

Sönmüş Kirecin Mikronize Öğütülmesi

Eyüp Sabah, Zeyni ARSOY, Selçuk Koltka

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.
esabah@aku.edu.tr, zeyni_arsoy@hotmail.com, selcukkoltka@hotmail.com

Geliş Tarihi: 20 Eylül 2012; Kabul Tarihi: 26 Ekim 2012

Özet

Dünyada ve ülkemizde sönmüş kireç; şehir sularının ıslahı, evsel ve endüstriyel atık suların arıtımı, atık çamur muamelesi, baca gazı desülfürizasyonu, katı çöp ıslahı vs. gibi çevre kirliliğinin önlenmesinde ve rehabilitasyonunda gittikçe yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte kimya, çevre, kozmetik, gıda, zirai uygulamalar, kauçuk, plastik gibi endüstriyel alanlarda ve termik santrallerde çok ince (<10 µm) ve süper ince (<1 µm) boyutlardaki kirece olan talep artmıştır. Bu nedenle, kirecin mikronize boyuta ufanması yani boyut küçültme işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada Adaçal Kireç fabrikasında (Emirdağ-Afyonkarahisar) üretilen 1 mm boyutundaki sönmüş kireci seramik bilyalı değirmende 10 µm altına öğütebilmek için kuru öğütme işlem parametreleri optimize edilmiş, mikronize kirecin tane boyutu, beyazlık, porozite, aktivasyon, özgül yüzey alanı, yığın yoğunluğu gibi fiziksel ve fiziko-kimyasal özellikleri değirmene beslenen sönmüş kirecin özellikleriyle karşılaştırılmıştır. Değirmen kritik hızı, bilya şarjı, malzeme şarjı ve öğütme süresinin optimizasyonu sonucunda, besleme boyutu 1 mm olan sönmüş kirecin ancak %57'si 10 µm altına indirilebilmiş, öğütmede etkin parametrelerin bilya şarjı ve öğütme süresi olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Sönmüş kireç, Bilyalı değirmen, Mikronize öğütme

Micronized Grinding of Hydrated Lime

Abstract

All around the world and also in our country hydrated lime has been increasingly extending in usage for preventing and rehabilitating environmental pollution in terms of municipal water treatment, household and industrial waste water purification, waste mud handling, flue gas desulphurization, solid waste reclamation etc. With the developing technology, the demand for very fine (<10 µm) and ultra fine (<1 µm) lime has increased in chemical, environment, food, agriculture applications, rubber and plastics industrial areas and thermal reactors. Therefore, lime should be ground to micronized size, in other words size reduction processes should be applied to it. In this present study, dry grinding process parameters optimized to grinding hydrated lime under 10 µm from 1 mm produced by Adaçal lime factory; the physical and physico chemical properties of micronized lime such as particle size, whiteness, porosity activation, specific surface area, bulk density compared with the properties of hydrated lime was fed to the mill. As a result of optimization of the critical mill speed, ball charge, material charge and grinding time can be reduced only 57% under 10 µm hydrated lime which feed size is 1 mm, and ball charge and grinding time were determined as the effective key parameters of grinding.

Key words

Hydrated lime, Ball mill, Micronized grinding

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Kirecin hammaddesi kireçtaşıdır. Kireçtaşları yüksek kalsiyum içeren kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı olmak üzere kabaca iki sınıfa ayrılmaktadır (Lokman, 2000). Kireçtaşının (CaCO₃) kalsinasyonu

sonucu elde edilen kireç antik çağlardan beri bilinen, çok yönlü kullanımı olan ve endüstriyel hammaddeler içinde en çok kullanım alanı bulan maddedir (Çiçek, 1999). Dünyada kireç ürünleri

kadar çok çeşitli kullanım yeri olan bir ürün daha mevcut değildir.

20. yüzyılın başında hızla gelişen kimya ve demir çelik endüstrisi ile çok büyük miktarlarda kireç kullanılmaya başlanmıştır. Kirecin endüstri, tarım ve çevre sektörlerindeki gün geçtikçe artan kullanımı, kireç üretim yerlerinin yaygınlığının, kullanım yerlerine yakınlığının, üretim teknolojisinin geliştirilmesinin ve bu sayede fiyatının diğer rakip kimyasallara oranla oldukça ucuz olmasının bir sonucudur. Birçok kimyasal prosesin (nötralizasyon, absorpsiyon, kostikleştirme gibi) ana girdisi olması, kimyasallarla çabuk reaksiyona girerek istenmeyen maddeleri bünyeden uzaklaştırması, pahalı kimyasalların geri kazanılmasındaki rolü, organik canlılar için besi maddesi olması, ucuzluğu ve kolay bulunması gibi nedenler bu malzemenin yaygın biçimde kullanılmasında önemli rol oynamaktadır (Kılıç, 2005). Alçı fabrikalarında dolgu maddesi olarak kullanılan kirecin 10 µm altında olması, kimya sanayinde pH ayarlayıcı olarak kullanılan kirecin ve baca gazı arıtımında kullanılan kirecin yüksek bir yüzey alanına ve ince boyuta sahip olması gerekmektedir. Kimya, çevre, kozmetik, gıda, kauçuk, plastik gibi endüstri alanlarında (Auer, 2004) gelişen teknolojiye bağlı olarak yüksek beyazlık, yüzey alanı, gözeneklilik ve çok ince boyut dağılımı vs. özelliklere sahip sönmüş kirece olan talep son yıllarda artış göstermeye başlamıştır. Bu talebi karşılamak için sönmüş kirecin enerji etkin ve verimli öğütme sistem(ler)i ile ekonomik bir şekilde boyut küçültme işlemine tabi tutulması gerekmektedir.

Ufalama işlemi çeşitli tip değirmenlerde gerçekleştirilmektedir. Öğütmede verimliliği etkileyen pek çok işletme ve tasarım değişkeni bulunmaktadır. Bunlar arasında bilyalı değirmenlerde bilya boyu ve tonajı, besleme boyut dağılımı, besleme hızı, malzeme sertliği ve tane boyu dağılımı, astar tipi, değirmen çapı, değirmen boyu, değirmen ve seperatörde hava hızı vs. sayılabilir.

Bu çalışmada, maksimum tane boyutu 1 mm olan

sönmüş kirecin, seramik hazneli değirmenlerde seramik bilya kullanmak suretiyle 10 µm altına öğütmek için gerekli olan öğütme parametrelerinin optimizasyonu ve bu parametrelerin mikronize kirecin özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Deneyisel çalışmalarda kullanılan sönmüş kireç numuneleri, Adaçal Endüstriyel Mineraller San. Tic. A.Ş kireç fabrikası kireç söndürme çıkışından alınmıştır (Şekil 1). Kıрма ünitesinden gelen malzeme yakma ünitesine, buradan da 0-5, 5-20, 20-60 ve 60-90 cm boyutlarına ayrılarak silolara, silolardan gelen malzeme ise darbeli kırıcıya beslenmektedir. Darbeli kırıcıdan çıkan malzeme sarkaç toplu değirmene gönderilirken, değirmen çıkışı kireç söndürmeye beslenmektedir.

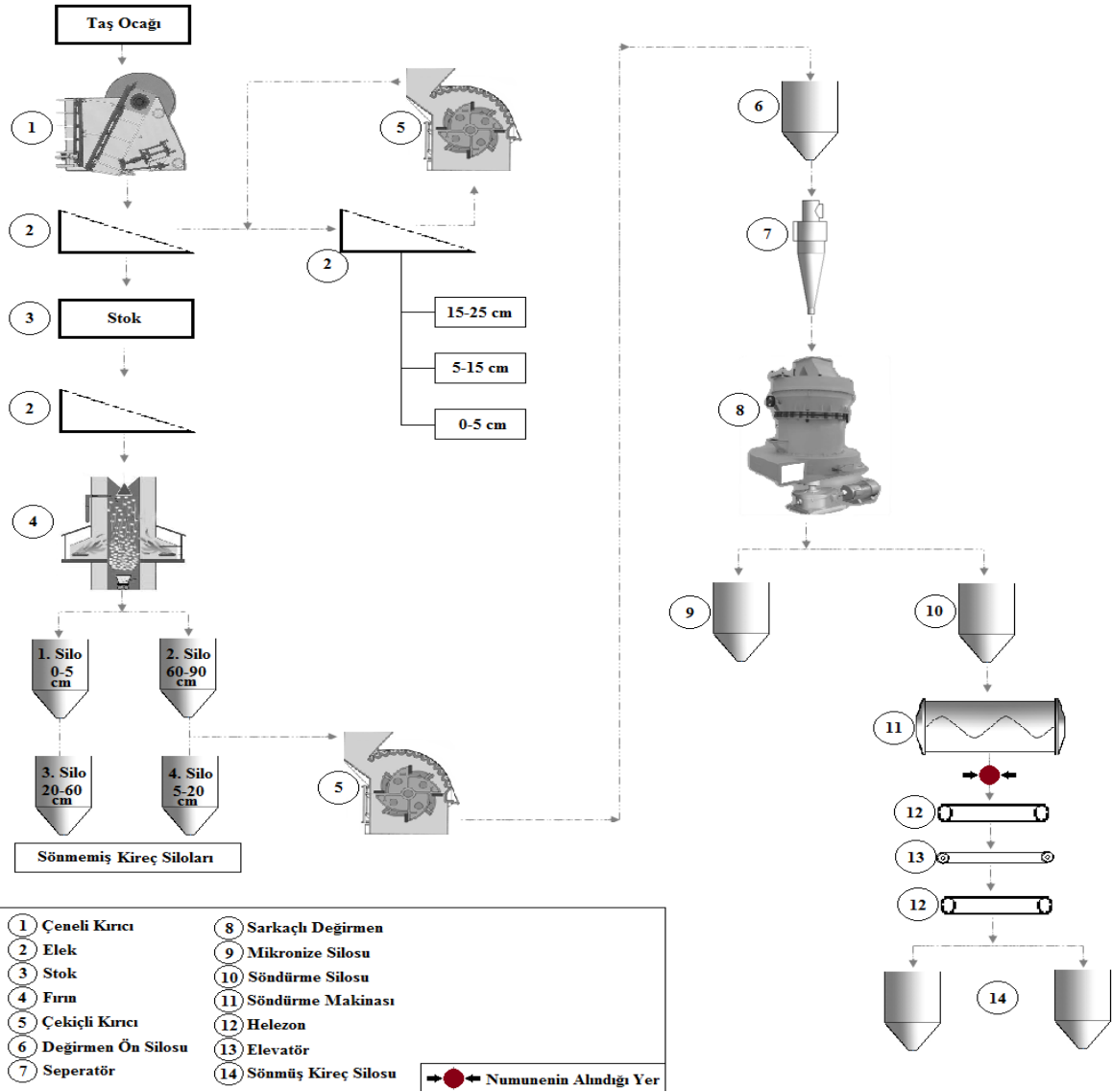
Tesisten alınan sönmüş kireç numunelerine karakterizasyon testleri için bir dizi kalitatif (nitel) ve kantitatif (nicel) analiz teknikleri uygulanmıştır.

Sönmüş kirecin yoğunluk tayini Quantachrome Ultracycrometer 1000 model helyum piknometresinde yapılmış, nem tayininde Denver IR-30 marka nem tayin cihazı kullanılmıştır. Öğütme öncesi ve sonrası sönmüş kirecin tane boyu analizleri; Malvern Mastersizer 2000 marka lazer tane boyut ölçüm cihazında, BET özgül yüzey alanı ölçümleri Quantachrome Nova 2200 cihazında beyazlık ölçümleri ise Datacolor Elrepho cihazında gerçekleştirilmiştir. Orijinal ve öğütme sonucu elde edilen ürünlerin yığın yoğunlukları TS 32 EN 459-2 standardına, reaktivitesi ise TS 32 standardına göre belirlenmiştir.

Öğütme deneyleri seramik hazneli ve seramik bilyalı değirmende kuru olarak yapılmış, kullanılan seramik haznenin özellikleri Tablo 1'de ve öğütme ünitesi Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Öğütmede kullanılan seramik haznenin özellikleri.

Seramik Hazne	
Dış çap (cm)	20
Boy (cm)	38
İç çap (cm)	16
Hacim (cc)	3.000



Şekil 1. Kireç üretim tesisinin şematik gösterimi ve numune alma noktası.



Şekil 2. Laboratuvar ölçekli öğütme ünitesi

Tablo 2. Öğütme parametreleri.

Hız (D\D)	$N_c \times 0,50$; $N_c \times 0,60$; $N_c \times 0,70$; $N_c \times 0,80$; $N_c \times 0,85$
Bilya şarjı (%)	25; 30; 35; 40
Malzeme şarjı (%)	25; 30; 35; 40
Süre (dk)	30; 45; 60

Öğütme parametrelerinin (Tablo 2) optimizasyonunda, çalışılan parametre dışındaki değişken(ler) sabit tutulmuştur.

Öğütme işleminde üç farklı boyutta seramik bilya kullanılmış olup, bu bilyalara ait fiziksel özellikler Tablo 3'de sunulmuştur.

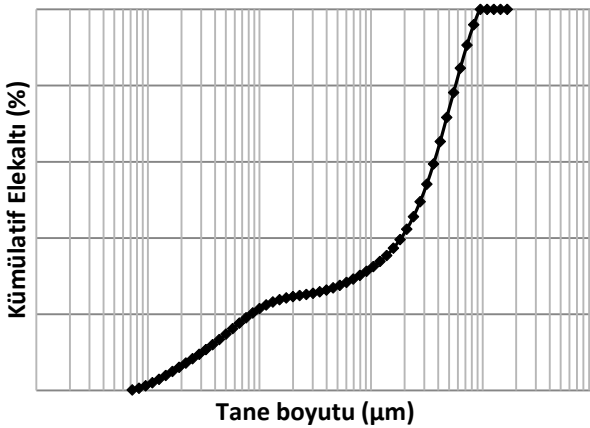
Tablo 3. Çelik ve seramik bilyaların fiziksel özellikleri

Bilya tipi	Seramik		
	12	14	16
Bilya çapı (mm)	12	14	16
Kütle (gr)	4,95	7,32	8,59
Hacim (cm ³)	1,2	1,75	2
Yoğunluk (gr/cm ³)	4,12	4,18	4,29

3. Bulgular

3.1. Karakterizasyon testleri

Orijinal numuneye ait boyut dağılımı eğrisi Şekil 3'de verilmiştir. Tamamı 1 mm'nin altında olan sönmüş kireç numunesi geniş bir boyut aralığına sahip olup, yaklaşık %21'i 10 µm altındadır. Öğütme işlemine tabi tutulacak orijinal numunenin d₅₀ değeri ise 297 µm'dur. Karakterizasyon testleri ile tespit edilen sönmüş kirece ait diğer fiziksel, kimyasal ve fiziko-kimyasal analiz sonuçları Tablo 4'de toplu bir şekilde verilmiştir.

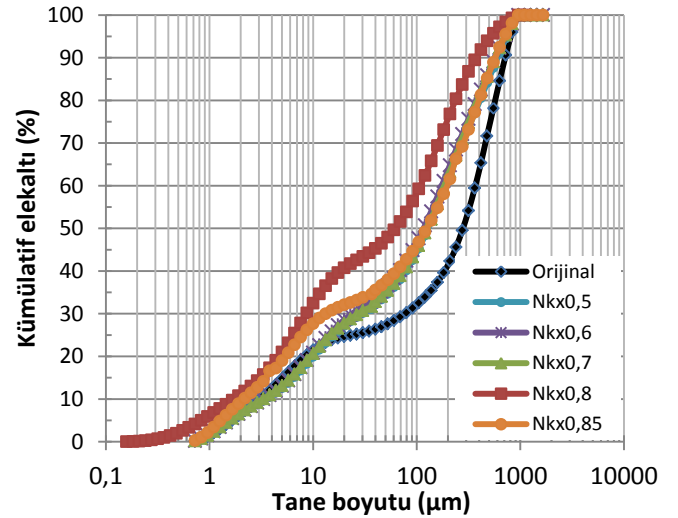
**Şekil 3.** Sönmüş kirecin boyut dağılımı eğrisi.**Tablo 4.** Sönmüş kirece ait karakterizasyon testi analiz sonuçları.

Analizler	Sönmüş Kireç
d ₁₀ (µm)	3
Elek analizi	
d ₅₀ (µm)	297
d ₈₀ (µm)	596
d ₉₇ (µm)	853
-10 µm (%)	21,49
Nem (%)	1,53
Yoğunluk (gr/cm ³)	2,24
Yığın yoğunluğu (kg/m ³)	690
Beyazlık (%)	92,98
Özgül yüzey alanı (m ² /gr)	20,49
Aktivasyon	74,6

3.2. Öğütme deneyleri

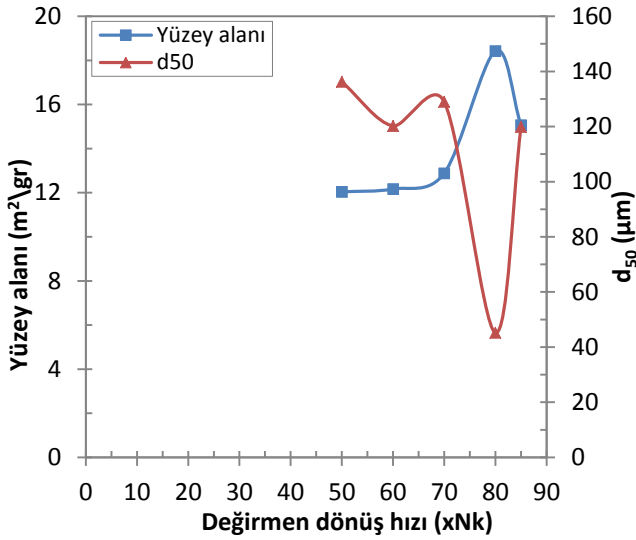
3.2.1. Hızın etkisi

Ufalamaya Etkisi: Öğütme deneylerinde ilk olarak kritik hızın belirlenmesi amaçlanmış olup, sabit tutulan parametreler malzeme şarjı, bilya şarjı ve öğütme süresidir. Değirmen kaskat ve katrik etki şartlarında çalıştırılmış, öğütme kritik hızın %50, %60, %70, %80 ve %85'i şartlarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Görüldüğü gibi, kritik hızın %70-80 değerlerinde çalışıldığında yani katrik etki altında etkin bir öğütme elde edilmekte, çok düşük ve/veya çok yüksek hızlarda öğütme olumsuz etkilenmektedir. Hız artışının özellikle iri boyutlu tanelerin öğütülmesinde etkili olduğu görülmektedir. Değirmen kritik hızın %80'ini üzerinde çalıştırıldığında, oluşan yüksek knetik enerji nedeniyle bilyaların çarpışma etkisi artarken ufalama etkisi zayıflamaktadır. Nitekim çarpışma nedeniyle bilyalar ağırlıkça %6'lık bir ağırlık kaybına uğramış ve öğütme olumsuz etkilenmiştir.

**Şekil 4.** Değirmen hızının tane boyutuna etkisi.

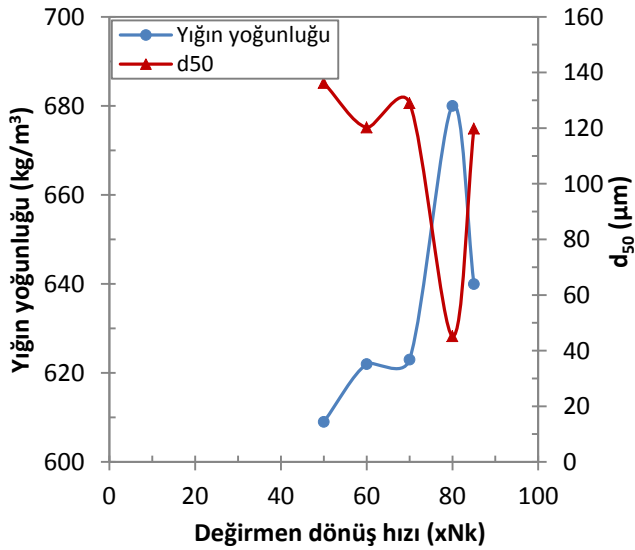
Özgül Yüzey Alanına Etkisi: Değirmen hızının d₅₀ ve özgül yüzey alanına etkisi Şekil 5'de verilmiştir.

Yüzey alanı, tane boyutu ve malzemenin pürüzlülüğüne bağlı bir fiziksel özelliktir. Tane boyutu küçüldükçe serbest kalan yüzey artacağından, malzemenin yüzey alanı artmaktadır. En yüksek özgül yüzey alanı değerine (18,42 m²/gr) değirmen hızı, kritik hızın %80 olduğu durumda ulaşılmıştır. Bu hızda ortalama tane boyutu (d₅₀ değeri) ise 45,21 µm dir.



Şekil 5. Hızın ortalama tane boyutu ve özgül yüzey alanına etkisi.

Yığın Yoğunluğuna Etkisi: Öğütme ile tane boyutu küçüldükçe taneler arası boşluk da azalacağından yığın yoğunluğunda bir artış meydana gelir. Şekil 6'da görüldüğü gibi, sönmüş kirecin ortalama tane boyutu küçüldükçe yığın yoğunluğu artmaktadır.



Şekil 6. Hızın, yığın yoğunluğuna etkisi.

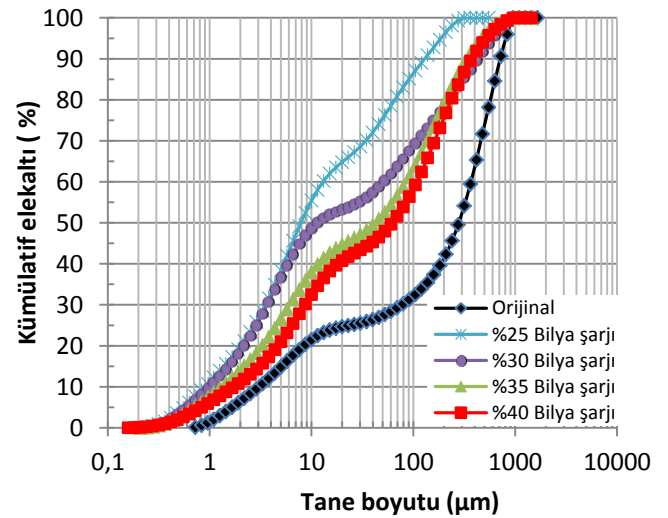
Orijinal numunenin d₅₀ boyutu 297 µm, yığın yoğunluğu 535 kg/m³ olup, değirmen kritik hızın %80'inde çalıştırıldığında d₅₀ boyutu 45,21 µm yığın yoğunluğu ise 681,21 kg/m³tür. Yine bu hızda ulaşılan en yüksek BET özgül yüzey alanı 18,42 m²/gr'dır.

Boyut dağılımı, d₅₀ tane boyu, özgül yüzey alanı ve

yığın yoğunluğu verileri dikkate alındığında optimum değirmen hızının, kritik hızın %80'i olduğu görülmektedir. Genel olarak kireç, diğer cevherlere göre daha kırılğan bir yapıya sahip olduğundan optimum öğütme katrak etki ile sağlanmaktadır.

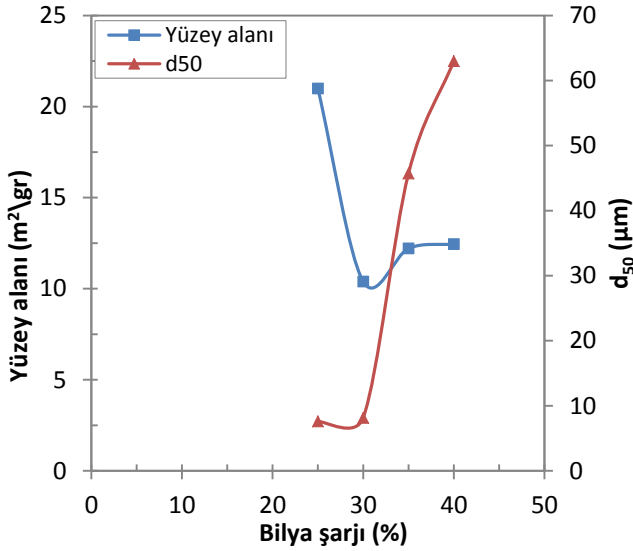
3.2.2. Bilya şarjının etkisi

Ufalamaya Etkisi: Bilya şarjının sönmüş kirecin boyut dağılımına etkisi Şekil 7'de verilmiştir. Ufalama işlemi katrak etkiyle yani darbe kuvveti ile gerçekleşmektedir. Bilya şarjı arttıkça değirmen içindeki doluluk oranı da arttığından öğütmede katrak etki azalmakta, doluluk oranı yani bilya şarjı azaldıkça 10 µm altına gecen malzeme miktarında artış meydana gelmektedir. En yüksek bilya şarjında (%40) 10 µm altına geçen malzeme oranı %32,49 iken, en düşük bilya şarjında (%25) bu oran %55,4 yükselmektedir.



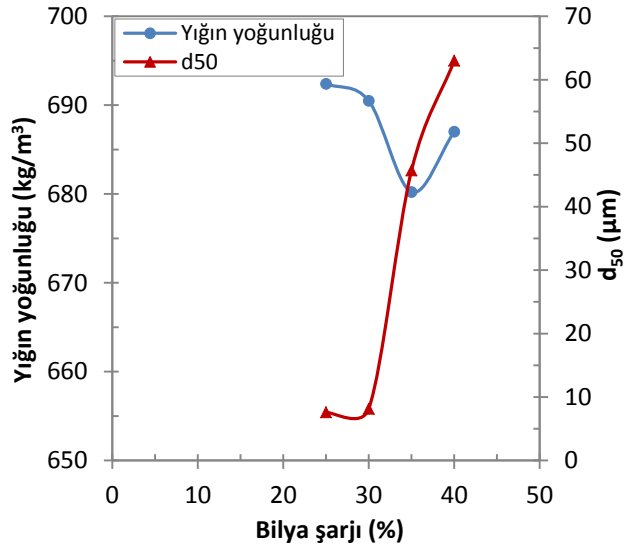
Şekil 7. Bilya şarjının tane boyutuna etkisi.

Özgül Yüzey Alanına Etkisi: Şekil 8'den görüldüğü gibi bilya şarjı azaldıkça tane boyutu küçülme ve buna bağlı olarak özgül yüzey alanı da artmaktadır. En yüksek özgül yüzey alanı değeri (20,99 m²/gr) %25 bilya şarjında elde edilmiş olup, ortalama tane boyutu 7,59 µm'dir.



Şekil 8. Bilya şarjının ortalama tane boyutu ve özgül yüzey alanına etkisi.

Yığın Yoğunluğuna Etkisi: En yüksek yığın yoğunluğuna (692,4 kg/m³) yine %25 bilya şarjında ulaşılmıştır. Bilya şarj oranının düşmesine bağlı olarak sönmüş kirecin özgül yüzey alanında meydana gelen artış, beraberinde yığın yoğunluğu artışı da getirmektedir. Ortalama tane boyutu da dikkate alındığında bu durum, yüksek bilya şarj oranlarında sönmüş kireç partiküllerinin aglomera olduğunu göstermektedir.



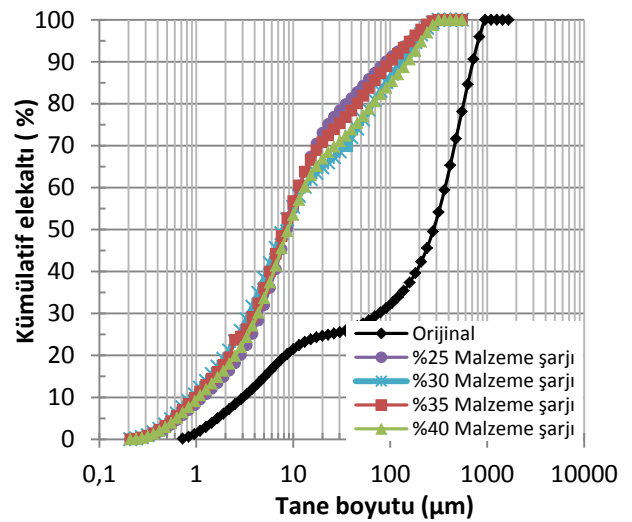
Şekil 9. Bilya şarjının yığın yoğunluğuna etkisi.

Ortalama tane boyutu, yığın yoğunluğu ve özgül yüzey alanı değerleri gözönüne alınarak optimum bilya şarj oranının %25 olarak tespit edilmiştir.

3.2.3. Malzeme şarjının etkisi

Ufalamaya Etkisi: Şekil 10, malzeme şarjındaki değişimin öğütme üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Orijinal numunenin boyut dağılı eğrisi dikkate alındığında en etkin öğütmenin, %25 yani en düşük malzeme şarj oranında gerçekleştiği görülmektedir. Verimli bir öğütmenin olabilmesi için temel prensip malzemenin bilyalararası boşluğu tamamen doldurmasıdır. Eğer bilyalararası boşluktan fazla malzeme beslenirse, malzeme yastıklanma göstererek öğütmeyi olumsuz yönde etkilemekte, bilyalararası boşluk doldurulmadığında ise çarpmalardan dolayı bilyalarda aşınma meydana gelmektedir.

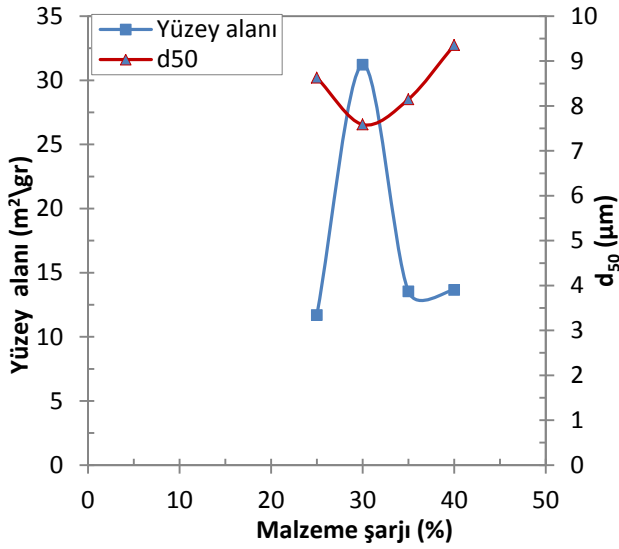
Özgül Yüzey Alanına Etkisi: Şekil 11'de görüldüğü gibi, değirmen hacminin %25-%40 arası malzeme şarjı ile çalışıldığında elde edilen ortalama tane boyutu değerleri 7,59-9,36 µm arasında değişmekte ve etki marjinal kalmaktadır. Buna karşın, özellikle %30 malzeme besleme oranında elde edilen özgül yüzey alanı değeri (31,21 m²/gr) dikkat çekicidir. Yüksek malzeme şarj oranlarında (%40) ise özgül yüzey alanı yaklaşık 13,68 m²/gr'a gerilemektedir.



Şekil 10. Malzeme şarjının tane boyutuna etkisi.

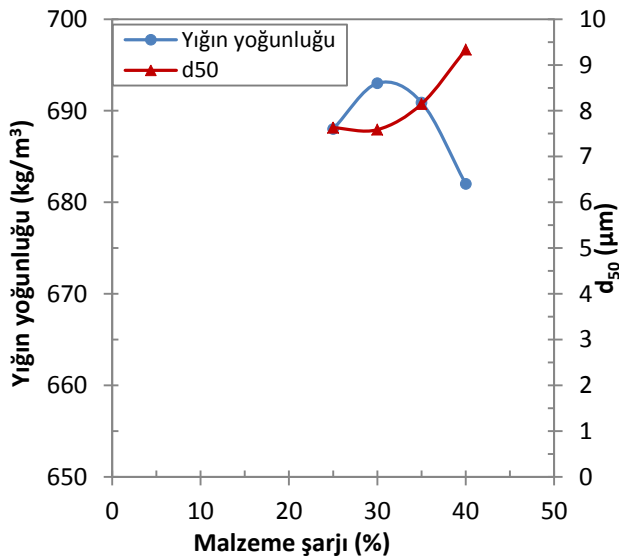
Yığın Yoğunluğuna Etkisi: Mikronize sönmüş kirecin %30 malzeme şarjında elde edilen yüksek özgül yüzey alanına bağlı olarak yığın yoğunluğu değerinde de artış gözlemlenmiştir (Şekil 12).

Ulaşılan en yüksek yığın yoğunluğu değeri 693 kg/m³ olup, d₅₀ boyutu 7,59 µm'dir.



Şekil 11. Malzeme şarjının ortalama tane boyutu ve özgül yüzey alanına etkisi.

Sonuç olarak; ortalama tane boyutu ve ulaşılan özgül yüzey alanı ve yığın yoğunluğu değerleri dikkate alınarak optimum malzeme şarj oranı %30 olarak alınmıştır. Bu durumda malzeme şarjı, oran olarak bilyalar arası boşluğun %103'ü olup, literatür verileri bilyalar arası boşluğun malzeme şarjının %90-110'u arasında değişebileceğini bildirmektedir (Benzer, 2007).



Şekil 12. Malzeme şarjının yığın yoğunluğuna etkisi.

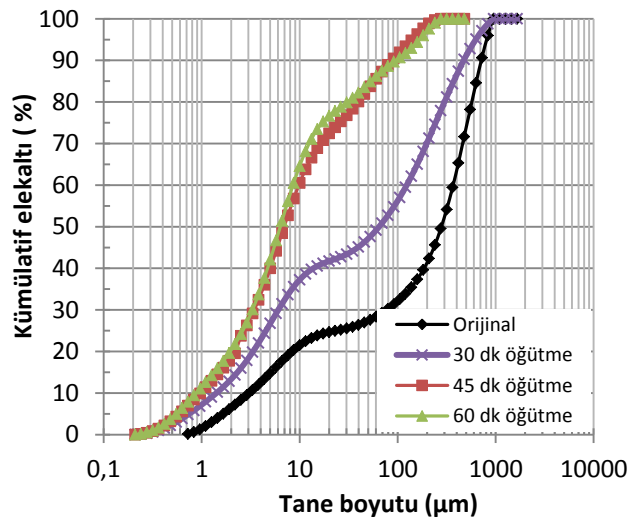
3.2.4. Öğütme süresinin etkisi

Ufalamaya Etkisi: Öğütme süresi malzemenin

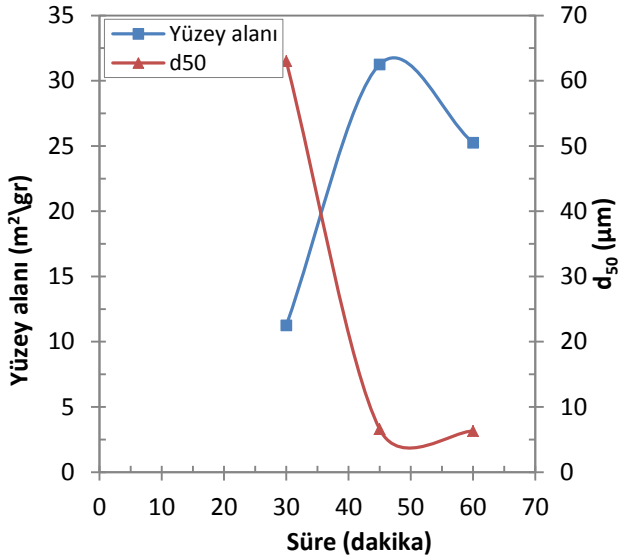
değirmen içinde kalma zamanını ifade eden parametrelerden biri olup, tesisin kapasitesini belirleyen önemli bir faktördür. Ufalama işlemlerinde, her ne kadar uzun süreli öğütmenin tane inceliğini arttıracakı düşünülse de, öğütme süresinin uzun tutulması hem ekonomiklik hem de malzemenin belirli bir süre sonra aglomere olması dolayısıyla pek tercih edilmemektedir. Bu yönüyle, öğütme işlemlerinde süre optimizasyonu, bu tür olumsuzlukları ortadan kaldırmasının yanı sıra verimliliği de arttırmaktadır.

Şekil 13, 45 dakikalık bir öğütme süresinin tane inceliğini önemli oranda arttırdığını, buna karşın öğütme süresi 60 dakikaya çıkarıldığında değişimin marjinal düzeyde kaldığını göstermektedir. Bu durum, yüksek öğütme süresine bağlı aglomere taneler nedeniyle değirmen içinde yastıklanmaların meydana geldiğine işaret etmektedir.

Özgül Yüzey Alanına Etkisi: Seramik bilyalı değirmende öğütme süresine bağlı ortalama tane boyutu ve özgül yüzey alanı değişimleri Şekil 14'de verilmiştir. Öğütme süresi artışı, sönmüş kirecin özgül yüzey alanında artışa neden olmakta, ancak yüksek öğütme sürelerinde aglomerasyon (Şekil 15) nedeniyle yüzey alanı düşmektedir. Optimum süre olarak belirlenen 45 dakikalık öğütme süresinde ulaşılan en yüksek özgül yüzey alanı değeri 31,25 m²/gr olup, d₅₀ 6,6 µm'dir. Süre artışının tane inceliğine etkisi yoktur.

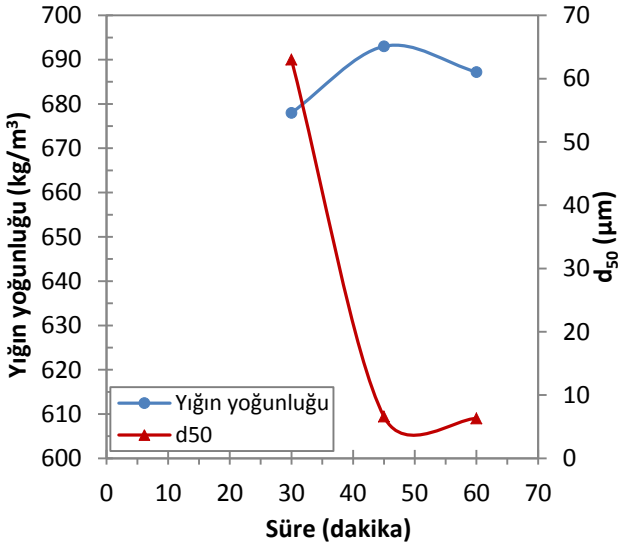


Şekil 13. Öğütme süresinin tane boyutuna etkisi.



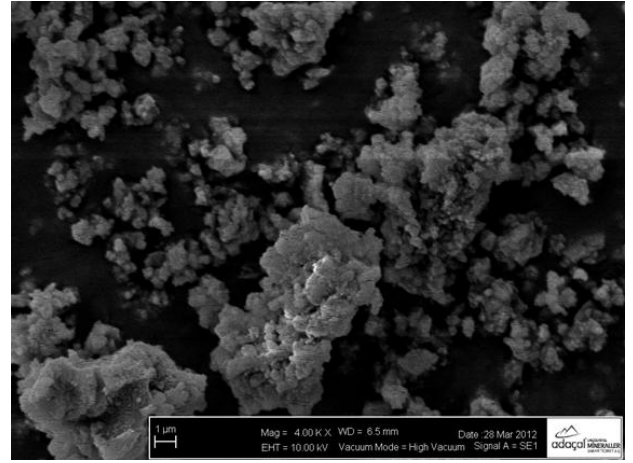
Şekil 14. Öğütme süresinin ortalama tane boyutu ve özgül yüzey alanına etkisi.

Yığın Yoğunluğuna Etkisi: En yüksek yığın yoğunluğuna (693 kg/m^3) 45 dakikalık öğütme süresinde ulaşılmış, daha düşük ve yüksek öğütme sürelerinde tespit edilen yığın yoğunluğu değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 16).

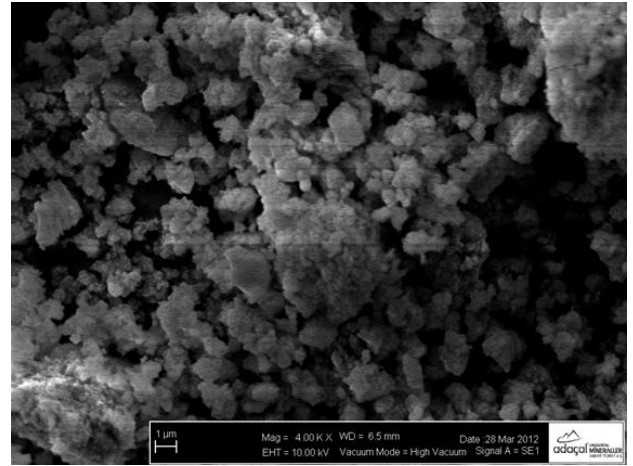


Şekil 16. Öğütme süresinin d_{50} boyutu ve yığın yoğunluğuna etkisi.

Seramik hazneli değirmende seramik bilyalar kullanmak suretiyle gerçekleştirilen kuru öğütme deneylerine ait optimum öğütme şartları Tablo 5’de, orijinal numune ile öğütme sonucu elde edilen ürünlerin analiz sonuçları ise Tablo 6’da sunulmuştur.



(a)



(b)

Şekil 15. Orijinal (a) ve öğütülmüş (b) sönmüş kirece ait SEM görüntüleri.

Tablo 5. Seramik hazneli değirmende optimum öğütme şartları.

Değirmen	Çap (cm)	16
	Uzunluk (cm)	17
	Hacim (cc)	3.000
Ortam	Çap (mm)	12, 14, 16
	Adet	243, 167, 146
	Bilya ağırlığı (kg)	2,12
	Özgül ağırlık (gr/cm³)	4,19
Malzeme	Bilya şarjı (%)	25
	Özgül ağırlık (gr/cm³)	2,23
	Yığın yoğunluğu (kg/m³)	693
İşletme	Malzeme şarjı (%)	30
	Hız (D/D)	89,1
	Kritik hız (%)	80
	Süre (dk)	45

Sonuç olarak, seramik hazneli bilyalı değirmenin optimum şartlarda çalıştırılmasıyla %97’si $853 \mu\text{m}$ altında olan sönmüş kirecin ancak %56,78’i $10 \mu\text{m}$ altına indirilebilmiştir. Orijinal ve optimum şartlarda öğütülmüş sönmüş kirecin özgül yüzey

alanı değerleri karşılaştırıldığında (Tablo 6), öğütme işlemi sonucunda özgül yüzey alanının %50 oranında arttığı görülmektedir. Bu durum, CaO'nun hidratasyonu esnasında kirecin söndürme şartlarına bağlı olarak iç yüzeylerde meydana gelen yüzey alanı artışına ilaveten dış yüzeylerde de öğütme ile yüzey alanı artışlarının olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. Orijinal ve Öğütülmüş Sönmüş Kirece Ait Analiz Sonuçları.

Analizler		Orijinal	Öğütülmüş
Elek analizi	d ₁₀ (µm)	3	0,9
	d ₅₀ (µm)	297	7,8
	d ₈₀ (µm)	596	46
	d ₉₇ (µm)	853	215
	-10 µm (%)	21,49	56,78
Yığın yoğunluğu (kg/m ³)		535	693
Beyazlık (%)		92,98	95,78
Özgül yüzey alanı (m ² /gr)		20,49	31,25
Gözenek çapı (Å)		7,37	7,71
Aktivasyon		74,60	82,30

4. Tartışma ve Sonuç

Afyonkarahisar ili Emirdağ ilçesinde bulunan Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş.'den temin edilen sönmüş kireç numunelerine ait karakterizasyon testlerinde;

- Sönmüş kirecin yoğunluğunun 2,24 g/cm³,
- 10 µm altında olan malzeme miktarının %21,49,
- d₅₀ boyutu 297 µm,
- d₉₇ boyutu 853 µm,
- Bond iş indeksi 19,11 kwh/sh.ton,
- Yığın yoğunluğu 535 kg/m³,
- Beyazlık %92,98,
- BET özgül yüzey alanı 20,49 m²/gr,
- Aktivasyonun 74,6 olduğu belirlenmiştir.

Tamamı -1 mm olan sönmüş kirecin 10 µm altına öğütülmesinde kritik hızın ve malzeme şarjının ürün inceliği, yığın yoğunluğu, beyazlık, özgül yüzey alanı

ve aktivasyon üzerinde çok fazla etkin olmadığı, buna karşın bilya şarjı ve öğütme süresinin etkili olduğu tespit edilmiştir.

Maksimum mikronize sönmüş kireç (<10 µm) miktarına, değirmen hacminin %25'i oranında seramik bilya şarjı ve %30'u oranında malzeme ile %80 kritik hızda yapılan 45 dakikalık bir öğütme sonucunda ulaşılmıştır. Bu şartlarda elde edilen sönmüş kirecin yüzey alanı 31,25 m²/gr, beyazlığı %95,78, porozitesi 7,71 Å olup, aktivasyonu 82,30 olarak belirlenmiştir.

Sönmüş kirecin öğütme deneylerinden elde edilen sonuçlar, mikronize öğütme tesisinde kalite kontrol testlerinin özellikle 297, 50 ve 10 µm elek bakiyelerinde yapılması gerektiğini göstermiştir.

Teşekkür

Yazarlar, BAP-12.MUH.02 no'lu proje kapsamında desteklenen bu çalışma için AKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine, numune temininde ve analizlerde sağladığı katkı dolayısıyla Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş. yetkililerine teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Auer, A., 2004. High-fineness lime and hydrated-lime. *Global Cement and Lime Magazine*, August-September, 62-63.
- Benzer, H., 2007. Çimento öğütme devrelerinde bazı işlem değişkenlerinin performans üzerine etkileri, 6. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, Ed: M. Kemal, T. Batar, E. Kaya ve A. Seyrankaya, İzmir, 133-143.
- Çiçek, T., 1999. Kireç ve kullanımı. 3. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, Ed: H. Köse, M. Tanrıverdi ve V. Arslan, İzmir, 184-194.
- Kılıç, Ö., 2005. Klasik Eberhart tipi kireç fırınları ile paralel akışlı Maerz fırınlarındaki kalsinasyon parametrelerinin karşılaştırılması ve Çukurova bölgesi kireçtaşları üzerine uygulamalar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 171.
- Lokman L., 2000. *Kireç*, KÜB Yayınları, 1-2.
- TS 32 EN 459-2, 2005. Kirecin yığın yoğunluğunun tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 32, 1999. Yapı kireci. Bölüm 2: Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.