

KAVAK YÖRESİ KROMİT ARTIKLARININ MGS CİHAZI KULLANILARAK ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

CONCENTRATION OF CHROMITE WASTES FROM KAVAK REGION BY USING MULTI GRAVITY SEPARATOR

Faruk ESKİBALCI, Kenan ÇİNKU, İlgin KURŞUN, Şafak G. ÖZKAN
İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 34850, Avcılar/ İstanbul

ÖZ: Bu makalede, Kavak yöresinde kurulu özel bir firmaya ait Krom Konsantratörü şlam masası artıklarının zenginleştirme sonuçları verilmiştir. Çalışmalar sırasında MGS ile zenginleştirme yönteminden yararlanılmıştır. MGS deneylerinde kullanılan numune %18,74 Cr₂O₃ içermektedir. MGS kullanılarak yapılan zenginleştirme testlerinde %64,42 Cr₂O₃ kazanma verimi ile %47 Cr₂O₃ tenörlü konsantre üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kromit atıkları, Kavak yöresi, MGS cihazı, zenginleştirme.

ABSTRACT: In this paper, the results of beneficiation studies on chromite wastes from Kavak region, are presented. During the study, the MGS methods were utilized. The samples used in the MGS experiments contain 18,74 % Cr₂O₃. Beneficiation tests by using MGS yield a concentrate with 47,12 % Cr₂O₃ grade and chromite recovery of 64,42%.

Key Words: Chromite wastes, Kavak region, MGS device, concentration.

GİRİŞ

Günümüzde yüksek tenörlü ve iri boyutlu cevherlerin azalması, tesis atıklarının yeniden değerlendirilip ekonomiye katılmasını gündeme getirmiştir. Son yıllardaki teknolojik gelişmeler bu tür cevher ve atıkların değerlendirilmesine olanak sağlamış ve tesisler atık sahalarındaki bu kaynakları yeniden değerlemeye başlamışlardır.

Türkiye krom üreticisi ülkeler arasında bir milyon ton/yıl tüvenan cevher üretimi ile önemli bir yerdedir. Üretilen bu cevher değişik kullanım alanları için zenginleştirilmektedir. Gerek hazırlama ve gerekse zenginleştirme işlemleri sırasında oldukça büyük miktarlarda ince boyutlu krom mineralleri atık sahasına kaçmaktadır. Bu kaçaklar içerisinde bulunan yüksek tenörlü ve ince boyutlu cevherler büyük mali kayıplara yol açmakta ve işletmenin ekonomikliğini azaltmaktadır.

Literatürde tesis atıklarından kromun geri kazanılmasına yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlar arasında; Güney (1990), Güney vd. (1991), (1992), (1993), Özdağ vd. (1994), Gül vd. (1995), Çiçek vd. (1998), Sönmez vd. (1998), Gence (2000), Özkan ve İpekoğlu (2001) bulunmaktadır. Araştırmacılar Türki-

ye'nin en büyük krom işletmelerinden biri olan Eti Holding'e ait Üçköprü madeni ince boyutlu kromit artıkları üzerinde çalışmışlar, kolon flotasyonu ve gravite konsantre cihazları gibi bazı teknikler kullanarak uygun tenör ve verimde krom minerallerini kazanmışlardır.

MALZEME VE METOT

Türkiye'de özel bir şirkete ait ve Kavak yöresinde bulunan Krom konsantratöründen getirilen tesis artık numunesi üzerindeki zenginleştirme çalışmaları, İ.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Zenginleştirme Laboratuvarlarında yürütülmüştür.

Deneyel çalışmalar Kavak Krom Konsantratörü şlam masası artıklarından temin edilen 100 kg'lık numune üzerinde yapılmıştır. Önce numune bölücü yardımcı malzeme azaltılarak 1'er kg temsili numuneler hazırlanmıştır. Temsili numuneler üzerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler neticesinde %13,75 Cr₂O₃ (ağırlıkça %100), -53 mikron tane boyu fraksiyonunun %18,73 Cr₂O₃ (ağırlıkça %32,20) ve +53 mikron tane boyu fraksiyonunun %11,39 Cr₂O₃ (ağırlıkça %67,80) olduğu tespit edilmiştir. Numune üzerinde yapılan de-

taılı mineralojik incelemede ana mineral olarak kromit, gang mineral olarak da olivin ve serpantin mineralleri tespit edilmiştir. 53 mikron tane boyutu esas alınarak numunenin elek metal dağılımı Çizelge 1'de, yapılan komple elek analiz sonuçları da Çizelge 2'de verilmiştir. Şekil 1'de numunenin boyut dağılım eğrileri verilmiştir. Buradan d_{50} : 0,17 mm, d_{80} : 0,64 mm olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Atık numunesine ait tane boyut dağılım sonuçları.

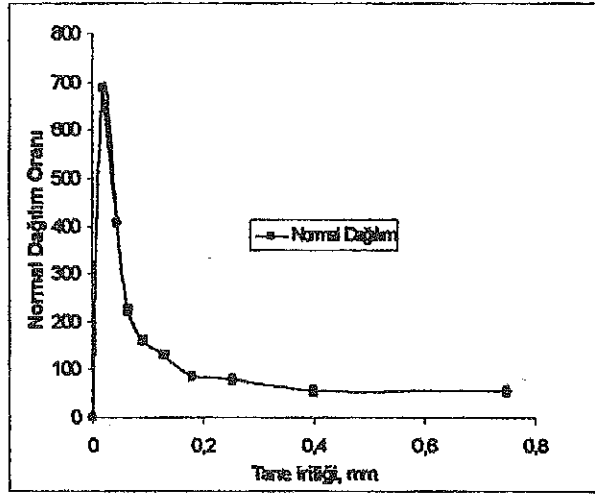
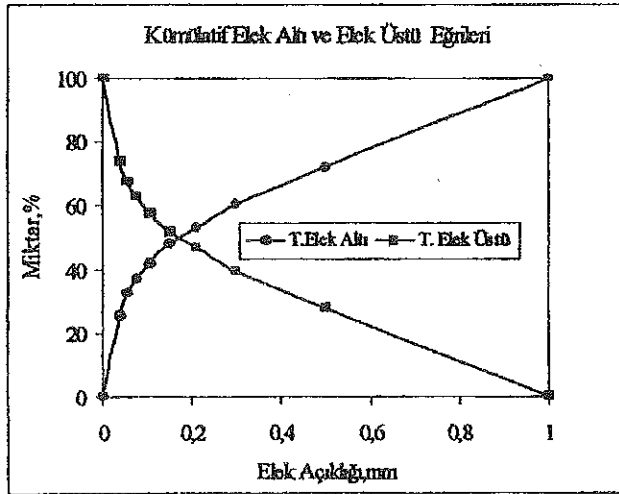
Table 2. The results of grain size distribution of waste sample.

Elek Açıklığı mm	Ağırlık %	Toplam %		Δd	Normal Dağılım % Ağır./ Δd
		Elek Altı	Elek Üstü		
-1 + 0,5	28,00	100,00	28,00	0,500	56,00
-0,5 + 0,3	11,50	72,00	39,50	0,200	57,50
-0,3 + 0,212	7,10	60,50	46,60	0,088	80,68
-0,212 + 0,150	5,40	53,40	52,00	0,062	87,09
-0,150 + 0,106	5,80	48,00	57,80	0,044	131,81
-0,106 + 0,075	5,00	42,20	62,80	0,031	161,29
-0,075 + 0,053	5,00	37,20	67,80	0,022	227,27
-0,053 + 0,038	6,10	32,20	73,90	0,015	406,66
-0,038	26,10	26,10	100,00	0,038	686,84
Toplam	100,00				

Çizelge 1. Atık numunesi kimyasal analiz sonuçları

Table 1. The results of chemical analysis of waste sample

Boyut	Miktar, %	Cr ₂ O ₃ , %
+53 mikron	67,80	11,39
-53 mikron	32,20	18,73
Toplam	100,00	13,75



Şekil 1. Atık numunesinin tane boyut dağılım eğrileri.

Figure 1. The curves of grain size distribution of waste sample.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Kavak krom konsantratörü şlam masası artıklarından kromun geri kazanılması için yapılan deneylerde, laboratuvar çaplı Multi Gravite Ayırıcısı kullanılmıştır. MGS ayırıcısı sarsıntılı masa ve siklonun bir kombinasyon

yonu olarak dizayn edilmiştir ve çok ince tane boyutlarında özgül ağırlık farkına göre başarıyla kullanılan bir zenginleştirme cihazıdır.

Tane üzerine etkiyen merkezkaç kuvveti (F), normal yerçekimi kuvvetinin (g) bir çarpanı olarak tanımla-

nan (g^{II}) kuvveti cinsinden de ifade edilebilir. g^{II} eşitliği 1 nolu denklemde verilmektedir.

$$g^{II} = 5,6 \times 10^{-4} \times D \times N^2 \dots\dots\dots 1$$

[D=Tambur çapı cm, N=Tambur dönüş hızı devir/dk]

Tamburun 300 d/dk hızla döndürülmesi halinde tane üzerine etkiyen merkezkaç kuvveti normal yerçekimi kuvvetinin (g), g^{II} katı kadar (24 katı) arttırılmış olmaktadır. Tambur hızının 150-300 d/dk arasında değişmesine bağlı olarak g kuvveti de 6-24 arasında değişmektedir. Bir sıvı içerisindeki tanenin çöküş hızı boyutunun bir fonksiyonu olarak Stokes yasası gereği 2 nolu eşitlikte verildiği gibidir.

$$d = [18 \times m \times v] / [p \times g] \dots\dots\dots 2$$

[d=tane çapı, m=sıvı vizkositesi, v=tane çöküş hızı, p=kati sıvı arasındaki yoğunluk farkı, g=yerçekimi kuvveti]

2 nolu eşitlikten yararlanılarak 300 d/dk hızla dönen bir taneye etkiyen merkezkaç kuvveti 24 g kadar arttırılmakta, buna karşın tane büyüklüğü (d) 5 kez küçültülmüş olmaktadır. Diğer bir değişle MGS ünitesinde diğer klasik gravite ayırması yapan ünitelere göre 5 kez daha küçük boyutlu tanelerin ayrılması mümkün olmaktadır.

MGS uygulamaları genellikle 100 mikron boyutu altında başarıyla gerçekleştirilmektedir. MGS cihazında ayırmayı etkileyen bir çok parametre bulunmaktadır. Bunlar; tambur eğimi, tambur dönüş hızı, frekans ve genlik, pülp yoğunluğu, yıkama suyu miktarı, besleme miktarı. MGS ayırıcısında tambur dönüş hızı (130-280 d/dk) değiştirilerek 6-24 g (yerçekimi ivmesi) elde edilebilmektedir. Tambur eğimi (0-9°), genlik (10-25 mm),

frekans (4-6 cps), yıkama suyu miktarı (0-10 lt/dk) ve pülp katı oranı (%20-50) arasında değiştirilebilmektedir. (Chan vd. 1990, Yüce 1994, Gence 2000 Özkan vd. 2001)

+53 mikron tane boyutunda yapılan zenginleştirme deneylerinde, ki bu toplam ağırlığın %67'sini oluşturmaktadır, yeteri derecede serbestleşme olmadığı için istenilen tenör ve verim elde edilememiştir. Bu numune boyut küçültme ve zenginleştirme çalışmaları için ayrılarak stoklanmıştır. -53 mikron tane boyutunda kromit artıklarının uygun serbestleşme dereceleri ve zengin kromit içeriklerinden dolayı MGS ayırıcısı ile yapılan çalışmalar oldukça olumlu sonuçlar vermiştir. Zenginleştirme deneylerinde; pülp katı oranı, tambur eğimi, tambur dönüş hızı, genlik ve frekans, yıkama suyu miktarı gibi parametrelerin etkisi araştırılmıştır.

İlk deneylerde eğim 2°, yıkama suyu miktarı 3 lt/dk, genlik 10 mm, frekans 5,7 cps, tambur dönüş hızı 200 d/dk olarak sabit tutularak pülp katı oranının ayırmaya etkisi araştırılmıştır. %20-30-40 pülp katı oranlarında çalışılmıştır. Yapılan deneylerden en iyi sonuç %30 pülp katı oranında elde edilmiş ve %53,9 Cr_2O_3 tenörü ve %30,9 konsantre kazanma verimine ulaşılmıştır. P.K.O. arttıkça tambur cidarında özgül ağırlık farkına göre oluşan tabakalanmanın bozulması nedeniyle verimde bir düşme gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir. Optimum pülp katı oranı %30 olarak belirlendikten sonra 2. Seri deneylerde tambur eğiminin optimizasyonunun yapılması amaçlanmış bu nedenle; genlik 10 mm, frekans 5.7 cps tambur dönüş hızı 200 d/dk, yıkama suyu miktarı 3 lt/dk alınarak tambur eğimi 1°, 2°, 3°, 4° olarak değiştirilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Pülp katı oranının ayırmaya etkisi.

Table 3. Effect of pulp density on separation.

P.K.O.	Ürünler	Ağırlık %	Tenör % Cr_2O_3	Verim % Cr_2O_3
%20	Konsantre	8,71	54,10	30,34
	Artık	91,29	11,85	69,66
	Besleme	100,00	15,53	100,00
%30	Konsantre	9,25	53,90	30,96
	Artık	90,75	12,25	69,04
	Besleme	100,00	16,10	100,00
%40	Konsantre	8,22	54,04	25,45
	Artık	91,78	14,18	74,55
	Besleme	100,00	17,46	100,00

Çizelge 4. %30 PKO'nda tambur eğiminin zenginleştirmeye etkisi.

Table 4. Effect of tilt angle at 30% pulp density.

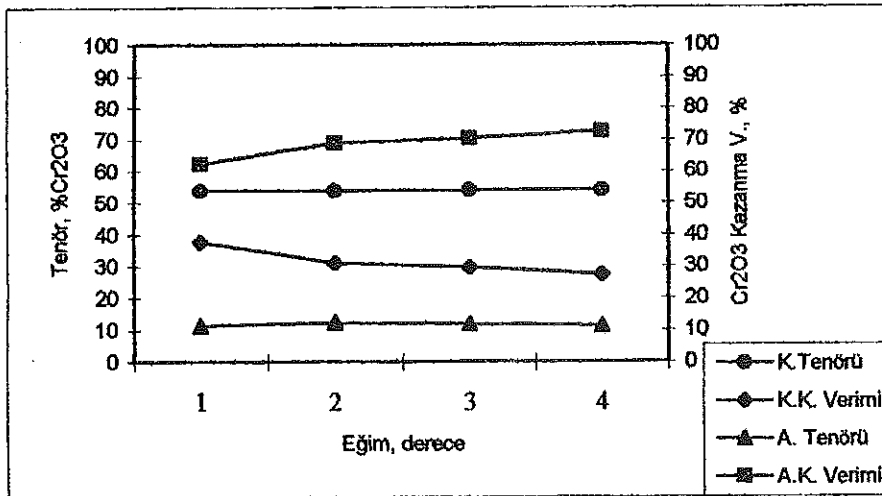
P.K.O.	Ürünler	Ağırlık %	Tenör %Cr ₂ O ₃	Verim %Cr ₂ O ₃
1°	Konsantre	11,26	53,78	37,65
	Artık	88,74	11,30	62,35
	Besleme	100,00	16,08	100,00
2°	Konsantre	9,25	53,90	30,96
	Artık	90,75	12,25	69,04
	Besleme	100,00	16,10	100,00
3°	Konsantre	8,45	54,00	29,66
	Artık	91,55	11,82	70,34
	Besleme	100,00	15,38	100,00
4°	Konsantre	7,33	54,08	27,32
	Artık	92,67	11,38	72,68
	Besleme	100,00	14,51	100,00

Çizelge 3'de görüldüğü gibi PKO arttıkça tambur içerisinde meydana gelen çökme-tabakalanma koşullarının bozulması nedeniyle tenörde önemli bir değişim olmazken verim azalmaktadır.

Çizelge 4 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi eğim arttıkça yıkama suyunun sürüklenme kuvveti arttığı bu nedenle kromit içeriği nispeten daha düşük olan tanelerin artığa gittiği gözlenmiştir. Dolayısıyla Cr₂O₃ % tenörü küçük artışlar gösterirken verimde önemli oranda azalmalar meydana gelmiştir. (Cr₂O₃ kazanma verimi

%37,65'lerden %27,32'lere düşmüştür) 1°, 2°, 3°, 4° de yapılan deney sonuçları incelendiğinde tenörlerin birbirine yakın olduğu bunun için en iyi verimin alındığı 1° eğim (Tenör; %53,78 Cr₂O₃ ve verim; %37,65) optimum şart olarak tespit edilmiştir.

Tambur eğimi ve PKO parametreleri için optimum değerler elde edildikten sonra tambur dönüş hızının ayırmaya etkisi araştırılmıştır. Bilindiği gibi tambur dönüş hızına bağlı olarak yerçekimi ivmesi (g) 6-24 katı kadar artırılabilir. Yerçekimi ivmesinin artması ile ince ve ağır mineral tanelerinin tambur yüzeyine



Şekil 2. Eğimin ayırmaya etkisi.

Figure 2. Effect of tilt angle on separation.

yapışarak konsantre alma kenarına gelmeleri kolaylaşmaktadır.

Üçüncü seri deneylerde; eğim 1°, PKO %30, yıkama suyu miktarı 3 lt/dk, genlik 10 mm frekans 5,7 cps değerleri sabit tutularak, 150-200-225 ve 250 d/dk tambur hızlarında bir dizi deney yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5'de görüldüğü gibi hız 200 d/dk'nın üzerine çıkarıldığında, g kuvvetinin önemli oranda artış göstermesi nedeniyle hafif tanelerinde ağır taneler gibi davranarak konsantre alma bölümüne geldiği gözlenmiştir. Bunun sonucu olarak; verimde önemli bir artış

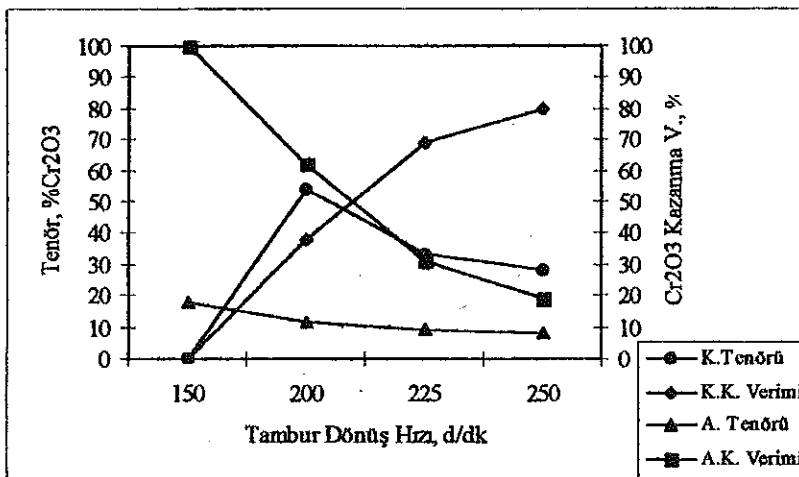
gözlenirken konsantre tenöründe büyük düşüş olmuştur. En iyi konsantre tenörü tambur dönüş hızının 200 d/dk (11,2 g) olduğu deneyde elde edilmiştir. 150 d/dk da yapılan deneyde ise konsantre alınamamıştır. Deney sonuçları Şekil 3'de verilmiştir.

Dördüncü seri deneylerde; tambur eğimi, PKO ve tambur dönüş hızı için optimum değerler saptandıktan sonra frekans ve genlikteki değişmelerin ayırmaya etkisi araştırılmıştır. Deneyler düşük frekans-yüksek genlik, orta frekans-orta genlik ve yüksek frekans-yüksek genlik şartlarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Tambur dönüş hızının ayırmaya etkisi.

Table 5. Effect of rotational speed on separation.

Tambur Hızı d/dk	Ürünler	Ağırlık %	Tenör %Cr ₂ O ₃	Verim %Cr ₂ O ₃
150 (6,3 g)	Konsantre	0,00	0,00	0,00
	Artık	100,00	18,02	100,00
	Besleme	100,00	18,02	100,00
200 (11,2 g)	Konsantre	11,26	53,78	37,65
	Artık	88,74	11,30	62,35
	Besleme	100,00	16,08	100,00
225 (14,1 g)	Konsantre	38,81	33,25	69,17
	Artık	61,19	9,40	30,83
	Besleme	100,00	18,65	100,00
250 (17,5 g)	Konsantre	53,10	28,43	79,80
	Artık	46,90	8,15	19,20
	Besleme	100,00	18,92	100,00



Şekil 3. Tambur dönüş hızının ayırmaya etkisi.

Figure 3. Effect of rotational speed on separation.

Çizelge 6. Frekans ve genliğin ayırmaya etkisi.

Table 6. Effect of amplitude and frequency on separation.

Çalışma Koşulları	Ürünler	Ağırlık %	Tenör %Cr ₂ O ₃	Verim %Cr ₂ O ₃
Yüksek Frekans- Düşük Genlik	Konsantre	11,26	53,78	37,65
	Artık	88,74	11,30	62,35
	Besleme	100,00	16,08	100,00
Orta Frekans- Orta Genlik	Konsantre	17,67	49,16	54,80
	Artık	83,33	8,57	45,20
	Besleme	100,00	15,85	100,00
Düşük Frekans- Yüksek Genlik	Konsantre	15,67	50,33	49,76
	Artık	84,33	9,44	50,24
	Besleme	100,00	15,85	100,00

Çizelge 6'da görüldüğü gibi tenör-verim ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda optimum sonuçlar %49,16 Cr₂O₃ tenörü ve %54,80 Cr₂O₃ kazanma verimi ile orta genlik-orta frekans değerlerinde elde edilmiştir.

Son seri deneylerde ise yıkama suyunun ayırmaya etkisi araştırılmıştır. Deneylerde 2-3-4 lt/dk yıkama suyu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Deneylerde yıkama suyu miktarının da ayırmada önemli rol oynadığı gözlenmiştir. Yıkama suyu miktarının artması, konsantreye gelmesi gereken ağır tanelerin bir kısmının su ile beraber artığa gitmesine neden olmuştur. Buna bağlı olarak konsantre tenörü artarken metal kazanma veriminin düştüğü tespit edilmiştir. En iyi verim 2 lt/dk yıkama suyu miktarında alınmıştır.

Çizelge 7. Yıkama suyu miktarının ayırmaya etkisi.

Table 7. Effect of wash water quantity on separation.

Deney Koşulları	Ürünler	Ağırlık %	Tenör %Cr ₂ O ₃	Verim %Cr ₂ O ₃
2 lt/dk	Konsantre	21,67	47,12	64,42
	Artık	78,33	7,20	35,58
	Besleme	100,00	15,85	100,00
3 lt/dk	Konsantre	16,67	49,16	54,80
	Artık	83,33	8,57	45,20
	Besleme	100,00	15,85	100,00
4 lt/dk	Konsantre	16,67	51,08	53,72
	Artık	83,33	8,80	46,28
	Besleme	100,00	15,85	100,00

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Zenginleştirme çalışmaları Türkiye'deki özel bir şirkete ait Kavak yöresinde bulunan Kavak Krom Konsantratörü tesis atıklarından alınan örnekler üzerinde yürütülmüştür.

Yapılan kimyasal analiz ile numunenin %13,75 Cr₂O₃ içerdiği, -53 mikron tane boyu altındaki malzemenin (toplam miktarı %32,20'si) %18,73 Cr₂O₃ ve +53 mikron tane boyu üzerindeki malzemenin (toplam miktarı %67,80'i) %11,39 Cr₂O₃ içerdiği tespit edilmiştir.

Numunenin yapılan mineralojik incelemesinde ise esas olarak kromit ve serpantin mineralleri (antigorite, olivin, pyroxene ve tremolit) içerdiği görülmüştür.

Zenginleştirme amacıyla laboratuvar çaplı tek tamburlu MGS cihazından yararlanılmış ve cihaz para-

metrelerinin ayırmaya etkisi incelenerek -53 mikron tane boyutunda umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan testlerde; PKO, tambur eğimi, tambur dönüş hızı, Frekans ve genlik ile yıkama suyu miktarının ayırmaya etkisi araştırılmıştır.

Tambur eğimi attıkça yıkama suyunun sürüklenme kuvvetinin arttığı bu nedenle konsantreye gelmesi gereken nispeten kromit içeriği daha düşük olan tanelerin artığa gittiği gözlenmiştir. Dolayısıyla Cr_2O_3 içeriği küçük artışlar gösterirken verimde önemli oranlarda azalmalar meydana gelmiştir (Cr_2O_3 kazanma verimi %37,65'lerden %27,32'lere düşmüştür).

Tambur dönüş hızı 200 d/dk'nın üzerine çıkarıldığında, g kuvvetinin önemli oranda artış göstermesi nedeniyle hafif tanelerinde ağır taneler gibi davranarak konsantre alma bölümüne geldiği gözlenmiştir. Bunun sonucu olarak; verimde önemli bir artış gözlenirken konsantre tenöründe büyük düşüş olmuştur. En iyi sonuçlar tambur dönüş hızının 200 d/dk (11,2 g) olduğu deneyde elde edilmiştir. 150 d/dk da yapılan deneyde ise konsantre alınmamıştır.

Deneylerde yıkama suyu miktarının da önemli rol oynadığı gözlenmiştir. Yıkama suyu miktarının artması, konsantreye gelmesi gereken ağır tanelerin bir kısmının su ile beraber artığa gitmesine neden olmuştur. Buna bağlı olarak konsantre tenörü artarken metal kazanma veriminin düştüğü tespit edilmiştir. En iyi sonuçlar 2 lt/dk yıkama suyu miktarlarında alınmıştır.

MGS ile yapılan bir seri deney sonucunda -53 mikron tane boyutunda alınan en iyi sonuçlar; tambur eğimi 1° , PKO %30, yıkama suyu miktarı 2 lt/dk, frekans 4,8 cps, genlik 15 mm tambur dönüş hızı 200 d/dk olarak gerçekleşmiş ve %64,42 Cr_2O_3 kazanma verimiyle %47,12 Cr_2O_3 tenörlü ürün, ağırlıkça %21,67'lik bir konsantre olarak elde edilmiştir.

İlerideki çalışmalarda iri tane fraksiyonlarında (+53 mikron) bir kademe boyut küçültme işleminden sonra MGS kullanımının daha olumlu sonuçlar vereceği belirtilmektedir.

SUMMARY

Today, the development of environmental consciousness, the desire of human beings to live in good, clean surroundings, the gradual increase of energy costs and similar cases make necessary the research and investigation regarding the possibilities of recycling, recovery of waste material, and development of suitable equipment.

In this paper, the results of beneficiation studies on chromite waste from Kavak region are presented. During the study, the MGS methods were utilized. The

mineralogical studies indicated that gangue minerals were mainly serpentine group for the sample.

Laboratory tests were carried out at a C-900 MGS device and the effect of operating parameters, which are drum speed, tilt angle, frequency, amplitude, amount of wash water and pulp density were investigated.

The parameters affecting the efficiency of separation on MGS are drum speed (infinitely variable from 100-300 rpm), tilt angle ($0-9^\circ$), shake amplitude (10-15-20mm), shake frequency (4,0-4,8-5,7 cps), wash water (0-10 L/min.) and pulp density of the feed slurry (10%-50%).

The samples used in the MGS experiments containing 18,74% CCr_2O_3 , beneficiation tests by using MGS yield a concentrate with, %47,12 % Cr_2O_3 grade and chromite recovery of 64,42 %.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Arıoğlu, E. vd. 1997**, Krom madenciliğine istatistiksel bakış. MMO İstanbul Şubesi.
- Çiçek, T. vd. 1998**, Gravimetric concentration of fine chromite talings. Innovation in mineral and coal processing, pp 731-736, Atak, Önal ve Çelik (eds) Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Gence, N. 1999**, Beneficiation of Elazığ-Kefdağ chromite by multi gravity separator, Tr. J. Of Engineering and Environmental, Sciences, pp 473-475
- Gül, A. vd. 1995**, Evaluation of low grade chromite ores from Adana-Karsanti region. The 14th Turkish Mining Congress, Chamber of Mining Engineers of Turkey.
- Güney, A. 1990**, Etibank Üçköprü Kromit Zenginleştirme tesisi atıklarında küçük boyutlu kromitin zenginleştirilmesi. İ.T.Ü. Doktora Tezi.
- Güney, A. vd. 1991**, Beneficiation of Etibank Üçköprü chromite tailings by column flotation, Column 91, Proceedings of International Conference on Column Flotation, Vol 1, pp 211-219, Sudbury, Ontario, Canada.
- Güney, A. vd. 1992**, Concentration of Chromite gravity tailings by free jet type and column flotation system, Proceedings of the first international conference on modern process mineralogy and mineral processing, Beijing, China.

- Güney, A. vd. 1994**, Flotation of fine chromite tailings using novel techniques, Progress in mineral processing technology, pp 473-477, Demirel and Ersayın (eds), Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Madem, K. 1999**, Bursa Başalan yöresi kromitlerinin zenginleştirilme olanaklarının araştırılması, İ.Ü. Lisans Tezi.
- Önal, G. 1995**, Krom Envanteri, YMGV İstanbul.
- Özdağ, H. vd. 1994**, Enrichment of chromite from slimes and tailings of shaking tables by multi gravity separator, Innovation of mineral processing, pp 267, Sudbury, Canada.
- Özkan, Ş.G., İpekoğlu, B. 2001**, Concentration studies on chromite tailing by multi gravity separator, 17th International Mining congress and exhibition of Turkey, pp 765-768 İstanbul, Turkey.
- Uçbaş, 1998**, Relationship between shake frequency and amplitude in the concentration of chromite fines by multi-gravity separator, Progress in mineral processing technology, pp 71-76, Demirel and Ersayın (eds), Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

Makalenin geliş tarihi : 24.05.2002
Makalenin yayına kabul tarihi : 29.11.2002
Received : May 24, 2002
Accepted : November 29, 2002