

BURDUR - YEŞİLOVA KROMİTLERİNİN
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Vedat DENİZ

Yüksek Lisans Tezi
Maden Mühendisliđi Anabilim Dalı
Cevher Hazırlama Bilim Dalı
1992

Danışman : Doç. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane

Vedat DENİZ'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Burdur - Yeşilova Yöresi Kromitlerinin Zenginleştirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Prof. Dr. Rifat BOZKURT

Üye : Doç. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Muammer KAYA

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun.....gün
ve ...322-1..... sayılı kararıyla onaylanmıştır

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü A.

BURDUR - YEŐILOVA YÖRESİ KROMİTLERİNİN
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Vedat DENİZ

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliđi Uyarınca
Maden Hühendisliđi Anabilim Dalı
Cevher Hazırlama Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Doç.Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

Eylül - 1992

İCİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Krom'un Tanıtımı ve özellikleri	3
2.2. Kromit	4
2.2.1. Kromit'in özellikleri	4
2.2.2. Kromit cevher mineralleri	5
2.2.3. Kromit yantaşları	5
2.2.4. Kromit cevherleşmeleri	6
2.2.5. Kromitlerin kullanım alanları ve iste- nilen özellikleri	7
2.2.5.1. Metalurjik kromit konsantre- lerinde aranan özellikler ...	8
2.2.5.2. Refrakter kromit konsantrele- rinde aranan özellikler	9
2.2.5.3. Kimyasal kromit konsantrele- rinde aranan özellikler	10

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	Sayfa
2.3. Türkiye'de Krom	11
2.3.1. Türkiye kromlarının tarihçesi	11
2.3.2. Türkiye krom yataklarının jeolojisi ..	12
2.3.3. Türkiye krom yataklarının aranması ve madenciliği	13
2.3.4. Türkiye krom rezervleri	14
2.3.5. Türkiye kromit üretimi ve diğer ülke- ler ile karşılaştırma	16
3. KROMİTLERİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ	20
3.1. El ile Ayıklama (Tavuklama) ile Zenginleştir- me	21
3.2. Özgül Ağırlık Farkına Göre (Gravite) Zengin- leştirme	22
3.3. Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme	25
3.4. Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme	28
3.5. Flotasyon Yolu ile Zenginleştirme	29
4. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİNE ESAS OLAN BURDUR - YEŞİLOVA KROMİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ	34
4.1. Jeolojisi Ve Yeri	34
4.2. Numunelerin Alınışı Ve Hazırlamada İzlenen Yol	35
4.3. Minerolojik Ve Petrografik Özellikler	37

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
4.3.1. Makroskopik özellikler	37
4.3.2. Mikroskopik özellikler	37
4.4. Kimyasal Analizler	41
4.5. Tane Serbestleşmesi	41
5. BURDUR - YEŞİLOVA KROMİTLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI	44
5.1. Boyut Küçültme Ve Boyuta Göre Sınıflandırma İle Zenginleştirme	44
5.1.1. Kırma deneyleri	44
5.1.2. Öğütme ve eleme deneyleri	47
5.1.3. Boyut küçültme ve boyuta göre sınıf- landırma deneylerinden elde edilen so- nuçlar	53
5.2. Sallantılı Masa Testleri	54
5.3. Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme Testleri..	64
5.4. Flotasyon İle Zenginleştirme Deneyleri	70
5.4.1. Flotasyon ile zenginleştirmede kulla- nılan reaktifler	70
5.4.2. En uygun kollektör cinsinin tespiti ..	75
5.4.3. En uygun pH'ın saptanması	76
5.4.4. En uygun kollektör miktarının tespiti.	78

İCİNDEKİLER (Devamı)

	Sayfa
5.4.5. pH için kondüsyonlama süresinin tespiti	80
5.4.6. Pülp'teki katı oranının tespiti	82
5.4.7. En uygun kaba flotasyon süresinin tespiti	84
5.4.8. Optimum koşullarda yapılan flotasyon deneyleri	86
5.5. Sallantılı Masa Ara Ürününün Flotasyon ile Temizlenmesi	88
5.6. Multi - Gravite Ayırıcısı ile Zenginleştirme Deneyleri	89
5.6.1. M.G.S. ile yapılan testler	91
5.6.1.1. Eğim denemeleri	91
5.6.1.2. Tambur dönme hızı denemeleri	92
5.7. Burdur - Yeşilova Kromitlerine uygulanan Zenginleştirme Akım Şeması	94
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	95
KAYNAKLAR DİZİNİ	99

ÖZET

Bu çalışmada, Burdur - Yeşilova bölgesindeki özel sektöre ait olan düşük tenörlü kromit cevherlerinin değerlendirilmesi olanakları araştırılmıştır.

Numune üzerinde yapılan mineralojik incelemeler sonucunda, kromit, olivinlerin alterasyonu sonucunda oluşan serpantin ve serpantin grubu minerallerden olan krizotil asbest ve talk mineralleri gözlenmiştir. Yine mineralojik incelemeler sonucunda cevherin 0.425 mm. altında % 89 serbestleştiği belirlenmiştir. Kimyasal analiz sonucunda ise numunenin % 30.81 Cr₂O₃ tenörüne sahip olduğu anlaşılmıştır.

Kırma ve öğütme işlemleri sonrası cevher farklı boyutlarda sınıflandırılmış, iri boyutlardakiler (- 0.425 + 0.300 mm., - 0.300 + 0.180 mm., - 0.180 + 0.106 mm., 0.106 + 0.075 mm.) sallantılı masa ve manyetik ayırma yöntemleri, ince boyuttaki (- 0.075 mm.) ise flotasyon ve Multi - Gravite ayırması (M.G.S.) ile zenginleştirmeye tabi tutulmuştur.

Deney sonuçlarından, manyetik ayırma yönteminin başarılı olmadığı, Multi - Gravite ayırıcısının ise daha detaylı çalışmalara ihtiyaç gösterdiği, Sallantılı masa ve flotasyon yönteminin kombinasyonu sonucunda ise % 48.25 Cr₂O₃ tenörlü bir konsantrenin % 90.66 randımanla elde edilebileceği ortaya çıkmıştır.

SUMMARY

In this study, evaluation of low grade chromite ore belongs to private sector at Yeşilova - Burdur region is investigated.

Mineroligical analyses showed that ore contains chromite, serpentine which formed a result of alteration of olivines, chryotile and talc which are serpentine group minerals. At the same time, it was determined that liberation size of the ore at 89% liberation degree is minus 0.425 mm. Chemical analysis of ore samples showed that the ore contains 30.81% Cr₂O₃.

After neccessary comminution operations, the ore clasified into different size fractions, the coarse size fractions (- 0.425 + 0.300 mm, - 0.300 + 0.180 mm, - 0.180 + 0.106 mm, - 0.106 + 0.075 mm) were subjected separately to enrichment using shaking table and magnetic separator, while the finer size fraction (- 0.075 mm) has been concantrated by froth flotation and Multi-Gravity separator (M.G.S).

The esperimental studies showed that the magnetic separation was not as successfull as expected, M.G.S. produced results required more detailed test. The combination of shaking table and froth flotation achieved a concantrate containing 48.25% Cr₂O₃ with the recovery of 90.66% Cr₂O₃.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarımın yönetimini kabul ederek, bu tezi hazırlamama olanak sağlayan ve çalışmalarımın her aşamasında yakın destek ve yardımlarını gördüğüm Sayın Hocam Doç.Dr. Hüseyin ÖZDAĞ'a, minerolojik incelemelerde yardımcı olan sayın Hocalarım Doç. Dr. Mustafa KUŞÇU, Yrd.Doç.Dr. Yaşar KIBICI'ye, ayrıca kimyasal analizlerde yardımcı olan Öğr.Gör. Namık GÜNEŞ'e ve deneylerde yardımını gördüğüm sayın Yrd.Doç.Dr. Yaşar ÜÇBAŞ'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayrıca hem deneylerin yapılması sırasındaki yardımlarından dolayı hemde tez müddetince hiç bir fedakarlıktan kaçınmayan değerli eşim Sevda DENİZ'e sonsuz şükranlarımı ifade etmeyi bir borç bilirim.

Vedat DENİZ

SEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Türkiye krom bölgelerinin dağılımı	15
2.2. 1950 -1982 yılları arası toplam, özel sektör, kamu sektörü kromit üretimleri	17
4.1. Numune almada izlenen yol	36
4.2. Katalistik kromit (Cr) tanelerinin çatlaklarını gang (gn) doldurmuştur	38
4.3. Kataklazmaya uğramış kromit (Cr) kırık ve kenarları boyunca manyetite(mg) dönüşmüş	38
4.4. İleri derecede kataklazmaya uğramış kromit kristalleri (Cr) araları serpantin dolgulu ...	39
4.5. Kromit çatlakları boyunca yer alan ikincil krizotil (kr) damarcığı	39
4.6. Serpantinler (sp) içindeki olivin (ol) tane- ciği	40
4.7. Kromit (cr) ve olivinlerin serpantinitleşmesi.	40
5.1. Kırılmış cevherin Cr ₂ O ₃ tenör ve dağılımı	45
5.2. Kırılmış cevherin Fe ₂ O ₃ tenör ve dağılımı	46

SEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.3. Kademeli öğütme deneylerinden elde edilen öğütme süresine bağlı olarak elek altı eğrileri	48
5.4. Kademesiz öğütme deneylerinden elde edilen öğütme süresine bağlı olarak elek altı eğrileri	49
5.5. Kademeli öğütme deneylerinin normal dağılım eğrileri	51
5.6. Kademesiz öğütme deneylerinin normal dağılım eğrileri	52
5.7. Kademeli ve kademesiz öğütme deneyleri sonucu 0.075 mm.'nin altına geçen % miktarın karşılaştırılması	50
5.8. - 0.425 + 0.300 mm. tane boyutunun frekans denemeleri eğrisi	58
5.9. - 0.300 + 0.180 mm. tane boyutunun frekans denemeleri eğrisi	59
5.10. - 0.180 + 0.106 mm. tane boyutunun frekans denemeleri eğrisi	60
5.11. - 0.106 + 0.075 mm. tane boyutunun frekans denemeleri eğrisi	61

SEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.12. Manyetik ayırıcının alan şiddeti - akım ilişkisi	64
5.13. - 0.425 + 0.300 mm. tane boyutunda yapılan amper denemeleri	66
5.14. - 0.300 + 0.180 mm. tane boyutunda yapılan amper denemeleri	67
5.15. - 0.180 + 0.106 mm. tane boyutunda yapılan amper denemeleri	68
5.16. - 0.106 + 0.075 mm. tane boyutunda yapılan amper denemeleri	69
5.17. pH değerine bağlı olarak konsantrenin Cr ₂ O ₃ tenör ve verim eğrisi	77
5.18. Kollektör miktarına bağlı olarak konsantrenin Cr ₂ O ₃ tenör ve verim eğrisi	79
5.19. Kondüsyonlama süresine bağlı olarak konsantrenin Cr ₂ O ₃ tenör ve verim eğrisi	81
5.20. Katı oranına bağlı olarak konsantrenin Cr ₂ O ₃ tenör ve verim eğrisi	83
5.21. Flotasyon süresine bağlı olarak konsantrenin Cr ₂ O ₃ tenör ve verim eğrisi	85
5.22. Multi - Gravite ayırıcı	90
5.23. Burdur - Yeşilova kromitlerine uygulanan zenginleştirme akım şeması	95

CİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kromit minerallerine ait özellikler	5
2.2. Dünyada kromun kullanıldığı sektörler	7
2.3. Türkiye'de bölgelere göre krom rezerv ve tenör durumu	16
2.4. Dünya kromit üretimi	18
2.5. Türkiye krom üretimi	18
2.6. Türkiye krom talebi	18
2.7. Türkiye krom ithalatı	19
2.8. Türkiye krom ihracatı	19
4.1. Numunenin komple kimyasal analizi	41
4.2. Elek boyutlarına göre serbestleşme dereceleri	42
4.3. Kromitin faz boyutu	43
5.1. Merdaneli kırıcıda 2.5 mm.'nin altına kırılan temsili numunenin boyut gruplarındaki Cr ₂ O ₃ tenör ve dağılımı	45

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.2. Merdaneli kırıcıda 2.5 mm.'nin altına kırılan temsili numunenin boyut gruplarındaki Fe ₂ O ₃ tenör ve dağılımı	46
5.3. Değişik öğütme süreleriyle kademeli öğütülen temsili numunenin öğütme süresine bağlı olarak kümülatif % elek altı değerlerinin karşılaştırılması	48
5.4. Değişik öğütme süreleriyle kademesiz öğütülen temsili numunenin öğütme süresine bağlı olarak kümülatif % elek altı değerlerinin karşılaştırılması	49
5.5. Değişik öğütme süreleriyle kademeli öğütülen temsili numunenin öğütme süresine bağlı olarak normal dağılım oranlarının karşılaştırılması..	51
5.6. Değişik öğütme süreleriyle kademesiz öğütülen temsili numunenin öğütme süresine bağlı olarak normal dağılım oranlarının karşılaştırılması..	52
5.7. Zenginleştirmeye tabi tutulacak malzemenin boyut grupları ve Cr ₂ O ₃ ve Fe ₂ O ₃ dağılımları ...	53
5.8. - 0.425 + 0.300 mm. tane boyutunun frekans denemeleri	58
5.9. - 0.300 + 0.180 mm. tane boyutunun frekans denemeleri	59

CİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.10. - 0.180 + 0.106 mm. tane boyutunun frekans denemeleri	60
5.11. - 0.106 + 0.075 mm. tane boyutunun frekans denemeleri	61
5.12. Sallantılı masa deneylerinde en uygun koşullarda elde edilen toplu sonuçlar	63
5.13. - 0.425 + 0.300 mm. tane boyut aralığında yapılan manyetik alan şiddeti deneyleri	66
5.14. - 0.300 + 0.180 mm. tane boyut aralığında yapılan manyetik alan şiddeti deneyleri	67
5.15. - 0.180 + 0.106 mm. tane boyut aralığında yapılan manyetik alan şiddeti deneyleri	68
5.16. - 0.106 + 0.075 mm. tane boyut aralığında yapılan manyetik alan şiddeti deneyleri	69
5.17. 0.075 mm.'nin altındaki malzemenin boyut ve boyutlara göre Cr ₂ O ₃ değerleri	71
5.18. En uygun kollektör cinsinin tespiti için yapılan deney sonuçları	75
5.19. En uygun pH değerinin tespiti için yapılan deney sonuçları	77

CİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

<u>Cizelge</u>	<u>sayfa</u>
5.20. En uygun kollektör miktarı için yapılan deney sonuçları	79
5.21. En uygun kondüsyonlama süresinin tespiti için yapılan deney sonuçları	81
5.22. En uygun katı oranının belirlenmesi için yapılan deney sonuçları	83
5.23. En uygun kaba flotasyon süresinin tespiti için yapılan deneylerin toplu sonuçları	85
5.24. Optimum koşullarda yapılan temizleme flotasyon deney sonuçları	86
5.25. Optimum koşullarda yapılan deneyin nihai sonuçları	87
5.26. Sallantılı masa ara ürününün flotasyonla temizlenmesi ile elde edilen sonuçlar	88
5.27. Eğim deneme sonuçları	92
5.28. Tambur hızı deneme sonuçları	93

1. GİRİŞ

Modern dünyanın en önemli metalllerinden biri olan krom özellikle paslanmaz çeliklerin üretiminde vazgeçilmez bir hammaddedir. Endüstride demir, alüminyum ve bakırdan sonra en çok kullanılan metallerden birisidir.

Krom'un demirle yaptığı alaşımlar, paslanmaz çelik üretiminde, ısı ve korozyona dayanıklı çelik üretiminde kromun % 60'ı kullanılmaktadır. Bundan başka yüksek sertlik ve ısıya dayanıklılığından dolayı yaklaşık % 20 - % 25'i refrakter malzeme üretiminde (manyetikrom) ve döküm kumu olarak kullanılır. Yaklaşık % 15 - % 20'sinde kimya sanayinde (oksitli tuzları boya sanayinde, bileşikleri deri sanayinde) kullanılmaktadır.

Satılabilir krom cevherlerinde tenörün % 44 - 48 Cr_2O_3 'den büyük olması istenir. Kromit içeriği bu sınırın altında olduğu zaman zenginleştirmeye tabi tutulmak zorundadırlar. Kromit çeşitli yöntemlerle konsantre edildiği halde, en ekonomik yöntemin seçimi önemlidir.

Uygulamalara bakılırsa, kromitin zenginleştirilmesinde, gravite yöntemleri, manyetik ayırma, elektrostatik ayırma, flotasyon yöntemleri göze çarpar. Bu yöntemlerin seçiminde, cevherin mineralojik ve kimyasal özellikleri önemli ölçüde etkindir. Satılabilir cevherin iri tane fraksiyonlarda, satışa daha uygun olması, bu yöntemlerin kombinasyonunu gerektirir.

Türkiye'de genelde gravite yöntemlerinin kullanıldığı 19 adet krom zenginleştirme tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerde ağır-ortam (stripa), jig, humprey spiralleri, sallantılı masa ve manyetik ayırıcılar zenginleştirme cihazı olarak yer almaktadır.

Bu alıřmada Yeřilova(Burdur) dolayındaki ultramafik kayalara baęlı dūřuk tenör kromit cevherleri özel sektöre ait olduęundan dolayı masif kromitleri parça cevher olarak satıřa sunmakta, dūřuk tenörlü cevherleri ise stoklamaktadır. Bu stokların ve dūřuk tenörlü ocakların deęerlendirilmesi için teknolojik bir çalıřma yapılması hedeflenmiřtir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Krom'un Tanıtımı ve Tarihçesi

Yerkabuğunda 200 ppm oranında bulunan krom elementine ait özellikler aşağıda verilmiştir.

Sembol	: Cr
Atom Numarası	: 24
Atom Ağırlığı	: 51.996
Atom Çapı	: 1.18 Å
Elastise Modülü	: 19000 kg/mm ²
Ergime Noktası	: 1857 ± 20 °C
Kaynama Noktası	: 2672 °C
Özgül Ağırlığı	: 7.18 – 7.20 (20 °C de)
Özgül Isısı	: 0.108 cal/gr grd.

Krom elementi ilk defa 4 Kasım 1797 tarihinde Fransız kimyager Louis Vaugelin tarafından teşhis edilmiştir. Vaugelin, 1766 yılında literatüre kırmızı kurşun adı ile geçen Crocoit (PbCrO₄) mineralindeki kurşun elementinin, bilinmeyen bir başka metalin oksidi ile beraber bulunduğunu keşfetmiş, bu elementin bileşiklerinin kırmızı, sarı, yeşil gibi çeşitli parlak renkler vermesi karşısında elemente Yunanca'da renk anlamına gelen "Chroma" ismini vermiştir.

Krom'un tek kaynağı o zamanlar zor bulunan ve pahalı bir mineral olan krokoit iken, 1798 yılında Rusya'da Ural'larda zengin krom yatakları bulunmuş ve 1827 yılına kadar Dünya krom cevheri üretimi Ural dağlarında yapılmıştır. 1827 yılında Isaac Tyson tarafından Amerika, Dünya'nın küçük miktardaki krom cevheri talebini karşılayan tek ülke durumuna gelmiştir.

1861 yılında Pakistan ve Hindistan'da 1942 yılında da İran'da krom cevheri bulunmuştur. Krom cevheri üretimi, Gü-

ney Afrika'da 1921 yılında, Zimbabwe'de 1906 yıllarında, Filipinler ve Arnavutluk'ta ise 1935 ve 1941 yıllarında başlamıştır (ETIBANK Bülteni,1985).

2.2. Kromit

Kromit, genel formülü $(R<OR>_2O_3)$ olan 2 ve 3 değerli elementlerden teşekkül eden spinel grubundan bir mineraldir. Teorik formülü $(FeO \cdot Cr_2O_3)$ 'e göre Cr_2O_3 miktarının % 67.8 , FeO miktarının ise % 32.2 olması gerekmektedir. Ancak kromit tabiatta hiç bir zaman bu formüle göre bulunmaz. Gerçekte tabiatdaki kromit'de, 2 değerli element olarak demir'in yanında magnezyum, 3 değerli elementlerden ise krom ile birlikte alüminyum ve 3 değerli demir bulunurlar. Bu nedenle genel formülü $(Fe,Mg)O \cdot (Cr,Al,Fe)_2O_3$ şeklinde ifade etmek doğru olur (ETIBANK Bülteni,1985).

2.2.1. Kromit'in özellikleri

Parlak metal göktaşlarının başlıca bileşiği olan kromit, yerkabuğunun % 0.03'ünü oluşturmaktadır. Granüle kompakt kütle halinde ve nadiren oktahedral kristal halinde bulunmaktadır. Toz halinde Na_2CO_3 ile eritilirse manyetik bir madde bırakır.

Alevle, zümrüt yeşili renginde, boraks ve fosfor tuzu incisi verir. Rengi siyah'a yakın ton dadır. Görünümü yarı metalik cilalı şeklindedir.

Çizgi Rengi	: Kahverengi
Sertliği	: 5.5 (mohrs'a göre)
Özgül Ağırlığı	: 4.6
Erime Noktası	: 1930 °C
Kaynama Noktası	: 2490 °C
Elastise Modülü	: 900 kg/mm ²

Isı Kapasitesi : 0.12 Cal/°C
 Isı İletkenliği : 0.165 Cal cm/sn derece
 Elektrik Direnci : 13.1 Mikro ohm
 Kırılma Şekli : Düzensiz
 Kafes Sabiti : 2.87 A° dur (S.K.B. Kimya
 Sektör Araştırması).

2.2.2. Kromit cevher mineralleri

Krom elementi ihtiva eden ancak ekonomik değer taşıyan tek krom minerali "Kromit" dir. Aşağıda kromit ve diğer minerallere ait özellikler verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kromit minerallerine ait özellikler

	% Cr ₂ O ₃	Kristal Sistemi	Renk	Çizgi Rengi	Sertlik	Yoğunluk
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	Monokli.	Sarı kırmızı	Turuncu	2.5 - 3	5.9 — 6.1
Daubreelite	53.1					
Dietzeite	15.3	Monoklinik	Altın sarısı		3 - 4	3.7
Phoeni cochroite	17.5	Ortorombik	Sarı kırmızı	Tuğla kırmızısı	3	5.7
Bellite	17.3	Hexagonal	Sarı turuncu		2.5	5.5
Kemererit						

2.2.3. Kromit yantaşları

	Kim. Formülü	Sertlik	Yoğunluk
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		
Piroksen(Diopsit)	CaO·MgO·2SiO ₂		
(Enstatit)	MgO·SiO ₂		
(Bronzit)	(Mg, Fe)O·SiO ₂		

2.2.4. Kromit cevherleşmeleri

Kromit yatakları, peridodit genel ismiyle anılan ultra bazik magmatik kayaları içinde stratiform(tabakalı) veya pediform(merceksi) kütle halinde bulunur.

Statiform tipi yataklarda cevherleşme kompakt cevher veya emprenye olarak ortaya çıkar. Geniş alana yayılmış kesintisiz düzgün tabakalar halinde bulunur ve büyük rezervler teşkil ederler. Bu tip cevherlerde Cr_2O_3 tenörleri genelde % 40'ın altındadır. Fe tenörü yüksek Al tenörü düşüktür. Cr/Fe oranları 2 civarındadır.

Podiform yataklar ise alpin orojenezinin etkisi altında kalmış kuşaklarda buldukları için " Alpin " tipi yataklar olarakta isimlendirilir. Tektonik hareketlere fazlasıyla maruz kalmış olduklarından mercek şeklinde küçük ve düzensiz bir şekil gösterirler. Bu tip yatakların rezervi bir kaç ton'dan bir kaç milyona kadar değişebilir. Bunların devamlılıkları sınırlı oldukları için büyük rezervler oluşturamazlar, arama ve işletmeleri de oldukça zordur. Bunlar genellikle yüksek kromlu cevherlerden oluşurlar. Ayrıca refrakter tip, yüksek alüminyumlu cevherlerinde tek kaynağı bu tip yataklardır.

Sedimanter kumsal yataklar ise kromit'i içeren ana kayalar alterasyona uğrayıp, kendi yakınlarında veya ana kayalardan uzaklara taşınmış olan yatakların oluşumudur. Bu yataklarda Cr_2O_3 yüzdesi % 5 - 30 arasında ve genellikle % 15 civarında olmaktadır. Yan kayaç olarak ana kayaç minerallerine ve onun alterasyon ürünlerine rastlanmaktadır (ÇILINGİR, 1990).

2.2.5. Kromitlerin kullanım alanları ve istenilen özellikleri

Dünya'da kromun kullanıldığı sektörler aşağıdaki Çizelge 2.2` de verilmiştir. 1918 - 1973 yılları arası değerleri, Dünya tüketim durumuna, 1978 - 81 yılları fiil'i, 2000 yılı projeksiyon değerleri ise A.B.D.'nin kullanımına göre-dir (ETİBANK Bülteni, 1985).

Çizelge 2.2. Dünyada kromun kullanıldığı sektörler

Sektör	1918	1936	1950	1970	1973	1978	1981	2000
	%	%	%	%	%	%	%	%
Metalurji	35	41	45	65	74	61	66	65
Refrakter	30	36	40	22	14	12	6	4
Kimya	35	23	15	13	12	15	15	16
Diğer	—	—	—	—	—	12	13	14
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100

Tüketimi, metalurji, refrakter ve kimya sanayinde olan kromit konsantrelerinden, farklı kullanım olanakları yönünden farklı özellikler ister. Sektörlere göre tüketim payı ise aşağıdaki gibidir.

- Metalurji sanayii : % 50 - 60 tüketim payı
- Refrakter sanayii : % 20 - 25 tüketim payı
- Kimya Sanayii : % 15 - 25 tüketim payı

2.2.5.1. Metalurjik kromit konsantrelerinde aranan özellikler

Üretilen ferrokromda ki krom %'si, istenilen konsantrelerin Cr tenörü ve Cr/Fe oranı (rasyo) artmasıyla artar. Bu nedenle metalurjik kromit konsantrelerinde Cr/Fe oranının mümkün olduğu kadar yüksek olması istenir. Genelde ferrokrom üretiminde 2.8 -3.0 dan yüksek Cr/Fe oranına sahip konsantreler istenir. Cr/Fe oranı 3'den çok yüksek konsantrelere prim ödenir.

Metalurjik kromit konsantrelerinin;

Cr ₂ O ₃ tenörünün	% 46 - 48'den fazla,
Cr/Fe oranının	3/1 - 2.8/1'den fazla,
SiO ₂ tenörünün	% 5 - 6'dan nadiren % 8'den az,
(Al ₂ O ₃ +MgO) tenörünün	% 25'den az
S tenörünün	% 0.05'den az
P tenörünün	% 0.07'den az olması istenir.

Ferrokrom tesislerinin büyük çoğunluğu parça cevher veya iri taneli konsantreler kullanır. Bu nedenle ince taneli ve yüksek Cr/Fe oranına sahip kromit konsantreleri aglomera ederek değerlendirebilmek için çalışmalar yapılmaktadır (ÇİLİNGİR, 1990).

Metalurjik vasıflı kromit cevheri elektrik ark fırınlarında bir seri işlemden geçtikten sonra ferrokrom'a dönüştürülür. Ferrokrom, krom ve demir elementlerinin meydana getirdiği bir alaşım olup içinde az miktarda karbon ve silis bulunmaktadır. Piyasada genellikle karbon muhtevasına göre isimlendirilir ve bünyesindeki bazı empürütelere göre değerlendirilir.

Metalurji alanındaki esas kullanımı paslanmaz çelik imalidir. Paslanmaz çelik de % 12 - 36 oranında krom bulun-

maktadır. Demir esaslı alaşımlarda, demir'in kimyasal açıdan aktivitesinin azaltılarak paslanma ve oksidasyona karşı korunabilmesi için minimum % 12 krom gereklidir.

Krom muhtevalı alet çelikler % 1 - 12 krom ihtiva ederler, Yüksek hızlı alet çeliklerinde krom gerekli sertliği vermektedir. Yüksek karbon yüksek krom'lu soğuk işlenmiş çeliklerde çeliğe sertlik ve aşınma direnci verir. Sıcak işlenmiş özel maksatlı çeliklerde de aynı neticeler elde edilir, ayrıca sertleştirilebilme özelliği sağlanır.

Genel olarak alaşım çeliklerinde krom, malzemeye sağlamlık, dayanıklılık, yüzey ve iç sertleştirilebilme özelliği, paslanma ve oksidasyona karşı direnç, yorulma, sarkma, aşınma, çarpma ve kırılmaya karşı dayanıklılık sağlar. İstenilen mekanik özellikler, pas ve oksidasyon dirençlerine göre endüstride çok geniş bileşimli alaşımlar üretilmektedir (ETİBANK Bülteni, 1985).

2.2.5.2. Refrakter kromit konsantrelerinde aranan özellikler

Yalnız kromit ve kromit'in magnezit, dunit gibi hammaddelerle beraber işlenmesiyle üretilen refrakter malzemeler, nötür tuğla kullanan metalurji tesislerinde, çimento sanayiinde, kağıt endüstrisinde fazlaca tüketilmektedir. Yüksek ergime sıcaklığına sahip refrakter malzeme yapımında kullanılacak kromit konsantrelerinde;

Al_2O_3	oranının en az % 20,
Cr_2O_3	oranının en az % 30,
$Cr_2O_3+Al_2O_3$	oranının en az % 60,
SiO_2	oranının % 5'den az,
FeO	oranının % 15'den az,
CaO	oranının % 2'den az,
Cr/Fe	oranının 3/1'den az olması istenir.

Refrakter yapımında kullanılan kromit'de Al_2O_3 oranının mümkün olduğu kadar yüksek olması istenir. Zira Al_2O_3 refrakter malzemenin dayanıklılığını artırır. Bu tip cevherlerde Cr_2O_3 oranı düşükse, bu yüksek Al_2O_3 oranı ile telafi edilir. SiO_2 oranı mümkün olduğu kadar düşük olmalıdır. Cevherin Cr/Fe oranı pek mühüm değildir.

Refrakter karakterli kromit konsantrelerinin ayrıca sert, büyük parçalı, iri taneli (50 - 30 mm.) olması ve 2 - 3 mm.'den ince olmamak kaydı ile az miktarda ince tane içermesi istenir (ÇILINGİR, 1990).

2.2.5.3. 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.

Cr_2O_3 oranının % 44 - 48'den fazla,
 Al_2O_3 oranının % 15'den az,
 MgO oranının % 15'den az,
 FeO oranının % 20'den az,
 SiO_2 oranının % 5'den az olması istenir (ÇILINGİR, 1990).

Sodyum bikromat kimya sanayiinde kromitin kullanıldığı esas üründür. Belirli bir tane iriliğinin altına kadar öğütülen kromit cevheri soda ve MgO ile karıştırılır. Bir seri kimyasal reaksiyonlardan sonra sodyum bikromat elde edilir.

Kromit asit, bazik kromsülfat, renk verici bileşikler ve krom boya ları sodyum bikromattan imal edilir.

Piyasada kullanılan krom bileşikleri;

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| a- Sodyum Kromat | f- Baryum kromat |
| b- Potasyum Kromat | g- Kurşun kromat |
| c- Kromit asit | h- Kadmiyum kromat |
| d- Amonyum kromat | ı- Demir kromat |
| e- Amonyum bikromat | i- Bazik krom sülfat'dır. |

Kimya sanayiinde krom bileşikleri, deri işlemeciliği, boyar maddelerin üretimi, organik maddelerin oksidasyonu, kükürtlü boyaların oksidasyonu, pas önleyicilerde, yağ, sabun ve mumların ağartılmasında, ağaç empregnasyonu, metallerin kromajlanması, tekstil maddelerinin boyanması, kibrit sanayiinde, yangın önleyici malzemelerin imalinde, fotoğrafçılıkta, metal yüzey finisajında, analitik ayraçlarda, emaye ve seramik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bunların haricinde savunma ile ilgili kullanımı krom'u stratejik bir element yapar. Krom'un çeşitli alaşımları mermi, denizaltı, gemi, uçak, sahra topu ve silahla ilgili destek sistemlerinde kullanılır. Krom süper alaşımları, yüksek ısıya dayanıklı malzemelerin kullanıldığı randımanı yüksek, askeri amaçlı türbün motorların yapımında kullanılmaktadır (ETİBANK Bülteni, 1985).

2.3. Türkiye'de Krom

2.3.1. Türkiye kromlarının tarihçesi

Ülkemizde ilk krom cevher yatakları 1848 yılında Bursa Harmancık bölgesinde jeolog Lawrance Smith tarafından bulunmuştur. 1850 yıllarında başlayan üretim 1860 yılların-

da düzenli bir şekle girmiştir. Muğla bölgesindeki sahaların ilk arama imtiyazı 1887 yılında Ali Rıza Paşa isimli bir şahısa verilmişti. Ali Rıza Paşa bu bölgeyi 1926 yılına kadar işletmiştir. M.T.A.'ca bölgede 1945 -1951 yıllarında yapılan arama çalışmaları neticesinde bir miktar cevher bulunmuş ve saha 1951 yılında Etibank'a devredilmiştir. Etibank 1957 yılında şantiye, 1965 yılında da halen faaliyette bulunan Üçköprü Müessesini kurmuştur.

Guleman(Elazığ-Maden) krom yataklarının bulunuşu 1915 yıllarına rastlar. Bu bölgede üretim 1936 yılında başlamış ve halen Etibank Şarkkromları ve Ferrokrom Müessesince sürdürülmektedir (ETİBANK Bülteni, 1985).

2.3.2. Türkiye krom yataklarının jeolojisi

Kromit yatakları kökensel olarak genelde alpin tipi ve statiform tip olarak iki gruba ayrılmaktadır. Statiform yataklar başlıca yapısal düzensizlikleri, boyutlarının büyüklükleri ile alpin tipi yataklar ise düzensiz şekilli oluşları ve boyutlarının küçüklükleri ile belirginler. Türkiye'de ki krom yatakları alpin tipte genellikle düzensiz şekilli yataklardır. Merceklerin boyları bir kaç cm'den birkaç yüzmetreye, kalınlıkları da 40-50 m.'ye kadar ulaşmaktadır. Merceklerle merceklerin içinde bulunduğu yankayaç peridotit arasındaki sınır ilişkisi bazı hallerde ilksel bazı hallerde mekaniktir. Mercek şeklinin kazanılması kromit kristallerinin çökelme hızı ve çökelme tabanının konumundan kaynaklandığı gibi çoğu halde de peridotitin maruz kaldığı plastik deformasyon sonucu gelişmiştir.

Krom yataklarının içinde bulunduğu peridotit genel ismiyle anılan ultramafik kayalar, Türkiye'de geniş alanlar kaplarlar. Peridotitler içinde çok sayıda krom yatağı

bulunduğu bilinmektedir. Ülke içinde genel de oldukça düzensiz bir dağılım sergilemelerine rağmen yinede kuzey ve güney peridotit kuşakları olarak iki genel coğrafi bölüme ayırabilmek mümkün olmaktadır. Bu iki kuşaktan güneyde olanı daha belirgindir.

Peridotitlerle çevre kayalar arasındaki dokanak ilişkileri belirtildiği gibi mekanik olup genellikle fazla breşleşmiş ve serpantinleşmiştir. Harzburjit hakim kayacın çeşidi olmakla birlikte daha az oranda dunit piroksenit, verlit gabro, troktolit, dolorit gibi kayacın birimleri peridotitler içinde bulunurlar. Aynı peridotit birimi içinde bazı kesimlerde serpantinleşme görüldüğü gibi bazı kesimlerde de kayacın çeşitli oranlarda veya bütünüyle serpantinleştiğini gözlemek çok doğaldır.

Irvine(1967)'e göre peridotitler tektonik ve kümülat grubu kayalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Türkiye'de ki krom yataklarının her iki grup kayalar içinde de bulundukları bilinmektedir. Teorik yaklaşımlardan hareketle Cr_2O_3 oranı yüksek krom yataklarının tektonikler içinde ve tektonik-kümülat sınırına yakın kesimlerde bulunmaları gerekir (ENGİN, 1981).

2.3.3. Türkiye krom yataklarının aranması ve madenciliği

Türkiye'de bulunan alpin tipi yatakların başlıca özelliği düzensizlikleridir. Bu nedenle bu çeşit kromit yataklarının aranması ve işletilmesi bir çok bilinmeyen içermetedir. Türkiye'de krom cevheri madenciliği mostra madenciliği şeklinde başlamış çeşitli boyutlardaki açık işletmeler şeklinde sürdürülmüştür. Açık işletme yöntemleri ile alınabilecek cevher kalmadıktan sonra yeraltı işletmeciliğine geçilmiştir. Bugün bir kaç sahadaki düşük tenörlü

cevherlerde yapılan sınırlı açık işletme çalışmalarının dışında bütün üretim yeraltı madencilik yöntemleri sürdürülmektedir. Krom merceklerinin boyutlarının bilinmemesi, bir mercek bittikten sonra eğer varsa diğer merceğin nerede başlayacağını ve onunda devamlığının ne kadar olacağını önceden pek bilinmemesi yeraltı işletmeciliğini çok riskli yapmaktadır. Türkiye'de krom işletmeciliğinde uygulanan genel yöntem riski en az olan yerden başlayarak cevherin işletilmesi ve gelişmelere göre işletmenin geliştirilmesi veya kapatılması şeklinde olmaktadır. Bir çok örnekte de görüldüğü gibi işletmecilikte riski en az olan yer mostranın kendisi olmaktadır. Türkiye'de hemen hemen bütün krom yataklarında arama ve üretim çalışmaları başabaş sürdürülmektedir. Bu nedenle de yatakların rezerv ve potansiyeli hakkında ki bilgiler sağlıklı olmamaktadır (ENGIN , 1981).

2.3.4. Türkiye'de krom rezervleri

Türkiye, Dünya krom rezervleri dağılımında ve üretiminde ön sıralarda yer almaktadır. Türkiye'de Görünür rezerv oranı % 25 civarındadır. Türkiye'nin en büyük kromit rezervi 105 Milyon ton ile Karsantı(ADANA) yataklarıdır. Buradaki rezerv ortalama % 6 Cr_2O_3 içermektedir. İkinci büyük yatak ise, 21.6 Milyon ton rezervli Guleman(ELAZIG) olup, % 33 - 48 Cr_2O_3 içeriklidir.

Türkiye kromit rezerv potansiyeli açısından zengin bir ülkedir. Arama faaliyetlerinin artması ile rezervin artacağına kesin gözü ile bakılabilir. Nitekim 105 Milyon tonluk Karsantı rezervleri son 5 yıl içinde bulunmuştur (ONAL ve GÜNEY , 1990).

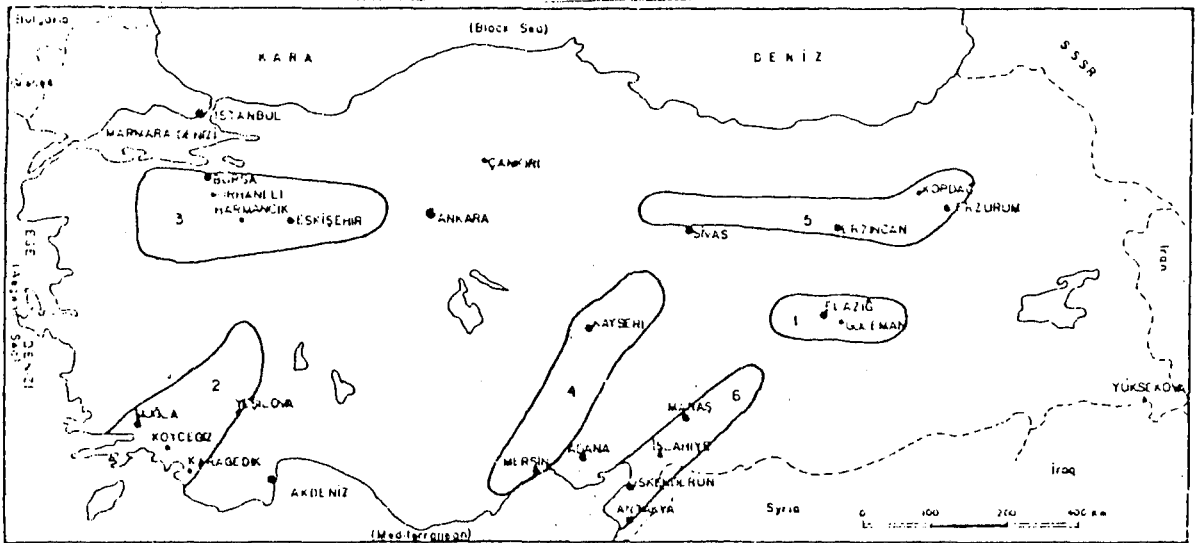
Türkiye krom yataklarının dağılımı ile ilgili kesin bir dağılım modelinin saptanmasına olanak sağlayacak veriler olmasına rağmen peridotit alanlarının coğrafi dağılım-

larını göz önüne alarak krom yatakları başlıca 6 bölgede toplanabilmektedir. Bunların bugüne kadarki üretim durumları ve jeoloji verilerinden hareketle potansiyelleri gözönüne alınarak önem sırasına göre şöyle verilebilir (ENGİN, 1981).

- 1- Guleman(Elazığ.) Bölgesi (Doğu Anadolu)
- 2- Fethiye-Köyceğiz-Denizli Bölgesi (GüneyBatı Anadolu)
- 3- Bursa-Eskişehir Bölgesi (Bati Anadolu)
- 4- Adana-Kayseri Bölgesi (Güney Anadolu)
- 5- Kopdağ(Sivas-Erzincan) Bölgesi (Doğu Anadolu)
- 6- Iskendurun-Islahiye-Maraş Bölgesi(Güney Anadolu)

Şekil 2.1.'de Türkiye Krom bölgelerinin dağılımı verilmiştir (ENGİN , 1979).

Bu bölgelere yeni eklenen Karsantı-Adana ile birlikte rezerv ve tenör durumu Çizelge 2.3.'de verilmiştir. Rezervler görünür + muhtemel + mümkün olarak belirtilmiştir.



Şekil 2.1. Türkiye krom bölgelerinin dağılımı

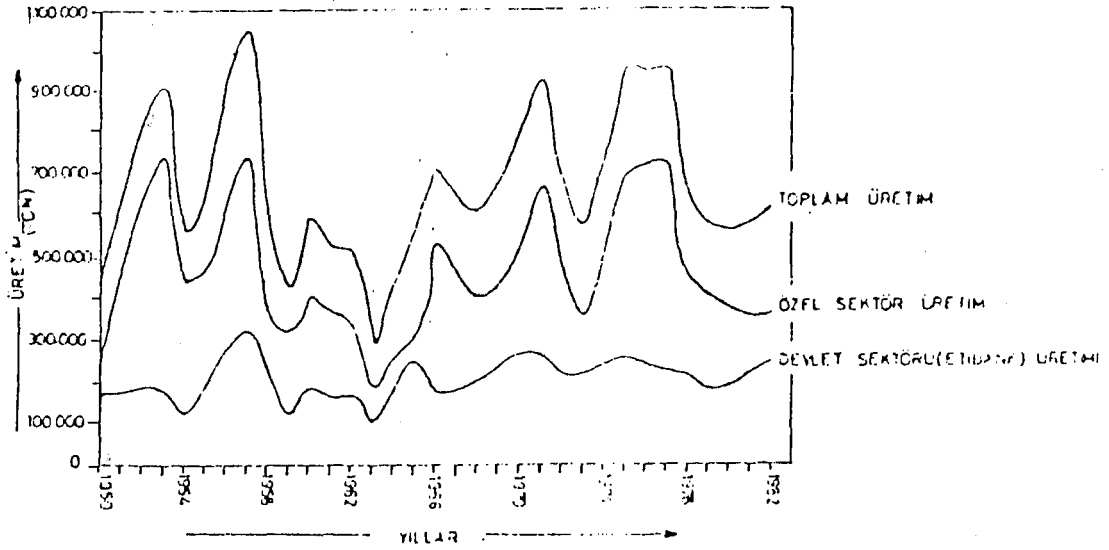
Çizelge 2.3. Türkiye'de bölgelere göre krom rezerv ve tenör durumu.

BÖLGELER	REZERV (x10 ⁶ Ton)	TENÖR (%Cr ₂ O ₃)
Guleman - ELAZIĞ	21.6	33-48
Fethiye - DENİZLİ	1.0	36-40
BURSA - ESKİŞEHİR	4.0	30-48
ADANA - KAYSERİ	2.5	12-45
SIVAS - ERZİNCAN	2.0	30-48
İskendurun - MALATYA	1.0	40-50
Karsantı - ADANA	105.0	6.0
TOPLAM	137.1	

2.3.5. Türkiye kromit üretimi ve diğer ülkelerle karşılaştırma.

1906 - 1982 yılları arasında Türkiye kromit üretiminin dünya genelindeki payı ortalama % 11.33 olmuştur. En yüksek pay (% 22.6) 1957 yılında ve en yüksek üretim seviyesi de 1.05 Milyon ton ile keza aynı yılda gerçekleşmiştir.

1950 - 1982 yıllarını kapsayan dönemde özel sektörün toplam üretimdeki payı % 54 - 80 arasında oynamıştır. Şekil 2.2'de görüleceği üzere toplam üretimi yönlendiren özel sektördür ve bu sektörün üretimi ise dünya krom piyasasında gözlenen talep canlanması ile yakından ilgilidir. Örneğin; 1966'da A.B.D.'nin Zimbabve'ye uyguladığı ambargo cevher fiyatlarının artmasına ve kromit ticaretinin canlanmasına yol açmıştır. Bu esnada özel sektör üretim payı % 56'dan % 75 gibi bir değere yükselmiştir (ARIOĞLU vd., 1987).



Şekil 2.2. 1950-1982 yılları arası toplam, özel sektör, kamu sektörü kromit üretimleri.

1987 yılında Dünya kromit üretimi yaklaşık 11 Milyon ton/yıl dır. Söz konusu üretimin % 93'ü toplam yedi ülke tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu ülkeler; Güney Afrika (% 35), S.S.C.B. (% 27), Arnavutluk (% 8), Fillandiya (% 6.1), Türkiye (% 5.8), Hindistan (% 5.8), Zimbabve (% 5) dir (Madencilik Dergisi, 1989).

Çizelge 2.4.'de 1982-87 yılları arasında Dünya kromit üretimi verilmiştir (Madencilik Dergisi, 1989).

Çizelge 2.4. Dünya kromit üretimi (Bin mt)

Ölke	1982	1983	1984	1985	1986	1987
G. Afrika	2,432	2,506	3,407	3,699	3,480	3,800
SSCB ¹	2,940	2,940	2,940	2,940	2,950	3,000
Arnavutluk ²	675	685	720	825	850	850
Hindistan	339	422	423	560	620	650
Türkiye	452	346	487	600	600	630
Zimbabve	432	420	477	536	540	550
Finlandiya	346	245	446	450	450	680
Brezilya	276	155	256	275	285	300
Filipinler	322	267	261	272	183	220
Toplam	8,213	7,986	9,417	10,157	9,958	10,680
Diğer	267	236	341	394	378	367
Genel Toplam	8,480	8,222	9,758	10,551	10,336	11,047

Çizelge 2.5., 2.6., 2.7., 2.8.'de de yıllara göre Türkiye üretim, talep, ithalat ve ihracat değerleri verilmiştir (D.P.T., 1988).

Çizelge 2.5. Türkiye krom üretimi

Ürünler	1984	1985	1986	1987	1988	1994 Plan hedefi
	x10 ³ ton	x10 ³ ton	x10 ³ ton	x10 ³ ton	x10 ³ ton	x10 ³ ton
Krom(tüvenan)	689	877	1 040	1 049	1 407	1 800
Krom(kon.+top)	555	598	685	965	930	1 073

Çizelge 2.6. Türkiye krom talebi

Ürünler	1984	1985	1986	1987	1988	1994 Plan hedefi
	x10 ³ ton	x10 ³ ton	x10 ³ ton	x10 ³ ton	x10 ³ ton	x10 ³ ton
Krom(tüvenan)	689	877	1 040	1 049	1 407	1 800
Krom(kon.+top)	115	120	107	115	122	320

Çizelge 2.7. Türkiye krom ithalatı

Ürünler	1984 x10 ³ ton	1985 x10 ³ ton	1986 x10 ³ ton	1987 x10 ³ ton	1988 x10 ³ ton	1994 Plan hedefi x10 ³ ton
Krom(tüvenan)	—	—	—	—	—	—
Krom(kon.+roş)	—	11	10	—	—	—

Çizelge 2.8. Türkiye krom ihracatı

Ürünler	1984 x10 ³ ton	1985 x10 ³ to	1986 x10 ³ to	1987 x10 ³ to	1988 x10 ³ to	1994 Plan hedefi x10 ³ ton
Krom(tüvenan)	—	—	—	—	—	—
Krom(kon.+roş)	440	478	451	570	843	750

3. KROMİTLERİN ZENGİNLESTİRİLMESİ

Zenginleştirme yönteminin seçiminde, cevherin fiziki, kimyasal ve mineralojik yapının önemi büyüktür. Rezerv, tenör ve buna bağlı olarak işletme yönteminin hızında bu seçimi etkileyeceği açıktır.

Sürekli çalışan nispeten yüksek kapasiteli işletmelerde, karmaşık yöntemler uygulanabildiği gibi ekonomikliği ve kapasiteyi artırmak gayesi ile mütakip işlemler için gerekli ön konsantreler basit yöntemlerle sağlanabilmektedir.

Günümüzde teknik koşulları ile % 5-10 Cr_2O_3 içeren kayaçlardan istenilen kalitede kromit konsantreleri üretmek teknolojik olarak mümkündür. Fakat şu anda ekonomik olarak % 30'un üzerinde Cr_2O_3 içeren yataklar işletilmektedir. Konsantrelerin Cr/Fe oranı ise bir cevherleşme neticesidir; Dolayısıyla bunun zenginleştirme ile değiştirilmesi olanaksızdır.

Kromit cevherlerinin zenginleştirilmesinde uygulanacak zenginleştirme yöntemlerini ve yöntem kombinasyonlarını;

- a- Cevherin serbestleşme tane boyutu,
- b- Cevherden üretilecek konsantrelerdeki Al_2O_3 , SiO_2 , FeO , Cr_2O_3 tenörleri ve Cr/Fe oranı,
- c- Gang mineralleri ile kromit minerallerinin arasındaki fiziksel, fizikokimyasal özellik farkları (yoğunluk, manyetik, elektriksel çekim özellikleri, renk, kırılgenlik) belirler (ÇİLİNGİR, 1990).

Günümüzde uygulanan kromit zenginleştirme yöntemlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

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
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-flokülasyon(Aglomera flotasyon)
 - 5.8. Elektro flotasyon
 - 5.9. Vakum ve basınç altında flotasyon
 - 5.10. Çökelti flotasyonu

Kromit cevherinin serbestlik derecesine, gang mineralinin cinsine, cevher karakterine (metalurjik, refrakter) göre bu zenginleştirme yöntemlerinden biri veya bunlardan bir kaçının kombinasyonu uygulanır.

3.1. El ile Ayıklama(Tavuklama) ile Zenginleştirme

Krom mineralinin renk, parlaklık, özgül ağırlık ve genel görünüm farklılıklarından yararlanılarak, elle seçilerek gang minerallerinden ayrılmasına tavuklama ile zenginleştirme adı verilmektedir.

Bilhassa metalurjik ve refrakter kalitedeki kromit konsantrelerinin parça cevher veya iri taneli olması istenir. Bu iri taneli konsantreler ve parça cevher en aranan ürünler oldukları için, cevherin serbestleşme tane iriliği parça cevher üretimine uygun ise mutlaka tavuklama işlemi uygulanır (ÇİLİNGİR, 1990).

Türkiye'de küçük kapasiteli özel işletmelerde tavuklama ile zenginleştirme işlemi önemli bir yer tutar. Bu işlem tecrübeli bayan işçiler tarafından yapılır. Bayan işçiler krom'u yan kayacından ayırmakla kalmayıp tenörüne göre de ayırım yapabilecek tecrübededirler.

Elle ayıklama işlemi sabit yada hareketli yüzeyler üzerinde yapılmaktadır. 25 mm.'lik eleklerden geçirilen cevherin +25 mm.'lik kısmı tavuklamaya tabii tutulur. Bu tarz yapılan zenginleştirmede, artıklarda fazlaca kromit kaldığından bu artıkların ilerde zenginleştirilmek üzere iyi bir şekilde stoklanması gerekmektedir.

3.2. Özgül Ağırlık Farkına Göre Zenginleştirme

Kromit zenginleştirmesinde en yaygın zenginleştirme yöntemi; Jigler de, Sallantılı masalar da ve Humphrey spirallerinde zenginleştirmedir (3 mm. ile 0.1 mm. arasında serbestleşebilen cevherlere uygulanır). Ayrıca içerisinde yankayaç olarak yüksek oranda peridotlar ve bilhassa olivin içeren cevherlerin özgül ağırlık farkına göre zenginleştirilmeleri olanaksızdır. Zira olivinin yoğunluğu (3.5-4.2 gr/cm³) kromit'inkine (4-4.5 gr/cm³) çok yakındır. Ancak cevherdeki olivin oranı az ise özgül ağırlık farkına göre üretilen ön konsantre manyetik ayırıcı ile temizlenerek daha yüksek Cr₂O₃ tenörlü nihai konsantre üretilebilir. Yüksek oranda olivin içeren cevherlerde özgül ağırlık farkına

göre zenginleştirme uygulanamaz. Bu tip tesislerdeki zenginleştirme verimi genellikle % 65-80 arasındadır. % 80'in üzerindeki verimler iyi olarak müteala edilir. Zenginleştirme oranı 4:1, 5:1'e kadar, cevher tenörlerine bağlı olarak yükselebilir.

Özgül ağırlık farkına göre zenginleştirilecek cevherin serbestlik derecesine kadar ufalandıktan sonra dar tane sınıfı ve yüksek sınıflandırma hassasiyetinde sınıflandırılması gerekir. Zira özgül ağırlık farkına göre zenginleştirmede tane iriliğinin etkisi büyüktür (ÇILINGİR, 1990).

Özgül ağırlık farkına göre kromitin zenginleştirilmesinde karşılaşılan en büyük güçlük, 0.1 mm.'den küçük boyutlu tanelerin verimli bir şekilde zenginleştirilememesidir (GÜNEY, 1990).

Özgül ağırlık farkına göre kromit zenginleştirmenin bazı uygulamalarını gözden geçirecek olursak;

150 ton/gün kapasiteli Karagedik-Üçköprü kromit zenginleştirme tesislerinde % 31.6 Cr₂O₃ tenörlü cevher işlenmektedir. Cevher ilkönce 20 mm.'nin altına indirilmekte daha sonra bilyalı ve çubuklu değirmenler 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 tür (DOĞAN v.d., 1988).

Denver ekipman şirketi tarafından verilen bir akım şemasında, % 20.6'lık Cr₂O₃ cevheri, çubuklu değirmende boyutu 6.35 mm.'in altına öğütülmüş ve daha sonra jig'lerde zenginleştirilmiştir. Elde edilen konsantrenin analizinde Cr₂O₃ % 48.6 , SiO₂ % 4.2 olarak ortaya çıkmış ve randıman ise % 75'lerde kalmıştır (DOĞAN , 1973).

Küba, Polacak'deki bir krom cevherinin zenginleştirilebilirliğinin detaylı araştırmalar sonucu, gravite metodlarından jig'ler ve masalar ile zenginleştirilmesi mümkün olduğu keşfedilmiştir. Arzu edilen yüksek tenörlü ve yüksek randıman ile % 4'lük SiO₂ içeren konsantre üretmek mümkün olmuştur. Konsantre % 60.8 tenörlü ve toplam randıman % 82.5 tur (DOĞAN , 1973).

Hunter; Kaliforniya'nın Seiad Creak bölgesindeki, Emma Bella ve Seiad Creak maden ocaklarındaki kromit örnekleri üzerinde faydalı çalışmalar yapmıştır. Bu iki ocaktaki cevherlerden alınan numuneler biraraya getirilmiş, epeyce iri ganglar 3.32'lik yoğunluktaki bir sıvıda, aşırı krom kayıpları olmadan 6 mesh'den iri ve 3/4 inç'den ince fraksiyonlar laboratuvarında yüzdürme - batırma testleri ile uzaklaştırılmıştır. Kromit, batan ürün olarak ortalama % 85.6'lık bir verimle ve % 35 Cr₂O₃ tenör ile kazanılmıştır (DOĞAN, 1973).

Etibank Elazığ Ferrokrom tesislerinde, cüruf içerisindeki kromit ve ferrokromun kazanılması ile ilgili bir çalışmada, masa testleri sonucunda % 64.87 randımanla ortalama % 34.92 Cr₂O₃ tenörlü konsantre üretilmiş ve bu konsantrenin tekrar masalanması sonucu az bir randıman kaybı ile çok daha yüksek tenörlü bir konsantre üretilebileceği vurgulanmıştır (ÖZTÜRK v.d., 1987).

Etibank Bursa Harmancık işletmesi kromit cevherinin masa ile zenginleştirilmesinde toplam % 87.5 randıman ile % 52.66 Cr₂O₃ tenörlü bir krom konsantresi üretilirken, % 12.42 kayıpla % 8.75 Cr₂O₃ tenörlü bir artık atılmıştır (ÖZTÜRK v.d., 1987).

A.B.D.'de Kaliforniya'da ki % 2.4'lük Cr₂O₃ tenörlü Auburun cevheri ve kuzey Kaliforniya'daki % 6 tenörlü Seiad Creak cevher örnekleri üzerinde sallantılı masa ve manyetik

ayırmanın bir kombinasyonu sonucunda Auburun'daki % 36.4'lük bir randıman ile % 44.7 Cr₂O₃ tenörlü, Seiad Creak deki ise % 50'lik bir randıman ile % 50 Cr₂O₃ tenörlü konsantre elde edilmiştir (SALISBURY et al., 1982).

Yine A.B.D.'de Kuzey Kaliforniya'daki Emma Bell ve Seiad Creak cevherleri üzerindeki bir çalışmada sırasıyla % 21.9 ve % 16.6 lık Cr₂O₃ besleme tenörleri, gravite yöntemleri ile sırasıyla % 79.8 ve % 65.9 verim ile % 45.2 ve % 55.1 Cr₂O₃ lük konsantre tenörleri ile kazanılmıştır (McDONALD et al., 1990).

Selukwe (Rodezya) kromit zenginleştirme tesisinde iki katlı eleklerden geçirilen cevherin (51 mm., 6.35 mm.) iri ürünü ağır ortam ayırıcısı ile, orta ürün jig'ler ile, ince ürün ise sallatı masa ve şlam masası ile işlenerek yüksek tenörlü konsantreler üretilmiştir (ÇILINGİR, 1990).

3.3. Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

Kromit cevherlerinin manyetik alanda zenginleştirme-sine aşağıdaki iki oluşum neden olabilir. Bunlar;

- a- Cevherin çok ince tanelerde serbestleşmesi (-0.2 mm.)
- b- Gang minerallerinden Olivinin ağırlıklı olarak fazla bulunması ve Olivinin kromite yakın yoğunluk göstermesinden dolayı gravite yoluyla zenginleştirilememesidir.

Kafes yapısındaki yabancı metal iyonlarına teorik krom ve demir tenörlerine bağlı olarak kromitin manyetik süszeptibiletisi $3000-7500 \times 10^{-6}$ ve manyetik özgül süszeptibiletisi $650-2000 \times 10^{-6}$ cm³/gr civarında değişmektedir. Bu

nedenle yapısal duruma göre kromitler 6000-15000 Gauss şiddetindeki manyetik alanlarda çekilebilirler (ÇİLINGİR, 1990).

Kromitin zenginleştirilmesinde yüksek alan şiddetli kuru ve yaş manyetik ayırıcılar kullanılmaktadır (GÜNEY, 1990). Ayrıca cevherin ince taneli öğütülmesi gerektiğinden yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcılar tercih edilir (ÇİLINGİR, 1990).

Cevher(+0.2 mm.den) iri taneli olarak serbestleşiyorsa; duruma göre kuru manyetik ayırıcı uygun olabilir. -0.3 mm. tane sınıf oranı fazla ise bu tane sınıfının yaş ayırma ile elde edilmesi yerinde olur (ÇİLINGİR, 1990).

Cevher sallantılı masalarda başarılı olarak zenginleştirilebiliyor fakat konsantredeki kısmi olivin nedeniyle konsantre tenörü düşük ise konsantreyi temizlemek için yaş manyetik ayırıcılardan yararlanılabilir (ÇİLINGİR, 1990).

Gravite zenginleştirmesinde artıktaki kromit kaybı fazla ise artık optimal tane iriliğine öğütülüp yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcılarla zenginleştirilerek tesisin metal randımanı yükseltilebilir (ÇİLINGİR, 1990).

Manyetik ayırıcılar ile kromit zenginleştirmesinin bazı uygulamalarını gözden geçirecek olursak;

5000-6000 ton/yıl kapasiteli tevzi edilmiş Kef konsantratöründe % 30-33 Cr₂O₃ tenörlü, olivin içeren ince tane serbestleşen cevher -0.3 mm.'ye öğütüldükten sonra yüksek alan ve alçak alan şiddetli kuru manyetik ayırıcılardan geçirilir, orta ürün bilyalı değirmende -0.1 mm.'ye öğütüldükten sonra alçak ve yüksek alan şiddetli ayırıcılardan geçirilerek kromit kayıpları en az düzeye indiril-

mektedir. Yeni tesiste, konsantre tenörünün % 44-48 Cr_2O_3 'e yükseltilmesi beklenilmektedir (ÇILINGİR, 1990).

Coos County-Oregon(A.B.D.) kromit zenginleştirme tesisinde 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 ayırıcılardan geçirilerek granatlı kromit ön konsantresi elde edilmiştir. Granatlı kromit ön konsantresindeki granat flotasyon ile yüzdürülerek granat konsantresi ve zengin krom konsantresi olarak ayrılmıştır (ÇILINGİR, 1990).

Fethiye-Üçköprü ve Kavak tesislerinin artıkları ile yapılan deneylerde, pülp yoğunluğu, manyetik alan şiddetli ve tane boyutunun kromit ayrılmasına etkileri incelenmiş; Sonuçta Fethiye- Üçköprü artığından, 0.1 mm. altında % 48.56 Cr_2O_3 tenörlü konsantrenin % 80 civarında bir verimle, Kavak artığından ise 0.037 mm. altında % 48.02 Cr_2O_3 tenörlü konsantrenin % 56 civarında bir verimle elde edilebileceği anlaşılmıştır (ÖNAL v.d., 1979).

Kaliforniya'daki Auburn ve Seiad Creak kromit yatakları üzerinde yapılan bir çalışmada sallantılı masa ve manyetik ayırmanın kombinasyonu uygulanmıştır. % 2.5'lik Auburn ve % 6'lık Seiad Creak cevherleri ilk önce 35 mesh'in altına öğütüldükten sonra sallantılı masaya verilmektedir. Sallantılı masa orta ürünü 100 mesh'in altına öğütüldükten sonra tekrar masaya verilmektedir. Her iki masa'daki ön konsantre kuru manyetik ayırıcıdan geçirilerek % 44.7 Cr_2O_3 tenörlü nonmanyetik bir ürün, % 36.4'lük düşük bir randıman ile elde edilmiştir (SALISBURY et al., 1982).

3.4. Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme

Krom cevherinde, genellikle sallantılı masa ile zenginleştirilmiş orta ürünlerin yüksek kalitede konsantre eldesinde kullanılmaktadır. Elektrostatik ayırıcılar ile zenginleştirmede kromit(iletken), olivin(yalıtkan) olduğundan birbirinden ayrılabilir (DOĞAN, 1973).

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

Bartheley ve Mora tarafından yüksek gerilimli elektrostatik ayırıcı ile kromit'i olivin'den kolay ve mükemmel bir şekilde ayrılmasında kullanmışlardır. Yerinde denemeler ile küçük iyileştirme masrafları ile yeterli tenörde bir kromit konsantresi elde edilebilmiştir. Ancak cevherin, gravite metoduyla bir ön konsantrasyona tabii tutulduktan sonra, elektrostatik ayırıcılara verilmesi önerilmiştir. Böyle bir işleme tabii tutulan cevherin gravite konsantrasyonu sonucu tenörü % 39.83 Cr_2O_3 'e çıkmış ve sonra elektrostatik ayırıcılardan geçirilerek % 96.5 randıman ile % 50.31 Cr_2O_3 tenörlü konsantre elde edilmiştir (DOĞAN, 1973).

Alaska'da Caribou Mountain ve Kanuti River bölgesindeki podiform kromit yatakları üzerindeki bir çalışmada, % 12.7 ile % 39.4 Cr_2O_3 tenörleri arasında değişen örnekler ilk önce 6.3 mm. altına kırılmış sonra 300 mikron'luk elekten geçirilmiştir. 300 mikron'un üstü çubuklu değirmenleri verildikten sonra -300 + 150, -150 + 75 ve 75 mikronlu elek boyutlarına ayrılmıştır. Her boyut aralığı masaya beslendikten sonra orta ürünler kurutulup elektrostatik ayırıcılara verilmiştir. Tüm örnekler % 54 ile % 82 arasında değişen randımanlar ile % 25.3 Cr_2O_3 ile % 53.8 Cr_2O_3 arasında değişen konsantreler üretilmiştir (DAHLIN et al., 1983).

3.5. Flotasyon Yolu ile Zenginleştirme

Kromit($\text{Fe,Mg} \text{O} \cdot (\text{Cr,Al,Fe})_2\text{O}_3$) bileşiminde olan spinel grubu bir mineraldir. Spineller izometrik tetrahedral ve oktahedral yapıdadır. İki değerli iyonlar eğer tetrahedral yapıda ise; bu spinellere normal spinel, oktahedral yapıda ise; ters spinel adı verilmektedir. Bu bakımdan kromitler, hem kimyasal bileşimi, hem de kristal yapısı bakımından farklılıklar göstermektedir. Kromitlerde ki bu yapı farklılığı, mineral yüzey özelliklerini de etkilemektedir (GÜNEY, 1990).

Saf kromitin sıfır yük noktası (p.z.c.) pH, 5.6 - 9.8 arasındadır. Buna karşın kromitin iç yapısında ki katyonlar tarafından kendi oksitlerinin meyillerinde p.z.c. yer değiştirmektedir.

Nitekim; Atalay ve diğerleri(1988), tarafından yapılan bir çalışmada, Aliminyum oksidin p.z.c.'si pH= 9.1 olup kromitin p.z.c.'sini 5.8'den 8.3'e arttırmıştır. Demir oksitinin p.z.c.'si 8.2 olup kromitin p.z.c.'sini 8'e yükseltmiştir. Magnezyum oksidin p.z.c.'si 12.4 iken kromitin p.z.c.'sini hemen hemen 10.5'e yükseltmiştir.

Kromit'in flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmesi konusunda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. 1930-1950 yılları arasında 0.2 mm.'nin altına öğütülen % 20-40 Cr_2O_3 içerikli krom cevherleri, toplayıcı olarak yağ asitleri ve kontrol reaktifleri olarak da sodyum silikat, fosfatlar, metafosfatlar, floridler, kompleks floridler, fluosilikatlar kullanılarak yüzdürülmesine çalışılmış, ancak başarılı sonuçlar alınamamıştır (GÜNEY, 1990).

Sobieraj ve Laskowski, yaptıkları araştırmalar sırasında pH= 6'ının 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 (GÜNEY, 1990).

1950'den sonra katyonik kollektörler kromit flotasyonunda kullanılmaya başlanılmıştır. Schranz ve Göksaltık (1955), kromit, olivin, serpantin içeren keşideği kromitlerin aminlerle flotasyonunu araştırmışlar ve serpantin pH= 3-12 aralığında, olivin'in nötr pH'da, kromitin ise hem alkali hemde asidik pH'da yüzdüğünü ortaya koymuşlardır. Kullandıkları yöntemde önce pH= 12'de gang minerallerini, daha sonrada asit ortamda 300 gr/ton amin kullanarak kromiti yüzdürmüşlerdir. Alkali ortamda uzun süreli kıvamlandırmanın gang flotasyonundaki kromit kakağının azalttığı ve ikinci aşamada kromit flotasyonunu kolaylaştırdığı ayrıca saptanmıştır (GÜNEY, 1990).

H.J. Morawiets, kromit mineralinin flotasyonunu olabirliği ile ilgili özellikleri araştırmıştır. Çeşitli katyonik ve anyonik kollektörler (Birincil alkali amin hidrokloridler, dördüncül alkali aminler, sodyum sabunları, sodyum yağ asit sulfatları) ile en temiz konsantre eldesi üzerindeki flotasyon çalışmaları tanımlamış ve deney sonuçlarını vermiştir. Bu sonuçlardan, kromitlerin katyonik veya anyonik kollektörlerden her hangi biri ile flotasyona tabii tutulabileceği ortaya çıkmıştır. Çünkü bu kollektörler amfoterik (her iki yönde etkilidir) karakterdedir (DOĞAN, 1973).

M. Sagheer (1966), kromit ve serpantin flotasyon karakterleri üzerinde çalışmıştır. Kromit pH değerlerine bağlı olarak 0.3-1000 mg/lt arasındaki sodyum oleat konsantrasyonlarında yüzme eğilimi göstermiştir. Etkin flotasyon pH= 3-11'de iken 10-100 mg/lt'lik kollektör miktarında mey-

dana gelmektedir. Bu kollektör serpantin olması durumunda başarısız sonuç vermekte; Mg^{++} , Ca^{++} ve Fe^{++} kromiti bastırmakta, fakat serpantinin flotasyonunu canlandırmaktadır. Ca^{++} ve Fe^{++} ile kromitin bastırılması daha çok etkilenmektedir. Fe^{++} konsantrasyonu 10 mg/lt'den daha fazla olduğu zaman tam bastırma meydana gelir. Metal iyonların bastırma etkisini önlemek için değişik fosfatlar ve floridler ile çalışılmıştır.

J. Zakrajsek, katyonik(aminler) ve anyonik(yağ ve reçine asidi ve sülfonatlar) reaktiflerle krom flotasyonunu Yugoslav'ya kromitleri üzerinde uygulanmıştır. Çeşitli flotasyon işlemlerinin sonuçları değişik olarak test edilmiş, en iyi randımanlar sodyum floridler ve bir petrol yağının emülsiyonu, ham petrol ve petrol sülfonat ile sülfirik asit kullanıldığı zaman elde edilmiştir. Ayrıca Pinotane ve Maresperse CB gibi lignin sülfonatlar nötr pH'da flotasyonu denenmiş, bunlar flotasyon öncesi kondüsyonere ilave edildiğinde iyi bir bastırıcı etkisi gösterdiğini vurgulamıştır (DOĞAN, 1973).

Abido (1973), kromit flotasyonunda toplayıcı olarak aminleri kullandığı deneylerde HF 'nin Na_2SiF_6 'dan daha iyi bir selektivite sağladığını ve Na_2SiF_6 'nin amin flotasyonunda kopüğe zararlı etkide bulunduğunu vurgulamıştır (GÜNEY, 1990).

Sobieraj ve Laskowski (1972), 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 koymuşlardır (GÜNEY, 1990).

Atak(1984), toplayıcı olarak oleik asit, kontrol reaktifi olarak Na_2SiF_6 ve CMC(karboksil metil selülöz) kullanılarak yaptığı flotasyon deneylerinde, Na_2SiF_6 'in kromite etki yapmadığı halde CMC'nin kromit'in oleat adsorpsiyonunu önlediğini ortaya koymuştur.

Palmer ve Fuerstenaun (1975), kromit flotasyonunda, çözeltide varolan metal hidroksit iyonlarının, kromitin yüzey elektrik yükünü değiştirerek, flotasyonu olumsuz yönde etkilediğini vurgulamışlardır (GÜNEY, 1990).

Foot ve Huiatti(1985),kromiti pH=2'de bir katyonik kollektör olan Armac-C'den 0.6 lb/ton kullanarak klasik flotasyonda % 35.6 Cr_2O_3 'lik konsantre % 86.5 randıman ile; iri kabarcık kolon flotasyonu kullanarak % 41.6 Cr_2O_3 'lik konsantre, % 94.3 randıman ile, ince kabarcık kolon flotasyonu kullanarak % 41.5 Cr_2O_3 'lik konsantreyi % 94.9 randıman ile kazanmışlardır. Bu deneyler esnasında kondüsyonlama süresinin uzun tutulması flotasyon randımanını arttırdığını gözlemişlerdir.

Smith, Huiatti ve Shirts (1981) birincil gang minerali serpantin olan kromit cevherinin bir katyonik kollektör olan Armac-C ile pH= 2'de H_2SO_4 modifer olarak kullanarak yüzdürmüşlerdir. Deney sonunda asit ile kondüsyonlama süresinin kromit randımanını artırdığını belirtmişlerdir.

McDonald, Johnson, Greaves ve Wetzel(1990), Kuzey Kaliforniyadaki 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.

Güney ve Önal(1990), 0.1 mm.'nin altındaki artık ile yapılan kolon flotasyonu deneylerinde, anyonik kollektör 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 'lik sallantılı masa artığının % 48.73 Cr_2O_3 tenörü ile % 71.6 krom kazanma verimi ile elde edilebileceğini tespit etmişlerdir.

Gence ve Özdağ (1985), Elazığ - Kefdağı kromitlerinin -0.074 mm. boyutunda uyguladıkları flotasyon çalışmaları sırasında, pH= 3'de, kollektör olarak 750 gr/ton + 750 gr/ton A801 + A825, 750 gr/ton + 750 gr/ton talloil ve fuel oil kullanarak % 47.96 Cr_2O_3 tenörlü konsantre % 83.40'lık verimle elde etmişlerdir.

Deju ve Bhappu (1965 - 1967), yaptıkları araştırmada, öğütülmüş silikat minerallerinin suya konduğunda suyun pH değerinin zamanla arttırdığını izlemişlerdir. Silikat mineralleri arasında özellikle olivinin çok etkili olduğu, pH artışının ise suda bulunan hidrojen iyonunun olivin kristallerindeki magnezyum katyonu ile yer değiştirmesinden ileri gelmekte olduğunu ileri sürmüşlerdir (DOĞAN, 1975).

4. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİNE ESAS OLAN BURDUR-YEŞİLOVA KROMİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

4.1. Jeolojisi ve Yeri

Deneylere esas olan krom cevher yatağı Burdur ili sınırları içerisinde olup, Yeşilova ilçesinin batısında, Salda gölü'nün güneyinde yer almaktadır.

Yeşilova(BURDUR) dolayındaki ultramafik kayalara bağlı kromitlerin cevher-yankayaç ilişkisi ve jeokimyasal özellikleri değişik zamanlarda değişik kişi ve kurumlar tarafından araştırılmış, böylece jeolojik özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmalarda bölgede çok sayıda kromit zuhurları belirlenmiştir.

Yeşilova kromitlerinin, Türkiye'deki diğer kromitlerle karşılaştırıldığında aşağı yukarı benzer özellikler gösterdiği görülmüştür. Bu benzer özellikler;

- Manto kökenli, Alpin tipi(podiform) kromit olmaları,
- Harburjitler içinde bulunmaları ve dunittik kılıf ile çevrili olmaları,
- Gerek doğrultu, gerekse eğim yönünden büyük devamlılık göstermeleri,
- Yankayaçta serpantinleşmenin yoğun olması,
- Benekli, masif, bantlı ve leopar yapı ve dokulardan bir veya bir kaçına veya hepsine birden sahip olmaları,
- Çoğu kromitlerde olduğu gibi tektonizma etkilerinin görülmesidir (TUNCAY, 1990).

Bu çalışmada esas olan cevher yatağı, benekli olup, düzensiz mercekler şeklinde görülmektedir. Bölge olarak, Kocayanık bölgesi olarak adlandırılmakta olup Yeşilova'dan yaklaşık 16 km. uzakta bulunmaktadır. Bölgedeki kromitler harzburjitler içerisinde olup, dunit kromiti kılıf şeklinde sarmaktadır (TUNCAY, 1990).

Kocayanık ocağının geneli de peridotit tarafından çevrilmiş olup, peridotit çoğunlukla çatlaklar boyunca serpantinize olmuş ve kaba bloklar halinde parçalanmıştır. Bundan başka 1-10 cm. kalınlığında piroksenit damarları da yörede bulunan diğer oluşuklardır (TUNCAY, 1990).

Yankayaçlar genellikle yoğun serpantinleşmiştir. Serpantinleşmeden önceki ilksel kayacın mikroskop çalışmalarından harzburjit olduğu anlaşılmaktadır. Buradaki cevher düzensiz mercekler halindedir. Mercek boyutları saptanabildiği kadarıyla 30 x 15 cm. ile 125 x 30 cm. arasında değişmektedir (TUNCAY, 1990).

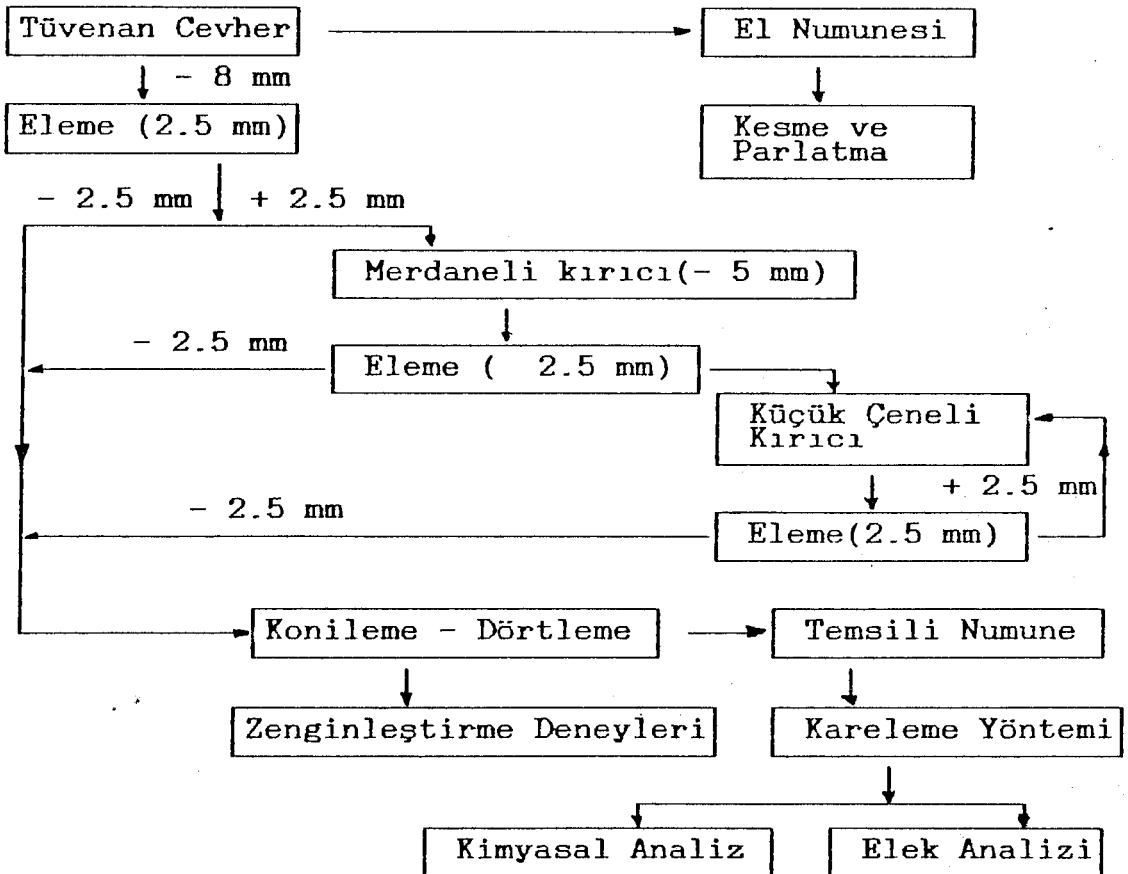
4.2. Numunelerin Alınışı ve Hazırlamada İzlenen Yol

Burdur-Yeşilova'da Dedeman Madencilik A.Ş.'ye ait ocaklardan çıkarılan kromit parça cevherler kalite cinsine göre stoklanmaktadır. Bu stoklardan kocayanık ocağına ait dissemine cevherlerden iri parçalardan (10-20 cm.) yaklaşık 200 kg. temsili numune alınmıştır. Bunlardan örneği teşkil edecek şekilde ince kesit ve parlak kesit için el numuneleri seçilmiştir.

Akdeniz Üniversitesi Isparta Müh. Fakültesi Maden Müh. Bölümü laboratuvarına getirilen numuneler önce büyük Çeneli kırıcı'da 8 mm.'nin altına kırılmıştır. Daha sonra numuneler 2.5 mm.'lik elekten ekenip, elek üstü Merdaneli

kırıcıdan geçirilerek tekrar aynı eleme işlemine tabi tutulmuştur. Eleme sonucunda 2.5 mm.'lik eleğin üstünde kalan kısım ise, küçük Çeneli kırıcıdan geçirilerek -2.5 mm.'ye ufalanmıştır. Kırıcı ve elek, kapalı devre çalıştırılarak cevher tekrar elenmiştir. Bu işlemler cevherin tamamı 2.5 mm.'nin altına ininceye kadar tekrarlanmıştır.

Daha sonra konileme - dörtleme yöntemiyle 3 kg.'lık numuneler halinde torbalanmıştır. Numune almada izlenen yol Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Numune almada izlenen yol

4.3. Minerolojik ve Petrografik Özellikler

4.3.1. Makroskopik özellikler

Genellikle siyah ve siyahımsı-gri renkte kromit minerallerinin yanı sıra beyazımsı-yeşilimsi, çoğu serpantinleşmiş olivin taneleri gözle görülebilmektedir.

4.3.2. Mikroskopik özellikler

Alınan temsili numunelerden yapılan ince kesit ve parlatmaların polarizan ve bineküler mikroskopka incilenmesinde esas mineral olarak kromit ve serpantinleşmiş olivin saptanmıştır. İnce kesitlerin ve parlatmaların mikroskopla saptanan özellikler;

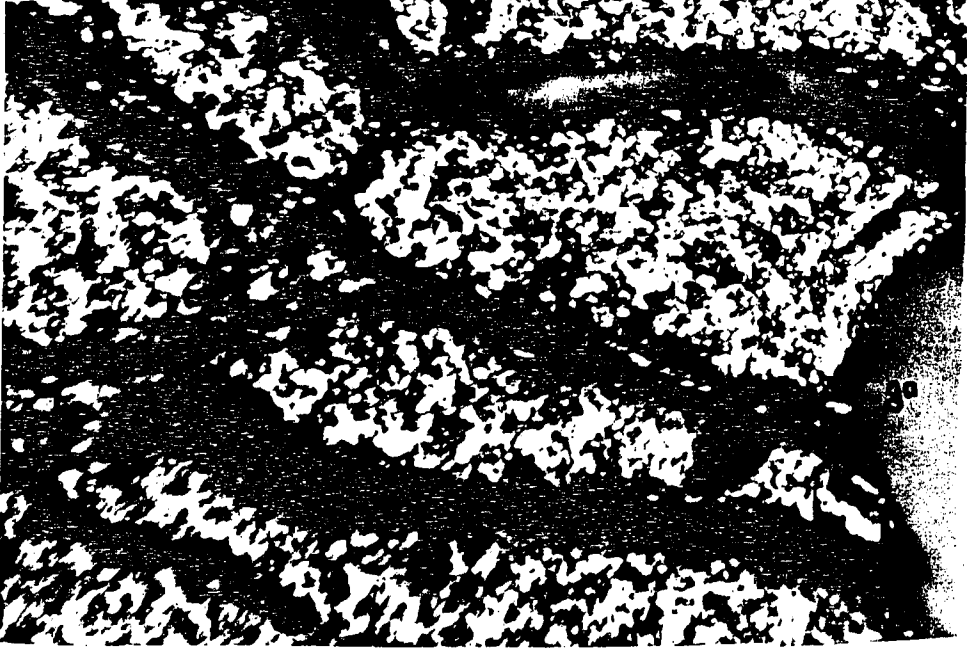
Kromit : Numune ileri derecede kataklazmaya uğramış kromitler içermektedir. Öz-yarı öz şekilli taneler halinde bulunmakta, tane boyutu 0.01 - 2.6 mm. arasında değişmektedir. Ortalama tane boyutu ise 1 mm. dir. Kromit yüzeylerinin bazı bölgelerinde bulut şeklinde talk ve krizotil asbest ile sıvandığı saptanmıştır. İri boyutlu kromitler genellikle bileşik tane halinde, küçük boyutlu kromitler ise serbest halde bulunmaktadır. Çok az olarak kromiti bir kılıf gibi saran manyetite rastlanmıştır.

Serpantin grubu mineraller : Kesitlerde olivinlerin ayrışması sonucu oluşan asbest ve lizardit mineralleri halinde gözlenmektedir. Genellikle renksiz, saydam olan serpantinler yer yer ayrışarak demiroksit minerallerini açığa çıkarmıştır.

Olivin : Boyutları 0.15 - 1.45 mm arasında değişmektedir. Olivinin hemen hemen hepsinin ayrışması sonucu ser-

patinleşme bariz bir şekilde görülmektedir. Çok ender görülen olivinler genellikle kırıklanmıştır.

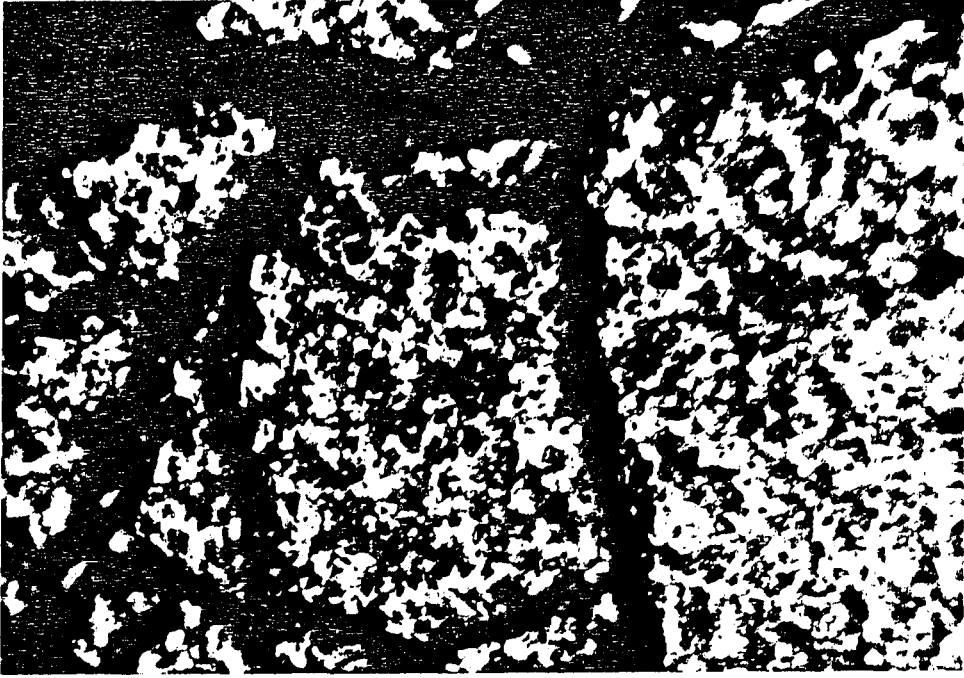
Talk : Serpantin türü minerallerin ayrışması sonucu çatlaklarda oluşan talk mineralleri beyaz, yeşilimsi renkli ve yassı ve tabakalı pullar halinde gözlenmiştir.



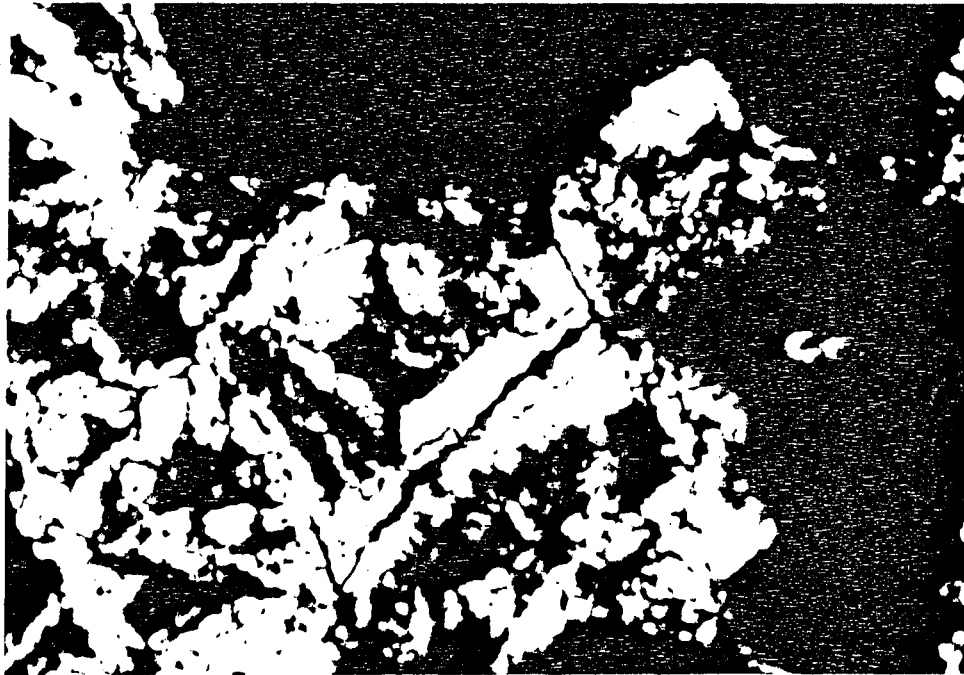
Şekil 4.2. Katalistik kromit(Cr) tanelerinin çatlaklarında gang (gn) doldurmuştur



Şekil 4.3. Kataklazmaya uğramış kromit (Cr) kırık ve kenarları boyunca manyetite (mg) dönüşmüş



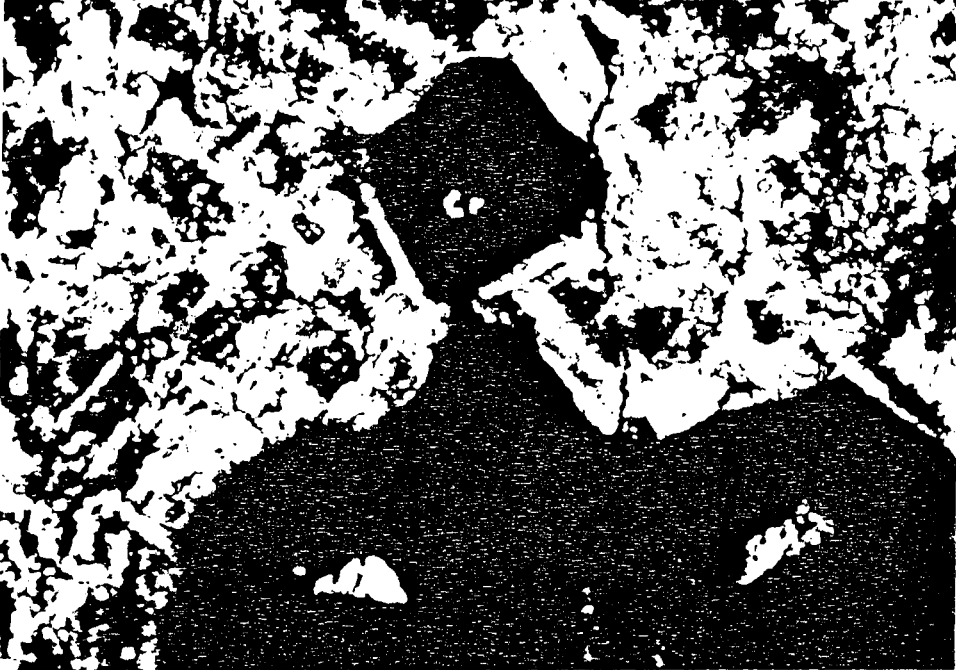
Şekil 4.4. İleri derecede kataklazmaya uğramış kromit kristalleri(Cr) araları serpantin dolgulu (gn)



Şekil 4.5. Kromit çatlakları boyunca yer alan ikincil krizotil (kr) damarcığı



Şekil 4.6. Serpantinler (sp) içindeki olivin (ol) taneciği



Şekil 4.7. Kromit (Cr) olivinlerin serpantinitleşmesi

4.4. Kimyasal Analizler

Laboratuvara getirilen numunenin komple kimyasal analizi Çizege 4.1.'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Numunenin komple analizi

Elaman	%
Cr ₂ O ₃	30.81
Fe ₂ O ₃	15.84
Al ₂ O ₃	8.36
SiO ₂	11.13
MgO	25.27
CaO	0.26
K.K.	5.70
Toplam	97.37
Cr/Fe	1.90

Tüvenanın komple kimyasal analizinde ve daha sonra ki işlemlerdeki kimyasal analizlerde Volümetrik ve A.A.S. ile yapılmıştır.

4.5. Tane Serbestleşmesi

Cevherin elek fraksiyonlarındaki serbestleşme derecesi bineküler mikroskop kullanarak ve tane sayımı yöntemi kullanarak saptanmıştır. Çizelge 4.2.'de kromitlerin elek fraksiyonlarındaki serbestleşme dereceleri gösterilmiştir. Bu sonuçlardan tüm cevherin serbestleşme derecesi % 69

olurken cevherin 0.425 mm.'nin altına öğütülmesi ile serbestleşme derecesi % 89'lara çıkmaktadır. Bu değerinde yeterli olarak kabul edilmiş ve öğütme işlemleri bu boyutun altında yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Elek boyutlarına göre serbestleşme dereceleri

Elek Boyutu (mm)	Miktar %	S.D. %	Tenör % Cr ₂ O ₃
- 2.500 + 1.700	7.47	15	31.89
- 1.700 + 0.850	17.24	35	29.61
- 0.850 + 0.600	14.95	48	29.97
- 0.600 + 0.425	6.90	63	29.05
- 0.425 + 0.300	7.47	75	35.09
- 0.300 + 0.180	13.79	88	36.30
- 0.180 + 0.106	12.07	92	33.20
- 0.106 + 0.075	5.17	100	30.31
- 0.075 + 0.000	14.94	100	24.34
Toplam	100.00	69	30.81

Numunelerden yapılan ince kesitlerden kromit mineralinin faz boyutuda ölçülmüştür. Bu sonuçları Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir.

Sonuç'ta kromitin faz boyutu sayı-uzunluk olarak (X_{NL}) 1.04 mm., yüzey alanı-hacim olarak (X_{sv}) 1.71 mm. bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Kromitin faz boyutu

Boyut Grubu mm.	Tane Sayı f	Grupun Or. Po. x	x*f	x ² *f	x ³ *f	$\frac{x}{x*f}$	$\sum \frac{x}{x*f} \downarrow$
0 - 0.025	1	0.013	0.013	0.000169	0.000002	0.0013	0.0013
0.025 - 0.050	1	0.030	0.030	0.000900	0.000005	0.0049	0.0067
0.050 - 0.075	2	0.065	0.125	0.007939	0.000500	0.017	0.0237
0.075 - 0.1	8	0.088	0.704	0.066195	0.005452	0.099	0.1227
0.1 - 0.2	18	0.15	2.7	0.405	0.0075	0.379	0.5017
0.2 - 0.3	48	0.25	12	3.000	0.75000	1.69	2.1917
0.3 - 0.4	49	0.35	17.15	6.0625	2.10075	2.41	4.6017
0.4 - 0.5	41	0.45	18.45	8.3025	3.735125	2.59	7.1917
0.5 - 0.6	39	0.55	21.45	11.7975	6.488625	3.32	10.2117
0.6 - 0.7	48	0.65	31.2	20.20	13.102	4.30	14.6017
0.7 - 0.8	34	0.75	25.5	19.125	14.34375	3.50	19.1017
0.8 - 0.9	79	0.85	67.15	57.0775	48.515875	9.44	27.6217
0.9 - 1.0	66	0.95	62.7	59.565	56.58675	8.69	36.5017
1.0 - 1.1	34	1.05	35.7	37.485	39.55325	5.02	41.5217
1.1 - 1.2	26	1.15	29.9	34.385	39.544275	4.20	45.7217
1.2 - 1.3	31	1.25	38.75	48.4375	60.546875	5.45	51.1717
1.3 - 1.4	22	1.35	29.7	40.095	53.12825	4.10	55.3517
1.4 - 1.5	7	1.45	10.15	14.7175	21.340375	1.43	56.7617
1.5 - 1.6	27	1.55	41.85	64.8675	100.544625	5.88	62.6617
1.6 - 1.7	8	1.65	13.2	21.78	36.937	1.86	64.5217
1.7 - 1.8	7	1.75	12.25	21.4375	37.5156	1.72	66.2417
1.8 - 1.9	7	1.85	12.95	23.9575	44.321375	1.82	68.0617
1.9 - 2.0	7	1.95	13.65	26.6175	51.904125	1.92	69.9817
2.0 - 2.1	15	2.05	30.75	63.0375	129.22075	4.32	74.3017
2.1 - 2.2	8	2.15	17.2	36.98	79.507	2.42	76.7217
2.2 - 2.3	16	2.25	36	81	182.25	5.06	81.7817
2.3 - 2.4	2	2.35	4.7	11.045	25.95575	0.661	82.4427
2.4 - 2.5	10	2.45	24.5	60.025	147.06125	3.44	85.8827
2.5 - 2.6	23	2.55	58.65	149.5575	381.971625	8.24	94.1227
\sum	684		711.377	920.999	1576.2849		

$$\sum x*f = 711.377$$

$$X_{NL} = \frac{\sum x*f}{\sum f} = \frac{711.377}{684} = 1.04 \text{ sayı - uzunluk}$$

$$\sum x^3*f = 1576.2849$$

$$X_{sv} = \frac{\sum x^3*f}{\sum x^2*f} = \frac{1576.2849}{920.99} = 1.71 \text{ yüzey alanı - hacim}$$

5. BURDUR - YEŞİLOVA KROMİTLERİNİN ZENGİNLEŞTİRME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmada boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme, sallantılı masa, manyetik ayırma ve flotasyon yöntemleri denenmiştir.

5.1. Boyut Küçültme ve Boyuta Göre Sınıflandırma ile Zenginleştirme

Cevher içerisinde bulunan minerallerin, sertlik, kırılgenlik, gevreklik, dilimlenme gibi özelliklerine bağlı olarak boyut küçültme işlemi sonucunda farklı tane boyutlarında toplanmaları sağlanabilmektedir.

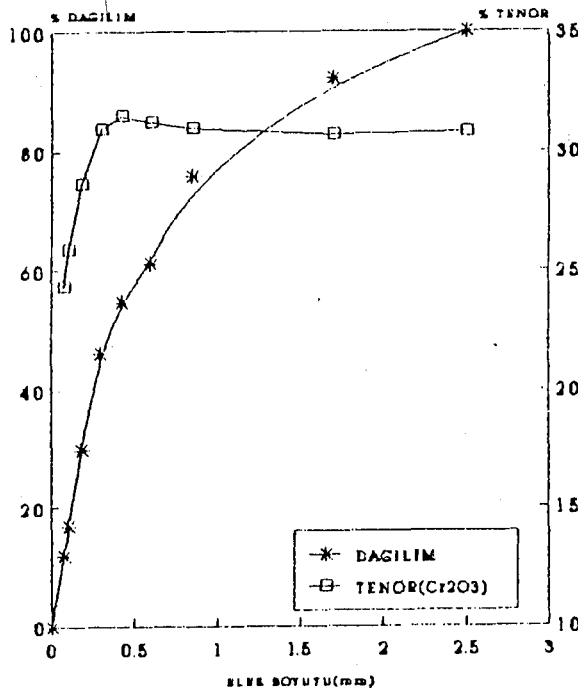
Burdur-Yeşilova krom cevherinin gang minerallerinden birincil silikatlardan olan olivin ve serpantin mols skalasına göre sırasıyla 6.5 ve 3.5 sertliğe sahiptirler. Diğer taraftan, kromit mineralinin sertliği 5.5'dur. Bu sonuçtan boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme olanakları araştırılmıştır.

5.1.1. Kırma deneyleri

İri parça halinde (10 -20 cm.) laboratuvara getirilen cevher, önce laboratuvar tipi Çeneli kırıcıda 8 mm.'den geçirildikten sonra 2.5 mm.'nin altına merdaneli kırıcıdan geçirilmiştir. Kırılan ürünün elek analizi yapılarak boyut gruplarındaki Cr_2O_3 ve Fe_2O_3 dağılımları tespit edilerek Çizelge 5.1, Çizelge 5.2 ve Şekil 5.1., Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Merdaneli kırıcıda 2.5 mm.'nin altına kırılan temsili numunenin boyut gruplarında Cr₂O₃ tenör ve dağılımı

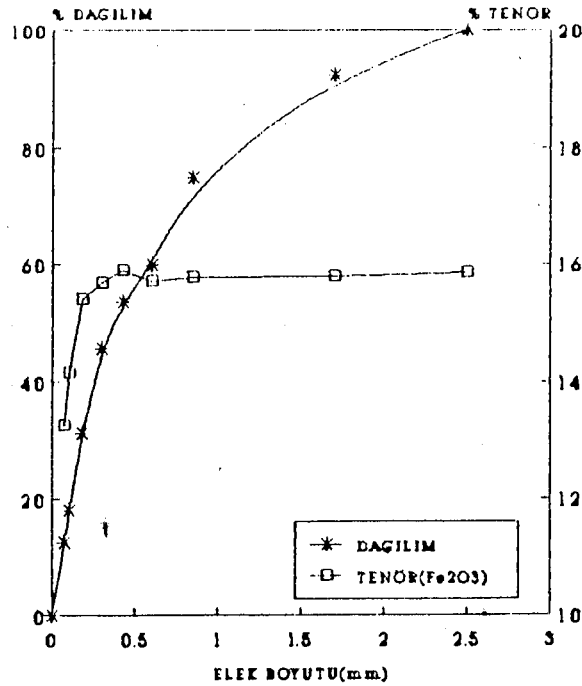
Elek Boyutu mm	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Dağılım %	Küm. Elek Altı			Küm. Elek Üstü		
				Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Dağılım %	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Dağılım %
- 2.500 + 1.700	7.47	31.89	7.73	100.00	30.81	100.00	7.47	31.89	7.73
- 1.700 + 0.850	17.24	29.61	16.57	92.53	30.72	92.27	24.71	30.30	24.30
- 0.850 + 0.600	14.95	29.97	14.54	75.29	30.98	75.70	39.66	30.18	38.84
- 0.600 + 0.425	6.90	29.05	6.51	60.34	31.23	61.16	46.56	30.01	45.35
- 0.425 + 0.300	7.47	35.09	8.51	53.44	31.51	54.65	54.03	30.71	53.86
- 0.300 + 0.180	13.79	36.30	16.24	45.97	30.93	46.14	67.82	31.85	70.11
- 0.180 + 0.106	12.07	33.20	13.01	32.18	28.62	29.90	79.82	32.08	83.11
- 0.106 + 0.075	5.17	30.31	5.09	20.11	25.88	16.69	85.06	31.95	88.20
- 0.075 + 0.000	14.94	24.34	11.80	14.94	24.34	11.60	100.00	30.81	100.00
TOPLAM	100.00	30.81	100.00						



Şekil 5.1. Kırılmış cevherin Cr₂O₃ tenör ve Dağılımı

Çizelge 5.2. Merdaneli Kırıcıda 2.5 mm.'nin altına kırılan temsili numunenin boyut gruplarındaki Fe₂O₃ tenör ve dağılımı

Elek Boyutu mm	Miktar %	Tenör % Fe ₂ O ₃	Dağılım %	Köm. Elek Altı			Köm. Elek Üstü		
				Miktar %	Tenör % Fe ₂ O ₃	Dağılım %	Miktar %	Tenör % Fe ₂ O ₃	Dağılım %
- 2.500 + 1.700	7.47	16.52	7.78	100.00	15.84	100.00	7.47	16.52	7.78
- 1.700 + 0.850	17.24	15.89	17.29	92.53	15.79	92.22	24.71	16.08	25.07
- 0.850 + 0.600	14.95	15.99	15.09	75.29	15.77	74.93	39.66	16.05	40.16
- 0.600 + 0.425	6.90	14.28	6.22	60.34	15.71	59.84	46.56	15.78	46.38
- 0.425 + 0.300	7.47	17.23	8.12	53.44	15.90	53.62	54.03	15.98	54.50
- 0.300 + 0.180	13.79	16.33	14.21	45.97	15.68	45.50	67.82	16.05	68.71
- 0.180 + 0.106	12.07	17.47	13.31	32.18	15.41	31.29	79.89	16.27	82.02
- 0.106 + 0.075	5.17	16.72	5.46	20.11	14.16	17.98	85.06	16.30	87.48
- 0.075 + 0.000	14.94	13.27	12.52	14.94	13.27	12.52	100.00	15.84	100.00
TOPLAM	100.00	15.84	100.00						



Şekil 5.2. Kırılmış cevherin Fe₂O₃ tenör ve dağılımı

5.1.2. Öğütme ve eleme deneyleri

Merdaneli kırıcıda 2.5 mm.'nin altına indirilen cevher tane serbestleşme boyutunun altına indirmek ve öğütme süresini saptamak amacıyla öğütme deneyleri yapılmıştır.

Flotasyonda seçiciliği azaltığı ve reaktif sarfiyatının artmasına neden olduğu düşünülerek şlamı azaltmak amacıyla öğütme deneyleri çubuklu değirmende yapılması düşünülmüş ve kademeli ve kademeli öğütme işlemleri karşılaştırılmıştır.

Öğütme işlemlerinde öğütme laboratuvarında mevcut 220 mm. çapında 330 mm. dış uzunluğunda ki Çubuklu değirmen kullanılmıştır. Söz konusu değirmende toplam ağırlığı 6395 kg. olan 4 adet 20 mm., 5 adet 15 mm., 5 adet 10 mm. ve 9 adet 5 mm. çaplı, 23 adet çubuk dolgusu ile çalışılmıştır. Daha önce üç ayrı kademede 2.5 mm.'nin altına kırılan cevher serbestleşme boyutu olarak kabul edilen 0.425 mm.'lik elekten elenerek, elek üstünde kalan malzeme bu değirmende 60 dv/dk'lık bir hız ile 500 gr'lık numuneler halinde öğütme testlerine tabi tutulmuştur.

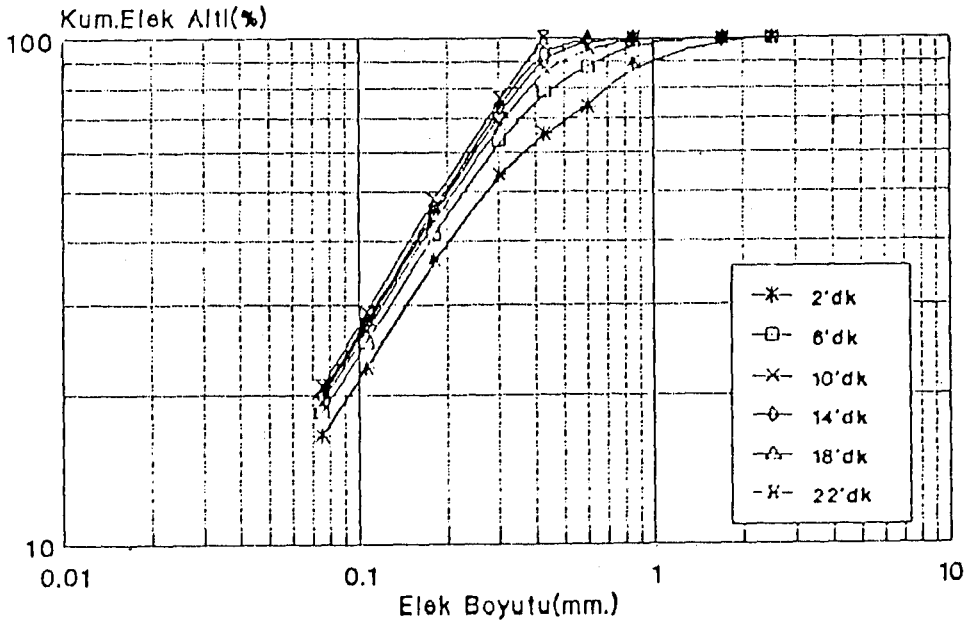
Kademeli öğütme şartlarında, çubuklu değirmende 2-4-6-10-14-18-22 dakikalık aralarda 0.425 mm.'lik elekten malzeme elenmiş ve elek üstü tekrar öğütmeye tabi tutulmuştur.

Aynı sürelerde kademeli ve kademeli öğütme deneylerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.3., 5.4., ve Şekil 5.3., 5.4.'de gösterilmiştir.

Bu sonuçlardan 22 dk sonunda her iki öğütme deneylerinde 0.425 mm.'nin altına % 100'ü geçmektedir. Fakat 0.075 mm.'nin altına geçen miktar olarak kademeli öğütmede %

Çizelge 5.3. Kademeli öğütme deneylerinden elde edilen öğütme süresine bağlı olarak kümülatif % elek altı değerleri

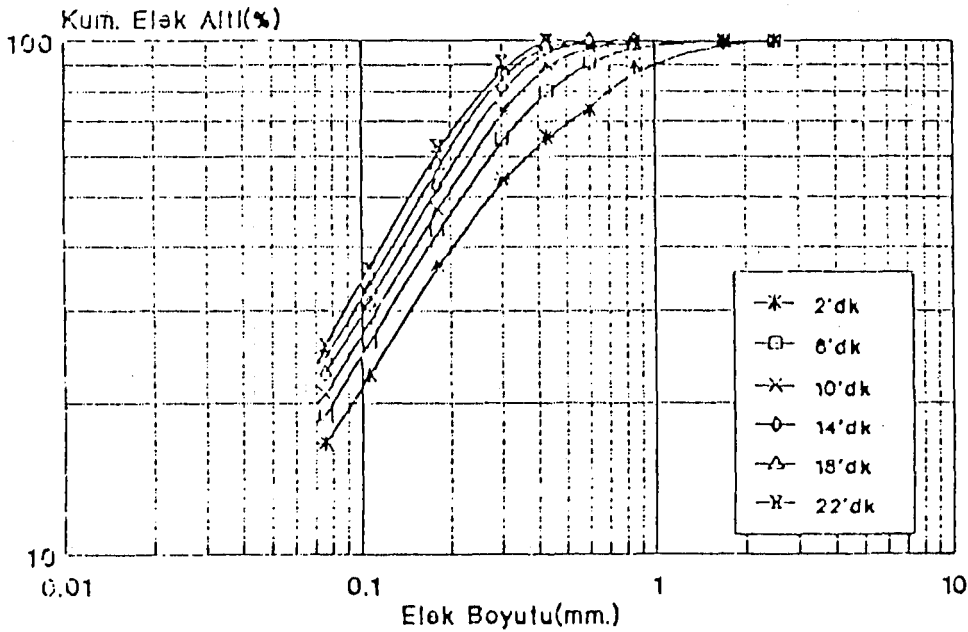
Elek Boyutu		Ö Ğ Ü T M E S Ü R E S İ					
mm.	Ürün	2' dk.	6' dk.	10' dk.	14' dk.	18' dk.	22' dk.
- 2.500 + 1.700	100.00	100.00	100.00	—	—	—	—
- 1.700 + 0.850	92.53	99.12	99.73	100.00	100.00	—	—
- 0.850 + 0.600	75.29	89.79	98.93	99.86	99.98	100.00	—
- 0.600 + 0.425	60.34	73.59	87.90	95.42	98.37	99.87	—
- 0.425 + 0.300	53.44	65.14	78.83	87.47	93.03	97.51	100.00
- 0.300 + 0.180	45.97	54.24	63.18	68.04	71.20	73.44	76.42
- 0.180 + 0.106	32.18	36.76	41.42	43.82	45.35	46.47	48.39
- 0.106 + 0.075	20.11	22.66	25.31	26.55	27.32	27.93	28.95
- 0.075 + 0.000	14.94	16.61	18.48	19.39	19.90	20.30	20.83



Şekil 5.3. Kademeli öğütme deneylerinden elde edilen öğütme süresine bağlı olarak elek altı eğrileri

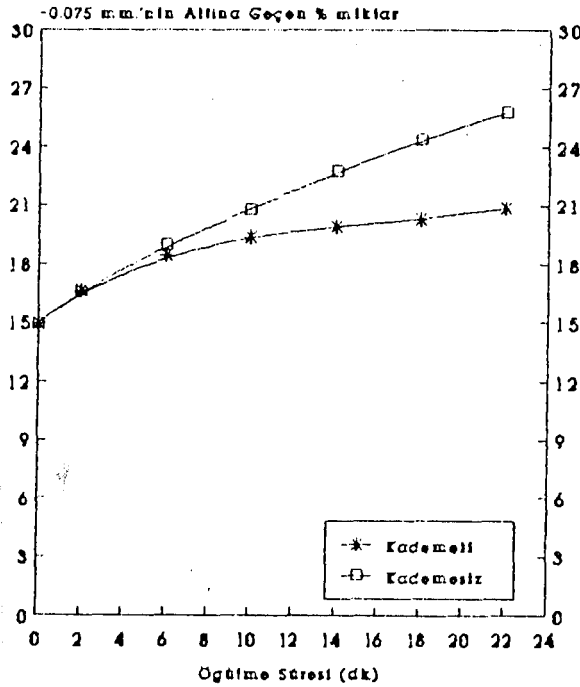
Çizelge 5.4. Kademersiz öğütme deneylerinden elde edilen öğütme süresine bağlı olarak kümülatif % elek altı değerleri

Elek Boyutu		Ö Ğ Ü T M E S Ü R E S İ					
mm.	Ürün	2' dk.	6' dk.	10' dk.	14' dk.	18' dk.	22' dk
- 2.500 + 1.700	100.00	100.00	100.00	—	—	—	—
- 1.700 + 0.850	92.53	99.12	99.70	100.00	—	—	—
- 0.850 + 0.600	75.29	89.79	98.11	99.73	100.00	—	—
- 0.600 + 0.425	60.34	73.59	91.03	97.46	99.64	100.00	—
- 0.425 + 0.300	53.44	65.14	79.97	90.20	96.91	99.18	100.00
- 0.300 + 0.180	45.97	54.24	65.10	73.83	81.50	87.95	91.07
- 0.180 + 0.106	32.18	36.76	43.02	47.52	52.56	58.08	62.91
- 0.106 + 0.075	20.11	22.66	26.15	28.46	31.00	33.21	36.30
- 0.075 + 0.000	14.94	16.61	18.97	20.75	22.72	24.38	25.75



Şekil 5.4. Kademersiz öğütme deneylerinden elde edilen öğütme süresine bağlı olarak elek altı eğrileri

25.75'i olarak elde edilirken, Kademeli öğütmede % 20.83 değerinde olmaktadır. Sonuçta kademeli öğütme ile % 4.92'lik bir miktarın şlam'a gitmesi önlenmiş olmaktadır. Kademeli ve Kademesiz öğütme deneyleri sonucu öğütme süresine bağlı olarak 0.075 mm.'nin altına geçen % miktar olarak çizilen bir grafik Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



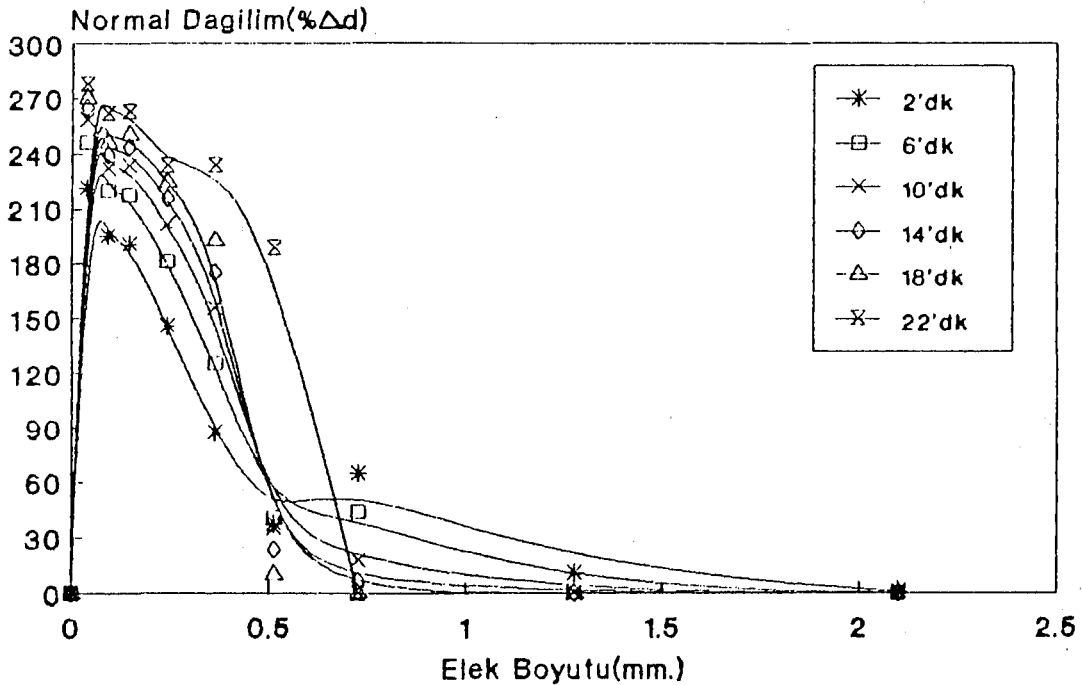
Şekil 5.7. Kademeli ve Kademesiz öğütme deneyleri sonucu 0.075 mm.'nin altına geçen % miktarın karşılaştırılması

Ayrıca yukarıda belirtilen öğütme testlerine ait elek analizi değerlerinden hesaplanan normal dağılım oranları Çizelge 5.5. ve Çizelge 5.6.'da öğütme süresine bağlı olarak verilmiş ve Şekil 5.5. , Şekil 5.6.'da normal dağılım eğrileri gösterilmiştir. Buna göre öğütme süresi artıktıkça tane boyut aralığı daralmakta, diğer bir deyişle tane iriliği, dar bir sınıf aralığında toplanmaktadır. Ayrıca kademeli öğütmede, kademesiz öğütmeye kıyasla daha iri tane iriliğinde yığılma söz konusudur.

Öğütme deneyi sonucunda öğütme süresi artıka şlam oranı ve enerji sarfiyatı artmaktadır. Bu nedenle en uygun öğütme süresi olarak 8 dakika yeterli olacaktır. Fakat bu çalışmada teknolojik olarak % 100'ünün serbestleşme boyutunun altına geçmesi öngörülmüştür.

Çizelge 5.5. Değişik öğütme süreleriyle kademeli öğütülen temsili numunenin öğütme süresine bağılı olarak normal dağılım oranlarının ($\%/ \Delta d$) karşılaştırılması

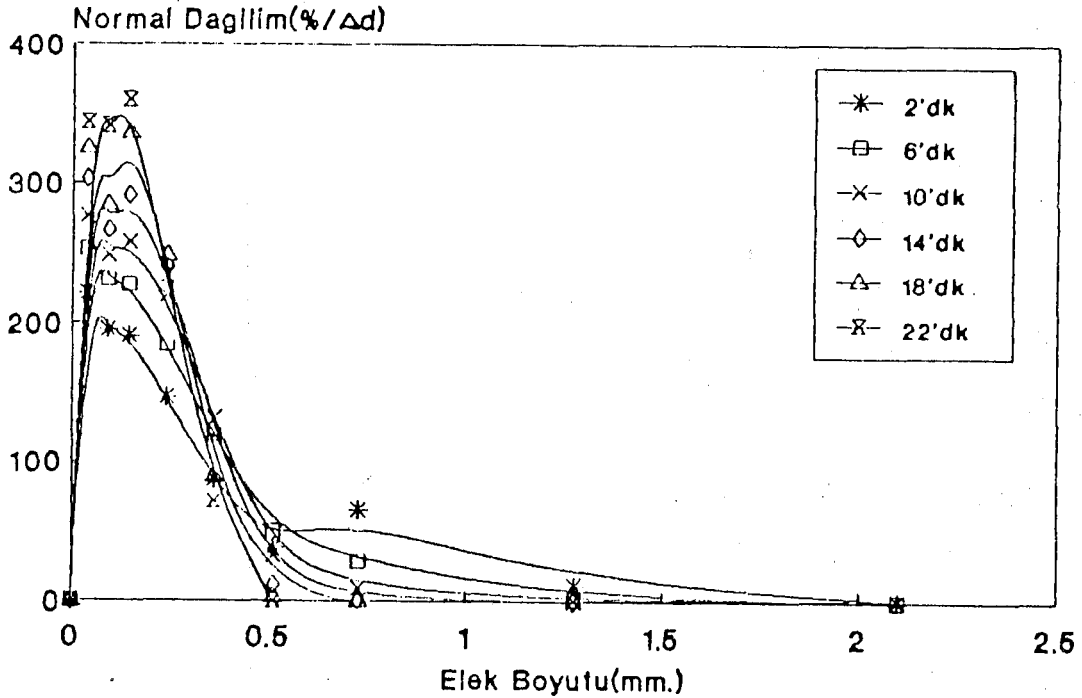
Elek Boyutu (mm.)	Ö Ğ Ü T M E S Ü R E S İ					
	2'dk	6'dk	10'dk	14'dk	18'dk	22'dk
-2.500+1.700	1.10	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
-1.700+0.850	10.98	0.94	0.16	0.03	0.00	0.00
-0.850+0.600	64.78	44.12	17.75	6.45	0.53	0.00
-0.600+0.425	37.56	40.33	35.34	23.73	10.46	0.00
-0.425+0.300	87.22	125.16	155.48	174.65	192.59	188.64
-0.300+0.180	145.71	181.37	201.79	215.40	224.73	233.58
-0.180+0.106	190.46	217.74	233.36	243.67	250.52	262.70
-0.106+0.075	195.15	220.19	232.16	239.19	246.30	261.94
-0.075+0.000	221.49	246.39	258.10	265.36	270.65	277.73



Şekil 5.5. Kademeli öğütme deneylerinin normal dağılım eğrileri

Çizelge 5.6. Değişik öğütme süreleriyle kademesiz öğütülen temsili numunenin öğütme süresine bağlı olarak normal dağılım oranlarının ($\%/ \Delta d$) karşılaştırılması

Elek Boyutu (mm.)	Ö Ğ Ü T M E S Ü R E S İ					
	2'dk	6'dk	10'dk	14'dk	18'dk	22'dk
-2.500+1.700	1.10	0.38	0.32	0.00	0.00	0.00
-1.700+0.850	10.98	1.87	0.32	0.00	0.00	0.00
-0.850+0.600	64.78	28.31	9.08	1.46	0.00	0.00
-0.600+0.425	37.56	49.14	32.27	12.13	3.64	0.00
-0.425+0.300	87.22	119.01	130.91	123.26	89.86	71.43
-0.300+0.180	145.71	183.95	219.29	241.13	248.94	234.71
-0.180+0.106	190.46	228.05	257.55	291.46	336.03	359.58
-0.106+0.075	195.15	231.54	248.75	267.04	284.91	340.28
-0.075+0.000	221.49	252.91	276.66	302.89	325.03	343.32



Şekil 5.6. Kademesiz öğütme deneylerinin normal dağılım eğrileri

Öğütme Sonucu zenginleştirmeye tabi tutulacak malzemenin elek analizi yapılarak boyut gruplarındaki Cr_2O_3 ve Fe_2O_3 dağılımları tespit edilerek Çizelge 5.7.'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Zenginleştirmeye tabi tutulacak malzemenin boyut grupları ve Cr_2O_3 ve Fe_2O_3 dağılımları

Elek Boyutu mm.	Miktar %	% Cr_2O_3		% Fe_2O_3		Cr/Fe Oranı
		Tenör	Dağılım	Tenör	Dağılım	
-0.425+0.300	23.58	34.30	26.26	15.99	23.80	2.09
-0.300+0.180	28.03	33.14	30.15	16.05	28.40	2.02
-0.180+0.106	19.44	30.85	19.47	16.56	20.32	1.82
-0.106+0.075	8.12	30.36	8.00	16.70	8.59	1.78
-0.075+0.000	20.83	23.84	16.12	14.30	18.89	1.63
Toplam	100.00	30.81	100.00	15.84	100.00	1.90

5.1.3. Boyut küçültme ve boyuta göre sınıflandırma deneylerinden elde edilen sonuçlar

Kırma deneyleri ve öğütme deneyleri sonucu tane boyutu küçüldükçe Cr_2O_3 tenörünün azaldığı görülmekte ve kromitiş yan taşlarına oranla daha az oranda kırılğan olduğu anlaşılmaktadır. Fakat tam bir zenginleşme gözlenmemektedir.

Öğütme deneylerinden kademeli ve kademesiz öğütme işlemleri karşılaştırıldığında kademeli öğütme ile 0.075 mm.'nin altına inen şlam miktarında % 4.92'lik bir kazanç elde edilmektedir. Ayrıca öğütme süresi artıka tane boyut aralığı daralmakta, böylelikle gravite zenginleştirme deneyleri için bir avantaj sağlanmaktadır.

5.2. Sallantılı Masa Testleri

Sallantılı masa ile zenginleştirme işlemi, kromit tanelerinin 1 mm.'den daha küçük boyutlarda ve kromit ve silikat gang mineralleri (olivin ve serpantin) arasında özgül ağırlıklarında tamamen bir farklılık olduğu zaman daha çok tercih edilmektedir. Burdur - Yeşilova cevherindeki kromit, olivin ve serpantin sırasıyla 4.1 - 4.9; 3.21 - 3.33 ve 2.5 2.65 gr/cm³ yoğunluklara sahip olduklarından sallantılı masaya verildiğinde temiz kromit konsantresi kazanmak mümkündür.

Zenginleştirmenin amacı, % 46 - 48'lik Cr₂O₃ tenörlü ve % 5'den az silika içeriğine sahip bir konsantreyi sağlanmaktadır.

Zenginleştirme testleri için, bir laboratuvar tip WILFLEY sallantılı masa uzunluğu 99.5 cm., genişliği 46 34.5 cm. olup, 1.4 cm. strok ile değişik eğim ve hız ile çalışılmıştır. Cevher bir vibrasyon ile sallantılı masaya beslenmiş ve su miktarı ince boyutta azaltılmıştır.

Cevher, tane serbestleşmesi etütleri sonucunda en uygun sonucu 0.425 mm.'ni altına öğütülmüş ve ayırma etkinliğini artırmak amacıyla masaya beslenmeden önce -0.425+0.300, -0.300+0.180, -0.180+0.106, -0.106+0.075 mm. boyutlarına sınıflandırılmıştır. 0.075 mm.'nin altı şlam'a gittiği ve randımanlı bir ayırmanın olmaması nedeniyle flotasyon ile zenginleştirme amaçlanmıştır.

Sallantılı masa çalışmalarında; Eğim, yıkama suyu miktarı boyuta göre değiştirilerek en uygun hız saptanmaya çalışılmıştır.

Sallantılı masalarda konsantrasyon kriteri 1.25'in üstünde olan herhangi bir mineral diğerinden ayrılabilir.

Ve bu değer artıkça hassasiyeti artar. Çalışmaya esas olan Burdur-Yeşilova kromitlerinin konsantrasyon kriteri;

$$\begin{aligned} \text{Kromitin özgül ağırlığı} &= 4.6 \\ \text{Olivinin özgül ağırlığı} &= 3.3 \\ \text{Serpantin özgül ağırlığı} &= 2.6 \end{aligned}$$

$$\text{Konsantrasyon kriteri} = \frac{\text{Ağır Min. Öz. Ağ.} - \text{Ortam Öz. Ağ.}}{\text{Hafif Min. Öz. Ağ.} - \text{Ortam Öz. Ağ.}}$$

$$\text{Kromit - Olivin kons. kriteri} = \frac{4.6 - 1}{3.3 - 1} = 1.56,$$

$$\text{Kromit - Serpantin kons. kriteri} = \frac{4.6 - 1}{2.6 - 1} = 2.25,$$

olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda kromitin yan taşlarından ayrılması sallantılı masa ile mümkün olmaktadır. Daha önceki minerolojik incelemeler sonucu Burdur-Yeşilova kromitlerinin ağırlıklı olarak gang minerali olarak serpantin içermesi nedeniyle zenginleştirmenin çok kolay olacağı söylenebilir.

Sallantılı masa ile zenginleştirmede;

İri boyutlu cevherlerde : Uzun genlik - düşük hız, fazla eğim, fazlama besleme, fazla yıkama ve besleme suyu.

İnce boyutlu cevherlerde : Kısa genlik - yüksek hız, yatay'a yakın eğim, alçak eşik veya eşiksiz, az besleme, az yıkama ve besleme suyu kullanılır.

Deneyler esnasında sallantılı masa'nızın genliği (strok) sabit olduğu için genlik değişimi gözönüne alınmamıştır.

Sallantılı masa ile yapılan deneyler sonucunda konsantre, araürün ve artık olmak üzere üç ayrı ürün alınmıştır. Ara ürünün mikroskopik çalışmaları ile serbestleşmemiş tanelerden ve ağırlıklı olarak olivin içerdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle öğütölüp masaya verilmesi ile yeterli zenginleştirmenin elde edilemeyeceğinden dolayı 0.106 mm.'nin altına öğütöldükten sonra flotasyonda; 0.075 mm.'nin altı için tespit edilen en iyi şartlar uygulanmıştır.

Deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 5.8., 5.9., 5.10., 5.11. ve Şekil 5.8., 5.9., 5.10., 5.11.'de gösterilmiştir.

- 0.425 + 0.300 mm. tane boyutunun deney şartları;

Strok : 14 mm
 Besleme Hızı : 50 kg/h
 Masa Eğimi : 1/26
 Frekans : 250 - 300 - 360 dv/dk

- 0.300 + 0.180 mm. tane boyutunun deney şartları;

Strok : 14 mm
 Besleme Hızı : 50 kg/h
 Masa Eğimi : 1/26
 Frekans : 250 - 300 - 360 dv/dk

- 0.180 + 0.106 mm. tane boyutunun deney şartları;

Strok : 14 mm
 Besleme Hızı : 25 kg/h
 Masa Eğimi : 1/45
 Frekans : 250 - 300 - 360 dv/dk

- 0.106 + 0.075 mm. tane boyutunun deney şartları;

Strok : 14 mm

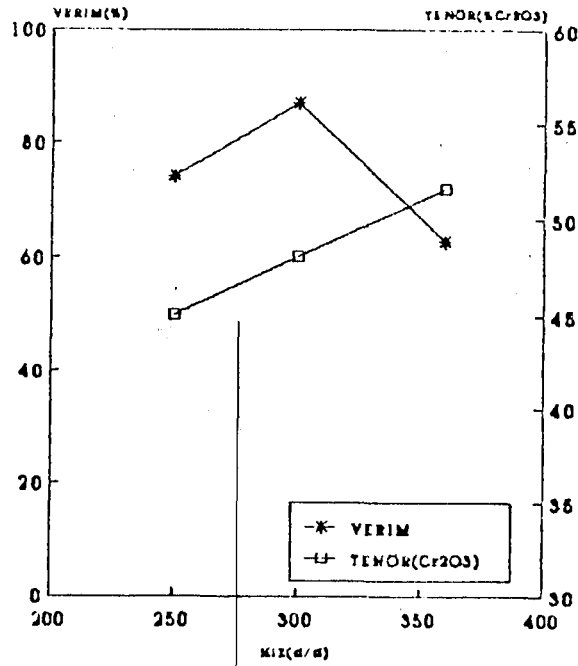
Besleme Hızı : 25 kg/h

Masa Eğimi : 1/45

Frekans : 250 - 300 - 360 dv/dk

Çizelge 5.8. - 0.425 + 0.300 mm tane boyutu frekans denemeleri

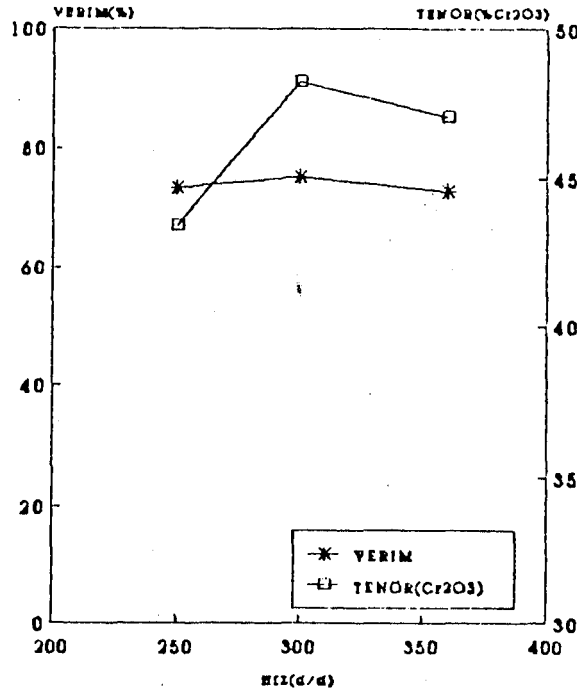
Frekans dv/dk	Ürünler	Miktar %	Cr ₂ O ₃	
			Tenör	Verim
250	Kons. -1	56.42	45.05	74.11
	A.Ür. -1	21.79	33.54	21.31
	Artık -1	21.79	7.21	4.58
	B.Malı-1	100.00	34.30	100.00
300	Kons. -2	62.10	48.04	86.98
	A.Ür. -2	30.21	13.80	12.16
	Artık -2	7.69	3.85	0.86
	B.Malı-2	100.00	34.30	100.00
360	Kons. -3	41.81	51.57	62.87
	A.Ür. -3	31.56	30.16	27.75
	Artık -3	26.63	12.08	9.38
	B.Malı-3	100.00	34.30	100.00



Şekil 5.8. -0.425+0.300 mm. tane boyutunun frekans denemeleri eğrisi

Çizelge 5.9. - 0.300 + 0.180 tane boyutunun frekans denemeleri

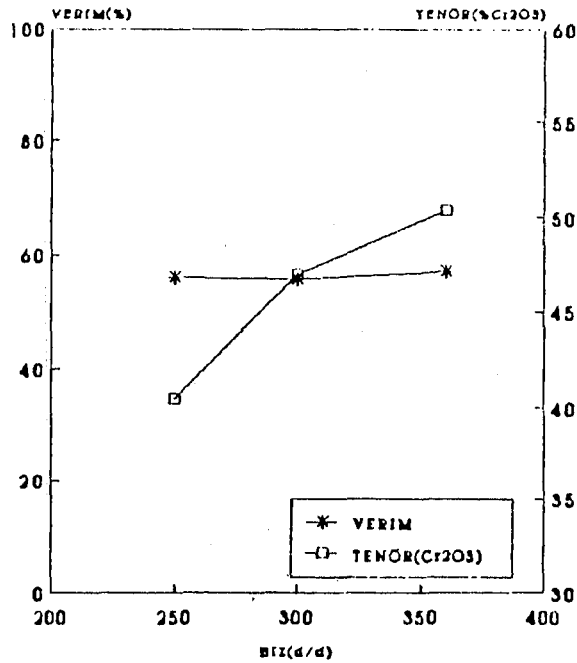
Frekans dv/dk	Ürünler	Miktar %	Cr ₂ O ₃	
			Tenör	Verim
250	Kons. -1	56.01	43.44	73.41
	A.Ür. -1	19.12	35.51	20.49
	Artık -1	24.87	8.13	6.10
	B.Malı-1	100.00	33.14	100.00
300	Kons. -2	51.73	48.22	75.26
	A.Ür. -2	18.88	35.40	20.16
	Artık -2	29.39	5.15	4.58
	B.Malı-2	100.00	33.14	100.00
360	Kons. -3	51.27	47.05	72.78
	A.Ür. -3	10.15	25.24	7.73
	Artık -3	38.58	16.76	19.49
	B.malı-3	100.00	33.14	100.00



Şekil 5.9. -0.300+0.180 mm tane boyutunun frekans denemeleri eğrisi

Çizelge 5.10. - 0.180+0.106 mm. tane boyutunun frekans denemeleri

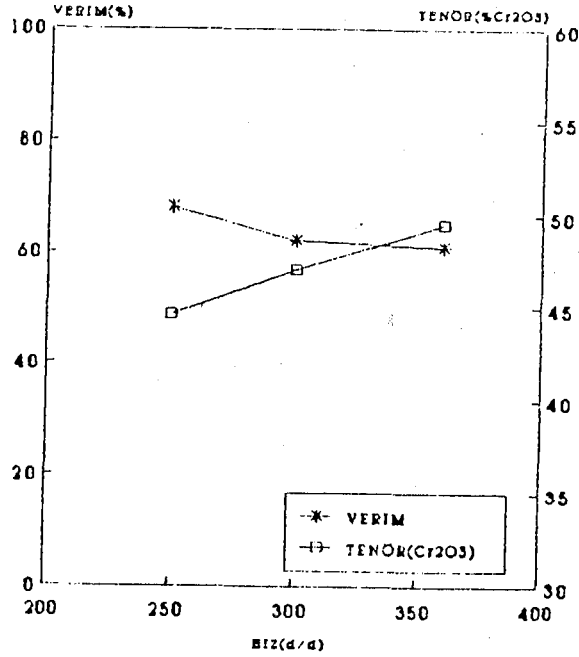
Frekans dv/dk	Ürünler	Miktar %	Cr ₂ O ₃	
			Tenör	Verim
250	Kons. -1	42.81	40.42	56.09
	A.Ür. -1	36.99	33.47	40.14
	Artık -1	20.20	5.75	3.77
	B.Malı-1	100.00	30.85	100.00
300	Kons. -2	36.62	46.98	55.77
	A.Ür. -2	30.93	35.30	35.39
	Artık -2	32.39	8.42	8.84
	B.Malı-2	100.00	30.85	100.00
360	Kons. -3	35.00	50.41	57.19
	A.Ür. -3	25.03	36.16	29.34
	Artık -3	39.97	10.40	13.47
	B.Malı-3	100.00	30.85	100.00



Şekil 5.10. -0.180+0.106 mm. tane boyutunun frekans denemeleri eğrisi

Çizelge 5.11. - 0.106+0.075 mm. tane boyutunun frekans denemeleri

Frekans dv/dk	Ürünler	Miktar %	Cr ₂ O ₃	
			Tenör	Verim
250	Kons. -1	46.35	44.62	68.14
	A.Ür. -1	25.12	27.63	22.87
	Artık -1	28.53	9.56	8.99
	B.Malı-1	100.00	30.36	100.00
300	Kons. -2	40.10	47.06	62.17
	A.Ür. -2	26.33	38.42	33.33
	Artık -2	33.57	4.07	4.50
	B.Malı-2	100.00	30.36	100.00
360	Kons. -3	37.48	49.51	61.12
	A.Ür. -3	27.65	36.35	33.12
	Artık -3	34.87	5.02	5.76
	B.Malı-3	100.00	30.36	100.00



Şekil 5.11. -0.106+0.075 mm. tane boyutunun frekans denemeleri eğrisi

Sallantılı masa ile yapılan deneyler sonucunda en iyi sonuçlar;

- 0.425 + 0.300 mm. tane boyutu için;

Strok : 14 mm
Besleme Hızı : 50 kg/h
Masa Eğimi : 1/26
Frekans : 300 dv/dk

- 0.300 + 0.180 mm. tane boyutu için;

Strok : 14 mm
Besleme Hızı : 50 kg/h
Masa Eğimi : 1/26
Frekans : 300 dv/dk

- 0.180 + 0.106 mm. tane boyutu için;

Strok : 14 mm
Besleme Hızı : 25 kg/h
Masa Eğimi : 1/45
Frekans : 360 dv/dk

- 0.106 + 0.075 mm. tane boyutu için;

Strok : 14 mm
Besleme Hızı : 25 kg/h
Masa Eğimi : 1/45
Frekans : 360 dv/dk

yukardaki şartlar sabit tutulduğu zaman elde edilmiştir.

En uygun koşullarda elde edilen en iyi verimler ve tenörler Çizelge 5.12.'de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Sallantılı masa deneylerinde en uygun koşullarda elde edilen toplu sonuçlar

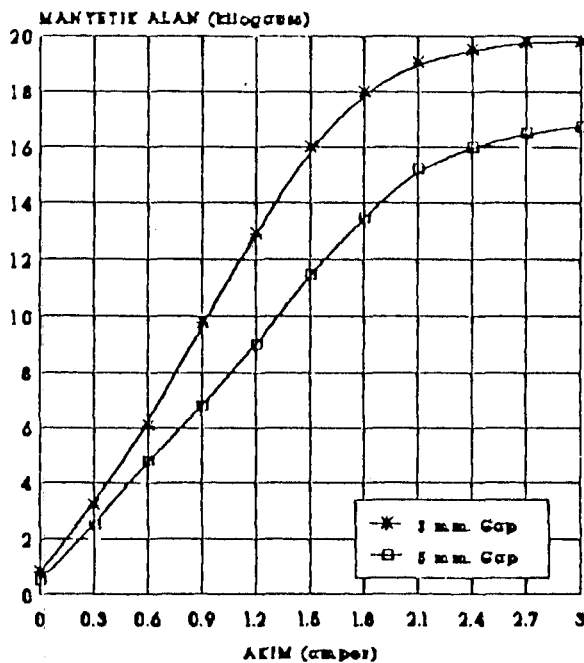
Boyut Aralığı mm	Ürünler	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃		Cr/Fe
			Tenör	Verim	Tenör	Verim	
-0.425+0.300	Kons. -1	62.10	48.04	86.98	20.95	81.36	2.24
	A.Ür. -1	30.21	13.80	12.16	8.54	16.14	1.58
	Artık -1	7.69	3.85	0.86	5.20	2.50	0.72
	B.Malı-1	100.00	34.30	100.00	15.99	100.00	2.09
-0.300+0.180	Kons. -2	51.73	48.22	75.26	20.37	65.66	2.31
	A.Ür. -2	18.88	35.40	20.16	15.88	18.68	2.18
	Artık -2	29.39	5.15	4.58	8.55	15.66	0.59
	B.Malı-2	100.00	33.14	100.00	16.05	100.00	2.02
-0.180+0.106	Kons. -3	35.00	50.41	57.19	23.89	50.49	2.01
	A.Ür. -3	25.03	36.16	29.34	18.09	26.58	1.98
	Artık -3	39.97	10.40	13.47	9.50	22.93	1.07
	B.Malı-3	100.00	30.85	100.00	16.56	100.00	1.77
-0.106+0.075	Kons. -4	37.48	49.51	61.13	23.61	52.99	2.00
	A.Ür. -4	27.65	36.35	33.11	20.95	34.69	1.65
	Artık -4	34.87	5.02	5.76	5.90	12.32	0.81
	B.Malı-4	100.00	30.36	100.00	16.70	100.00	1.73

5.3. Manyetik ayırma ile zenginleştirme testleri

Bu bölümde gravite yöntemi ile zenginleştirme işlemine alternatif olabilecek manyetik ayırma ile zenginleştirme işlemi denenmiştir.

Daha önce'de bahsedildiği gibi kromit cevherlerinin gang minerallerinden olivinin ağırlıklı olarak fazla bulunması durumunda manyetik ayırma işlemine tabi tutulmaktadır. Burdur - Yeşilova kromit cevher örneklerinde gang mineraleri olarak olivinin çok az bulunmasına karşın cevherin manyetik ayırıcıda zenginleştirilip, zenginleştirilemeyeceği araştırılmıştır.

Bu amaçla, amaca uygun yüksek alan şiddetli yağ manyetik ayırıcıların fiatları çok yüksek olması nedeniyle yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcıların kullanılma olanaklarını araştırmak için laboratuvarımızda mevcut olan Carpo tipi yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcı kullanılmıştır. Cihazın alan şiddeti akım şiddeti ilişkisi uygulanabilir değişik açıklıklar için katalogundan alınmış ve Şekil 5.12.' de gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Manyetik ayırıcının alan şiddeti-akım ilişkisi

Daha öncede belirtildiği gibi, cevherin serbestleşme boyutu olan 0.425 mm.'nin altına indirilen numune ayırımın daha iyi olması açısından - 0.425 + 0.300 mm., - 0.300 + 0.180 mm., - 0.180 + 0.106 mm. ve - 0.106 + 0.075 mm. boyut aralıklarında sınıflandırılarak separatöre besleme yapılmış, - 0.075 mm.'nin altı cihazın kataloğunda öngörüldüğü üzere ayırmayı güçleştirdiği için zenginleştirmeye tabi tutulmamıştır.

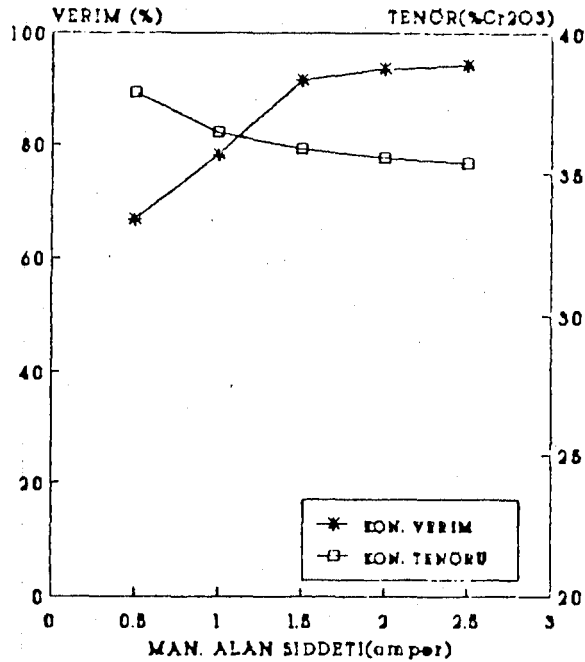
Manyetik ayırma deneylerinde öncelikle manyetik alan şiddetinin etkisi incelenmiştir. Bu 4 farklı boyut grubunda besleme hızı - 0.425 + 0.300 ve - 0.300 + 0.180 mm. de 40 gr/dk , - 0.180 + 0.106 ve - 0.106 + 0.075 mm.'de ise 25 gr/dk olarak sabit tutulmuş ve tambur hızı 50 dv/dk, bıçak açıklığı 2 cm., tambur ile kutup arasındaki açıklık 3 mm.'dir.

Manyetik alan şiddeti deney sonuçları Çizelge 5.13., 5.14., 5.15., 5.16. ve Şekil 5.13., 5.14., 5.15., 5.16.'da gösterilmiştir.

Bu ön deneyler sonucunda yeterli oranda bir zenginleştirme elde edilememiştir. Bundan dolayı manyetik ayırma deneylerine devam edilmemiştir.

Çizelge 5.13. - 0.425 + 0.300 mm. tane boyut aralığında yapılan man. alan şiddeti deneyleri

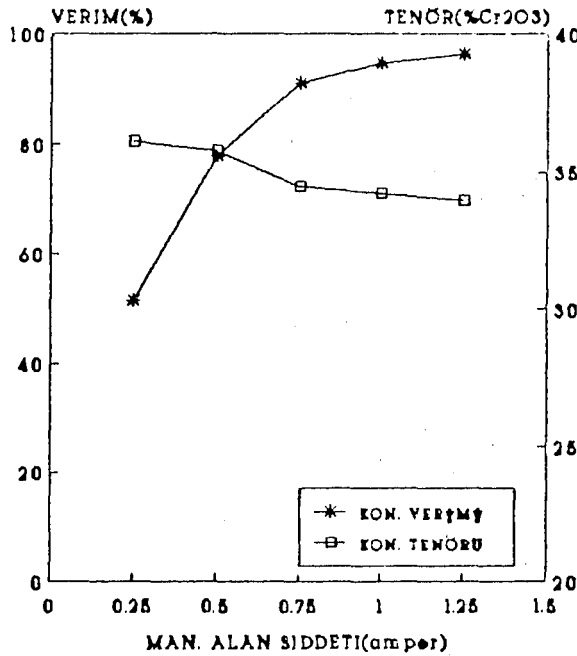
M.A.Ş. Amper	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
0.5	Kon. -1	60.61	37.85	66.88
	Artık -1	39.39	28.84	33.12
	B.Malı-1	100.00	34.30	100.00
1.0	Kon. -2	73.68	36.45	78.30
	Artık -2	26.32	28.28	21.70
	B.Malı-2	100.00	34.30	100.00
1.5	Kon. -3	87.50	35.88	91.53
	Artık -3	12.50	23.23	8.47
	B.Malı-3	100.00	34.30	100.00
2.0	Kon. -4	90.32	35.56	93.65
	Artık -4	9.68	22.51	6.35
	B.Malı-4	100.00	34.30	100.00
2.5	Kon. -5	91.43	35.34	94.22
	Artık -5	8.57	23.14	5.78
	B.Malı-5	100.00	34.30	100.00



Şekil 5.13. - 0.425 + 0.300 mm. tane boyutunda yapılan amper deneyleri

Çizelge 5.14. - 0.300 + 0.180 mm. tane boyut aralığında yapılan man. alan şiddeti deneyleri

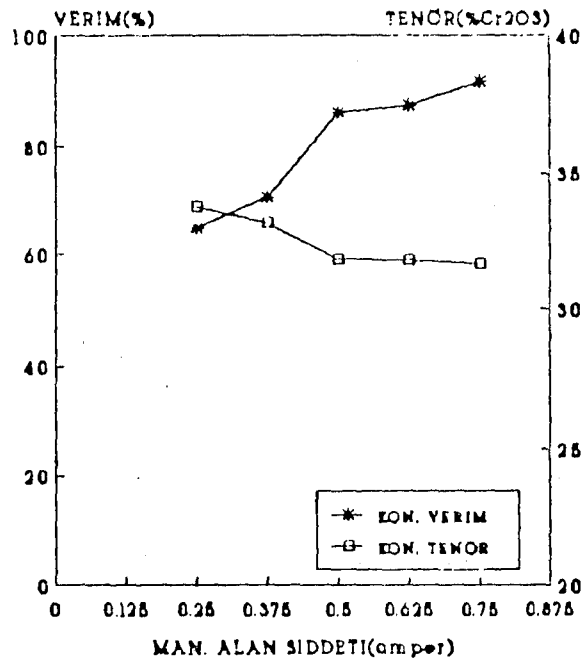
M.A.Ş. Amper	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
0.25	Kon. -1	47.62	36.10	51.87
	Artık -1	52.38	30.45	48.13
	B.Malı-1	100.00	33.14	100.00
0.50	Kon. -2	72.23	35.77	77.96
	Artık -2	27.27	26.78	22.04
	B.Malı-2	100.00	33.14	100.00
0.75	Kon. -3	87.50	34.48	91.04
	Artık -3	12.50	23.76	8.96
	B.Malı-3	100.00	33.14	100.00
1.00	Kon. -4	91.67	34.20	94.60
	Artık -4	8.33	21.48	5.42
	B.Malı-4	100.00	33.14	100.00
1.25	Kon. -5	94.01	33.94	96.27
	Artık -5	5.99	20.62	3.73
	B.Malı-5	100.00	33.14	100.00



Şekil 5.14. - 0.300 + 0.180 mm. tane boyutunda yapılan amper denemeleri

Çizelge 5.15. - 0.180 + 0.106 mm. tane boyut aralığında yapılan man. alan şiddeti deneyleri

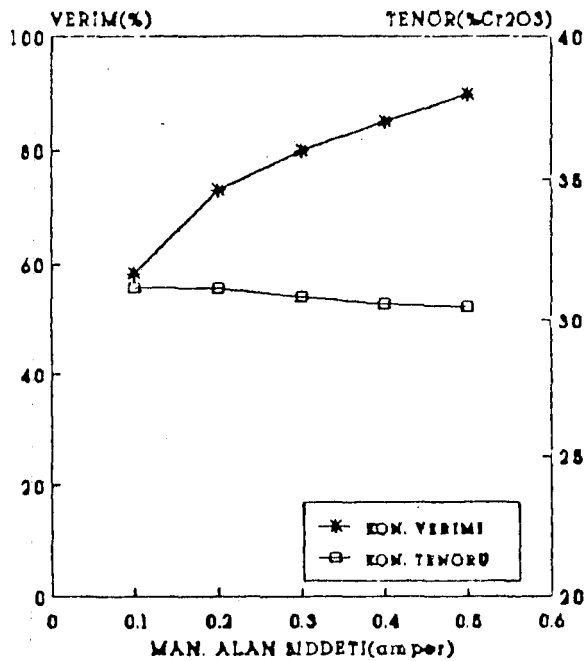
M.A.Ş. Amper	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
0.25	Kon. -1	59.26	33.75	64.83
	Artık -1	40.74	26.63	35.17
	B.Malı-1	100.00	30.85	100.00
0.38	Kon. -2	65.71	33.16	70.63
	Artık -2	34.29	26.42	29.37
	B.Malı-2	100.00	30.85	100.00
0.50	Kon. -3	83.65	31.81	86.25
	Artık -3	16.35	25.94	13.75
	B.Malı-3	100.00	30.85	100.00
0.63	Kon. -4	85.04	31.76	87.55
	Artık -4	14.36	25.68	12.45
	B.Malı-4	100.00	30.85	100.00
0.75	Kon. -5	89.49	31.65	91.81
	Artık -5	10.51	24.04	8.19
	B.Malı-5	100.00	30.85	100.00



Şekil 5.15. - 0.180 + 0.106 mm. tane boyutunda yapılan amper deneyleri

Çizelge 5.16. - 0.106 + 0.075 mm. tane boyut aralığında yapılan man. alan şiddeti deneyleri

M.A.Ş. Amper	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
0.1	Kon. -1	56.70	31.20	58.29
	Artık -1	43.30	29.24	41.71
	B.Malı-1	100.00	30.35	100.00
0.2	Kon. -2	71.12	31.16	73.02
	Artık -2	28.81	28.42	26.98
	B.Malı-2	100.00	30.35	100.00
0.3	Kon. -3	78.72	30.82	79.94
	Artık -3	21.28	28.61	20.06
	B.Malı-3	100.00	30.35	100.00
0.4	Kon. -4	84.54	30.58	85.18
	Artık -4	15.46	29.09	14.82
	B.Malı-4	100.00	30.35	100.00
0.5	Kon. -5	89.47	30.48	89.85
	Artık -5	10.53	29.25	10.15
	B.Malı-5	100.00	30.35	100.00



Şekil 5.16. - 0.106 + 0.075 mm. tane boyutunda yapılan amper denemeleri

5.4. Flotasyon ile Zenginleştirme Deneyleri

Sallantılı masa ile yapılan zenginleştirme işlemlerinde 0.075 mm.'nin altında yani ince fraksiyonlarda zenginleştirme verimi düşmektedir. Bu amaçla bu boyut grubu için flotasyon yöntemi uygulayarak kromitin gang minerallerinden ayrılması ile verimin artırılması düşünülmüştür.

Ayrıca sallantılı masa ara ürününün mikroskopik çalışmalar ile bu üründe serbestleşmemiş taneler ve ağırlıklı olarak olivin içerdiği tespit edilmiş ve öğütme ile tekrar masaya verilmesi ile yeterli zenginleşme elde edilemeyeceğinden dolayı 0.106 mm.'nin altına öğütülüp kromitin gang minerallerinden ayrılması ve konsantre veriminin artırılmasına çalışılmıştır.

Flotasyon ile zenginleştirme deneyleri 0.075 mm.'nin altındaki malzeme ile yapılmıştır. 0.075 mm.'nin altındaki malzemede 0.045 mm.'nin altı malzeme oranının yümsek olması flotasyon ile zenginleştirme işlemleri sırasında selektivite açısından önemli güçlükler arz etmektedir.

5.4.1. Flotasyon ile zenginleştirmede kullanılan reaktifler

Spinel grubunun bir minerali olan kromitin, flotasyon özelliği, temelde kromit taneciğinin elektrokinetik yüzey karakteristiği ile ilgilidir. Kromit Fe, Al, Mg içeriği, oluşum koşullarına bağlı olarak değişmektedir (GÜNEY, 1990).

Kromit mineral yapısındaki bu değişimler, flotasyon özelliğinin de değişmesine neden olmaktadır. Kromit flotasyonunda önemli olan ikinci bir husus da selektivitedir. Kromitin karakteristik gang mineralleri olan olivin ve serpantin, kromit ile hemen hemen benzer yüzey özelliklerine

sahip olmaları selektivitenin sağlanmasında önemli bir etkindir (GÜNEY, 1990).

Flotasyon yöntemleri ile zenginleştirmede genel olarak küçük boyutlu malzeme miktarına bağlı olarak selektivite azalmakta ve reaktif sarfiyatı artmaktadır (GÜNEY, 1990).

Üzerinde çalışmalar yapılan numuneler Çizelge 5.17.'den de izlenebileceği gibi fazla miktarda şlam (- 0.045 mm., % 72.75) içermektedir. Sistemetik flotasyon deneylerinden önce bu boyut dağılımındaki malzemede selektiviteyi sağlayabilecek reaktiflerin saptanması amaçlanmış, anyonik (Na-Oleat ve A801 + A825 karışımı) ve katyonik (Armac-C) kollektörler ile flotasyon deneyleri yapılmıştır.

Çizelge 5.17. 0.075 mm. altındaki malzemenin boyut ve boyutlara göre Cr₂O₃ değerleri

Tane Aralığı mm.	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Dağılım %	I Y.A.			I Y.Ü.		
				Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Dağılım %	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Dağılım %
-0.075+0.063	13.00	26.91	14.67	100.00	23.84	100.00	13.00	26.91	14.67
-0.063+0.045	14.25	26.41	15.79	87.00	23.38	85.33	27.25	26.65	30.48
-0.045+0.00	72.75	22.79	69.54	72.75	22.79	69.54	100.00	23.84	100.00
TOPLAM	100.00	23.84	100.00						

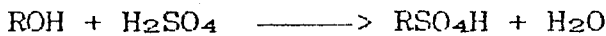
Karboksil grubunu (COO-) ihtiva eden organik asitler ve bunların tuzlarına karboksilatlar denir. Hidrokarbon zincirindeki karbon adedi 12'den fazla ise bunlara yağ asitleri adı verilmektedir. Yağ asitlerinin alkali metallerle yaptıkları bileşikler ise sabun denir. Yağ asitlerinin hidrokarbon zinciri uzadıkça, suda erimeleri güçleşir. Aynı hidrokarbon zincirine sahip yağ asitlerinde çift bağ adedi artıkça, suda çözünürlükleride artar (ATAK, 1982).

Oleik asitin tuzlarından (sabun) sodyum oleat 18 C zincirine sahiptir ve oldukça sık kullanılmaktadır (WILLS, 1981).

Sabunlar uzun zincirli dahi olsalar suda erirler. Fakat konsantrasyon çok fazla ise, eriyen moleküller hidrokarbon uçlarından birbirine bağlanarak micelle meydana getirirler. Sabunların yüksek pH'larda ortamda karboksilat iyonu konsantrasyonu artar. Asit ortamda ise çözünürlük ve buna bağlı olarak sabunun kollektörlük özellikleri çok azalır (ATAK, 1982).

Araştırmalar sırasında Na-Oleat'ın kromit yüzeyine karboksil iyonunun kimyasal adsorplandığı ortaya çıkmıştır (ATALAY v.d., 1988). Bu nedenle pH= 8 - 8.5 aralığında kromitin Na-oleat ile flotasyonu mümkün olmaktadır.

Sülfat ve sülfonatlar; alkali sülfirik asit veya sülfüroz asidinin alkali tuzlarıdır. Alkali sülfirik asit ve sülfüroz asit alkollerin asitle muamele edilmesi ile elde edilir.



Sülfirik asit yerine SO₂ gazı kullanılarak sülfatlar meydana getirilir. Sülfonatların alkali tuzları, deterjan adı altında, temizleme maksadı ile kullanılan maddelerdir. Sülfonatların gerek temizleme, gerekse flotasyon açısından sabunlara üstünlüğü, kuvvetli bir asit ve kuvvetli bir bazın tuzu olmaları ve suda tamamen çözünebilmeleridir. Bu sebeple, sülfonat flotasyonu, sabun flotasyonunun aksine, asit ortamlarda yapılabilir ve ortamda yeterli konsantrasyonda sülfonat iyonu bulunur (ATAK, 1982).

Flotasyonda kullanılan sülfonatlar hidrokarbon zincirinde 12'den fazla karbon içerirler ve mineral yüzeyindeki

metal iyonlarının hidrolizi dolayısıyla yüksek pH'larda sabunlarla flotasyonu mümkün olmayan, krom minerallerinin flotasyonunda düşük pH'da (pH= 2-4) sülfonatlar ile flotasyon yapılabilir (ATAK, 1982).

Sülfonat tipi kollektörler ile asit ortamda (pH= 2-4) demir oksitler ve krom yüzdürülebilir. Düşük pH'larda hem mineral yüzeyi temizlenmiş olur hemde silikatların flotasyonunu önler. Köpürtücü genellikle gerekmez (GENCE, 1985).

Genellikle sülfonatlar karışım halinde kullanılır ve bu taktirde verim arttığı gibi iyi bir köpük kontrolüde sağlanmış olur.

Aminler; hidrojen yerine geçen hidrokarbon zincirinin sayısına göre, primer, sekonder, tersiyer aminler olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar. Kısa zincirli aminler suda erirler, hidro karbon zinciri uzadıkça çözünürlükleri azalır ve kolloid özellikler başlar. Flotasyonda kullanılan aminler, genellikle 8'den fazla karbon zinciri ihtiva ettiklerinden, uzun zincirli sayılırlar ve suda eridikleri zaman kolloid özellikler gösterirler (ATAK, 1982).

G.E. Smith, J.L. Huiatt ve M.B. Shirts (1981); Stillwater kromit cevherleri üzerinde yaptıkları çalışmada, kromitin z.p.c. değerinin genellikle pH = 5 ile 7 arasında değiştiği, pH= 7'den büyük bazik ortamdaki negatif kromit yüzeyine pozitif amin (Armac-C) arasındaki kollektör adsorpsiyonunun elektrostatik bağlanma özelliği gösterdiği, pH= 2'deki kromit ve amin arasındaki adsorpsiyonun H₂SO₄'in sülfat iyonlarının (SO₄²⁻) amin ve kromit arasında köprü şeklinde bağ yaptığını söylemektedirler.

T.S. Jordan, Hassan El-Shall ve G.L. Zucker (1986)'in Alüminyum üzerinde yaptıkları çalışmalarda, z.p.c.'si pH= 9 olan Alüminyumun, pH= 6'daki flotasyonunun SO_4^{2-} gibi canlandırıcı kullanarak mümkün olduğunu ve SO_4^{2-} anyonunun, pozitif yüklü yüzeye spesifik olarak adsorbe olduğunu ve belkide alüminyumun yüzey şarjını tersine çevirmekte olduğunu ve böylelikle alüminyumun yüzeyi negatif şarjlı olacağı ve katyonik kollektör ile adsorbe olacağını söylemektedirler. Burada çift yüklü SO_4^{2-} anyonunun spesifik adsorpsiyonunun gerçekleştiğini ve benzer olayların diğer oksit minerallerinin flotasyonunda da (hematit, kromit v.b.) gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Flotasyon ile zenginleştirme deneylerinde sodyum oleat (yağ asitlerin tuzları), Amerikan Cyanamid Comp.'nin ürettiği ve ticari adları A-825 ve A-801 (petrol sülfonatları) ve Armour Co. şirketinin ürettiği Armac-C (primer co-co amin asetat) kullanılmıştır.

Flotasyon deneyleri, Denver tipi mekanik karıştırıcı ve kendinden havalandırıcı flotasyon makinesi kullanarak yapılmıştır.

5.4.2. En uygun kollektör cinsinin tespiti

Bu deneylerde üç tip kollektör ile denemeler yapılmıştır. Deneylerde kabul edilen şartlar daha önce kromitler için yapılan literatür bilgilerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Bu sonuçlardan en uygun verim ve tenörün Armac-C ile yapıldığında elde edilmiştir. Çizelge 5.18'de toplu sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 5.18. En uygun kollektör cinsinin tespiti için yapılan deney sonuçları

Kollektör Tipi	Örünler	Miktar X	Tenör X Cr ₂ O ₃	Verim X	Şartlar
Na- Oleat	Kon. -1	38.29	23.98	38.52	pH= 8 - 8.5 , Kon. Süresi= 5 dk. Kollektör miktarı= 1500 gr/ton X Katı = X 30, Flo. Süresi= 5 dk.
	Artık -1	61.71	23.75	61.48	
	B.Malı-1	100.00	23.84	100.00	
A801 + A825	Kon. -2	36.46	20.84	31.87	pH= 3 , Kon. Süresi = 5 dk. Kollektör miktarı= 750 + 750 gr/ton X Katı = X 30, Flo. Süresi= 5 dk.
	Artık -2	65.54	24.78	68.13	
	B.Malı-2	100.00	23.84	100.00	
Armac -C	Kon. -3	61.75	31.09	80.52	pH= 2.5, Kon. Süresi = 25 dk. Kollektör miktarı= 1500 gr/ton X Katı = X 30, Flo. Süresi = 2 dk.
	Artık -3	38.25	12.14	19.48	
	B.Malı-3	100.00	23.84	100.00	

5.4.3. En uygun pH'ın saptanması

pH saptamak amacıyla yapılan çalışmalarda, pH düzenleyici olarak H_2SO_4 kullanılmış ve optimal pH değerinin tespitine çalışılmıştır. Bu amaçla 2 - 3 - 4 - 5 - 6 pH değerlerinde aynı şartlarda flotasyon deneyleri tekrarlanmıştır. Bu şartlar şu şekildedir;

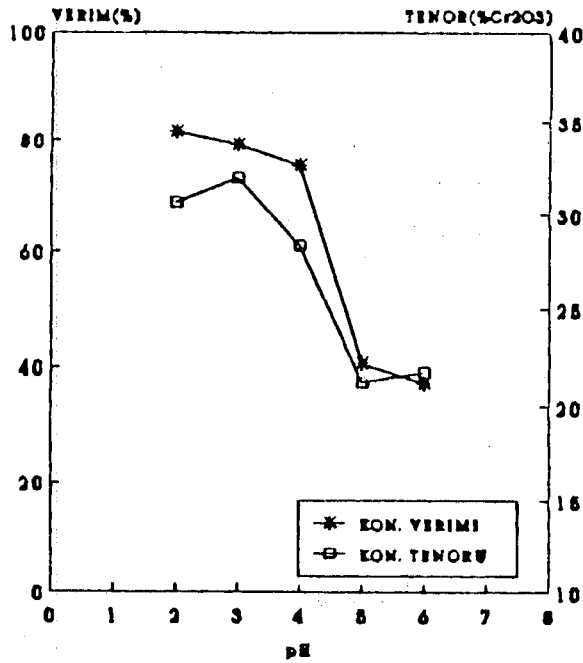
Pülp'teki katı oranı	: % 30
Armac -C	: 1500 gr/ton
Karıştırma hızı	: 1500 dv/dk
Kondüsyonlama süresi	: 25 dk.
Flotasyon süresi	: 2 dk.
Temizleme	: yapılmadı

Bu şartlarda pH= 2 değerinde yapılan flotasyon deneyinde % 81.62 verimiyle, % 30.65 Cr_2O_3 tenörlü krom konsantresi kazanılmıştır. Aynı şartlarda pH= 3 değerinde yapılan flotasyon deneyinde ise; % 79.23 verim ile, % 31.94 Cr_2O_3 tenöründe krom konsantresi üretilmiştir. Her iki pH değerinde yapılan deneylerde krom kaçağı % 12.00 ve % 12.12 Cr_2O_3 değerlerindedir. Söz konusu bu iki pH değerleri arasında bir tercihi kaba konsantre veriminin yüksek tutmak için pH= 2 değeri için kullanılmıştır.

Yapılan bu deneylerin toplu sonuçları Çizelge 5.19. ve Şekil 5.17.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.19. En uygun pH değerinin tespiti için yapılan deney sonuçları

pH	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
2	Kon. -1	63.49	30.65	81.62
	Artık -1	36.51	12.00	18.38
	B.Malı-1	100.00	23.84	100.00
3	Kon. -2	59.14	31.94	79.23
	Artık -2	40.86	12.12	20.77
	B.Malı-2	100.00	23.84	100.00
4	Kon. -3	63.44	28.35	75.45
	Artık -3	36.56	16.01	24.55
	B.Malı-3	100.00	23.84	100.00
5	Kon. -4	45.65	22.15	42.41
	Artık -4	54.35	25.26	57.59
	B.Malı-4	100.00	23.84	100.00
6	Kons. -5	40.95	21.73	37.34
	Artık -5	59.04	25.30	62.66
	B.Malı-5	100.00	23.84	100.00



Şekil 5.17. pH değerine bağlı olarak konsantrenin Cr₂O₃ tenör ve verim eğrisi

5.4.4. En uygun kollektör miktarının tespiti

Bir primer coco amin asetat olan Armac -C kollektörü, özellikle pH= 2 - 3 arasında kromitin özellikle birincil gang minerali olan serpantin ihtiva eden cevherler için ve florit cevherleri için kullanılmış ve iyi bir selektiviti sağladığı gözlenmiştir.

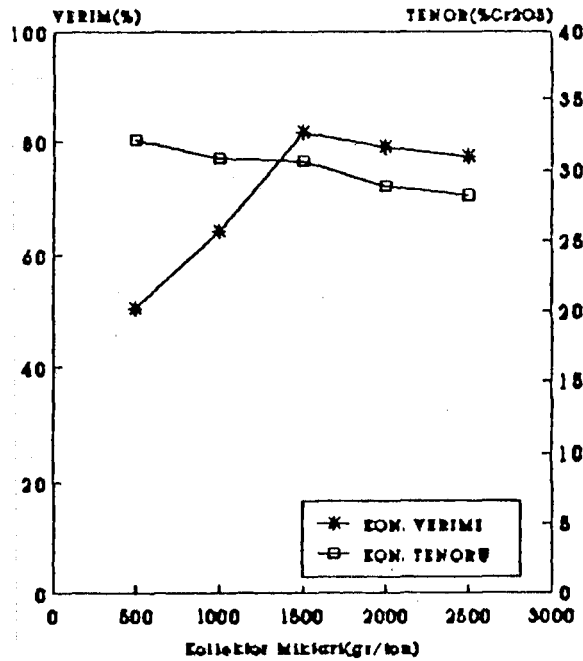
Burdur - Yeşilova kromit cevherinin selektif flotasyon yöntemi ile zenginleştirmesi için uygun kollektörün Armac -C olduğu belirlenmesi üzerine, optimal kollektör miktarının tespiti için 500 - 1000 - 1500 - 2000 - 2500 gr/ton kollektör miktarlarıyla deneyler yapılmıştır. Bu deney grubundaki deney şartları şu şekildedir;

pH	: 2 (H ₂ SO ₄ ile)
Pülp'teki katı oranı	: % 30
Kondüsyonla süresi	: 25 dk.
Karıştırma hızı	: 1500 dv/dk
Flotasyon süresi	: 2 dk
Temizleme	: yapılmadı

Yapılan bu deney sonuçlarından en iyi kollektör miktarının 1500 gr/ton da % 30.65 Cr₂O₃ konsantre tenörlü, % 81.61 verim ile konsantre üretilmiştir. Bu deneyler ile ilgili toplu sonuçlar Çizelge 5.20. ve Şekil 5.18.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.20. En uygun kollektör miktarı için yapılan deney sonuçları

Kollektör Miktarı gr/ton	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
500	Kon. -1	37.50	32.13	50.53
	Artık -1	62.50	18.87	49.47
	B.Malı-1	100.00	23.84	100.00
1000	Kon. -2	49.73	30.87	64.39
	Artık -2	50.27	16.89	35.61
	B.Malı-2	100.00	23.84	100.00
1500	Kon. -3	63.49	30.65	81.62
	Artık -3	36.51	12.00	18.38
	B.Malı-3	100.00	23.84	100.00
2000	Kon. -4	65.15	28.93	79.06
	Artık -4	34.85	14.32	20.94
	B.Malı-4	100.00	23.84	100.00
2500	Kons. -5	65.32	28.27	77.46
	Artık -5	34.68	15.50	22.54
	B.Malı-5	100.00	23.84	100.00



Çizelge 5.18. Kollektör miktarına bağlı olarak konsantrenin Cr₂O₃ tenör ve verim eğrisi

5.4.5. pH için kondüsyonlama süresinin tespiti

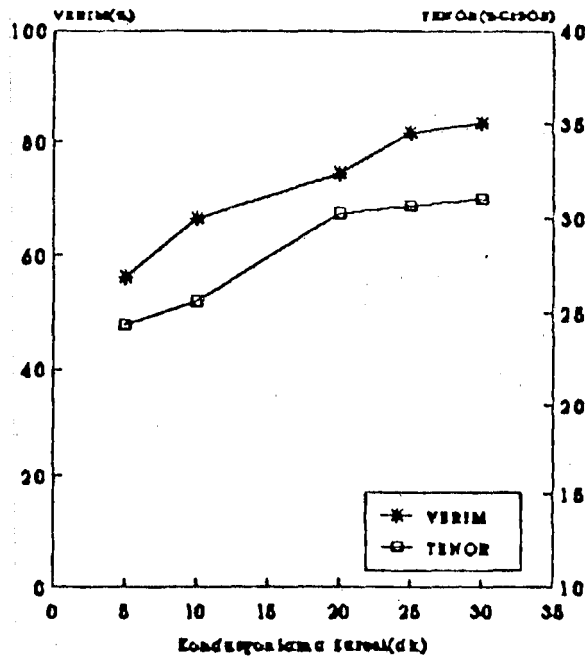
Kromit cevherlerinin aminler ile yüzdürülmesinde pH'ın önemi büyüktür. pH'ın kondüsyonlama süresi hem verimi hemde tenörü etkilemektedir. Burada özellikle SO_4^{2-} anyonunun önemi büyük olduğundan HCl yerine H_2SO_4 , pH ayarlayıcı olarak kullanılmıştır. Bu amaçla aynı şartlarda, optimal kondüsyonlama süresinin tespiti amacıyla 5 - 10 - 20 - 25 - 30 dk'lık kondüsyonlama süreleri ile deneyler yapılmıştır. Bu sabit şartlar aşağıdaki gibidir.

pH	: 2 (H_2SO_4 ile)
Armac -C	: 1500 gr/ton
Pülp'teki katı oranı	: % 30
Karıştırma hızı	: 1500 dv/dk
Flotasyon süresi	: 2 dk
Temizleme	: yapılmadı

Yapılan bu deney sonuçlarından kondüsyonlama süresi artıkça verim ve tenörün artığı gözlenmiştir ve 30 dk.'lık kondüsyonlama süresi yeterli olarak kabul edilmiştir. 30 dk.'lık kondüsyonlama süresi ile % 31.63'lük Cr_2O_3 tenörlü, % 84.31'lik verim ile krom konsantresi kazanılmıştır. Deneylerin toplu sonuçlarını Çizelge 5.21. ve Şekil 5.19. da gösterilmiştir.

Çizelge 5.21. En uygun kondüsyonlanma süresinin tespiti için yapılan deney sonuçları

Kondüsyon Süresi dakika	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
5	Kon. -1	54.95	24.33	56.08
	Artık -1	45.05	23.24	43.92
	B.Malı-1	100.00	23.84	100.00
10	Kon. -2	62.01	25.58	68.54
	Artık -2	37.99	21.00	33.46
	B.Malı-2	100.00	23.84	100.00
20	Kon. -3	58.70	30.28	74.55
	Artık -3	41.30	14.64	25.42
	B.Malı-3	100.00	23.84	100.00
25	Kon. -4	63.49	30.65	81.62
	Artık -4	36.51	12.00	18.38
	B.Malı-4	100.00	23.84	100.00
30	Kons. -5	63.54	31.63	84.31
	Artık -5	36.46	10.26	15.69
	B.Malı-5	100.00	23.84	100.00



Şekil 5.19. Kondüsyonlama süresine bağlı olarak konsantrenin Cr₂O₃ tenör verim eğrisi

5.4.6. Pülp'teki katı oranının tespiti

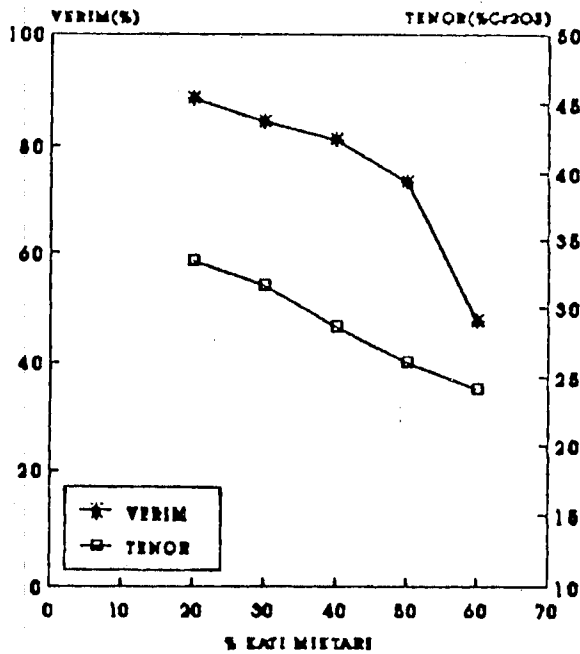
Optimal pülp katı oranının tespiti amacıyla değişik katı oranlarında ki pülp aynı şartlarda flotasyon deneylerine tabi tutulmuştur. % 20, % 30, % 40, % 50, % 60 pülp katı oranlarında yapılan deneylerde önemli bir fark olmaktadır. Özellikle % 50 ile % 60 katı oranlarında tanelerin köpüğe çarpma olasılığı azaldığı için kötü sonuçlar elde edilmiştir. En iyi sonuç ise % 20 pülp katı oranında elde edilmiştir. Deneylerde sabit tutulan şartlar aşağıdaki gibidir;

pH	: 2 (H ₂ SO ₄ ile)
Armac -C	: 1500 gr/ton
Karıştırma hızı	: 1500 dv/dk
Kondüsyonlama süresi	: 30 dk.
Flotasyon süresi	: 2 dk.
Temizleme	: yapılmadı

Bu şartlarda ve % 20 pülp katı oranında elde edilen krom konsantresi % 33.46 Cr₂O₃ tenör ile % 88.48 verim ile elde edilmiştir. Deneylerin toplu sonuçları Çizelge 5.22. ve Şekil 5.20. de gösterilmiştir.

Çizelge 5.22. En uygun katı oranının belirlenmesi için yapılan deney sonuçları

Katı Oranı %	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
20	Kon. -1	63.04	33.46	88.48
	Artık -1	36.96	7.43	11.52
	B.Malı-1	100.00	23.84	100.00
30	Kon. -2	63.54	31.63	84.31
	Artık -2	36.46	10.26	15.69
	B.Malı-2	100.00	23.84	100.00
40	Kon. -3	67.56	28.62	81.11
	Artık -3	32.44	13.89	18.89
	B.Malı-3	100.00	23.84	100.00
50	Kon. -4	67.12	26.08	73.42
	Artık -4	32.88	19.27	26.28
	B.Malı-4	100.00	23.84	100.00
60	Kon. -5	47.22	24.08	47.69
	Artık -5	52.78	23.63	52.31
	B.Malı-5	100.00	23.84	100.00



Şekil 5.20. Katı oranına bağlı olarak konsantrenin Cr₂O₃ tenör ve verim eğrisi

5.4.7. En uygun kaba flotasyon süresinin tespiti

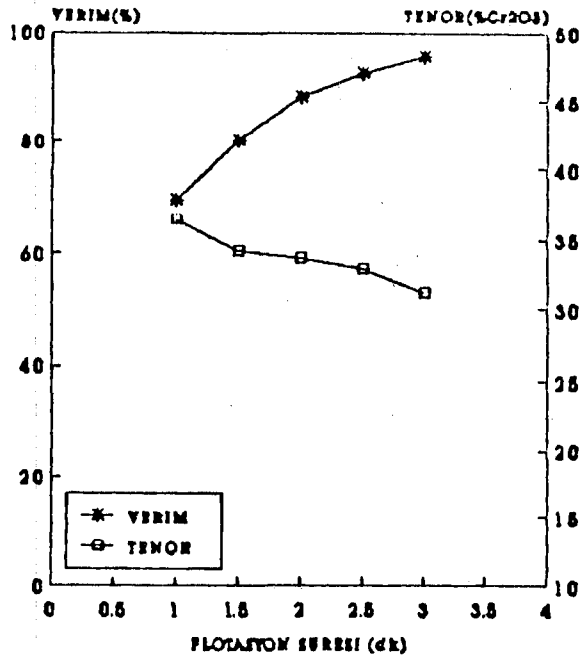
Flotasyon süresinin tespiti amacıyla önce 1 dk.'lık süreyle köpük alındıktan sonra 0.5 dk.'lık ara ile kollektör ilavesi yapılmadan köpük alımına devam edilmiştir. Deneyler sırasında flotasyon şartları şu şekildedir;

pH	: 2 (H ₂ SO ₄ ile)
Armac -C	: 1500 gr/ton
Karıştırma hızı	: 1500 dv/dk
Püp'teki katı oranı	: % 20
Kondüsyonlama süresi	: 30 dk.
Temizleme	: yapılmadı

Deneyler sonucunda toplam 3 dk.'lık flotasyon süresi yeterli kabul edilmiş ve temizleme flotasyonu 3 dk.'da elde edilen miktar ile yapılması düşünülmüştür. Temizlemeye tabi tutulacak ön konsantre % 31.20 Cr₂O₃ tenörlü ve % 95.69 verim ile elde edilmiştir. Flotasyon süresinin tespiti için yapılan deney sonuçları Çizelge 5.23. ve Şekil 5.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.23. Kın pygün kaba flotasyon süresinin tespiti için yapılan deneylerin toplu sonuçları

Flotasyon Süresi dakika	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
1	Kon. -1	45.30	36.46	69.34
	Artık -1	54.70	13.36	30.66
	B.Malı-1	100.00	23.84	100.00
1.5	Kon. -2	55.80	34.16	79.96
	Artık -2	44.20	10.81	20.04
	B.Malı-2	100.00	23.84	100.00
2.0	Kon. -3	63.04	33.46	88.48
	Artık -3	36.96	7.43	11.52
	B.Malı-3	100.00	23.84	100.00
2.5	Kon. -4	67.09	32.92	92.64
	Artık -4	32.91	5.33	7.36
	B.Malı-4	100.00	23.84	100.00
3.0	Kons. -5	73.12	31.20	95.69
	Artık -5	26.88	3.82	4.31
	B.Malı-5	100.00	23.84	100.00



Şekil 5.21. Flotasyon süresine bağlı olarak konsantrenin Cr₂O₃ tenör ve verim eğrisi

5.4.8. Optimum koşullarda yapılan flotasyon deneyleri

Flotasyon deneyleri sonucunda optimum koşullar şu şekilde tespit edilmiştir.

Pülp'teki katı oranı	: % 20
pH	: 2 (H ₂ SO ₄ ile)
Armac -C	: 1500 gr/ton
Karıştırma hızı	: 1500 dv/dk
Kondüsyonlama süresi	: 30 dk.
Flotasyon süresi	: 3 dk.
Temizleme	: 3 kademe

Optimum koşullarda yapılan flotasyon deneyinde ilk olarak elde edilen kaba konsantre, aynı flotasyon hücrelerinde reaktifsiz olarak 3 kez temizlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 5.24.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.24. Optimum koşullarda yapılan temizleme flotasyon deney sonuçları

Ürünler	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃		Cr/Fe
		Tenör	Verim	Tenör	Verim	
Kons.	31.50	47.33	62.54	24.24	53.84	1.89
Ara Ü.1	23.61	28.12	27.85	16.15	26.66	1.70
Ara Ü.2	18.01	7.02	5.30	7.82	9.86	0.80
Artık	26.88	3.82	4.31	5.13	9.64	0.73
Toplam	100.00	23.84	100.00	14.30	100.00	1.63

Yapılan deney sonucunda % 31.50 oranında % 47.33 Cr₂O₃ tenörlü konsantre, % 62.54 verimle elde dilmektedir. % 7.02 Cr₂O₃ tenörlü Ara ürün 2 artığa katılması durumunda % 5.04 Cr₂O₃ artık % 9.61 verim kaybı ile atılmış olur. % 28.12 Cr₂O₃ tenörlü Ara ürün 1 ise konsantre ve artık arasında dağıtılması durumunda elde edilen sonuçlar Çizelge 5.21.'de verilmiştir.

Çizelge 5.25. Optimum koşullarda yapılan deneyin nihai sonuçları

Ürünler	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃		Cr/Fe
		Tenör	Verim	Tenör	Verim	
Kons.	44.37	47.33	88.09	24.24	75.85	1.89
Artık	55.63	5.10	11.91	6.21	24.15	0.80
Toplam	100.00	23.84	100.00	14.30	100.00	1.63

5.5. Sallantılı Masa Ara Ürününün Flotasyon ile Temizlenmesi

Sallantılı masa ile yapılan çalışmalarda en iyi tenör ve verimi veren koşullardaki ara ürün, konsantrenin verimini yükseltmek ve krom kaybını önlemek amacıyla temizleme işlemine tabi tutulmuştur. Temizleme, ara ürünün 0.106 mm.'nin altına % 80'i geçecek şekilde öğütüldükten sonra 0.074 mm.'lik cevhere uygulanan ve en iyi sonuçları veren şartlar sabit tutularak flotasyon ile yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.26.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.26. Sallantılı masa ara ürününün flotasyonla temizlenmesi ile elde edilen sonuçlar

Ürünler	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃		Cr/Fe
		Tenör	Verim	Tenör	Verim	
Kons.	49.49	47.56	85.64	22.10	70.56	2.10
Artık	50.51	8.48	14.36	9.03	29.44	0.92
Toplam	100.00	27.82	100.00	15.50	100.00	1.75

Sallantılı masa ara ürününün flotasyon ile temizlenmesi sonucu % 47.56 Cr₂O₃ tenör ve % 85.64 krom verimi ile konsantre elde edilmiş, % 8.48 Cr₂O₃ tenör ve % 14.36 verim kaybı ile artık atılmıştır.

5.6. Multi - Gravite Ayırıcısı ile Zenginleştirme Deneyleri

Sallantılı masa ile yapılan zenginleştirme işlemlerinde 0.075 mm.'nin altındaki boyutlarda zenginleştirme veriminin düştüğünü daha öncede belirtmiştik. Burdan dolayı bu boyut grubu için flotasyon yönteminin uygulanmasını ön görmüştük. Flotasyon yönteminin pahalı bir yöntem olması nedeni ile Mozley firmasının geliştirdiği Multi - Gravite ayırıcısının (M.G.S.) alternatif olarak denenmesine karar verilmiştir.

Multi - Gravite ayırıcısı, diğer gravite yöntemleri gibi farklı özgül ağırlığa sahip olan hafif ve ağır minerallerin ayrılmasında kullanılmıştır. Bu cihazın diğer gravite yöntemlerine göre avantajı ayırma boyutunun (0.5 mm.'den 1 μ . 'a kadar) çok ince boyutlara kadar olabilmesidir.

Tipik uygulama alanları; şlam veya artıklardaki değerli minerallerin temizlenmesinde, ağır mineral kumlarının veya endüstriyel hammaddelerin zenginleştirilmesinde (barit, kromit, kömür v.b.) , primer cevherlerdeki metal oksitler, sülfürler, uranyum v.b. zenginleştirilmesi olmaktadır.

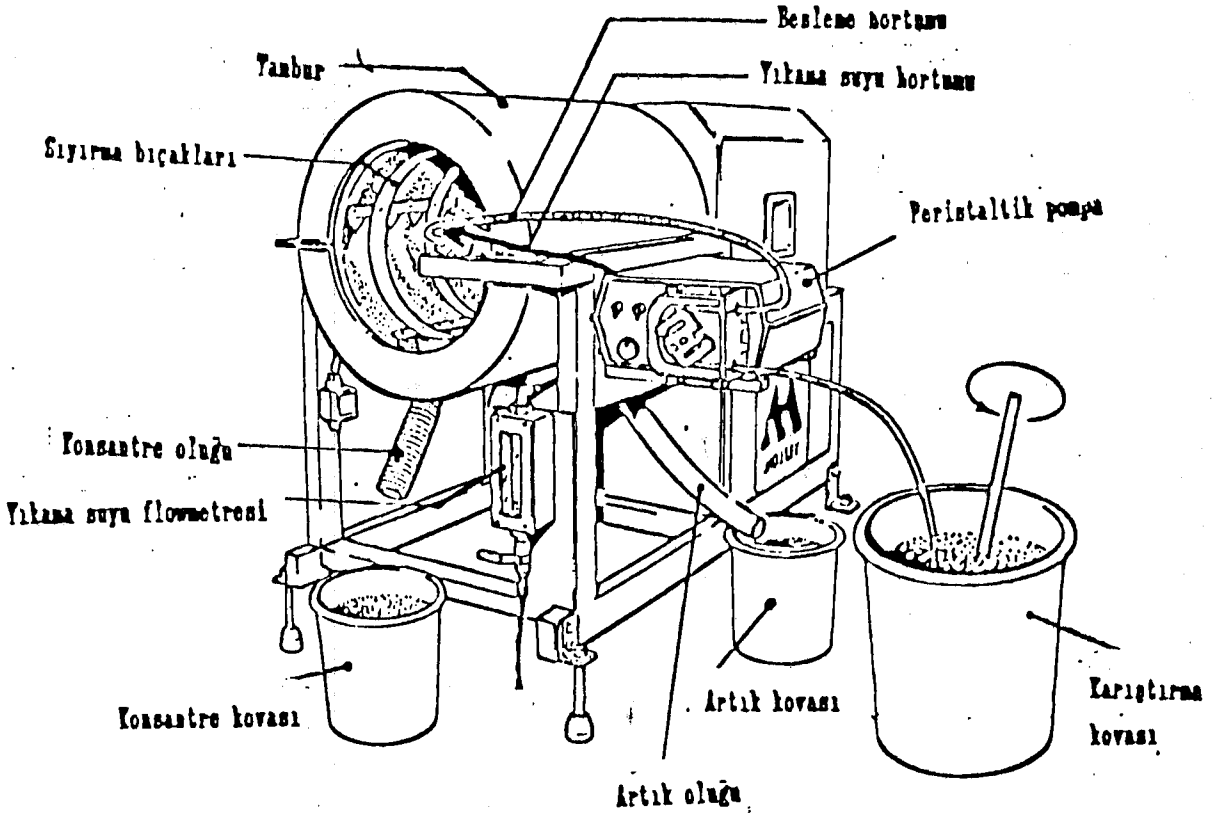
M.G.S., Şekil 5.22.'de gösterildiği gibi saat yönünde dönen ve sonu açık tarafa doğru çok az daralan, yatay yönde sünüsoidal salınım yapan tambur esas ünüteyi teşkil etmektedir. Tambur içinde yine saat yönünde dönen, fakat hızı, tamburun hızından daha az olan bir sıyırma bıçağı mevcuttur. Malzeme bir hızlandırıcı oluk yolu ile tambur içerisine sürekli verilmekte buna ilave olarakta tambura bir oluk yardımıyla yıkama suyu verilmektedir.

Ağır taneler, tamburun yüksek santrifuj kuvveti ve buna ilave sarsıntısının etkisi ile bir sıvı filmi gibi tamburun iç çeperinde sıyırma bıçağı yardımıyla ön tarafta bulunan konsantre oluğundan alınmaktadır.

Hafif taneler ise yıkama suyunun etkisi ile arka tarafta bulunan artık oluğundan alınmaktadır.

Cihazın çalışma parametreleri ise şu şekildedir;

Tambur dönme hızı	: 100 - 280 dv/dk
" salınım frekansı	: 4 / 4.8 / 5.7 dv/sn
" salınım genliği	: 10 / 15 / 20 mm.
" eğim açısı	: 0 - 9 °
Yıkama suyu miktarı	: 0 - 10 lt/dk
Besleme kapasitesi	: max. 200 kg/h (kuru)



Şekil 5.22. Multi - Gravite ayırıcısı

5.6.1. M.G.S. ile yapılan testler

M.G.S. deneylerinde, ilk önce eğim denemesi yapılmış ve daha sonra ise tambur dönme hızı denenmiştir.

5.6.1.1. Eğim denemeleri

M.G.S. ile yapılan eğim deneylerinde 2 ve 4 °'ler denenmiştir. Bu denemelerde aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

Tambur dönme hızı	: 230	dv/dk
" salınım frekansı	: 4.8	dv/sn
" salınım genliği	: 15	mm.
Yıkama suyu miktarı	: 6	lt/dk
Besleme kapasitesi	: 20	kg/h (kuru)
Besleme katı oranı	: % 28	
Zenginleştirme süresi	: (1.5 + 5)	dk.

Deneyler kesikli olduğundan cihazın içinde bir miktar malzeme kalmakta ve bu ürün, " Yıkama" ürünü olarak adlandırılmıştır. Cihaz sürekli çalıştığında böyle bir ürün olmamaktadır.

Eğim deneme sonuçları Çizelge 5.27.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.27. Eğim deneme sonuçları

Eğim	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
2	Konsantre	68.92	28.89	83.35
	Yıkama	10.42	27.19	12.04
	Artık	20.66	5.32	4.61
	B.Malı	100.00	23.84	100.00
4	Konsantre	60.66	31.46	80.05
	Yıkama	11.85	25.07	12.46
	Artık	27.66	6.49	7.53
	B.Malı	100.00	23.84	100.00

Bu sonuçlardan 4° eğimde % 31.46'lık Cr₂O₃ tenör ve % 80.05 verimle en iyi sonuç elde edilmiştir.

5.6.1.2. Tambur dönme hızı denemeleri

Bu sonuçlardan sonra, tambur eğimi 4 ° kabul edilmiş ve yukarıdaki şartlar sabit tutulup tambur hızı denemeleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.28.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.28. Tambur hızı deneme sonuçları

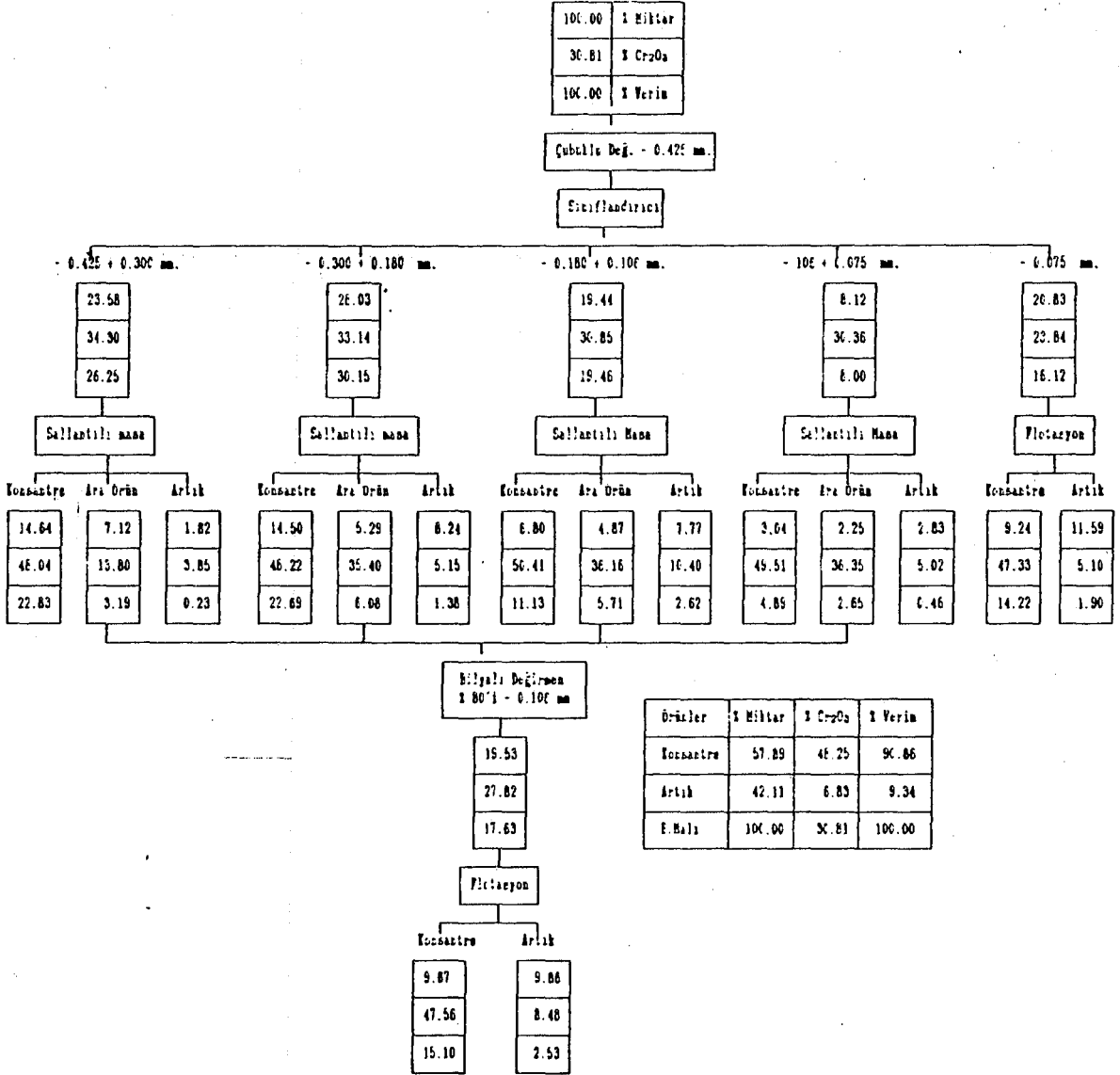
Dönme Hızı dv/dk	Ürünler	Miktar %	Tenör % Cr ₂ O ₃	Verim %
184	Konsantre	38.28	41.72	66.99
	Yıkama	13.86	28.12	16.35
	Artık	47.86	8.30	16.66
	B.Malı	100.00	23.84	100.00
206	Konsantre	52.18	34.35	75.18
	Yıkama	14.68	25.22	15.53
	Artık	33.14	6.68	9.29
	B.Malı	100.00	23.84	100.00
230	Konsantre	60.66	31.46	80.05
	Yıkama	11.85	25.07	12.46
	Artık	27.49	6.49	7.53
	B.Malı	100.00	23.84	100.00

Çizelge 5.28.'de görüleceği üzere en iyi sonuç 184 dv/dk 'lık tambur hızında, % 41.72 Cr₂O₃ tenör ve % 66.39 verimle elde edilmektedir. Bu sonuç krom satış tenörüne erişilemediğini ve verim olarakta düşük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle önce diğer parametrelerin de denenmesi ve sonrada bir temizleme işlemi ile istenen sonuca ulaşılabilceği kanaatindeyim. Bundan sonraki çalışmalar için umut verici verilerdir.

5.7. Burdur - Yeşilova Kromitlerine Uygulanan Zenginleştirme Akım Şeması

Burdur - Yeşilova yöresi kromitleri için yapılan zenginleştirme yöntemlerinden manyetik ayırıcı ve M.G.S. ile yapılan deneylerde yeterli sonuçlar elde edilememiştir. Buna karşın, sallantılı masa ve flotasyon yönteminin kombinasyonu ile iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu iki yöntemin kombinasyonu ile laboratuvar şartlarda % 48.25 Cr₂O₃ tenörlü bir konsantrenin % 90.66 gibi yüksek bir verimle elde edilebileceği ortaya çıkmıştır.

Burdur - Yeşilova kromitleri için uygulanan zenginleştirme akım şeması Şekil 5.23.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.23. Burdur - Yeşilova kromitlerine uygulanan zenginleştirme akım şeması

SONUÇ VE ÖNERİLER

Burdur - Yeşilova yöresi kromitlerin mineralojik ve kimyasal analiz incelemeler sonucunda, kromitin ortalama faz boyutunun yaklaşık 1 mm. olduğu ve serbestleşme boyutunun ise malzemenin 0.425 mm.'nin altına öğütülmesi ile % 89'a çıkacağı ve bunun da yeterli olacağı ortaya çıkmıştır. Ayrıca yine mineralojik incelemeler sonucu kromit, gang minerali olarak serpantin, serpantin grubu mineraller (krizotil ve lizardit), olivin, talk ve manyetite rastlanmıştır. Kimyasal analiz sonucu ortalama Cr_2O_3 içeriğinin % 30.81, Cr/Fe oranının ise 1.90 olduğu tespit edilmiştir.

Öğütme deneyleri esnasında kademeli ve kademesiz öğütme deneyleri karşılaştırıldığında kademeli öğütme ile 0.075 mm.'nin altına inen şlam miktarında % 4.92'lik bir kazanç elde edilmektedir. Ayrıca öğütme süresi artıka tane boyut aralığı daralmakta böylelikle gravite zenginleştirme deneyleri için bir avantaj sağlanmaktadır.

Temsili numune üzerinde yapılan boyut analizleri sonucunda, boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirmenin yapılamayacağı anlaşılmıştır.

Sallantılı masa çalışmaları için 0.425 mm.'nin altına öğütülen cevher - 0.425 + 0.300 mm., - 0.300 + 0.180 mm., - 0.180 + 0.106 mm., - 0.106 + 0.075 mm. boyut gruplarına sınıflandırılmıştır. 0.075 mm.'nin altı ise sallantılı masa ile zenginleştirmede verimin düşük olacağı göz önüne alındığından dolayı flotasyon deneyine tabi tutulmuştur.

Sallantılı masa ile yapılan çalışmalarda konsantre, ara ürün ve artık olmak üzere her fraksiyon için 3 ayrı ürün alınmıştır. Deney sonuçlarından;

- 0.425 + 0.300 mm. fraksiyonda % 48.04 Cr₂O₃ tenörlü ve % 86.98 verimli, - 0.300 + 0.180 mm. fraksiyonda % 48.22 Cr₂O₃ tenörlü 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 edilmiştir. Ara ürün, 0.075 mm.'nin altı cevher için saptanan en iyi koşullarda flotasyona tabi tutulmuş ve sonuçta % 47.56 Cr₂O₃ tenörlü ve % 85.64 verimli konsantre elde edilmiştir.

Bu çalışmada, laboratuvar tipi sallantılı masa ve ayrıca masaya beslenen ürünün sınıflandırılması da elekler ile yapılmıştır. İşletmede fraksiyonlara göre eşik yüksekliği, eğim, hız, genlik, yıkama ve besleme suyu miktarı gibi ayırmada etkili olan faktörlerin daha iyi ayarlanabildiği sallantılı masalar kullanıldığı takdirde verim ve tenörün daha yüksek olacağı sanılmaktadır. Sınıflandırmanın da elek yerine hidrosayzırla yapılması daha iyi sonuç vereceği kanatine varılmıştır.

Yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcı ile yapılan ön deneyler sonucunda yeterli tenör ve verimle konsantre elde edilemeyeceği anlaşılmış ve deneylere devam edilmemiştir.

0.075 mm.'nin altındaki % 23.84 Cr₂O₃ tenörlü numune ile değişik toplayıcılarla (Na- oleat, A801 + A825 ve Armac- C) yapılan kaba flotasyon deneylerinde en iyi sonucu, Armac- C ile pH = 2'de elde edilmiştir.

Armac- C ile yapılan optimizasyon çalışmalarında en iyi sonuçlar, % 20 katı oranı, pH= 2 (H₂SO₄), kollektör miktarı 1500 gr/ton, karıştırma hızı 1500 dv/dk, kondüsyonlama süresi 30 dk., flotasyon süresi 3 dk., temizleme 3 kademe olduğu durumda, girenin % 44.37 oranında % 47.33 Cr₂O₃ tenörlü konsantre, % 88.09 krom kazanma verimi ile kazanılmaktadır.

Flotasyon deneyleri esnasında pH= 2'de H₂SO₄ ilavesi esnasında cevherin % 0.08 Cr₂O₃'lük kısmının çözüldüğü ortaya çıkmıştır. Hesaplamalarda bu dikkate alınmamıştır.

Flotasyon yöntemine alternatif olabileceği düşünceyle yeni geliştirilen Multi - Gravite ayırıcı ile yapılan eğim ve dönme hızı deney sonuçlarından % 41.72 Cr₂O₃ tenör ve % 66.99 verimle konsantre elde edilmiş fakat piyasanın arzu ettiği tenöre ulaşılamadığı ve verimin düşük olduğundan dolayı diğer parametrelerinde denenmesi ve ayrıca bir temizleme işleminin yapılması gerekeceği kanaatinteyim. Bundan sonraki çalışmalar için umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan sallantılı masa ve flotasyon deneylerinin toplu sonuçlarından % 57.89 oranında % 48.25 Cr₂O₃ tenörlü konsantre % 90.66 verimle elde edilmekte, % 42.11 oranında % 6.82 Cr₂O₃ tenörlü artık % 9.34 verim kaybı ile atılmaktadır.

Yapılan çalışmalardan Burdur - Yeşilova kromitlerinin sallantılı masa ve flotasyon yönteminin kombinasyonu ile endüstrinin isteklerine (Kimyasal veya döküm kumu) uygun konsantre haline getirilebileceği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Arıoğlu, E. ve Uz, B., 1987, Türkiye kromit madenciliğine toplu bir bakış, A.Ü. Isparta Müh. Fak. Dergisi, Jeoloji Seksiyonu, Isparta, 155 - 162 s.
- Atak, S., 1984, Oleate flotation of chromites, 4. Balkan ülkeleri Cevher Hazırlama Kongresi, İstanbul, 358 - 366 p.
- Atak, S., 1982, Flotasyon ilkeleri ve uygulaması, İ.T.Ü. yayını, İstanbul, 74 - 96 s.
- Atalay, M.Ü., Özbayoğlu, G. ve Doğan, M.Z., 1988, Mechanism of collector adsorption in chromite flotation, II. International Mineral Processing Symposium, İzmir, 441 - 449 p.
- Burt, O.R., 1984, Gravity concentration technology, Elsevier science publishing company inc., New York
- Carpo Inc. Model MIH(13) 111-5 Magnetic separation operating manual.
- Çilingir, Y., 1990, Metalik cevherler ve zenginleştirme yöntemleri, Cilt-1, D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. yayını, İzmir, 3.1 - 3.19 s.
- Dahlin, D.C., Brown, L.L. and Kinney, J.J., 1983, Podiform chromite occurrences in the Caribou Mountain and lower Kanuti River areas, Central Alaska, IC 8916, U.S.A. Bureau of Mines, 1 - 13 p.
- Dahlin, D.C., Kirby, D.E. and Brown, L.L., 1989, Chromite deposits along the border ranges fault, Southern Alaska, IC 8991, U.S.A. Bureau of Mines, 1 - 36 p.
- Doğan, M.Z., 1973, Concentration studies of batı keşif chrome ore of Guleman district, Submitted As An Habilitation Thesis To The Faculty of Engineering Of O.D.T.Ü., Ankara, 5 -13, 20 - 26 p.
- Doğan, M.Z., 1975, Olivinin kromitten flotasyon ile ayrışması, T.M.B.T.K. 4. Kongre, Ankara, 581 - 595 s.
- Doğan, M.Z., Önal G., Gürkan, V., Yüce, E. ve Kaldırım, M., 1988, Rationalization of Karagedik Concentration Plant of ETİBANK Üçköprü Chrome Mine, II. International Mineral Processing Symposium, İzmir, 505 -513 p.
- D.P.T., 1988, Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Engin, T., 1979, Nature of podiform chromite deposits, ex-polaration problems and mining practices in Turkey, 10 th World Mining Congress, Istanbul, II-2, 1 -13 p.
- Engin, T., 1981, Türkiye'de krom madenciliğinin sorunları, T.J.K. ve T.M.M.O.B. Jeoloji Müh. Odası, Yerbilimleri Paneli, Ankara, 6 - 11 s.
- Etibank bülteni, 1985, Krom ve ürünleri hakkında bilgiler, Etibank Yayın Organı, Ankara, Sayı 71, 7 - 12 s.
- Foot, D.G., McKay, J.D. and Huiatt, J.L., 1985, Column flo-tation of chromite and floorite ores, Canadian Meta-lurgical Quartely, Canada, Vol. 25, No.1, 15 - 21 p.
- Gence, N., 1985, Elazığ - Kefdağı kromitlerinin zenginleş-tirilmesi, Anadolu Ü. Fen. Bi. Ens., Yüksek Lisans tezi, Eskişehir
- Gence, N., Özdağ, H., 1986, Elazığı - Kefdağı kromitlerinin zenginleştirilmesi, Anadolu Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi Eskişehir, Cilt-III, Sayı.1, 121 - 133 s.
- Güney, A., 1990, Etibank Üçköprü krom zenginleştirme tesisi artıklarından küçük boyutlu kromitin zenginleştiril-mesi, İ.T.Ü. Fen Bil. Ens., Doktora tezi, İstanbul
- Güney, A., Önal, G., 1990, Etibank Üçköprü krom artıkları-nın kolon flotasyonu ile zenginleştirilmesi, III. Cevher Hazırlama Sempezyumu, İstanbul, 217 -227 s.
- Madencilik Dergisi, 1989, Dünya ve Türkiye madenciliğine toplu bakış, Özel sayı, T.M.M.O.B. Maden Müh. Odası Yayın Organı, Türkiye, 47 - 50 s.
- McDonald, W.R., Johnson, J.L., Greaves, J.N. and Wetzel, N. 1990, Chromite recovery from Northern California ores using a psical concentration process, RI 9300, U.S.A. Bureau of Mines, 11 - 26 p.
- McKay, J.D., Foot, D.G. and Huiatt, J.L., 1986, Column flo-tation of Montana chromite ore, Minerals and Metalur-gical Processing, 170 - 173 p.
- Mining chemicals handbook, 1986, Mineral dressing notes No. 26, Cyanamid, 100 - 107 p.
- Mozley, Multi - Gravity Separation operatating manual.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM Ediyor)

- Önal, G., Gürkan, V. ve Acarkan, N., 1979, Krom zenginleştirme artıklarının yüksek alan şiddetli manyetik ayırma ile değerlendirilmesi, T.B.T.K. 6. Kongre, Ankara, 22 s.
- Önal, G., Güney, A., 1990, Türkiye'de krom madenciliği, VI. Müh. Haftası dergisi, Isparta, 183-192 s.
- Öztürk, N., Türk, M. ve Gençoğlu, Y., 1987, Etibank Bursa maden işletmelerine bağlı Kuzey-Batı Anadolu kromları Harmancık işletmesi kromit cevherlerinin zenginleştirilme etüdü, Etibank Bülteni, Ankara, Sayı. 102 - 103 3 - 11 s.
- Öztürk, N., Çakır, T. ve Gençoğlu, Y., 1987, Etibank Elazığ ferrokrom tesisleri curufundaki kromit ve ferrokromun kazanılma etüdü, Etibank Bülteni, Ankara, Sayı. 102 - 103, 18 - 27 s.
- Sagher, M., 1966, Flotation characteristics of chromite and serpentine, Trans. Am. Inst., Min. Engrs., U.S.A., 60-67 p.
- 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, 3 -14 p.
- Sınai kalkınma bankası, Kimya Sektör Araştırması, Kromit(No:12)
- Smith, G.E., Huiatt, 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, 5-11 p.
- Svoboda, J., 1987, Magnetic methods for the treatment of minerals, Elsevier science publishing company inc., New York, 50 - 53 p.
- Tuncay, A., 1990, Yeşilova (Burdur) dolayı kromitlerinin cevher hazırlamaya yönelik minerolojik özellikleri, Akdeniz Ü. Fen Bi. Ens., Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- Wills, B.A., 1981, Mineral processing technology, Pergamon Press, 2 nd. Edition, 384 p.