımı

Öğütme deneyleri laboratuvar tipi bilyalı değirmende yapılmıştır. 19,5 /18,2 cm boyutlu çelik değirmenin toplam iç hacmi olan 5435 cm³'ün %40'ı 36 adet 25,4 mm çapında ve 55 adet 32 mm çapında bilyalar ile doldurulmuştur. Bilyalar arasındaki boşluk %46 olarak belirlenmiş ve değirmene bu boşluğun % 110'u kadar pülp beslenmiştir. Değirmene beslenen pülpün hacmi bütün deneylerde sabit tutulmuştur. Değirmenin kritik hızı 103 devir/dakika olarak belirlenmiş, çalışma hızı olarak 74 - 76 devir/dakika seçilmiştir.

Kesikli olarak yapılan öğütme deneylerinden sonra, değirmen ürünü iki eşit kısma ayrılmıştır. Birinci kısım yaş elek analizine tabi tutularak, değirmende üretilen -36 mikronluk malzemenin miktarının belirlenmesinde, ikinci kısım ise kurutularak üretilen yüzey alanının

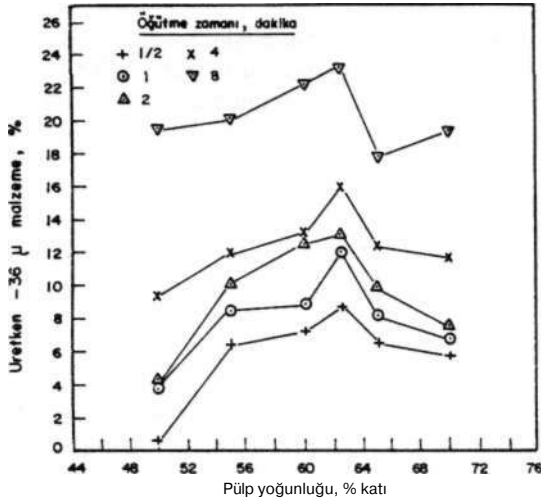
Permaran ile ölçülmesinde kullanılmıştır.

Pülp yoğunluğunun öğütücü ortam tüketimi üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan öğütme deneylerinde öğütme zamanı 15 dakika olarak sabit tutulmuştur. Öğütme öncesi ve sonrasında bilya ağırlıkları tartılarak ortam tüketimi bulunmuştur. Deneylere ait daha ayrıntılı bilgi ve hesaplar ilgili tez çalışmasında yer almaktadır (Fidan, 1990).

3. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

Pülp yoğunluğunun öğütmeye olan etkisini belirlemek için değişik pülp yoğunluklarında öğütme deneyleri yapılmıştır. Ağırlıkça yüzde 50, 55, 60, 62,5, 65 ve 70 katı içeren pülpün herbiri değirmende 1/2, 1, 2, 4 ve 8 dakika süreyle öğütülmüşlerdir. Bu öğütme deneylerinden elde edilen sonuçlar, üretilen -36 mikron malzeme ve yüzey alanı olarak Şekil 2 ve 3'te verilmiştir.

Şekil 2'de görüleceği gibi bütün öğütme zamanları için, pülp yoğunluğu ağırlıkça %62,5 katı oluncaya kadar, üretilen -36 mikron malzeme miktarında bir artış olmuş, ve yoğunluk %62,5 katıyı aşınca bu miktar azalmaya baş-



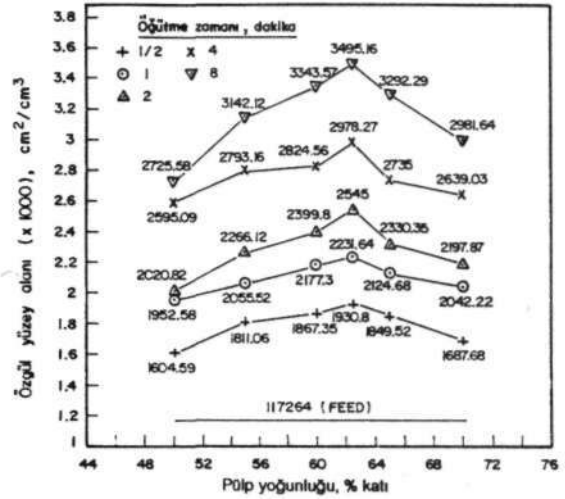
Şekil 2 Değişik öğütme zamanları sonunda üretilen -36 mikron malzeme - pülp yoğunluğu ilişkisi

lamıştır. Örneğin, 2 dakikalık öğütme zamanı için yoğunluk %50 katı olduğu zaman üretilen -36 mikron malzeme miktarı bütün numunenin %13,86'sı olurken, yoğunluk %55'e yükselince bu değer %19,92'ye, %60'ta %22,38'e,

%62,50'de ise %22,88'e yükselmiştir. Yoğunluk %65'e yükseltildiğinde üretilen -36 mikron malzeme miktarı %19,69'a ve %70 yoğunlukta daha da azalarak %17,25'e inmiştir. Diğer zamanlar için farklı değerler olmakla birlikte tamamen benzer bir davranış gözlenmiştir.

Pülpün değirmende daha uzun süre öğütülmesi, bütün pülp yoğunluklarında daha ince malzeme üretilmesi ile sonuçlanmıştır. Bu, ilk bakışta doğal görünmektedir. Ancak, öğütme süresi arttıkça öğütülen malzeme inceleşip, pülpün viskozitesini arttıracığından öğütme verimini ters yönde etkileyebilmektedir. Bu çalışma sırasında denenen koşullarda böyle bir durumla karşılaşılmaştır. Daha yüksek pülp yoğunluğu ve daha uzun süreli öğütme ile öğütmenin yavaşladığı ve hatta durduğu noktayı bulmak mümkün olabilmektedir.

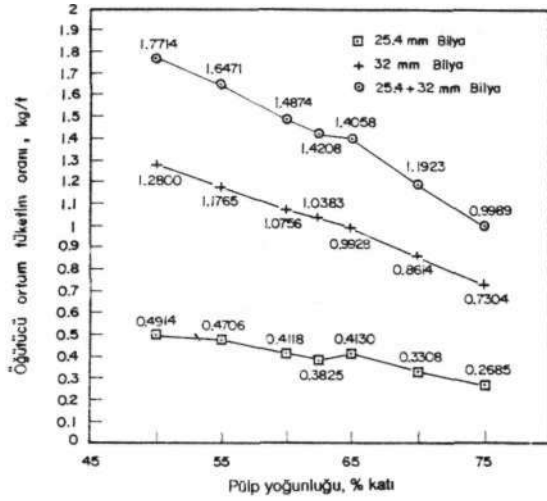
Öğütmenin etkinliğini belirleyen en önemli sonuç, hiç kuşkusuz üretilen yeni yüzey alanıdır. Öğütme sonucu tane boyutu belli bir değerin, bu çalışmada 36 mikron, altına inmiş olsa bile, ürünün yüzey alanını belirlemeden öğütmenin etkinliği konusunda son sözü söylemek mümkün değildir. Zira, öğütmede harcanan enerji, üretilen yeni yüzey alanı ile orantılıdır ve yüzey alanı tek bir boyutla değil, tane boyutu dağılımı ile tanımlanır. Bu noktadan hareketle, değirmen ürününün özgül yüzey alanı belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, bütün öğütme zamanları için pülp yoğunluğu %62,5 katı ol-



Şekil 3. Değişik öğütme zamanları sonunda ürünün özgül yüzey alanı - pülp yoğunluğu ilişkisi

duğu zaman üretilen yüzey alanı en fazla olmuş, yani en etkin öğütme gerçekleşmiş, bu yoğunluğun altında ve üstünde üretilen yüzey alanında azalma olmuştur. Bu sonuçların Şekil 2'deki sonuçlarla uyumlu olduğu gözlenmektedir.

Pülp yoğunluğunun öğütücü ortam tüketimi üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan öğütme deneylerinde öğütme zamanı olarak 15 dakika seçilmiştir. Böylece, bilyaların aşınması tartılarak bulunabilmektedir. Bu deneylerin sonuçları Şekil 4'te verilmektedir. Yüzde 50 katı içeren pülpün öğütülmesi sırasında 25,4 mm'lik bilyaların aşınması 0,4914 kg/t, 32 mm'lik bilyaların aşınması ise 1,2800 kg/t olmuş, pülp yoğunluğu arttıkça bilya tüketimi doğrusal bir şekilde azalarak %70 katı pülp yoğunluğunda sırasıyla 0,2685 ve 0,7304 kg/fa inmiştir.



Şekil 4. Öğütücü ortam tüketim oranının pülp yoğunluğuna göre değişimi (sabit pülp hacmi, kesikli öğütme, 15 dakika öğütme zamanı)

Değirmenlerde öğütmenin verimliliği değirmen boyutu, öğütücü ortam boyutu ve miktarı, giren ve çıkan malzemenin boyutu, ve çekilen güç gibi parametrelerin yanı sıra pülp Teolojisi-ne bağlıdır. Pülp reolojisini dört ana etken belirlemektedir. Bunlar: Pülp yoğunluğu (yüzde katı), tane boyut dağılımı, fizikokimyasal ortam ve pülp sıcaklığıdır. (Clarke ve Kitchener, 1968; Tuncker, 1982 Klipel, 1982a, 1982b, 1983 ve 1986).

İyi bir öğütmenin olabilmesi için pülp yoğunluğunun pülp öğütücü ortam çevresinde bir katman oluşturacak şekilde kıvamlı takat serbestçe akabilecek kadar da ince olmalıdır (Kapur ve diğerleri 1965; Yen ve Salman, 1969). Öğütücü ortam çerçevesinde pülp katmanı yeterli kıvamda olduğu durumlarda iri parçacıklar pülp içerisinde askıda kalabilecek ve bilya ya da bilya-astar arasındaki öğütme daha etkili olacaktır. Pülp katmanının daha az kıvamlı olduğu durumlarda öğütülmesi istenen parçacıklar pülp içinde askıda kalamıyacak ve ortamın pülp üzerinde çalışması azalacaktır. Ortam kendi kendini öğütmeye başlayacaktır. Bu da ısısal kayıp ve ortam aşınması olarak sonuçlanacaktır. Pülp, plastik bir yastık oluşturacak ve öğütme verimini azaltacaktır. Bilyalar sürekli bu plastik yastık üzerinde çalışacakları için ortam aşınması da azalacaktır. Dahası, pülp yoğunluğunun aşırı olduğu durumlarda ortam pülp içinde hareket edemez duruma gelecektir. Böylece ortam aşınması olmayacağı gibi öğütmede gerçekleşmeyecektir (Klimpel, 1986; Tangsathikulchai ve Austin, 1985 ve 1986, Iwasaki ve diğerleri 1988).

4. SONUÇLAR

Öğütmenin en önemli işletme parametresi olan pülp yoğunluğunun küre piritli bakır cevherinin öğütülmesi ve öğütücü ortam tüketimi üzerindeki etkileri konusunda yapılan deneyler en uygun pülp yoğunluğunun %62,5 katı olduğunu ortaya koymuştur. Bu yoğunluğun altında ve üstünde öğütme veriminin düştüğü gözlenmiştir. Öğütücü ortam tüketiminin artan pülp yoğunluğu ile azaldığı belirlenmiştir.

ANMA

Bu makale Bülent Fidan'ın Yüksek Lisans Tezi'nin bir bölümünden alınarak hazırlanmıştır. Bülent, bu tezi savunduktan çok kısa bir süre sonra sekiz mesai arkadaşıyla birlikte Elazığ-Guleman karayolunda pusuya düşürülerek öldürüldü. Ülkemiz madenciliği, mesleğini seven, meslek gereklerini canla başla yerine getirmeye çalışan ve parlak bir gelecek vaad eden bir üyesini çok genç yaşta kaybetti. Kendi emeğinin ürünü olan bu makale Sevgili Bülent Fidan'ın anısına ithaf olunur.

KAYNAKLAR

- CLARKE, B. ve KITCHENER, J.A., (1968); The Influence of Pulp Viscosity on Fine Grinding in a Ball Mill, British Chem. Eng., vol. 13, No.7, pp.991
- FIDAN, B., (1990); Grinding Characteristics of Küre Copper Ore. Master Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Ankara.
- IWASAKI, I., POZZO, R.L., NATARAJAN, K.A., ADAM, K., ve ORLICH, J.N. (1988); Nature of Corrosive and Abrasive Wear in Ball Mill Grinding, Int. Jour. of Min. Proa, 22, pp. 345-360.
- KAPUR, P.C., MULAR, A.L. ve FUESTENAU, D. W., (1965); The Role of Fluids in Comminution, The Canadian Jour. of Chem. Eng., pp. 119.
- KUMPEL, R.R., (1982); Slurry Rheology Influence on the Performance of Mineral/Coal Grinding Circuits, Mining Eng., pp. 1665
- KLIMPEL, R.R., (1982); Laboratory Studies of the Grinding and Rheology of Coal Water Slurries, Powder Tech., 32, pp. 267.
- KLIMPEL, R.R., (1983); Slurry Rheology Influence on the Performance of Mineral/Coal Grinding Circuits - Part2, Mining Eng., pp. 21
- KLIMPEL, RR., (1986); The Influence of Slurry Rheology on the Wet Grinding of Ores and Coals, 1. World Cong. Particle Technology, Part II: Comminution, Nürnberg, pp. 529.
- TANGSATHITKULCHAI, C. ve AUSTIN, LG., (1985); The Effect of Slurry Density on Breakage Parameters of Quartz, Coal and Copper Ore in a Laboratory Ball Mill, PowderTech., 42, pp. 287-296.
- TANGSATHITKULCHAI, C. ve AUSTIN, LG., (1988); Rheology of Concentrated Slurries of Particles of Natural Size Distribution Produced by Grinding, Powder Tech., 50, pp. 293-299.
- TUCKER, P., (1982); Rheological Factors That Affect the Wet Grinding of Ores, IMM, vol. 91, pp. C117.
- YEN, W.T. ve SALMAN, T., (1969); Pulp Density of Ball Mills and Grindability, Canadian Mining Journal, pp.63.

