

Konvansiyonel Isıtmanın Kromitin Öğütülebilirliğine Olan Etkisinin İncelenmesi

M. Faruk ESKİBALCI*¹

¹*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

Özet

Madencilik endüstrisinde öğütme için gerekli olan enerji ihtiyacını azaltmak buna karşın minerallerin serbestleşme derecesini arttırmak için ısı ön işlem bazen ekonomik bir yöntem olarak önerilmektedir. Bununla beraber yapılan birçok çalışmada, ısı ön işlem ile öğütme sırasında değirmen kapasitesinin artırılabilirdiği, ton cevher başına cihazdaki aşınmanın azaldığı, değirmen ürün boyutlarının çok daha iyi kontrol edilebildiği, ince şlam üretiminin ise azaltılabildiği gibi faydaları da rapor edilmektedir. Bu çalışmada ısı ön işlemin kromit mineralinin öğütülebilirliğine olan etkisi incelenmiştir. Numuneler laboratuvar tipi konvansiyonel bir fırında farklı sıcaklıklarda (75-125-175-225-275-375-475-575°C) ve farklı ısıya maruz kalma sürelerinde (10-20-30 dk) işlem görmüş ve daha sonra bu numunelerin öğütme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Öğütme deneyleri laboratuvar tipi çubuklu değirmende yapılmıştır. Her öğütme sonrası numunelerin elek analizleri yapılarak elde edilen bu sonuçlar ısıya maruz kalmamış numunelerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak ısı ön işlemin kromitin öğütülebilirliğine olan etkisi belirlenmeye çalışılmıştır

Anahtar Kelimeler: Öğütülebilirlik, Cevher hazırlama, Kromit, Konvansiyel ısıtma, Enerji

Investigation of Effect of Conventional Heating on Grindability of Chromite

Abstract

Thermal pre-treatment is sometimes used as a cost effective method to decrease the energy demand needed for grinding and increasing the degree of liberation of minerals in mining industry. Moreover, many studies showed that the heat pre-treatment increased the mill capacity, reduced wear and tear on the device per ton of ore, increased control on the mill product size, and reduced to amount of slime during grinding. In this study, the effect of thermal pre-treatment on grinding characteristic of chromite mineral was investigated in detailed. In this purpose, first, the samples were heated at different temperatures (75, 125, 175, 225, 275, 375, 475, and 575°C) and different exposure times (10, 20, and 30 min) using a laboratory-type conventional oven. Then, the grinding experiments for the samples were carried out using a laboratory-type rod mill. After each grinding test, the particle size distribution of the samples were obtained, and the results were compared with the non-heated samples in order to determine the effect of thermal pre-treatment on grindability of chromite mineral.

Keywords: Grindability, Mineral processing, Chromite, Conventional heating, Energy

* Yazışmaların yapılacağı yazar: M. Faruk ESKİBALCI, *İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar/İstanbul. eskibal@istanbul.edu.tr*

1. GİRİŞ

Cevher hazırlama endüstrisinde boyut küçültme işlemleri son derece enerji yoğun bir işlem olup, bu yıllık yüzlerce megawattlık bir büyüklüğe ulaşabilmektedir. Boyut küçültme alanında yapılan çalışmaların pek çoğu, yüksek işletme maliyetlerini azaltmayı amaçlamıştır. Örneğin çimento endüstrisi en büyük enerji tüketici endüstrilerden biridir. Üretimin en ağırlıklı işlemlerinden biri olan öğütmede kullanılan elektrik enerjisi, harcanan toplam elektrik enerjisinin % 60'ından fazla olup, çimento üretim maliyetinin ise %30-40'ına karşılık gelmektedir. Teoride ise ancak verilen enerjinin %1 kadarı yeni bir yüzey oluşturmak için kullanılabilir. Geri kalan enerji; ses, ısı, çarpışma vb. gibi dağılmaktadır. Çizelge 1'de bir bilyeli değirmendeki enerji tüketim dağılımı verilmiştir [1-3]

Çizelge 1. Bir bilyalı değirmendeki enerji tüketiminin dağılımı [1]

Enerjinin Tüketildiği Yer	Tüketilen enerji içindeki %'si
Cıvata sürtünmesi	4,3
Dişli kayıpları	8,0
Tamburdan kayn. ısı kaybı	6,4
Hava tarafından absorbe edilen ısı	32
Küçültme sırasında absorbe edilen ısı	48,6
Boyut küçültme için gerekli enerji	0,7

Pek çok mineral doğada saf olarak bulunmaz, ancak değerli ve değersiz minerallerin bir arada olduğu karışımlar şeklindedir. Her bir mineralin sahip olduğu farklı özellikler nedeniyle malzemenin ısıtılması sırasında da farklı davranışlar gösterebilmektedirler. Isı uygulaması ile tane ara yüzeyleri boyunca farklı gerilimler oluşmaktadır [4,5,6].

Isıl destekli serbestleşme (boyut küçültme), öğütme için gerekli olan enerji ihtiyacını azaltmak ve mineral serbestleşmesini artırarak cevherlerdeki minerallerin birbirinden ayrılmasını geliştirmek

için ekonomik bir yöntem olarak önerilmektedir. Bunun yanında değirmen kapasitesinin artırılabilirdiği, ton cevher başına aşınmanın azaldığı, değirmen ürün boyutlarının çok daha iyi kontrol edilebildiği, ince şlam üretiminin azaltılabildiği gibi faydaları da pek çok çalışmada rapor edilmektedir [7-13]. Bu çalışmada ısıl ön işlemin kromitin öğütülebilirliğine olan etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Deneyler İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel Çalışmalarda Bursa ili Orhaneli ilçesi sınırları içerisinde faaliyet gösteren bir özel işletmeden temin edilmiş yaklaşık 50 kg'lık 20-25 cm çapında iri cevher parçaları kullanılmıştır.

Numuneler öncelikle bir çekiç vasıtası ile çeneli kırıcıya girecek tane boyutuna (yaklaşık 50 mm'ye) indirildikten sonra primer bir kırıcı olan tek istinat kollu laboratuvar tipi çeneli kırıcı vasıtası ile iki kademede kırılmıştır. Böylelikle malzemenin tane boyutunun tamamı 8 mm altına indirilmiştir.

2.1. Kimyasal Analizler

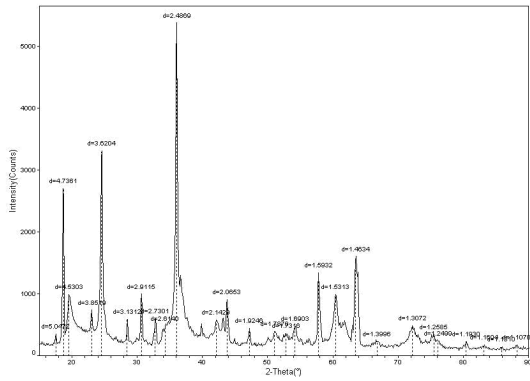
Kimyasal analizler İstanbul Üniversitesi bünyesinde bulunan İleri Analizler Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Tüvenan numunenin yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Tüvenan numune kimyasal analizi

Bileşen	İçerik, %
Cr ₂ O ₃	19,28
MgO	27,63
SiO ₂	27,37
Al ₂ O ₃	1,22
Fe ₂ O ₃	11,44
CaO	0,92
K.K.	11,00

2.2. Mineralojik Analizler

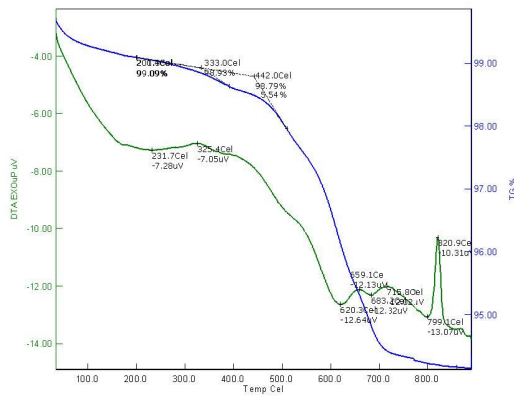
Tüvenan numunenin yapılan mineralojik incelemesinde ana minerallerin kromit ve magnetit yan kayacın ise serpantin olduğu tespit edilmiştir. Numunenin yapılan XRD analiz grafiği Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Tüvenan numunenin XRD analiz sonucu

2.3. Isıl Özelliklerin İncelenmesi (TG ve DTA Analizi)

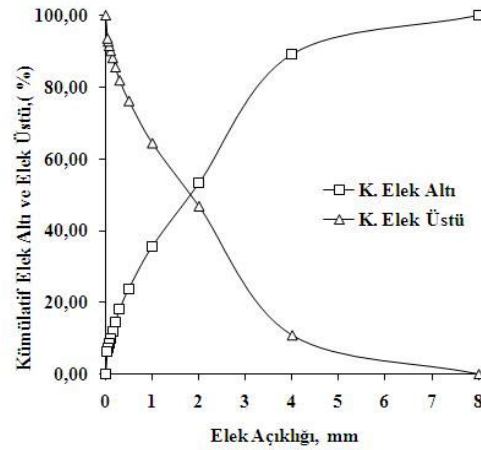
Bu testler; kromit minerallerinin ısı uygulaması sırasında uzaklaşan bünye suyunun miktarı, bozunmanın sıcaklığı, bozunma ve yeniden kristallenmenin doğası ve mekanizmasını tespit edebilmek için gerçekleştirilmiştir. Numunenin TG- DTA grafiği Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Tüvenan numunenin TG-DTA analiz sonucu

2.4. Tane Boyut Dağılım Analizleri

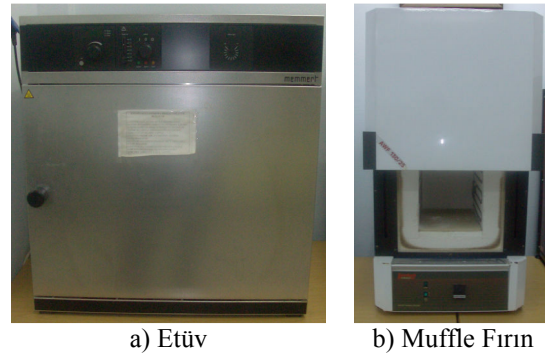
İri boyut küçültme işlemlerine tabi tutulan tüvenan numune ısıya bağlı öğütme deneylerinden önce boyut dağılımının tespit edilebilmesi için yaş elek analizine tabi tutulmuştur. Elek analiz sonuçları Şekil 3’de verilmiştir



Şekil 3. Tüvenan numune kümülatif elek eğrileri

Şekil 3 incelendiğinde; numunenin d_{80} ve d_{50} tane boyutlarının sırasıyla 3,2 mm ve 1,5 mm olduğu belirlenmiştir.

Isıya bağlı öğütme deneylerinde düşük sıcaklıklarda (75-125-175°C) Etüv ve yüksek sıcaklıklarda 1000°C'a çıkabilen muffle fırın kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan fırınların resmi Şekil 4’de verilmiştir.



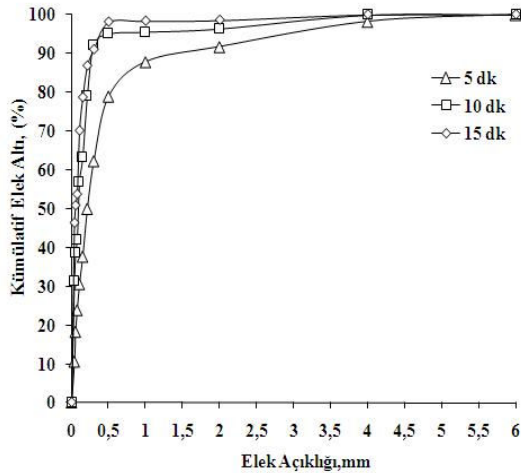
Şekil 4. Deneylerde kullanılan Fırınların resimleri

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Öğütme Deneyleri

Kromit numunesinin öğütülebilirliğinde ısı etkisini araştırmak için öncelikle normal (ısı işlem görmemiş) numune 5-10-15 dk öğütme sürelerinde boyut küçültme işlemine tabi tutulmuş ve her bir öğütme sonrasında ürünlerin boyut dağılımı ayrı ayrı belirlenmiştir. Öğütme işlemi paslanmaz çelikten imal edilmiş laboratuvar tipi değirmen haznesinde kuru olarak gerçekleştirilmiştir.

5 dk-10 dk ve 15 dk öğütme sürelerinde yapılan normal öğütme deneylerinden elde edilen sonuçlar ile Şekil 5'deki kümülatif elek altı eğrileri çizilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde 10 ve 15 dk'lık öğütme sürelerinde malzeme tane boyutunun çok incelendiği görülmektedir. Bu yüzden ısı işleminin kromitin öğütülebilirliğine olan etkisini doğru tespit edebilmek için 5 dk'lık öğütme süresi bundan sonraki deneyler için baz alınmıştır.



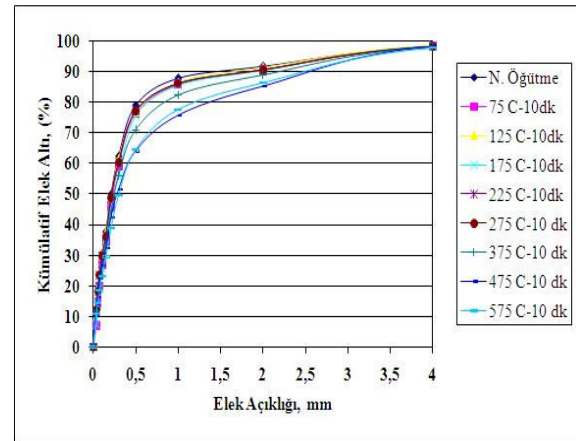
Şekil 5. 5-10-15 dk normal öğütme deneyi kümülatif elek eğrileri

3.2. Isıya Bağlı Öğütme Deneyleri

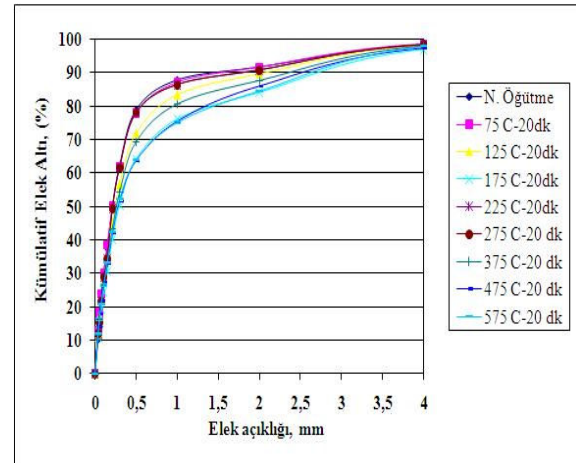
Isıya bağlı öğütme deneylerinde sıcaklık ve ısıya maruz kalma süresinin kromitin öğütülebilirliğine olan etkisi araştırılmıştır. Deneylerde 75°C, 125°C, 175°C, 225°C, 275°C, 375°C, 475°C,

575°C, sıcaklıklar ile her bir sıcaklıkta numunenin 10 dk, 20 dk ve 30 dk ısıya maruz kalma süreleri test edilmiştir.

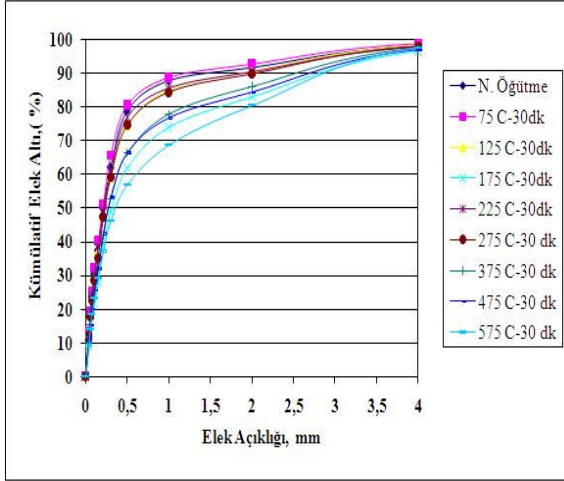
Her bir öğütme işlemi sonrasında elde edilen veriler normal öğütme deneyinden (öğütme süresi 5 dk) elde edilen veriler ile karşılaştırılarak ısının kromitin öğütülebilirliğine etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler ışığında Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'deki kümülatif elek altı eğrileri çizilmiştir.



Şekil 6. 10 dk maruz kalma süresinde farklı sıcaklıkların kromitin öğütülebilirliğine olan etkisi



Şekil 7. 20 dk maruz kalma süresinde farklı sıcaklıkların kromitin öğütülebilirliğine olan etkisi



Şekil 8. 30 dk maruz kalma süresinde farklı sıcaklıkların kromitin öğütülebilirliğine olan etkisi

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Isıya bağlı öğütme deneylerinde iki farklı parametre denenmiştir. Bunlar; sıcaklık ve ısıya maruz kalma süresidir. Kullanılan sıcaklıklar; 75°C, 125°C, 175°C, 225°C, 275°C, 375°C, 475°C, 575°C ve maruz kalma süreleri 10 dk, 20 dk ve 30 dk'dır.

Şekil 5 'deki grafiği incelediğimizde 5 dk öğütme süresi sonucu elde edilen öğütülmüş malzemenin d_{80} ve d_{50} tane boyutlarının sırasıyla 0,5 ve 0,25 mm olduğu görülmektedir.

Şekil 6, 7 ve 8'deki elek altı eğrilerini incelediğimizde ısıya maruz kalma süresi ve sıcaklık değerlerinin artışına bağlı olarak kromitin öğütülebilirliğinin azaldığı, açık bir şekilde görülmektedir. Buda süre her ne kadar kısa tutulsa da sıcaklık arttırıldığında kromitin kristal yapısında değişimler meydana getirdiğini, taneler arası bağların daha sağlamlaştığını bunun da öğütmeye olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır. Numunenin yapılan TG-DTA analiz sonucu da yaklaşık 300°C'den itibaren su kaybının başladığını ve 600 ile 900 C° arasında 3 adet ekzotermik reaksiyonun varlığını göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Parekh B. K., Epstein H.E., Goldberger W.M., 1984, Novel Comminution Process Uses Electric and Ultrasonic Energy, Mining Engineering, pp:1305-1309, September.
2. Jones D.A., Kingman S.W., Whittles.N. and Lowndes.S., 2006, The Influence of Microwave Energy Delivery Method on Strength Reduction in Ore Samples, Chemical Engineering and Processing, Volume 46, Issue 4, April 2007, Pages 291-299.
3. Wonnacott G., Wills B.A., 1990, Optimisation of Thermally Assisted Liberation of a Tin Ore with the Aid of Computer Simulation, Minerals Engineering, v.3, issues 1-2, p.187-198.
4. Yıldız K., Alp A., 2000., Metalurjik Proseslerde Mikrodalga Kullanımı, Metalurji Dergisi, Cilt 24, Sayı:125, s.24-29.
5. Stuchly M. A., Stuchly S. S., 1983, Industrial, Scientific, Medical and Domestic Applications of Microwaves, IEE Proceedings, Vol 130, No 8, pp:467502.
6. Güngör A., Atalay Ü., 1999, Grindability of Microwave-Heated Ores, SME Annual Meeting, March 1-3, Denver, Colorado.
7. Ersayın S., Ergün Ş. L., Benzer H., "The Effects of Heat Treatment on Grinding and Liberation of Chromite Ores". Progress in Mineral Processing Technology, 5. International Mineral Processing Symposium Cappadocia/Turkey, Demirel&Ersayın (eds), pp: 33-37, 1994, Balkema.
8. Jones D.A., Kingman S.W., Whittles D.N., Lowndes I.S., 2005, Understanding Microwave Assisted Breakage, Minerals Engineering 18, p659-669.
9. Şener S. and Özbayoğlu G., 1996, Effect of Heat Treatment on Grindability of Ulexite, Innovations in Mineral and Coal Processing, 7. International Mineral Processing Symposium Istanbul/Turkey, Atak, Önal&Çelik (eds), pp:29-31, Balkema, Rotterdam.
10. Kingman S. W., Jackson K., Cumbane A., S Bradshaw. M., Rowson N. A., Greenwood R., 2003, Recent Developments in Microwave-Assisted Comminution, International Journal

of Mineral Processing, Int. J. Miner. Pross.,
volume 74, Issue:1-4, p:71-83, 19 November.

11. Şener S., Bilgen S., Ozbayoğlu G., 2004, Effect of Heat Treatment on Grindabilities of Celestite and Gypsum and Separation of Heated Mixture by Differential Grinding, Minerals Engineering, Volume 17, p:473-475.
12. Fitzgibbon K.E., Veasey T.J., 1990, Thermally Assisted Liberation- Review, Mineral Engineering, Vol:3, N:1/2, , p:181-185.
13. Walde S.G., Balaswamy V., Velu V., Rao D.G., 2002, Microwave Drying and Grinding Characteristics of Weat, Journal of Food Engineering 55, p:271-276.
14. Walkiewicz. J.W., Clark A.E., McGill S.L., 1991, Microwave-Assisted Grinding, IEEE Transactions on Industry Application, Vol 27, No 2, pp: 239-243, Mart/April.