

ADANA/ALADAĞ KROMİT ZENGİNLEŞTİRME TESİSİ ARTIKLARINDAN KROMİT KAZANIMI*

Recovery of Chromite from Aladağ/Adana Chromite Concentration Plant Tailings

Soner TOP
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Mehmet YILDIRIM
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada Adana/Aladağ kromit zenginleştirme tesisi artıklarından kromit kazanımı araştırılmıştır. Bu amaçla flokülasyonu izleyen yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma deneyleri uygulanmıştır. Sonuçta, %82 verimle %8.43 kromit (Cr_2O_3) içeren bir konsantre elde edilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Adana, Kromit, Manyetik Ayırma, Flokülasyon

ABSTRACT

In this study, recovery of chromite from Aladağ/Adana chromite concentration plant tailings was investigated. In the direction of this purpose, high intensity wet magnetic separation tests followed by flocculation were applied. Finally, a concentrate with 82% yield and 8.43% chromite (Cr_2O_3) grade was obtained

Key Words : Adana, Chromite, Magnetic Separation, Flocculation

Giriş

Yer kabuğunun doğal bileşenlerinden biri olan krom; metalurji, kimya ve refrakter sanayinin temel elementlerinden biridir. Krom metalinin ekonomik olarak üretilebildiği tek mineral ise kromittir. Kromit minerali ve krom yatakları kökensele olarak ilişkili oldukları ultrabazik kayalar içinde bulunurlar. Krom cevheri başlıca metalurji, kimya, refrakter ve döküm sanayiinde kullanılır. Dünya krom cevheri üretimi, rezerv ve baz rezervleri Çizelge 1'de görülmektedir. Dünyadaki sayılı krom üreticisi ülkeler arasında yer alan Türkiye ham cevher, ferrokrom ve krom kimyasalları dışatımından önemli döviz geliri sağlamaktadır. Son yıllarda metalurji, kimya ve refrakter sanayinin krom cevheri talebi 450 000 tona ulaşmıştır. Ham cevherin iç piyasadaki artan tüketiminin yanı sıra önemli miktarda parça ve konsantre cevher dışatımı da yapılmaktadır (DPT, 2007). MTA'nın çalışmaları sonucu ortaya konan Kızılyüksek-Yataardıç (Aladağ, Adana) sahasındaki düşük tenörlü kromit oluşumları, porfiri bakır yataklarındaki işletmecilik benzeri bir madencilik krom yatakları için de tartışılan bir konu haline getirmiştir. Aladağ (Karsanti)'da MTA'nın çalışmalarına konu olan sahada %5.38 Cr_2O_3 (kromit) tenörlü 92 milyon ton kromit rezervi saptanmıştır. Komşu sahalardaki kromit oluşumlarıyla beraber bu rezervin 400 milyon tona ulaşması beklenmektedir.

* Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

Çizelge 1. Dünya krom cevheri üretimi, rezervler ve baz rezervler (1000 ton), (USGS, 2002)

	Cevher Üretimi		Rezervler	Baz Rezervler
	2000	2001		
			(shipping grade)	
ABD	-	-	-	10000
Hindistan	1500	1500	26000	57000
Kazakistan	2610	2300	320000	320000
Güney Afrika	6620	5400	3000000	5500000
Türkiye	1000	500	8000	20000
Diğer Ülkeler	2640	2300	250000	1600000
Dünya Toplamı	14400	12400	3600000	7600000

Nitekim, Etibank tarafından devralınan Aladağ sahasında yapılan ek çalışmalarla, gerek tenör ve gerekse rezerv değerlerinde olumlu gelişmeler söz konusu olmuştur. Etibank'ın yapmış olduğu çalışmalar sonucunda Aladağ yatağının ortalama tenörü %5.60 Cr₂O₃'e yükselmiş ve rezervi 144.1 milyon tonu görünür, 22 milyon tonu muhtemel ve 32 milyon tonu mümkün olmak üzere toplam 198.1 milyon tona ulaşmıştır. Düşük tenörlü Aladağ kromit oluşumları, Türkiye'de bugüne kadar sürdürüle gelen madencilik uygulamalarıyla işletilebilecek bir yatak değildir. Düşük tenörlü, büyük rezervli yatakların işletilmesi uygulaması Türkiye'de bugüne kadar hiç yapılmadığından bu konuda yeterli bilgi birikimi olmamıştır (DPT, 2001).

Adana'daki önemli metalik madenlerden biri olan krom cevherleşmeleri Aladağ ilçesinde yoğunlaşmaktadır. Aladağ-Kızılyüksek ve Yataardıç krom yatağında %5.37 Cr₂O₃ tenörlü 198.000.000 ton rezerv belirlenmiştir. Ofiyolitlere bağlı krom yatakları açısından dünyanın en büyük rezervine sahip olan Kızılyüksek Yatağı'nın yörede bir entegre tesis kurularak işletmeye alınmalıdır. Bununla birlikte, Aladağ ofiyolitlerinde çok sayıda krom yatak ve zuhurları bulunmakta ve bunlar da krom açısından önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Bölgede özel sektör tarafından arama, araştırma ve üretim çalışmaları sürdürülmektedir. Yörede, düşük tenörlü yüksek rezervlere sahip cevherleri üretmek için özel sektör tarafından konsantre tesisleri kurulmuş olup, sayıları günden güne artmaktadır (MTA, 2010). Bu bağlamda, kromit cevheri zenginleştirme tesisleri tarafından elde edilen devasa artık miktarlarının açık işletme sahalarındaki artık depolama alanlarında birikmesi söz konusudur. Bu atıl durumdaki kaynağın ekonomiye kazandırılması büyük önem taşımaktadır.

Materyal ve Metot

Materyal

İri boyuttaki numune artık yığınlarından belirli aralıklarla (1'er metre) yığınının üst, yan yüzey ve eteklerinden alınarak biriktirilmiştir. İnce numune ise artık havuzundan belirli aralıklarda ve derinliklerde katı+sıvı olarak alınmıştır. Deneylerde kullanılacak numune katı/sıvı ayrımı yöntemleri ile susuzlandırılarak elde edilmiştir. Her iki boyut aralığındaki artık katı numune homojen karıştırıldıktan

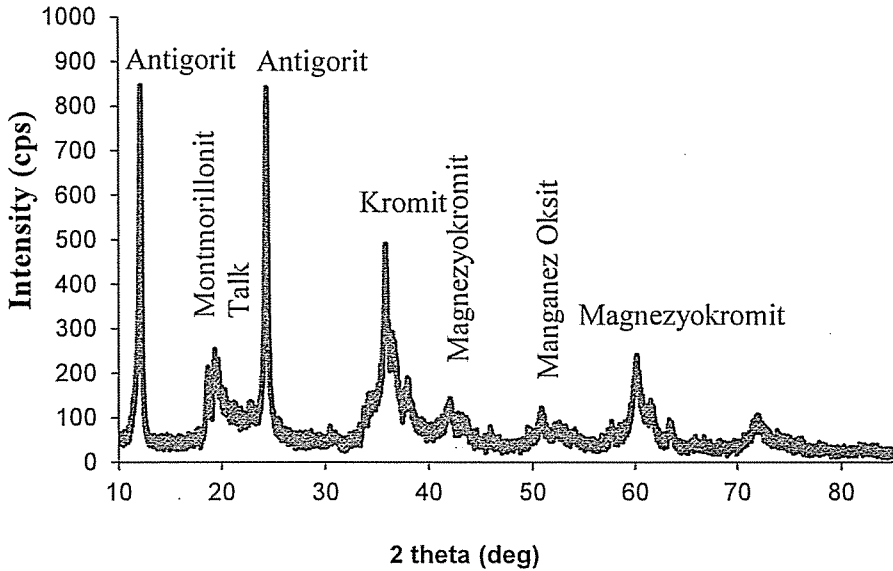
sonra konileme-dörtleme yöntemi ile üretim yerinde azaltılmıştır. Her iki şirketten alınan iri ve ince boyuttaki temsili numuneler homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Bu şekilde elde edilen numunelerden iri boyuttaki için 100 kg, ince boyuttaki için ise 50 kg numune alınarak Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'na getirilmiştir.

Tesislerde oluşan artıkların yaklaşık %40'ı ince, geri kalanı ise iri boyutlu artıklardan oluşmaktadır. Kromit üretim prosesindeki yenilikler ve yüksek tenörlü kromitlerin gün geçtikçe azalması; kromit cevherlerini konsantrasyon tesisinde işleme boyutunu gün geçtikçe düşürmektedir. Hatta bölgedeki bazı tesisler eskiden iri artık olarak artık sahasına depoladıkları malzemelerden tekrar kromit elde etmektedirler.

Bu çalışmada laboratuara getirilen ince boyuttaki numuneler kullanılmıştır.

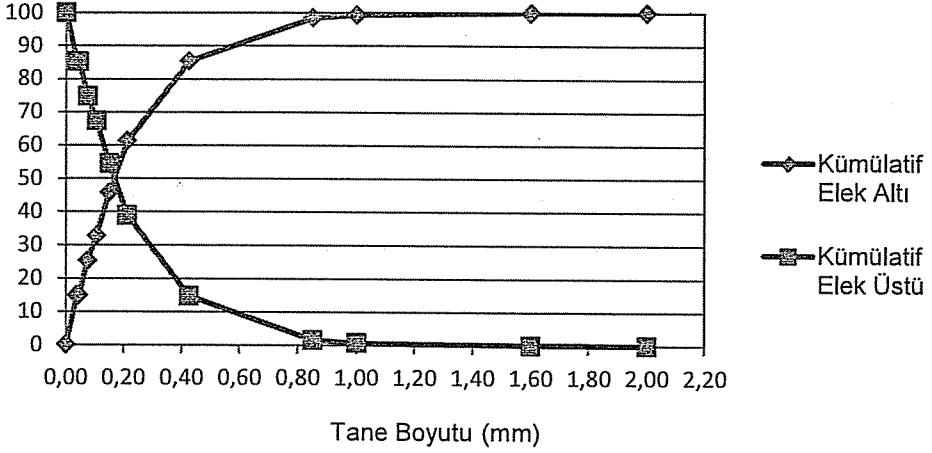
Çizelge 2. İnce boyuttaki artık kompozisyonu

Bileşen	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	NiO
%	36.02	0.91	45.44	0.52	4.06	0.55	12.42	0.08



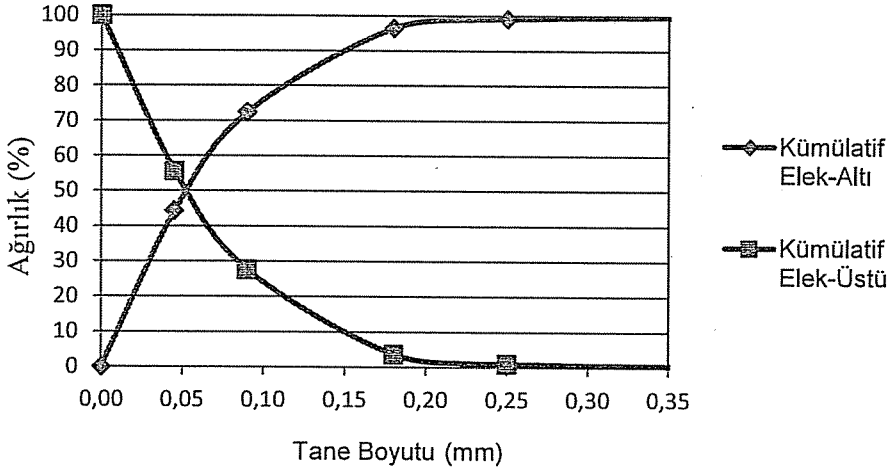
Şekil 1. İnce artığın XRD patterni

Artığın kimyasal bileşimi ve XRD patterni yukarıda görülmektedir. Artık, yan kayaç olarak serpantin minerallerinden antigoritçe zengindir. Artığın tane boyut dağılımı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Artığın kümülatif Elek Altı-Elek Üstü eğrileri

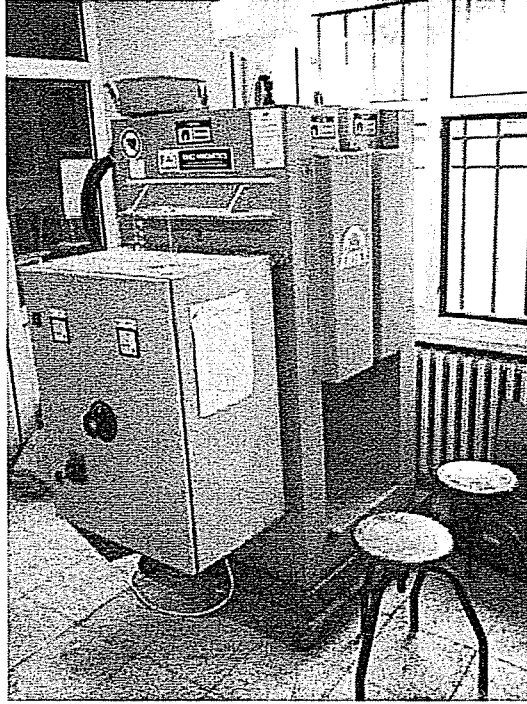
Manyetik ayırma testlerinde kullanılmadan numunenin boyutunun daha da inceltilmesi için 5 dakika süreyle öğütülmüştür. Yaş öğütme işlemi laboratuvar tipi değirmende gerçekleştirilmiştir. 72 dev/dk'da, 10800 g ve çapları 1-5 cm boyutlarında değişen öğütücü ortam (bilya) ile 350 g numune kullanılarak, %72 katı yoğunluğunda öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Öğütülen (5 dakika) numunenin kümülatif elek altı-elek üstü eğrileri

Metot

Manyetik ayırma deneylerinden önce hidrofobik flokülasyon ile kromit taneciklerinin bir araya gelmesi sağlanmış sonrasında yüksek alan şiddetli yağ manyetik ayırma yöntemi ile kazanılması araştırılmıştır.



Şekil 4. Deneylerde kullanılan laboratuvar ölçekli yüksek alan şiddetli yağ manyetik ayırıcı (Eriez Marka)

Manyetik ayırma işleminde Eriez marka laboratuvar tipi yüksek alan şiddetli yağ manyetik ayırıcı ve HP 220 model ısıtıcılı manyetik karıştırıcı birlikte kullanılmıştır. Her deneyde 40 gram numune alınmıştır. Karıştırma işlemi gerçekleştirildikten sonra pulp manyetik ayırıcıya beslenmiştir. Deneyler ışığında flokülant miktarı, karıştırma süresi, katı oranı, pH, cam suyu (Na_2SiO_3) miktarı, karıştırma hızı ve manyetik alan şiddeti parametreleri optimize edilmeye çalışılmıştır. Tüm deneylerde Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ndeki çeşme suyu kullanılmıştır.

Dodesil amin asetat ve sodyum oleat flokülant olarak kullanılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Hidrofobik flokülasyon teknolojisi, sıvı bir ortamdaki ince parçacıkların hidrofobik flokülasyonunu temel alarak ayırımı amaçlayan tüm ayırma metodları olarak tanımlanır. Hidrofobik flokülasyon iki

aşamadan oluşmaktadır. Bunlar hidrofobik flokların oluşumu ve bu flokların sıvı ortamdaki diğer maddelerden ayrımıdır. İlk aşama yalnızca flokülasyon işlemini kapsamaktadır. Sonraki aşamada ise oluşan flokların özelliklerine uygun standart ayırma metodlarından biri uygulanmaktadır.

Flokülasyon aşaması; dispersiyon, hidrofoblaştırma ve hidrofobik flokülasyon olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Dispersiyon (dağıtma) işlemi ayırma verimini azaltabilecek olan heterokoagülasyondan yani istenmeyen ve istenen taneciklerin bir araya gelmesinden (salkımlaşması) dolayı uygulanmaktadır. Bu çalışmadaki flokülasyon deneylerinde yaygın olarak kullanılan dağıtıcılardan (disperse edici) sodyum silikat (Na_2SiO_3) kullanılmıştır. Seçimli hidrofoblaştırma sıvı ortama özel kolektörler eklenerek elde edilir. Karıştırma işlemi ile hidrofoblaşan (su iten hale gelen) tanecikler çarpışır. Aralarındaki enerji bariyeri; elektriksel çift tabakadaki itme ve su filmleri dolayısıyla aşılar. Böylece floklar oluşmuş olur. Geriye ise bu flokların sıvı ortamdaki diğer taneciklerden ayrımı kalmaktadır. Bu çalışmada oluşturulan kromit floklarının ayrımı için yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcı seçilmiştir.

Hidrofobik flokülasyon sırasında, flokları oluşturan partiküller arasında adhezyon kuvvetiyle açıklanabilen bir çekim vardır. Bu hidrofobik adhezyon kuvveti ne kadar büyükse solüsyondaki hidrofobik partiküllerin flokülasyon derecesi o kadar güçlüdür. Bu kuvvet aşağıdaki denklemle açıklanabilir.

$$F_{adh} = V (\rho_1 - \rho_2) g \sin \alpha$$

Burada:

F_{adh} : Adhezyon kuvveti

V: Partiküllerin hacmi

ρ_1 : Partikül yoğunluğu

ρ_2 : Suyun yoğunluğu

g: Yerçekimi ivmesi

α : Partikül ve su arasındaki kontak açısıdır.

Buradan da anlaşılacağı üzere bir araya gelen tanecikler hacmi artırmakta ve adhezyon kuvvetinin de artmasını sağlamaktadır. Buradaki adhezyon kuvveti: Van der Waals kuvvetleri, elektriksel çift yüzey kuvveti, sürtünme kuvveti ve hidrofobik kuvvet gibi birkaç kuvvetin birleşiminden oluşmaktadır (Song ve Lu, 1994).

Belirli bir manyetik alan içerisinde bulunan bir mineral tanesini etkileyen manyetik kuvvet:

$$F_m = V (k_m - k_o) H (dB/dx)$$

Burada:

F_m : Manyetik kuvvet

H: Manyetik Alan Şiddeti

k_m : Mineralin manyetik duyarlılığı

k_o : Ortamın manyetik duyarlılığı

(dB/dx): Alan gradyanı

V: Mineral hacmi

Adhezyon kuvveti kromit taneciklerini bir arada tutan kuvvet durumunda iken manyetik çekim kuvveti ise manyetik alanda kromit floklarını manyetik alinganlığı düşük taneciklerden ayırmak için kullanılmaktadır. Manyetik çekim kuvveti de hacimle doğru orantılıdır (Iatcheva ve Diğ., 2010).

Araştırma Bulguları ve Sonuçlar

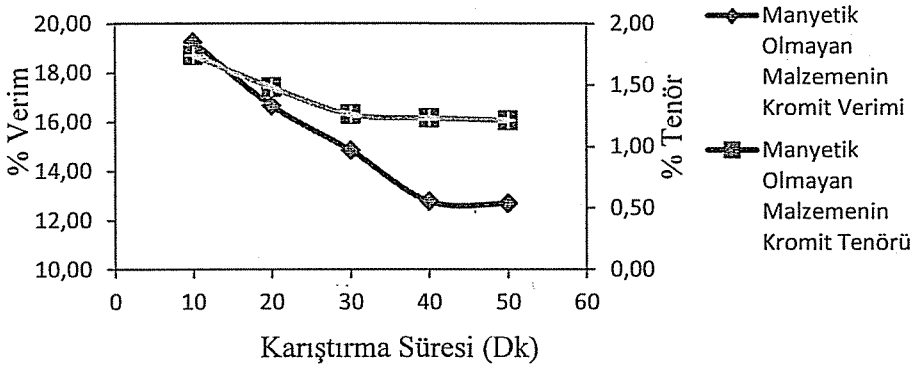
Flokülasyon olmaksızın yapılan manyetik ayırma deneylerinde 12500 Gauss optimum manyetik alan şiddeti optimum olarak belirlendiğinden bundan sonra gerçekleştirilen flokülasyon+manyetik ayırma deneylerinde 12500 Gauss'luk manyetik alan şiddeti uygulanmıştır. Flokülasyon+manyetik ayırma deneylerinde dodesil amin asetat (DAA) ve sodyum oleat (Na-oleat) flokülant olarak kullanılmış ve etkileri araştırılmıştır. Kullanılan tüm kimyasal malzemeler analitik kalitede ve Merck marka olup, pH'nın ayarlanması sırasında HCl kullanılmıştır.

Çizelge 3. Karıştırma süresinin manyetik ayırmaya etkisi (Katı oranı: %20, DAA miktarı: 40 mg, cam suyu miktarı: 50 mg, pH: 9, karıştırma hızı: 200 dev/dk)

Karıştırma Süresi (Dakika)	Manyetik Olan		Manyetik Olmayan		Manyetik Olmayan Fraksiyonun Kromit Verimi (%)
	Ağırlık (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Ağırlık (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	
10	54.48	6.10	45.52	1.74	19.25
20	53.29	6.50	46.71	1.48	16.64
30	51.54	6.80	48.46	1.26	14.84
40	54.57	7.00	45.43	1.23	12.76
50	55.26	6.75	44.74	1.21	12.67

Sonuçların değerlendirilmesinde manyetik olmayan fraksiyonun kromit içeriği göz önüne alınmış ve grafikler buna göre hazırlanmıştır.

Deneyler sonucunda DAA ile yapılan flokülasyon sonrası uygulanan manyetik ayırma için %20 katı oranı, 40 mg DAA miktarı, 50 mg camsuyu miktarı, pH 9, 200 dev/dk karıştırma hızı ve 40 dakika karıştırma süresi optimum koşullar olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Karıştırma süresinin manyetik olmayan kısmın kromit verimi ve tenörüne etkisi

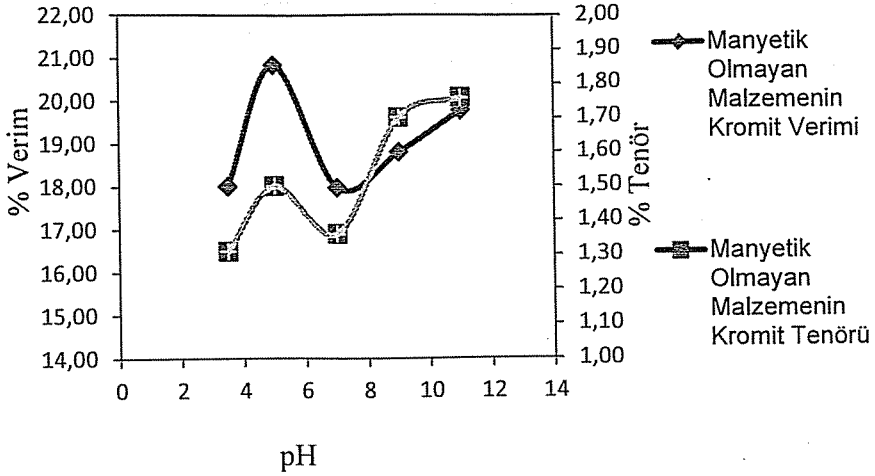
Karıştırma süresi arttıkça manyetik fraksiyondaki kromit tenörü ve veriminin arttığı gözlenmiştir.

Çizelge 4. pH'ın manyetik ayırmaya etkisi (Katı oranı: %20, cam suyu miktarı: 50 mg, Na-Oleat miktarı: 50 mg, karıştırma hızı: 500 dev/dk, karıştırma süresi: 30 dk)

pH	Manyetik Olan		Manyetik Olmayan		Manyetik Olmayan Fraksiyonun Kromit Verimi (%)
	Ağırlık (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Ağırlık (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	
3.5	41.45	8.43	58.55	1.31	18.00
5	42.85	7.60	57.15	1.50	20.84
7	46.67	7.10	53.33	1.36	17.96
9	54.71	6.23	45.29	1.49	16.53
11	54.04	6.07	45.96	1.76	19.78

Deneyler sonucunda Na-Oleat ile yapılan flokülasyon sonrası uygulanan manyetik ayırma için %20 katı oranı, 50 mg Na-Oleat miktarı, 50 mg cam suyu miktarı, pH 3.5-5 arası, 200 dev/dk karıştırma hızı ve 40 dakika karıştırma süresi optimum koşullar olarak belirlenmiştir (Çizelge 4; Şekil 6). Bu sonuçlar ışığında:

- Optimum koşullar neticesinde Na-Oleat ile gerçekleştirilen deneylerde %82 kazanma verimiyle %8.43 Cr₂O₃ tenörüne sahip konsantr manyetik kısımda elde edilmiştir.
- Flokülasyon işlemi sırasında serpantin minerallerinin de salkımlaşmasının kromit kazanma verimini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.



Şekil 6. pH'in manyetik olmayan kısmın kromit verimi ve tenörüne etkisi

- Adana'nın Aladağ ilçesindeki cevher hazırlama tesislerine tüvenan cevher besleme tenörünün %4'lere kadar düştüğü göz önüne alındığında oradaki tesisler için yüksek alan şiddetli yaşı manyetik ayırıcı temini ile artıktan kromit kazanımını gerçekleştirmeye yönelik girişimlerin ilerleyen süreçte kaçınılmaz olduğu saptanmıştır.
- Na-oleat kullanılan ve başarılı olunan deneylerde, düşük pH değerine ihtiyaç olması nedeniyle fazla asit sarfiyatı gerçekleşmiştir. Bunun önlenmesi amacıyla pH'ı ayarlamak amacıyla malzemeyle daha az tepkimeye girerek ortam pH'ını düşürecek değişik asit türleri denenebilir.

Kaynaklar

- DPT, Dokuzuncu Kalkınma Planı, Ana Metal Sanayii, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Demir Dışı Metaller Sanayii Alt komisyon Raporu, Magnezyum, 2007.
- DPT, Sekizinci Beş Yıllık kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Maddeler Alt Komisyonu, Toprak Sanayi Hammaddeleri II, 2001.
- MTA, Adana İli Maden ve Enerji Kaynakları, (2010).
- SONG, S. ve LU, SHOU, C., Hydrophobic Flocculation of Fine Hematit, Siderite and Rhodochrosite Particles in Aqueous Solution, Journal of Colloid and Interface Science, 166, sayfa. 35-42, 1994.

IATCHEVA, I., STANCHEVA, R., KUNOV, G. ve JORDANIAN, I., Shape Identification in a Magnetic Separation System, Elec. Energ. Vol. 23, no. 2, August 2010.

U.S.G.S, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, U.S.A., (2002).