

İNCE BOYUTLU KROM CEVHERLERİNİN MULTI-GRAVITY SEPERATOR İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ ARAŞTIRMALARI

INVESTIGATIONS ON MULTI-GRAVITY SEPARATION CONCENTRATION OF FINE CHROMITE ORES

N. ASLAN

Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fak., Maden Müh. Bölümü, Sivas, Türkiye

M. CANBAZOĞLU

Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fak., Maden Müh. Bölümü, Sivas, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, ince taneli cevherler için yeni geliştirilmiş olan Multi-Gravity Separator (MGS)'ün çalışma parametreleri krom cevherleri için belirlenmeye çalışılmıştır. MGS ile ayırmada önemli parametreler; tambur dönüş hızı, tambur eğim açısı, yıkama suyu miktarı, besleme katı oranı, tane boyutu, titreşim genliği ve frekansdır.

MGS ile yapılan zenginleştirme çalışmalarında tambur dönüş hızı ve eğim açısının en etkin parametreler olduğu, diğer değişkenlerin ise ayırmayı daha az etkiledikleri belirlenmiştir.

Ayrıca MGS ile zenginleştirmede tane boyutunun çok önemli olduğu, ince boyutlarda ayırmanın iyi, iri boyutlarda ise ayırma hassasiyetinin azaldığı görülmüştür.

ABSTRACT: In this study, the operating conditions of Multi-Gravity Separators (MGS), designed specially for fine particles enrichment was investigated on chromite ores. The parameters affecting the efficiency of separation on MGS are rotational speed, tilt angle, washwater, feed pulp density, feed particle size range, shake amplitude and shake frequency.

The most important factors contributing to the concentration efficiency are rotational speed and tilt angle whereas the effect of other factors are only limited.

It was also found out that particle size was very important: better results were obtained on finer particles than on coarser particles.

1. GİRİŞ

Krom cevherlerinin zenginleştirilmesinde genel olarak, özgül ağırlık farkına dayalı zenginleştirme yöntemleri kullanılmaktadır. İri boyutlarda ağır-ortam, jig gibi ayırma yöntemleri; 1 mm altında ise sarsıntılı masa, spiral, manyetik ayırma ve flotasyon kullanılmaktadır (Güney,1990). 1 mm altında sarsıntılı masa ile yapılan zenginleştirme işlemleri sırasında, 0.1 mm altında olan ince taneli kromitler doğrudan artığa katılmaktadır ve %10-15 Cr₂O₃ içeren artık atılmasına neden olarak tesis verimini düşürmektedir.

0.1 mm altındaki kromitlerin zenginleştirilmesinde bazı durumlarda flotasyon, yüksek alan şiddetli yağ manyetik ayırma veya şlam masası kullanılarak yapılabilmekte, ancak verim açısından en iyi sonuçlar flotasyonda alınmasına rağmen, flotasyon işleminin maliyet yüksekliği ve çevre sorunları açısından olumsuz etkisi karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca şlam oranının artması selektiviteyi azaltmaktadır(Güney,1990).

Ayrıca, bazı araştırmacılar farklı yataklardan alınan kromit yüzey özelliklerinin çok farklı olduğunu (i.e.p. 5.6 ila 9.2 arasında), Mg,Fe ve Al'un hidroksil kompleksle-

rinin yarattığı kendi kendine aktivasyonun yağ asitleriyle flotasyonunda çok değişken bir davranış gösterdiklerini söylemişlerdir (Palmer, Fuerstenau vd., 1975).

Yine kromit-sepantin cevherlerinden çözünen bazı iyonların kromit flotasyonunda bastırıcı etki yaptığı görülmüştür "(Sagheer,1966). İnce ve çok ince kromit tanelerinin zenginleştirilmesinde karşımıza çıkan bu problemler, günümüzde ekonomik zorlamalar nedeniyle maden işletme ve öğütme şartları; düşük tenörlü cevherlerin çok küçük serbestleşme dereceleriyle daha da ciddiyet kazanmıştır. Bu hedefler doğrultusunda yeni teknolojik arayışlar sürdürülmektedir.

Bu kapsamda, geliştirilen "Multi Gravity Separator" (MGS) ince taneli kromitlerin gravite farkıyla zenginleştirilmesine olanak sağlamış ve Fillandiya ve Yunanistan gibi ülkelerde endüstriyel uygulama alanına girmiştir (Chan, Mozley,1987).

2. MULTI GRAVITY SEPARATOR (MGS)

Sarsıntılı masa yüzeyinin bir tambur şekline dönüştürülerek kullanılabilmesi piresibi ile tanımlanabilir. Bir ucu açık olan bu tamburun belirli bir hızla döndürülmesiyle; mineral tanelerine karşı etkili olan yerçekimi kuvvetinden daha büyük bir merkezkaç kuvvetinin etkisi altında tanelerin tambur yüzeyinde yarı katı bir tabaka oluşturulması ve yardımcı üniteler aracılığı ile ayrılmasını gerçekleştirmektedir. MGS ünitesinde; tambur dönüş hızı, titreşim büyüklüğü, tambur eğim açısı, yıkama suyu miktarı, besleme katı oranı önemli işletme parametreleri olmaktadır. Ayrıca besleme tane boyutu ve mineraller arasındaki özgül ağırlık farkı da önemli parametrelerdir.

2.1. Tambur Dönüş Hızı

Ayırmayı iki yönde etkiler, ilk olarak, pülp akışını eksenel doğrultuda tamburun alt çıkış ucuna doğru hızlandırır, ikinci

olarak da tanelerin atalet kütlelerini artırarak tambur yüzeyine yapışmasını sağlar. Tambur dönüş hızı 100-280 d/dk. arasında değişebilir. Tambur dönüş hızının artması verimi artırırken tenorun azalmasına sebep olmaktadır.

2.2. Titreşim Yoğunluğu

Titreşim yoğunluğu; frekansın $\frac{a}{2}$, kuvvetinin genlikle çarpımı olarak tanımlanır. Titreşim frekansı 4.0/4.8/5.7 d/sn, titreşim genliği ise 10/15/20 mm arasında değişebilir. Yapılan araştırmalar düşük frekans-yüksek genlik yada yüksek frekans-düşük genlikte iyi sonuçların alınabileceğini göstermiştir. Titreşim hareketiyle taneler üzerine ek kesme kuvveti uygulanmış olmaktadır. Titreşim yoğunluğunun artması tenörü artırırken, verimi düşürmektedir.

2.3. Yıkama Suyu Miktarı

Yıkama suyu, tamburun üst (konsantre) çıkış ağzına yakın bir noktadan verilir. Yıkama suyu miktarı, pülp yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte 0-10 l/dk arasında değişebilir.

2.4. Tambur Eğim Açısı

Tambur eksenini ile yatay eksen arasındaki açı olup; malzemenin özelliğine bağlı olarak 0°-9° arasında ayarlanabilir. İnce boyutlu ve düşük yoğunluklu mineraller için küçük, iri boyutlu ve yüksek yoğunluklu mineraller için ise büyük eğim açıları tavsiye edilmektedir.

2.5. Pülp Yoğunluğu

Beslenen malzemenin pülp yoğunluğu %10- 50 arasında değişebilir. Daha yüksek yoğunluklar ise yıkama suyu miktarı ile ayarlanabilmektedir. Bu çalışmada; ince taneli cevherler için yeni olan MGS'nin

çalışma parametreleri krom cevherleri için belirlenmeye çalışılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Deneylerde Kullanılan Numune

MGS'nin optimum çalışma parametrelerini belirlemede kullanılmak üzere, Sivas-Kangal ilçe merkezinin yaklaşık 6-7 km kuzey doğusunda bulunan Eymir köyünün 2250 m güneyinde yer alan Ambarlı mvk.'deki Güneyocak krom cevherleşmesinden yaklaşık 600 kg numune alınmıştır.

Güneyocak krom cevherleşmesi; bantlı yapı göstermekte olup, çoğunlukla masif, yer yer masife yakın saçılımlı kromitlerin, serpantin grubu minerallerin oluşturduğu gang ile ardalanmasından oluşan bantlı cevherleşme söz konusudur. Bant kalınlıklarının 0.2 cm ile 5 cm arasında değiştiği görülmüştür. Bantlı yapıda yer alan gang arakesmeleri ise yer yer 10 cm'ye ulaşmaktadır.

Cevher örneklerinden hazırlanan ince kesit ve parlatmalardan; kromit kristalleri ile birlikte gang minerali olarak seruantin grubu minerallerin bulunduğu gözlenmiştir. Kromit kristalleri genellikle 2 mm'nin altında tane büyüklüğüne sahiptirler. Ancak kataklastik yapı, çek-ayır ve düzensiz kırık sistemlerinin etkisiyle kromit kristalleri parçalanmış ve ufalanmış bir konumdadır. Meydana gelen kırık sistemleri, ilerleyen evrelerde gelişen serpantinleşme sürecinin etkisiyle serbestleşme tane boyutu değerlerinin 50-75 um arasına kadar düştüğü de gözlenmiştir.

3.2. Numune Hazırlama

Güneyocak krom cevheri numunesi konileme-dörtleme yöntemiyle azaltılarak 85 kg'a azaltılmıştır. Yaklaşık 5 cm civarında olan bu numune 250 um altına kontrollü olarak indirilerek teknolojik çalışmalar için hazırlanmıştır. Numune ortalama %24 Cr₂O₃ içermektedir.

3.3. Deneylere Esas Olan Numunenin Elek Analizi ve Serbestleşme Derecesiz

Güneyocak krom cevherinin 250 um'deki elek analizi ve serbestleşme dereceleri Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylere Esas Olan Numunenin Elek Analizi ve Serbestleşme Dereceleri

Tane Boyutu (ura)	Ağırlık (%)	Serbestleşme Derecesi (%)
-250+180	26.28	74.93
-180+106	18.20	80.15
-106+63	14.41	92.15
-63+38	12.12	98.11
-38+20	21.87	100
-20	21.87	100

Cevherin serbestleşme derecesi, mikroskopta tane sayımı yöntemiyle her boyut grubu için ayrı ayrı yapılarak -250 um için ortalama %88.44'lük değer elde edilmiştir.

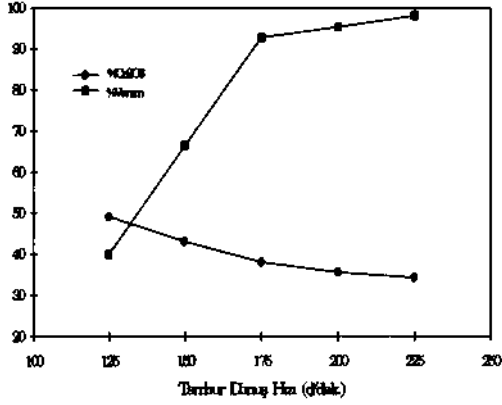
3.4. MGS Çalışma Parametrelerinin İncelenmesi

MGS ünitesinde; tambur dönüş hızı ve eğimi, titreşim genliği ve frekansı, yıkama suyu miktarı ve besleme katı oranı işletme parametreleri; tane boyutu da cevher özelliği olarak önemlidir. Söz konusu bu parametrelerin optimum değerleri bazı koşullar sabit tutulmak üzere belirlenmeye çalışılmıştır. Beher deney için 2 kg numune kullanılarak, besleme 2.3 l/dk pülp besleme hızı sağlayan prestaltık pompa ile yapılmıştır.

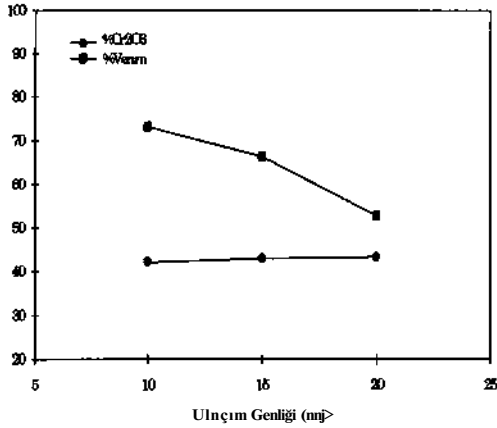
3.4.1. MGS Çalışma Parametrelerinin Belirlenmesi (-250 um'de)

Tambur dönüş hızı, titreşim genliği, tambur eğimi, titreşim frekansı, yıkama suyu miktarı ve besleme katı oranının etkisini araştırmak üzere yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar sırasıyla

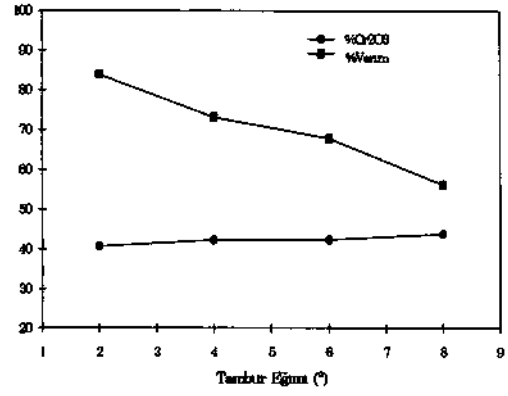
Şekil 1-6'da verilmiştir. Herbir parametre için yapılan deney gruplarından (tenor ve verim açısından) elde edilen optimum değerler bir sonraki deneylerde sabit parametreler olarak alınmıştır. Her parametrenin sabit kabul edilen ilk değerleri, literatürdeki ortalama değerlerdir.



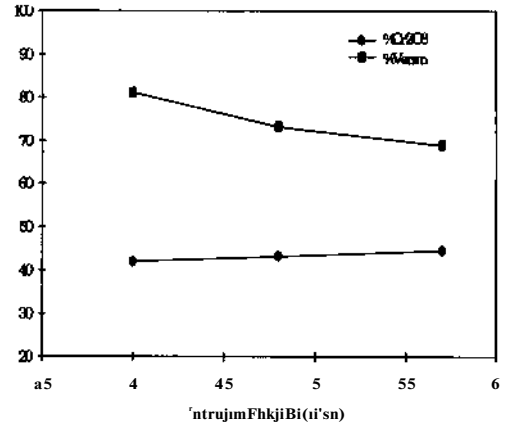
Şekil 1. Tambur dönüş hızının etkisi (Tane boyutu 250 um, genlik 10 mm, tambur eğimi 4°, frekans 4.8 d/sn, yıkama suyu 2 l/dk., katı oranı %35)



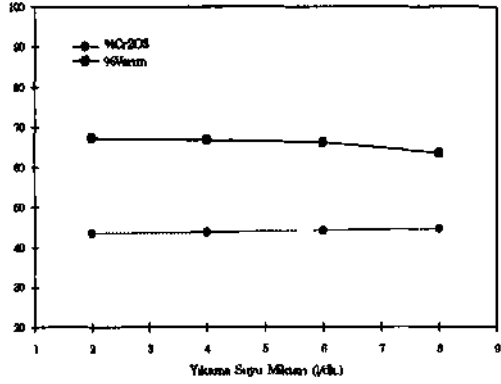
Şekil 2. Titreşim genliğinin etkisi (Tane boyutu -250 um, tambur hızı 150 d/dk., tambur eğimi 4°, frekans 4.8 d/sn., yıkama suyu 2 l/dk., katı oranı %35)



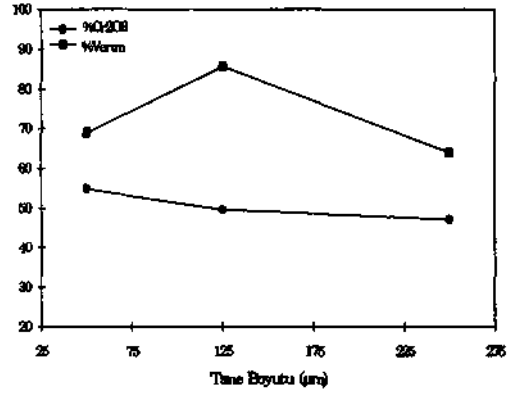
Şekil 3. Tambur eğiminin etkisi (Tane boyutu -250 um, tambur hızı 150 d/dk., genlik 10 mm, frekans 4.8 d/sn, yıkama suyu 2 l/dk., katı oranı %35)



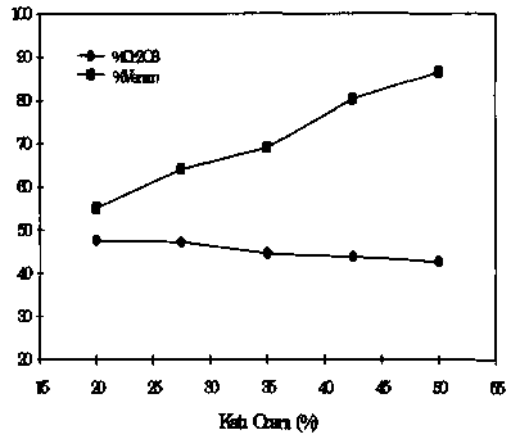
Şekil 4. Titreşim frekansının etkisi (Tane boyutu -250 um, tambur hızı 150 d/dk., genlik 10 mm, eğim 4°, yıkama suyu 2 l/dk., katı oranı %35)



Şekil 5. Yıkama suyu miktarının etkisi (Tane boyutu -250 um, tambur hızı 150 d/dk., genlik 10 mm, eğim, 4°, frekans 5.7 d/sn., katı oranı %35)



Şekil 7. Tane boyutunun etkisi (Tambur hızı 150 d/dk., genlik 10 mm, eğim 4°, frekans 5.7 d/sn., yıkama suyu miktarı 2 Vdk., katı oranı %27.5)



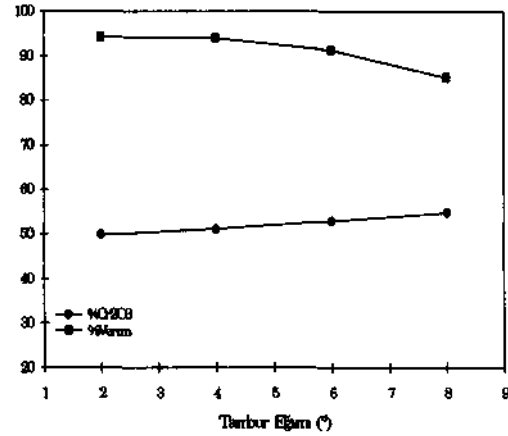
Şekil 6. Katı oranının etkisi (Tane boyutu -250 um, tambur hızı 150 d/dk., genlik 10 mm, eğim 4°, frekans 5.7 d/sn., yıkama suyu miktarı 2 l/dk)

3.5. Tane Boyutunun Etkisi

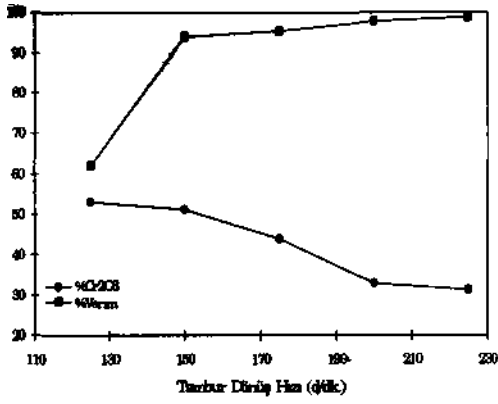
Cevher tane boyutunun etkisini belirlemek üzere yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 7'de verilmiştir.

3.6. Tambur Dönüş Hızı ve Eğiminin Etkisi (-100 um'de)

MGS için optimum kabul edilebilecek tane boyutu olan -100 um'de tambur dönüş hızı ve eğiminin etkisini araştırmak için yapılan deney sonuçları ise Şekil 8-9 'da verilmiştir.



Şekil 8. Tambur dönüş hızının etkisi, (Tane boyutu -100 um, genlik 10mm, eğim 4°, frekans 5.7 d/sn., yıkama suyu miktarı 2 Vdk., katı oranı %27.5)



Şekil 9. Tambur eğiminin etkisi (Tane boyutu -100 um, tambur hızı 150 d/dk., genlik 10 mm, eğim 4°, frekans 5.7 c/sn., yıkama suyu miktarı 2 l/dk., katı oranı %27.5)

4. SONUÇLAR

1. MGS ile yapılan zenginleştirme çalışmalarında tambur dönüş hızı ve eğim açısının en etkin işletme parametreleri olduğu, diğer değişkenler (yıkama suyu miktarı, besleme katı oranı, titreşim genliği ve frekansı)'m ise ayırmayı daha az etkiledikleri görülmüştür.

2. Tane boyutunun ayırmada çok önemli olduğu, ince boyutlarda ayırmanın iyi, iri boyutlarda ise ayırma hassasiyetinin azaldığı belirlenmiştir. Örneğin; -50 µm'de %54.85 Cr₂O₃ tenörlü konsantre %68.94 randımanla elde edilirken, -250 µm'da %47.20 Cr₂O₃ tenörlü konsantre ancak %64.02 metal randımanıyla kazanılabilmektedir.

3. MGS ile krom cevherlerinin zenginleştirilmesinde belirlenen (verim ve tenor açısından) optimum işletme parametreleri; tambur dönüş hızı 150 d/dk., titreşim genliği 10 mm, tambur eğim açısı 4°, titreşim frekansı 5.7 d/dk., yıkama suyu miktarı 2 l/dk., besleme katı oranı %27.5, besleme tane boyutu ise -100 µm olarak belirlenmiştir.

4. Belirlenen optimum çalışma parametreleriyle yapılan zenginleştirme deneyinde; %24.00 Cr₂O₃ içerikli besleme malından %51.18 Cr₂O₃ tenörlü konsantre %94.04 metal kazanma randımanı ile elde edilmiştir.

5. Klasik gravite zenginleştirme tesislerine ilave edilecek bir MGS sistemi ile şlam boyutundaki kaçaklar değerlendirilerek, genel tesis randımanı yükseltilebilecektir.

6. Serbestleşme tane boyutu klasik gravite yöntemleri için çok ince olan krom cevherlerinin, serbestleşme boyutuna indirilerek MGS'de yüksek tenor ve randımanla kazanımı mümkün olabilecektir.

5. KAYNAKLAR

- Chan, S.K. and Mozley, R.H. *Enhanced Gravity Separation for the Beneficiation of Fine and Ultra Fines*. Richard Mozley Limited, Cornwall, UK, 1987
- Güney.A., Önal.G., *Beneficiation of Etibank Üçköprü Cromite Tailings by Column Flotation*, III. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu, 1990, İstanbul
- Palmer, B.R., Fuerstenau, M.C., and Aplan, F.F., *Mechanisms Involved In the Flotation of Oxides and Silicates with Anionic Collectors*. Part II, Trans AIME, Vol 258 pp.261-263, 1975
- Sagheer, M., *Flotation Characteristics of Cromite and Serpentine*. Trans. AIME.Vol 235, 1966, pp. 60-67