

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**TOPRAKTEPE (YEŞİLDAĞ-BEYŞEHİR-KONYA)
KROMİTLERİNİN ZENGİNLEŞTİRME
YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Tevfik AĞAÇAYAK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Konya, 2004

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAKTEPE (YEŞİLDAĞ- BEYŞEHİR-KONYA) KROMİTLERİNİN
ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tevfik AĞAÇAYAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 15.01.2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç .Dr. Veysel ZEDEF Prof. Dr M. Kemal GÖKAY Yrd. Doç.Dr. Salih AYDOĞAN
(Danışman) (Üye) (Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TOPRAKTEPE (YEŞILDAĞ-BEYŞEHİR-KONYA) KROMİTLERİNİN ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tevfik AĞAÇAYAK

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Veysel ZEDEF

2004, 100 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY

Doç. Dr. Veysel ZEDEF

Yrd. Doç. Dr. Salih AYDOĞAN

Bu çalışmada, Ado Madencilik A.Ş. tarafından işletilmiş ve daha sonra terk edilmiş olan Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin jig, sallantılı masa, humprey spirali, multi gravite seperatör, yüksek alan şiddetli yaşı manyetik ayırıcı ve flotasyon ile optimum koşullarda zenginleştirme olanakları araştırılmıştır.

Topraktepe (Yeşildağ) kromitlerinin kimyasal analizi sonucunda ortalama % 47,68 Cr₂O₃ tenörüne sahip olduğu anlaşılmıştır. Mineralojik incelemeler sonucunda başlıca bileşenlerinin kromit ve serpantinit olduğu belirlenmiştir.

Kromitin zenginleştirilebilmesi için sallantılı masa, multi gravite seperatör, humprey spirali ve manyetik ayırma yöntemleri uygun görülmüştür. En uygun yöntem olarak Multi gravite seperatör ile zenginleştirme yöntemi seçilmiştir.

Deney sonuçlarından; -0,106+0,075 mm fraksiyonunda, 150 dev./dak. tambur dönüş hızında, % 46,22 Cr₂O₃ tenörlü besleme cevherinden; % 79,83 verimle, % 57,52 Cr₂O₃ tenörlü, 175 dev./dak. tambur dönüş hızında, % 46,22 Cr₂O₃ tenörlü besleme cevherinden; % 98,18 verimle, % 51,06 Cr₂O₃ tenörlü, kromit konsantreleri üretilmiştir.

Multi gravite seperatör ile yapılan deneyler sonucunda, incelenen 2 tambur dönüş hızında yüksek verimle, yüksek tönörlü konsantreler üretilmiş olup; en iyi sonuç 150 dev./dak. hızında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kromit, kromit konsantrasyonu, zenginleştirme, gravite ayırması, flotasyon, yüksek alan şiddetli yaşı manyetik ayırma.

ABSTRACT
MSc Thesis
RESEARCH OF ENRICHING PROCESSES OF TOPRAKTEPE
(YEŞİLDAĞ- BEYŞEHİR-KONYA) CHROMITES
Tevfik AĞAÇAYAK
Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Veysel ZEDEF
2004, 100 Pages
Jury: Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY
Assoc. Prof. Dr. Veysel ZEDEF
Assist. Prof. Dr. Salih AYDOĞAN

In this work, optimum enriching possibilities of Topraktepe chromite (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) ores from abandoned mines (mined by Ado Madencilik Inc.) were searched. Enriching methods employed were; by jigging, shaking table, humprey spiral, multi gravity seperator, high intensity wet magnetic seperation and flotation for the this research study.

The ore samples collected from the old mine have a grade of Cr_2O_3 as 47.68 %. Main minerals in the ore samples were determined and they were chromite and serpantinite.

Shaking table, humprey spiral multi gravity seperator and magnetic seperation methods were tested and aproved for enriching chromites. The tests revealed that the enriching method by multi gravity separator is the best method for Topraktepe chromite ore deposit.

Overall results show that, 46.22 % grade Cr_2O_3 feed enriched upto, 57.52 % Cr_2O_3 grade by 79.83 % recovery in $-0.106+0.075$ mm sized sample with 150 rpm drum speed of the gravity seperator. Maximum concentrate grade of has been obtained when 46.22 % Cr_2O_3 grade in $-0.106+0.075$ mm sized ore were given to the seperator which has 175 rpm drum speed. Then the concentrate grade was 51.06 % Cr_2O_3 with 98.18 % recovery.

The results of MGS test demonstrated that, high recovery and high grade concentrates have been obtained for two drum rotation speed. The best result has been obtained at 150 rpm drum speed.

Key Words: Chromite, chromite ore concentration, enriching, gravity, seperation, flotation, high intensity wet magnetic seperation

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her safhasında beni destekleyip yönlendiren ve benim yetişmem için emeğini esirgemeyen danışmanım sayın Doç. Dr. Veysel ZEDEF'e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum. Ayrıca bu tez çalışmamda bilgilerini esirgemeyen ve bana yol gösteren sayın Yrd. Doç. Dr. Salih AYDOĞAN ve diğer bölüm öğretim üyeleri Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT, Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY, Yrd. Doç. Dr. Alper ÖZKAN, Yrd. Doç. Dr. İhsan ÖZKAN ve Yrd. Doç. Dr. Murat ÜNAL'a, yardımcılarından dolayı şükranlarımı sunarım. Bilgilerinden faydalandığım, Arş. Gör. Vildan ÖNEN ve Uzm. Dr. A.Hadi ÖZDENİZ'e, tez çalışmamın her safhasında benim için yardımcılarını esirgemeyen mesai arkadaşları; Arş.Gör. Hakan ÖZŞEN, Arş. Gör. Kemal DOĞAN, Arş. Gör. Ali ARAS, Arş. Gör. Niyazi BİLİM, Arş. Gör. Bilgehan KEKEÇ, Arş. Gör. İbrahim ÇINAR ve Arş. Gör. Selma DÜZYOL'a minnettar olduğumu belirtmek isterim. Laboratuar çalışmalarında beni her yönden destekleyen Maden Teknikeri İbrahim KÜÇÜK'e ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Benim bu günlere gelmemi sağlayan babam, annem ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmada çok önemli katkıları bulunan Maden Mühendisi Şükrü YILMAZ, Kimya Mühendisi Uğur Ahmet KOCA, Kimya Mühendisi Mustafa YİĞİT ve Kimyager Mustafa YILMAZ'a da teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KROMUN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ.....	3
3. KROMİT.....	4
3.1. Kromitin Genel Özellikleri.....	4
3.2. Kromitin Cevher Mineralleri.....	5
3.3. Kromit Yantaşları.....	5
3.4. Kromit Yataklarının Oluşumu.....	6
3.5. Kromit Cevherleşmeleri.....	7
3.5.1. Stratiform ve podiform tipi yatakların karşılaştırılması.....	8
3.6. Kromit Cevher Şekilleri.....	9
3.7. Kromitin Kullanım Alanları ve İstenilen Özellikleri.....	10
3.7.1. Metalurjik kromit konsantrelerinde aranan özellikler.....	11
3.7.2. Refrakter kromit konsantrelerinde aranan özellikler.....	12
3.7.3. Kimyasal kromit konsantrelerinde aranan özellikler.....	12
4. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE KROMİT MADENCİLİĞİ.....	14
4.1. Dünya Kromit Yatakları ve Rezervleri.....	14
4.2. Dünya'da Kromit Üretimi.....	16
4.3. Türkiye Kromit Yatakları ve Rezervleri.....	17
4.4. Türkiye'de Kromit Üretimi.....	19
5. KROMİTLERİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ.....	20
5.1. Elle Ayıklama (Tavuklama) İle Zenginleştirme.....	22
5.2. Özgül Ağırlık Farkına Göre Zenginleştirme.....	22
5.3. Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme.....	27
5.4. Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme	29

5.5. Flotasyon Yolu İle Zenginleştirme.....	30
6. DENEYLERE ESAS OLAN TOPRAKTEPE (YEŞİLDAĞ-BEŞEHİR-KONYA) KROMİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ.....	34
6.1. Jeolojik Oluşumu ve Yeri.....	34
6.2. Madende Kullanılan Cevher Üretimi ve Cevherin Zenginleştirilmesi	36
7. LABORATUAR ÇALIŞMALARI	39
7.1. Cevherin Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri.....	39
7.2. Numunelerin Deney İçin Hazırlanması.....	40
7.3. Kimyasal Analizler.....	42
7.4. Elek-Metal Analizi.....	45
7.5. Serbestleşme Derecesinin Belirlenmesi.....	47
8. TOPRAKTEPE (YEŞİLDAĞ – BEŞEHİR - KONYA) KROMİTLERİNİN ZENGİNLEŞTİRME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI.....	49
8.1. Gravite Yöntemleri.....	49
8.1.1. Sallantılı masa testleri.....	49
8.1.2. Jig ile zenginleştirme testleri.....	52
8.1.3. Multi Gravite Seperatör ile zenginleştirme testleri.....	53
8.1.4. Humprey Spirali ile zenginleştirme testleri.....	55
8.2. Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme Testleri.....	56
8.3. Flotasyon Yolu ile Zenginleştirme Testleri.....	65
8.3.1. En uygun pH'ın saptanması.....	65
8.3.2. En uygun Fe^{+3} iyonu miktarının tespiti.....	67
8.3.3. En uygun köpük alma süresinin tespiti.....	68
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	71
9.1. Sonuçlar.....	71
9.2. Öneriler.....	75
KAYNAKLAR.....	78
EKLER.....	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Krom elementinin fiziksel ve kimyasal özelliklerı.....	3
Çizelge 3.1. Kromitin genel özellikleri.....	4
Çizelge 3.2. Kromit cevher minerallerine ait özellikler.....	5
Çizelge 3.3. Kromitin yantaşları.....	5
Çizelge 3.4. Stratiform ve podiform tipteki kromit yataklarının çeşitli açılardan karşılaştırılması.....	8
Çizelge 3.5. Krom cevherinin kullanım alanlarına göre istenilen bileşim oranları (%).....	10
Çizelge 3.6. Kromitin kimyasal içeriğine göre sınıflandırılması.....	10
Çizelge 4.1. Dünya krom cevheri üretimi, rezervler ve baz rezervler.....	14
Çizelge 4.2. Dünya krom üreticisi ülkeler.....	15
Çizelge 4.3. Dünya krom cevheri üretimi	16
Çizelge 4.4. Türkiye krom cevheri üretim miktarı.....	19
Çizelge 7.1. Numunenin komple kimyasal analizi.....	42
Çizelge 7.2. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromitinin tane boyutlarına göre kimyasal analiz sonuçları.....	43
Çizelge 7.3. Topraktepe (Yeşildağ – Beyşehir – Konya) Kromitinin elek-metal analizi sonuçları.....	46
Çizelge 7.4. Her bir fraksiyona ait Cr ₂ O ₃ tenörü ve % serbestleşme derecesi.....	47
Çizelge 8.1. Sallantılı masa için uygulanan deney şartları.....	50
Çizelge 8.2. -1+0,500 mm, -0,500+0,300 mm, -0,300+0,212 mm, -0,212+0,106 mm boyutlarındaki sallantılı masa deney sonuçları.....	50
Çizelge 8.3. -0,075+0,053 mm, -0,053+0,038 mm boyutlarındaki sallantılı masa deney sonuçları.....	51
Çizelge 8.4. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromitlerinin jig ile zenginleştirme toplu sonuçları.....	52
Çizelge 8.5. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromitlerinin MGS İle zenginleştirme sonuçları.....	54
Çizelge 8.6. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromitlerinin humprey spirali ile zenginleştirme toplu sonuçları.....	56

Çizelge 8.7. -0,106+0,075 mm boyutundaki yüksek alan şiddetli ya� manyetik ayırma test sonuçları.....	57
Çizelge 8.8. -0,075+0,053 mm boyutundaki yüksek alan şiddetli ya� manyetik ayırma test sonuçları.....	58
Çizelge 8.9. -0,053+0,038 mm boyutundaki yüksek alan şiddetli ya� manyetik ayırma test sonuçları.....	59
Çizelge 8.10. -0,038+0,000 mm boyutundaki yüksek alan şiddetli ya� manyetik ayırma test sonuçları.....	59
Çizelge 8.11. En uygun pH değerinin tespiti için yapılan deney sonuçları.....	66
Çizelge 8.12. En uygun Fe^{+3} iyonu miktarının tespiti için yapılan deney sonuçları	67
Çizelge 8.12. En uygun köpük alma süresinin tespiti için yapılan deney sonuçları	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. İdeal ofiyolit dizilişinde kayaç gruplarının konumu.....	6
Şekil 3.2. Peridotitler içine yerleşmiş podiform tipli kromit merceklerinin şematik gösterimi.....	8
Şekil 3.3. Kromit cevher şekilleri.....	9
Şekil 4.1. Türkiye'deki ana kromit yataklarının ve ofiyolit kuşaklarının dağılımı...	18
Şekil 6.1. Topraktepe (Yeşildağ-Kromit) Yatağı'nın yerini gösterir harita.....	34
Şekil 6.2. Topraktepe (Yeşildağ) kromit yatağının genel bir görünümü.....	35
Şekil 6.3 Topraktepe (Yeşildağ) kromitinin ultramafik kayaçlara bağlı olarak podiform tipi oluşum şekli.....	35
Şekil 6.4. Topraktepe (Yeşildağ) kromit yatağında açılan galerinin görünüşü.....	36
Şekil 6.5. Terk edilen Topraktepe (Yeşildağ) kromit konsantré tesisinden bir görünüş.....	36
Şekil 6.6. Tesisteki bilyalı dejirmenin görünümü.....	37
Şekil 6.7. Tesisteki sallantılı masadan bir görünüm.....	37
Şekil 6.8. Tesisteki bant konveyör sisteminden bir görünüm.....	38
Şekil 6.9. Tesisteki Jig ünitesinden bir görünüm.....	38
Şekil 7.1. Topraktepe (Yeşildağ) kromit cevherinin el örneğinde görünümü.....	39
Şekil 7.2. Topraktepe (Yeşildağ) kromit cevherinin mikroskopik görünümü.....	39
Şekil 7.3. Numunelerin deneyler için hazırlanış akım şeması.....	41
Şekil 7.4. Yeşildağ kromitlerinde Cr_2O_3 ile SiO_2 arasındaki ters orantılı ilişki.....	44
Şekil 7.5. Yeşildağ kromitlerinde Cr_2O_3 ile MgO arasındaki ilişki.....	44
Şekil 7.6 Yeşildağ kromitlerinde Cr_2O_3 ile Fe_2O_3 arasındaki ilişki.....	45
Şekil 7.7. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir- Konya) Kromitlerinin kümülatif elek altı eğrisi.....	46
Şekil 8.1. Sallantılı masa deneylerinde tane boyutunun tenöre ve verime etkisi.....	51
Şekil 8.2. Sallantılı masa deneylerinde tane boyutunun tenöre ve verime etkisi.....	52
Şekil 8.3. Jig deneylerinde tane boyutunun tenöre ve verime etkisi.....	53

Şekil 8.4. MGS deneylerinde tambur dönüş hızının tenöre ve % etkisi.....	55
Şekil 8.5. Humprey spirali deneylerinde tane boyutunun tenöre ve verime etkisi.....	56
Şekil 8.6. Manyetik ayırma ile -0,106 +0,075 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki manyetik alan şiddetinin tenöre ve verime etkisi.....	60
Şekil 8.7. Manyetik ayırma ile -0,075+0,053 mm.fraksiyonunda yapılan deneylerdeki manyetik alan şiddetinin tenöre ve verime etkisi.....	61
Şekil 8.8. Manyetik ayırma ile -0,053 +0,038 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki manyetik alan şiddetinin tenöre ve verime etkisi	61
Şekil 8.9. Manyetik ayırma ile -0,038 +0,000 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki manyetik alan şiddetinin tenöre ve verime etkisi	62
Şekil 8.10. Manyetik ayırma ile -0,106 +0,075 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki voltajın tenöre ve verime etkisi	63
Şekil 8.11. Manyetik ayırma ile -0,075 +0,053 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki voltajın tenöre ve verime etkisi	63
Şekil 8.12. Manyetik ayırma ile -0,053 +0,038 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki voltajın tenöre ve verime etkisi	64
Şekil 8.13. Manyetik ayırma ile -0,038 +0,000 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki voltajın % Cr ₂ O ₃ ve % verime etkisi.....	64
Şekil 8.14. pH değerlerine bağlı olarak konsantrenin Cr ₂ O ₃ tenör ve verim eğrisi.	66
Şekil 8.15. Fe ⁺³ iyonları ilavesine bağlı olarak konsantrenin Cr ₂ O ₃ tenör ve verim eğrisi.....	68
Şekil 8.16. Köpük alma süresine bağlı olarak konsantrenin Cr ₂ O ₃ tenör ve verim eğrisi.....	70
Şekil 9.1. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin olası akım şeması.....	76

1. GİRİŞ

Krom cevherinde kromitle birlikte gang mineralleri olarak serpentin, olivin, piroksen, kloritler, feldispat ve nadirende talk bulunur. Krom yataklarının ilişkili olduğu tek kayaç grubu ultramafik-mafik kayaç grubudur. Cevherleşmeleri stratiform ve podiform yataklar olarak gözlenmektedir. Mineralojik yapı olarak da genellikle tabiatta oksit mineralleri ($\text{Spinel} = \text{R}(\text{O.R}_2)\text{O}_3$) olarak bulunur. Krom, doğada en çok bileşik olarak bulunur. Krom metalinin hammaddesi olarak bilinen ve üretilen tek krom bileşiği, kromun demirli cevheri olan kromit mineralidir. Her ne kadar minerallerden birçoğu krom elementini içerir ise de; metal elde etmek için en ekonomik mineral kromittir. Kromitin Mohs sertliği 5,5-7,5 ve yoğunluğu 4,5-4,8 gr/cm³'tür.

Kromitlerin kullanılacakları sanayi dalının aradığı belli başlı teknolojik koşullar vardır. Metalurji, refrakter ve kimya sanayinin ana hammaddelerinden biri olan kromitin bu üç ana sektörde kullanılabilmesi için bazı özelliklere sahip olması, bunun içinde zenginleştirme işlemlerine tabii tutulması gerekmektedir.

Zenginleştirme işlemleri cevherin ve istenilen ürün özelliklerine bağlı olarak çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Kromit zenginlestirmesinde önemli olan ekonomik yöntemin tayin edilmesidir. Bu yöntemlerin seçiminde, cevherin mineralojik ve kimyasal özellikleri önemli ölçüde etkendir.

Kromit zenginlestirmesinde uygulanan belli başlı yöntemler, elle ayıklama, gravite yöntemlerinin bir çoğu, manyetik ayırma ve flotasyon ile zenginleştirme yöntemleridir.

Bu çalışmada, ultramafik kayaçlara bağlı olarak oluşan Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin, çeşitli gravite yöntemleri (multi gravite seperatör, jig, sallantılı masa, humprey spirali), manyetik ayırma ve flotasyon ile zenginleştirme olanakları araştırılmıştır. Ado Madencilik tarafından işletilmiş daha sonra endüstrinin istediği standartlara ulaşamadıkları için terkedilmiş olan; Yeşildağ (Beyşehir-Konya) kromitlerinin, tekrardan madencilik sektörüne kazandırılması amaçlanmıştır.

Kromun tanımı, fiziksel ve kimyasal özellikleri, Bölüm 2'de verilmiştir.

Kromitin genel özellikleri, cevher mineralleri, kromit yantaşları, yataklarının oluşumu, cevherleşmeleri, cevher Şekilleri ve kromitin kullanım alanları ve istenilen özellikleri Bölüm 3'de verilmiştir.

Dünya'daki ve ülkemizdeki kromit yatakları, mevcut olan kromit rezerv durumları ve kromit üretimi hakkındaki genel bilgiler Bölüm 4'de verilmiştir.

Zenginleştirme yöntemlerinin kromite uygulanması hakkındaki detaylar Bölüm 5'de verilmiştir. Ayrıca, kromite uygulanan gravite ile ayırma, manyetik ile ayırma, elektrostatik ile ayırma ve flotasyon ile ayırma yöntemlerinin uygulamaları araştırılarak, bu yöntemlerle ilgili bilgiler sunulmuş ve bu konuda yapılmış olan çalışmalarдан bahsedilmiştir.

Deneylere esas olan Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin jeolojik oluşumu ve yeri hakkındaki bilgiler Bölüm 6'da verilmiştir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan kromit örneğinin, makroskobik ve mikroskobik özellikleri Bölüm 7'de tanıtılmış ve numunenin deneyler için hazırlanma aşamaları, kimyasal analizleri, elek-metal analizleri ve serbestleşme derecesinin belirlenmesi gibi konulara yer verilmiştir.

Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin üzerinde uygulanan zenginleştirme testlerine Bölüm 8'de yer verilmiştir. Öncelikle kromit numuneleri üzerinde gravite yöntemleri, yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma yöntemi ve flotasyon yöntemi uygulanmış ve bu sonuçlardan elde edilen verilere göre; denenmiş olan parametrelerin konsantr tenörüne ve konsantr verimine etkileri incelenmiştir.

Bölüm 9'da elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve daha sonra yapılabilecek olan araştırmalara yön verebilecek öneriler sunulmuştur.

2. KROMUN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Krom, Yunan dilinde renk anlamına gelen chrome'den alınmış olup, sert parlak ve gümüşü renkte bir metale verilen isimdir. İngilizce ve Türkçe'de ise otomobillerin parlak ve paslanmaz çelik aksamına "krom" denilmiştir. Daha sonraları, Türkçe'de krom sözcüğü, tabiatta oksit halinde bulunan kromite veya krom cevherine verilen bir isim olmuştur.

Krom, doğada en çok bileşik olarak bulunur. Krom yerkabuğunun doğal bileşenlerinden olup 200 ppm'lik bir dağılıma sahiptir (Serter,1998). Krom elementine ait genel özellikler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Krom elementinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Turgut, 1995).

PARAMETRELER	ÖZELLİKLER
Sembol	Cr
Atom Numarası	24
Atom Ağırlığı	51,996
Atom Çapı	1,18 Å°
Elastisite Modülü	19000 kg/mm ²
Ergime Noktası	1857±20 °C
Kaynama Noktası	2672 °C
Özgül Ağırlığı	7,18-7,20 gr/cm ³ (20 °C'de)
Özgül Isı	0,108 cal/gr.

3. KROMİT

Kromit, genel formülü ($R<OR>_2O_3$) olan iki ve üç değerlikli elementlerden teşekkür eden spinel grubundan bir mineraldir. Teorik formülü ($FeO.Cr_2O_3$)'e göre Cr_2O_3 miktarının % 67,8, FeO miktarının ise % 32,2 olması gerekmektedir. Ancak kromit tabiatta hiçbir zaman bu formüle göre bulunmaz. Gerçekte doğadaki kromitte, 2 değerlikli element olarak demirin yanında magnezyum ve 3 değerlikli elementlerden krom ile birlikte alüminyum ve demir bulunur. Bu nedenle genel formülü $(Fe,Mg)O.(Cr,Al,Fe)_2O_3$ şeklinde ifade etmek doğru olur (Deniz, 1992).

3.1. Kromitin Genel Özellikleri

Kromit minerali spinel grubundan ve 2 ve 3 değerlikli katyonlardan oluşan bir oksittir. Kübik sistemde kristalleşirler. Kromit, granüle kompakt kütle ve ender olarak oktaedral kristal halinde bulunur. Dilinim içermezler. Siyah ile koyu kahve renklidirler ve kahverengi çizgi renkleri ile karakteristiktirler. Kromitin bileşimine magnezyum geniş ölçüde girmekte ve cevher tenörünün % 40 düzeylerine kadar düşmesine neden olmaktadır. Bu cevherlerde Mg, Fe'i ornatmakta, pikotit adını almaktadır. Ayrıca Ti, Mn, Zn, Ni ve Co elementlerine de rastlanır.

Alevde zümrüt yeşili renginde boraks ve fosfor tuzu incisi verir. Toz halinde Na_2CO_3 ile eritilirse manyetik bir madde bırakır (Turgut, 1995). Çizelge 3.1.'de kromitin genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kromitin genel özellikleri (Nadir, 1994).

PARAMETRELER	ÖZELLİKLER
Rengi	Siyaha yakın gri
Çizgi Rengi	Kahverengi
Sertliği	5,5 (Mohs'a göre)
Özgül Ağırlığı	4,1-4,9 gr/cm ³
Erime Sicaklığı	1930 °C
Kaynama Sicaklığı	2490 °C
Elastisite Modülü	900 kg/mm ²
İşı Kapasitesi	0,12 cal/°C
İşı İletkenliği	0,165 cal.cm/sn.
Elektrik Direnci	13,1 mikro-ohm
Kırılma Şekli	Düzensiz
Kafes Sabiti	2,87 Å°
Çözünürlüklük	Suda ve asitte çözünmez
Diger Özellikler	Ultrabazik kayaçlarda bulunurlar. Görünümü yarı metalik cılıtlı şeklindedir. Kübik sistemde kristalleşirler. Dilinimleri yoktur.

3.2. Kromitin Cevher Mineralleri

Krom elementi ihtiva eden ancak ekonomik değer taşıyan tek mineral kromittir. Çizelge 3.2'de kromit ve diğer kromit cevher minerallerine ait özellikler verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kromit cevher minerallerine ait özellikler (Deniz, 1992).

Mineral adı	% Cr ₂ O ₃	Kristal sistemi	Renk	Cizgi rengi	Sertlik (Mohs'a göre)	Yoğunluk gr/cm ³
Kromit	68	Kübik	Gri-Kahve	Koyu kahve	5,5	4,1-4,9
Uvarovit	30,6	Kübik	Zümrüt yeşili	-	7,5	3,4-3,5
Crocoit	30,1	Monoklinik	Sarı-Kırmızı	Turuncu	2,5-3	5,9-6,1
Daubreeiite	53,1	-	-	-	-	-
Dietzeite	15,3	Monoklinik	Altın sarısı	-	3-4	3,7
Phoenicochroite	17,5	Ortorombik	Sarı-Kırmızı	Tuğla kırmızısı	3	5,7
Belittle	17,3	Hexagonal	Sarı-Turuncu	-	2,5	5,5
Kemererit	-	-	Kırmızı-pembe	-	-	-

3.3. Kromit Yantaşları

Kromitdeki yan taşların oranı % 5-25 arasında değişir; Kromit cevherinin sıcaklığa dayanıklılığı, düşük sıcaklıkta (1650 °C) ergiyen yan taşlarının miktarına ve türüne bağlıdır. Saf kromit (FeO.Cr₂O₃) oksidasyon ve redüklenmeden dolayı, genellikle ergimededen dekompoze olur (Gence, 1985). Çizelge 3.3'de kromit yanında en sık rastlanan yantaşları verilmiştir.

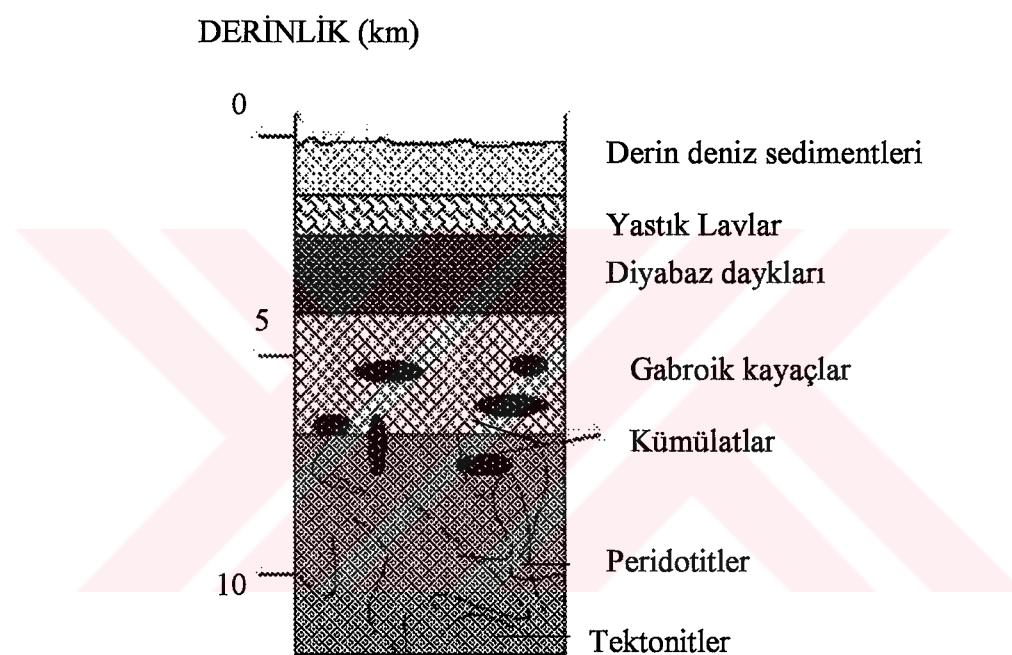
Çizelge 3.3. Kromitin yantaşları (Deniz, 1992).

Kromit yantaşları	Kimyasal formülü	Sertlik (Mohs)	Yoğunluk (gr/cm ³)
Serpantin	3MgO.2SiO ₂ .2H ₂ O	3-4	2,6
Olivin	2(Mg,Fe)O. SiO ₂	7	3,2-4
Kloritler	5(Mg,Fe)O.Al ₂ O ₃ .3SiO ₂ .4H ₂ O	-	-
Feldspatlar	CaO. Al ₂ O ₃ .2SiO ₂	-	-
Proksen Diopsit	CaO.MgO.2SiO ₂	-	-
Enstatit	MgO.SiO ₂	-	-
Bronzit	(Mg,Fe)O SiO ₂	-	-

3.4. Kromit Yataklarının Oluşumu

Kromit yatakları sadece, erken magmatik evrede fraksiyonel kristalleşme evresinde ortaya çıkarlar. Bütün kromit yatakları ofiyolit komplekslerindeki bazik ve ultrabazik kayaçlar içerisinde bulunurlar.

Okyanusal kabuklar ve üst mantonun parçaları olarak düşünülen ofiyolitler, ultaramafik ve mafik kayaçların özel bir topluluğudur. İdeal ofiyolit dizilişi alttan üste doğru Şekil 3.1'deki birimlerden oluşmaktadır (Coleman, 1977).



Şekil 3.1. İdeal ofiyolit dizilişinde kayaç gruplarının konumu (Coleman, 1977).

Ofiyolit komplekslerin büyük çoğunluğunu ultramafik kayaçlar oluştururlar. Beş ana ofiyolit kompleksinde ortalama % 63 civarında ultramafik kayaç bulunmaktadır (Coleman, 1977).

3.5. Kromit Cevherleşmeleri

Kromitlerin yan kayaçları, cevher geometrisi, oluşum şekilleri ile coğrafik dağılımları arasında önemli bir ilişki vardır. Bu ilişki esas alınarak kromit yatakları iki tip olarak ayrılır.

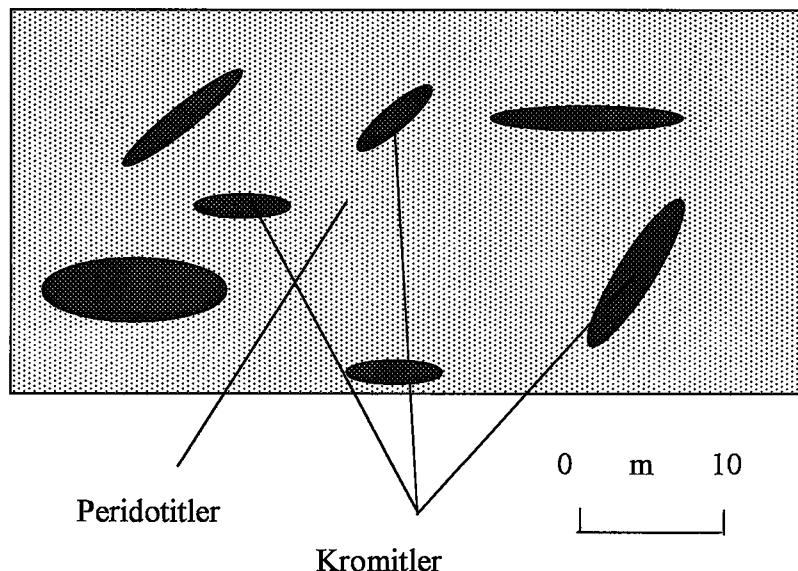
- Stratiform kromit yatakları (Bushveld tipi)
- Podiform kromit yatakları (Alpin tipi).

Stratiform tipteki kromit yatakları Dünya'da bilinen bütün kromit kaynaklarının % 98'ini teşkil eder (Ancak Dünya'da üretilen kromitin yarısı podiform yarısı stratiformdur). Mağmatik kompleksleri bantlı yapıları ile çok büyük paralellik arz eder. Kromit bandı bazen kilometreler boyunca hiç eksiksiz olarak devam eder. Kromit bantları bazen sil şeklinde gözlenirler. Her bir kromit bandı birkaç mm ile 1 metre kalınlığındadır ve kromit bu bantlarda masif yapıdadır. Bantlar arasında ve kromitli seviyeler dışında gabroik mağmadan türeme, dunit, peridotitler ve proksenitler yer alır (Zedef, 1995).

Stratiform yataklarının en belirgin örnekleri Bushveld (Güney Afrika), Stillwater (Montana-Amerika), Great Dyke (Rodezya) krom yataklarıdır (Turgut, 1995).

Bu tip cevherlerde Cr_2O_3 tenörleri genelde % 40'ın altındadır. Fe tenörü yüksek Al tenörü düşüktür. Cr/Fe oranları 2 civarındadır (Deniz, 1992).

Podiform tip yataklar ise Alpin orojenizin etkisi altında kalmış kuşaklarda bulundukları için “Alpin Tipi” yataklar olarak da isimlendirilir. Tektonik hareketlere fazlaıyla maruz kalmış olduklarından mercek şeklinde küçük ve düzensiz bir Şekil gösterirler. Yatak boyları birkaç on metreden daha fazla olmayıp mercek, yığın ve kese şeklinde dirler. Kromit küteleri ultramafik kayaçlar içerisinde bulunur ve bu kayaçlar genellikle serpentinleşmişlerdir. Tipik bir podiform kromit yatağı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Peridotitler içine yerleşmiş podiform tipli kromit merceklerinin şematik gösterimi (Zedef, 1995).

3.5.1. Stratiform ve podiform tipi yatakların karşılaştırılması

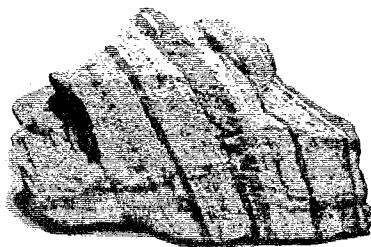
Stratiform ve podiform tip kromit yataklarının bazı genel özellikleri Çizelge 3.4'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.4. Stratiform ve podiform tipteki kromit yataklarının çeşitli açılardan karşılaştırılması (Zedef, 1995).

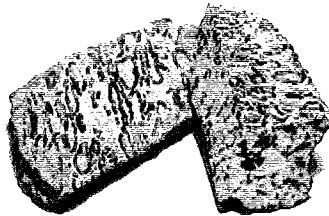
Özellik	Stratiform	Podiform
Yanal Uzunım	Kilometrelerce	Birkaç on metre ile sınırlı
Morfolojik Şekil	Kalınlıkları birkaç metreye kadar olan bantlar şeklinde	Mercek, yoğun ve kese şeklinde
Endüstride Kullanımı	Genellikle refrakter	Genellikle metalurjik
Rezerv	Milyonlarca ton	En fazla birkaç milyon ton, genellikle 100.000 tondan az
Cr ₂ O ₃ Tenörü	Düşük	Yüksek
Tektonizma	Ya hiç yok, ya da çok az	Fazla
Kromitin Oluşum Yaşı	Prekambriyen	Prekambriyen Sonrası
Dünya Üzerindeki Dağılımı	Çok sınırlı. Sadece G.Afrika, Zimbabve, Finlandiya ve Grönland'da	Ultramafik kayaçların bulunduğu her yerde, Urallar, Türkiye, Yunanistan, Hindistan, Balkanlar, Pakistan

3.6. Kromit Cevher Şekilleri

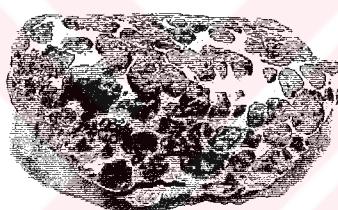
El örneği bazında kromitlerde başlıca beş tür yapı gözlenir. Bunlar şekil 3.3'de gösterilmiştir.



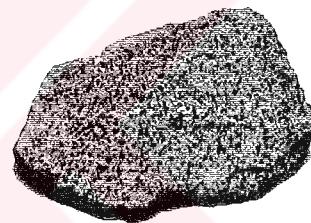
(a)



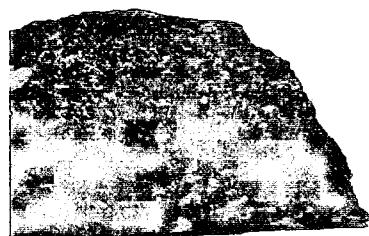
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 3.3. Kromit cevher şekilleri (a) Bantlı (b)Leopard (c)Benekli (d)Saçınimli
(e)Masif (www.mines.itu.edu.tr/muze/oksitler.htm.).

Podiform yataklarda bu yapıların hepsini veya birkaçını görmek mümkünken, stratiform yataklarda masif, saçılımlı ve bantlı yapının dışındaki gözlenmez (Zedef, 1995).

3.7. Kromitin Kullanım Alanları ve İstenilen Özellikleri

Krom cevheri başlıca metalurji, kimya ve refrakter sanayi olmak üzere üç alanda tüketilmektedir. Cevher tenörü ve yabancı bileşenlerin oranı gibi teknolojik özellikler kullanım alanının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Çizelge 3.5). Diğer taraftan piyasada Cr_2O_3 tenörü % 48'den fazla olan cevherlere birinci sınıf, % 42-48 arasında olanlara ikinci sınıf ve % 42'den düşük olanlara üçüncü sınıf cevher denilmektedir (Temur, 1997). Ayrıca, kromiti Aytekin (1988) kimyasal içeriğine göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.5. Krom cevherinin kullanım alanlarına göre istenilen bileşim oranları (%) (Temur, 1997).

Cevher Tipi	Cr/Fe	Cr_2O_3	$\text{Cr}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$	S	P	Fe	Cu
Metalurjik	3	46-48	-	-	0,085	0,04	-
Kimya	1,6	44	-	-	-	-	-
Refrakter	-	31	58	58	-	-	1

Çizelge 3.6. Kromitin kimyasal içeriğine göre sınıflandırılması (Aytekin, 1988).

Cevher Sınıfı	Kimyasal Yapı Cr/Fe Oranı	Ana Kullanım Alanı
Yüksek Krom	%46-55 Cr_2O_3	Metalurji Sanayi
	Cr/Fe :3/1	
Yüksek Demirli	%40-46 Cr_2O_3	Metal+Kimya Sanayi
	Cr/Fe :1.5/1	
Yüksek Alüminyum	%33-38 Cr_2O_3 %22-34 Al_2O_3	Refrakter Sanayi
	Cr/Fe :2.5/1	

Dünya'da kromun kullanıldığı sektörlerde göre tüketim payı ise aşağıda verilmiştir.

- Metalurji Sanayi : % 50-60 tüketim payı
- Refrakter Sanayi : % 20-25 tüketim payı
- Kimya Sanayi : % 15-25 tüketim payı.

3.7.1. Metalurjik kromit konsantrelerinde aranan özellikler

Metalurji sanayii, krom cevherinin en fazla kullanıldığı yerdir. Fiziki özellik bakımından cevherin sert, parça cevherler olması tercih edilirse de, konsantre krom tozları da kullanılabilir (Samanlı, 1998).

Üretilen ferrokromdaki krom %'si, istenilen konsantrelerin Cr tenörü ve Cr/Fe oranı artmasıyla artar. Bu nedenle kromit konsantrelerinde Cr/Fe oranının mümkün olduğu kadar yüksek olması istenir. Genelde ferrokrom üretiminde 2,8-3'den yüksek Cr/Fe oranları istenir. Cr/Fe oranı 3'den çok yüksek konsantrelere prim ödenir (Deniz, 1992).

Bu sanayide kullanılan kromit konsantrelerinde istenilen özellikler aşağıda verilmiştir.

% Cr ₂ O ₃	46-48'den fazla
Cr/Fe oranı.....	3/1-2,8/1'den yüksek
% SiO ₂	5,6- max.8.
% (Al ₂ O ₃ +MgO).....	25'den az
% S.....	0,07'den az
% P.....	0,07'den az.

Metalurji alanındaki esas kullanımı paslanmaz çelik imalidir. Paslanmaz çelikte % 12-36 arasında krom bulunur. Demir esaslı alaşımında, demirin kimyasal açıdan aktivitesinin azaltılarak, paslanma ve oksitlenmeye karşı korunabilmesi için minimum % 12 krom gereklidir.

Kromitin diğer kullanım Şekilleri ise demirsiz krom alaşımı yapılmıştır. Bunlardan krom-nikel, yüksek ısı ve aşınmaya karşı dayanıklıdır ve jet motorları yapımında kullanılmaktadır. Krom-kobalt-tungsten alaşımı olan satelit üstün bir

yüzey sertliğine sahiptir ve genelde maden makinaları, çelik, çimento sanayi ve uçak yapımında kullanılmaktadır. Kromun çeşitli alaşımlarının mermi, denizaltı, gemi, uçak, sahra topu ve silahlarla ilgili sistemlerde kullanılması kromu stratejik bir element yapmaktadır (Çilingir, 1990).

3.7.2. Refrakter kromit konsantrelerinde aranan özellikler

Cr_2O_3 yanında Al_2O_3 miktarı daha fazla olan cevherler refrakter sanayinde tuğla üretiminde kullanılırlar ve “refrakter” olarak adlandırılırlar. Refrakter yapımında kullanılan kromitde % Al_2O_3 oranının mümkün olduğu kadar yüksek olması istenir. Al_2O_3 , refrakter malzemenin kimyasal ve mekanik dayanıklılığını artırmaktadır (Çilingir, 1992).

Bu sanayide kullanılan kromit konsantrelerinde istenilen özellikler aşağıda verilmiştir.

% Cr_2O_3	en az 30
Cr/Fe oranı.....	3/1'den az
% SiO_2	5'den az
% ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$).....	en az 60
% Al_2O_3	en az 20
% FeO.....	15'den az
% CaO.....	2'den az olmalıdır.

Kromit, kimyasal bakımdan nötr ve ergime noktası yüksek bir mineraldir. Yüksek sıcaklıkta asidik ve bazik ortamda mukavemetlidir. Bu özelliklerden dolayı, izabe fırınlarının iç yüzeylerinin örülmesinde kullanılır. Ateş tuğası, ateş çimentosu ve ateş toprağı kromitin önemli refrakter ürünlerindendir. Kromlu refrakter, başlıca çelik endüstrisi ile cam ve kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır.

3.7.3. Kimyasal kromit konsantrelerinde aranan özellikler

Kimyasal kromit konsantrelerinin ince taneli ve yüksek Cr_2O_3 tenörlü olması, Al_2O_3 ve SiO_2 tenörlerinin çok az olması istenir (Çilingir, 1992).

Bu sanayide kullanılan kromit konsantrelerinde istenilen özellikler aşağıda verilmiştir.

% Cr ₂ O ₃	44-48'den fazla
Cr/Fe oranı.....	2/1'den az
% SiO ₂	5'den az
% MgO.....	15'den az
% Al ₂ O ₃	15'den az
% FeO.....	5'den az
% CaO.....	1,5'den az olmalıdır.

Piyasadaki krom bileşikleri :

- Sodyum kromat
- Potasyum kromat
- Kromik asit
- Amomyum kromat
- Amonyum bikromat
- Baryum kromat
- Kurşun kromat
- Kalsiyum kromat
- Demir kromat
- Bazik krom sülfat'tır.

Krom kimyasalları, deri tabaklama, çeşitli renkte pigment elde edilmesinde, organik maddelerin oksidasyonunda, korozyon önlemelerinde, yağların, mumların ve sabunların ağartılmasında, tekstil maddelerinin boyanmasında, kibrit endüstrisinde, yanın malzemesi imalinde, fotoğrafçılıkta, analitik ayıraçlarda, emaye ve seramik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Turgut, 1995).

4. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE KROMİT MADENCİLİĞİ

4.1. Dünya Kromit Yatakları ve Rezervleri

Dünya kromit rezervlerinin büyük bir bölümü stratiform olarak bilinen yataklarda bulunmaktadır. Toplam rezervin % 98'i Güney Afrika, Zimbabwe (Rodezya) ve Bağımsız Devletler Topluluğu'nda, geri kalan % 2'si ise Türkiye'nin de içinde yer aldığı diğer ülkelerde bulunmaktadır (Turgut, 1995).

Dünya krom rezervlerine ilişkin bazı ülkelerin 2000-2001 yıllarına ait üretimleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Buna göre, 2002 rakamlarıyla dünya krom cevheri rezervleri; satılabilir tenör cevher olarak (% 45 Cr₂O₃) 3.600.000.000 ton, rezerv bazı* olarak 7.600.000.000 ton olmak üzere toplam 11,2 milyar tondur (Çizelge 4.1.). Bu rezervlerin ülkelere göre dağılımı Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Bu çizelgeden görüleceği gibi krom cevheri rezervlerinin ülkeler bazındaki dağılımları farklı farklıdır (USGS, 2002).

Çizelge 4.1. Dünya krom cevheri üretimi, rezervler ve baz rezervler*(1000 ton)
(USGS, 2002).

Ülkeler	Maden Üretimi		Rezervler	Baz Rezervler
	2000	2001	(shipping grade)	
A B D	-	-	-	10,000
Hindistan	1,500	1,500	26,000	56,000
Kazakistan	2,610	2,300	320,000	320,000
Güney Afrika	6,620	5,400	3,000,000	5,500,000
Türkiye (1)	1000	500	8,000	20,000
Diğer Ülkeler	2,640	2,300	250,000	1,600,000
Dünya Toplamı	14,400	12,400	3,600,000	7,600,000

*Rezerv bazı günün koşullarında ekonomik rezervi, ekonomiklilik sınırının biraz üstünde (marjinal) ve biraz altında (subekonomik) olan kaynakları içermektedir. Çizelge 4.2'de Dünya krom üreten ülkeler verilmiştir.

Çizelge 4.2. Dünya krom üreticisi ülkeler (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, 2001).

		Finlandiya
		Yunanistan
		Yugoslavya
		Slovenya
		Makedonya
		Hırvatistan
	Afrika	Mısır
		Madagaskar
		Güney Afrika
		Sudan
		Zimbabwe
	Asya	Kıbrıs
		Hindistan
		İran
		Japonya
		Pakistan
		Filipinler
		Tayland
		Myanmar
		Ümman
	Amerika	Arjantin
		Brezilya
		Kolombiya
	Okyanüsya	Avustralya
		Yeni Kaledonya
Diger Ülkeler		Arnavutluk
		Kazakistan
		Rusya
		Vietnam
		Küba
		Türkiye

4.2. Dünya'da Kromit Üretimi

Dünya krom cevheri üretimi bazı dalgalanmalara karşın, giderek artan bir gelişme sergilemektedir. Dünya üretimi 1960 yılında 4.432.000 ton, 1970'de 6.053.000 ton, 1980'de 10.211.000 ton, 1990'da 13.641.000 ton, 1995'de 14.500.000 ton, 1997'de 12.500.000 ton, 1998'de 12.600.000 ton, 2000'de yaklaşık 16.000.000 ton'dur. Dünya krom üretimi ile ilgili bilgiler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Krom cevheri üreten belli başlı ülkelerin sayısı 30 dolaylarındadır. Güney Afrika Cumhuriyeti 1997 yılında 5.780.000 tonluk üretimi ile Dünya üretiminde % 46'lık paya ulaşmıştır (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, 2001).

Çizelge 4.3. Dünya krom cevheri üretimi (ton) (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, 2001).

Ülkeler	1993	1994	1995	1996	1997(e/)
Arnavutluk	(/r)115 000	(/r)118 000	(/r)160 000	(r/)143 000	106 000
Brezilya(4/)	307 577	359 788	447 963	(r/)408 495	330 000
Birmanya(e/)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Çin(e/)	54 000	62 000	94 000	(r/)130 000	120 000
Küba	(/r)15 000	(/r)20 000	(/r)30 693	(r/)37 300	44 000
Mısır	(/r)-	(/r)-	(/r)-	(/r)-	-
Finlandiya	511 000	572 747	597 605	(r/)573 904	611 000
Yunanistan(e/)	(/r)10 000	(/r)5 000	5 000	(r/)5 000	5 000
Hindistan	(/r)1 000 073	909 076	1 536 386	1 363 205	(5/)1 363 049
Endonezya(e/)	2 500	2 500	10 000	13 300	2 156
İran	(/r)124 300	(/r)354 100	(/r)371 100	(r/)250 000	200 000
Japonya(e/)	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000
Kazakistan	(/e)2 900 000	2 020 000	2 871 000	1 190 000	1 000 000
Makedonya(e/)	5 000	5 000	5 000	(r/)5 000	5 000
Madagaskar	144 200	90 200	(/r)106 107	137 210	139 700
Ummann	10 236	6 166	5 300	15 000	15 000
Pakistan	22 154	6 240	(e/)17 000	27 987	30 000
Filipinler	61 732	76 003	111 035	78 345	(5/)87 500
Rusya	120 800	143 000	151 400	76 700	150 000
Güney Afrika(6/)	2 838 000	3 599 000	5 085 000	(r/)4 970 945	(5/)5 779 424
Sudan(e/)	11 500	25 000	(5/)44 988	12 000	43 000
Türkiye	767 313	1 270 431	2 080 043	(r/)1 279 032	1 750 000
Birleşik Arap Em	(/r)19 000	55 000	37 000	56 000	61 000
Zimbabwe	252 033	516 801	707 433	697 311	680 000
Toplam	(/r)9 300 000	(/r)10 200 000	(r/)14 500 000	(r/)11 500 000	12 500 000

(e/) : Tahmin edilmiş. (r/) :Revize edilmiş.

(1/) : Dünya toplamı ve tahmin edilmiş veriler son üç rakama yuvarlatılmıştır.

(2/) : Tablo 25 Haziran 1998'e kadar olan verileri içermektedir.

(3/) : Verilen rakamlar pazarlanabilir çıktıyi temsil etmektedir; aksi durumda belirtilmiştir.

(4/) : Ortalama Cr_2O_3 içeriği : 1993-% 41; 1994-% 41,3; 1995-% 42,2 (revize edilmiş); 1996-% 42,2; 1997- % 42,6.

(5/) : Rapor edilmiş rakam.

(6/) : Botswana'nın üretimini içermektedir.

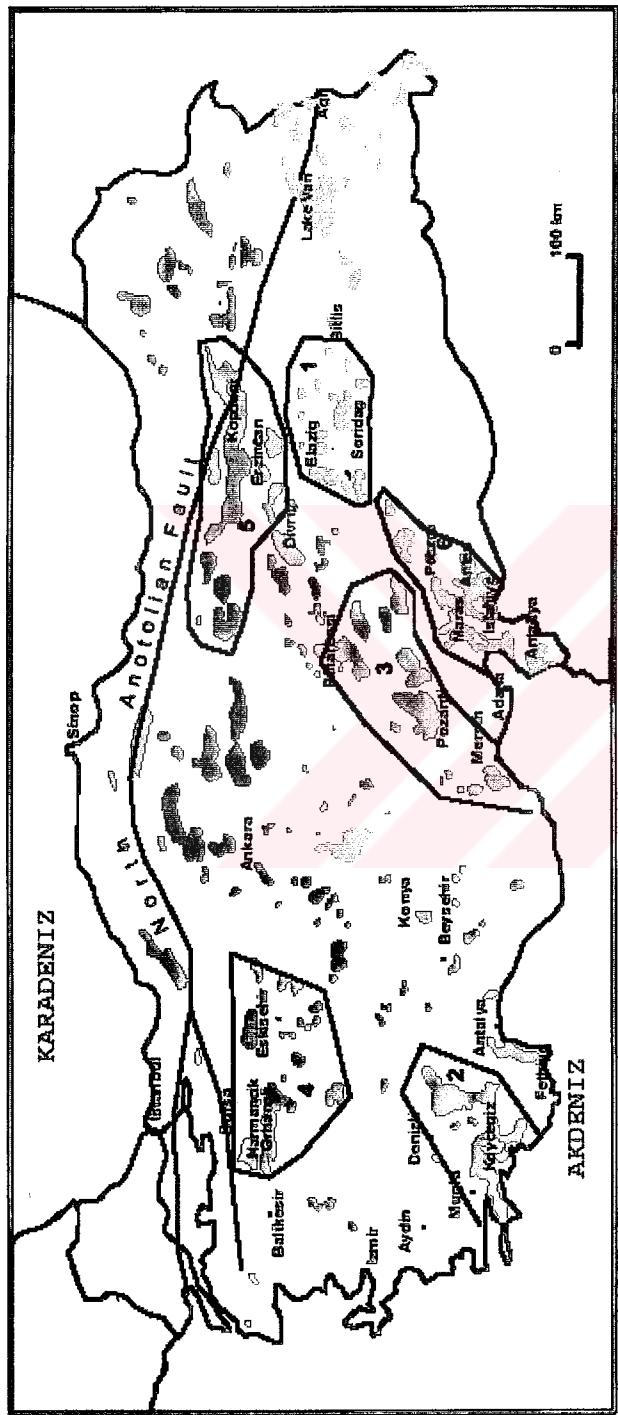
4.3. Türkiye Kromit Yatakları ve Rezervleri

Krom yataklarının içinde bulunduğu peridotit genel adıyla anılan ultrabazik kayaçlar Türkiye'de geniş alanlar kaplarlar. Peridotitler, ofiyolit topluluğuna ait kayaçlar olup Alp orojen kuşağı boyunca yerleşmişlerdir. Alpin tip kromit yataklarının sergiledikleri karmaşık yapı ilişkileri, doku özellikleri ve nispeten küçük boyutlu oluşları bunların belirgin özellikleridir. Alpin tip krom yataklarında kromitin Cr_2O_3 tenörü stratiform tiptekilere göre daha geniş bir aralıkta fazla değişiklik göstermemektedir. Türkiye'de krom yatakları belirgin bir dağılım göstermemeksizin ultrabazik kayaçlar içerisinde ülke geneline yayılmış durumdadır. Türkiye'de 800 kadar tek yada grup halinde krom yatağı ve krom cevheri zehuru bilinmektedir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, 2001). Ek-1'de bunların dökümü özet olarak verilmiştir.

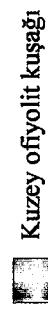
Coğrafi yönden krom yatakların dağılımını 6 bölgede toplamak mümkündür. Bunlar nispi önem sırasına göre şu sırayla verilebilir:

- Guleman-Elazığ yöresi
- Fethiye ve Köyceğiz Bölgesi
- Pozantı-Karsıntı Bölgesi
- Bursa ve Eskişehir bölgesi
- Erzincan-Kopdağı yöresi
- Antakya-İslahiye ve Maraş yöresi (Şekil 4.1).

Bu altı bölgenin dışında dağıtık bazı krom yataklarının bulunduğu bilinmektedir.



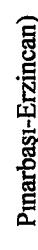
Türkiye'deki üç ana ofiyolit kuşağı



(İzmir-Bursa-Ankara-Erzincan-Erzurum)



(Muğla-Antalya-Beyşehir-Mersin-Pozantı Pınarbaşı-Erzincan)



Güney ofiyolit kuşağı
(Antalya-Elazığ-Van gölünün güneyi)

Bazı kromit yataklarının yerleri

1. Guleman-elazığ yöresi
2. Fethiye ve Köyceğiz Bölgesi
3. Pozanti-Karsıntı Bölgesi
4. Bursa ve Eskişehir bölgesi
5. Erzincan-Kopdağı yöresi
6. Antalya-İslahiye ve Maraş yöresi

Şekil 4.1.Türkiye'deki ana kromit yataklarının ve ofiyolit kuşaklarının dağılımı (Billor ve Gibb, 2002).

MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi bünyesinde bir birim olan Krom Proje Yöneticiliği'nce çok sayıda krom yatağında yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Hesaplanmış olan Türkiye Krom yataklarına ait rezerv rakamları Ek-1'de verilmiştir. Öte yandan çeşitli kuruluşların bir kısmının kendi arama ve üretim çalışmaları sonucunda hesaplanmış rezervleri ise Ek-2'de verilmiştir.

4.4. Türkiye'de Kromit Üretimi

Türkiye'de günümüze kadar olan krom cevheri üretimi 45 milyon ton olarak hesaplanmaktadır. Son 25 yılın ortalama krom cevheri üretimi bir milyon ton/yıl olarak gerçekleşmiştir. Üretim 1995 yılında 2.080.043 ton ile en üst seviyeye ulaşmıştır. Türkiye'nin 1992-1999 yılları arası üretimi Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Son yıllardaki üretim rakamlarıyla Türkiye, Dünya krom cevheri üretiminde Güney Afrika'nın ardından ikinci sırada yer almaktadır (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, 2001).

Çizelge 4.4. Türkiye krom cevheri üretim miktarı **(Ton) (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, 2001).

Yıllar		Kamu	Özel	Toplam
		Miktar	Miktar	Miktar
1992	Tuvenan	218 963	847 851	1 066 814
	Ayıklanmış	55 250	88 354	143 604
	Konsantre	57 035	184 043	241 078
1993	Tuvenan	192 330	574 983	767 313
	Ayıklanmış	125 203	74 896	200 099
	Konsantre	57 351	47 313	104 664
1994	Tuvenan	253 448	1 016 983	1 270 431
	Ayıklanmış	132 383	157 773	290 156
	Konsantre	50 838	65 793	116 631
1995	Tuvenan	323 562	1 756 481	2 080 043
	Ayıklanmış	178 082	231 476	409 558
	Konsantre	69 942	150 861	220 803
1996	Tuvenan	341 178	937 854	1 279 032
	Ayıklanmış	247 648	218 916	466 564
	Konsantre	85 730	100 583	186 313
1997	Tuvenan	470 726	1 175 687	1 646 413
	Ayıklanmış	238 649	123 837	362 486
	Konsantre	58 908	75 776	134 684
1998	Toplam	706 725	733 745	1 440 470
1999*	Toplam	402 447	374 852	777 299

* İlk 9 aylık üretim miktarı ** DİE verileri

5. KROMİTLERİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Kromit birlikte bulunduğu gang minerallerine oranla yoğunluğu yüksek bir mineraldir. Serbestleşme tane boyutu olanak sağladığı sürece, en uygun zenginleştirme yöntemi gravite ayırmasıdır. Cevher iri boyutta serbestleşiyorsa ağır-ortam veya jig ile ayırma yapılabilir. Sallantılı masa ile zenginleştirme daha ince boyutlarda serbestleşme sağlandığında tercih edilmektedir.

Kromit ile gang mineralleri arasındaki manyetik duyarlılık az olduğundan, önceleri olumlu sonuçlar alınmayan manyetik zenginleştirme, geliştirilen yeni manyetik ayırıcılarla, bazı tesislerde kullanılır olmuştur.

Ancak, ince tane boyutlarında serbestleşen ve gravite veya diğer yöntemlerle ayrılması fizibil olmayan cevherlerde, flotasyon ile zenginleştirme yapılmaktadır. Yağ asitleri, sülfonatlar ve amin tipi toplayıcılarla kromitin yüzdürülmesi mümkündür. Toplayıcı reaktif, yağ asidi olduğunda, gang minerallerinin bastırılması için sodyum silikat ve kalcon ilavesi yapılır. Asit ortamda kromitin yüzdürülmesi için kalsiyum tuzu ile kromit canlandırılır ve sülfat ve sülfonatlarla yüzdürülür.

Kromit asit ve bazlara karşı dayanıklı bir mineraldir. Kimyasal zenginleştirme öncesinde fiziksel yöntemlerle ön zenginleştirme yapılmaktadır. Kimyasal yöntemler açısından değişik uygulamalar söz konusudur. Asit ve alkali liçi, ergitme ve Udy yöntemi kromitin zenginleştirilmesinde kullanılan kimyasal yöntemlerdir (Karadeniz, 1996).

Kromit cevherinin zenginleştirilmesinde uygulanacak zenginleştirme yöntemini ve yöntem kombinasyonlarını;

- Cevherin serbestleşme tane iriliği

- Cevherden üretilebilecek konsantrdeki Al_2O_3 - SiO_2 - FeO - Cr_2O_3 tenörleri; Cr/Fe faktörü (Cevher kullanım kalitesi).

- Gang mineralleri ile kromit mineralleri arasındaki fiziksel,kimyasal özellik farklılıklarını (yoğunluk, manyetik özellik, renk) belirler (Çilingir, 1990).

Bu zamana kadar uygulama alanı bulan kromit zenginleştirme yöntemlerini aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. El ile ayıklama (Tavuklama)
2. Özgül ağırlık farkına göre (gravite) zenginleştirme
 - 2.1. Oluklar
 - 2.2. Ağır-ortam ayırması ile zenginleştirme
 - 2.3. Humprey Spiralleri ile zenginleştirme
 - 2.4. Dyna Whirpool ayırıcısı ile zenginleştirme
 - 2.5. Jiglerde zenginleştirme
 - 2.6. Sallantılı masalarda zenginleştirme
 - 2.7. Multi Gravite seperatör ile zenginleştirme
3. Manyetik ayırma ile zenginleştirme
4. Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme
5. Flotasyon yolu ile zenginleştirme
 - 5.1. Klasik flotasyon
 - 5.2. Kolon flotasyonu
 - 5.3. Ultra flotasyon
 - 5.4. Yüksek sıcaklık flotasyonu
 - 5.5. Jet flotasyonu
 - 5.6. Yağ flotasyonu
 - 5.7. Floto-Flokülaysyon (Aglomera flotasyonu)
 - 5.8. Elektro flotasyon
 - 5.9. Vakum ve basınç altında flotasyon
 - 5.10. Çökelti flotasyonu
6. Kimyasal yöntemlerle zenginleştirme
 - 6.1. Asit liçi
 - 6.2. Bazik liçi
 - 6.3. Seçimli gazlı indirgeme yöntemi
 - 6.4. Katı hal indirgeme yöntemi
 - 6.5. Ergitme yöntemi
 - 6.6. Udy yöntemi

Kromit cevherinin serbestleşme derecesine, cevher karakterine, gang minerallerinin cinsine bağlı olarak bu yöntemlerin biri veya birkaçıının kombinasyonunu kullanmak mümkündür.

5.1. Elle Ayıklama (Tavuklama) İle Zenginleştirme

Tavuklama ile zenginleştirmede kromitin; renk, parlaklık, özgül ağırlık gibi özelliklerinin gang minerallerinden farklı olmasından yararlanılır. Kromitin gang minerallerinden iri boyutlarda serbest kalması ile gerçekleştirilebilir ve bazen tek başına bir zenginleştirme işlemi olarak bazen de zenginleştirme işlemi öncesinde bir işlem olarak uygulanır (Gence, 1985).

Tavuklama işleminde Cr_2O_3 tenörü düşük olmaktadır. Bu sebeple iri boyutlarda serbestleşen krom cevherinde iyi kalitede parça cevher üretmek için bir ön işlem olarak uygulanmaktadır (Önal, 1980).

Ülkemizdeki birçok kromit işletmesinde, işletmeler küçük üretim kapasitesinde olduklarından ve cevherinde parça cevher üretimine uygun olmasından, yalnızca triyaj işlemi yapılmaktadır. 25 mm'lik eleklerden geçirilen cevherin +25 mm'lik kısmı tavuklamaya tabi tutulur. Bu tarz yapılan zenginleştirmede triyaj atıklarında fazlaca kromit kaldığından bu artıkların ileride zenginleştirilmek üzere düzgün olarak stoklanması gereklidir. Bilahare triyaj artığı diğer teknolojik yöntemlerle birlikte değerlendirilir (Çilingir, 1990).

5.2. Özgül Ağırlık Farkına Göre Zenginleştirme

Bu yöntemde; kromit ile gang mineralleri arasındaki özgül ağırlık farklılığının neden olduğu, akışkan ortamındaki hareket farklılığına dayanılarak birbirinden ayrılması ile zenginleştirme gerçekleştiriliyor.

İçerisinde yan kayaç olarak yüksek oranda peridotit kayaç parçaları ve özellikle olivin (yoğunluğu $3.5-4 \text{ gr/cm}^3$) içeren cevherin yoğunluğuna göre zenginleştirilmeleri mümkün olmaktadır. Ancak cevherdeki olivin oranı az ise özgül ağırlık farkına göre üretilen ön konsantre, manyetik ayırcı ile temizlenerek daha yüksek Cr_2O_3 tenörlü nihai konsantre üretilebilir. Olivin mineralinin olmadığı durumlarda kromit ve gang mineralleri arasında yoğunluk farkı oldukça fazla olduğundan manyetik zenginleştirme işlemine gerek duyulmadan gravite yöntemleriyle zenginleştirme yapılır. Gravite ile zenginleştirmenin verimi konsantrasyon kriterine bağlıdır (Kurşun, 1993; Deniz, 1992).

Taggart tarafından öne sürülen zenginleştirme (konsantrasyon) kriteri (Taggart, 1951) (k), özgül ağırlık farkı ile zenginleştirmenin hangi boyutlarda ve yöntemlerle uygulanabileceği hakkında bilgi vermektedir. Buna göre:

$$k = (\rho_A - \rho) / (\rho_H - \rho)$$

ρ_A = Ağır mineralin özgül ağırlığı gr/cm³

ρ_H = Hafif mineralin özgül ağırlığı gr/cm³

ρ = Akışkan ortamın özgül ağırlığı gr/cm³

k = Konsantrasyon kriteri.

$k > 2,5$ ise; ayirma çok küçük boyutlara kadar kolayca uygulanabilir. Serbestleşme boyutuna bağlı olarak bütün gravite yöntemleri kullanılabilir.

$2,5 > k > 1,75$ ise; ayirma yine kolaydır. Ancak, 0,1mm'ye kadar uygulanabilir. Serbestleşme boyutuna bağlı olarak bütün gravite yöntemleri kullanılabilir.

$1,75 > k > 1,50$ ise; ayirma güçleşir, alt uygulama boyutu 1mm'dir. Ağır-ortam ve jig kullanılabilir.

$1,50 > k > 1,25$ ise; ayirma oldukça güçtür. Ancak, çakıl büyülüğündeki tanelere uygulanabilir. Ağır-ortam ve jig kullanılabilir.

$k > 1,25$ ise; ekonomik bir ayirma mümkün değildir. Ancak akışkanın özgül ağırlığı artırılarak ayirma yapılabilir (Taggart, 1951).

İnce kromit artıklarında (-0,1 mm), jet flotasyonu, kolon flotasyonu, yüksek alan şiddetli yaşı manyetik ayırıcılar ve MGS (Multi Gravity Seperator) gibi yeni teknolojiler kullanılmaktadır. MGS (Multi Gravity Seperator) ile çok ince tane boyutlarına ve artıklara kadar kromit kazanımı sağlanabilmektedir (Samanlı, 1998).

Gravite yöntemi ile kromit zenginleştirmenin bazı uygulamalarını gözden geçirecek olursa;

150 ton/gün kapasiteli Karagedik-Üçköprü kromit zenginleştirme tesislerinde % 31,6 Cr₂O₃ tenörlü cevher işletilmektedir. Cevher, ilk önce 20 mm'nin altına indirilmekte, daha sonra bilyalı ve çubuklu dejermenler ile 1 mm'ye indirildikten sonra, sallantılı masalara verilerek % 48 Cr₂O₃ tenörlü bir konsantre üretilir. Tesisin kromit kazanma verimi % 80-85, artık tenörü % 10 Cr₂O₃'tir (Doğan ve ark., 1988).

Denver ekipman şirketi tarafından verilen bir akım şemasında % 20,6'lık Cr₂O₃ cevheri, çubuklu degirmende boyutu 6,35 mm'nin aylına öğütülmüş ve daha sonra jiglerde zenginleştirilmiştir. Elde edilen konsantrenin analizinde Cr₂O₃ % 48,6, SiO₂ % 4,2 olarak ortaya çıkmış ve randıman ise % 75'lerde kalmıştır (Doğan, 1973).

Etibank Elazığ Ferrokrom tesislerinde, cüruf içerisindeki kromit ve ferrokromun kazanılması ile ilgili bir çalışmada, sallantılı masa testleri sonucunda % 64,87 verimle ortalama % 34,92 Cr₂O₃ tenörlü konsantre üretimiş ve bu konsantrenin tekrar sallantılı masa testleri sonucu az bir verimle kaybı ile çok daha yüksek tenörlü bir konsantre üretilebileceği vurgulanmıştır (Öztürk ve ark., 1987).

Etibank Bursa Harmancık işletmesi kromit cevherinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesinde toplam % 87,5 verim ile % 52,66 Cr₂O₃ tenörlü bir krom konsantresi üretilirken, % 12,42 kayıpla % 8,75 Cr₂O₃ tenörlü bir artık atılmıştır (Öztürk ve ark., 1987).

Küba, Polacek'deki bir krom cevherinin zenginleştirilebilirliğinin detaylı araştırmalar sonucu, gravite metodlarından jigler ve sallantılı masalar ile zenginleştirilmesi mümkün olduğu keşfedilmiştir. Arzu edilen yüksek tenörlü ve yüksek verim ile % 4'lük SiO₂ içeren konsantre üretmek mümkün olmuştur. Konsantre % 60,8 tenörlü ve toplam verim % 82,5'tir (Doğan, 1973).

ABD'de Kaliforniya'daki % 2,4'lük Cr₂O₃ tenörlü Auburun cevheri ve Kuzey Kaliforniya'daki % 6 tenörlü Seiad Creak cevher örnekleri üzerinde sallantılı masa ve manyetik ayırmadan bir kombinasyonu sonucunda Auburun'daki % 36,4'lük bir verim ile % 44,7 Cr₂O₃ tenörlü, Seiad Creak'deki ise %50'lük bir verim ile % 50 Cr₂O₃ tenörlü konsantre elde edilmiştir (Salisbury ve ark., 1982).

Selikwe (Rodezya) kromit zenginleştirme tesislerinde iki katlı eleklerden geçirilen cevherin (51 mm, 6,35 mm) iri ürünü ağır-ortam ayırcısı ile, orta ürünü jigler ile, ince ürünü ise sallantılı masa ve şlam masası ile işlenerek yüksek tenörlü konsantreler üretilmiştir (Çilingir, 1990).

Varbil (1999), İçel-Gözne-Musali köyündeki kromit yatağından aldığı kromit cevher numunesi üzerinde çalışmalar yapmıştır. Kimyasal analizler sonucunda, kromit cevherinin % 12 Cr₂O₃ içerdığını belirtmiştir. Jig ile zenginleştirme sonucunda % 38 tenörlü ve % 42,23 kazanma verimi ile konsantre elde etmiştir.

Spiral ile yaptığı zenginleştirme deneyler sonucunda % 43,10 Cr₂O₃ tenörlü konsantreler elde etmiştir.

Deniz (1992), Burdur-Yeşilova yöresi kromit yataklarından aldığı kromit cevher numunesi üzerinde çalışmalar yapmıştır. Kimyasal analizler sonucunda kromit cevherinin % 30,81 Cr₂O₃ içerdigini ve Cr/Fe oranının ise 1,9 olduğunu saptamıştır. Sallantılı masalar ile yapılan çalışmalarda konsantre, ara ürün ve artık olmak üzere her bir fraksiyon için üç ayrı ürün alınmıştır. Deney sonuçlarından:

-0,425+0,300 mm fraksiyonunda % 48,04 Cr₂O₃ tenörlü ve % 86,98 verimli, -0,300 +0,180 mm fraksiyonda % 48,22 Cr₂O₃ ve % 75,26 verimli, -0,180+0,106 mm fraksiyonda % 50,41 Cr₂O₃ tenörlü ve % 57,19 verimli, -0,106+0,075 mm fraksiyonda % 49,51 Cr₂O₃ tenörlü ve % 61,13 verimli konsantre elde etmiştir.

MGS ile yaptığı eğim ve dönme hızı deney sonuçlarından % 41,72 Cr₂O₃ tenör ve % 66,99 verimle konsantre elde etmiştir.

Turgut (1995), tarafından yapılan çalışmada ortalama % 22,54 Cr₂O₃ tenörlü Karaburhan kromit cevherinin gravite yöntemleri ile zenginleştirme yöntemleri araştırılmıştır. Laboratuar ölçekte, sallantılı masa ve MGS deneyleri yapılarak uygun koşullar belirtilmiştir. Çalışmalar sonucunda (-0,425+0,210 mm) ve (-0,210 mm) tane iriliklerindeki masa artığı, ara ürün ile birleştirilerek MGS'de zenginlestirmiştir. Masa+MGS deneyleri sonucunda, % 52,13 Cr₂O₃ tenör, % 72,60 verimle konsantre elde etmiştir.

Teke (1979), Adana ili Karsıntı-Pozantı kromitlerinin sallantılı masada zenginleştirilebileceği sonucuna varmıştır. Araştırcı, % 4,66 Cr₂O₃ tenörlü Pozantı kromitlerinden % 75,19 verimle % 53,19 Cr₂O₃ tenörlü konsantre elde etmiştir.

Kurşun (1993), tarafından Sivas-Ulaş-Karanlıkdere bölgesinde bulunan özel sektörde ait kromit yatağının, jig, sallantılı masa, manyetik ayırma ve flotasyonla optimum koşullarda zenginleştirme imkanları araştırılmış ve % 22,47 Cr₂O₃ içeren kromit, yapılan deney sonuçlarına göre en uygun yöntemin sallantılı masa olduğu tespit edilmiş % 52,60 ağırlık ve % 48,43 Cr₂O₃ tenörlü konsantrenin % 88,14 verim ile elde edileceğini belirtmiştir.

Kurt (1992), Krom cevheri üzerine yaptığı bir araştırmada % 10 Cr₂O₃ içeren 5 mm -0,2 mm arasındaki krom cevheri % 70, 0,044 mm altındaki ferrosiklon

oluşturulan 3,1 gr/cm³ özgül ağırlıklı ortamda ön zenginleştirmeye tabi tutulduğunda % 25 Cr₂O₃ tenörlü ön konsantre % 90 verimle elde edilmiştir.

Gence (1985), Elazığ-Kefdağı kromitlerinin kimyasal analizi sonucunda % 38,33 Cr₂O₃ tenörlü olduğunu belirlemiş ve iri boyutlar için gravite yöntemini (sallantılı masa), ince boyutlar için köpüklü flotasyon yöntemini uygulamıştır.

Aslan (1996), MGS ile yaptığı kromit zenginleştirme çalışmalarında; tambur dönüş hızı ve eğim açısının en etkin işletme parametreleri olduğunu, diğer değişkenler olan yıkama suyu miktarı, besleme katı oranı, titreşim genliği ve titreşim frekansının ise ayırmayı daha az etkilediklerini belirtmiştir.

Zenginleştirme tane boyutunun ise ayırmada, cevher özelliği olarak çok önemli bir parametre olduğu, ince boyatlarda ayırmaların iyi, iri boyatlarda ise ayıma hassasiyetinin azaldığını belirtmiştir. Belirlediği optimum çalışma parametreleri ile yapılan zenginleştirme deneylerinde, % 24 Cr₂O₃ içerikli besleme malından % 51,18 Cr₂O₃ tenörlü konsantreyi % 94,04 verimle elde etmiştir.

Samanlı (1998), Etibank-Üçköprü Karagedik Konsantratör kromit artıklarının tenörü yükseltilerek kazanım test sonuçlarını ortaya koymustur. Ortalama % 12 Cr₂O₃ tenörlü yaklaşık -1mm boyutlu numune 106 µm'de yaş olarak elendikten sonra sallantılı masa artıklarının tenörü -106 µm boyutunda % 20,6 Cr₂O₃'e yükseltilmektedir. MGS deney sonuçları ise, 180 dev./dk. Tambur dönüş hızı, 4 lt/dk. Yıkama suyu ve 4° eğiminde, % 48,8 Cr₂O₃ tenör ve % 65,9 verimle satılabilir kromit konsantresi elde etmiştir.

Çiçek ve ark. (2002), çalışmalarında Türkiye'de bulunan dört farklı kromit konsantratörünün gravite artıklarından ince taneli kromiti, tekrar kazanabilmek için MGS kullanmışlar. Stoklanmış Türk kromit gravite artıklarından kazanılabilinecek kromit tanelerinin miktarının yaklaşık 300.000-400.000 ton civarında olduğunu belirtmişlerdir.

Özkan ve ark. (2001), yaptıkları çalışmalarında ince taneli kromit artıklarını zenginleştirmek için Üçköprü madeninden temsili örnekler alarak tenörünün % 12,8 Cr₂O₃ içerdigini belirtmişler ve MGS ünitesinde zenginleştirmeye çalışmışlardır. Deneyler sonucunda en iyi sonucun eğimin 2°, frekansın 5,7 dev./sn., genliğin 15 mm ve tambur hızının 230 dev./dk. olduğunu bulmuşlardır. -38 µm'lik fraksiyonda % 47 Cr₂O₃ tenörlü % 72 verimli konsantre elde etmişlerdir.

5.3. Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

Farklı manyetik duyarlılıktaki bireysel mineral tanelerinin uygun bir manyetik kuvvet olmak üzere, çeşitli kuvvetlerin (yerçekimi, sürtünme, merkezkaç, v.s.) bileşik etkilerine dayanılarak, birbirinden ayrılması yoluyla gerçekleştirilen zenginleştirme işlemine manyetik ayırma ile zenginleştirme denilmektedir (Önal, 1985).

Cevher sallantılı masalarda zenginleştirilebiliyorsa, elde edilen konsantredeki olivin minerali de konsantre tenörünü düşürüyorsa, bu konsantreyi temizlemek için yaş manyetik seperatörler kullanılır. Eğer, gravite zenginlestirmesı sonucunda artıktaki kromit %’si fazla ise artık, optimal iriliğe öğütülüp yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırcılarla zenginleştirilerek metal randımanı yükseltilebilmektedir (Önal, 1980; Önal ve ark., 1979).

Manyetik ayırmada verimin yüksek olabilmesi için; malzemenin birbirine yakın boyutlarda sınıflandırılmış olması gereklidir. Ayrıca kuru manyetik ayırma uygulanıyorsa rutubetsiz olması istenir. Manyetik ayırma yöntemi tek başına veya diğer yöntemlerle birlikte 3-0,1 mm arasındaki tanelere uygulanır (Sundar ve ark. 1983).

Kromit cevherlerinin manyetik ayırma ile zenginlestirmesine aşağıdaki iki oluşum neden olabilir. Bunlar:

- Cevherin çok ince tanelerde serbestleşmesi (-0,2 mm)

- Gang minerallerinden olivin ağırlıklı olarak fazla bulunması ve olivinin kromite yakın yoğunluk göstermesinden gravimetrik olarak zenginleştirilememesidir.

Kromitlerin manyetik duyarlılığı $3000-7500 \cdot 10^{-6}$ ve manyetik özgül duyarlılığı $650-2000 \cdot 10^{-6}$ gr/cm³ civarındaki değişmektedir. Bu nedenle yapısal durumuna göre kromitler 6000-15000 Gauss şiddetindeki manyetik alanlarda çekilebilirler. Cevherin ince taneli öğütülmesi gerektiğinden yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırcılar tercih edilirler. Cevher (-0,2 mm'den) iri taneli olarak serbestleşiyorsa; duruma göre kuru manyetik ayırma uygun olabilir (Çilingir, 1990).

Manyetik ayırcılar ile kromit zenginlestirmesinin bazı uygulamalarını gözden geçirilecek olursa:

5000-6000 ton/yıl kapasiteli tevzi edilmiş Kef konsantratöründe % 30-33 Cr₂O₃ tenörlü, olivin içeren ince tanede serbestleşen cevher -0,3 mm'ye öğütüldükten sonra yüksek alan ve alçak alan şiddetli kuru manyetik ayırcılardan geçirilir, orta ürün bilyalı değirmende -0,1 mm'ye öğütüldükten sonra sonra alçak ve yüksek alanlı ayırcılardan geçirilerek kromit kayıpları en az düzeye indirilmektedir. Yeni tesiste konsantre tenörünün % 44-48 Cr₂O₃'e yükseltilmesi beklenilmektedir (Çilingir, 1990).

Coos Country-Oregan (ABD) kromit zenginleştirme tesisisinde cevher, merdaneli kırıcı-çubuklu değirmen ile, -0,84 mm'ye öğütülen cevher önce sallantılı masalarda işlenerek ön konsantre üretilmiştir. Kurutulan ön konsantre alçak alan şiddetli ve yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırcılardan geçirilerek granatlı kromit ön konsantresi elde edilmiştir. Granatlı kromit ön konsantresindeki granat flotasyon ile yüzdürülerek granat konsantresi ve zengin krom konsantresi olarak ayrılmıştır (Çilingir, 1990).

Fethiye-Üçköprü ve Kavak tesislerinin artıkları ile yapılan deneylerde, pülp yoğunluğu, manyetik alan şiddetli ve tane boyutunun kromit ayırmasına etkileri incelenmiş; sonuçta Fethiye-Üçköprü artığından, 0,1 mm altında % 48,56 Cr₂O₃ tenörlü konsantrenin % 80 civarında bir verimle, Kavak artığından ise 0,037 mm altında % 48,2 Cr₂O₃ tenörlü konsantrenin % 56 civarında bir verimle elde edilebileceği anlaşılmıştır (Önal ve ark., 1979).

Kaliforniya'daki Auburun ve Seiad Creak kromit yatakları üzerinde yapılan bir çalışmada sallantılı masa ve manyetik ayırmaların kombinasyonu uygulanmıştır. % 25'lik Auaburun ve % 6'lık Seiad Creak cevherleri ilk önce 35 mesh altına öğütüldükten sonra sallantılı masaya verilmektedir. Sallantılı masa ara ürünü 100 mesh'in altına öğütüldükten sonra tekrar masaya verilmektedir. Her iki masadaki ön konsantre, kuru manyetik ayırcılardan geçirilerek % 44,7 Cr₂O₃ tenörlü manyetik olmayan bir ürün % 36,4'lük düşük bir verim ile elde edilmiştir (Solisbury ve ark., 1982).

Kurşun (1993), Sivas-Ulaş-Karanlıkdere bölgesinde bulunan özel sektörde ait % 22,47 Cr₂O₃ tenörlü kromit cevherlerini zenginleştirmeye çalışmıştır. Deneylerde kullanılan manyetik ayırıcı, "Yüksek alan şiddetli kuru ortamda çalışan Corpo C 13 tipi manyetik ayırıcı" olup -0,150+0,106 mm ve -0,075 +0,038 mm fraksiyonlarına

hazırlanan numuneleri manyetik ayırma ile zenginleştirmeye tabi tutmuştur. Elde ettiği konsantre tenörü düşük, verim ise yüksek olmaktadır (% 31,39 Cr₂O₃, % 94,35 verim).

Deniz (1992), Burdur-Yeşilova Yöresi kromitlerini Corpo tipi yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırma ile zenginleştirmeye çalışmıştır. Manyetik ayırma deneylerinde öncelikle manyetik ayırma şiddetinin etkisini incelemiştir. Yapılan ön deneyler sonucunda yeterli tenör ve verimle konsantre elde edememiştir.

5.4. Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme

Kromit cevherinde, genellikle sallantılı masa ile zenginleştirilmiş orta ürünlerin yüksek kalitede konsantre eldesinde kullanılmaktadır (Turgut, 1995).

Elektrostatik yöntemle zenginleştirilen kromit cevherlerinde Cr₂O₃ içeriği yüksek ancak kazanma verimi düşük ürünler elde edilmektedir. Metal kazanma veriminin düşük olması nedenlerinden biri, çok ince tanelerin, nispeten iri tanelerin yüzeylerini kaplamaları ve bu tanelerin yüksek alan içindeki dayanımlarını ters yönde etkilemeleridir. Diğer bir neden ise, fazla miktarda serpentin minerali içeren cevherlerde serpantinin elektrik alanı içinde iletken gibi davranışması sonucu, ayırma verimini ters yönde etkilemesinden ileri gelmektedir (Kurşun, 1993).

Elektrostatik yöntemle krom zenginleştirilmesi, gravite ile zenginleştirilmiş konsantrenin Cr/Fe oranlarının artırılması amacıyla uygulanmaktadır (Serter, 1998).

Elektrostatik ayırma ile zenginleştirmenin uygulaması bir iki uygulama dışında pek yoktur.

Alaska'da Caribou Mountain ve Kanuti River bölgesindeki podiform kromit yatakları üzerindeki bir çalışmada, % 12,7 ile % 39,4 Cr₂O₃ tenörleri arasında değişen örnekler ilk önce 6,3 mm altına kırlılmış sonra 300 mikronluk elekten geçirilmiştir. 300 mikron'un üstü çubuklu dejirmenlere verildikten sonra -300+150, -150+75 ve -75 mikron elek boyutlarına ayrılmıştır. Her boyut aralığı masaya beslendikten sonra orta ürünler kurutulup elektrostatik ayırıcılarla verilmiştir. Tüm örnekler % 54 ile % 82 arasında değişen verimler ile % 25,3 Cr₂O₃ ile % 53,8 Cr₂O₃ arasında değişen konsantrelер üretilmiştir (Dahlin ve ark., 1983).

Bartheley ve Mora yüksek gerilimli elektrostatik ayırıcı ile kromiti olivinden kolay ve mükemmel bir Şekilde ayırmışlardır. Yerinde denemeler ile küçük iyileştirme masrafları ile yeterli tenörde bir kromit konsantresi elde edilmiştir. Ancak cevherin gravite metodu ile bir ön konsantrasyona tabii tutulduktan sonra, elektrostatik ayırıcılara verilmesi önerilmiştir. Böyle bir işleme tabii tutulan cevherin gravite konsantrasyonu sonucu tenörü % 39,83 Cr₂O₃'e çıkış ve sonra elektrostatik ayırıcılarından geçirilerek % 96,5 verim ile % 50,31 Cr₂O₃ tenörlü konsantre elde edilmiştir (Deniz, 1993).

5.5. Flotasyon Yolu İle Zenginleştirme

Krom cevherinin zenginleştirimesinde genellikle gravite yöntemleri kullanılmaktadır. 100 µm'nin altındaki ince boyutlardaki cevherler için gravite yöntemleri elverişli değildir. İnce boyuttaki taneler, refrakter malzeme üretimi için her ne kadar kullanılıyorsa da yinede ekonomik boyuttaki cevherlerin zenginleştirilmesinde kullanılan yöntemlerden biridir (Atak, 1982).

Kromit zenginleştirimesinde flotasyon uygulaması çok ince tanede serbestleşen cevherlerin ve gravite zenginleştirmesinden geçmiş, fazla kromit içeren artıkların değerlendirilmesinde söz konusudur.

Kromit cevherlerinde gang mineralleri olarak bulunan serpentinler pH 3-12'de, olivinler pH=5-7'de, kromit ise pH=2-5'de anyonik kolektörlerle yüzebilir. Gang minerallerinin bastırılmasında sodyum silikat, sodyum filosilikat, sodyum fosfat, sodyum meta fosfat, calgon, CMC gibi refrakterlerden biri veya birkaçı kullanılır (Weiss, 1985).

Gang şlamı kromit yüzürmesini güçlendirdiğinden, önce mekanik yöntemlerle uzaklaştırıldıktan sonra flotasyonla kromit yüzürülür. Kromit, hidrokarbon zincirindeki karbon adeti 12'den fazla olan, yağ asidi olarak adlandırılan karboksilatlarla veya yağ asitlerinin alkali metal tuzları olan sabunlarla pH=7-8'de yüzürüleceği gibi karbon zincirinde 12'den fazla karbon içeren sülfat veya sülfonatlarla pH=3-5'de yüzürülür. Bu anyonik kolektörlerle yüzürme işleminde kromit iki değerli demir ve kurşun iyonlarının tuzlarıyla canlandırılabilmektedir. Ayrıca katyonik kolektörlerle (aminlerle) pH=12'de

serpantinleri yüzdürülen kromit cevherinden pH= 3'de yine amin toplayıcılarla kromit yüzdürülerek konsanitre alınabilmektedir (Atak, 1974).

Kromitin flotasyon yöntemi ile zenginleştirmesi konusunda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. 1930-1950 yılları arasında 0,2 mm'nin altına öğütülen % 20-40 Cr₂O₃ içerikli krom cevherleri, toplayıcı olarak yağ asitleri ve kontrol reaktifleri olarak da soydu silikat, fosfatlar, metafosfatlar, fluoridler, kompleks fluoridler ve fluosilikatlar kullanılarak yüzdürülmesine çalışılmış ancak başarılı sonuçlar alınamamıştır (Güney, 1990).

Sobieraj ve Laskowski (1973), yaptıkları araştırmalar sırasında pH= 6'nın altında flotasyonun mümkün olmadığı ve Fe⁺², Pb⁺² gibi bazı metalik iyonların kromiti aktive ettiği gang minerallerinden gelen Ca⁺² ve Mg⁺² iyonlarının ise kromit flotasyonunu olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Sagher (1966), kromit ve serpantinin flotasyon karakteri üzerinde çalışmıştır. Kromit pH deneylerine bağlı olarak 0,3-1000 mg/l'tar arasındaki sodyum oleat konsantrasyonlarında yüzme eğilimi göstermiştir. Etkin flotasyon pH= 3-11'de iken 10-100 mg/l'lik kolektör miktarında meydana gelmektedir. Bu kolektör serpantin olması durumunda başarısız sonuç vermektedir, Mg⁺² ve Fe⁺² kromiti bastırmakta, fakat serpantinin flotasyonunu canlandırmaktadır. Ca⁺² ve Fe⁺² ile kromitin bastırılması daha çok etkilenmektedir. Fe⁺² konsantrasyonu 10 mg/l'ten daha fazla olduğu zaman tam bastırma meydana gelir. Metal iyonların bastırma etkisini önlemek için değişik fosfatlar ve fluoritler ile çalışılmıştır.

Atak (1984), toplayıcı olarak oleik asit, kontrol reaktifi olarak Na₂SiF₆ ve CMC (karboksil metil selüloz) kullanılarak yaptığı flotasyon deneylerinde, Na₂SiF₆'in kromite etki yapmadığı halde CMC'nin kromitin oleat adsorpsiyonunu önlediğini ortaya koymuştur.

Sobieraj ve Laskowski (1973), anyonik toplayıcılar kullanarak yaptıkları kromit flotasyonunda pH= 4,5-8 aralığında Al⁺³ iyonunun kromiti bastırdığını, pH= 10-12 aralığında ise aktivasyona neden olduğunu ortaya koymuştur.

Smith ve ark. (1981), birincil gang minerali serpantin olan kromit cevherinin bir katyonik kolektör olan Armac-C ile pH= 2'de H₂SO₄ modifer olarak kullanarak yüzdürmüştür. Deney sonunda, asit ile kondüsyonlama süresinin kromit randımanını artırdığını belirtmişlerdir.

Palmer ve Fuerstenoun (1975), kromit flotasyonunda, çözeltide varolan metal hidroksit iyonlarının, kromitin yüzey elektrik yükünü değiştirerek, flotasyonu olumsuz yönde etkilediğini vurgulamışlardır.

McDonald ve ark. (1990), Kuzey Kaliforniya'daki düşük tenörlü cevherler ile yaptıkları çalışmada, 30 dakika H_2SO_4 ($pH= 2$) kondüsyonlama süresi ve 10 lb/st'luk Armac-C ilavesi ile % 11,80'lik artığı % 30,6'lık Cr_2O_3 konsantresi olarak elde etmişlerdir.

Foot ve ark. (1985), kromiti $pH= 2$ 'de bir katyonik kolektör olan Armac-C'den 0,6 lb/ton kullanarak klasik flotasyonda % 35,6 Cr_2O_3 'lık konsantre % 86,5 randıman ile; iri kabarcık kolon flotasyonu kullanarak 41,6 Cr_2O_3 'lık konsantre, % 94,3 verim ile, ince kabarcık kolon flotasyonu ile kazanmışlardır. Bu deneyler esnasında kondüsyonlama süresinin uzun tutulması flotasyon randımanını artırdığını gözlemiştir.

Gence ve Özdağ (1986), Elazığ- Kefdağı kromitlerinin -0,074 mm boyutunda uyguladıkları flotasyon çalışmaları sırasında, $pH= 3$ 'de kolektör olarak 750 gr/ton + 750 gr/ton, A801+A825, 750 gr/ton + 750 gr/ton tall oil ve fuel oil kullanarak % 47,96 Cr_2O_3 tenörlü konsantre % 83,40'lık verimle elde etmişlerdir.

Güney ve Önal (1990), 0,1 mm'nin altındaki artık ile yapılan kolon flotasyonu deneylerinde, anyonik kolektör olarak 1200 gr/ton OMC-377 + SM-15 dağıtıcı olarak 3000 gr/ton Na_2SiO_3 kullanarak $pH= 11$ 'e ayarlanarak, % 29,5 Cr_2O_3 'lık sallantı masa artığını % 48,73 Cr_2O_3 tenörü ile % 71,6 kromit kazanma verimi ile elde edilebileceğini tespit etmişlerdir.

Deniz (1992), Burdur-Yeşilova kromitlerinin, 0,075 mm'nin altındaki % 23,83 Cr_2O_3 tenörlü numuneler ile değişik toplayıcılarla (Na-oleat,A801+A825 ve Armac-C ile yapılan kaba flotasyon deneylerinde en iyi sonucu , Armac-C ile $pH= 2$ 'de elde etmiştir. Armac-C ile yaptığı optimizasyon çalışmalarında en iyi sonuçların, % 20 katı oranı, $pH= 2$ (H_2SO_4), kolektör miktarı 1500 gr/ton, karıştırma hızı 1500 dev./dak., kondüsyonlama süresinin 30dak., flotasyon süresinin 3dak., temizleme 3 kademe ile olduğu durumda, girenin % 44,37 oranında % 47,33 Cr_2O_3 tenörlü konsantre % 88,09 kromit kazanma verimi ile elde edilebileceğini tespit etmiştir.

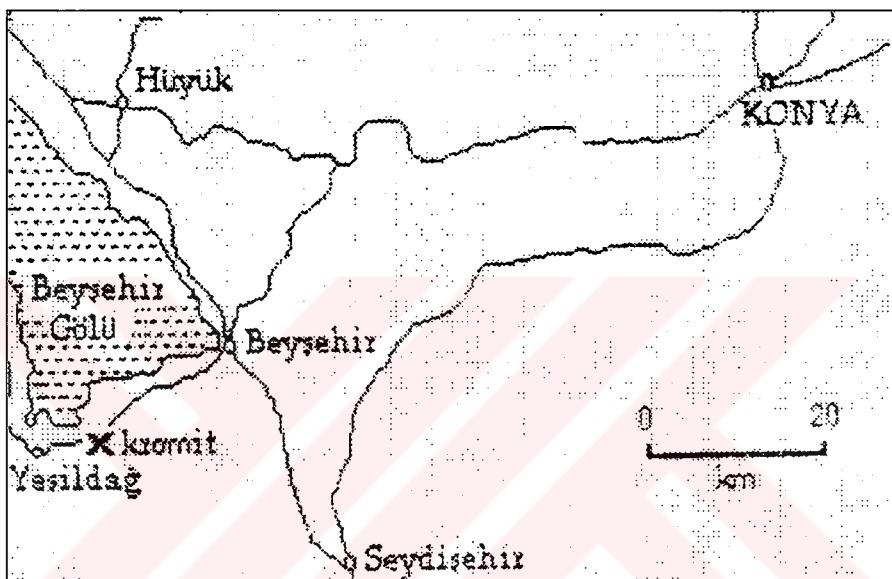
Kurşun (1993), Karanlıkdere kromitlerinin -0,250+0,150 mm boyutları arasında uyguladığı flotasyon çalışmaları sırasında, pH= 8,5-9 katı oranını % 25 olarak almıştır. Toplayıcı olarak oleik asit, kontrol reaktifi olarak da Na₂SiF₆ ve CMC kullanmıştır. Deneyler sonucunda; temizleme konsantresi için % 44,47 Cr₂O₃, % 24,77 verim, süpürme konsantresi için; % 36,57 Cr₂O₃, % 55,74 verim elde etmiştir.

Akdemir (1996), Pınarbaşı-Kayseri kromitleri ve Eskişehir Kavak serpantinlerinin sülfonat flotasyonu ve Mg⁺² iyonlarının etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada kromit ve serpentin mineralinin petrol sülfonat türü bir toplayıcı türü olan Cyanamid Aero 801 ile flotasyon davranışlarını incelemiştir. Ayrıca temas açısı ölçümelerini flotasyon verimi ile kıyaslamıştır. Deney sonuçlarından kromitin bu reaktifle geniş bir pH aralığında yüzdüğünü, serpentin flotasyon veriminin ise çok düşük olduğunu belirtmiştir. Mg⁺² iyonlarının kromit flotasyonunu önemli ölçüde engellediğini, serpantine ise kısmi canlanmaya neden olduğunu ortaya koymuştur. Selektif flotasyonda ise, önce serpentinin yüzdüğünü, ortamdaki Mg⁺² iyonlarının azaltıldığı zaman ise kromitin de rahatlıkla yüzebileceğini belirtmiştir.

6. DENEYLERE ESAS OLAN TOPRAKTEPE (YEŞİLDAĞ-BEYŞEHİR-KONYA) KROMİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

6.1. Jeolojik Oluşumu ve Yeri

Deneylere esas olan kromit cevherleşmesi, Göller Bölgesinde, Beyşehir-Yeşildağ karayolunun 25. kilometresinde, yolun sol tarafında, Beyşehir Gölü'nün güneybatı ucunda yer alır (Şekil 6.1).



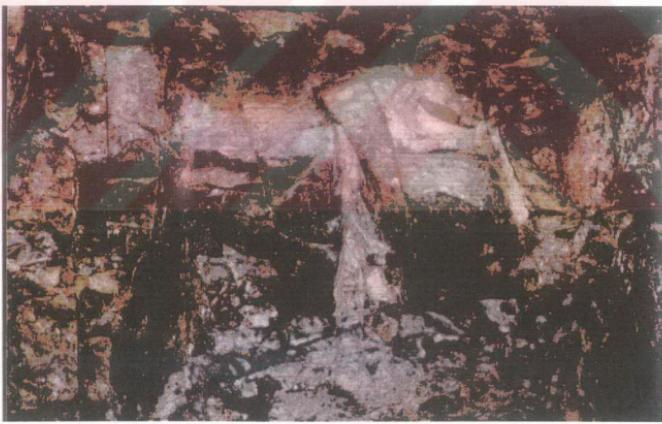
Şekil 6.1. Topraktepe (Yeşildağ-Kromit) Yatağı'nın yerini gösterir harita (Zedef ve ark., 1994).

Yatak 5-6 km²'lik bir yüzey alanına sahip olan ultramafiklerin merkezi kesiminde oluşmuştur. Kromit yatağının görünen yanal ve düşey devamlılığı oldukça sınırlı olup, yatak yaklaşık 500 m eninde 300 m boyutunda ve 50 m derinliğinde bir büyülüğe sahiptir. Bununla birlikte bu hacmin tamamı kromit olmayıp kromitle beraber, harzburjit, dunit, serpentinit ve gabro da bulunur. Ancak en yaygın olan kayaç harzburitlerdir. Kromit, özellikle dunit-harzburjit geçiş zonunda yoğunlaşmış olup bu zonda masif yada saçılımlı halde bulunur. Banlı cevherleşme oldukça seyrek olup leopar tipte benekli cevherleşme görülmez. Cevherleşme, podiform (Alpin) tipte olup yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu oblik atımlı bir fay tarafından kesilmiştir (Zedef ve ark., 1994).

Aşağıdaki şekillerde Topraktepe (Yeşildağ) kromit yatağının, genel bir görünüşü (Şekil 6.2) ve ultramafik kayaçlara bağlı olarak podiform tipi cevher oluşum şekli (Şekil 6.3) gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Topraktepe (Yeşildağ) kromit yatağının genel bir görünümü.



Şekil 6.3 Topraktepe (Yeşildağ) kromitinin ultramafik kayaçlara bağlı olarak podiform tipi oluşum şekli.

6.2. Madende Kullanılan Cevher Üretimi ve Cevherin Zenginleştirilmesi

Topraktepe (Yeşildağ) kromit yatağı, 1990'lı yıllara kadar özel bir firma (Ado Madencilik A.Ş.) tarafından işletilmiştir. Yeterli miktarda verim alamadıklarından dolayı kapatmak zorunda kalmışlardır. Üretim metodu olarak yer altı üretim metodu kullanılmıştır. Kromit yatağına 9 adet galeri açılmış, şu anda galeri girişleri göçmuş vaziyette olup; raylı nakliyat sistemi ve tahlkimat sistemi atıl durumdadır (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. Topraktepe (Yeşildağ) kromit yatağında açılan galerinin görünüşü.

Aynı firma tarafından, 1986'lı yıllara kadar cevher zenginleştirme tesisinin işletildiği bilinmektedir. Yatak şu anda terkedilmiş vaziyette olup, kromit konsantresinin istenilen özelliklere ulaşamadıkları için terkedilmiştir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Terk edilen Topraktepe (Yeşildağ) kromit konsantre tesisinden bir görünüş.

Cevher konsantratör tesiste, atıl vaziyette 1 adet bilyalı dejirmen (Şekil 6.6), seri halde bulunan sallantılı masalar (Şekil 6.7), nakliyatı sağlayan bir bant konveyör sistemi (Şekil 6.8) ve 1 adet jig ünitesi (Şekil 6.9) bulunmaktadır.



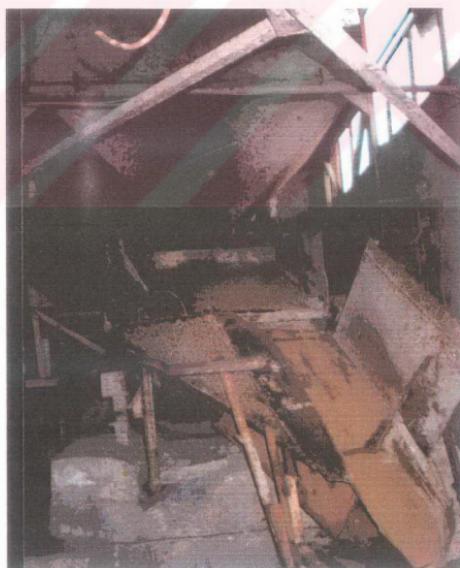
Şekil 6.6. Tesisteki bilyalı dejirmenin görünümü



Şekil 6.7. Tesisteki sallantılı masadan bir görünüm.



Şekil 6.8. Tesisteki bant konveyör sisteminden bir görünüm.



Şekil 6.9. Tesisteki Jig ünitesinden bir görünüm.

7. LABORATUAR ÇALIŞMALARI

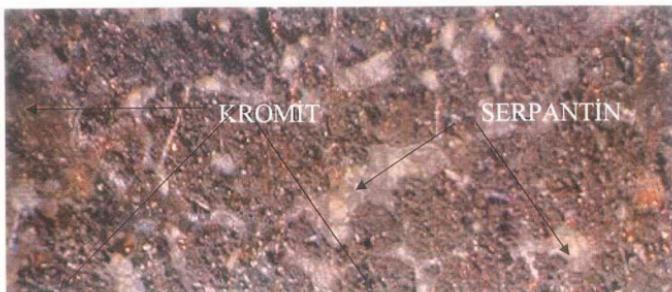
7.1. Cevherin Makroskobik ve Mikroskobik Özellikleri

Genellikle siyah ve siyahımsı-gri renkte kromit minerallerinin yanı sıra beyazımsı-yeşilimsi renkli, çoğunuğu serpantin olan taneler gözle görülebilmektedir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Topraktepe (Yeşildağ) kromit cevherinin el örneğinde görünümü.

Mikroskopta incelenen kromit numunesinde esas mineral olarak kromit ve serpantin saptanmıştır (Şekil 7.2.)

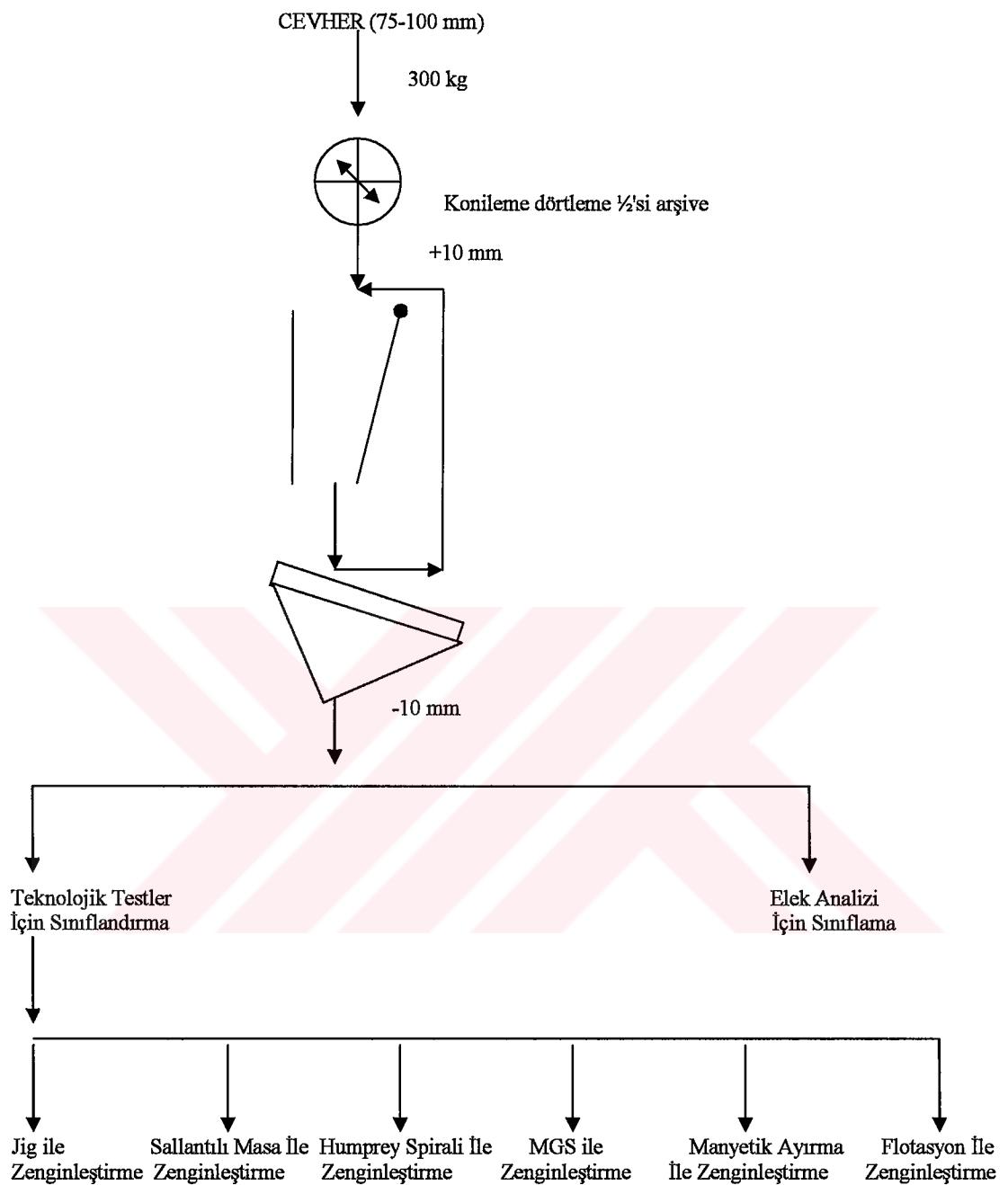


Şekil 7.2. Topraktepe (Yeşildağ) Kromit Cevherinin Mikroskobik Görünümü.

7.2. Numunelerin Deney İçin Hazırlanması

Bu çalışmada, Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromit yatağından getirilen yaklaşık 300 kg cevher numunesinin tamamı karıştırılarak homojen dağılımı sağlanmıştır. Homojen dağılımı sağlanan Yeşildağ krom cevherinin en iri boyutu 75-100 mm olup, konileme-dörtleme yolu ile numune miktarı yaklaşık 150 kg'a indirilmiştir. Hazırlanan numune tane boyutu cevherin tamamı laboratuar tipi çeneli kırıcı ile 10 mm'nin altına indirilmiştir. Kırmış işlemleri esnasında fazlaca ince ürün ortaya çıkmıştır. Cevher numunesi önceden belirlenen farklı elek serilerinden geçirilerek boyutlandırılmış, elek-metal analizleri ve yapılacak diğer deneyler için hazır hale getirilmiştir (Şekil 7.3).





Şekil 7.3. Numunelerin deneyler için hazırlanış akım şeması

7.3. Kimyasal Analizler

Laboratuara getirilen numunenin 13 farklı boyutta yapılan kimyasal analiz sonuçlarının ortalaması Çizelge 7.1'de, deneylerde kullanılacak olan numunelerin tane boyutlarına göre kimyasal analizleri ise Çizelge 7.2'de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Numunenin Komple Kimyasal Analizi.

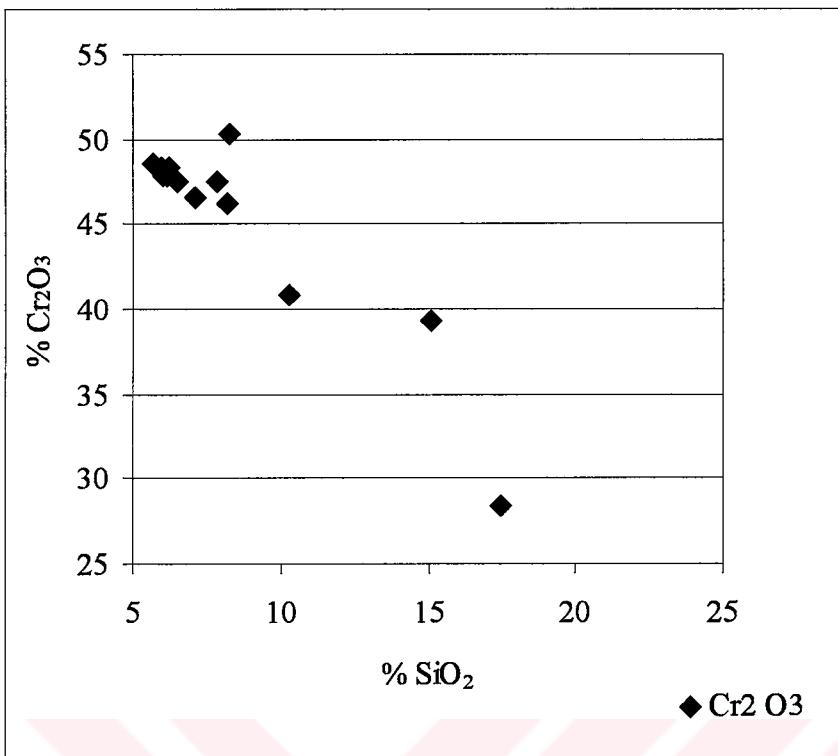
BİLEŞİM	%
MgO	17.45
Cr ₂ O ₃	47.68
Al ₂ O ₃	9.21
Fe ₂ O ₃	15.25
SiO ₂	6.78
CaO	0.78
At.Zy.	2.85
TOPLAM	100.00

Kimyasal analizler Selçuklu Konya Krom Magnezit A.Ş.'nin laboratuarında ıslak analiz (titrasyon) metodu ile yapılmıştır. Kimyasal analiz akım şeması EK-3'de verilmiştir.

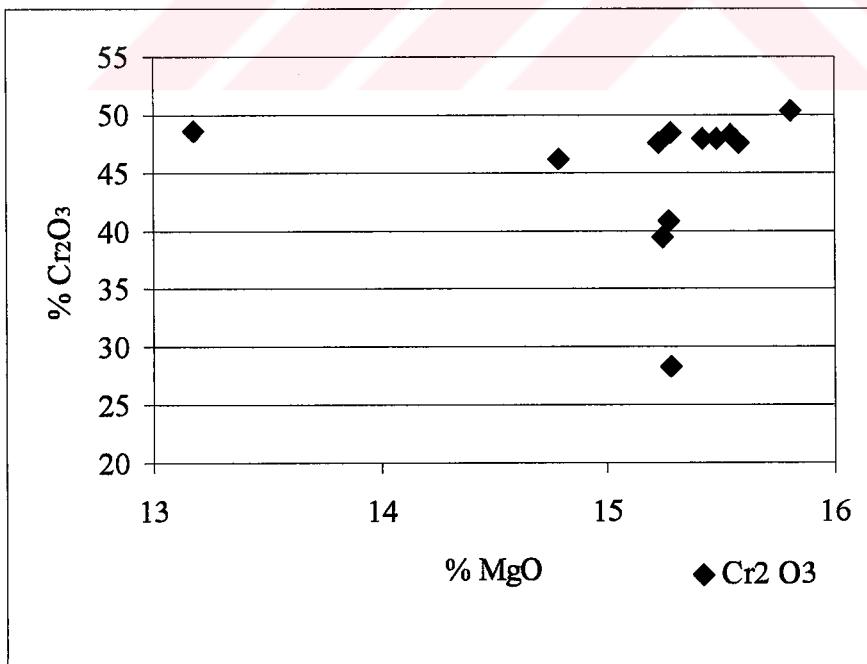
Tane boyutlarındaki Cr₂O₃ oranı % 28,38 ile % 50,35 arasında değişmektedir. Cr₂O₃ ile SiO₂ ve MgO oranları arasında yakın bir ilişki mevcut olup genellikle Cr₂O₃ oranı azaldıkça SiO₂ ve MgO oranı artmaktadır (Şekil 7.4-5). Cr₂O₃ ile Fe₂O₃ arasında doğru veya ters bir ilişki gözlenmemektedir (Şekil 7.6). Şekil 7.5 ile Şekil 7.6 Şekilleri birbirine benzemektedir. Bunun sebebi; Mg ile Fe elementinin birbirleri ile akraba element olmasıdır.

Çizelge 7.2. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromitinin tane boyutlarına göre kimyasal analiz sonuçları.

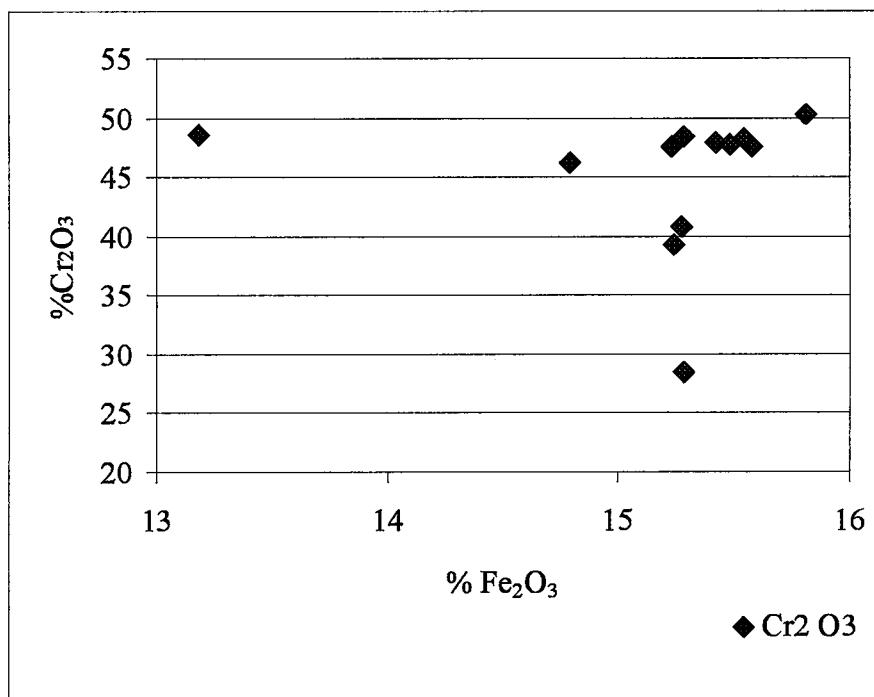
Tane Boyutu (mm)	Miktar (g)	Miktar (%)	Cr ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	At.Zy.
-10+7	39900	26,50	47,53	18,73	6,49	7,26	15,58	0,69	3,72
-7+4,75	12900	8,57	47,9	18,77	6,01	8,64	15,42	0,7	2,56
-4,75+3,35	19450	12,92	47,81	17,56	6,15	9,18	15,48	0,82	3,00
-3,35+2	20150	13,38	48,54	15,83	5,67	13,25	13,18	0,76	2,77
-2+1	15850	10,53	50,35	16,25	8,28	9,03	15,81	1	2,31
-1+0,5	12200	8,10	48,3	14,29	5,94	12,24	15,54	0,81	2,88
-0,5+0,3	10500	6,97	46,51	18,95	7,1	6,96	16,3	0,73	3,45
-0,3+0,212	5100	3,39	47,55	17,42	7,83	9,18	15,23	0,76	2,03
-0,212+0,106	6750	4,48	48,35	17,48	6,25	9,24	15,28	0,81	2,59
-0,106+0,075	2500	1,66	46,22	19,4	8,17	6,87	14,79	0,95	3,60
-0,075+0,053	2800	1,86	40,87	17,46	10,3	9,22	15,27	0,79	6,09
-0,053+0,038	1100	0,73	39,33	17,44	15,1	9,20	15,24	0,77	2,92
-0,038	1350	0,90	28,38	17,48	17,5	9,24	15,28	0,82	11,30
TOPLAM	150550	100,00	-	-	-	-	-	-	-
ORTALAMA	-	-	47,68	17,45	6,78	9,21	15,25	0,78	2,85



Şekil 7.4. Yeşildağ kromitlerinde Cr_2O_3 ile SiO_2 arasındaki ters orantılı ilişki.



Şekil 7.5. Yeşildağ kromitlerinde Cr_2O_3 ile MgO arasındaki ilişki.



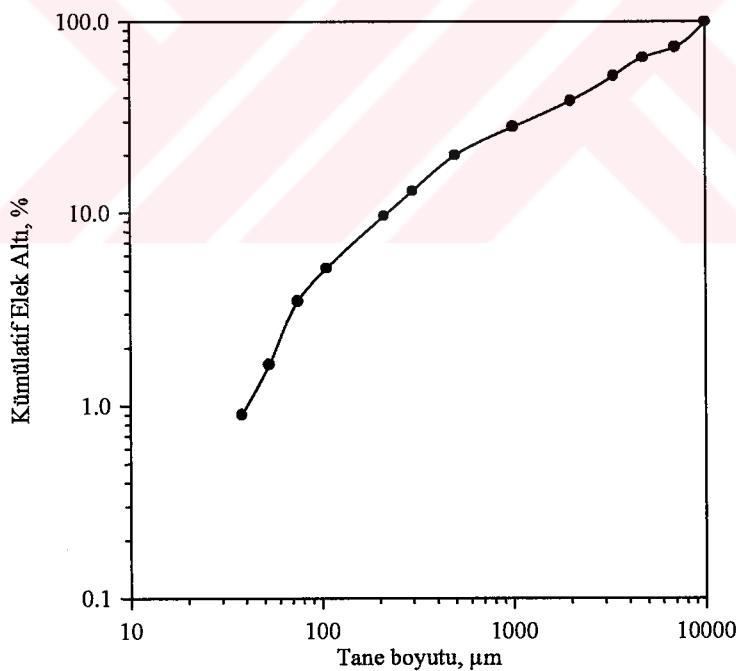
Şekil 7.6 Yeşildağ kromitlerinde Cr₂O₃ ile Fe₂O₃ arasındaki ilişki.

7.4. Elek-Metal Analizi

Farklı boyutlardaki elek serilerinden geçirilen tüvenan cevherin elek metal analizleri yapılmış, analiz sonuçları Çizelge 7.3'de verilmiştir. Bu boyutlardaki cevherin kümülatif elek altı eğrisi ise Şekil 7.7'de verilmiştir.

Çizelge 7.3 Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromitinin elek-metal analizi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Miktar (g)	Miktar (%)	Cr_2O_3 %	Fe_2O_3 %	Kümülatif Elek Altı %
-10+7	39900	26,50	47,53	15,58	100,00
-7+4,75	12900	8,57	47,9	15,42	73,50
-4,75+3,35	19450	12,92	47,81	15,48	64,93
-3,35+2	20150	13,38	48,54	13,18	52,01
-2+1	15850	10,53	50,35	15,81	38,63
-1+0,5	12200	8,10	48,3	15,54	28,10
-0,5+0,3	10500	6,97	46,51	16,3	20,00
-0,3+0,212	5100	3,39	47,55	15,23	13,03
-0,212+0,106	6750	4,48	48,35	15,28	9,64
-0,106+0,075	2500	1,66	46,22	14,79	5,16
-0,075+0,053	2800	1,86	40,87	15,27	3,50
-0,053+0,038	1100	0,73	39,33	15,24	1,64
-0,038	1350	0,90	28,38	15,28	0,90
Toplam	150550	100,00	47,68	15,25	



Şekil 7.7. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir- Konya) Kromitlerinin kümülatif elek altı eğrisi.

Elek-Metal analizi sonuçlarına göre, cevherin % 50'sinin 3,35 mm'nin altında bulunduğu ve aynı zamanda % 80'inin de 7 mm'nin altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

7.5. Serbestleşme Derecesinin Belirlenmesi

-10 mm'ye kadar kırılan ve çeşitli gravite yöntemleri (jig, sallantılı masa, humprey spirali), manyetik ayırma, flotasyonla kromitin zenginleştirilmesi çalışmalarında kullanılması düşünülen fraksiyonlar aşağıdaki gibi belirlenmiş olup şöyledir;

-10 +7 mm, -7 +4,75 mm, -4,75 +3,35 mm, -3,35 +2 mm, -2 +1 mm,
 -1+0,5 mm -0,5 +0,3 mm, -0,3 +0,212, 0,212 +0,106 mm, -0,106 +0,075 mm, -0,075 +0,053 mm -0,053 +0,038 mm, -0,038 +0,000 mm.

Zenginleştirme işlemine tabii tutulması düşünülen bu farklı boytlardan alınan numuneler üzerinde serbestleşme derecesini belirlemek için mikroskobik tane sayımı yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 7.4'de verilmiştir.

Çizelge 7.4. Herbir fraksiyona ait Cr₂O₃ tenörü ve % serbestleşme derecesi.

Tane Boyutu (mm)	% Miktar	% Cr ₂ O ₃	% Serbestleşme Derecesi
-10+7	26,50	47,53	Serbestleşme Gözlenmedi
-7+4,75	8,57	47,9	Serbestleşme Gözlenmedi
-4,75+3,35	12,92	47,81	Serbestleşme Gözlenmedi
-3,35+2	13,38	48,54	10,12
-2+1	10,53	50,35	36,59
-1+0,5	8,10	48,3	85,24
-0,5+0,3	6,97	46,51	97,99
-0,3+0,212	3,39	47,55	96,95
-0,212+0,106	4,48	48,35	96,98
-0,106+0,075	1,66	46,22	97,64
-0,075+0,053	1,86	40,87	97,99
-0,053+0,038	0,73	39,33	100,00
-0,038	0,90	28,38	100,00
Toplam	100,00	47,68	63,00

Çizelge 7.4'den görüldüğü gibi tane boyutu küçüldükçe serbestleşme artmaktadır. Yani ufalama işlemi etkinleştirikçe doğal olarak serbestleşen kromit mineralleri sayısı artmaktadır. Örneğin, +3,35 mm'de hiç serbestleşme olmazken, -3,35+2 mm fraksiyonunda % 10,12'lük, -2+1 mm fraksiyonunda % 36,59'luk, -0,212+0,106 mm fraksiyonunda % 96,98'luk ve -0,053+0,038'luk fraksiyonda % 100'lük bir serbestleşme derecesine ulaşmaktadır. Bunun yanı sıra bazı boytlardaki kromit tenörünün % 48 ve üzeri olduğu görülmektedir. % 48'in üzerindeki

cevherlerin tenörlerinin yükseltilip yükseltilmeyecekini belirlemek amacıyla deneyler yapılmıştır.

Serbestleşme derecesi değerlerinden aşağıdaki sonuçlara ulaşmak mümkündür.

- Serbestleşme -3,35 mm tane boyutunda başlaması nedeniyle bu boyutun altında bir tane boyutuna öğütülmelidir.

- Zenginleştirme tane iriliği olarak 3,35 mm'nin altındaki fraksiyonlar, zenginleştirme çalışmalarında etkin araştırılması gereklili olan fraksiyonlar olmaktadır.

- -1 mm'de % 98'lerde bir serbestleşme görülmektedir. Bu nedenle etkin bir zenginleştirme için -1mm en uygun boyut olacaktır.

- Bu sonuçlar cevherin serbestleşme derecesinin % 63 olduğunu göstermektedir.

8. TOPRAKTEPE (YEŞİLDAĞ-BEŞEHİR-KONYA) KROMİTLERİNİN ZENGİNLEŞTİRME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmada, madenden çıkan cevherin zenginleştirilmesi amacıyla gravite yöntemleri, manyetik ayırma ve flotasyon yöntemleri denenmiştir.

8.1. Gravite Yöntemleri

Gravite yöntemi ile zenginleştirmede sallantılı masa, jig, humprey spirali ve M.G.S. kullanılmıştır.

8.1.1. Sallantılı Masa Testleri

Salantılı masa ile zenginleştirme işlemi, kromit tanelerinin 1mm'den daha küçük boyutlarda, kromit ve silikat gang mineralleri (olivin ve serpentin) arasında özgül ağırlıklarında tamamen bir farklılık olduğu zaman tercih edilmektedir.

Zenginleştirme testleri için, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarında bulunan "Willfley" tipi sallantılı masa kullanılmıştır. Masa 50-150 kg/h kapasiteli, sallantı genliği 6-12 mm, sallantı sayısı 300-450 dev/dk. ve masa eğimi ayarlanabilir özellikleştir.

Sallantılı masa deneyleri, -1+0,5 mm, -0,5+0,300 mm, -0,3+0,212 mm, iri boyutlarda; -0,075+0,053 mm, -0,053+0,038 mm ince boyutlarda yaklaşık 1-1,250 kg'lık numuneler kullanarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.2 ve Çizelge 8.3'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tane boyutunun % Cr₂O₃ tenörüne ve % verime etkisi Şekil 8.1 ve Şekil 8.2'de gösterilmiştir.

Sallantılı masa ile zenginleştirmede; iri boyutlu cevherlerde eğim fazla iken, ince boyutlu cevherlerde eğim düşürülmüştür.

Her bir boyutta uygulanan deney şartları Çizelge 8.1'de verilmiştir.

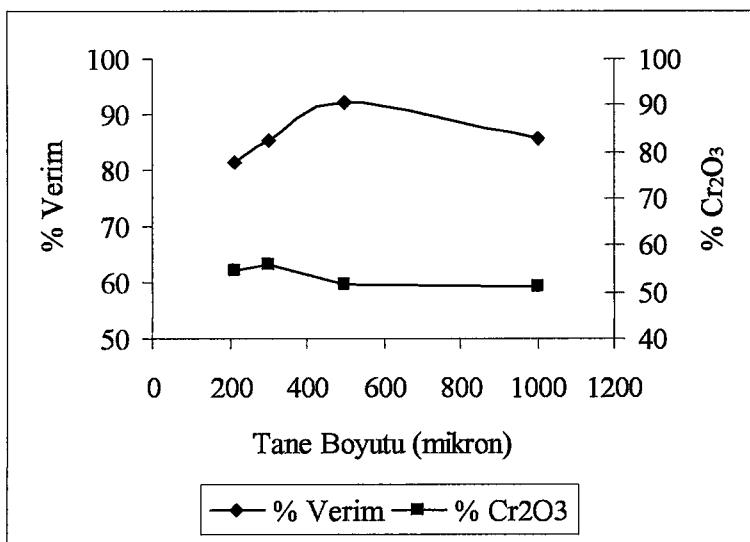
Çizelge 8.1. Sallantılı masa için uygulanan deney şartları.

Tane Boyutu (mm)	Sallantı Genliği(Strok) (mm)	Masa Eğimi (°)	Katı Oranı (%)	Sallantı Sayısı(Frekans) (devir/dakika)
-1+0,5	12	6	25	300
-0,5+0,3	12	6	25	300
-0,3+0,212	12	6	25	300
-0,212+0,106	12	6	25	300
-0,075+0,053	12	4	20	300
-0,053+0,038	12	4	20	300

Çizelge 8.2. -1 +0,500 mm, -0,500+0,300 mm, -0,300+0,212 mm, -0,212+0,106 mm boyutlarındaki sallantılı masa deney sonuçları.

TANE BOYUTU (mm)	ÜRÜNLER	% MIKTAR	% Cr ₂ O ₃	% VERİM
-1+0,500	KONSANTRE	80,97	51,17	85,78
	ARTIK	19,03	36,09	14,22
	BES. MALİ	100,00	48,30	100,00
-0,500+0,300	KONSANTRE	83,18	51,62	92,30
	ARTIK	16,82	21,24	7,68
	BES. MALİ	100,00	46,51	100,00
-0,300+0,212	KONSANTRE	72,95	55,65	85,38
	ARTIK	27,05	24,65	14,02
	BES. MALİ	100,00	47,55	100,00
-0,212+0,106	KONSANTRE	71,87	54,67	81,26
	ARTIK	28,13	32,21	18,74
	BES. MALİ	100,00	48,35	100,00

Çizelge 8.2. ve Şekil 8.1.'de görüldüğü gibi, Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir Konya) kromitleri sallantılı masa ile zenginleştirilebilme özelliği göstermektedir. İncelenen 4 fraksiyonda satılabilir konsantre tenörüne ulaşılmış, yüksek verimli konsantre üretilmiştir. En iyi sonuç -0,300+0,212 mm fraksiyonunda elde edilmiş olup; % 85,38'lik bir verimle % 55,65'lik Cr₂O₃ tenörlü konsantreye ulaşmıştır.

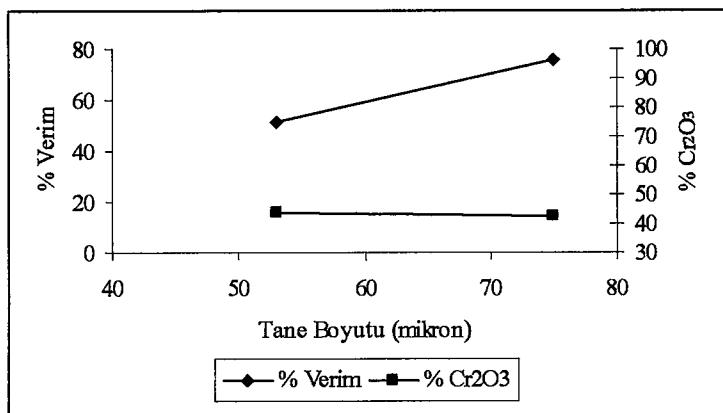


Şekil 8.1. Sallantılı masa deneylerinde tane boyutunun tenöre ve verime etkisi.

Çizelge 8.3. -0,075 +0,053 mm, -0,053 +0,038 mm boyutlarındaki sallantılı masa deney sonuçları.

TANE BOYUTU mm	ÜRÜNLER	% MİKTAR	% Cr ₂ O ₃	% VERİM
-0,075+0,053	KONSANTRE	72,71	42,76	76,07
	ARTIK	27,29	35,84	23,93
	BES. MALİ	100,00	40,87	100,00
-0,053+0,038	KONSANTRE	46,12	43,81	51,37
	ARTIK	53,88	30,50	48,63
	BES. MALİ	100,00	39,33	100,00

Çizelge 8.3 ve Şekil 8.2'de görüldüğü gibi sallantılı masa deneylerinde satılabilir konsantre (% 48 Cr₂O₃) elde edilememiştir. En iyi sonuç, -0,075 +0,053 mm fraksiyonunda elde edilmiş olup, % 76,07'lik bir verimle % 42,76'lık Cr₂O₃ tenörlü konsantreye ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, tane boyutunun düşmesi ile % verim düşmekte iken, % Cr₂O₃ tenörü ise az da olsa yükselmektedir.



Şekil 8.2. Sallantılı masa deneylerinde tane boyutunun tenöre ve verime etkisi

8.1.2. Jig ile zenginleştirme testleri

Jig ile zenginleştirme işlemi, kromit tanelerinin 1-25 mm boyutlarında olduğu zaman tercih edilmektedir. Zenginleştirme testleri için, Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuarında bulunan, laboratuar jigi (Harz Mineral Jigi) kullanılmıştır.

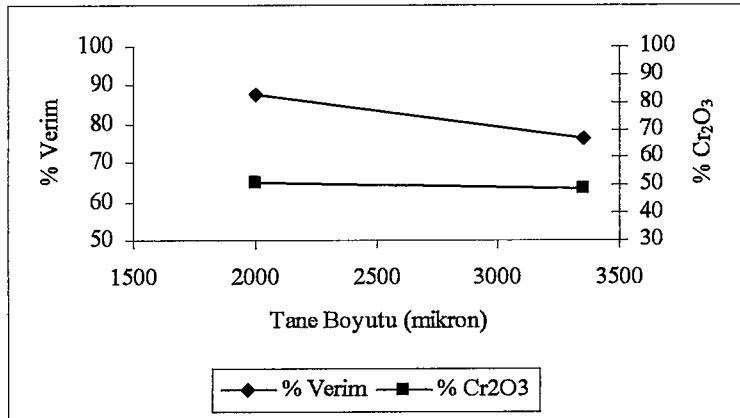
Jig, tek kompartman tipli ve besleme ebatı 1-10 mm arasında değişmektedir. Ayrıca pülsasyon (emme-basma) genliği ayarlanabilmektedir. Su debisi 1,30-5,20 lt./dak., pülsasyon hızı 20-95 dev./dak. arasında değişmektedir.

Jig deneyleri, -3,35+2 mm, -2+1 mm boyutlarında yaklaşık 1-1,250 kg'luk numuneler kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.4'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tane boyutunun Cr₂O₃ tenörüne ve verime etkisi Şekil 8.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.4. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromitlerinin jig ile zenginleştirme toplu sonuçları.

TANE BOYUTU (mm)	ÜRÜNLER	% MİKTAR	% Cr ₂ O ₃	% VERİM
-3,35+2	KONSANTRE	76,19	48,75	76,52
	ARTIK	23,81	47,87	23,48
	BES. MALİ	100,00	48,54	100,00
-2+1	KONSANTRE	87,01	50,68	87,58
	ARTIK	12,99	48,14	12,42
	BES. MALİ	100,00	50,35	100,00

Çizelge 8.4 ve Şekil 8.3'de görüldüğü gibi, 2 fraksiyonda jig deneyleri yapılmıştır. En iyi sonuç -2 +1 mm fraksiyonunda elde edilmiş olup, % 87,58'lik bir verimle % 50,68'lik Cr₂O₃ tenörlü konsantreye ulaşılmıştır. Şekil 8.3'den görüleceği gibi, tane boyutu küçüldükçe verim ve Cr₂O₃ tenörü artmaktadır.



Şekil 8.3. Jig deneylerinde tane boyutunun tenöre ve verime etkisi.

8.1.3. Multi Gravite Seperatör ile Zenginleştirme Testleri

Sallantılı masa ile yapılan zenginleştirme işlemlerinde 0,075 mm'nin altındaki boyatlarda genellikle zenginleştirme verimi düşmektedir. Bu nedenle, bu boyut grubu için flotasyon yöntemi veya Multi Gravite Seperatör kullanılması uygun olabilir. Fakat, flotasyon yöntemi MGS'ye göre daha pahalı olmaktadır.

MGS, diğer gravite yöntemleri gibi farklı özgül ağırlıktaki hafif ve ağır minerallerin ayrılmasında kullanılmaktadır. MGS'nin diğer gravite yöntemlerine göre avantajı ayırma boyutunun (0,5 mm'den 1 μm'a kadar) çok ince boytlara kadar olmasıdır.

Zenginleştirme testleri için, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarında bulunan, C 900 tipi Mozley firmasının ürettiği Multi Gravite Seperatör kullanılmıştır. Cihazın çalışma parametreleri şu Şekildedir:

Tambur dönme hızı : 100-280 dev./dak.

Tambur salınım frekansı : 4/4,8/5,7 dev./sn.

Tambur salınım genliği : 10/15/20 mm

Tambur eğim açısı : 0-9°

Yıkama suyu miktarı : 0-10 lt/dak.

Besleme kapasitesi : maksimum 200 kg/h. (kuru)'tir.

MGS deneyleri, -0,106 +0,075 mm boyutunda yaklaşık 2,5 kg 'lik numuneler kullanarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.5'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tambur dönüş hızının Cr₂O₃ tenörüne ve verime etkisi Şekil 8.4'de gösterilmiştir.

-0,106 +0,075 mm boyutunda uygulanan deney şartları:

Sabit parametreler:

Tambur eğimi :4°

Titreşim frekansı :5,7 dev./sn.

Yıkama suyu miktarı :2 lt./dak.

Katı oranı :% 30

Tambur salınım genliği :10 mm.

Değişken parametreler:

Tambur dönüş hızı :150/ 175 dev./dak.

Debi :1,4/1,2

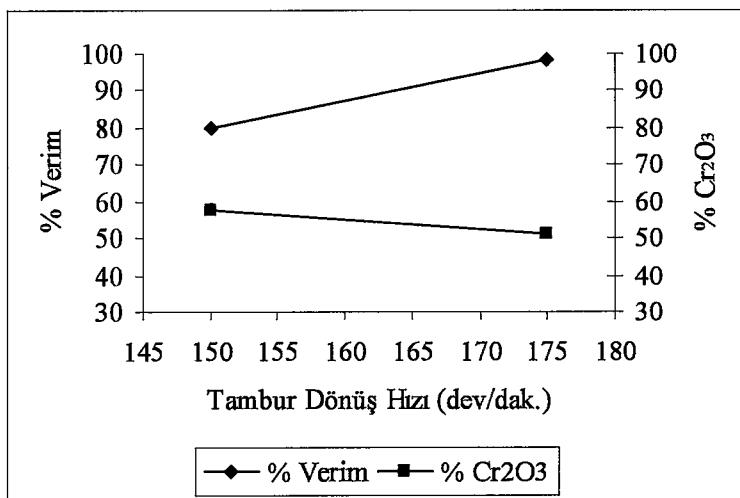
Su :5,5 lt./5 lt.'dir.

Çizelge 8.5. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromitlerinin MGS İle Zenginleştirme Sonuçları.

TAMBUR DÖNÜŞ HIZI devir/dakika	ÜRÜNLER	% MİKTAR	% Cr ₂ O ₃	% VERİM
150	KONSANTRE	64,15	57,52	79,83
	ARTIK	35,85	26,00	20,17
	BES. MALİ	100,00	46,22	100,00
175	KONSANTRE	88,98	51,06	98,18
	ARTIK	11,02	7,63	1,82
	BES. MALİ	100,00	46,22	100,00

Çizelge 8.5 ve Şekil 8.4'de görüldüğü gibi, MGS ile Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitleri zenginleştirilebilme özelliği göstermektedir. En iyi sonuç tambur dönüş hızının 150 dev./dak. olduğu zaman alınmıştır. Sonuçta %

79,83'lük bir verimle ve % 57,52'lik Cr₂O₃ tenörlü konsantreye ulaşılmıştır. Sonuç olarak, tambur dönüş hızı artıkça tenör düşmekte, verim artmaktadır.



Şekil 8.4. MGS deneylerinde tambur dönüş hızının tenöre ve verime etkisi.

8.1.4. Humprey Spirali ile Zenginleştirme Testleri

Humprey Spirali ile zenginleştirme işlemi, cevher tanelerinin 1mm'nin altında olduğu zaman tercih edilmektedir. Cevher % 25-50 arasında katı içeren pülp halinde beslenmesi gerekmektedir.

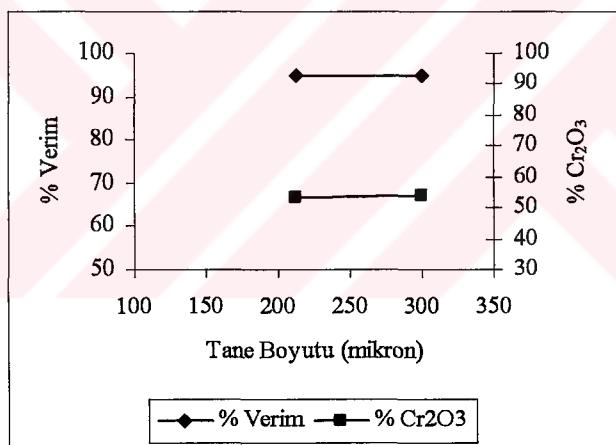
Zenginleştirme testleri için, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuarında bulunan, HG-7 tipi Denver firmasının ürettiği Humprey Spirali kullanılmıştır.

Humprey Spiral deneyleri, -0,300+0,212 mm, -0,212+0,106 mm boyutlarında % 25 katı oranında yaklaşık 3 kg'lık numuneler kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.6'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tane boyutunun Cr₂O₃ tenörüne ve verime etkisi Şekil 8.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.6. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) Kromitlerinin humprey spiral ile zenginleştirme toplu sonuçları.

TANE BOYUTU (mm)	ÜRÜNLER	% MİKTAR	% Cr ₂ O ₃	% VERİM
-0,300 +0,212	KONSANTRE	82,67	54,58	94,89
	ARTIK	17,33	14,02	5,11
	BES. MALİ	100,00	47,55	100,00
-0,212 +0,106	KONSANTRE	86,07	53,42	95,10
	ARTIK	13,93	17,02	4,90
	BES. MALİ	100,00	48,35	100,00

Çizelge 8.6 ve Şekil 8.5'de görüldüğü gibi, 2 fraksiyonda humprey spiral deneyleri yapılmıştır. En iyi sonuç -0,300+0,212 mm fraksiyonunda elde edilmiş olup, % 94,89'luk bir verimle % 54,58'lik konsantreye ulaşılmıştır. Şekil 8.5'den görüleceği gibi, tane boyutu küçüldükçe verim artmakta iken, Cr₂O₃ tenörü azalmaktadır.



Şekil 8.5. Humprey spirali deneylerinde tane boyutunun tenöre ve verime etkisi.

8.2. Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme Testleri

Farklı manyetik duyarlılığı sahip olan kromit ve gang mineralleri (olivin, serpentin v.s.) uygun bir manyetik alan içinde başlıcası manyetik kuvvet olmak üzere çeşitli kuvvetlerin bileşik etkilerine dayanılarak birbirinden ayrılması yoluyla manyetik ayırma ile zenginleştirme gerçekleştirilir.

Uygulamada iri boyutlar için kuru, ince boyutlar için yaş manyetik ayırcılar kullanılmaktadır.

Zenginleştirme testleri için, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuarında bulunan, "Boxmag Rapid LHWL" tipi Yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırcı kullanılmıştır. Manyetik ayırcı DC-amper ve DC-volt göstergeli olup, 0-24 amper ve 0-200 volt arasında ölçüm yapmaktadır. Manyetik ayırma deneyleri, -0,106 +0,075 mm, -0,075+0,053 mm, 0,053+0,038 mm -0,038+0,000 mm boyutlarında 250 gr'luk numuneler ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.7-8.8-8.9-8.10'da verilmiştir. Her bir boyut için ayrı ayrı manyetik alan şiddetinin etkisi denenmiştir.

Her bir boyut için yapılan deney şartlarını verecek olursak:

Manyetik alan şiddeti : 5 Amper

:10 Amper

:20 Amper

Voltaj : 5 Amper için 40 V

: 10 Amper için 90 V

: 20 Amper için 185 V'tur.

Çizelge 8.7. -0,106+0,075 mm boyutundaki yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma test sonuçları.

Voltaj (Volt)	M.A.Ş (Amper)	Ürünler	% Miktar	% Cr ₂ O ₃	% Verim
40	5	KONSANTRE	14,97	53,24	17,24
		ARTIK	85,03	44,49	82,76
		BES. MALİ	100,00	46,22	100,00
90	10	KONSANTRE	64,96	49,95	70,20
		ARTIK	35,04	39,31	29,80
		BES. MALİ	100,00	46,22	100,00
185	20	KONSANTRE	77,32	51,74	86,55
		ARTIK	22,68	27,41	13,45
		BES. MALİ	100,00	46,22	100,00

Çizelge 8.7'den aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- i) İncelenen -106+75 µm fraksiyonunda % 46,22'lik besleme malından yüksek verimle, yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma ile satılabilir kromit konsantresi üretilmesi mümkün olmaktadır.

- ii) -106+75 μm fraksiyonunda, 3 ayrı manyetik alan şiddeti ve voltaj değerleri denenmiştir. Buna göre; en iyi sonuç 20 amper ve 185 volt değerlerinde elde edilmiştir.
- iii) -106+75 μm fraksiyonunda, voltaj ve manyetik alan şiddeti değerleri arttıkça konsantre verimi de artmaktadır.

Çizelge 8.8. -0,075+0,053 mm boyutundaki yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma test sonuçları.

Voltaj (Volt)	M.A.Ş (Amper)	Ürünler	% Miktar	% Cr_2O_3	% Verim
40	5	KONSANTRE	12,73	52,07	16,22
		ARTIK	87,27	39,24	83,78
		BES. MALİ	100,00	40,87	100,00
90	10	KONSANTRE	53,27	53,25	69,41
		ARTIK	46,73	26,75	30,59
		BES. MALİ	100,00	40,87	100,00
185	20	KONSANTRE	69,37	51,06	86,67
		ARTIK	30,63	17,79	13,33
		BES. MALİ	100,00	40,87	100,00

Çizelge 8.8'den aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- i) İncelenen -75+53 μm fraksiyonunda % 40,87'lik besleme malından yüksek verimle, yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma ile satılabilir kromit konsantresi üretilmesi mümkün olmaktadır.
- ii) -75+53 μm fraksiyonunda, 3 ayrı manyetik alan şiddeti ve voltaj değerleri denenmiştir. Buna göre; en iyi sonuç 20 amper ve 185 volt değerlerinde elde edilmiştir.
- iii) -75+53 μm fraksiyonunda, voltaj ve manyetik alan şiddeti değerleri arttıkça konsantre verimi de artmaktadır.

Çizelge 8.9. -0,053+0,038 mm boyutundaki yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma test sonuçları.

Voltaj (Volt)	M.A.Ş (Amper)	Ürünler	% Miktar	% Cr ₂ O ₃	% Verim
40	5	KONSANTRE	7,08	50,29	9,05
		ARTIK	92,92	38,50	90,95
		BES. MALİ	100,00	39,33	100,00
90	10	KONSANTRÉ	33,80	47,50	40,82
		ARTIK	66,20	35,16	59,18
		BES. MALİ	100,00	39,33	100,00
185	20	KONSANTRE	47,18	50,13	60,14
		ARTIK	52,82	29,68	39,86
		BES. MALİ	100,00	39,33	100,00

Çizelge 8.9'dan aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- i) İncelenen -53+38 μm fraksiyonunda % 39,33'lük besleme malından diğerlerine nazaran daha düşük verimle, yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma ile satılabilir kromit konsantresi üretilmesi mümkün olmaktadır.
- ii)-53+38 μm fraksiyonunda, 3 ayrı manyetik alan şiddeti ve voltaj değerleri denenmiştir. Buna göre; en iyi sonuç 20 amper ve 185 volt değerlerinde elde edilmiştir.
- iii)-53+38 μm fraksiyonunda, voltaj ve manyetik alan şiddeti değerleri arttıkça konsantre verimide artmaktadır.

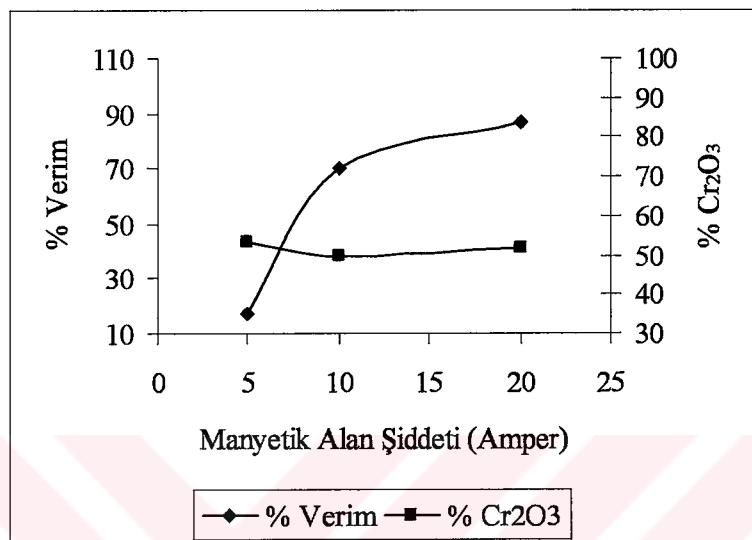
Çizelge 8.10. -0,038+0,000 mm boyutundaki yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma test sonuçları.

Voltaj (Volt)	M.A.Ş (Amper)	Ürünler	% Miktar	% Cr ₂ O ₃	% Verim
40	5	KONSANTRE	7,01	39,07	9,65
		ARTIK	92,99	27,57	90,35
		BES. MALİ	100,00	28,38	100,00
90	10	KONSANTRE	15,50	50,46	27,56
		ARTIK	84,50	24,33	72,44
		BES. MALİ	100,00	28,38	100,00
185	20	KONSANTRE	39,75	49,79	69,74
		ARTIK	60,25	14,25	30,26
		BES. MALİ	100,00	28,38	100,00

Çizelge 8.10'dan aşağıdaki bulgulara ulaşmak olasıdır:

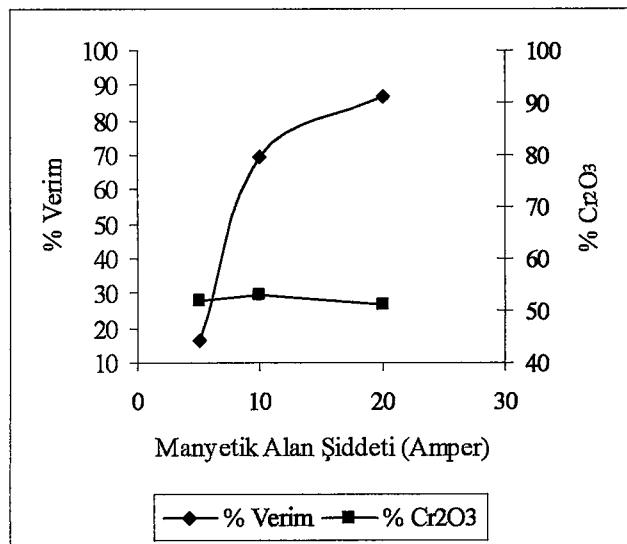
- i) İncelenen -38 μm fraksiyonunda % 28,38'lük besleme malından yüksek verimle, yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırma ile satılabilir kromit konsantresi üretilmesi mümkün olmaktadır.

- ii) -38 μm fraksiyonunda, 3 ayrı manyetik alan şiddeti ve voltaj değerleri denenmiştir. Buna göre; en iyi sonuç 20 amper ve 185 volt değerlerinde elde edilmiştir.
- iii) -38 μm fraksiyonunda, voltaj ve manyetik alan şiddeti değerleri arttıkça konsanitre verimi de artmaktadır.



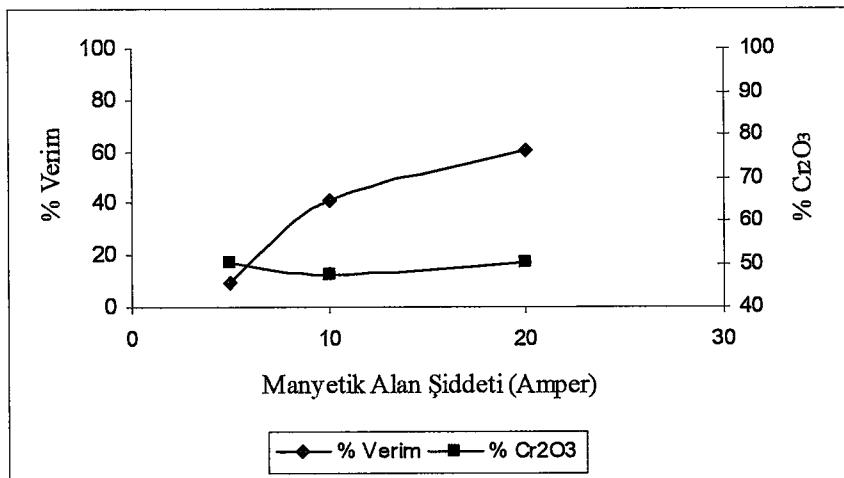
Şekil 8.6. Manyetik ayırma ile -0,106 +0,075 mm fraksiyonunda yapılan deneylerdeki manyetik alan şiddetinin tenöre ve verime etkisi.

Şekil 8.6'da görüldüğü gibi, 5 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 46,22'lik besleme malından, % 17,24'lük verim ile % 53,24'lük Cr₂O₃ konsantresi, 10 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 70,20'lük verim ile % 49,95'lük Cr₂O₃ konsantresi, 20 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 86,55'lük verim ile % 51,74'lük Cr₂O₃ konsantresi elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre; manyetik alan şiddeti arttıkça konsanitre verim yüzdesi artmakta konsantrenin tenör değerleri farklı olarak değişmektedir.



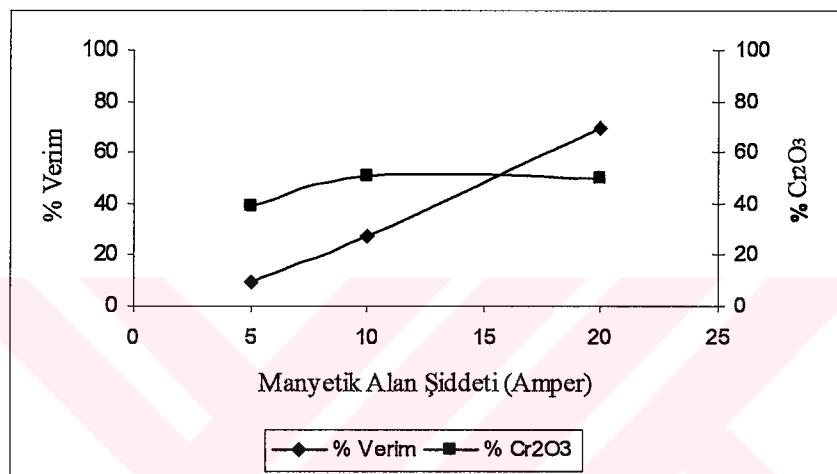
Şekil 8.7. Manyetik ayırmaya ile $-0,075+0,053$ mm fraksiyonunda yapılan deneylerdeki manyetik alan şiddetinin tenöre ve verime etkisi.

Şekil 8.7'de görüldüğü gibi, 5 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 40,87'lik besleme malından, % 16,22'lik verim ile % 52,07'lik Cr₂O₃ konsantresi, 10 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 69,41'lik verim ile % 53,25'lik Cr₂O₃ konsantresi, 20 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 86,67'lik verim ile % 51,06'lik Cr₂O₃ konsantresi elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre; manyetik alan şiddeti arttıkça konsantere verim yüzdesi artmakta konsantrenin tenör değerleri farklı olarak değişmektedir.



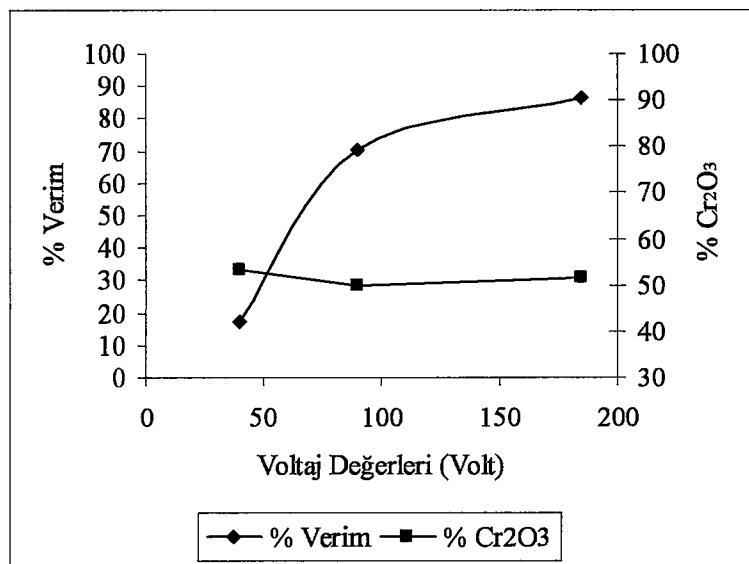
Şekil 8.8. Manyetik ayırmaya ile $-0,053 +0,038$ mm fraksiyonunda yapılan deneylerdeki manyetik alan şiddetinin tenöre ve verime etkisi.

Şekil 8.8'de görüldüğü gibi, 5 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 39,33'lük besleme malından, % 9,05'lik verim ile % 50,29'luk Cr₂O₃ konsantresi, 10 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 40,82'lik verim ile % 47,50'luk Cr₂O₃ konsantresi, 20 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 60,14'lük verim ile % 50,13'luk Cr₂O₃ konsantresi elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre; manyetik alan şiddeti arttıkça konsantere verim yüzdesi artmakta konsantrenin tenör değerleri farklı olarak değişmektedir.

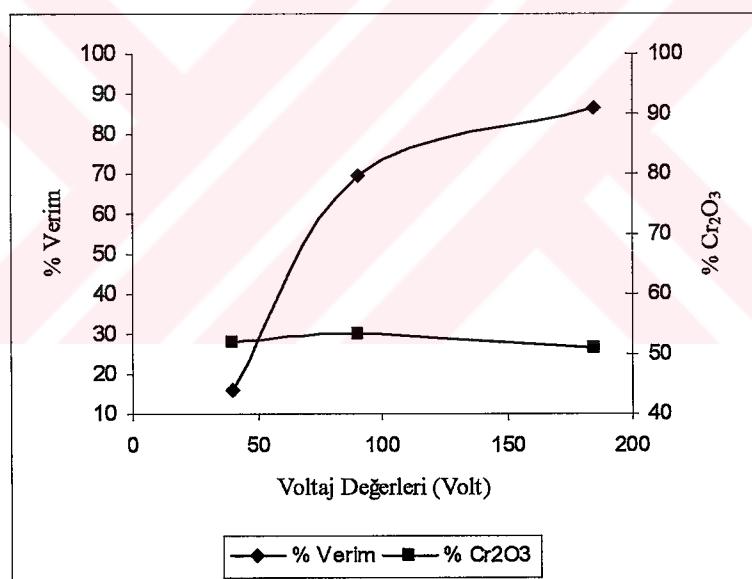


Şekil 8.9. Manyetik ayıra ile -0,038 +0,000 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki manyetik alan şiddetinin tenöre ve verime etkisi.

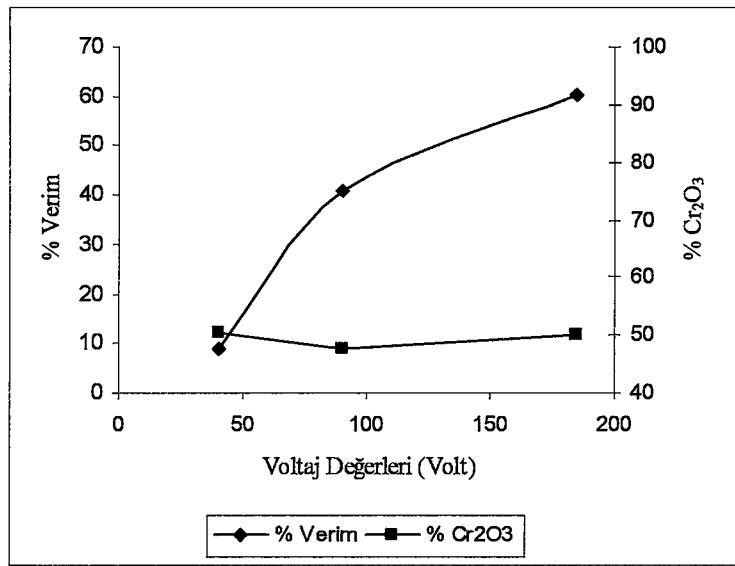
Şekil 8.9'da görüldüğü gibi, 5 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 28,38'lük besleme malından, % 9,65'lik verim ile % 39,07'luk Cr₂O₃ konsantresi, 10 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 27,56'lık verim ile % 50,46'luk Cr₂O₃ konsantresi, 20 amperlik manyetik alan şiddetinde, % 69,74'lük verim ile % 49,79'luk Cr₂O₃ konsantresi elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre; manyetik alan şiddeti arttıkça konsantere verim yüzdesi artmakta konsantrenin tenör değerleri farklı olarak değişmektedir.



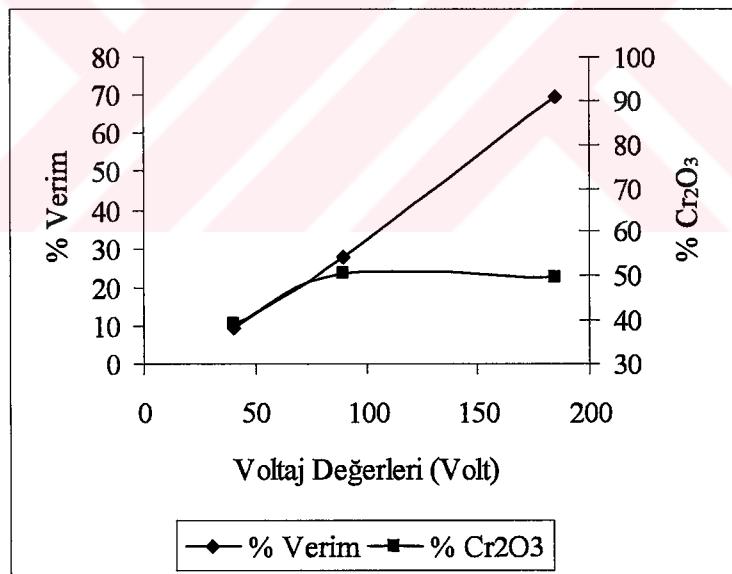
Şekil 8.10. Manyetik ayırma ile -0,106 +0,075 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki voltajın tenöre ve verime etkisi.



Şekil 8.11. Manyetik ayırma ile -0,075 +0,053 mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki voltajın tenöre ve verime etkisi.



Şekil 8.12. Manyetik ayırma ile $-0,053 + 0,038$ mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki voltajın tenöre ve verime etkisi.



Şekil 8.13. Manyetik ayırma ile $-0,038 + 0,000$ mm fraksiyonunda yapılan deneylerde ki voltajın tenöre ve verime etkisi.

8.3. Flotasyon Yolu ile Zenginleştirme Testleri

Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin -0,212 mm boyutun daki kısmının flotasyon ile zenginleştirilmesi düşünülmüştür.

Zenginleştirme testleri için, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama laboratuarında bulunan, "Denver" tipi flotasyon makinesi kullanılmıştır. Flotasyon makinesinin, pervane dönüş hızı ayarlanabilir olup, hava emişli özelliğine sahiptir.

Flotasyon deneyleri, -0,212 mm boyutunda, % 23 katı oranında, 300 gramlık temsili numuneler kullanılarak yapılmıştır. Yapılan deneylerde pH değerinin, Fe^{+3} iyonlarının ve köpük alma süresinin flotasyona etkisi araştırılmıştır.

8.3.1. En uygun pH'ın saptanması

En iyi pH değerini saptamak için yapılan çalışmalarla, pH düzenleyici olarak % 10'luk NaOH çözeltisi kullanılmıştır ve optimum pH değerinin tespitine çalışılmıştır. Bu amaçla 5-6-7-8 pH değerlerinde aynı şartlarda flotasyon deneyleri tekrarlanmıştır.

Flotasyon sırasındaki deney şartları aşağıdaki şekildeki gibi uygulanmıştır.

Pülpkteki katı oranı : % 23

Karıştırma hızı : 900 dev./dak.

Köpük alma süresi : 10 dak.

Köpürtücü miktarı : 50 gr/ton

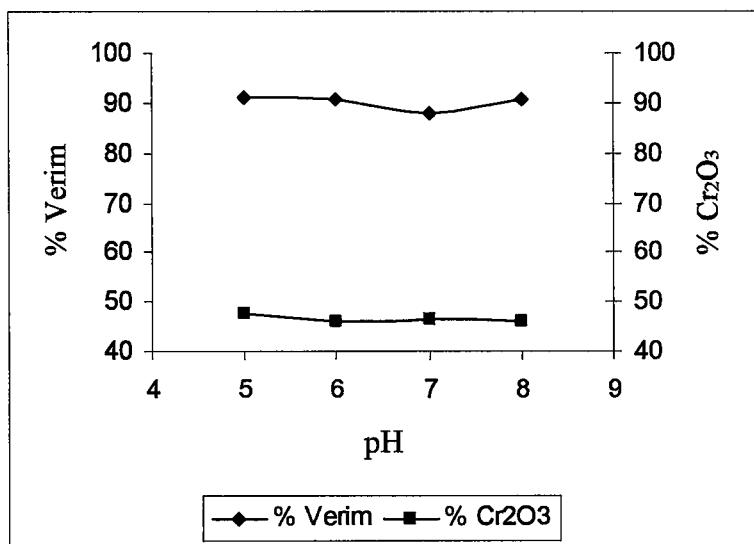
Fe^{+3} iyonu miktarı : 0,33 gr/ton

Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.11'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre pH'ın Cr_2O_3 tenörüne ve verime etkisi Şekil 8.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.11. En uygun pH değerinin tespiti için yapılan deney sonuçları.

pH Değerleri	Ürünler	% Miktar	% Cr ₂ O ₃	% Verim
5	KONSANTRE	83,14	47,58	91,34
	ARTIK	16,86	22,25	8,66
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
6	KONSANTRE	85,17	46,19	90,83
	ARTIK	14,83	26,75	9,17
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
7	KONSANTRE	81,75	46,56	87,89
	ARTIK	18,25	28,75	12,11
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
8	KONSANTRE	84,84	46,24	90,58
	ARTIK	15,16	26,90	9,42
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00

Çizelge 8.11 ve Şekil 8.14'de görüldüğü gibi, yukarıda belirtilen şartlarda yapılan flotasyon deneylerinde % 43,31 besleme malından, % 91,34 verimle, % 47,58 Cr₂O₃ tenörlü krom konsantresi kazanılmıştır. pH=6 değerinde % 90,83 verimle, % 46,19 Cr₂O₃ tenörlü, pH=7 değerinde % 87,89 verimle, % 46,56 Cr₂O₃ tenörlü, pH=8 değerinde % 90,58 verimle, % 46,24 Cr₂O₃ tenörlü, krom konsantresi üretilmiştir. En iyi sonuç, pH=5 değerinde olduğu için ileriki aşamalarda pH=5 değeri kullanılmıştır.



Şekil 8.14. pH değerlerine bağlı olarak konsantrenin Cr₂O₃ tenör ve verim eğrisi.

8.3.2. En uygun Fe⁺³ iyonu miktarının tespiti

En uygun pH değerinin belirlenmesinden sonra, kromit minerallerini bastırmak için Fe⁺³ iyonları ilavesinin en etkin miktarının belirlenmesine çalışılmıştır. Bu çalışmada, 1000 ppm'lik Fe⁺³ çözeltisi kullanılmıştır. Bu amaçla, 0,33-0,67-1,00-1,33-1,67-3,33 gr/ton miktarlarında aynı şartlarda flotasyon deneyleri tekrarlanmıştır.

Flotasyon sırasında deney şartları aşağıdaki şekildeki gibi uygulanmıştır.

Pülpkteki katı oranı : % 23

Karıştırma hızı : 900 dev./dak.

Köpük alma süresi : 10 dak.

Köpürtücü miktarı : 50 gr/ton

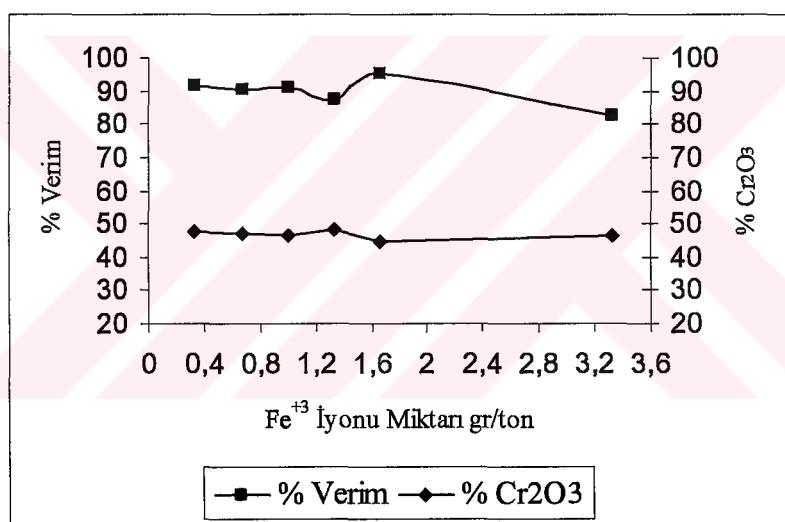
pH : 5

Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.12'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Fe⁺³ iyonu ilavesinin Cr₂O₃ tenörüne ve verime etkisi Şekil 8.15'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.12. En uygun Fe⁺³ iyonu miktarının tespiti için yapılan deney sonuçları.

Fe ⁺³ iyonu Miktarı (gr/ton)	Ürünler	% Miktar	% Cr ₂ O ₃	% Verim
0,33	KONSANTRE	83,14	47,58	91,34
	ARTIK	16,86	22,25	8,66
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
0,67	KONSANTRE	83,39	46,93	90,36
	ARTIK	16,61	25,13	9,64
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
1,00	KONSANTRE	84,89	46,41	90,97
	ARTIK	15,11	25,90	9,03
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
1,33	KONSANTRE	78,77	48,09	87,46
	ARTIK	21,23	25,59	12,54
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
1,67	KONSANTRE	93,10	44,39	95,42
	ARTIK	6,90	28,69	4,58
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
3,33	KONSANTRE	76,64	46,65	82,55
	ARTIK	23,36	32,36	17,45
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00

Çizelge 8.12 ve Şekil 8.15'de görüldüğü gibi, yukarıda belirtilen şartlarda yapılan flotasyon deneylerinde % 43,31 besleme malından, % 87,46 verimle, % 48,09 Cr₂O₃ tenörlü krom konsantresi kazanılmıştır. 0,33 gr/ton Fe⁺³ iyonu ilavesi ile % 91,34 verimle, % 47,58 Cr₂O₃ tenörlü, 0,67 gr/ton Fe⁺³ iyonu ilavesi ile % 90,36 verimle, % 46,93 Cr₂O₃ tenörlü, 1,00 gr/ton Fe⁺³ iyonu ilavesi ile % 90,97 verimle, % 46,41 Cr₂O₃ tenörlü, 1,33 gr/ton Fe⁺³ iyonu ilavesi ile % 87,46 verimle, % 48,09 Cr₂O₃ tenörlü, 1,67 gr/ton Fe⁺³ iyonu ilavesi ile % 95,42 verimle, % 44,39 Cr₂O₃ tenörlü, 3,33 gr/ton Fe⁺³ iyonu ilavesi ile % 82,55 verimle, % 46,65 Cr₂O₃ tenörlü, krom konsantresi üretilmiştir. En iyi sonuç, 0,33 gr/ton Fe⁺³ iyonu ilavesi ile 1,33 gr/ton Fe⁺³ iyonu ilavesinde elde edilmiştir. Fakat verimler arasındaki farkın az olmasından dolayı Cr₂O₃ tenörünün yüksek olduğu 1,33 gr/ton Fe⁺³ ilavesi bir sonraki aşamada kullanılmıştır.



Şekil 8.15. Fe⁺³ iyonları ilavesine bağlı olarak konsantrenin Cr₂O₃ tenör ve verim eğrisi

8.3.3. En uygun köpük alma süresinin tespiti

Flotasyon süresinin tespiti amacıyla, 1-3-5-7-10 dakika köpük alımına devam edilmiştir. Flotasyon sırasındaki deney şartları aşağıdaki şekildeki gibi uygulanmıştır.

Pülp teki katı oranı : % 23

Karıştırma hızı : 900 dev./dak.

Köpük alma süresi : 10 dak.

Köpürtücü miktarı :50 gr/ton

pH :5

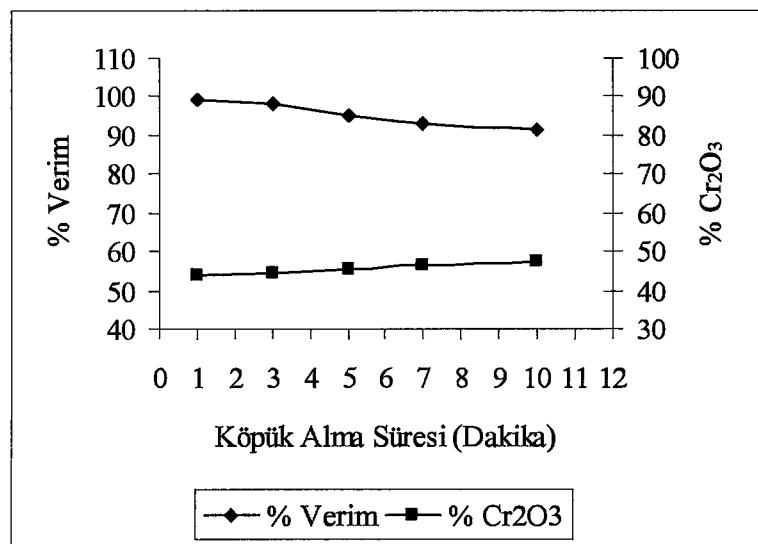
Fe iyonu miktarı :1,33 gr/ton

Elde edilen sonuçlar Çizelge 8.13'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre köpük alma süresinin Cr_2O_3 tenörüne ve verime etkisi Şekil 8.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 8.13. En uygun köpük alma süresinin tespiti için yapılan deney sonuçları

Köpük Alma Süresi (dak.)	Ürünler	% Miktar	% Cr_2O_3	% Verim
1	KONSANTRE	98,15	43,75	99,15
	ARTIK	1,85	19,75	0,85
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
3	KONSANTRE	95,67	44,37	98,01
	ARTIK	4,33	19,91	1,99
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
5	KONSANTRE	90,47	45,52	95,09
	ARTIK	9,53	22,29	4,91
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
7	KONSANTRE	86,80	46,42	93,03
	ARTIK	13,20	22,86	6,97
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00
10	KONSANTRE	83,77	47,35	91,58
	ARTIK	16,23	22,48	8,42
	BES. MALİ	100,00	43,31	100,00

Çizelge 8.13 ve Şekil 8.16'da görüldüğü gibi, yukarıda belirtilen şartlarda yapılan flotasyon deneylerinde % 43,31 besleme malından, % 91,58 verimle, % 47,35 Cr_2O_3 tenörlü krom konsantresi kazanılmıştır. 1 dakikalık flotasyon süresinde % 99,15 verimle % 43,75 Cr_2O_3 tenörlü, 3 dakikalık flotasyon süresinde % 98,01 verimle % 43,31 Cr_2O_3 tenörlü, 5 dakikalık flotasyon süresinde % 95,09 verimle % 45,52 Cr_2O_3 tenörlü, 7 dakikalık flotasyon süresinde % 93,03 verimle % 46,42 Cr_2O_3 tenörlü, 10 dakikalık flotasyon süresinde % 91,58 verimle % 47,35 Cr_2O_3 tenörlü, krom konsantresi üretilmiştir. Flotasyon süresi arttıkça konsantre verimi düşmekte iken Cr_2O_3 tenörü farklı olarak değişmektedir. Sonuç olarak, flotasyon süresi daha sonra yapılması muhtemel olan temizleme flotasyonunda kullanılmak üzere 10 dakika olarak belirlenmiştir.



Şekil 8.16. Köpük alma süresine bağlı olarak bağlı olarak konsantrenin Cr₂O₃ tenör ve verim eğrisi.

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ultramafik kayaçlara bağlı olarak oluşan, Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitleri, çeşitli gravite yöntemleri (M.G.S., jig, sallantılı masa, Humprey Spirali), manyetik ayırma ve flotasyon ile zenginleştirme testlerine tabi tutulmuştur. Kromit numuneleri üzerinde yapılmış olan deneysel çalışmaların sonuçları ve daha sonraki yapılabilecek olan araştırmalara yön verebilecek öneriler aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

9.1. Sonuçlar

Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin mineralojik ve kimyasal incelemeler sonucunda, serbestleşme boyutunun 3,35 mm'nin altına indirilmesi ile % 63 olacağı belirlenmiştir. Bu nedenle; zenginleştirme tane iriliği olarak 3,35 mm'nin altındaki fraksiyonlar zenginleştirme çalışmalarında etkin araştırılması gereklili olan fraksiyonlar olmaktadır.

Kimyasal analiz sonucu ortalama Cr_2O_3 içeriğinin % 47,68 olduğu tespit edilmiştir.

Sallantılı masa ile yapılan deneylerde, -1+0,500 mm, -0,500+0,300 mm, -0,300+0,212 mm, iri boyutlar, -0,075+0,053 mm, -0,053+0,038 mm ince boyutlar kullanılmıştır.

Sallantılı masa ile yapılan çalışmalarda, konsantre ve artık olmak üzere belirlenen her fraksiyon için 2 ayrı ürün alınmıştır. Deney sonuçlarından; -1+0,500 mm fraksiyonunda, % 48,30 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, % 85,75 verimle, % 51,17 Cr_2O_3 tenörlü; -0,500+0,300 mm fraksiyonunda, % 46,51 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, % 92,30 verimle, % 51,62 Cr_2O_3 tenörlü; -0,300+0,212 mm fraksiyonunda, % 47,55 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, % 85,30 verimle, % 55,65 Cr_2O_3 tenörlü; -0,212+0,106 mm fraksiyonunda, % 48,35 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, % 81,26 verimle, % 54,67 Cr_2O_3 tenörlü; -0,075+0,053 mm fraksiyonunda, % 40,87 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, % 76,07 verimle, % 42,76 Cr_2O_3 tenörlü; -0,053+0,038 mm fraksiyonunda, % 39,33 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, % 51,37 verimle, % 43,81 Cr_2O_3 tenörlü; kromit konsantreleri üretilmiştir.

Sallantılı masa ile yapılan deneyler sonucunda, incelenen 6 fraksiyonda kromit cevheri sallantılı masa ile zenginleştirilebilme özelliği göstermiştir. En iyi

sonuç $-0,300 +0,212$ mm fraksiyonunda elde edilmiş olup; % 85,38'lik bir verimle % 55,65'lik Cr_2O_3 tenörlü kromit konsantresine ulaşılmıştır.

Jig ile yapılan deneylerde, $-3,35+2,00$ mm, $-2,00+1,00$ mm boyutundaki fraksiyonları kullanılmıştır. Jig ile yapılan çalışmalarda, konsantre ve artık olmak üzere belirlenen her fraksiyon için 2 ayrı ürün alınmıştır. Deney sonuçlarından; $-3,35 +2,00$ mm. fraksiyonunda, % 48,54 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından; % 76,52 verimle, % 48,75 Cr_2O_3 tenörlü, $-2,00+1,00$ mm fraksiyonunda, % 50,35 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından; % 87,58 verimle, % 50,68 Cr_2O_3 tenörlü, kromit konsantreleri üretilmiştir.

Jig ile yapılan deneyler sonucunda, incelenen 2 fraksiyonda yüksek verimle ayırma sağlanmış, fakat bu fraksiyonlarda fazla serbestleşme sağlanamadığından Cr_2O_3 tenörü yükseltilememiştir.

Multi gravite seperatör ile yapılan deneylerde, $-0,106+0,075$ mm boyutundaki fraksiyon kullanılmıştır. Multi gravite seperatör ile yapılan çalışmalarda, tambur dönüş hızı (dev/dak.) denemeleri yapılmış olup, konsantre ve artık olmak üzere belirlenen tambur dönüş hızlarında 2 ayrı ürün alınmıştır. Deney sonuçlarından; $-0,106+0,075$ mm fraksiyonunda, 150 dev./dak. tambur dönüş hızında, % 46,22 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından; % 79,83 verimle, % 57,52 Cr_2O_3 tenörlü, 175 dev./dak. tambur dönüş hızında, % 46,22 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından; % 98,18 verimle, % 51,06 Cr_2O_3 tenörlü, kromit konsantreleri üretilmiştir.

Multi gravite seperatör ile yapılan deneyler sonucunda, incelenen 2 tambur dönüş hızında yüksek verimle, yüksek tönörlü konsantreler üretilmiş olup; en iyi sonuç 150 dev./dak. hızında elde edilmiştir.

Humprey spirali ile yapılan deneylerde, $-0,300+0,212$ mm, $-0,212 +0,106$ mm fraksiyonları kullanılmıştır. Humprey spirali ile yapılan çalışmalarda, konsantre ve artık olmak üzere belirlenen her fraksiyon için 2 ayrı ürün alınmıştır. Deney sonuçlarından; $-0,300+0,212$ mm fraksiyonunda, % 47,55 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından; % 94,89 verimle, % 54,58 Cr_2O_3 tenörlü, % 48,35 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından; % 95,10 verimle, % 53,42 Cr_2O_3 tenörlü, kromit konsantreleri üretilmiştir.

Humprey spirali ile yapılan deneyler sonucunda, incelenen 2 fraksiyonda kromit cevherleri humprey spirali ile zenginleştirilebilme özelliği göstermiştir. En iyi

sonuç, $-0,300+0,212$ mm fraksiyonunda elde edilmiş olup; % 94,89'luk bir verimle % 54,58'lik Cr_2O_3 tenörlü, kromit konsantresine ulaşılmıştır.

Yüksek alan şiddetli yaşı manyetik ayırıcı ile yapılan deneylerde, $-0,106+0,075$ mm, $-0,075+0,053$ mm, $-0,053+0,038$ mm, $-0,038+0,000$ mm fraksiyonları kullanılmıştır.

Manyetik ayırma ile yapılan çalışmalarında, her bir boyut için ayrı ayrı, manyetik alan şiddetleri ve voltaj değerleri denenmiş olup, konsantr ve artık olmak üzere belirlenen her fraksiyon için 2 ayrı ürün alınmıştır. Deney sonuçlarından; $-0,106+0,075$ mm fraksiyonunda, % 46,22 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, 5 amper manyetik alan şiddetinde ve 40 volt voltaj değerinde, % 17,24 verimle, % 53,24 Cr_2O_3 tenörlü, 10 amper manyetik alan şiddetinde ve 90 volt voltaj değerinde, % 70,20 verimle, % 49,95 Cr_2O_3 tenörlü, 20 amper manyetik alan şiddetinde ve 185 volt voltaj değerinde, % 86,55 verimle, % 51,74 Cr_2O_3 tenörlü, $-0,075+0,053$ mm fraksiyonunda, % 40,87 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, 5 amper manyetik alan şiddetinde ve 40 volt voltaj değerinde, % 16,22 verimle, % 52,07 Cr_2O_3 tenörlü, 10 amper manyetik alan şiddetinde ve 90 volt voltaj değerinde, % 69,41 verimle, % 53,25 Cr_2O_3 tenörlü, 20 amper manyetik alan şiddetinde ve 185 volt voltaj değerinde, % 86,67 verimle, % 51,06 Cr_2O_3 tenörlü, $-0,053+0,038$ mm fraksiyonunda, % 39,33 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, 5 amper manyetik alan şiddetinde ve 40 volt voltaj değerinde, % 9,05 verimle, % 50,29 Cr_2O_3 tenörlü, 10 amper manyetik alan şiddetinde ve 90 volt voltaj değerinde, % 40,82 verimle, % 47,50 Cr_2O_3 tenörlü, 20 amper manyetik alan şiddetinde ve 185 volt voltaj değerinde, % 60,14 verimle, % 50,13 Cr_2O_3 tenörlü, $-0,038+0,000$ mm fraksiyonunda, % 28,38 Cr_2O_3 tenörlü besleme malından, 5 amper manyetik alan şiddetinde ve 40 volt voltaj değerinde, % 9,65 verimle, % 39,07 Cr_2O_3 tenörlü, 10 amper manyetik alan şiddetinde ve 90 volt voltaj değerinde, % 27,56 verimle, % 50,46 Cr_2O_3 tenörlü, 20 amper manyetik alan şiddetinde ve 185 volt voltaj değerinde, % 69,74 verimle, % 49,79 Cr_2O_3 tenörlü, kromit konsantreleri üretilmiştir.

Manyetik ayırma ile yapılan deneyler sonucunda, incelenen 4 fraksiyonda kromit cevherleri yüksek alan şiddetli yaşı manyetik ayırma ile zenginleştirilebilme özelliği göstermiştir. En iyi sonuç, $-0,075+0,053$ mm fraksiyonunda 20 amper manyetik alan şiddetinde ve 185 volt voltaj değerinde alınmıştır.

Flotasyon ile yapılan deneylerde, -0,212 mm boyutunun altı kullanılmıştır. Flotasyon ile yapılan çalışmalarda, konsantre ve artık olmak üzere 2 ayrı ürün alınmıştır. -0,212 mm'nin altındaki % 43,31 Cr₂O₃ tenörlü numune ile pH-Fe⁺³ iyonu miktarı-flotasyon süresi denemeleri yapılmıştır.

İlk olarak en uygun pH değerinin tespit edilmesi için, 5-6-7-8 pH denemeleri yapılmıştır. % 23 katı oranında, 900 dev./dak. pervane dönüş hızında, 10 dakikalık flotasyon süresinde, 50 gr/ton çamyağı (köprürtücü) ve 0,33 gr/ton Fe⁺³ iyonu (bastırıcı) kullanılarak yapılan deneyler sonucunda % 91,34 verimle, % 47,58 Cr₂O₃ tenörlü kromit konsantresi pH=5'de üretilmiştir.

İkinci aşama olarak, en uygun Fe⁺³ iyonları miktarının tespiti için, 0,33-0,67-1,00-1,33-1,67-3,33 gr/ton Fe⁺³ iyonu miktarı denemeleri yapılmıştır. % 23 katı oranında, 900 dev./dak. pervane dönüş hızında, 10 dakikalık flotasyon süresinde, pH=5 değerinde 50 gr/ton çamyağı (köprürtücü) kullanılarak yapılan deneyler sonucunda, % 87,46 verimle, % 48,09 Cr₂O₃ tenörlü kromit konsantresi 1,33 gr/ton'luk Fe⁺³ iyonu miktarında üretilmiştir.

Son olarak, flotasyon süresinin tespiti için, 1-3-5-7-10 dakikalık köpük alma süresi denemeleri yapılmıştır. % 23 katı oranında, 900 dev./dak. pervane dönüş hızında, pH=5 değerinde, 50 gr/ton çamyağı (köprürtücü) ve 1,33 gr/ton Fe⁺³ iyonu (bastırıcı) kullanılarak yapılan deneyler sonucunda % 91,58 verimle, % 47,35 Cr₂O₃ tenörlü kromit konsantresi 10 dakikalık köpük alma süresinde üretilmiştir.

Yapılan çalışmalardan, Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin zenginleştirilebilmesi için uygun olan yöntemler aşağıda verilmiştir.

Sallantılı masa:

Tane boyutu : -0,300+0,212 mm

Besleme malı : % 47,55 Cr₂O₃ tenörlü

Konsantre : % 55,65 Cr₂O₃ tenörlü

Verim : % 85,30

Multi gravite seperatör:

Tane boyutu : -0,106+0,075 mm

Tambur dönüş hızı : 150 dev./dak.

Besleme malı : % 46,22 Cr₂O₃ tenörlü

Konsantre : % 57,52 Cr₂O₃ tenörlü

Verim : % 79,83

Humprey spirali:

Tane boyutu : -0,300+0,212 mm

Besleme malı : % 47,55 Cr₂O₃ tenörlü

Konsantre :% 54,58 Cr₂O₃ tenörlü

Verim : % 94,89

Yüksek alan şiddetli yaşı manyetik ayırıcı:

Tane boyutu : -0,075 +0,053 mm

Manyetik alan şiddeti :20 amper.

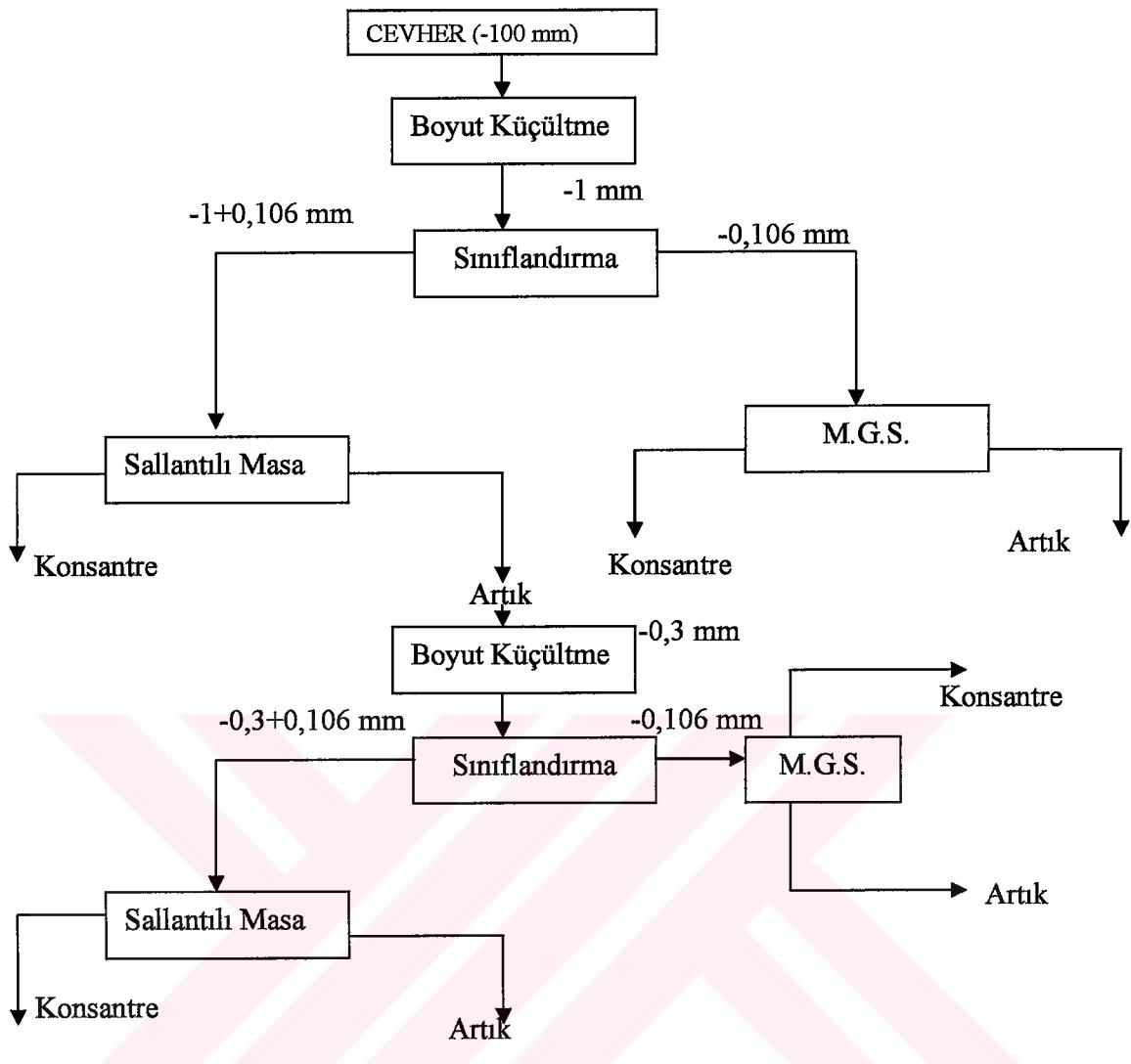
Besleme malı : % 40,87 Cr₂O₃ tenörlü

Konsantre :% 51,06 Cr₂O₃ tenörlü

Verim :% 86,67

9.2. Öneriler

Yapılan çalışmalarında, sallantılı masa, jig, humprey spirali, multi gravite seperatör, yüksek alan şiddetli yaşı manyetik ayırma ve flotasyon yöntemleri araştırılmış, kromitin zenginleştirilebilmesi için sallantılı masa, multi gravite seperatör, humprey spirali ve manyetik ayırma yöntemleri uygun görülmüştür. En uygun yöntem olarak ise multi gravite seperatör ile zenginleştirme yöntemi seçilmiştir. Buna bağlı olarak Şekil 9.1'deki sallantılı masa+M.G.S. kombinasyonu olası akım şeması olarak önerilmektedir.



Şekil 9.1. Topraktepe (Yeşildağ-Beyşehir-Konya) kromitlerinin olası akım şeması.

Multi gravite seperatör deneylerinde, tek boyutta sadece değişken parametre olarak 2 adet tambur dönüş hızı denemeleri yapılmıştır. Bunun yanı sıra; farklı boyutlarda, eğim, genlik, yıkama suyu miktarı, pülp yoğunluğu, frekans gibi parametrelerinin denenmesi ve ayrıca bir temizleme işleminin de yapılması ile daha iyi sonuçlar alınması mümkün olabilir.

Sallantılı masa ile yapılan deneylerde, farklı parametreler denenmesi ile daha iyi sonuçların elde edilebilmesi olasıdır. Bu çalışmada, laboratuar tipi sallantılı masa ve masaya beslenen ürünün sınıflandırılması da elekler ile yapılmıştır. İşletmede fraksiyonlara göre eşik yüksekliği, eğim, hız, genlik, yıkama ve besleme suyu miktarı gibi ayırmada etken olan faktörlerin daha iyi ayarlanıldığı göz önünde bulundurulursa verim ve tenörün daha yüksek olacağı kanaatine varılmıştır.

Sınıflandırmanın klasifikatörler ile yapılması halinde daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

Yüksek alan şiddetli yaşı manyetik ayırma ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen ürünlerin gravite yöntemlerinin biri veya flotasyon yöntemi ile kombinasyon oluşturarak daha yüksek verimli konsantreler üretilmesi mümkün olabilir.

Kromit zenginleştirmede flotasyon işlemlerinin başarısızlıklarının nedenleri yapılacak olan temel araştırmalarla ortaya konmalıdır. Böylelikle; M.G.S'ün yanı sıra zenginleştirme sırasında oluşan ince ve/veya şlam boyutlu kromitlerin zenginleştirilebilmesinin sağlanabilmesi şansı bulunabilecektir.

KAYNAKLAR

- Akdemir, Ü., 1996, "Kromit ve Serpantinin Sulfonat Flotasyonu ve Mg⁺⁺ İyonlarının Etkisi", C.Ü. Müh. Fak. Madencilik Bilim ve Teknoloji Dergisi, C. 1, S.2, Sivas, s. 31-39 .
- Anon. 2001, "Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Kromit Alt Komisyon Raporu" Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT, Ankara.
- Aslan, N. 1996, "Değişik Hammaddelerin Multi Gravite Seperatörü ile Zenginleştirme Parametrelerinin Araştırılması", Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, s.72-90
- Atak, S. 1974. "Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması" İTÜ. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Sayı:101. İTÜ. Matbaası, İstanbul.
- Atak, S. 1982. "Oleate Flotation of Chromites", 4. Balkan Ülkeleri Cevher Hazırlama Kongresi, İstanbul, p. 358-366.
- Atak, S. 1984, "Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması", İTÜ. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İTÜ. Matbaası, İstanbul, s.74-96.
- Aytekin, Y. 1988, "Maden Mühendisliğine Giriş", s.171-179.
- Billor, M.Z., and Gibb, F., 2002, "The Mineralogy and Chemistry of The Chromite Deposits of Southern (Kızıldağ, Hatay and İslahiye, Antep) and Tauric Ophiolite Belt (Pozantı-Karsantı, Adana), Turkey", 9th International Platinum Symposium, Billings, Montana, U.S.A.
- Coleman, R.G., 1977, "Ophiolites Ancients Oceanic lithosphere Springer Verlag", New York, U.S.A.

Çiçek, T. and Cöcen, I., 2002, "Applicability of Mozley multigravity separator (MGS) to fine chromite tailings of Turkish chromite concentrating plants.", Minerals Engineering Published by Elsevier Science Ltd., England.

Çilingir, Y., 1990, "Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri" Cilt-1, D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Yayınu, İzmir, s. 3.1-3.19.

Dahlin, D.C., Brown, L.L. and Kinney, J.J., 1983, "Podiform Chromite Occurrences in the Caribou Mountain and Lower Kanuti River Areas, Central Areas", IC 8916, U.S.A. Bureau of Mines, p. 1-13

Deniz, V., Özdağ, H., ve Yamık, A., 1993, "Burdur-Yeşilova Yöresi Kromitlerinin Zenginleştirilebilirliği", Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Madencilik Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt 1., Sayı 1.,

Deniz, V., 1992, "Burdur-Yeşilova Yöresi Kromitlerinin Zenginleştirilmesi" Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 94 s.

Doğan, M.Z. 1973, "Concentration Studies of Batı Kef Chrome Ore of Guleman District, Submitted as an Habilitation Thesis to The Faculty of Enginnering of O.D.T.Ü., Ankara, p. 5-13-20-26.

Doğan, M.Z., Önal, G., Gürkan, V., Yüce, E., and Kaldırım, M., 1988, "Rationalization of Karagedik Concentration Plant of ETİBANK Üçköprü Chrome Mine", II. International Mineral Processing Symposium, İzmir, p.505-513.

Foot, D.G., McKay, J.D. and Huiatt, J.L., 1985, "Column Flotation of Chromite and Floorite Ores" Canadian Metallurgical Quartely, Canada, Vol. 25, No. 1, p. 15-21.

Gence, N. ve Özdağ, H., 1986, "Elazığ - Kefdağı Kromitlerinin Zenginleştirilebilmesi", Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, Eskişehir, s. 121-133.

Gence, N., 1985, "Elazığ-Kefdağı Kromitlerinin Zenginleştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 69 s.

Güney, A. ve Önal, G., 1990, "Etibank Üçköprü Krom Artıklarının Kolon Flotasyonu İle Zenginleştirilebilmesi", III.Cevher Hazırlama Sempozyumu, İstanbul, s. 217-227

Güney, A., 1990, "Etibank Üçköprü Krom Zenginleştirme Tesisi Artıklarından Küçük Boyutlu Kromitin Zenginleştirilmesi" İ.T.Ü. Fen Bil. Ens., Doktora Tezi, İstanbul.

Karadeniz, M., 1996, "Cevher zenginleştirme Tesis Artıkları, Çevreye Etkileri, Önlemler", İstanbul Offset Basım Yayınevi, İstanbul, s. 39-90.

Koridor Müze., "İ.T.Ü. Maden Fakültesi Web Sayfası",
<http://www.mines.itu.edu.tr/muze/oksitler.htm>

Kurşun, H., 1993, "Karanlıkdere Düşük Tenörlü Kromit Cevherinin Optimum Zenginleştirme Koşullarının Araştırılması Çalışmaları", Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 55 s.

Kurt, Y., 1992, "Kromit Zenginlestirmesinde Manyetik Ayırma Yöntem Uygulaması" Bitirme Ödevi, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Eskişehir.

McDonald, W.R., Johnson, J.L., Greaves, J.N., and Wetzel, N., 1990, "Chromite Recovery from Northern California Ores Using a Phsical Concentration Process", RI 9300, U.S.A. Bureau of Mines, p.11-26.

Nadir, E., 1994, "Yüksek Titreşimli Oluklarda Kromit Cevherinin Zenginleştirilmesi", Bitirme Ödevi, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Eskişehir.

Önal, G., Gürkan, V., ve Acarkan, N., 1979, "Krom Zenginleştirme Artıklarının Yüksek Alan Şiddetli Manyetik Ayırma İle Değerlendirilmesi", T.B.T.K. Kongre, Ankara, 22 s.

Önal, G., 1980, "Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri", İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

Özkan, S.G. and İpekoğlu, B., 2001, "Concentration Studies on Chromite Tailings by Multi Gravity Separator" 17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey, Ankara, p. 765-768.

Öztürk, N., Türk, M., ve Gençoğlu, Y., 1987, "Etibank Bursa Harmancık Maden İşletmelerine Bağlı Kuzey-Batı Anadolu Kromları Harmancık İşletmesi Kromit Cevherlerinin Zenginleştirilme Etüdü", Etibank Bülteni, Ankara, Sayı 102-103, s. 3-11

Öztürk, N., Çakır, T., ve Gençoğlu, Y., 1987, "Etibank Elazığ Ferrokrom Tesisleri Curufundaki Kromit ve Ferrokromun Kazanılma Etüdü", Etibank Bülteni, Ankara, Sayı 102-103, s.18-27

Palmer, B.R., Fuerstenau, M.C. and Aplan, F.F., 1975. Mechanisms involved in the flotation of oxides and silicates with anionic collectors: Part 2. Trans. AIME 258, 261– 263.

Sagher, M., 1966, "Flotation Characteristics of Chromite and Sepentine", Trans. Am. Inst., Min. Engrs., U.S.A., p. 60-67

Salisbury, H.B., Wouden, M.L. and Shirts, M.B., 1982, "Benefication of Low-Grade California Chromite Ores", RI 8592, U.S.A. Bureau of Mines, p. 3-14

Samanlı, S., 1998, "Kromit Tesis Artıklarının Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 63 s.

Serter, N., 1998, "Pozantı-Karsantı (Aladağ) Yöresi Düşük Tenörlü Kromitlerinin Zenginleştirilme Problemleri", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 38 s.

Smith, G.E., Huatt, J.L. and Shirts, M.B., 1981 , "Amine flotation of chromite ores from the Stillwater complex, Mont., RI 8502, U.S.A, Bureau of Mines, p.5-11

Sobieraj, S. and Laskowski, J., 1973, "Flotation of Chromite", Trans. Inst. Min. Metall. p. 207-213.

Sundar-Murti, N.S., Shah, K., Gadgeel, V.L. and Seshadri, V., 1993, "Effect of Lime Addition on Rate of Reduction of Chromite by Graphite", Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. C: Mineral Process. Extr. Metal.), 92 p.

Taggart, A.F. 1951, "Elements of Ore Dressing John Wiley and Sons., Inc., New York, p. 44-48.

Temur, S., 1997, "Metalik Maden Yatakları" Konya.

Turgut,B.,1995,"Düşük Tenörlü Karaburhan Kromitlerinin Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 64 s.

U.S.G.S, 2002, "U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries" January, USA.

Varbil, M., 1999, "Musalı Köyü Gözene İçel Kromitlerinin Zenginleştirme Çalışmaları", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 38 s.

Weiss, N.L., 1985, "SME Mineral Processing Handbook", SME American Inst. Of Mining, Metallurgical and Petroleum Eng., Inc.USA.

Zedef, V., Öncel, M.S., Arslan, M., Döyen, A. ve Sögüt, A.R., 1994, "Alpin tip kromit yataklarına jeokimyasal açıdan farklı bir örnek: Yeşildağ Kromit yatağı", S.Ü.Müh.-Mim.Fak. Dergisi, Konya, s. 28-35.

Zedef, V., 1995 "Maden Yatakları Ders Notları", Selçuk Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Konya.



EKLER

EK-1**MTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ TARAFINDAN 137
YATAKTA YAPILAN ETÜDLER SONUCUNDA
YAPILAN REZERVLER**

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	REZERV SINIFI	%5-20	%20-60	TENÖR	RAPOR
ADANA	KARSANTİ	DORUCALI	350 000	(1+2)	% 23	1983		
ADANA	KARSANTİ	KAYASAK	46 000	(1+2)	% 35	1983		
ADANA	KARSANTİ	ÇANAKPINARI	300 000	(1+2)	% 30	1983		
ADANA	KARSANTİ	KIZIL YÜKSEK-YATAARDİÇ	*191 910 696	(1+2+3)	% 5,38	% 30	1987	
ADANA	KARSANTİ	KOVANKAYA	6 269 304	(2+3)	% 5,38		1987	
ADANA	ALADAĞ	GERDİBİ-SİVİŞLİ	868 276	(3)	% 3,78(-)		1990	
ADANA	ALADAĞ	DEREÇAK	61 500	(1+2+3)	% 35	1983		
ADANA	ALADAĞ	KIZIL YÜKSEK	272 000	(1+2+3)	% 20	1983		
ADANA	ALADAĞ	GERDİBİ-GERTEP	15 909 350		% 2,5(-)		1990	
BAYBURT		KOP KÖYÜ BÜLLENT OCAK	98 875	(2)	%38-42	1989		
BAYBURT		KOP KÖYÜ ENGIN OCAK	9 600	(2)	%35-38	1989		
BAYBURT	DİĞER LERİ	İREM-ŞANTIYE OCAKLAR	5 655	(2)	%38-42	1989		

*: 1 Görünür rezerv; 2 Muhtemel rezerv ve 3 Mümkün rezerv sıfırmayı göstermektedir.

Kızılıyüksek-Yataardıç-Kovankaya kromitit yatağınn ETİBANK'a ait ruhsatlı kesimde, MTA tarafından ortaya koyulan % 5,38 Cr₂O₃ tenörlü 92 milyon ton rezerv, ETİBANK tarafından kendi ruhsat sahibi içerişinde, 1989-1990 yıllarında sondajları aranan kesimde % 5,6 Cr₂O₃ tenörlü 144,1 milyon ton Görünür, + 22 milyon ton Muhtemel + 32 milyon ton Mümkün sınıfta olmak üzere toplam 198,1 milyon ton'a ulaşmıştır.

Bunun dışında jeolojik veriler, ETİBANK'a ait ruhsat sahası içerişinde aranmayan kesimlerle birlikte, komşu ruhsat sahaları içerisinde bulunan kromitit oluşukları gözönüne alındığında yatağın toplam çevher potansiyelinin 400 milyon tona çıkabileceğini göstermektedir.

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	TENÖR		RAPOR
				REZERV SINIFI	%5-20	
BURSA	ORHANELİ		1 000 000		%640-48	1974
BURSA	HARMANCIK	BAŞALAN OCAK	163 575	(1+2)	% 20	1986
BURSA	ORHANELİ	ÖMERALTİ KINALIBATAK	101 260 9 947	(3),(1+2)	%23,88	1990
BURSA	HARMANCIK	MİRAN HUDUT-KOCA OCAK	120 000, 350 000	(1),(3)	% 43	1985
BURSA	HARMANCIK	DELİÇE GÜNEY BELECE	100 000	(1+2+3)	%640-45	1989
BURSA	ORHANELİ	KARINCALI	40 000	(3)	% 5-30	1990
BURSA	HARMANCIK	MİRAN KIRAN OCAK	1 200,31 100	(2),(3)	%35-45	1985
BURSA	BÜYÜKORHAN	PİRBEYLER KIROCAK	130 000,133 000	(1),(2)	% 15	1990
BURSA	BÜYÜKORHAN	PİRBEYLER HEKİMYERİ	63 000	(1+2+3)	% 15	1992
BURSA	BÜYÜKORHAN	PİRBEYLER KABAŞLIK DAĞI	6 600	(1+2+3)	%10-32	1992
BURSA	BÜYÜKORHAN	PİRBEYLER BABADAĞ	6 000	(1+2+3)	%10-20	1992
BURSA	HARMANCIK	ARTIRANLAR	4 000	(3)	%645-48	1989
BURSA	HARMANCIK	BELECETEPE OCAĞI	32 000	(1+2)	% 32-38	1993
BURSA	HARMANCIK	BAŞMAKLITEPE OCAĞI	12 180	(1+2)	% 10-38	1993
BURSA	HARMANCIK	OYLUKDERE	2 200	(1)	% 10-30	1993
BURSA	HARMANCIK	ODUNLUK BELENİ	9 000	(1+2)	% 6 25	1990
BURSA	ORHANELİ	KARINCALI	7 000	(1+2+3)	%20-35	1990

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	TENÖR		RAPOR
				REZERV SINIFI	%5-20	
BURSA	BÜYÜKORHAN	BABA DAĞ	5 800	(1+2)	% 8-20	1993
BURSA	BÜYÜKORHAN	KABA KLİK TEPE	2 300	(1+2)	% 10-32	1993
BURSA	BÜYÜKORHAN	KIROCAK	277 000	(1+2+3)	% 10-18	1993
BURSA	BÜYÜKORHAN	GÖCÜKKAYA	5 000	(1+2)	% 18-34	1993
BURSA	BÜYÜKORHAN	HEKİMYERİ	1 750	(1+2)	% 15-25	1993
BURSA	BÜYÜKORHAN	BAĞLARDERESİ	6 345	(1+2+3)	% 34	1993
BURSA	TAVŞANLI	KİŞLA DEMİRİSİ	1 500	(1)	% 40	1984
BURSA	ORHANELİ	KÖMÜRÜÜK	53 000	(1)	% 15-40	1993
ÇANKIRI	ŞABANOZU	SANI DOMUZ ÇİFTLİĞİ	18 000	(1+2+3)	% 44	
ÇANKIRI	ŞABANOZU	ELDİVAN ALMAKUZBAŞI	16 000	(1+2+3)	% 40	
ÇANKIRI	ŞABANOZU	SANI	19 000	(1+2+3)	% 38	
ÇANKIRI	ŞABANOZU	ELDİVAN BOZTEPE	22 000	(1+2+3)	% 33	
DENİZLİ	ACIPAYAM	KARADORU	33 500	(1+2+3)	% 37-40	1988
DENİZLİ	TAVAS	KÖZLER EFEKLİ OCAK	5 594	(1)	% 42	1987
DENİZLİ	ACIPAYAM	KARAİSMAILLER ASLAN	103 500	(1+2)	% 25-34	1988
DENİZLİ	ACIPAYAM	KARANFİLİ	50 180	(1+2)	% 36,1	1988
DENİZLİ	KALE	SARIKAYA BALI	5 000	(1+2+3)	% 48	1981

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	REZERV SINIFI	%5-20	%20-60	TENÖR	RAPOR
DENİZLİ	BEYağaç	KARAİŞMAILER ELMAS OCAK	800 000	(1+2)	%30-38			
DENİZLİ	ACIPAYAM	ALAATTİN KIZILSU OCAK	3 600	(1+2)	% 35	1987		
DİYARBAKIR	ERGANİ	DEMO	8 000	(2)	%45	1989		
DİYARBAKIR	DİCLE	ASAĞISININGIRİK	2 000	(2+3)	%40-45	1987		
ELAZIĞ	PALU	KARAÇEŞME	110 000	(2+3)	%40-50	1989		
ELAZIĞ	PALU	BİREK TEPE	460 000	(3)	%20-25	1989		
ELAZIĞ	PALU	BAGİN	10 000	(2)	%30-35	1988		
ELAZIĞ	MADEN	BATI KEF	5 750 000	(1)	%33	1989		
ELAZIĞ	MADEN	BATI KEF	1 025 000	(1+2)			1989	
ELAZIĞ	MADEN	SABATE	6 000	(1+2)	%40-45			
ELAZIĞ	MADEN	DOĞU KEF	495 000	(1+2)	% 35	1987		
ELAZIĞ	MADEN	DOĞU KEF	9 800	(3)	%40-45	1989		
ELAZIĞ	MADEN	DOĞU KEF	4 900	(3)	% 25	1989		
ELAZIĞ	MADEN	SORİ-RUT	19 000	(2+3)	%42-48	1989		
ELAZIĞ	MADEN	SORİ UZUNDAMAR-2	280 000	(1+2+3)	%42-48	1989		
ELAZIĞ	MADEN	SORİ UZUNDAMAR-1	1 022 000	(1+2+3)	%42-48	1987		
ELAZIĞ	MADEN	SORİ AYDAMAR	100 000	(1+2+3)	%42-48	1989		

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	TENÖR		RAPOR
				REZERV SINIFI	%5-20	
ELAZIĞ	MADEN	SORİ ORTALASIR	12 500	(1+2)	%42-48	1986
ELAZIĞ	MADEN	SORİ YENİLASIR	1 010 000	(2+3)	%42-48	1989
ELAZIĞ	MADEN	SORİ T.BAŞI OCAK	100 000	(2+3)	%42-48	1989
ELAZIĞ	PALU	MARMEK	15 000	(2+3)	% 42-45	1989
ELAZIĞ	MADEN	DOLA TEPE - BİREK TEPE	6 800		% 20-40	1989
ELAZIĞ	MADEN	CORDİK	290 000	(2)	%10-15	1989
ELAZIĞ	MADEN	KAVGA TEPE	35 000	(2)	% 23	1989
ELAZIĞ	MADEN	SORİ TENKELLA	50 000	(1+2+3)	%42-48	1989
ELAZIĞ	MADEN	KAPIN	300 000	(3)	%43-47	1989
ELAZIĞ	MADEN	KAPIN	700 000	(1+2)	%43-47	1989
ELAZIĞ	DIĞERLERİ	VARTİNİK-PUTYAN-KÜNDİKAN	17 000	(2+3)	% 10-42	
ERZİNCAN	KOPDAĞ	KARAÇEŞME	690 000	(1+2)	%28-48	1981
ERZİNCAN	TERCAN	SİÇANKALE	40 000	(1+2)	%38-40	1989
ERZİNCAN	KEMAH	ÇALIKLAR	9 000	(3)	% 48	1988
ERZİNCAN	İLİÇ	DOĞAN-TAVUK	10 000	(2)	% 45-48	1989
ERZİNCAN	TERCAN	SİÇANKALE CAMU TEPE	54 000	(1+2)	% 36-46	1989
ERZİNCAN	TERCAN	SİÇANKALE B.EZAN	631 000	(1+2+3)	% 38-43	1989

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	TENÖR		RAPOR
				REZERV SINIFI	%65-20	
ERZİNCAN	TERCAN	ALTINTAŞ COŞAN OCAK	55 550	(1)	%40-48	1989
ERZİNCAN	TERCAN	ALTINTAŞ COŞAN OCAK	15 600	(2)	%40-48	1989
ERZİNCAN	TERCAN	DOĞU EZAN	2 772 000	(1+2+3)	%38-54	1989
ERZİNCAN	DİĞERLERİ	YÜCE BELEN YALNIZBAĞ	4 000	(2+3)	% 35-54	1989
ERZURUM	AŞKALE	PIRNA KAPAN	28 800	(1)	%10	
ERZURUM	DİĞERLERİ	SAPTRAN YILANLIŞEHİR D.	6 700	(1+2)	%5-48	
ESKİŞEHİR	ALPU	YÖRÜK KARACAÖREN	35 300	(2)	%15-45	1990
ESKİŞEHİR	DİĞERLERİ	TEKKE TEPE.-BAŞÖREN-TÜRKMEN	7 900	(1+2)	%30-45	1990
ESKİŞEHİR	ALPU	KURTULUŞ OCAK	70 000	(1)	%25-40	1994
ESKİŞEHİR	ALPU	TAŞTEPE	15 000	(1)	%44-56	1994
ESKİŞEHİR	ALPU	KISMET OCAK	38 500	(1)	%35-50	1994
ESKİŞEHİR	ALPU	EĞE OCAK	20 000	(1)	%20-35	1994
HATAY	İŞKENDERUN	ULUÇINAR AŞAĞI ZORKUM	28 490		%34	1990
HATAY	İŞKENDERUN	ULUÇINAR YÜKARI ZORKUM	6 500	(1+2)	%40-47	1990
HATAY	İŞKENDERUN	ULUÇINAR SARIGÖL	82 500	(2+3)	%37-44	1990
HATAY	İŞKENDERUN	CEROKAYA KILLİ DERE	5 500	(1+2)	%35-40	1990
KARS	SARIKAMIS	ORTAKALE	1 947	(1)	%48-50	1993

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	REZERV SINIFI	TENÖR		
					%5-20	%20-60	RAPOR
KAYSERİ	PINARBAŞI	ALTI PARMAK	10 300	(2)	%10-20		1990
KAYSERİ	TOMARZA	BÜYÜKKIZILDAĞ	34 000	(1+2+3)	%40-45		1990
KAYSERİ	TOMARZA	BÜYÜKKIZILDAĞ	5 000	(1+2)	%40-45		1990
KAYSERİ	PINARBAŞI	AVŞARKARABOĞAZ	20 000	(2)	%15-20		1990
KAYSERİ	PINARBAŞI	TARLAOCAK	294 000	(2)	%10-20		1990
KAYSERİ	PINARBAŞI	KILIÇMEHMET	138 000	(2)	%15-20		1990
KAYSERİ	PINARBAŞI	PASALI	89 000	(1+2)	%38-42		1990
KAYSERİ	PINARBAŞI	DEDEMAN 9 NOLU OCAK	490 000	(2)	%20-30		1990
KAYSERİ	PINARBAŞI	ÇERKEZ OCAK	45 000		%10-20		1990
KAYSERİ	PINARBAŞI	AŞAĞIBEY ÇAYIRI	67 000	(2)	%15-20		1990
KAYSERİ	PINARNAŞI	DEMİRCİLİ	305 000	(1+2+3)	% 49		1990
KAYSERİ	TOMARZA	AVŞARSÖĞÜTLÜ	250 000	(2)	%15-20		1990
KAYSERİ	DİĞERLERİ	DALLARDAM-DOĞU KAMAN	22 500		%10-20		1990
KÜTAHYA	TAVŞANLI	KARAKAYA-KARLİYER	33 900, 62 800	(1),(3)	%48-54		1984
KÜTAHYA	TAVŞANLI	ALABARDA	16 000	(1)	%40		1990
KÜTAHYA	TAVŞANLI	KARGILI AŞAĞIKABAŞLIK TEPE	50 000	(3)	%48		1984
KÜTAHYA	TAVŞANLI	MADANLAR DÜBECİK	375 000		%35-40		1984

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI			TENÖR		
			REZERV TON	REZERV SINIFI	%5-20	%20-50	RAPOR
MALATYA	DARENDE	KULUNCAK KÖYÜ	20 000	(1+2)	% 40	1989	
MALATYA	DARENDE	GÜLYILMAZ-ÇAKIR CO.	162 000	(1+2)	%38-42	1989	
MUĞLA	DALAMAN	BAĞDIBİ	5 154	(1+2)	% 40	1984	
MUĞLA	DALAMAN	KURUDERE	5 460	(1+2)	%39-42	1989	
MUĞLA	DALAMAN	KARAKAYA	8 465	(1+2)	% 38	1987	
MUĞLA	FETHİYE	ÜZÜMLÜ-SAZLI	100 000	(1+2+3)	% 36	1981	
MUĞLA	KÖYCEĞİZ	KAZANDERE	236 421	(1+2+3)	%37,58	1987	
MUĞLA	ULA	AKÇAALAN	15 000	(1+2+3)	% 45	1986	
MUĞLA	ULA	KARABÖRTLEN-BİTİCEALAN	102 000	(1+2+3)	%44-48	1981	
MUĞLA	DALAMAN	GÜRLEYİK-KESMELİR	5 200	(1+2+3)	% 40	1988	
MUĞLA	DIĞERLERİ	DENİZGÖREBCEK-ZORLAR	7 157	(1+2+3)	%39-48	1981-82	
SİVAS	KANGAL	BASÇAYIR ÇAMÖZÜ	5 000	(3)	%35-40	1988-89	
SİVAS	KANGAL	BAŞÇAYIR ÇAMÖZÜ	10 000	(3)	%20-48	1988-89	
SİVAS	ZARA	BEYPİNARI	5 000	(3)	%40-48	1988-89	
SİVAS	KANGAL	ESKİKÖY-KARANLIK DERE	2 322 000	(1+2+3)	%5-15	1988-89	
SİVAS	KANGAL	EYMİR-ORTADAĞ TEPE	13 500	(1+2+3)	%20-25	1989	

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	REZERV SINIFI	%5-20	%20-50	TENÖR	RAPOR
SİVAS	DİVRİĞİ	GELİN-BERCİPINARI	30 000	(3)	%35-48	1988-89		
SİVAS	KANGAL	ESKİKÖY AHİR DERESİ	7 000	(1+2+3)	%5-15	1988-89		
SİVAS	KANGAL	BASÇAYIR	16 400	(1+2+3)	%15-48	1988-89		
SİVAS	DİVRİĞİ	DAZLAK KÖYÜ ASMALI DAĞI	7 000	(2)	%35-40	1988		
SİVAS	KANGAL	ESKİMAHAL-KARADERE	55 000	(1+2+3)	%43-44	1989		
SİVAS	DİĞERLERİ	ARHUSU-JTKIRAN K.-ÇAVDAR	19 400		%20-48	1988-89		
TOKAT	ARTOVA	TUZTAŞI TEPE OCAĞI	265 000	(3)	% 20	1989		

EK-2**KAMU VE BİR KISIM ÖZEL KURULUŞLARIN KENDİ
İMKANLARIYLA BELİRLEMİŞ OLDUKLARI
REZERVLER**

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	TENÖR		
				REZERV STANFI	%5-20	%20-60
BURSA	HARMANCık	YANIKKİSLA	9 200	(1+2)	%15-48	ETİBANK
BURSA	HARMANCık	ÖMERAĞA	24 000	(1+2)	%15-48	ETİBANK
BURSA	HARMANCık	TAŞALTEPE	33 000	(1+2+3)	%20-48	ETİBANK
BURSA	HARMANCık	HUDUT OCAĞI	40 000	(1+2+3)	%44-48	ETİBANK
BURSA	HARMANCık	DÜBECK	80 650	(1+2+3)	%33-42	ETİBANK
BURSA	HARMANCık	MİRAN	25 000, 32 000, 90 000	(1),(2),(3)	%30-48	HAYRİ ÖĞELMAN MADENCİLİK
BURSA	HARMANCık	UZUNOCAK	48 000,12 500	(1),(2)	%44-48	;;
BURSA	HARMANCık	İŞIKLAROCAK	17 000,50 000	(1),(2)	% 20-25	;;
BURSA	HARMANCık	DEĞİRMENOCAK	23 000,21 000		%26-35	;;
BURSA	HARMANCık	KISMETOCAK	11 000,30 000	(1),(2)	%25-35	;;
BURSA	HARMANCık	DUTLU OCAK	5000,18 000	(1),(2)	%25-35	;;
BURSA	HARMANCık	AKÇASAZ	30 000,15 000	(1),(2)	%20-25	;;
BURSA	HARMANCık	ÇORELER	100 000,750 000	(1),(2)	%22	;;
BURSA	HARMANCık	YAKUPLAR KALEMPINARI	25 000,60 000	(1),(2)	%33-40	;;
BURSA	HARMANCık	ASLANKIRI	35 000,40 000,505 000		%20-25	ÖĞEL MADENCİLİK
BURSA	ORHANELİ	KARINCALI	50 000,10 000	(1),(2)	%20	;;

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	REZERV SINIFI	%5-20	%20-60	TENÖR
BURSA	HARMANCık	ARTIRANLAR	50 000,500 000	(1),(2)	%40-45	"	RAPOR
BURSA	HARMANCık	GÖYNÜKBELEN	20 000,20 000,60 000	(1),(2),(3)	%20-22	"	
BURSA	HARMANCık	BURHANDAĞI	15 000,30 000	(1),(2)	%20	"	
BURSA	HARMANCık	KOZLUCA	15 000,15 000,30 000	(1),(2),(3)	%40-48	"	ÖĞEL MADENCİLİK
ESKİSEHIR	SIVRIHİSAR	KARABURHAN	1 800 000	(1)		% 22-26	BĞE METAL 1994
ESKİSEHIR	SIVRIHİSAR	OKÇU	40 000	(1+2)		%16-18	"
ESKİSEHIR	ALPU	SULUVƏ UZAK OCAK	50 000	(1+2+3)		%18-20	"
ESKİSEHIR	MİHALİÇÇİK	KAVAK KROMLARI	500 000,230 000, 250 000	(1),(2),(3)	%30-45	"	
MUĞLA	KÖYCEĞİZ	AKÇAALAN	25 000	((1+2+3))	% 44-46	KOÇMAN-FİLİZ MADENCİLİK	
DENİZLİ	ACIPAYAM	KARAİSMALLER	200 000	(1+2)	%30-42	"	
MUĞLA	KÖYCEĞİZ	KANDAK	100 000	(1+2)	%44-46	"	
MUĞLA	FETHİYE	KIRTEPE	15 000,30 000	(1),(2)	%40-46	UCAR MADENCİLİK	
MUĞLA	FETHİYE	SANKAYA	140 000,150 000	(1),(2)	%26-38	"	
MUĞLA	FETHİYE	KARAİN	16 000,16 000	(1),(2)	%40-48	"	
MUĞLA	FETHİYE	MERYEMDÜZÜ	3 500,3 500	(1),(2)	%38-40	"	
MUĞLA	FETHİYE	KARACAM	10 000	(3)	%32-34	"	

İL	İLÇESİ	MEVKİ ve OCAK ADI	REZERV (Ton)	REZERV SINIFI	TENÖR
MUĞLA	FETHİYE	CENGİR	10 000	(3)	%5-20 %20-60 RAPOR
MUĞLA	AYŞÖLEN		8 000,15 000	(1),(2)	%40-42 %40-46 YAŞAR ARI
MUĞLA	KARGICAK		4 000,10 000	(1),(2)	%38-40 %38-42
MUĞLA	OYUK		4 000,12 000	(1),(2)	%42-44 %42-44
MUĞLA	YURTLUK		6 000,10 000	(1),(2)	%38-42 %38-42
MUĞLA	ÜMMEKİ		1 000,5 000	(1),(2)	%34-36 %34-36
MUĞLA	KÖYCEĞİZ	KAZANDERE	15 000,30 000	(1),(2)	%36-38 %36-38

*: 1 Görünür rezerv, 2 Multimedî rezerv ve 3 Mümkün rezerv sınıflarını göstermektedir.

EK-3**KROMİT MİNERALİNİN TAYİNİ İÇİN YAPILAN
KİMYASAL ANALİZ AKIM ŞEMASI**

