

Bilyalı Değirmenle Kuvarsın Yaş Öğütülme Kinetiği

M. Yekeler

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, SİVAS

ÖZET: -600 + 425 ljm besleme boyutundaki kuvars mmeralinin % 100'nün 38 um anma öğütülebilmesi için 194 mm iç çapında de, 25 mm çapında çelik bilyalar kullanılarak standart kınima testleri yapılmıştır. Amaç, yaş öğütme koşulları ile kınılan endüstriyel minerallerden biri olan kuvarsın öğütülebilirlik limitini ve kuru öğütmeye göre daha ince ürüne aynı koşullarda hangi sürelerde erişildiğini araştırmaktır. Öğütme süresi arttıkça değirmende ince tanelerin artması, öğütmenin "yavaşlama etkisi" nedeniyle zorlaşması ve aglomerasyon oluşması bilinmektedir. Bunları önlemek için artan derişimlerde bir dispersant (sodyum metafosfat) kullanılarak ulaşılabilecek en son öğütme kinetiğine ulaşılmıştır. Elek analizi standart eleklerle önce yaş sonra kuru olarak yapılmıştır ve kısa öğütme süreli (1 dakika) üründen "Kümülatif Kınıma Dağılım Fonksiyonu" değerleri (By) elde edilmiştir. Kuru öğütme ile kıyaslandığında yaş öğütmenin daha verimli olduğu bulunmuştur. Standart kınıma testleri sonucundan -600 + 425 (om fraksiyonunun kınıma hızı (Sj) 0.63 dak⁻¹ olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada kuvarsın yaş öğütme kinetiğinin analizi, kınıma parametreleri (Sj ve Bjj) ve parça boyut dağılımı açısından ele alınmaktadır ve optimum koşullar ortaya konulmaktadır

1. GİRİŞ

Değirmenlerde öğütme sırasında ince malzeme çoğaldıkça kuru öğütmenin zorlaştığı bilinmektedir. Harcanan enerji başına malzemenin yüzey alanı çok ince ürün oluşumuna bağlı olarak azalmakta ve belirli bir süre sonra artık hiç öğütme olmayıp malzemenin yüzey alanının sabit kaldığı görülmektedir (Hukki ve Reddy 1967). Bu olay, partiküllerin briketleme aksiyonunu oluşturduğu, yumuşak tozların bilyalar üzerinde bir tabaka meydana getirdiği şeklinde açıklanmıştır (Ghigi ve Rabottino 1967). Bu nedenle

malzemeyi ultra-ince fraksiyonlara bilyalı değirmenlerle kuru olarak öğütmek oldukça zor bir işemdir, özellikle çimento klinkerini birkaç saat öğüttükten sonra boyut küçültme sağlanamamıştır. Bazı araştırmacılar (Austin ve Bagga 1981) ve (Shah ve Austin 1983) bilyalı değirmende kuru öğütmenin kinetik analizini yaparak öğütmenin belirli bir süre sonra yavaşlaması ve durmasını "yavaşlama etkisi (K)" ile açıklamışlardır. Yavaşlama etkisi, uzun süre öğütmedeki spesifik kırılma hızının normal öğütme süresindeki spesifik kınıma hızına oran olarak tanımlanmıştır. Ayrıca değirmende ince malzeme miktarı

artıkça "yavaşlama etkisi" değerinin azaldığında aynı araştırmacılar tarafından gösterilmiştir.

"Yavaşlama etkisi" kavramı yaş öğütme işlemi içinde aynı yaklaşımla kullanılmaktadır (Tangathitkulchai ve Austin 1985). Yani belirli bir süre öğütüldükten sonra malzemenin değirmen astarına yapışarak bir tabaka oluşturduğu özellikle olması gereken öğütme ürünü boyut dağılımını vermediği görülmektedir.

Kırılma kinetiğini karakterize etmek için bazı matematiksel yaklaşım ve kavramlar mevcuttur. Bunlardan ilki "spesifik kırılma hız (SJ)" dir ve aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$i \text{ boyutunun kırılma hızı} = s_j w_j W$$

burada $w_j=i$ boyutundaki fraksiyonun ağırlıkça miktarı, $s_i=i$ boyutunun spesifik kırılma hızı (dakika⁻¹) ve $W=$ değirmene beslenen toplam miktar. Sözkonusu eşitlik analitik olarak şöyle de ifade edilebilir:

$$-(dw_j/dt) W = s_j w_j(t) W$$

veya

$$\log w_j(t) - \log w_j(0) = -s_j t / 2.3$$

burada $t=$ öğütme süresidir

Kırılan veya öğütülen malzemenin hangi boyut fraksiyonlarına nasıl dağıldığı "kümülatif kırılma dağılım fonksiyonu" ile ifade edilir. Boyut fonksiyonu j olan parçaların kırılmadan sonraki miktarları w_j ile j malzemesinin ise i boyut fraksiyonuna kırılması sözkonusudur. O halde kümülatif form

$$B_{i,j} = \sum_{k=i}^j b_k, \text{ olarak ifade edilir}$$

$B_{i,j}$ değerleri ayrıca ampirik bir fonksiyon olarak ifade edilebilir (Austin ve diğerleri 1984):

$$B_{i,j} = \phi_j (X_{i-1}/X_j)^{\gamma} + (1-\phi_j)(X_{i-1}/X_j)^{\beta}, 0 \leq \phi_j \leq 1$$

Burada ϕ_j , γ ve β öğütülen malzemenin karakterini tayin eden parametrelerdir. γ değeri boyut dağılımının eğimi ile ilgili bir faktördür, γ 'nın büyük veya küçük olması ince malzeme fraksiyonunun çok veya az olduğunu belirtirken ϕ_j ve β değerleride besleme boyutunun yakın olduğu fraksiyonların ne kadar hızla bir alt boyuta indirildiğini göstermektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1 Mineral

Tüm deneylerde kullanılan mineral -30+40 meş (-600+425 μ m) fraksiyonu hazırlanmış ve % 100'ünün -600 μ m ye geçtiği kuvars mineralidir. Deney malzemesi mineralin mikroskop altında incelenmesi rastgele şekillerde olduğunu, keskin köşeler oluşturan şekle sahip olduğunu göstermiştir. Piknometre ile yapılan ölçümlerle yoğunluk 2.64 g.cm⁻³ olarak belirlenmiştir.

2.2 Öğütme Deneyleri

Öğütme deneylerinde kullanılan laboratuvar ölçekli değirmene ait özellikler Çizelge 1 de verilmiştir. Ayrıca deney koşulları da bu çizelgede belirtilmiştir. Kuvars öğütüldükten sonra değirmen boşaltılıp numune alınarak boyut dağılımları tayin edilmiştir. Elek

Çizelge 1. Bilyalı değirmenin özellikleri ve deney koşulları

Değirmen	İç çapı, mm	194
	Uzunluğu, mm	175
	Hacmi, cm ³	5170
	Çalışma hızı, d/d	75
	% Kritik hız	76
Lifter	Sayısı	6
	Kesit alan	Yan-dairesel
	Yarıçapı, mm	10
Ortam (bilya)	Malzemesi	Çelik alaşım
	Çap, mm	25
	Sayı	74
	Özgül ağırlık	7.8
	Ortalama bilya ağırlığı, g	66.2
Mineral	Değirmen Şarjı	0.20
	Kuars	
	Özgül ağırlık	2.64
	Beslenen miktar, g	320

analizi için alınan numune üzerinde önce yaş sonra kuru eleme yapılarak ince partiküllerin daha etkin olarak alt boyutlara geçmesi sağlanmıştır. Ayrıca değirmende aglomerasyona neden olan ince partikülleri dağıtmak için değişen miktarlarda dispersant (sodyum metafosfat) ilavesi yapılmıştır. Söz konusu dispersant miktarları Çizelge 2 de verilmiştir.

Çizelge 2. Kullanılan dispersant miktarları

Öğütme süresi, dk	Dispersant derişimi, g.L ⁻¹
1	0.5
2	0.7
4	0.9
8	1.1
32	1.2
128	1.2

3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kuars mineralinin değişik sürelerde öğütülmesinden sonra ürünün boyut dağılımının

birinci derece kırılma grafiği Şekil 1 de görülmektedir. Bu şekilde 1, 2,4 dk lık öğütmeler sonucu 425 (im nin üzerinde kalan fonksiyonlara karşı öğütme süresi eğrisi lineer bir doğru vererek birinci derece kırılma kinetiğini göstermiştir. Hesaplanan eğim spesifik kırılma hızı (S_j) olarak 0.63 dk⁻¹ bulunmuştur. S_j değeri aynı besleme boyutundaki kuvarsın aynı koşullarda öğütülmesinde 0.40 dk⁻¹ değerini vermiştir (Austin ve diğerleri 1990). S_j değerinin büyük olması demek daha etkin bir kırılma olduğunu ve orjinal parçanın daha çabuk alt boyuta indirildiğini vurgulamaktadır Buna göre, yaş öğütmenin kuru öğütmeye göre daha etkin ve ekonomik olduğu söylenebilir

Kümülatif kırılma dağılım fonksiyonu (By) değerleri ise en kısa öğütme süresi olan 1 dk ürününe Bil yaklaşımı uygulanarak elde edilmiştir. Bil yaklaşımının partikül boyut dağılımını kullanarak hesaplama yaptığı ifade şöyledir:

$$B_j = \frac{\log \left[\frac{(1 - P_j(t)) / (1 - P_j(0))}{(1 - P_j(t)) / (1 - P_j(0))} \right]}{\log \left[\frac{(1 - P_j(t)) / (1 - P_j(0))}{(1 - P_j(t)) / (1 - P_j(0))} \right]}$$

Burada $P_j(t) = t$ zamanında i boyutundan geçen fraksiyon, $P_j(0) =$ beslenen i boyutundan geçen fraksiyondur.

Elde edilen B_j j değerlerine karşılık boyut grafiğinden B_j fonksiyon değerleri Şekil 2 de gösterilmektedir. Şekil 2 de elde edilen fonksiyon değerleri ($\gamma = 1.20$, $\alpha = 0.74$ ve $\beta = 6.46$) partikül boyut dağılımını karakterize etmektedir. Aynı fonksiyon değerleri kuru öğütme için $\gamma = 1.24$, $\alpha = 0.68$ ve $\beta = 5.38$ dir. Şekildeki γ değeri doğrunun alt kısmının eğimidir, α lineer doğrunun besleme boyutuna dik doğruyu kestiği nokta, β ise doğrunun üst kısmının eğimidir. Yaş öğütmeden elde edilen değerler kuru öğütmeyle kıyaslandığında i nin daha büyük oluşu ile üst boyutların daha çabuk kırılarak alt boyuta indirildiğini ve miktarının çokluğunu, γ değerinin küçüklüğü ise homojen bir şekilde birçok ince boyuta dağıldığını göstermektedir. Elde edilen fonksiyon değerleri ile B_j şöyle ifade edilebilir:

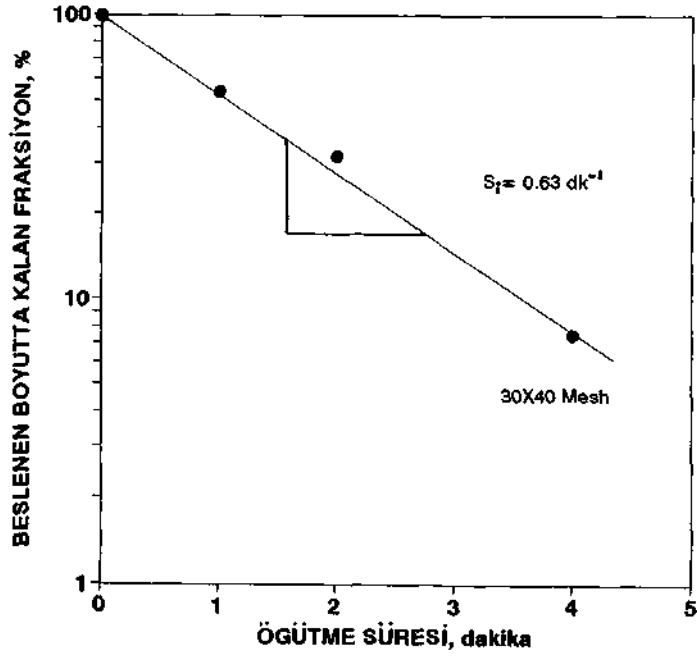
$$B_{j,0} = 0.74(X_{j,1}/X_j)^{1.20} + (1 - 0.74)(X_{j,1}/X_j)^{6.46}, 1 > 1$$

Şekil 3 değişik öğütme sürelerinde elde edilen partikül boyut dağılımını göstermektedir. Buna göre 128 dakikalık öğütmeyle beslenen malzemenin % 95 i 38 nm nin altına geçtiğini göstermiştir (Yekeler 1990).

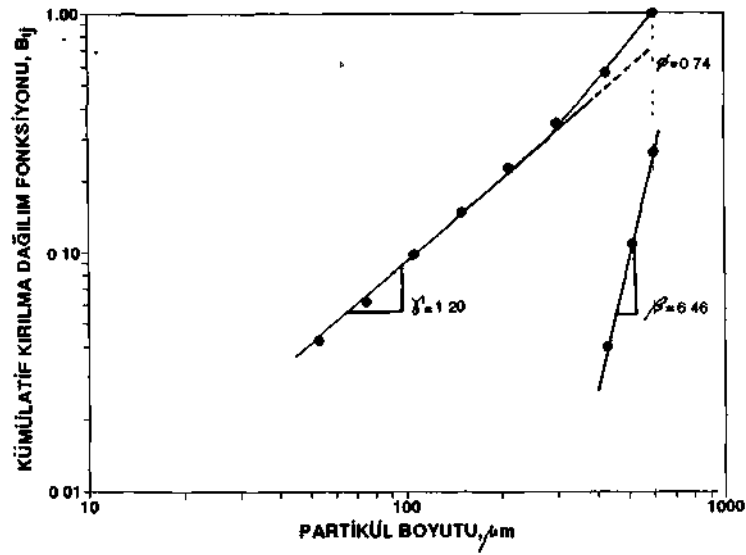
Öğütme süresi ilerledikçe değirmendeki ince malzemelerin aglomerasyonunu önlemek için dispersant olarak kullanılan sodyum meta-fosfat miktarı Şekil 4 te gösterilmiştir. Buna göre ilerleyen öğütme süresine bağlı olarak artan ince malzemenin aglomerasyonunu önlemek için dispersant miktarında artırmak gerekmektedir. Değirmen çıkışı ürünün mikroskop altında incelemesinde ayrıca herhangi bir aglomerasyonun olmadığını göstermiştir.

4. KAYNAKLAR

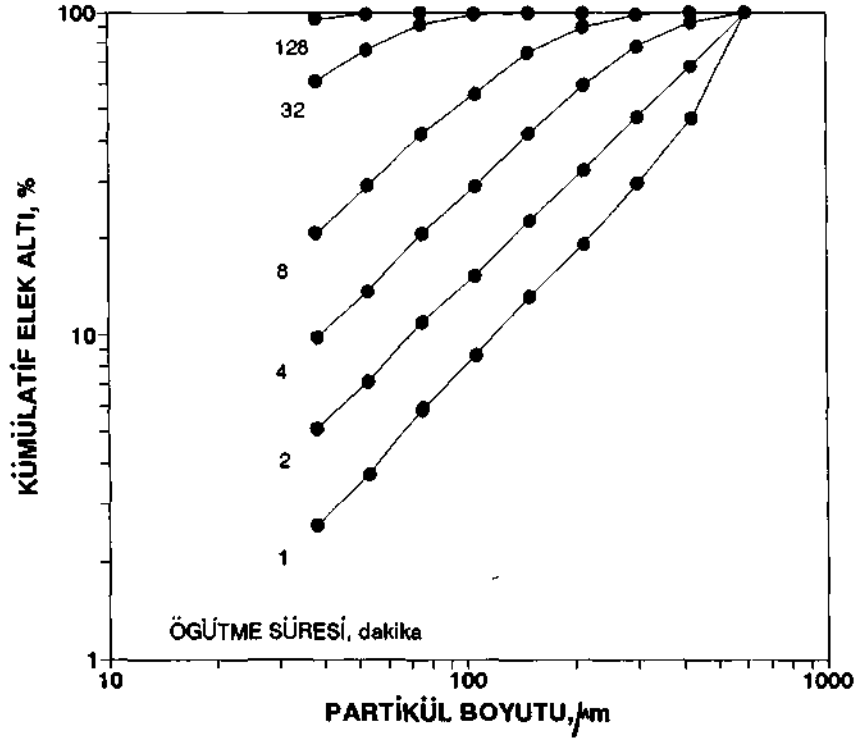
- Austin, L.G. and Bagga, P. 1981 Powder Tech., 28, p.83
- Austin, L.G., Kumpel, R.R. and Luckie, P.T. 1984. Process Engineerin Of Size Reduction. Ball Milling, AIME, New York.
- Austin, L.G., Yekeler, M., Dumm, T.F. and Hogg, R. 1990. Part. & Part. Sys Charact, 7, p.242.
- Bernhardt, C. 1988. Adv. in Colloid and Interface Sei. 29, p.79.
- Ghigi, G. and Rabottino, L. 1967. Dechama Monograph, 57, p. 427.
- Kukki, R.T and Reddy, I.G. 1967. Dechama Monograph, 57, p. 313
- Shah, I. and Austin, L.G. 1983. Ultrafine Grinding and Separation of Industrial Minerals, G. Malgham (ed.), AIME, New York, p. 9.
- Tangsthitkulchai, C. and Austin, L.G. 1985. Powder Tech., 42, p. 287.
- Yekeler, M. 1990. M.Sc. Thesis, Perm State Univ., Univ. Park, PA, U.S.A



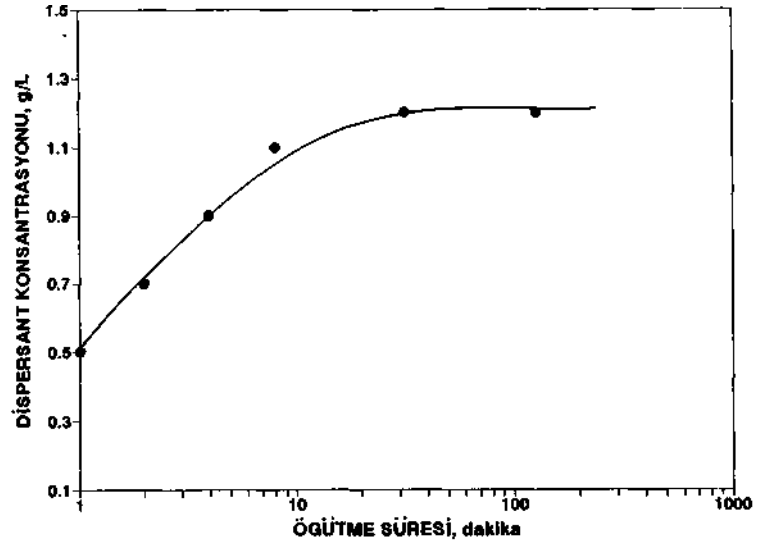
Şekil 1 -600+425 jam kuvarşın yaş öğütülmesinin spesifik kırılma hızı (S_j) değeri



Şekil 2 -600+425 pm kuvarşın yaş öğütülmesinin kümülatif kırılma dağılım fonksiyonu değerleri (B_j)



Şekil 3. -600+425 um besleme boyutundaki kuvarın değişik öğütme sürelerinde elde edilen ürünlerinin boyut dağılımları



Şekil 4. Öğütme süresine bağlı olarak kullanılan dispersant miktarları