

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
CEVHER HAZIRLAMA ANABİLİM DALI

ELAZIĞ-KEPDAĞI KROMİTLERİNİN
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN
NERMİN GENCE

YÖNETEN
Yard.Doç.Dr. HÜSEYİN ÖZDAĞ

ESKİŞEHİR-1985

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Çalışmalarımın yönetimini kabul ederek, bana bu tezi hazırlama olanağını sağlayan, çalışmam süresince yapıcı eleştirileri ile destek olan Sayın Hocam Yard.Doç. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ'a, öneri ve fikirlerinden yararlandığım Sayın Hocalarım Doç. Dr. Rifat BOZKURT'a, Yard. Doç. Dr. Faruk EMRULLAHOĞLU'na, Yard.Doç. Dr. Erol OKUR'a, Yard. Doç.Dr. Yaşar KIBİCİ'ye sonsuz şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarımda her konuda yardımlarını gördüğüm A.Ü. Kütahya Meslek Yüksek Okulu Müdürü Sayın Adil ÖZKAN'a teşekkür ederim.

Kimyasal analizlerimin yapılmasında yardımcı olan Kim.Müh. Vedat SEVERCAN'a, Y.Kim.Müh. Fatma SEVERCAN'a teşekkürü borç bilirim.

Nermin GENCE

İÇİNDEKİLER

ÖZET

ABSTRACT

GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
1. GENEL BİLGİLER.....	3
1.1.Krom Mineralleri.....	3
1.2.Kromit Yatakları.....	6
1.2.1.Kromit Yataklarının Özellikleri.....	6
1.2.2.Kromit Yatakları Jeolojisi.....	8
1.3.Kromitlerin Kullanım Alanları.....	8
1.4.Kromitlerin Zenginleştirilmesi.....	10
1.4.1.Elle Ayıklama ile Zenginleştirme.....	10
1.4.2.Gravite Yöntemi ile Zenginleştirme.....	10
1.4.2.1. Ağır Ortam Ayırması ile Zenginleştirme....	10
1.4.2.2. Jig ile Zenginleştirme.....	11
1.4.2.3. Spiral Oluk (Humphrey Spirali) ile	
Zenginleştirme.....	11
1.4.2.4. Sallantılı Masalar.....	12
1.4.3.Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme.....	12
1.4.4.Flötasyon ile Zenginleştirme.....	13
1.5.Kromit Rezerv Ve Üretimi.....	14
1.5.1.Dünya Kromit Rezerv Ve Üretimi.....	14
1.5.2.Türkiye Kromit Rezerv Ve Üretimi.....	14
2. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİNE ESAS OLAN ELAZIĞ-KEFDAĞ	
KROMİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ (Jeoloji,Yeri).....	18
2.1.Numunelerin Alınışı.....	19
2.2.Minerolojik Ve Petrografik Özellikler.....	20
2.2.1.Makroskopik Özellikler.....	20
2.2.2.Mikroskopik Özellikler.....	20
2.3.Kimyasal Analizler.....	20
2.4.Tane Serbestleşmesi.....	21
3. ELAZIĞ-KEFDAĞ KROMİTLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMİ OLANAKLARININ	
ARAŞTIRILMASI.....	29

3.1.Boyut Küçültme Ve Boyuta Göre Sınıflandırma İle	
Zenginleştirme.....	29
3.1.1. Kıрма Deneyleri.....	29
3.1.2. Öğütme Deneyleri.....	30
3.1.3. Boyut Küçültme Ve Boyuta Göre Sınıflandırma	
Deneylerinden Elde Edilen Sonuçlar.....	37
3.2.Sallantılı Masa İle Zenginleştirme.....	37
3.3.Flotalasyon İle Zenginleştirme.....	45
3.3.1. En Uygun Kollektör Cinsinin Tespiti İçin	
Yapılan Deneyler.....	47
3.3.2. En Uygun Reaktif Miktarının Tespiti İçin	
Yapılan Deneyler.....	49
3.3.3. pH Değerinin Flotalasyona Etkisini İncelemek	
için Yapılan Deneyler.....	51
3.3.4. Kıvam Zamanının Flotalasyona Etkisini İncelemek	
için Yapılan Deneyler.....	53
3.3.5. Katı Oranının Flotalasyona Etkisini İncelemek	
için Yapılan Deneyler.....	55
3.3.6. Yardımcı Kollektör Miktarını Flotalasyona	
Etkisini İncelemek İçin Yapılan Deneyler.....	57
3.3.7. Temizleme Flotalasyonu İle Cr_2O_3 Tenörünün	
Arttırılması Olanığının Araştırılması.....	59
3.3.8. Flotalasyon İle Zenginleştirme Deneylerinden	
Elde Edilen Sonuçlar.....	62
3.4.Sallantılı Masa Ara Ürünü Ve Artığının Flotalasyonla	
Temizlenmesi.....	63
SONUÇLAR.....	66
REFERANSLAR.....	67
ÖNERİLER.....	69

ÖZET:

Bu çalışmada; Metalurji, kimya ve refrakter endüstrisi için önemli bir girdi olan kromitlerin zenginleştirme olanakları, kullanım alanları, ekonomik önemleri ve bulundukları yataklar belirtilerek araştırılmıştır.

ELAZIĞ-KEFDAĞ kromitlerinin kimyasal analizi sonucunda %38.33 Cr_2O_3 tenörüne sahip olduğu anlaşılmıştır. Petrografik ve minerolojik incelemeler başlıca bileşenlerinin kromit, olivin ve piroksen olduğunu göstermiştir.

Malzeme kırma, öğütme ve sınıflandırma ile serbestleşme boyutunun altına indirilmiştir. İri boyutlar için gravite yöntemi (sallantılı masa) ve daha ince boyut için köpüklü flotasyon yöntemi uygulanmıştır.

Labaratuvar deney sonuçları gravite yöntemi ve köpük flotasyonunun ELAZIĞ-KEFDAĞ kromitlerinden çeşitli endüstrilerin istediği özellikteki konsantrelerin elde edilebilmesi için başarıyla uygulanabileceğini göstermiştir.

ABSTRACT:

In this investigation chromites which is on of the most important input for metallurgical, chemical industries and refractory materials has been studied with respect to upgrading. Ore deposits, economic importance and usage areas of chromites were mentioned.

Chromites samples which were taken from ELAZIĞ-KEFDAĞ deposit were analysed chemically and found to contain 38.33 % Cr_2O_3 . Petrological and mineralogical analyses of the samples have shown that the major constituents were chromite, olivine, pyroxene.

Having determining liberation size, the samples were crushed, ground and classified. Gravity seperation utilizing a shaking table

for coarser fractions and froth flotation method for finer ones were applied.

Results of the laboratory experiments showed that froth flotation and gravity separation could be applied successfully to ELAZIĞ-KEPDAĞ Chromites in order to produce concentrates which comply with various industries requirements.

GİRİŞ VE AMAÇ

Metalurji, refrakter ve kimya sanayiinin anahammaddelerinden olan kromitin bu üç ana sektörde kullanılabilmesi için bazı özelliklere sahip olması, bunun içinde zenginleştirilmesi gerekmektedir.

Kromit metalurji sanayiinde ferrokrom'a veya metalik kroma dönüştürüldükten sonra kullanılır. Ferrokrom üretiminde krom-demir oranının 3:1 olması istenir. Ancak bu surette % 70 Cr içeren ideal ferrokrom üretilenmektedir. Genel olarak metalurjik kromun özellikleri şunlardır: % 48 Cr_2O_3 , % 3-6 SiO_2 , % 25 Al_2O_3 , % 25 MgO ve oran 3:1. Elâzığ-Kefdağı kromitleri de Elâzığ Ferrokrom İşletmesi'nde ferrokrom hammaddesi olarak kullanıldığı için amaç bu özellikteki bir konsantre elde etmektir.

% 48 Cr_2O_3 tenör ve 3:1 krom-demir oranına sahip cevherler piyasada iyi fiyat bulabilmekte, ancak bu değerlerin altına inince fiyat indirimi uygulanmaktadır.

Ultrabazik yataklar en önemli kromit kaynaklarıdır. Bu yataklardan alınan kromitler elle ayıklama, gravite yöntemi ve flotasyon ile gang minerallerinden bir dereceye kadar ayrılmakta ve hammadde olarak kullanılabilmesi için gerekli özellikler kazandırılmaktadır.

Düşük tenörlü kromitler gravite yöntemi (sallantılı masa, spiral oluk) ve manyetik ayırma ile zenginleştirilmektedir. Ancak ince fraksiyonlarda bu yöntemler pek verimli olmamaktadır. Bu malzemeyi zenginleştirmek amacıyla son yıllarda flotasyon çalışmaları yapılmaktadır. Henüz ekonomik bir sistem bulunamamıştır.

Ülkemiz geniş kromit rezervlerine sahiptir. Büyük bir rezerve sahip olan; Gang minerali olarak olivin (serpantinleşmiş), piroksen içeren Elâzığ-Kefdağı kromitleri şu anda kuru manyetik ayırma ile zenginleştirilmektedir. Verimin düşük olması ve toz sorunu nedeniyle

gravite yöntemi ile zenginleştirilmesi olanakları araştırılmaktadır.

Bu çalışmada: Elâzığ-Kefdağı kromitlerinin sallantılı masa ve flotasyonla zenginleştirilmesi olanakları araştırılmıştır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1-KROM MİNERALLERİ

Krom doğada ençok bileşik olarak bulunur. Krom hammaddesi olarak bilinen ve üretilen tek krom bileşiği, kromun demirli cevheri olan kromit mineralidir. Her nekadardaki minerallerden bir çoğu krom elementini içerir ise de; Metal elde etmek için en ekonomik mineral kromittir. Teorik olarak % 68 Cr_2O_3 ve % 32 FeO içermektedir. Ama tabiatta bu oranlarda bulunmamaktadır. Demir yerine geçen biraz magnezyum, krom yerine geçen biraz alüminyum ve ferrik demir içermesiyle genel formül şu şekilde gösterilebilir:

$(\text{Mg},\text{Fe})\text{O} \cdot (\text{Cr},\text{Al},\text{Fe}^{+3})_2\text{O}_3$. Kromit granüle ve kompakt kitle, ender olarak oktahedral kristal halinde bulunur. Toz haline getirilip sodyum karbonat ile birlikte kömür üzerinde eritilirse manyetik bir madde bırakır. Alevde zümrüt yeşili renginde boraks ve fosfor tuzu incisi verir. Sırlanmamış porselene sürülünce kahverengi bir çizgi bırakır. Rengi siyaha yakındır, yarı metalik, cilâlı görünümündedir. Sertliği 5,5, özgül ağırlığı 4,6'dır.

Değişik taş minerallerinden krom spineli pikotit (demir ve kromlu spinel) ; Kromlu garnet uvarovit ($3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$):kurşun minerali olan krokoit PbCrO_4 diğer önemli krom mineralleridir. Ancak bunların hiçbirisi krom cevheri olarak kabul edilmez.

Krom cevheri olarak işletilen kromit minerali kromit kristaline ek olarak matriksinde bir miktar silikat içerir. Kübik sistemde kristalleşen kromit cevheri spinellerinde $\text{RO} \cdot \text{R}_2\text{O}_3$ kimyasal bileşiminin RO bölümünü FeO ile MgO , R_2O_3 bölümünde krom, alüminyum ve demir trioksitler oluşturur. Kromit cevherinin kimyasal bileşimini yukarıdaki spinellerin yüzdesi olarak gösterilir ise de kromit'de bunların ayrı ayrı bir özelliği yoktur.

Kromitin başlıca yan taşları şunlardır:

-SERPANTİN: $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

-KLORİTLER: $5(\text{Mg,Fe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

-OLİVİN : $2(\text{Mg,Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$

-TALK : $3\text{Mg} \cdot \text{O} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

-PİROKSEN GURUBU:

Diyopsit : $\text{CaO} , \text{MgO} , 2\text{SiO}_2$

Enstatit : $\text{MgO} , \text{SiO}_2$

Bronzit : $(\text{Mg} , \text{Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$

Hipersten : $(\text{Fe Mg})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$

-FELSPAT : $\text{CaO} , \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (Anortit)

Kromit'deki; Yantaşılarının oranı % 5-25 arasında değişir; Kromit cevherinin ısıya dayanıklılığı, düşük (1650°C) ısıda eriyen yantaşılarının miktarına ve türüne bağlıdır. Saf kromit ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) oksidasyon veya redüklemekten dolayı, genellikle erimeden dekompoze olur.

SERPANTİNLER:

Serpantinler genel formülü $\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8\text{Mg}_6$ olan fillosilikatlardır. Ekseriya Fe, kısmen Mg yerini alır. En önemli çeşitleri şunlardır:

ANTİGORİT: Monoklinik subhekzagonal, bazen kloritlere dahil edilir.

KRİZOTİL: Monoklinik subortorombik. Formülü $\text{Si}_4\text{O}_{11}(\text{OH})_6\text{Mg}_6\text{H}_2\text{O}$ dur.

SERPOFİT: Amorf

Bu üç çeşit genellikle beraberce bulunurlar. İnce kesitte birbirinden ayırt edilmeleri zordur.

Garnierit ile Nepuit nikel içeren çeşitleridir. Sepiolit, Attapuljit ve Paligorskit ise bazı killerin bileşimine giren türlerdir. Bu mineraller çeşitli silikatların, piroksen, peridot ve hümitlerin ayrışması sonucu olurlar ve serpantin hemen hemen tamamını teşkil ederler. Sertlikleri 2,5-5, yoğunlukları 2.20-2.65, renk: yeşil, sarı, gri, kahverengi, çizgi rengi beyazdır. (6-7-8-15-17-21-23-30-31)

OLİVİNLER:

Peridotlar, genel formülü $(\text{SiO}_4)(\text{Mg,Fe})_2$ olan nezosilikatlardır. Devamlı bir seri teşkil ederler, bu serinin nihai terimleri; FORSTERİT: $(\text{SiO}_4)\text{Mg}_2(\text{Fo})$

FAYALİT : $(\text{SiO}_4) \text{Fe}_2 (\text{Fa})$

Seri içinde genellikle kabul edilmiş oranlar şunlardır.

Forsterit.....	% 0 - 10 Fa
OLİVİN	
Krizotil.....	% 10 - 30 Fa
Hyalosiderit.....	% 30 - 50 Fa
Hortonolit.....	% 50 - 70 Fa
Ferrohortonolit.....	% 70 - 90 Fa
Fayalit.....	% 90 -100 Fa

Olivin peridotların en önemlisidir. Bazik ve ultrabazik kayaların sık rastlanan karakteristik bir mineralidir. Ayrıca metamorfik kalkerler içinde bulunabilirler. Serpantinleşme ultrabazik kayalarda sık rastlanan bir ayrışma şeklidir.

Sertlik 6,5 - 7 , yoğunluk 3,27 - 3,37 , renk: Zeytin yeşili, çizgi rengi beyaz, kristal sistemi ortorombiktir. (6-17-30-31)

PIROKSEN GURUBU:

Proksenler zincirli silikatlardır. Genel formülleri :

$(\text{Si}_{4-x} \text{Al}_x \text{O}_{12}) \text{R}_{8+x}$ (x değeri 0 - 1 arasındadır) ; burada R_{8+x} su kanyonlarla doyabilen $8+x$ valanslarını temsil eder.

Na, Li

Ca, Mg, Fe (Ti)

Al, Fe^{+3} , V.s.

Ortorombik ve monoklinik sistemlerde kristalleşirler ve aralarında 87° lik bir açı yapan dilimleri ile karakteristiktirler. Bu dilimleri iyi teşekkül etmiştir. Ama genellikle gayrimuntazam ve kesik gözükürler.

ORTOROMBİK PIROKSENLER : Mg ve Fe metasilikatlarıdır.

Enstatit (MgSiO_3) ve Ferrosilit (FeSiO_3) arasında sürekli katı eriyik oluştururlar. Bazen az miktarlarda Al, Ca, Mn, Fe^{+2} , Ti, Cr, Ni içerebilirler.

Enstatit.....	% 0 - 10 (SiO_3) Fe
Bronzit.....	% 10 - 30 (SiO_3) Fe
Hipersten.....	% 30 - 50 (SiO_3) Fe
Ferrohipersten.....	% 50 - 70 (SiO_3) Fe
Eulit.....	% 70 - 90 (SiO_3) Fe
Ferrosilit.....	% 90 -100 (SiO_3) Fe
(H.H. Hess'e göre kabul edilmiş ölçüler.)	

Pratikte ilk üç mineral önem taşımaktadır.

MONOKLİNİK PİROKSENLER : Kimyasal bileşimlerine göre iki guruba ayrılırlar.

1- Kalsiyumlu ve Ferromagnezyumlu Piroksenler: (Diopsit, Hedenberjit vs.)

2- Alkalen Piroksenler: (Spodumen, Ejirin vs.)

Enstatit ve bronzit silisce fakir; Gabrolar, magnezyumlu ultrabazik kayalar ve serpantinlerde, Hipersten; Bazı granit ve gabrolarda görülebilir. Demirce zengin ultrabazik kayalarda da rastlanır. (6-17-30-31)

1.2- KROMİT YATAKLARI:

1.2.1- KROMİT YATAKLARININ ÖZELLİKLERİ:

Kromit yatakları bazik ve ultrabazik kayalara bağlı olarak ortaya çıkan yataklardır. Bazik ve ultrabazik kayalara bağlı yataklarda genellikle Siderofil elementlerin yığılması söz konusudur. (Krom, plâtin gurubu, demir, titan, nikel, kobalt)

Bakır, kurşun, çinko, altın, uranyum gibi kalkofillerin önemi azdır veya hiç yoktur. Sn, W, Bi hemen hemen hiç görülmez

Bu yataklanmalarda cevherleşmenin yeri bağlı olduğu kayacın içi veya kenarıdır. Granitik kayalarda değişik olarak bazik kayaların çevresinde nebir pnömatolitik ne de bir hidrotermal etkinliği gösteren halkalar gelişmiştir.

Krom yataklarının parajenezinde sınırlı minareller bulunur. Başlıca cevher minerali kromite, rombusal piroksenlerden enstatit ve bronzit, az çok serpantinleşmiş olivin daima eşlik eden silikatlar dandır. Bunlardan başka monoklinal piroksenlerden ojit ve plajiyoklaslardan labrador ve bitovnitin arasına birlikte oldukları görülür. Kemenerit, uvarovit, talk, aktinolit, magnezit, antigorit ve klorit parajenezde bulunan gang mineralleridir.

Genellikle kromit çoğu kez olivin dışındaki silikatlardan daha önce oluşmuştur. Kromit içinde olivin kapanımlarına rastlanmaktadır. Kromitin otomorf kristallerinin dünit, hatta aktinolit damarcıkları ile kesildiği görülebilir.

Kromit yatakları çoğunlukla harzburjitler içindedir. Bunları çeviren dünit daha çok gang minerali olarak kabul edilmektedir. Diğer yandan az çok serpantinleşme daima görülen özelliklerden biridir.

Antigoritin kromit çatlaklarını doldurduğu ve kromiti ornattığı bilinmektedir.

Kromitin belirli bir yataklanma şekli yoktur. Bütün şekillerde bulunabilme olanakları vardır. Kromit kütlelerinin şekilleri, saçınımlı tip ile katmansı ve kese şekiller arasında değişir. Yığın veya kese şekiller belli bir doğrultuda uzanım gösterirler. Cevherde antigorit gangından kesinlikle ayrılmış ve serpili kromit taneleri görülürse buna BENEKLİ CEVHER adı verilir. Bu cevher bir yönelme gösterebilir. Aynı zamanda bu doğrultuya dik doğrultu da tenör değişimlerine sahipse YOLLU CEVHER adını alır. Kromit taneleri bir kaç santimetre çapında yuvarlak veya elips biçiminde guruplanmışlarsa LEOPAR CEVHER adını alır. Çoğun SOM CEVHER halinde bulunur. Bunda gang hemen hemen yok gibidir; En az % 55 Cr_2O_3 içerir. Benekli cevhere çoğu kez som cevherin kontaklarında rastlanır.

Bütün kromit yatakları bazik veya ultrabazik kayalar içinde bulunur. Bunlardan çoğunlukla serpantinleşmiş olarak görülen Peridotitler esas kayalarıdır. Kromitlerin büyük çoğunluğu bu kayalar içindedir. Çok seyrek piroksenitler içinde de rastlanır. Peridotitlerden en çok harzburgit görülür. Dünit daha çok cevheri saran bir kuşak biçimindedir. Serpantinleşmenin ileri olduğu hallerde ilkel kayacı tanımakta güçlük çekilirse de dünitin serpantinlerinin yüzeyde açık sarı bir pas bırakmalarına karşılık harzburgitten türeyen serpantinlerin kırmızı-turuncu renk vermeleri ile ayrılır. Bu demirli lateritleşmeye doğru bir gelişmeyi açıklar.

Kromitlerin bileşimi ile yan kayaç bileşimi arasında bir ilişki vardır. Alümince zengin kromitler gabrolarla birlikte bulunan peridotitler içindedir. Kromca zengin kromitler, bazik kayalara eşlik etmemiş, alümince fakir peridotitler içinde bulunurlar aynı zamanda hem krom hemde demirce zengin kromitler ortorombik piroksenli katmansı karmaşık masiflerde yerleşmişlerdir. Böylece kromit, kayaç bileşimindeki en küçük değişikliklere çok hassas olan bir cevherdir. Örneğin; Serpantinleşme sonunda açığa çıkan demir, kromit tanelerinin demirce zengin bir halka ile çevrilmesini sağlamıştır. Bu durumda yarı saydam kromit opaklaşmış ve krom-demir oranı azalmıştır.

(15-23-31)

1.2.2- KROMİT YATAKLARI JEOLJİSİ:

Kromit; Genel olarak stratiform (tabakalı) ve podiform (merceksel) tiplerde ve piroksenit, peridodit veya serpantin gibi ultrabazik kayalar içinde, magmanın soğuması anında bir çeşit ayırma tabii olarak oluşur. Bazı hallerde alüvyal yataklar olarak oluşur.

Dünyanın en önemli kromit yatakları Güney Afrika ve Güney Rodezyada bulunmaktadır. Bu yataklar uzun damarlardan oluşan yataklardır.

Türkiyedeki yataklar podiform olarak tanımlanmıştır. Dağardı (Kütahya) yatakları boğumlarla yer yer incelmış ve 300 metre derinliği bulan bir podiform teğemküdür. Güleman büyük bir podiformdur. Keşdağı birbirinin belirli bir istikamette takip eden uzunlukları 300 metreyi aşan podiformlar silsilesidir.

Türkiye'deki yataklar; Yağ olarak bağlı oldukları ultrabazik kayalara göre, Eskişehir dolaylarındaki Paleozoik diğerleri de Alpen kabul edilmektedir. Hersinyen kromitleri, Çanakkale-Balıkesir arasında peridotite, Bursa-Orhanlı civarında dünit ve harzburgite, Kütahya-Eskişehir dolaylarında gene peridoditlere bağlanırlar. Hersinyen kromitlerinin Fe ve Al_2O_3 tenörleri Alpen olanlardan daha azdır. Ayrıca bu ultrabazik kayalarda glokofanlaşma ve epidotlaşma yaygındır. Genel olarak Cr_2O_3 tenörü de düşüktür. Alpen kromitler ise daha çok Üst Mezozoike, Kimmeriye tektonik fazına ilişkindirler ve metalurjik değerleri vardır. (23-31)

1.3- KROMİTLERİN KULLANIM ALANLARI:

Modern dünyanın en önemli metalllerinden biri olan krom özellikle paslanmaz çeliklerin üretiminde vazgeçilmez bir hammadde-dir. Normal çelik ve demir dışı metallerin alaşımlarında ve metal kaplamalarında da kullanılır.

Dünya krom tüketiminin 1973 yılında % 73.8'i metalurji, % 12'si kimya, % 14.2'side refrakter sanayiinde kullanılmıştır.

Krom kimyasallarının boya ve dericilik sanayiinde önemli bir girdi olmalarına karşılık refrakter kromit cevheride yüksek ısıya ve aşınmaya karşı dayanıklı bazik refrakterlerin üretiminde önemli bir hammadde-dir.

Kromit metalurji sanayiinde ferrokroma veya metal kroma

dönüştürüldükten sonra kullanılmaktadır. Dünyanın 1978 yılı sonunda yaklaşık 3.3 milyon ton olarak tahmin edilen ferrokrom üretim kapasitesinin % 60 ilâ 70 arası gerçek olarak kullanılabilmektedir.

Elâzığ Ferrokrom Fabrikası'nın 1978 yılındaki üretimi 24.970 ton, Türkiye'nin aynı yıldaki ferrokrom üretimi ise 34.658 ton olmuştur.

Paslanmaz çelikte kromun yerine geçebilen bir madde henüz bilinmiyor; Paslanmaz çelik nikelsiz yapılabilir ama, kromsuz yapılamaz ve sert olanı içinde en çok % 0,1 karbon ve % 16-18 krom içerir.

Geçmiş yıllarda yüksek kalite kromit (% 48 Cr_2O_3 , Krom - Demir oranı 3/1) arayan metalurji sanayii artık kimya sanayii kalitesinde olan kromiti kullanabilecek kadar teknolojik gelişmeye uğramıştır.

Ferrokrom üretimi ana hammaddesi olarak kullanılan krom cevheri için A.B.D. Ulusal Stoklar İdaresi Cevher Satınalma şartnamesinde (Kuru baz olarak) şu şartlar ileri sürülmektedir.

$$\text{Cr}_2\text{O}_3 = \% 48$$

$$\text{SiO}_2 = \% 8 \text{ (Max)}$$

$$\text{Cr/Fe} = 3/1$$

$$\text{S} = \% 0.08 \text{ (max)}$$

$$\text{P} = \% 0.04 \text{ (max)}$$

Bu krom % 70 Cr tenörlü ferrokrom üretiminde kullanılmaktadır. ve Al_2O_3 tenörünün % 11-13 olması istenir.

Refrakter sanayinde şu limitler uygun görülmektedir:

$$\text{Cr}_2\text{O}_3 = \% 30 - 35$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \% 25 - 30$$

$$\text{MgO} = \% 15 - 20$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = \% 15$$

$$\text{SiO}_2 = \% 4-5 \text{ (max)}$$

Kimya sanayiinde aranan şartlar:

$$\text{Cr}_2\text{O}_3 = \% 44 - 46$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \% 15 - 19$$

$$\text{MgO} = \% 10 - 11$$

$$\text{Fe} = \% 18 - 20$$

$$\text{SiO}_2 = \% 2 - 5$$

$$\text{CaO} = \% 0.5 - 1,5$$

1.4- KROMİTLERİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ:

Kromitlerde kromla birlikte gang minerali olarak serpantin, olivin, piroksen ve bazen talk, kloritler ve feldspat bulunur. Kromitlerin kullanılacakları sanayi dalının aradığı teknolojik şartları sağlayabilmeleri için, zenginleştirilmeleri gerekir.

Zenginleştirme işlemleri cevherin özelliklerine ve istenen ürünün özelliklerine bağlı olarak çeşitli yöntemler uygulamak suretiyle yapılabilmektedir. Bu yöntemler; Elle ayıklama ile zenginleştirme, gravite yöntemi ile zenginleştirme (ağır-ortam ayırması ile zenginleştirme, jig ile zenginleştirme, spiral oluk ile zenginleştirme, sallantılı masa ile zenginleştirme) manyetik ayırma ve flotasyondur.

1.4.1- ELLE AYIKLAMA İLE ZENGİNLEŞTİRME:

Ayıklama ile zenginleştirmede kromun; Renk, parlaklık, özgül ağırlık gibi özelliklerinin gang minerallerinden farklı olmasından yararlanılır. Kromun gang minerallerinden iri boyutlarda serbest kalması ile gerçekleştirilebilir ve bazen tek başına bir zenginleştirme işlemi olarak bazen de zenginleştirme tesisleri öncesinde bir işlem olarak uygulanmaktadır. Küçük maden işletmelerinde ayıklama ile satılabilir konsantre elde edilebilir. Zenginleştirme tesisleri öncesindeki ayıklama iki amaca yönelik olarak yapılmaktadır. Birincisi; İri boyutlarda serbest olan gang minerallerinin uzaklaştırılması ile tesis kapasitesinin arttırılması, ikincisi ise; iri parçalar halinde daha yüksek fiyatla satılabilen ürün elde etmektir. (28)

1.4.2- GRAVİTE YÖNTEMİ İLE ZENGİNLEŞTİRME:

Bu yöntemde; Kromla gang mineralleri arasındaki özgül ağırlık farklılığının neden olduğu; akışkan ortamlardaki hareket farklılığına dayanılarak birbirlerinden ayrılması ile zenginleştirme gerçekleştirilir.

Konsantrasyon kriterinin değeri; Özgül ağırlık farkı ile zenginleştirmenin hangi boyutlarda ve hangi yöntemle uygulanabileceği hakkında genel bir fikir verir.(24-28)

1.4.2.1- AĞIR-ORTAM AYIRMASI İLE ZENGİNLEŞTİRME:

İri boyutlarda serbest kalabilen krom mineralleri ile gang mineralleri arasındaki özgül ağırlık farklılığına dayanılarak ağır

bir akışkan ortam içerisinde yüzme ve batma yoluyla birbirinden ayrılması ile yapılan zenginleştirme işlemine ağır-ortam veya ağır sıvı ayırması ile zenginleştirme yada yüzdürme-batırma ile zenginleştirme adı verilir. Son derece basit bir yöntem olup, belirli özgül ağırlıktaki bir akışkanın bulunduğu banyo içine atılan mineral tanelerinden özgül ağırlığı akışkan özgül ağırlığından büyük olanların batması, küçük olanların yüzmesi esasına dayanmaktadır.

Akışkan ağır-ortam ya özgül ağırlığı yüksek bir sıvıdan oluşmakta veya küçük boyutlu bir katının su içinde süspansiyon halinde tutulması ile elde edilmektedir. (28)

1.4.2.2- JİG İLE ZENGİNLEŞTİRME:

Farklı özgül ağırlığa sahip olan krom ve gang minerallerinin düşey (aşağı ve yukarı) hareketli bir akışkan ortamda yararlanılarak tabakalar halinde ayrılması ile yapılan zenginleştirmeye düşey hareketli akışkan ortamda zenginleştirme veya jig ile zenginleştirme denir.

Jiglerde kullanılan akışkan ortam; Çoğunlukla su, bazen hava nadiren de ağır bir sıvı olmaktadır.

Jig ile zenginleştirilecek kromitlerin iri boyutlarda serbest kalması gerekir. 25 mm. - 1 mm. arasındaki cevher hidrolik jiglerle zenginleştirilebilir. Havalı jiglerde ise alt boyut 0.1 mm.'ye kadar inmektedir. Ayırmanın etkinliğini arttırmak için dar boyut guruplarına sınıflandırma yapılmalıdır. (24-28)

1.4.2.3- SPİRAL OLUK (HUMPHREY SPİRALİ) İLE ZENGİNLEŞTİRME

Tabaka halinde akan akışkan ortamda ayırma yapan ve ayırıcı yüzeyi sabit olan bir aygıttır.

Küçük boyutlarda serbest kalan krom ve gang mineralleri yataya yakın eğimdeki bir yüzey üzerinde ince bir tabaka halinde akan akışkan ortam içinde özgül ağırlık farklılığına dayanılarak birbirlerinden ayrılması yoluyla yapılan zenginleştirmeye tabaka halinde akan akışkan ortamda zenginleştirme denir.

Spiraldeki ayırma mekanizması oldukça karışık olup, farklı özgül ağırlığa sahip olan kromla gang minerallerinin ayrılması tabaka halinde akan su ve merkezkaç kuvvetin birlikte etkileri ile gerçekleşmektedir.

Zenginleştirilecek cevherin 1 mm'nin altında olması ve % 25-50 katı içeren pülp halinde spirale beslenmesi gerekir. Tek

bir sipiralle nihai zenginleştirme mümkün olmadığından paralel ve seri halde bağlanan ve çok sayıda spiralden oluşan bataryalarla çalışılır. Elde edilen konsantre ve artıklar tekrar temizlenerek nihai konsantre ve nihai artık üretilebilir. (24-28)

1.4.2.4- SALLANTILI MASALAR:

Tabaka halinde akan akışkan ortamda ayırma yapan ve ayırıcı yüzeyi hareketli olan bir aygıttır.

Sallantılı masalar; Krom cevherlerinin gravite yöntemi ile zenginleştirilmesinde günümüzde en çok kullanılan aygıtlardır. Sallantılı masa esas olarak üzerinde tabaka halinde akışkan akışı olan dikdörtgen, paralelkenar, dikdörtgene yakın yamuk veya V şeklinde bir yüzeydir. Uygun bir mekanizma ile masanın uzun ekseni doğrultusunda ve geriye doğru olan hareketi daha hızlı olmak üzere ileri-geri hareket ettirilir.

Sallantılı masa yüzeyindeki ayırmanın etkinliğini arttırmak için masa yüzeyi eğiklerle kaplanır. Eğiklerin yükseklikleri mekanizma kenarından konsantre kenarına doğru azalarak konsantre kenarında sıfır olmaktadır.

Endüstride kullanılan sallantılı masalar; İri cevher ve ince cevher (şlam) masası olmak üzere iki gruba ayrılırlar. İri cevher masaları yüksek ve sık eğikli, şlam masaları ise alçak ve seyrek eğikli bazen de eğiksizdir. Eğikler akış koşullarını değiştirir ve eğikler arasında engelli çöküş klasifikasyonu olur. Bunun sonucunda hem etkili bir ayırma yapılabilir hem de masa kapasitesi artar.

Hız ve genlik, su sarfiyatı, eğim cevherin iri veya ince boyutlu olmasına, zenginleştirmenin kaba zenginleştirme veya nihai zenginleştirme olmasına bağlı olarak değişir.

Ayırmanın etkinliğini arttırmak amacıyla malzeme dar boyut guruplarına ayrılarak beslenmelidir. (24-28)

1.4.3 - MANYETİK AYIRMA İLE ZENGİNLEŞTİRME:

Farklı manyetik duyarlılığa sahip olan kromit ve gang mineralleri (Olivin, serpantin v.s.) uygun bir manyetik alan içinde başlıcası manyetik kuvvet olmak üzere çeşitli kuvvetlerin (yer çekimi, sürtünme, merkezkaç v.s.) bileşik etkilerine dayanılarak birbirinden ayrılması yoluyla manyetik ayırma ile zenginleştirme gerçekleştirilir.

Uygulamada iri boyutlar için kuru, ince boyutlar için yağ tambur veya bantlı ayırıcılar kullanılmaktadır. Manyetik ayırmada

verimin yüksek olabilmesi için; Malzemenin birbirine yakın boyutlarda sınıflandırılmış olması gerekir. Ayrıca kuru manyetik ayırma uygulanıyorsa rutubetsiz olması istenir.

Manyetik ayırma yöntemi tek başına veya diğer yöntemlerle birlikte uygulanabilir. (28-29)

1.4.4- FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRME:

Kromit cevherlerinin endüstriyel olarak zenginleştirilmesinde halen gravite ve manyetik yöntem uygulanmaktadır. Bu nedenle ince fraksiyonda önemli oranda değer kaybı olmaktadır. Elli yıldan daha uzun bir süredir kromitin flotasyonla zenginleştirilme olanakları araştırılmaktadır. Ancak ekonomik ve pratik bir yöntem geliştirilememiştir. Yugoslavya'da kromit flotasyonu yapan bir tesis mevcuttur.

Flotasyon yöntemi ile gangi oluşturan silikatların (olivin, serpantin) kromitten ayrılması amaçlanmaktadır. Bu işlem kromiti yüzdürmek, gangi bastırmak şeklinde olabileceği gibi kromiti bastırıp gangi yüzdürmek şeklinde de olabilir. Kromiti bastırmak için dextrin kullanılır.

Kromit yağ asitleri, sülfat ve sülfanatlarla yüzdürülebilir. Yağ asitleri ile flotasyonda gangi bastırmak için sodyum silikat, sodyum fluosilikat ve kalgon gibi maddeler, kromitin flotasyonunu kolaylaştırmak için ise selüloz tipi organik kolloidler kullanılır. Yağ asitleri nötr veya alkali ortamda daha tesirlidir.

Yağ asitlerini bağladığından pH kontrolünde kireç kullanılmaz. Sülfat ve sülfanatlar suda tamamen çözülebildikleri için yağ asitlerinden daha tesirlidir. Mineral yüzeyindeki metal iyonlarının hidrolizi dolayısıyla yüksek pH 'ta yağ asitleri ile mümkün olmayan kromit flotasyonu düşük pH'da (pH = 2-4) sülfat ve sülfanatlarla yapılabilir.

Kromit flotasyonunda parçaların köpük sonuna kolay ulaşabilmesi için pülp yoğunluğu yüksek tutulur. (% 60-80 katı)

Yağ asitleri sülfat ve sülfanatların köpürtücü etkisi olduğundan ayrıca bir köpürtücü kullanmak gerekmebilir. Bazen kullanılan kollektör nedeniyle istenmeyen fazla köpük oluşabilir. Bunu önlemek için kollektörlük veya köpürtücülük özelliği olmayan; Gazyağı, fueloil gibi nötr yağ kullanılır.

Sülfat ve sülfanatların flotasyonunda pH, H_2SO_4 ve HF ile ayarlanabilir, ama ekonomik olmadığı için HF pek tercih edilmez.

Anyonik kollektörler (yağ asitleri, sülfat ve sülfanatlar) kationik kollektörlere nazaran daha uzun flotasyon ve kıvam zamanı isterler.

Krom konsantrelerinde % 44.4'ün üstünde Cr_2O_3 bulunması gereklidir. Ayrıca krom-demir oranı önemlidir. Fiyat için % 48 Cr_2O_3 ve $\text{Cr/Fe} = 3$ oranı baz olarak kabul edilmiştir. Bu derecenin üstündeki cevherlere ek ödeme altındakilere ise fiyat indirimi uygulanır. (1-3-4-9-12-18-25)

1.5- KROMİT REZERV VE ÜRETİMİ:

1.5.1- DÜNYA KROMİT REZERV VE ÜRETİMİ:

Dünyanın bilinen en önemli kromit yatakları Güney Afrikadadır. Bu rezervler dünya rezervlerinin % 94'ünü oluşturmaktadır. Buna karşılık dünyanın ilk işletilen önemli kromit yatakları Sovyet Rusya ile Türkiye'dekiler olmuştur.

Dünyanın 1934 yılında 616.400 ton dolaylarında olan kromit üretimi, 1974'de 7.4 milyon tonu aşarak 12 mislini bulmuştur. 2.000 yılında ise dünya kromit cevheri tüketiminin 18-24 milyon ton arasında olabileceği tahmin edilmektedir. 1934 - 74 yılları arasında dünyanın kromit üretim ve tüketiminin yılda ortalama yaklaşık % 19.4 oranında artmasına karşılık 2.000 yılına kadar yıllık ortalama artış hızının % 3.7 - % 4.7 arasında olabileceği öngörülmektedir. Bunun nedeni dünya çelik üretiminde 1937 - 74 arasında öngörülen çok yüksek artış hızının 2.000 yılına kadarki dönemde önemli ölçüde azalacağıdır.

Dünya rezervlerinin % 93.7'si stratiform teşekküllerdir. 1973'te bilinen dünya rezervlerinin 1.697 milyon tonu görünür, 2.706 milyon tonu muhtemel ve 3.675 milyon tonu da mümkün rezervlerdir. Dünyanın işletilebilir ve tenörü % 40-55 Cr_2O_3 olan rezervlerinin 16.3 milyon ton olduğu ve bunun % 99'unun Güney Afrika'da olduğu bilinmektedir.

Platin meteline kromit ile birlikte bazı stratiform teşekküllerde rastlanır. Plaser teşekküllerde de altın, ilmenit, platin, rütil, manyetit ve zirkon bulunduğu görülmüştür.

Dünya kromit rezervleri tablo (1)'de gösterilmiştir. (23-26-31)

1.5.2- TÜRKİYE KROMİT REZERV VE ÜRETİMİ:

Bursa'nın Harmancık yöresinde 1848'de Lawrence Smith ismindeki bir Amerikalı Jeolog tarafından ilk kromun bulunmasından sonra Türkiye en önemli krom rezervlerine sahip bir ülke olarak kromit

Ülke ve Kıt'alar	Görünür ve Muhtemel rezerv		Potansiyel Rezerv		TOPLAM	
	milyon ton	%	milyon ton	%	milyon ton	%
Kanada	-	-	8.0	0.15	8.0	0.10
ABD	-	-	8.0	0.15	8.0	0.10
K.Amerika	-	-	16.0	0.3	16.0	0.2
Brezilya	7.0	0.3	11.0	0.2	18.0	0.22
Kolombiya	0.1	0.1	-	-	0.1	-
Küba	1.0	0.1	5.0	0.1	6.0	0.07
L.Amerika	8.1	0.3	16.0	0.3	24.1	0.29
G.Afrika	2100.0	73.9	4000.0	74.0	6100.0	73.96
Rodezya	560.0	19.7	100.0	18.5	1.560.0	18.91
Madagaskar	11.0	0.4	50.0	0.9	61.0	0.74
Sierra Leone	-	-	1.5	0.10	1.5	-
Sudan	0.5	0.1	-	-	0.5	-
Togo	-	-	0.5	0.1	0.5	-
Kenya	-	-	-	-	-	-
Afrika	2671.5	94.0	5052.0	93.4	7723.5	93.64
Finlandiya	33.0	1.2	-	-	33.0	0.40
Yunanistan	1.0	0.1	25.0	0.5	26.0	0.32
Yugoslavya	0.5	0.1	-	-	0.5	-
Danimar./Grön.	-	-	2.5	0.1	2.5	-
Sosyalist Blok						
Dış Avrupa	34.5	1.2	27.5	0.5	62.0	0.75
Hindistan	14.0	0.5	26.0	0.5	40.0	0.48
İran	5.0	0.1	40.0	0.8	45.0	0.55
Japonya	0.5	0.1	1.0	0.1	1.5	-
Pakistan	0.2	0.1	2.0	0.1	2.2	-
Filipinler	10.0	0.4	9.0	0.2	19.0	0.23
Türkiye	10.0	0.4	50.0	0.9	60.0	0.73
Kıbrıs	0.2	0.1	-	-	0.2	-
Afganistan	-	-	0.5	0.1	0.5	-
Sosyalist Blok						
Dış Asya	39.9	1.4	128.5	2.4	168.4	2.04
Avustralya	-	-	2.0	0.1	2.0	-
Batı Dünyası						
Toplamı	2754.0	96.9	5242.0	96.9	7996.0	96.94
SSCB	80.0	2.9	150.0	2.8	230.0	2.79
Arnavutluk	6.5	0.2	15.0	0.3	21.5	0.26
K.Vietnam	0.5	0.1	-	-	0.5	-
Diğer Sos.Blok	-	-	-	-	-	-
Sosyalist Blok						
Toplamı	87.0	3.1	165.0	3.1	252.0	3.05
DÜNYA TOPLAMI	2841.0	100.0	5407.0	100.0	8248.0	100.0

TABLO 1- DÜNYA KROMİT REZERVLERİ (31)

rezervlerinin yeterli bir şekilde saptanamamış olmasından dolayı Türkiye'nin kromit rezervleri 1978 yılında bilinen dünya rezervlerinin % 0.5'inin altında kalmıştır. Türkiye'deki kromit yatakları jenetik olarak genellikle peridodit ve gabro kompleksinden oluşan ultrabazik kayalar ile ilişkilidirler. Bu tip kayalar Türkiye'de yer yüzünün % 7'sine yakın bir kısmını kaplamaktadır.

Türkiye'nin 67 ilinin 40'ına yakınında kromit yatakları ve mostraları bulunmuştur. Bunların en önemlilerini isimleri ile kromit yatakları ve mostralarının adedi tablo (2)'de verilmiştir.

İLLER	B Ö L G E	YATAK AD. (EN AZ)
1- ELAZIĞ	Guleman, Sori, Kef	45
2- GAZİANTEP	İslâhiye	97
3- HATAY	İskenderun	
4- ADANA, İÇEL	Pozantı, Karsıntı	45
5- ANTALYA	Tekirova, Atbükü	20
6- MUĞLA	Fethiye, Datça, Köyceğiz	58
7- DENİZLİ, BURDUR	Mevlûtlar, Yeşilova	25
8- BURSA, BALIKESİR	Çatak, Topuk, Orhaneli	84
9- KÜTAHYA	Dağardı, Bozbelen	45
10- ESKİŞEHİR	Kavak, Başören, Sepetçi	125
11- ÇANKIRI	Çankırı, Kalecik	1
12- KASTAMONU	Taşköprü	20
13- SİVAS, KAYSERİ	Kangal, Divriği, Pınarbaşı	20
14- ERZİNCAN	Kopdağı, Tercan	20
15- ERZURUM	Aşkale, Erzurum.	20

Tablo: 2 - Türkiye Kromit Yatakları ve Adedi

Türkiye kromit rezervleri Tablo:3'te gösterilmiştir.

Maden işletmeciliğindeki, teknoloji diğer metal madenleri işletmeciliğinden farksızdır. Genellikle Ülkemizdeki gibi mercek halinde olan teşekküller yer yüzüne yakın oldukları zaman açık işletmeye tabi tutulurlar. Stratiform halinde olan teşekküller yer altı işletmesi ile çalıştırılırlar. (15-23-31)

Bölgelere göre yataklar ve işleticileri	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam	Ortalama Cr ₂ O ₃ %
ELAZIĞ					
Kefdağı ve Sori (Etibank)	5.577	504	15.000	21.081	35
Guleman	3	28	-	31	48
ESKİŞEHİR					
Kavak, (Türk Maadin Şti.)	950	1.050	-	2.000	35
ERZİNCAN-ERZURUM					
Kopdağ Kromit Madencilik Ltd. Şirketi.	628	1.342	1.450	3.420	43
FETHİYE (MUĞLA)					
Kandak (Fethiye Kromları İşl. Ltd. Şirketi)	50	50	600	700	46
Kıyra Kromları İşletmesi	120	80	40	240	
Üçköprü (Etibank)	192	241	267	700	46
Meşebükü (Türk Maadin Şirketi)	60	40	-	100	
Karaismailler	-	-	556	556	30
BURSA					
Yörecekler	-	-	400	400	24
Orhaneli, Çöreler	187	255	174	616	24
Kaydemir	202	-	-	202	33
Orhaneli, Topuk	76	72	150	298	22
Toplam	8.045	3.662	18.637	30.344	
Diğer Sahalar	--	--	--	1.817	
GENEL TOPLAM :	8.045	3.662	18.637	32.161	

TABLO: 3 - Türkiye Kromit Rezervleri (1000 m.t) (31)

2- ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİNE ESAS OLAN ELAZIĞ-KEFDAĞI
KROMİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ (Jeooloji, Yeri) :

En iyi incelenmiş kromit yörelerimizden biri ELAZIĞ yöresi yataklarıdır. Türkiye'nin en büyük kromit yatağını taşıyan bu yöre ELAZIĞ'ın kuzeyinde MADEN ile ERGANİ madenini bağlayan yoldan doğuya 20 km. kadar gidildiğinde, erişilen alandır.

Bu cevherleşme bölgesi güneyden kuzeye doğru şu kesimlere ayrılır.

- 1- Guleman Kesimi
- 2- Kefdağı Kesimi
- 3- Sori Dağ Kesimi

ELAZIĞ yöresindeki kromit yatakları yerli değil, allokton bir serpantin kütleleri içinde bulunmaktadır. Ultrabazik kayalar dolayısıyla kromit ÜST KRETASE FİLİŞİNDEN daha yaşıdurlar.

KEFDAĞI kesimindeki kromitler dissemine karakterli, %38-40 Cr_2O_3 tenörlü refrakter niteliktedir. En kalın damarı E-W doğrultulu 70° S eğimli 20 m. ortalama kalınlıkta 7 km. üzerinde izlenebilen ve 300 m. kadar derine inebilen bir yatak verir. Keşif ocağı adı verilen bu ocak 5 milyon görünür, 2 milyon ton olası ve 1,5 milyon olanaklı rezerve sahiptir.

Yatağın tabanını dünit tavanını ise peridodit oluşturur. Cevher başlıca serpantin içinde saçınımlı ve yer yer de torba ve kese şeklindedir. Kese ve torba şeklindeki yığılımları SOM CEVHER vermekte ve tenör % 56'ya kadar yükselmektedir.

KEFDAĞ'da rastlanan silikatlar arasında gulemanit ve kemererit ilginçtir. Gulemanitin krom tremolit veya krom diopsit olduğu tartışmalı ise de daha çok krom tremolit olduğu saptanmıştır.

ELAZIĞ bölgesi kromitleri erken magmatik olaylarla otomorf biçimde oluşmuş, sonraki hareketlerin etkisi ile kırılmış ve kırıklar serpantin ile dolmuştur. Bir kısmının da geç magmatik olaylarla

geliştiği saptanmıştır. (11-15-22)

2.1-NUMUNELERİN ALINIşI:

KEFDAGI kromit konsantratöründen en iri parçaları 15-20 cm. olan yaklaşık 250 kg. temsili numune alınmıştır.

Anadolu Üniversitesi Müh.Mim. Fak. Maden Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarına getirilen numuneler uygun şekilde harmanlama ve bölme işlemleri ile kimyasal analizleri ve daha sonraki zenginleştirme işlemlerine hazır duruma getirilmiştir.

2.2- MİNEROLOJİK VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLER:

2.2.1- MAKROSKOPİK ÖZELLİKLER:

Genellikle siyahımsı-gri renkte kromit minerallerinin yanı sıra beyaz, yer yer serpantinleşmiş (sarımsı-yeşil) olivin ve kahverengi piroksen taneleri gözle görülebilmektedir.

2.2.2- MİKROSKOPİK ÖZELLİKLER:

Alınan temsili numunelerden yapılan ince kesit ve parlatmaların polerizan ve binoküler mikroskopta incelenmesinde esas mineral olarak kromit, olivin ve az miktarda piroksen saptanmıştır. İnce kesitlerin ve parlatmaların mikroskopta incelenmesinde saptanan özellikler:

(Gör.) KROMİT: Genellikle yuvarlak taneler halinde görülmekte ve boyutları 0.025 - 0.350 mm. arasında değişmektedir. İç yansıma rengi kırmızımsı-kahverengidir. Parlatmalarda yapılan incelemelerde HCL, HNO₃, H₂SO₄ 'ün tesir etmediği görülmüştür. (Resim: 2.1-8)

(Gör.) OLİVİN: Boyutları 0.025- 0.275 mm. arasında değişmektedir. olivinin hidrotermal olarak ayrışması sonucu yer yer serpantin oluşmuştur. Taneler yuvarlaktır. Dilinimi andıran çok sayıda kırıklar mevcuttur. (Resim: 2.3-2.5-2.6-2.7-2.8)

(Gör.) PİROKSEN: Boyutları 0.025-0.150 mm. arasında değişmektedir. Genellikle ksenomorf taneler şeklinde görülmektedir. Birbirine dik iki prizmatik (87°- 93°) dilinim mevcuttur. (Resim: 2.2-2.4-2.8)

2.3- KİMYASAL ANALİZLER:

Labaratuvara getirilen numunenin komple kimyasal analizi çizelge: 2.1'de görülmektedir.

MADDE	%
Cr ₂ O ₃	38.33
Fe ₂ O ₃	18.00
SiO ₂	12.70
Al ₂ O ₃	9.38
CaO	0.40
MgO	21.06
T O P L A M :	99.87

ÇİZELGE: 2.1 - Tüvenan Cevherinin komple kimyasal analizi.

Tüvenanın komple kimyasal analizinde ve daha sonraki işlemlerdeki kimyasal analizlerde gravimetrik, volümetrik ve fiziksel tayin (Kolorimetri) yöntemleri kullanılmıştır.

2.4- TANE SERBESTLEŞMESİ:

Cevherin elek fraksiyonlarındaki serbestleşme derecesi binoküler mikroskop kullanılarak ve tane sayımı yöntemi ile saptanmıştır.

ELEK BOYUTU (mm)	KROMİTİN SERBESTLEŞME DERECEŚİ %
- 0.5 + 0.295	49
- 0.295 + 0.210	77
- 0.210 + 0.149	87
- 0.149 + 0.104	92
- 0.104 + 0.074	98

ÇİZELGE : 2.2 - Kromit mineralinin elek fraksiyonlarındaki serbestleşme derecesi

Numunelerden yapılan ince kesitlerde kromit, olivin ve piroksen minerallerinin faz boyutları ölçülmüş ve çizelge: (2.3), (2.4), (2.5) ve Şekil: (2.1)'de gösterilmiştir.

OLYMPUS Mikroskopta WF10 x oküler ile PO4 objektifinde: 1 aralık = 0.025mm. = 2.5×10^{-2} mm. dir.

Boyut Grubu (mm)	Tane sayısı (f)	Gr. ort. boyutu (x)	x.f	x ² .f	x ³ .f	≡% x.f ↓
0-0,025	21	0.013	0.273	0.0035	0.00005	0.398
0,025-0.05	20	0.038	0.760	0.0289	0.00109	1.505
0,05 -0.075	50	0.063	3.150	0.1985	0.01250	6.093
0,075-0.1	133	0.088	11.704	1.0299	0.09064	23.139
0,1 -0.125	296	0.113	33.448	3.7800	0.42710	71.854
0,125-0.15	140	0.138	19.320	2.6662	0.36793	100.000
TOPLAM :	660		68.655	7.707	0.899	

ÇİZELGE: 2.3- Piroksen Boyut Ölçüleri.

X_{NL} = Sayı-uzunluk ortalama boyutu.

X_{SV} = Yüzey-Hacim ortalama boyutu.

$$X_{NL} = \frac{\sum x.f}{\sum f} = \frac{68.655}{660} = 0.104 \text{ mm.}$$

$$X_{SV} = \frac{\sum x^3.f}{\sum x^2.f} = \frac{0.899}{7.707} = 0.117 \text{ mm.}$$

Boyut Grubu (mm)	Tane sayısı (f)	x.f	$x^2.f$	$x^3.f$	Grubun ortalama boyutu (x)	$\sum \% x.f$ ↓
0-0,025	3	0,039	0,00051	0,00007	0,013	0,084
0,025-0,05	4	0,152	0,00578	0,000219	0,038	0,412
0,05-0,075	18	1,134	0,07144	0,004501	0,063	2,859
0,075-0,1	3	0,264	0,2323	0,002044	0,088	3,429
0,1-0,125	12	1,356	0,15323	0,017315	0,113	6,355
0,125-0,15	14	1,932	0,26662	0,036793	0,138	10,523
0,15 -0,175	32	5,216	0,85021	0,138584	0,163	21,777
0,175-0,2	19	3,572	0,67154	0,126249	0,188	29,484
0,2-0,225	35	7,455	1,58792	0,338226	0,213	45,568
0,225-0,25	43	10,234	2,43569	0,579695	0,238	67,648
0,25-0,275	57	14,991	3,94263	1,036913	0,263	100,000
TOPLAM:	240	46,35	10,01	2,281		

ÇİZELGE: 2.4 - Olivin Boyut Ölçüleri.

$$X_{NL} = \frac{\sum x.f}{\sum f} = \frac{46,35}{240} = 0,193 \text{ mm}$$

$$X_{SV} = \frac{\sum x^3.f}{\sum x^2.f} = \frac{2,281}{10,01} = 0,228 \text{ mm}$$

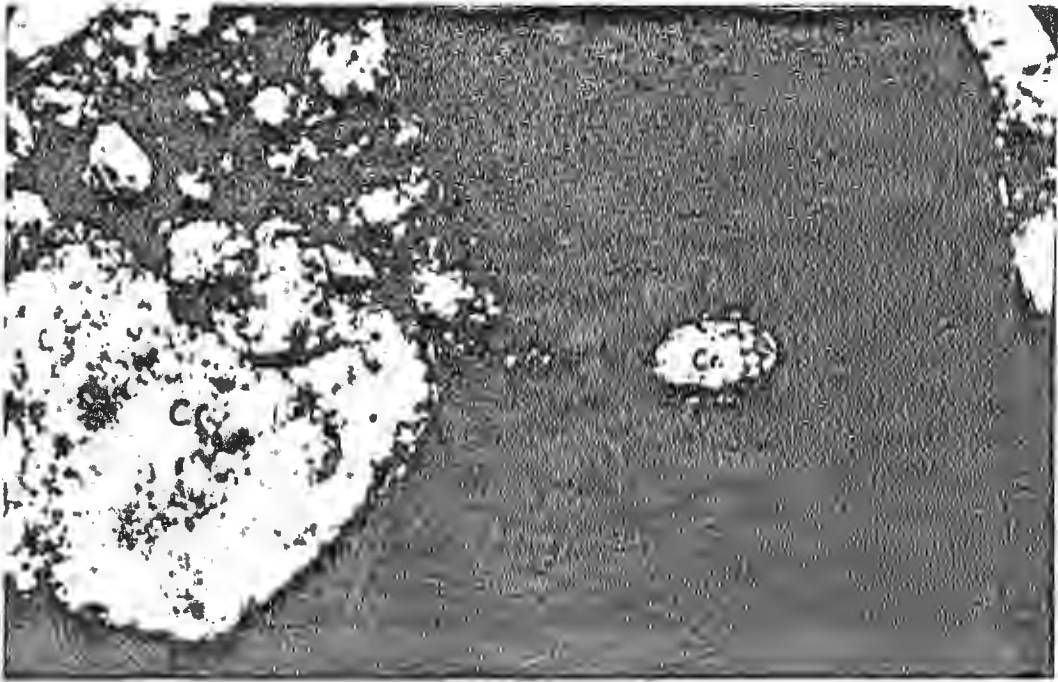
Boyut Grubu (mm)	Tane Sayısı (f)	Grubun ort. boyutu (x)	x.f	x ² .f	x ³ .f	%x.f ↓
0-0,025	3	0,013	0,039	0,000510	0,000007	0,054
0,025-0,05	14	0,038	0,532	0,020220	0,000768	0,792
0,05-0,075	8	0,063	0,504	0,031750	0,002000	1,491
0,075-0,1	3	0,088	0,264	0,023230	0,002044	1,857
0,1-0,125	4	0,113	0,452	0,051080	0,005772	2,484
0,125-0,15	5	0,138	0,690	0,095220	0,013140	3,441
0,15-0,175	6	0,163	0,978	0,159410	0,025984	4,667
0,175-0,2	6	0,188	1,128	0,212060	0,039868	6,231
0,2-0,225	13	0,213	2,769	0,589800	0,125627	10,071
0,225-0,25	36	0,238	8,568	2,039180	0,485326	21,954
0,25 -0,275	39	0,263	10,257	2,697590	0,709466	36,179
0,275-0,3	45	0,288	12,960	3,732480	1,074954	54,153
0,3-0,325	47	0,318	14,711	4,752830	1,511399	74,555
0,325-0,35	54	0,338	18,252	6,169180	2,085182	100,000
TOPLAM:	283		72,104	20,575	6,0816	

ÇİZELGE: 2.5- Kromit Boyut Ölçüleri

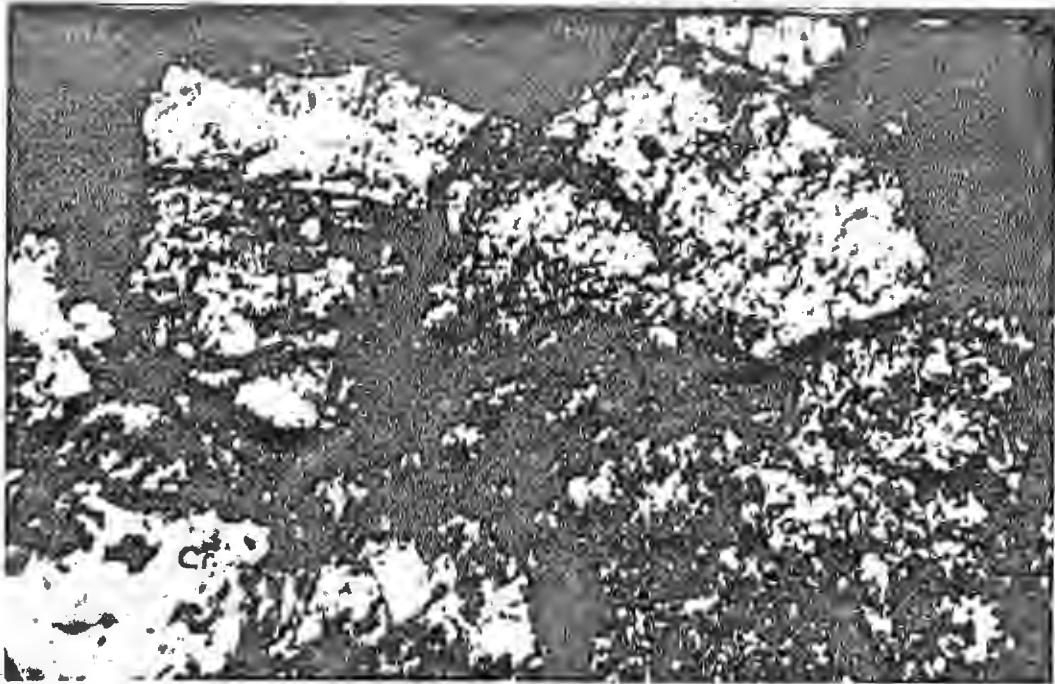
$$x_{NL} = \frac{\sum x.f}{\sum f} = \frac{72,104}{283} = 0,255 \text{ mm}$$

$$x_{SV} = \frac{\sum x^3.f}{\sum x^2.f} = \frac{6,0816}{20,575} = 0,296 \text{ mm}$$

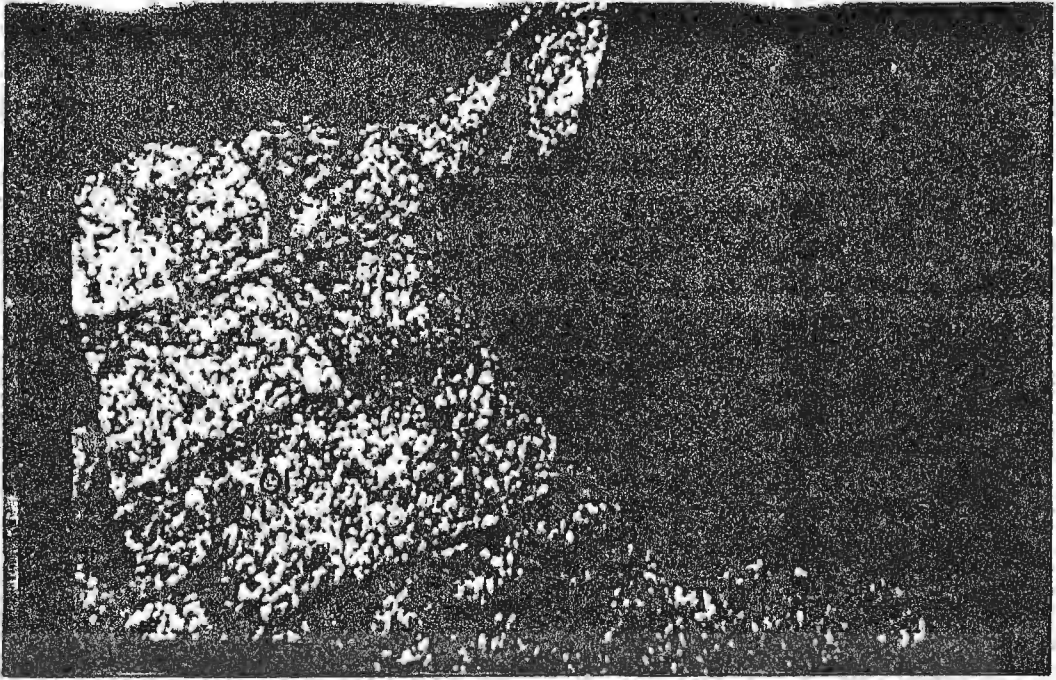
Mikroskopta yapılan boyut ölçümlerinin incelenmesinde en küçük ortalama boyutun piroksen mineraline ait olduğu (0,104 mm) saptanmıştır. Cevherin bu boyutun altına öğütülmesi ile kromit mineralinin serbestleşme derecesi % 98 olarak sağlanacaktır. (Çizelge: 2.2) (Şekil: 2.1)



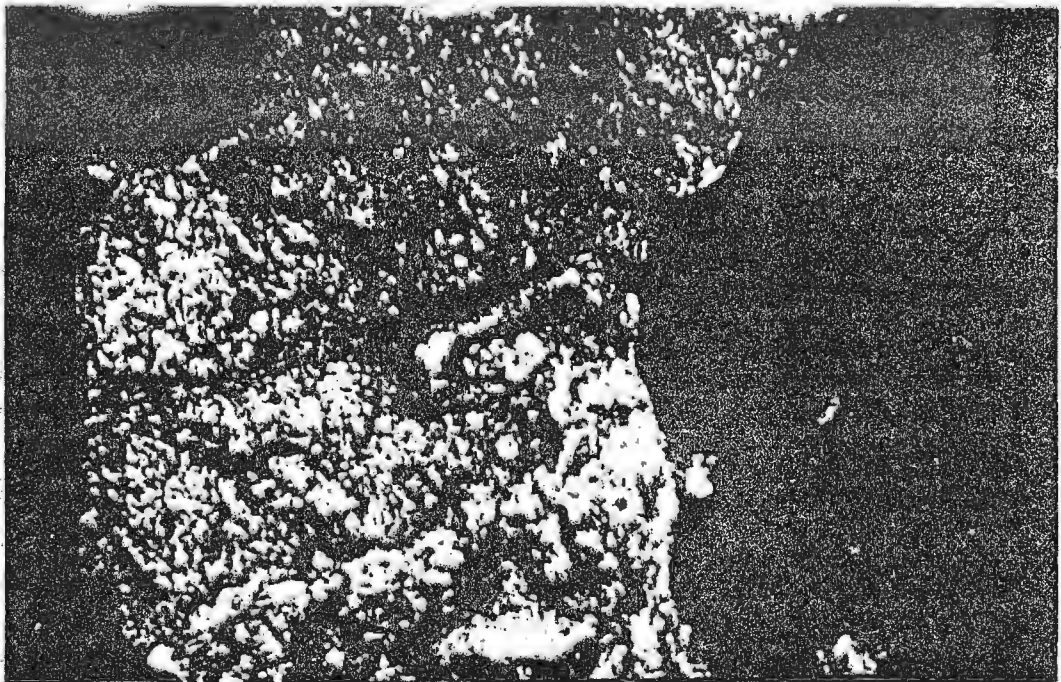
RESİM:1 - KROMİT KRİSTALLERİ (İnce Kesit) 1 cm. = 51 μ .



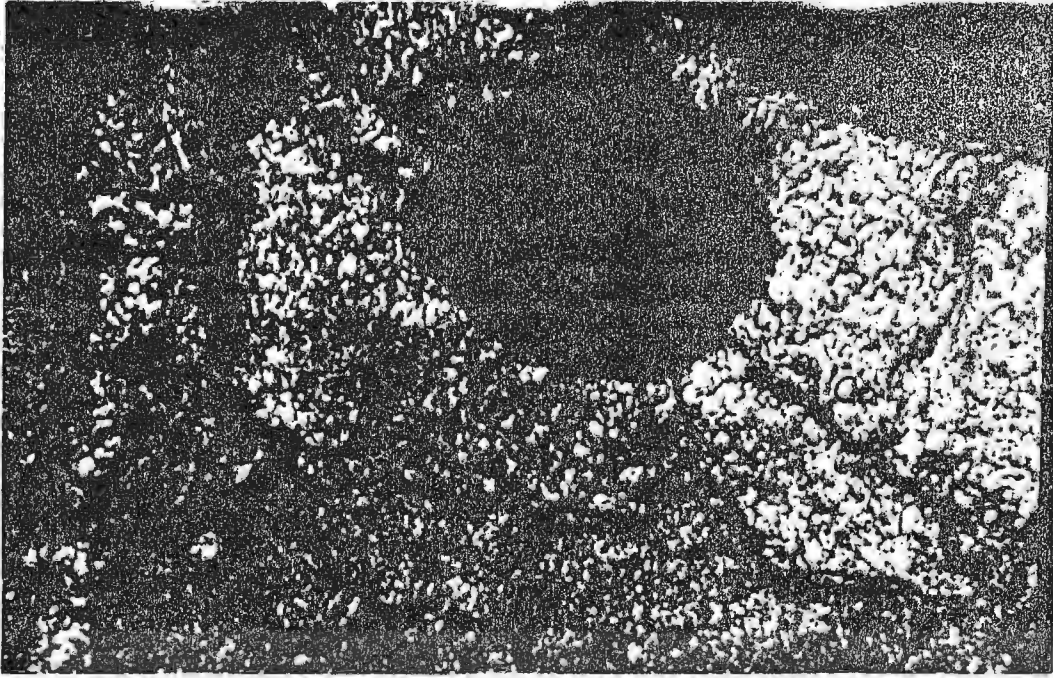
RESİM:2- KROMİT, PİROKSEN KRİSTALLERİ (İnce Kesit) 1 cm. = 51 μ .



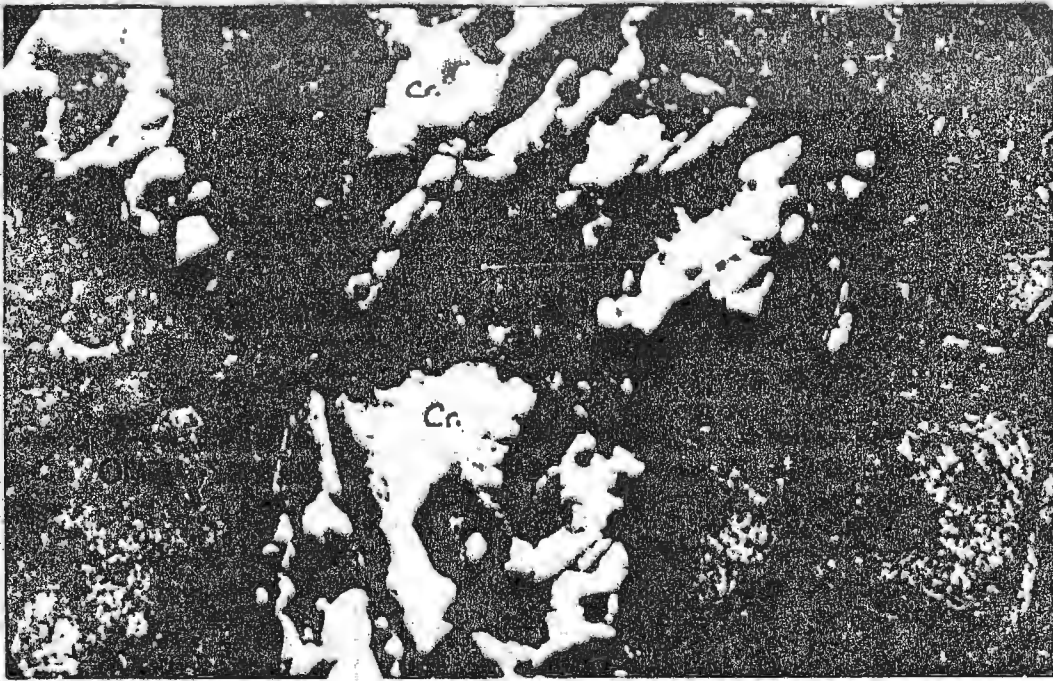
RESİM: 3- OLİVİN KRİSTALLERİ (İnce Kesit) 1 cm. = 51 μ .



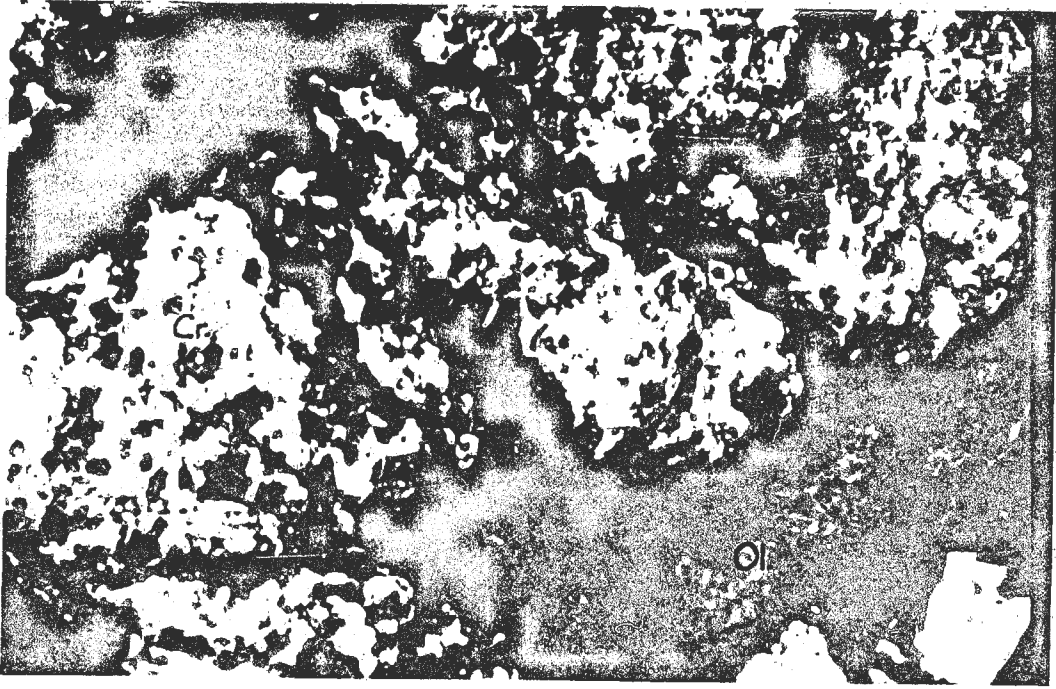
RESİM: 4 - PİROKSEN KRİSTALLERİ (İnce Kesit) 1 cm. = 51 μ .



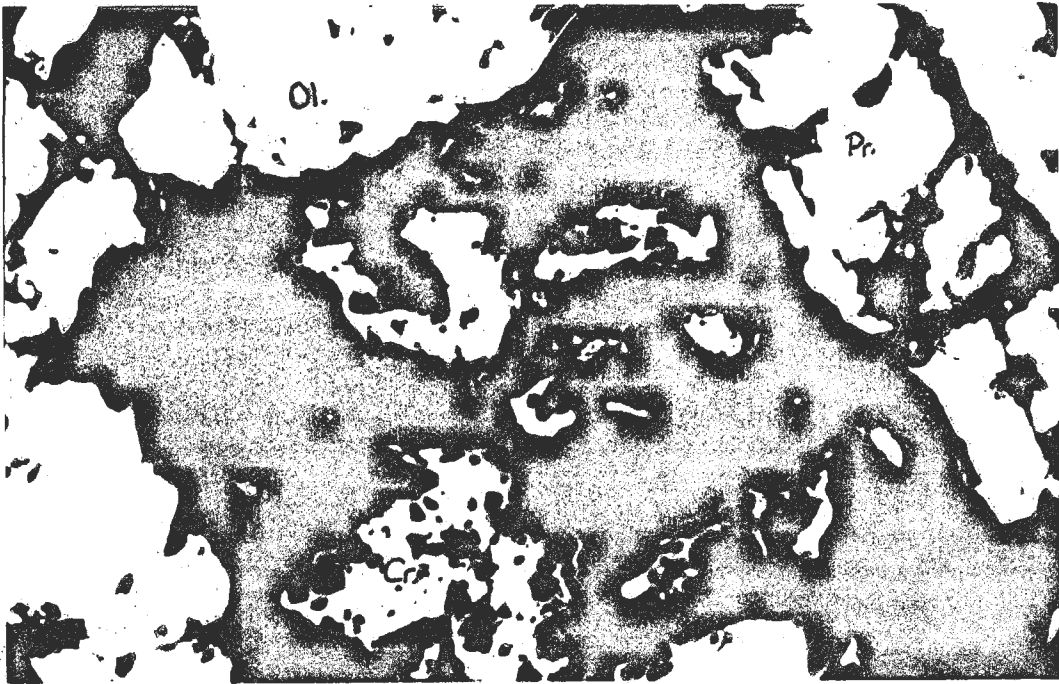
RESİM: 5 - KROMİT, OLİVİN KRİSTALLERİ (İnce Kesit) 1 cm. = 51 μ .



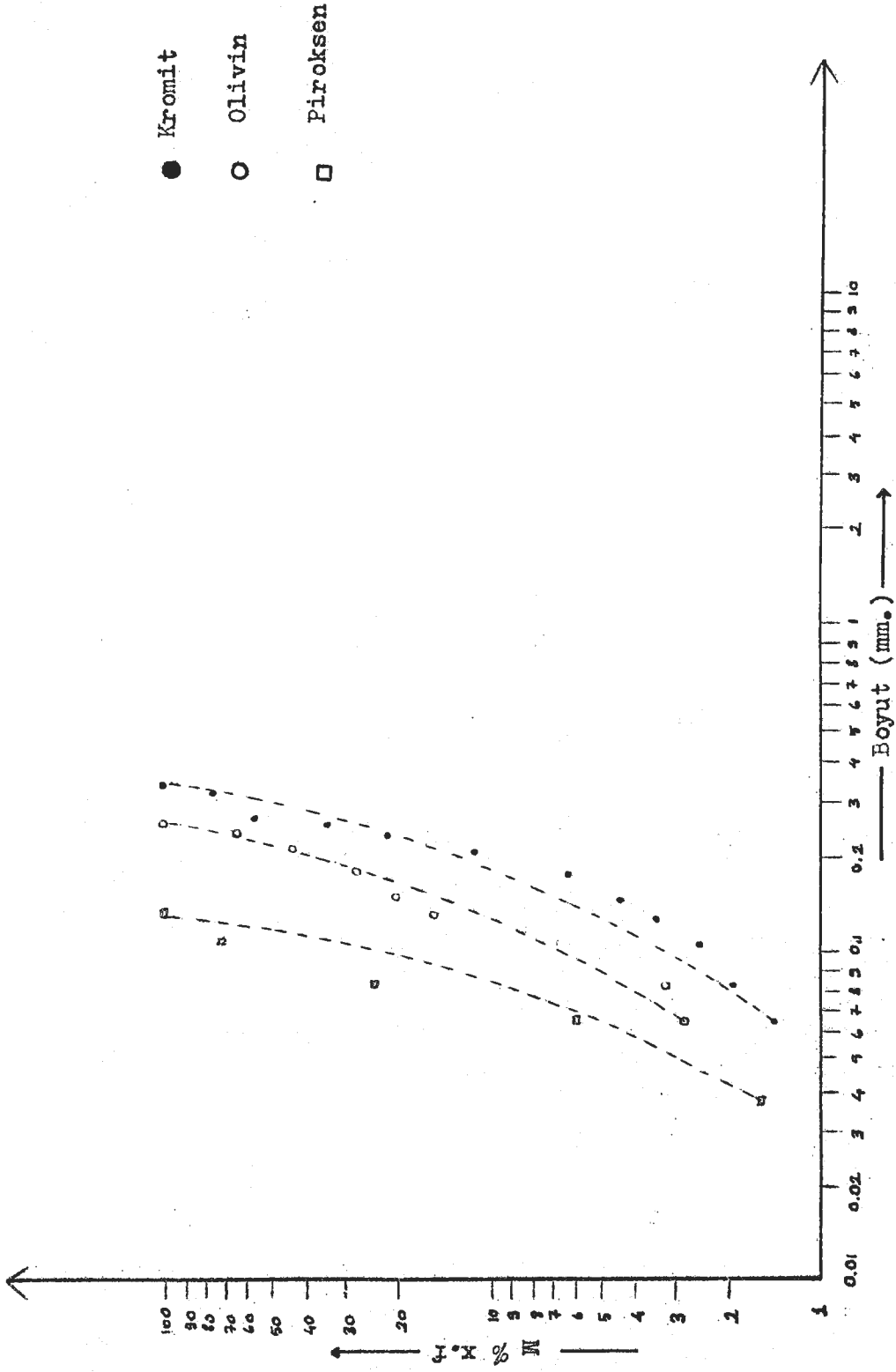
RESİM: 6 - KROMİT, OLİVİN KRİSTALLERİ (Parlatma) 1 cm. = 51 μ .



RESİM: 7 - KROMİT, OLİVİN KRİSTALLERİ (Parlatma) 1 cm. = 51 μ .



RESİM: 8 - KROMİT, OLİVİN, PİROKSEN KRİSTALLERİ (Parlatma)
1 cm. = 51 μ .



SEKİL: 2.1- Kromit, Olivin ve Piroksen miktarının tane boyutu ile değişimi.

3-ELAZIĞ-KEFDAĞI KROMİTLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI:

Kromit (4,3 - 4,6) ile cevheri oluşturan diğer minerallerden olivin (3,3) ve serpantin (2,5 - 2,6) özgül ağırlıklarının birbirine yakın olmaması bunların gravite yöntemi ile zenginleştirilebilmesini mümkün kılar yine kromit ile yan taşlarının farklı manyetik duyarlılığa sahip olmaları nedeniyle manyetik ayırma yöntemi de uygulanabilir.

Düşük dereceli krom cevherleri gravite usulü ile özellikle sarsıntılı masalarda konsantre edilerek % 45 veya daha yüksek Cr_2O_3 tenörlü konsantreler elde edilir. Ancak gravite yolu ile yapılan konsantrasyon işleminde 0,074 mm. nin altında yani ince fraksiyonlarda konsantrasyon randımanı düşmektedir. Bu fraksiyonlara flotasyon yöntemini uygulayarak kromitin gang mineralleri olivin ve serpantinden ayrılması suretiyle randımanın arttırılması uygun bir yöntem olarak görülmektedir. (1-9)

Bu çalışmada tane boyutuna göre sınıflandırma ile zenginleştirme, sallantılı masa ve flotasyon yöntemleri denenmiştir.

3.1- BOYUT KÜÇÜLTME VE BOYUTA GÖRE SINIFLANDIRMA İLE ZENGİNLEŞTİRME:

Cevherdeki kromit minerallerinin iri boyutta dağılım gösterdikleri mikroskopta yapılan tane boyutu ölçümleri ile saptandığından (çizelge (2,5) , Şekil:2,1) boyut küçültme deneyleri sırasında boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme olanakları da araştırılmıştır.

3.1.1- KIRMA DENEYLERİ:

İri parçalar halinde labaratuvara getirilen cevher önce labaratuvar tipi çeneli kırıcıda 10 mm. daha sonra konili kırıcıda 5 mm. ve merdaneli kırıcıda 1 mm. altına kırılmış ve 1 mm. altına kırılan merdaneli kırıcı ürünü elek analizi yapılarak boyut grup-

larındaki $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ dağılımları tespit edilerek (Çizelge:3.1 ve 3.2) (Şekil:3.1 ve Şekil 3.2)'de gösterilmiştir.

Alınan sonuçlardan tane boyutu küçüldükçe Cr_2O_3 tenörünün azaldığı görülmekte ve kromit mineralinin cevherdeki gang minerallerine oranla daha az kırılğan olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca tane boyutu küçüldükçe Cr tenörü ile birlikte Fe tenörü de düşmekte buna karşılık Cr/Fe oranı yükselmektedir. (Çizelge:3.3, Şekil: 3.3)

3.1.2- ÖĞÜTME DENEYLERİ:

Merdaneli kırıcıda 1 mm. altına indirilen cevher tane serbestleşme boyutunun altına indirmek ve öğütme süresini saptamak amacıyla öğütme deneyleri yapılmıştır.

Flotasyonda seçiciliği azalttığı ve reaktif sarfiyatının artmasına neden olduğu düşünülerek şlamı azaltmak amacıyla öğütme deneyleri kademeli olarak yapılmıştır.

Öğütme deneylerinde 20 cm. çaplı labaratuvar tipi çelik bilyalı değirmen kullanılmış; Değirmen hızı (60 dev./dak.) , bilya miktarı (6,5 kg.) numune miktarı (500 gr.) olarak sa.it tutulmuş ve % 50 katı oranında yaş olarak öğütüm yapılmıştır.

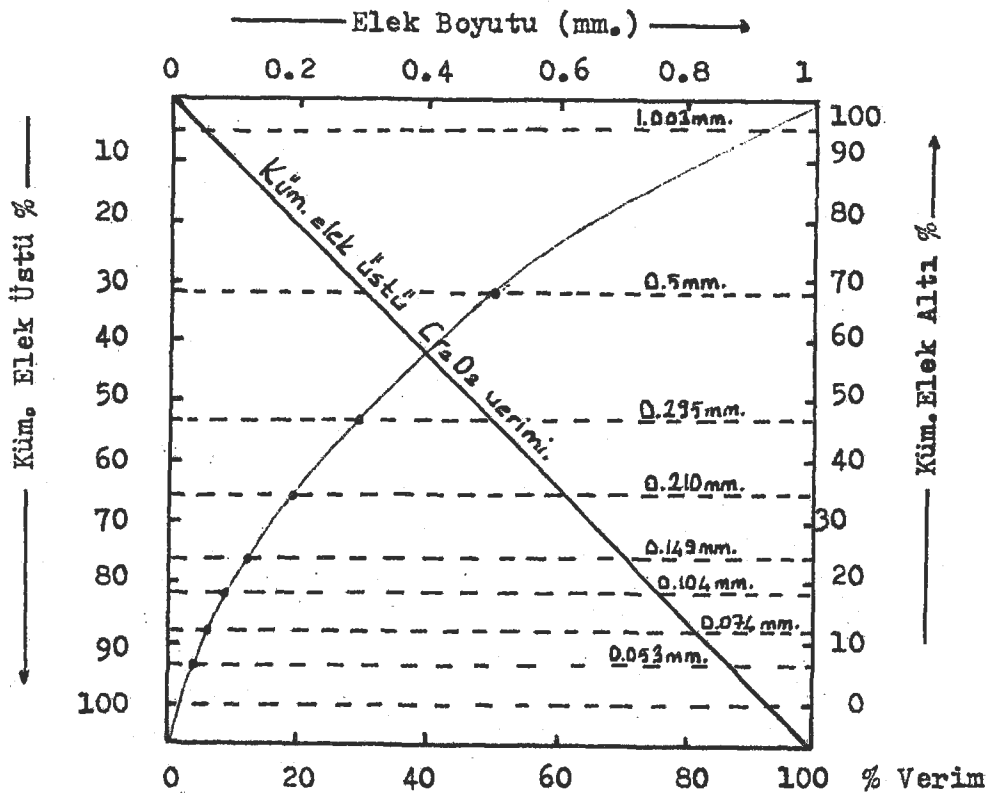
Çeşitli boyutlara yapılan öğütmelere ait kademeler ve süreleri aşağıdaki gibidir.

- 0,210 mm altına öğütme; öğütme süresi: 8 dk. (1+2+2+3) (Çizelge:3-4)
- 0,149 mm altına öğütme; öğütme süresi:11 dk. (1+2+2+3+3) (Çiz:3.5)
- 0,104 mm altına öğütme; öğütme süresi:14 dk. (1+2+2+3+3+3) (Çiz:3.6)
- 0,074 mm altına öğütme; öğütme süresi:19 dk. (1+2+2+3+3+3+4) (Çiz:3.7)
- 0,053 mm altına öğütme; öğütme süresi:26 dk. (1+2+2+3+3+3+4+5+6)

(Çizelge: 3.8)

Elek Boyutu (mm)	FRAKSİYONEL %			KÜM.ELEK ÜSTÜ % ↓			KÜM.ELEK ALTI % ↑	
	Mik.	Tenör	Verim	Mik.	Tenör	Verim	Mik.	Tenör
+1.003	5.60	40.50	5.92	5.60	40.50	5.92	100.00	38.33
-1.003+0.5	25.00	39.50	25.76	30.60	39.68	31.68	94.40	38.20
0.5+0.295	23.28	38.70	23.50	53.88	39.26	55.19	69.40	37.73
-0.295+0.210	12.07	38.00	11.97	65.95	39.02	67.14	46.12	37.24
-0.210+0.149	9.91	37.70	9.75	75.86	38.85	76.89	34.05	36.97
-0.149+0.104	4.31	37.10	4.17	80.17	38.76	81.07	24.14	36.67
-0.104+0.074	9.05	36.94	8.72	89.22	38.58	89.80	19.83	36.58
-0.074+0.053	4.31	36.56	4.11	93.53	38.48	93.90	10.78	36.28
-0.053	6.47	36.10	6.10	100.00	38.33	100.00	6.47	36.10
TOPLAM:	100.00	38.33	100.00					

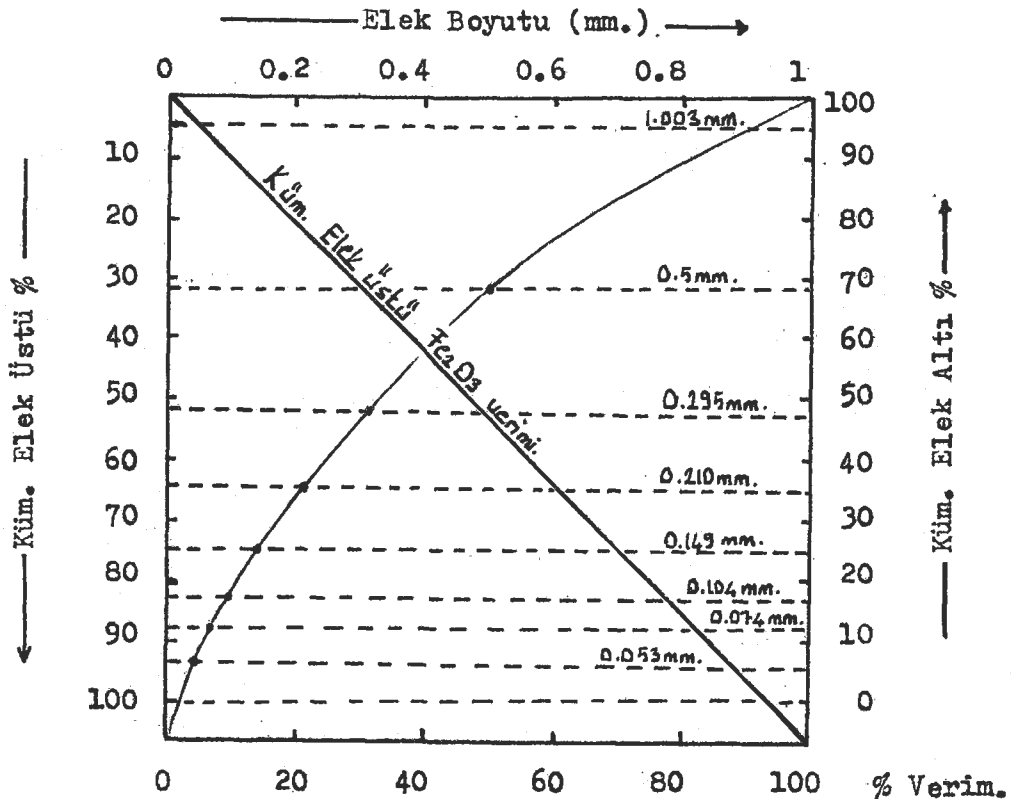
ÇİZELGE: 3.1- Merdaneli Kırıcıda 1 mm. Altına Kırılan Cevherin Elek Analizi ve Boyut Gruplarında Cr_2O_3 Tenör ve Verimi.



ŞEKİL: 3.1.

Elek Boyutu (mm.)	FRAKSİYONEL %			KÜM. ELEK ÜSTÜ % ↓			KÜM. ELEK ALTI % ↑	
	Mik.	Tenör	Verim	Mik.	Tenör	Verim	Mik.	Tenör
+1.003	5.60	20.00	6.22	5.60	20.00	6.22	100.00	18.00
-1.003+0.5	25.00	19.80	27.50	30.60	19.84	33.73	94.40	17.89
0.5+0.295	23.28	18.75	24.30	53.88	19.37	58.00	69.40	17.20
-0.295+0.210	12.07	18.53	12.43	65.95	19.21	70.38	46.12	16.42
-0.210+0.149	9.91	17.20	9.50	75.86	18.95	79.86	34.05	15.67
-0.149+0.104	4.31	16.50	3.80	80.17	18.82	83.82	24.14	15.04
-0.104+0.074	9.05	15.81	7.95	89.22	18.51	91.75	19.83	14.72
-0.074+0.053	4.31	14.51	3.50	93.53	18.33	95.25	10.28	13.81
-0.053	6.47	13.35	4.80	100.00	18.00	100.00	6.47	13.35
TOPLAM:	100.00	18.00	100.00					

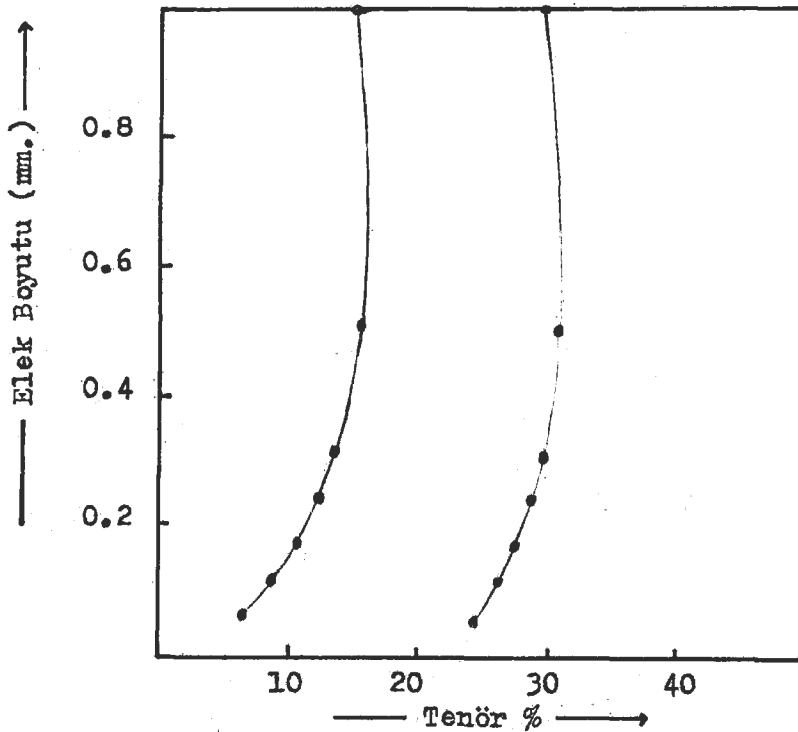
ÇİZELGE: 3.2 - Merdaneli Kırıcıda 1 mm. altına kırılan cevherin elek analizi ve boyut gruplarında Fe_2O_3 tenör ve verimi.



ŞEKİL: 3.2.

ELEK BOYUTU (mm)	MİKTAR %	Cr TENÖRÜ %	Cr VERİMİ %	Fe TENÖRÜ %	Fe VERİMİ %	Cr/Fe ORANI
+1.003	5.60	27.74	5.92	13.99	6.22	1.98
-1.003+0.5	25.00	27.05	25.76	13.85	27.50	1.95
- 0.5+0.295	23.28	26.51	23.50	13.11	24.24	2.02
-0.295+0.210	12.07	26.03	11.97	12.96	12.43	2.01
-0.210+0.149	9.91	25.82	9.75	12.03	9.50	2.15
-0.149+0.104	4.31	25.41	4.17	11.54	3.95	2.20
-0.104+0.074	9.05	25.30	8.72	11.06	7.95	2.29
-0.074+0.053	4.31	25.04	4.11	10.15	3.50	2.47
- 0.053	6.47	24.73	6.10	9.34	4.80	2.65
TOPLAM:	100.00	26.25	100.00	12.59	100.00	2.08

ÇİZELGE: 3.3 - Merdaneli Kırıcıda 1 mm altına kırılan cevherin
Cr, Fe tenör verim ve oranı.



ŞEKİL: 3.3.

ELEK BOYUTU (mm)	% N	Küm. elek üstü ≡ % N ↓	Küm. elek altı ≡ % N ↑
+0.149	40.00	40.00	100.00
-0.149+0.104	20.00	60.00	60.00
-0.104+0.074	33.00	93.00	40.00
-0.074+0.053	5.50	98.50	7.00
-0.053	1.50	100.00	1.50
TOPLAM:	100.00		

ÇİZELGE: 3.4- 0.210 mm. altına öğütülen cevherin
elek analizi.

ELEK BOYUTU (mm)	%N	Küm. elek üstü ≡ % N ↓	Küm. elek altı ≡ % N ↑
+0.104	42.00	42.00	100.00
-0.104+0.074	21.00	63.00	58.00
-0.074+0.053	18.50	81.50	37.00
-0.053+0.044	12.40	93.90	18.50
-0.044	6.10	100.00	6.10
TOPLAM:	100.00		

ÇİZELGE: 3.5- 0.149 mm. altına öğütülen cevherin
elek analizi.

ELEK BOYUTU (mm)	% N	Küm. elek üstü ≡ % N ↓	Küm. elek altı ≡ % N ↑
+0.074	46.00	46.00	100.00
-0.074+0.053	30.80	76.80	54.00
-0.053+0.044	16.40	93.20	23.20
- 0.044	6.80	100.00	6.80
TOPLAM:	100.00		

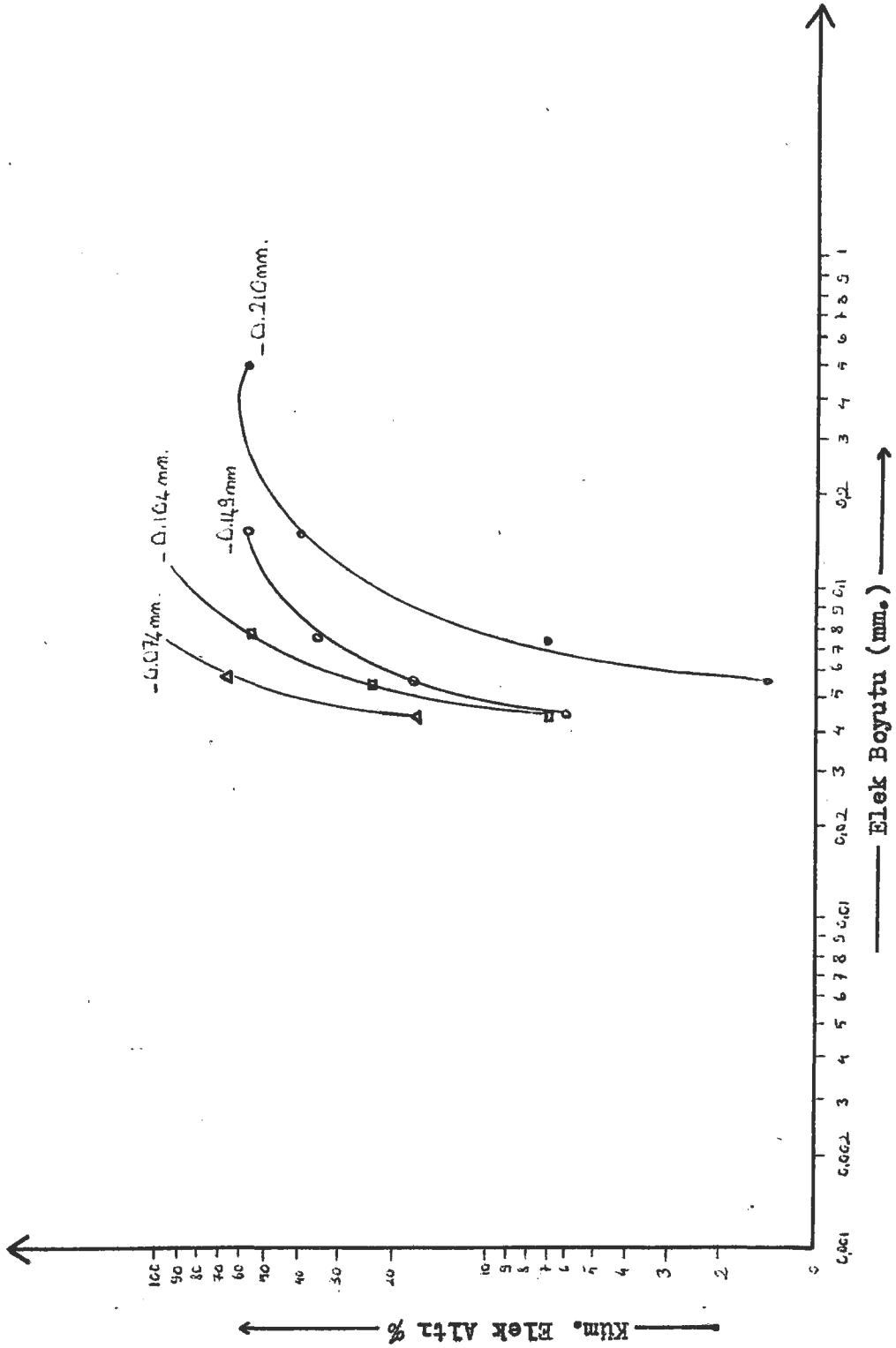
ÇİZELGE: 3.6 - 0.104 mm. altına öğütülen cevherin
elek analizi.

ELEK BOYUTU (mm.)	% N	Küm. elek üstü ≡ % N. ↓	Küm. elek altı ≡ % N ↑
+0.053	30.60	30.60	100.00
-0.053+0.044	51.50	82.10	69.40
-0.044	17.90	100.00	17.90
TOPLAM:	100.00		

ÇİZELGE: 3.7 - 0.074 mm. altına öğütülen cevherin
elek analizi.

ELEK BOYUTU (mm.)	% N	Küm. elek üstü ≡ % N ↓	Küm. elek altı ≡ % N ↑
+0.044	67.90	67.90	100.00
-0.044	32.10	100.00	32.10
TOPLAM:	100.00		

ÇİZELGE: 3.8- 0.053 mm. altına öğütülen cevherin
elek analizi.



ŞEKİL: 3.4- Öğütme deneylerine ait küm. elek altı eğrileri

3.1.3- BOYUT KÜÇÜLTME VE BOYUTA GÖRE SINIFLANDIRMA DENEYLERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR:

Kırma deneylerine ait sonuçların incelenmesinde boyut küçüldükçe Cr_2O_3 tenörünün azaldığı izlenmekte ve kromitin yan taşlarına oranla daha az kırılgen olduğu anlaşılmaktadır.

Merdaneli kırıcıda 1 mm. nin altına kırılan cevherin elek analizinde de görüldüğü gibi cevherin % 94.40'ı 1 mm. nin altına inmekte ama, bu boyutta serbestleşme olmamaktadır. 0.295 mm. nin altında % 77 olan serbestleşme derecesi malzemenin 0.210 mm. nin altına öğütülmesi ile % 87-90 civarına ulaşmaktadır.

İnce boyutlara yapılacak öğütmede şlam miktarı artacak ve verim azalacaktır. Bunun yanı sıra ince boyuta öğütmekle öğütme süresinin artması enerji sarfiyatının da artması demektir.

3.2- SALLANTILI MASA İLE ZENGİNLEŞTİRME:

Kromit ile cevheri oluşturan gang mineralleri (Olivin ve Serpantin) arasındaki özgül ağırlık farklılığı bunların gravite yöntemi ile zenginleştirilebilmelerini mümkün kılar çalışmada ELAZIĞ KEFDAĞI Kromitlerinin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi esas alınmıştır.

Cevher tane serbestleşmesi etüdləri sonucunda en uygun sonucu veren 0.210 mm. altına öğütülmüş ve ayırma etkinliğini arttırmak amacıyla masaya beslemeden önce -0.210+0.149 mm., -0.149+0.104 mm., -0.104+0.074 mm. boyut guruplarına sınıflandırılmıştır. 0.074 mm altının şlama gittiği ve randımanlı bir ayırmanın olmaması nedeniyle flotasyonla zenginleştirme amaçlanmıştır.

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

Sallantılı masalarda konsantrasyon kriteri 1.25'in üstünde olan herhangi bir mineral diğerinden ayrılabilir. Ve bu değer arttıkça ayrılma hassasiyeti de artar. Çalışmaya esas olan ELAZIĞ KEFDAĞI Kromitlerinin konsantrasyon kriteri;

Kromitin Özgül Ağırlığı= 4.6 gr./cm.³

Olivinin Özgül Ağırlığı= 3.3 gr./cm.³

Serpantinın Özgül Ağırlığı= 2.6 gr./cm.³

Konsantrasyon kriteri= $\frac{\text{Ağır min. özg. ağı.} - \text{ortamın özg. ağı.}}{\text{Hafif min. özg. ağı.} - \text{ortamın özg. ağı.}}$

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

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

Olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda kromitin yan taşlarından ayrılması sallantılı masa ile mümkün olmaktadır.

Sallantılı masa ile zenginleştirmede;

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

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

Sallantılı masa ile yapılan deneyler sonucunda konsantre (Kromit), ara ürün ve artık olmak üzere üç ayrı ürün alınmıştır. Ara ürün ve artıktaki Cr_2O_3 tenörünü azaltmak ve konsantrenin verimini arttırmak amacıyla bu ürünlerde bileşik tanelerin de olacağı düşünülmüş olarak ara ürün ve artıklar 0.149 mm. nin altına öğütüldükten sonra flotasyonla temizlenmiştir. Flotasyonda; 0.074 mm. altı için tespit edilen en iyi şartlar uygulanmıştır.

Deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar çizelge:(3.9.1), (3.9.2), (3.10.1) , (3.10.2), (3.11.1), (3.11.2) , (3.12.1) , (3.12.2)'de gösterilmiştir.

Boyut Grubu (mm)	Ürünler	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃	
			TENÖR	VERİM	TENÖR	VERİM
-0.210+0.149	Konsantre	28.00	40.02	30.54	14.68	24.21
	Ara Ürün	30.00	34.72	28.39	13.94	24.63
	Artık	42.00	35.87	41.07	20.68	51.16
	Toplam:	100.00	36.69	100.00	16.98	100.00
-0.149+0.104	Konsantre	38.00	48.09	50.72	16.99	39.19
	Ara Ürün	30.00	29.51	24.57	12.05	21.95
	Artık	32.00	27.82	24.71	20.00	38.86
	Toplam:	100.00	36.03	100.00	16.47	100.00
-0.104+0.074	Konsantre	42.00	50.32	59.74	16.40	43.76
	Ara Ürün	22.00	30.43	18.92	15.84	22.14
	Artık	36.00	20.97	21.34	14.90	34.10
	Toplam:	100.00	35.38	100.00	15.74	100.00

ÇİZELGE: 3.9.1- Eğim 1/5 = 11.31° Kısa genlik - yüksek hız

Boyut Grubu (mm.)	Ürünler	Miktar %	% Cr TENÖRÜ	% Fe TENÖRÜ	Cr/Fe ORANI
-0.210+0.149	Konsantre	28.00	27.41	10.27	2.67
	Ara Ürün	30.00	23.78	9.75	2.44
	Artık	42.00	24.57	14.46	1.70
	Toplam:	100.00	25.13	11.87	2.12
-0.149+0.104	Konsantre	38.00	32.94	11.88	2.77
	Ara Ürün	30.00	20.21	8.43	2.40
	Artık	32.00	19.05	13.99	1.36
	Toplam:	100.00	24.68	11.52	2.14
-0.104+0.074	Konsantre	42.00.	34.47	11.47	3.01
	Ara Ürün	22.00	20.84	11.08	2.78
	Artık	36.00	14.36	10.42	1.38
	Toplam:	100.00	24.23	11.01	2.20

ÇİZELGE: 3.9.2- Cr/Fe ORANI

Boyut grubu (mm)	Ürünler	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃	
			TENÖR	VERİM	TENÖR	VERİM
-0.210+0.149	Konsantre	24.00	42.24	27.63	14.79	20.90
	Ara ürün	40.00	33.31	36.32	13.63	32.11
	Artık	36.00	36.74	36.05	22.17	46.99
	Toplam:	100.00	36.69	100.00	16.98	100.00
-0.149+0.104	Konsantre	20.00	46.09	25.58	16.50	20.04
	Ara ürün	24.00	34.53	23.00	13.81	20.12
	Artık	56.00	33.08	51.42	17.60	59.84
	Toplam:	100.00	36.03	100.00	16.47	100.00
-0.104+0.074	Konsantre	23.00	49.34	32.08	17.56	25.66
	Ara ürün	22.00	33.84	21.04	13.85	19.36
	Artık	55.00	30.16	46.88	15.73	54.98
	Toplam:	100.00	35.38	100.00	15.74	100.00

ÇİZELGE: 3.10.1, Eğim = 1/5 = 11.31° Uzun genlik - yüksek hız

Boyut Grubu (mm)	Ürünler	Miktar %	% Cr Tenörü	% Fe Tenörü	Cr/Fe Oranı
-0.210+0.149	Konsantre	24.00	28.93	10.34	2.80
	Ara ürün	40.00	22.82	9.53	2.39
	Artık	36.00	25.16	15.50	1.62
	Toplam:	100.00	25.13	11.87	2.12
-0.149+0.104	Konsantre	20.00	31.57	11.54	2.74
	Ara ürün	24.00	23.65	9.66	2.45
	Artık	56.00	22.66	12.31	1.84
	Toplam:	100.00	24.68	11.52	2.14
-0.104+0.074	Konsantre	23.00	33.79	12.28	2.75
	Ara ürün	22.00	23.18	9.69	2.39
	Artık	55.00	20.66	11.00	1.88
	Toplam:	100.00	24.23	11.01	2.20

ÇİZELGE: 3.10.2- Cr/Fe Oranı

Boyut grubu (mm.)	Ürünler	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃	
			TENÖR	VERİM	TENÖR	VERİM
0.210+0.149	Konsantre	40.00	54.22	59.11	20.08	47.30
	Ara ürün	50.00	26.35	35.91	12.30	36.22
	Artık	10.00	18.27	4.98	27.98	16.48
	Toplam:	100.00	36.69	100.00	16.98	100.00
0.149+0.104	Konsantre	34.00	53.64	50.62	18.88	38.98
	Ara ürün	40.00	33.69	37.40	13.87	33.69
	Artık	26.00	16.60	11.98	17.31	27.33
	Toplam:	100.00	36.03	100.00	16.47	100.00
0.104+0.074	Konsantre	20.00	48.95	27.67	17.17	21.82
	Ara ürün	30.00	38.74	32.85	14.31	27.27
	Artık	50.00	27.94	39.48	16.03	50.91
	Toplam:	100.00	35.38	100.00	15.74	100.00

ÇİZELGE: 3.11.1 - Eğim 1/5 = 11.31° uzun genlik-düşük hız

Boyut Grubu (mm.)	Ürünler	Miktar %	% Cr Tenörü	% Fe Tenörü	Cr/Fe Oranı
0.210+0.149	Konsantre	40.00	37.14	14.04	2.65
	Ara ürün	50.00	18.05	8.60	2.10
	Artık	10.00	12.51	19.57	0.64
	Toplam	100.00	25.13	11.87	2.12
0.149+0.104	Konsantre	34.00	36.74	13.20	2.78
	Ara ürün	40.00	23.08	9.70	2.38
	Artık	26.00	11.37	12.10	0.94
	Toplam:	100.00	24.68	11.52	2.14
0.104+0.074	Konsantre	20.00	33.53	12.01	2.79
	Ara ürün	30.00	26.53	10.01	2.65
	Artık	50.00	19.14	11.21	1.71
	Toplam:	100.00	24.23	11.01	2.20

ÇİZELGE: 3.11.2 - Cr/Fe Oranı

Boyut grubu (mm.)	Ürünler	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃	
			TENÖR	VERİM	TENÖR	VERİM
-0.210+0.149	Konsantre	38.00	47.56	49.26	16.90	37.82
	Ara ürün	40.00	31.90	34.78	13.71	32.30
	Artık	22.00	26.62	15.96	23.06	29.88
	Toplam	100.00	36.69	100.00	16.98	100.00
-0.149+0.104	Konsantre	30.00	46.93	39.08	16.81	30.62
	Ara ürün	39.00	33.80	36.59	13.92	32.96
	Artık	31.00	28.30	24.33	19.35	36.42
	Toplam:	100.00	36.03	100.00	16.47	100.00
-0.104+0.074	Konsantre	25.00	46.08	32.56	15.98	25.38
	Ara ürün	34.00	39.90	38.34	15.00	32.40
	Artık	41.00	25.11	29.10	16.21	42.22
	Toplam:	100.00	35.38	100.00	15.74	100.00

ÇİZELGE: 3.12.1- Eğim 0.2125 = 12° Uzun genlik - düşük hız

Boyut grubu (mm.)	Ürünler	Miktar %	% Cr Tenörü	% Fe Tenörü	Cr/Fe Oranı
-0.210+0.149	Konsantre	38.00	32.58	11.81	2.76
	Ara ürün	40.00	21.85	9.59	2.28
	Artık	22.00	18.23	16.13	1.13
	Toplam:	100.00	25.13	11.87	2.12
-0.149+0.104	Konsantre	30.00	32.14	11.76	2.73
	Ara ürün	39.00	23.15	9.73	2.38
	Artık	31.00	19.38	13.53	1.43
	Toplam	100.00	24.68	11.52	2.14
-0.104+0.074	Konsantre	25.00	31.56	11.17	2.83
	Ara ürün	34.00	27.33	10.49	2.61
	Artık	41.00	17.20	11.34	1.52
	Toplam	100.00	24.23	11.01	2.20

ÇİZELGE: 3.12.2- Cr/Fe Oranı

Sallantılı masa ile yapılan deneyler sonucunda en iyi sonuçlar;

-0.210+0.149 mm. için; Eğim: $1/5$ (= 11.31°)

Uzanım= 2.1 cm.

Salınım sayısı=210 dev./dk.

-0.149+0.104 mm. için; Eğim: $1/5$ (= 11.31°)

Uzanım= 1.6 cm.

Salınım sayısı=245 dev./dk.

-0.104+0.074 mm. için; Eğim: $1/5$ (= 11.31°)

Uzanım= 1.0 cm.

Salınım sayısı=270 dev./dk.

yukarıdaki şartlar sabit tutulduğu zaman elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan masanın özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Beslenme kenarı : 62 cm.

Konsantre kenarı : 37 cm.

Artık kenarı : 60 cm.

Mekanizma kenarı : 49.cm.

Tip: MA 71 M4 (MİKSAN) - 1380 dev./Dak.

cos = 0.72

Kw = 0.20

HP = 0.27

V = 220.380

A = 1.1 - 0.7

En uygun koşullarda elde edilen en iyi verim ve tenörler

ÇİZELGE: 3.13 ve 3.14'de gösterilmiştir.

Boyut Gurubu (mm.)	Ürünler	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃		Cr/Fe Oranı
			TENÖR	VERİM	TENÖR	VERİM	
-0.210+0.149	Konsantre	40.00	54.22	59.11	20.08	47.30	2.65
	Ara ürün	50.00	26.35	35.91	12.30	36.22	2.10
	Artık	10.00	18.27	4.98	27.98	16.48	0.64
	Toplam	100.00	36.69	100.00	16.98	100.00	2.12
-0.149+0.104	Konsantre	34.00	53.64	50.62	18.88	38.98	2.78
	Ara ürün	40.00	33.69	37.40	13.87	33.69	2.38
	Artık	26.00	16.60	11.98	17.31	27.33	0.94
	Toplam	100.00	36.03	100.00	16.47	100.00	2.14
-0.104+0.074	Konsantre	42.00	50.32	59.74	16.40	43.76	3.01
	Ara ürün	22.00	30.43	18.92	15.84	22.14	2.78
	Artık	36.00	20.97	21.34	14.90	34.10	1.38
	Toplam	100.00	35.38	100.00	15.74	100.00	2.20

ÇİZELGE: 3.13 - En uygun koşullarda elde edilen sallantılı masa deney sonuçları.

Boyut grubu (mm.)	Ürünler	Mikt. %	T E N Ö R L E R %				
			Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO
-0.210+0.149	Konsantre	40.	54.22	20.08	4.92	6.74	8.95
	Ara ürün	50.	26.35	12.30	10.98	13.89	22.27
	Artık	10.	18.27	27.98	15.32	15.69	25.54
	Toplam	100.	36.69	16.98	8.99	11.21	17.27
-0.149+0.104	Konsantre	34.	53.64	18.88	6.07	7.01	10.10
	Ara ürün	40.	33.69	13.87	10.12	14.61	22.00
	Artık	26.	16.60	17.31	11.68	15.13	30.64
	Toplam	100.	36.03	16.47	9.15	12.16	20.20
-0.104+0.074	Konsantre	42.	50.32	16.40	6.72	7.64	11.96
	Ara ürün	22.	30.43	15.84	12.05	15.81	23.38
	Artık	36.	20.97	14.90	12.91	18.63	30.48
	Toplam	100.	35.38	15.74	10.12	13.40	21.14

ÇİZELGE: 3.14- Sallantılı masa ürünlerinin komple kimyasal analizi.

3.3-FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRME:

Sallantılı masa ile yapılan zenginleştirme işlemlerinde 0.074 mm. nin altında yani ince fraksiyonlarda konsantrasyon verimi düşmektedir. Bu nedenle cevher 0.210 mm. nin altına öğütülmüş ve sallantılı masada ayırma etkinliğini arttırmak için -0.210+0.149 mm. -0.149+0.104 mm. ve -0.104+0.074 mm. boyut guruplarına eleme yoluyla sınıflandırılmış 0.074 mm. nin altı için ise flotasyon yöntemi uygulanarak kromitin gang minerallerinden ayrılması ile verimin arttırılması düşünülmüştür.

Ayrıca sallantılı masa ara ürünü ve artık belirli oranlarda (eşit olarak) karıştırılmış ve bu ürünlerde de kromitin gang minerallerinden flotasyon yöntemi ile ayrılması ve konsantre veriminin arttırılması sağlanmıştır.

Kromit flotasyonunda anyonik kollektör olan yağ asitleri, sülfat ve sülfanatlar kullanılabilir.

Karboksil gurubunu (COO) içeren organik asitler ve bunların tuzlarına karboksilatlar denir. Hidrokarbon zincirindeki karbon sayısı 12'den fazla ise bunlara yağ asitleri adı verilir. Yağ asitlerinin alkali metallerle yaptıkları bileşiklere de sabun denir. Yağ asitleri; Hidrokarbon zincirinde çift bağ yoksa doymuş asitleri bir veya daha fazla çift bağ varsa doymamış yağ asitlerini oluşturur. Flotasyonda doymamış yağ asitleri tercih edilir. Genellikle çift sayıda karbon atomu içerirler. Belli başlı; Lorik asit (12 karbonlu doymuş), palmitik asit (16 karbonlu doymuş), stearik asit (18 karbonlu doymuş), oleik asit (18 karbonlu 1 çift bağlı), linoleik asit (18 karbonlu 2 çift bağlı) Linoleik asit (18 karbonlu 3 çiftbağlı)dır.

Flotasyonda kullanılan yağ asitleri bitkisel ve hayvansal yağlardan kısmi sentez veya damıtma ile elde edilir. Bunun dışında çeşitli sınıai tesislerde yan ürün olarak elde edilen maddeler (petrol rafinerisinden naftanik asit, odun ve selüloz endüstrisinden reçine asitleri, kâğıt endüstrisinden tall oil) ucuz flotasyon reaktifleri olarak kullanılabilir. Bunlar hayvansal ve bitkisel yağlara oranla daha ucuzdur.

Yağ asitleri tabiatta oldukça karışık şekillerde bulunduğundan saflaştırılmaları gerekir ve hidrokarbon zinciri uzadıkça suda erimeleride azalır. Aynı hidrokarbon zincirine sahip yağ asitlerinde çift bağ adedi arttıkça suda çözünürlükde artar.

Toprak alkali metalleri içeren (manyetit, kalsit, barit vs.) minerallerin ve diğer iki valanslı metalleri bulunduran minerallerin yağ asitleri ile yüzdürülmesi mümkündür. Mineral yüzeyinde metal iyonu ile karboksilat iyonunun kimyasal reaksiyonu sonucu yeni bir bileşik oluşur buna "Kimyasal Adsorpsiyon" denir.

SÜLFAT VE SÜLFANATLAR; Alkil sülfirik asit veya sülfüroz asidin alkali tuzlarıdır. Alkil süfirik asit ve sülfüroz asit alkolle-
rin asitle muamele edilmesi ile elde edilir.



Sülfirik asit yerine SO_2 gazı kullanılarak sülfonatlar elde edilir. Sülfonatların alkali tuzlarına deterjan denir ve flotasyon açısından sabunlara üstünlüğü kuvvetli bir asit ve kuvvetli bir bazın tuzu olmaları ve suda tamamen çözünebilmeleridir. Bu nedenle sülfanat flotasyonu sabun flotasyonunun aksine asit ortamlarda yapılabilir ve ortamda yeterli konsantrasyonda sülfanat iyonu bulunur.

Flotasyonda kullanılan sülfanatlar hidrokarbon zincirinde 12' den fazla karbon içerirler mineral yüzeyindeki metal iyonlarının hidrolize dolayısıyla yüksek pH'ta sabunlarla flotasyonu mümkün olmayan; Demir, krom, alüminyum gibi minerallerin flotasyonunda düşük pH'ta (PH=2-4) sülfanatlarla flotasyon yapılabilir.

Oleik asit ve diğer doymamış yağ asitleri ile nötr veya hafif asit ortamda demir mineralleri, krom vs. yüzdürülebilir. Silikatların diğer iyonların etkisi ile canlandırılarak yüzmesini önlemek için sodyum silikat kullanılabilir.

Sülfanat tipi kollektörlerle asit ortamda (pH=2-4) demir oksitler ve krom yüzdürülebilir. Düşük pH'ta hem mineral yüzeyi temizlenmiş olur hemde silikatların flotasyonu önlenir. Köpürtücü genellikle gerekmez.

Bütün oksitlerin flotasyonunda olduğu gibi kromit flotasyonunda en önemli faktör gang minerallerinden selektif ayırmanın sağlanabilmesidir.

Flotasyon ile zenginleştirme deneylerinde sodyum oleat (yağ asidi) , Amerikan Cyanamit Comp'nin ürettiği ve ticari adları A825 ve A801 (petroleum sulphonate), Hoechst Comp'nin ürettiği ve ticari adları Flotigam ENA (Amin) ve SM 15 (Fosforik Asit Esteri) olan kollektörler kullanılmıştır.

A825 ve A801'le beraber yardımcı kollektör olarak tall oil (Yağ asidi) ve Fuel oil kullanılmış; Tall oil ve Fuel oil miktarları eşit olarak alınmıştır.

A825 ve A801 genellikle bir karışım halinde kullanılır ve bu taktirde verim arttığı gibi iyi bir köpük kontrolü de sağlanmış olur. (25).Pülp yoğunluğu mineral taneciklerinin köpük sonuna erişmesinin kolaylaştırılması amacıyla yüksek tutulmuştur. Pülp yoğunluğunun yüksek olması flotasyon verimini arttırır. Düşük pülp yoğunluğu ise konsantre tenörünün yükselmesine neden olur. Bu nedenle kaba flotasyon devresinde yüksek, temizleme devresinde ise düşük pülp yoğunluğu tercih edilir. (1-3-4-9-12-18-25).

3.3.1- EN UYGUN KOLLEKTÖR İÇNSİNİN TESPİTİ İÇİN YAPILAN DENEYLER.

Bu deneylerde PH ; H_2SO_4 'le ayarlanmış ve aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

kollektör miktarı : 1500 gr./ton

pH =2

H_2SO_4 miktarı = 588 gr./ton

Kıvam zamanı = 10 (5+5) dakika

Tall oil = fuel oil miktarı = 1000 gr./ton + 1000 gr./ton

tane boyutu = -0.074 mm.

Pülp yoğunluğu = % 50 K.

Sonuçlar ÇİZELGE: 3.15'te gösterilmiş olup, en uygun verim ve tenör A801 + A825 kombinezonu ve 750 gr./ton + 750 gr./ton miktarı ile elde edilmiştir.

Kollektör Cinsi	Kollektör Miktari (gr./ton)	ÜRÜNLER	Miktar %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃		% Cr TENÖRÜ	% Fe TENÖRÜ	Cr/Fe ORANI
				TENÖR	VERİM	TENÖR	VERİM			
Na - Oleat	1500	Konsantre	22	40.74	25.55	16.59	26.05	27.90	11.60	2.41
		Artık	78	33.48	74.45	13.28	73.95	22.93	9.29	2.47
A801	1500	Konsantre	26	42.93	31.82	17.16	31.85	29.40	12.00	2.45
		Artık	74	32.32	68.18	12.90	68.15	22.14	9.02	2.45
A825	1500	Konsantre	20	42.81	24.41	17.08	24.40	29.32	11.94	2.46
		Artık	80	33.15	75.59	13.24	75.60	22.71	9.26	2.45
A801+A825	750+750	Konsantre	32	44.59	40.68	15.29	34.92	30.54	10.69	2.86
		Artık	68	30.60	59.32	13.41	65.08	20.96	9.38	2.23
SM 15	1500	Konsantre	21	39.72	23.77	16.45	24.67	27.21	11.50	2.37
		Artık	79	33.85	76.23	13.36	75.34	23.18	9.34	2.48
Flotigam ENA	1500	Konsantre	40	40.51	46.19	16.50	47.11	27.75	11.54	2.40
		Artık	60	31.46	53.81	12.35	52.89	21.55	8.64	2.49
		TOPLAM	100	35.08	100.00	14.01	100.00	24.03	9.80	2.45

GİZELGE: 3.15 - En uygun kollektör cinsinin tespiti için yapılan deneylerin sonuçları.

3.3.2-EN UYGUN REAKTİF MİKTARININ TESPİTİ İÇİN YAPILAN DENEYLER:

Bu deneylerde A801 ve A825 birlikte kullanılmış ve aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

pH = 2

H₂SO₄ miktarı = 588 gr./ton

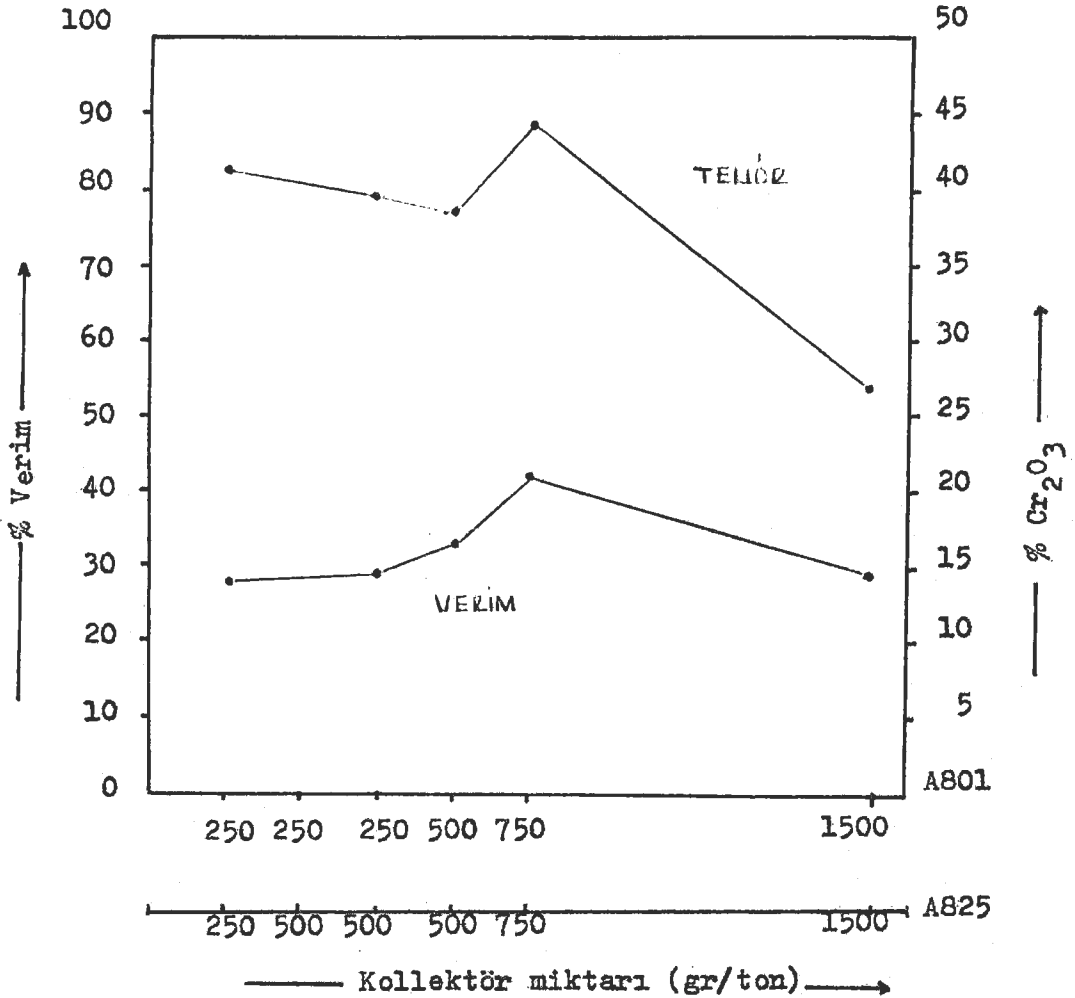
Kıvam zamanı = 10 (5+5) dak.

Tall oil + Fuel oil miktarı = 1000 gr./ton + 1000 gr./ton

Tane boyutu = -0.074 mm.

Pülp yoğunluğu = % 50 K.

Sonuçlar ÇİZELGE: 3.16'da gösterilmiş olup, en uygun sonuç A801 (750 gr./ton) + A825 (750 gr./ton)' da elde edilmiştir.



ŞEKİL: 3.5- Konsantredeki Cr₂O₃ tenör ve veriminin kollektör miktarına göre değişimi.

KOLLEKTÖR CİNSİ	KOLLEKTÖR MİKTARI (gr/ton)	ÜRÜNLER	MİKT. %	% Cr ₂ O ₃ TENÖR VERİM	% Fe ₂ O ₃ TENÖR VERİM	% Cr TENÖRÜ	% Fe TENÖRÜ	Cr/Fe ORANI
A801 + A825	1500+1500	Konsantre	40	26.07	19.81	17.86	13.85	1.29
		Artık	60	41.08	10.14	28.14	7.09	3.97
	750+750	Konsantre	32	44.59	15.29	30.54	10.69	2.86
		Artık	68	30.60	13.41	20.96	9.38	2.23
	500+500	Konsantre	30	38.27	14.30	26.21	10.00	2.62
		Artık	70	33.71	13.89	23.09	9.71	2.38
	250+250	Konsantre	24	40.61	16.59	27.82	11.60	2.40
		Artık	76	33.34	13.20	22.84	9.23	2.47
	250+500	Konsantre	25	39.60	15.06	27.12	10.53	2.58
		Artık	75	33.57	13.66	22.99	9.55	2.41
	500+250	Konsantre	22	41.07	16.62	28.13	11.62	2.42
		Artık	78	33.39	13.27	22.87	9.28	2.46
		TOPLAM	100	35.08	14.01	24.03	9.80	2.45

ÇİZELGE: 3.16- En uygun kollektör miktarının tespiti için yapılan deneylerin sonuçları.

3.3.3- pH DEĞERİNİN FLOTASYONA ETKİSİNİ İNCELEMEK İÇİN YAPILAN DENEYLER

Deneylerde pH değeri ve ayarlayıcı reaktif olarak kullanılan H_2SO_4 miktarı dışındaki şartlar aşağıda gösterildiği gibi sabit tutulmuştur.

Kollektör = A801 (750 gr./ton) + A825 (750 gr./ton)

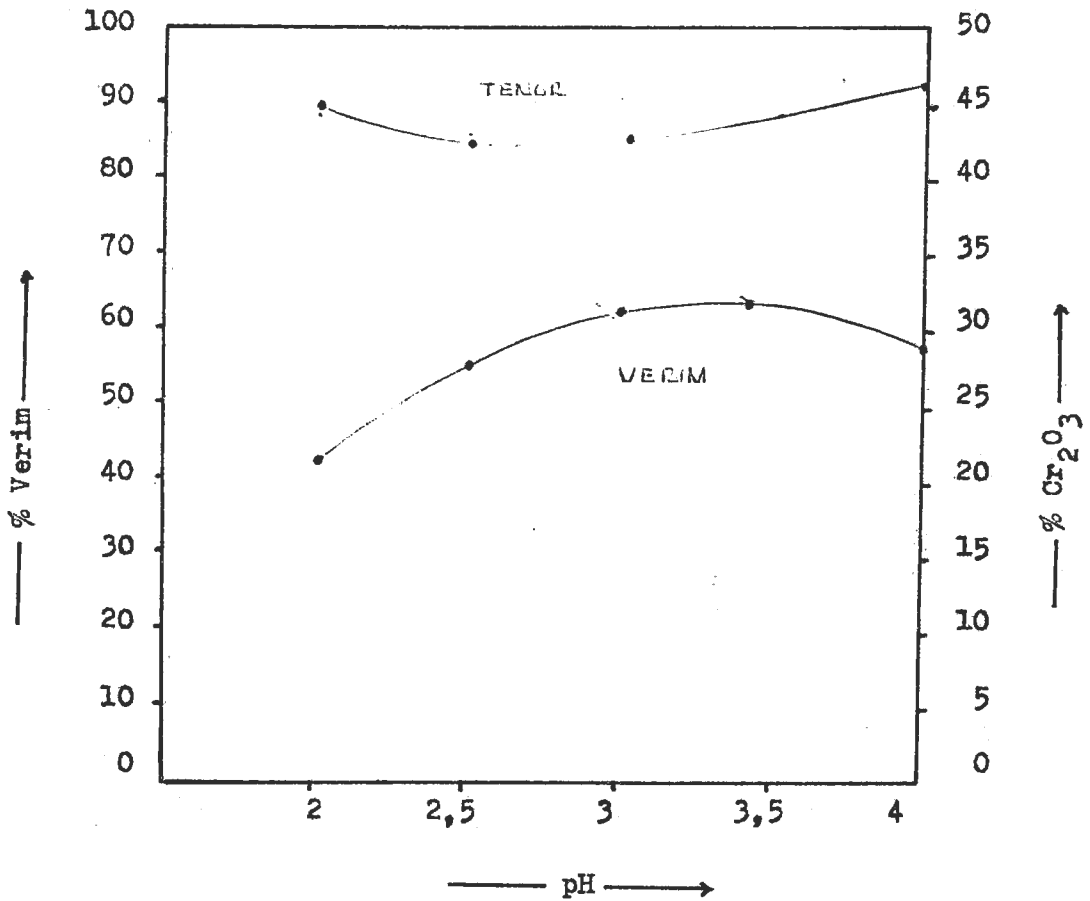
Kıvam zamanı = 10 (5+5) dakika

Tall oil + Fuel oil miktarı = 1000 gr./ton + 1000 gr./ton

Tane boyutu = -0.074 mm.

Pülp yoğunluğu = % 50 K.

Sonuçlar ÇİZELGE: 3.17'de verilmiştir. Verim ve tenör bakımından en iyi sonuç pH = 3'de elde edilmiştir.



ŞEKİL 3.6- Konsantredeki Cr_2O_3 tenör ve veriminin pH değerine göre değişimi

pH	ÜRÜNLER	MIKTAR %	% Cr ₂ O ₃ TENÖR	VERİM	% Fe ₂ O ₃ TENÖR	VERİM	% Cr TENÖRÜ	% Fe TENÖRÜ	Cr / Fe O R A N I
2	Konsantre	32	44.59	40.68	15.29	34.92	30.54	10.69	2.86
	Artık	68	30.60	59.32	13.41	65.08	20.96	9.38	2.23
2,5	Konsantre	44	43.57	54.65	15.10	47.42	29.84	10.56	2.83
	Artık	56	28.41	45.35	13.15	52.58	19.46	9.20	2.12
3	Konsantre	46	46.09	60.44	16.90	55.50	31.57	11.82	2.67
	Artık	54	25.70	39.56	11.55	44.50	17.60	8.08	2.18
4	Konsantre	44	46.80	58.70	17.20	43.00	32.05	12.03	2.66
	Artık	56.	25.87	41.30	12.29	57.00	17.72	8.59	2.06
TOPLAM :		100	35.08	100.00	14.01	100.00	24.03	9.80	2.45

ÇİZELGE: 3.17 - pH değerinin flotosyona etkisini incelemek için yapılan deneylerin sonuçları.

3.3.4- KIVAM ZAMANININ FLOTASYONA ETKİSİNİ İNCELEMELİK İÇİN YAPILAN DENEYLER:

Kıvam zamanının flotasyona etkisini incelemek için yapılan deneylerde aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

Kollektör = A801 (750 gr./ton) + A825 (750 gr./ton)

pH = 3

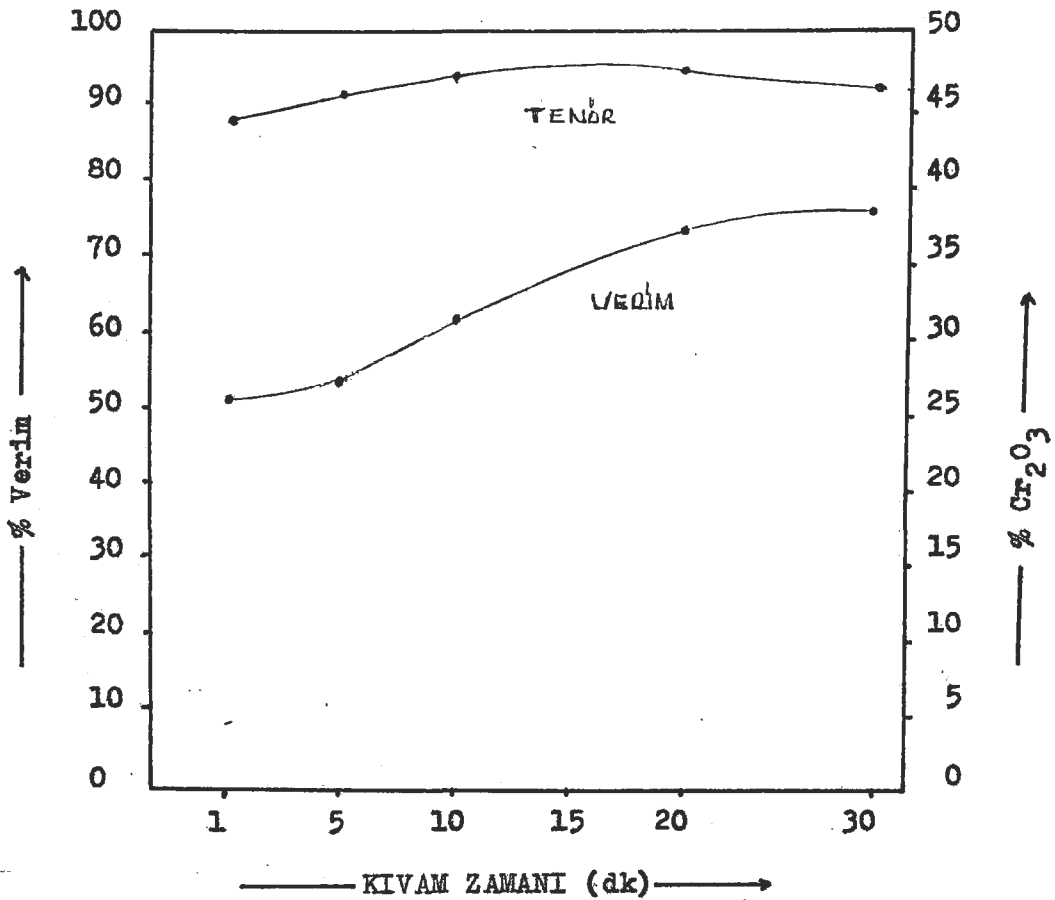
H₂SO₄ miktarı = 392 gr./ton

Tall oil + Fuel oil miktarı = 1000 gr/ton + 1000 gr/ton.

Tane boyutu = -0.074 mm.

Pülp yoğunluğu = % 50 K.

Sonuçlar çizelge 3.18'de verilmiştir. Verim ve tenör bakımından en iyi sonuç kıvam zamanı 20 dakika olarak alındığı zaman elde edilmiştir.



ŞEKİL: 3.7- Konsantredeki Cr₂O₃ tenör ve veriminin kıvam zamanına göre değişimi.

KIVAM ZAMANI (dk)	ÜRÜNLER	MİKTAR %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃		% Cr	% Fe	Cr/Fe
			TENÖR	VERİM	TENÖR	VERİM	TENÖRÜ	TENÖRÜ	ORANI
1	Konsantre	40	44.38	50.60	15.39	43.94	30.40	10.76	2.83
	Artık	60	28.88	49.40	13.09	56.06	19.78	9.15	2.16
5	Konsantre	40	46.00	52.45	16.35	46.68	31.51	11.43	2.76
	Artık	60	27.80	47.55	12.45	53.32	19.04	8.71	2.19
10	Konsantre	46	46.09	60.44	16.90	55.50	31.57	11.82	2.67
	Artık	54	25.70	39.56	11.55	44.50	17.60	8.08	2.18
20	Konsantre	54	47.54	73.18	17.81	68.65	32.56	12.45	2.62
	Artık	46	20.45	26.82	9.55	31.35	14.01	6.68	2.10
30	Konsantre	58	46.29	76.53	16.94	70.13	31.71	11.85	2.68
	Artık	42	19.60	23.47	9.96	29.87	13.42	6.97	1.93
TOPLAM		100	35.08	100.00	14.01	100.00	24.03	9.80	2.45

ÇİZELGE: 3.18 - Kıvam zamanının flotasyona etkisini incelemek için yapılan deneylerin sonuçları.

3.3.5- KATI ORANININ FLOTASYONA ETKİSİNİ İNCELEMELİK İÇİN YAPILAN DENEYLER:

Katı oranının flotasyona etkisini incelemek için yapılan deneylerde aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

Kollektör = A801 (750 gr/ton) + A825 (750 gr/ton)

pH = 3

H₂SO₄ miktarı = 392 gr/ton

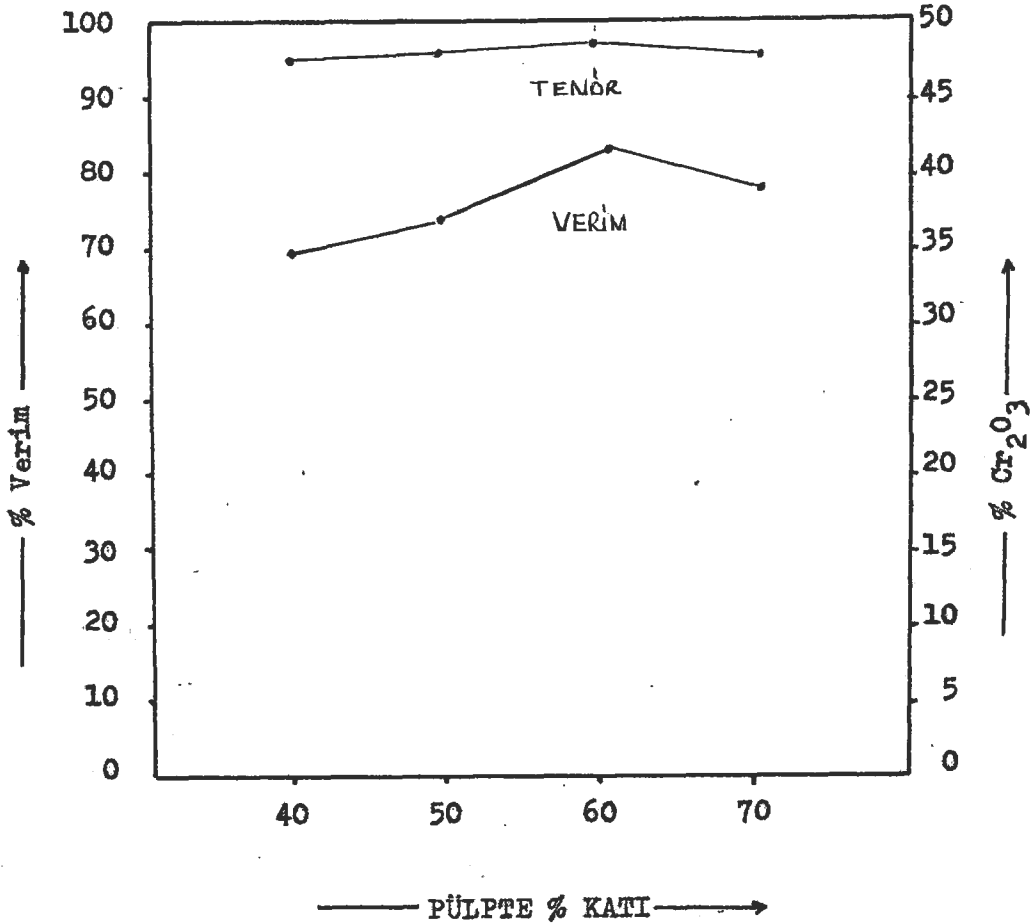
Tall oil + Fuel oil miktarı = 1000 gr/ton + 1000 gr/ton

Tane boyutu = -0.074 mm.

Pülp yoğunluğu = % 50 K. , % 60 K. , % 70 K. , % 40 K.,

Kıvam zamanı = 20 Dakika

Sonuçlar çizelge:3.19'da verilmiştir. Verim ve tenör bakımından en iyi sonuç % 60 K. pülp yoğunluğuyla elde edilmiştir.



ŞEKİL: 3.8- Konsantredeki Cr₂O₃ tenör ve veriminin pülp yoğunluğuna göre değişimi.

KATI ORANI %	ÜRÜNLER	MİKTAR %	% Cr_2O_3		% Fe_2O_3		% Cr	% Fe	Cr/Fe ORANI
			TENÖR	VERİM	TENÖR	VERİM	TENÖRÜ	TENÖRÜ	
40	Konsantre	52	47.02	69.70	17.61	65.36	32.21	12.31	2.62
	Artık	48	22.14	30.30	10.11	34.64	15.16	7.07	2.14
50	Konsantre	54	47.54	73.18	17.81	68.65	32.56	12.45	2.62
	Artık	46	20.45	26.82	9.55	31.35	14.01	6.68	2.10
60	Konsantre	60.	47.98	82.06	17.90	76.66	32.86	12.52	2.62
	Artık	40	15.73	17.94	8.17	23.34	10.77	5.71	1.89
70	Konsantre	58	47.69	78.85	17.86	73.94	32.66	12.49	2.61
	Artık	42	17.67	21.15	8.69	26.06	12.10	6.08	1.99
TOPLAM:		100	35.08	100.00	14.01	100.00	24.03	9.80	2.45

ÇİZELGE: 3.19 - Katı oranının flotasyona etkisini incelemek için yapılan deneylerin sonuçları.

3.3.6- YARDIMCI KOLLEKTÖR (TALL OIL, FUEL OIL) MİKTARININ FLOTASYONA ETKİSİNİ İNCELEMEK İÇİN YAPILAN DENEYLER.

Yardımcı kollektör olarak kullanılan tall oil ve fuel oil miktarının flotasyona etkisini incelemek için yapılan deneylerde aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

Kollektör = A801 (750 gr/ton) + A825 (750 gr/ton)

pH = 3

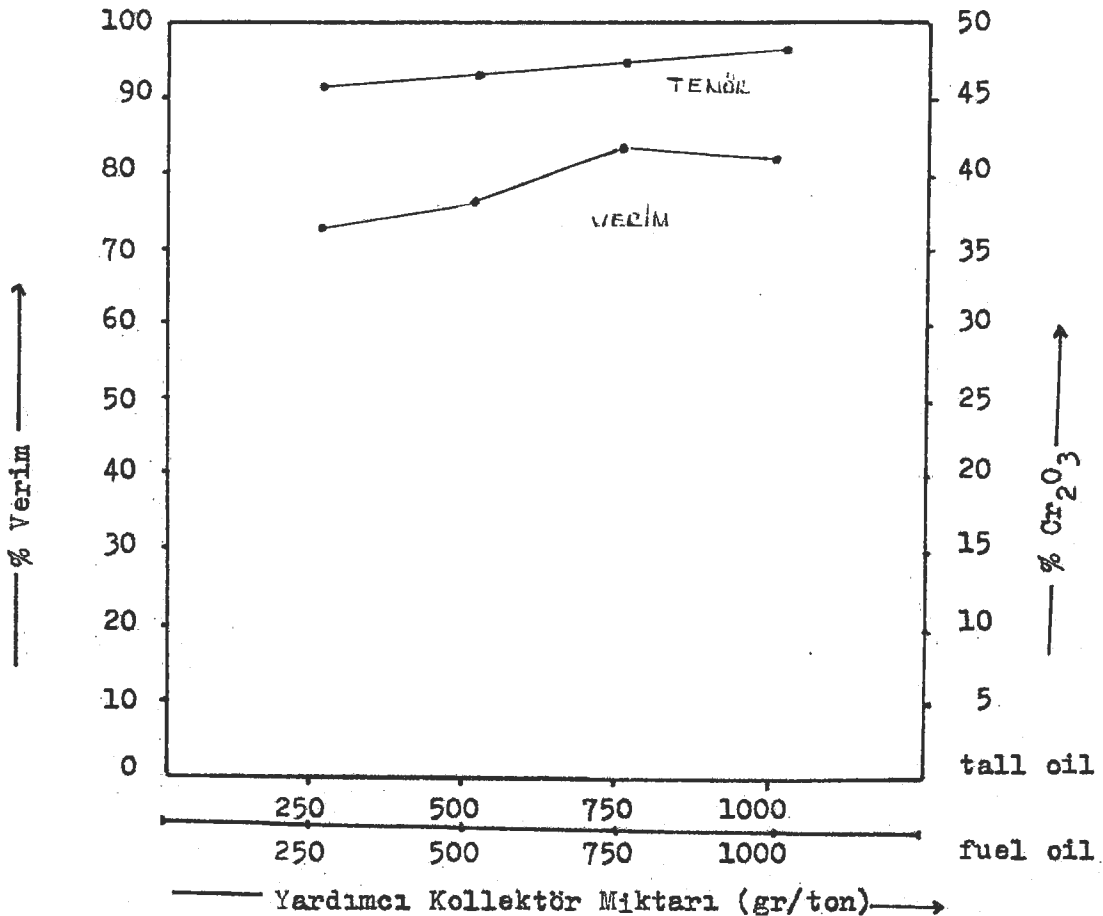
H_2SO_4 miktarı = 392 gr/ton.

Tane boyutu = -0.074 mm.

Pülp yoğunluğu = % 60 K.

Kıvam zamanı = 20 dakika.

Sonuçlar çizelge:3.20'de verilmiştir. Verim ve tenör bakımından en iyi sonuç tall oil ve fuel oil miktarı 750 gr./ton + 750 gr/ton olarak kullanıldığı zaman elde edilmiştir.



ŞEKİL: 3.9 - Konsantredeki Cr_2O_3 tenör ve veriminin yardımcı kollektör miktarına göre değişimi.

Tali oil Fuel oil miktarı (gr/ton)	ÜRÜNLER	MİKTAR %	% Cr ₂ O ₃		% Fe ₂ O ₃		% Cr	% Fe	Cr/Fe
			TENÖRÜ	VERİMİ	TENÖRÜ	VERİMİ	TENÖRÜ	TENÖRÜ	ORANI
1000+1000	Konsantre	60	47.98	82.06	17.90	76.66	32.96	12.52	2.62
	Artık	40	15.73	17.94	8.17	23.34	10.77	5.71	1.89
750+750	Konsantre	61	47.96	83.40	15.76	68.62	32.95	11.02	2.99
	Artık	39	14.93	16.60	11.27	31.38	10.23	7.88	1.30
500+500	Konsantre	57	47.22	76.73	17.70	72.01	32.34	12.38	2.61
	Artık	43	18.98	23.27	9.12	27.99	13.00	6.38	2.04
250+250	Konsantre	54	47.00	72.35	17.51	67.49	32.19	12.24	2.63
	Artık	46	21.09	27.65	9.90	32.51	14.45	6.92	2.09
TOPLAM:		100	35.08	100.00	14.01	100.00	24.03	9.80	2.45

ÇİZELGE: 3.20 - Yardımcı kollektör miktarının flotasyona etkisini incelemek için yapılan deneylerin sonuçları.

3.3.7- TEMİZLEME FLOTASYONU İLE Cr_2O_3 TENÖRÜNÜN ARTTIRILMASI OLANAĞININ ARAŞTIRILMASI.

Yapılan deneyler sonucu elde edilen konsantrelerin Cr_2O_3 tenörlerinin biraz düşük olması nedeniyle, konsantredeki Cr_2O_3 tenörünü yükseltmek ve artıktaki kromu kurtarmak amacıyla tekrar temizleme flotasyonu yapılmıştır.

Tekrar temizleme flotasyonunda 3.3.6 'daki şartlar altında yapılan deneylerde elde edilen ve Cr_2O_3 tenör ve verim bakımından en iyi sonucu vermiş olan malzeme kullanılmış, aşağıdaki şartlar sabit tutulmuş ve değişik miktarlarda Na_2SiF_6 (Sodyum Fluo Silikat) olivini bastırmak için pülp'e ilave edilmiştir. Sonuçlar çizelge: 3.21 ve 3.22'de gösterilmiştir.

Kollektör = A801 (750 gr/ton) + A825 (750 gr/ton)

pH = 3

H_2SO_4 miktarı = 392 gr/ton

Tall oil + Fuel oil miktarı = 750 gr/ton + 750 gr/ton.

Tane boyutu = -0.074 mm.

Pülp yoğunluğu = % 60 K.

Kıvam zamanı = 20 dakika.

Na ₂ SiF ₆ Miktarı (gr/ton)	ÜRÜNLER	MİKTAR %	% Cr ₂ O ₃ TENÖR	VERİM	% Fe ₂ O ₃ TENÖR	VERİM	% Cr TENÖR	% Fe TENÖR	Cr/Fe ORANI
50	Konsantre	67	49.97	69.81	15.98	67.94	34.23	11.17	3.06
	Artık	33	43.88	30.19	15.31	32.06	30.05	10.71	2.81
100	Konsantre	70	49.15	71.74	15.92	70.71	33.66	11.13	3.02
	Artık	30	45.18	28.26	15.39	29.29	30.94	10.76	2.88
200	Konsantre	88	48.84	89.61	15.89	88.73	33.45	11.11	3.01
	Artık	12	41.53	10.39	14.80	11.27	28.45	10.35	2.75
300	Konsantre	82	48.70	83.27	15.71	81.74	33.36	10.99	3.04
	Artık	18	44.58	16.73	15.99	18.26	30.53	11.18	2.73
TOPLAM		100	47.96	100.00	15.76	100.00	32.95	11.02	2.99

ÇİZELGE: 3.21 - Temizleme (Kaba konsantrenin temizlenmesi) flotasyonu deneylerinde elde edilen sonuçlar.

Na ₂ SiF ₆ Miktarı (gr/ton)	ÜRÜNLER	MİKTAR %	% Cr ₂ O ₃ TENÖR	VERİM	% Fe ₂ O ₃ TENÖR	VERİM	% Cr TENÖRÜ	% Fe TENÖRÜ	Cr/Fe ORANI
50	Konsantre	80	17.32	92.81	8.55	60.69	11.86	5.98	1.98
	Artık	20	5.37	7.19	22.15	39.31	3.68	15.49	0.24
100	Konsantre	86	16.23	93.49	8.41	64.18	11.12	5.88	1.89
	Artık	14	6.94	6.51	28.84	35.82	4.75	20.17	0.24
200	Konsantre	82	17.25	94.74	8.50	61.85	11.82	5.94	1.99
	Artık	18	4.36	5.26	23.89	38.15	2.99	16.71	0.18
300	Konsantre	80	17.46	93.56	8.63	61.26	11.96	6.03	1.98
	Artık	20	4.81	6.44	21.83	38.74	3.29	15.27	0.22
TOPLAM		100	14.93	100.00	11.27	100.00	10.23	7.88	1.30

ÇİZELGE: 3.22 - Kaba artığın tekrar temizlenmesi ile elde edilen sonuçlar.

ÜRÜNLER	MİKTAR %	T E N Ö R L E R				
		Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO
Konsantre	61.00	47.96	15.76	6.40	7.60	12.82
Artık	39.00	14.93	11.27	15.73	21.86	39.38
B.Cevher	100.00	35.08	14.01	10.04	13.16	23.18

ÇİZELGE: 3.23- En uygun koşullarda yapılan flotasyon deneylerinde elde edilen ürünlerin komple kimyasal analizi.

3.3.8 - FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR.

1. 0.210 mm. altına öğütülen cevher sallantılı masada ayırma etkinliğini arttırmak için -0.210 + 0.149 , -0.149 + 0.104 , -0.104 + 0.074 mm. boyut gruplarına sınıflandırılmıştır. 0.074 mm. altı ise sallantılı masa deneylerinde şlama gittiği görülerek flotasyonla temizlenmesi düşünülmüştür.

2. Kollektör olarak A825 ve A801 (Petrol Sülfanatları) birlikte kullanıldığı zaman diğer kollektörlere göre daha iyi sonuç alınmıştır.

3. Kollektör miktarı A825 (750 gr/ton) ve A801 (750 gr/ton) olarak kullanıldığı zaman verim ve tenör bakımından iyi sonuç alınmıştır.

4. pH = 3 'de en iyi verim ve tenör elde edilmiştir. pH ayarlayıcı olarak H₂SO₄ (392 gr/ton) kullanılmıştır.

5. Kıvam zamanı arttıkça tenör ve verimin yükseldiği fakat, 30 dakikada tenörde düşme olduğu görülmüştür. En iyi sonuç kıvam zamanı 20 dakika olarak alındığı zaman elde edilmiştir.

6. Ağır minerallerde tanelerin köpük yüzeyine kolay çıkabilmeleri için pülp yoğunluğunun yüksek alınması gerektiği düşünülerek yüksek katı oranı ile çalışılmış ve katı oranı % 60 olarak alındığı zaman verim ve tenör bakımından uygun sonuçlar alınmıştır.

7. Yardımcı kollektör olarak kullanılan tall oil ve fuel oil miktarları 750 gr/ton + 750 gr/ton olarak saptanmıştır.

8. Beslenen cevherde % 35.08 Cr₂O₃ olan tenör ve Cr/Fe = 2.45 olan oran en uygun koşullardaki konsantrede % 47.96 Cr₂O₃ ve Cr/Fe=2.99 olarak elde edilmiştir.

9. En uygun koşullarda elde edilen konsantre ve artık tekrar temizleme flotasyonuna tabi tutulmuş ve kaba konsantrede % 47.96 Cr₂O₃

olan tenör ve % 83.40 olan verim temizleme flotasyonunda % 48.84 Cr_2O_3 ve % 89.61 verim olarak elde edilmiştir. Temizleme flotasyonunda silikatları bastırmak için Na_2SiF_6 kullanılmıştır. (200 gr/ton)

En uygun koşullarda elde edilen artıktaki ayrıca temizleme flotasyonuna tabi tutulmuş ve kaba artıktaki % 14.93 Cr_2O_3 olan tenör ve % 16.60 olan verim Na_2SiF_6 200 gr/ton olarak kullanıldığı zaman % 17.25 Cr_2O_3 tenörü ve % 94.74'lük bir verim elde edilmiştir.

ÜRÜNLER	MİKTAR %	T E N Ö R L E R %					Cr/Fe ORANI
		Cr_2O_3	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	MgO	
T.Konsantre	53.68	48.84	15.89	4.31	5.03	10.21	3.01
Araürün	7.32	41.53	14.80	21.75	26.43	31.98	2.75
Artık	39.00	14.93	11.27	15.73	21.86	39.38	1.30
K.Konsantre	61.00	47.96	15.76	6.40	7.60	12.82	2.98
B.Cevher	100.00	35.08	14.01	10.04	13.16	23.18	2.45

ÇİZELGE: 3.24- Temizleme flotasyonu sonucu elde edilen temiz konsantrenin komple kimyasal analizi.

T.Konsantre = Temizleme Flotasyonu Sonucu Elde Edilen Konsantre

Ara ürün = Temizleme Flotasyonu Sonucu Elde Edilen Artık

Artık = Temizleme Flotasyonuna Beslenen En uygun Koşuldaki Artık

K.Konsantre = Temizleme Flotasyonuna Beslenen En Uygun Koşuldaki Konsantre

B.Cevher = Beslenen Cevher

3.4- SALLANTILI MASA ARA ÜRÜN VE ARTIĞININ FLOTASYONLA TEMİZLENMESİ.

Sallantılı masa ile yapılan çalışmalarda en iyi tenör ve verimi veren koşullardaki ara ürün ve artıklar konsantrenin verimini yükseltmek ve krom kaybını önlemek amacıyla temizleme işlemine tabi tutulmuştur. Temizleme ara ürün ve artıkların 0.149 mm. altına öğütülmesinden sonra 0.074 mm. altı cevherine uygulanan ve en iyi sonuçları veren şartlar sabit tutularak flotasyon ile yapılmıştır. sonuçlar ÇİZELGE: 3.25 ve 3.26'da gösterilmiştir.

ÜRÜNLER	MİKTAR %	T E N Ö R L E R %					Cr/Fe ORANI
		Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	
Konsantre	63.00	38.64	14.27	5.86	7.21	12.97	2.65
Artık	37.00	14.91	13.16	19.75	27.21	38.27	1.11
Toplam	100.00	29.86	13.86	11.00	14.61	22.23	2.11
V E R İ M L E R %							
Konsantre	63.00	81.52	64.86	33.56	31.09	36.59	
Artık	37.00	18.48	35.14	66.44	68.91	63.41	
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

ÇİZELGE: 3.25- Sallantılı masa ara ürününün flotasyonla temizlenmesi ile elde edilen sonuçlar.

ÜRÜNLER	MİKTAR %	T E N Ö R L E R %					Cr/Fe ORANI
		Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	
Konsantre	55.00	26.73	12.34	6.99	9.13	14.35	2.12
Artık	45.00	8.29	29.05	20.72	25.11	46.01	0.28
Toplam	100.00	18.43	19.86	13.17	16.32	28.60	0.91
V E R İ M L E R %							
Konsantre	55.00	79.77	34.17	29.19	30.77	27.60	
Artık	45.00	20.23	65.83	70.81	69.23	72.40	
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

ÇİZELGE: 3.26- Sallantılı masa artığının flotasyonla temizlenmesiyle elde edilen sonuçlar.

Sallantılı masa ara ürün ve artıklarının ayrı ayrı flotasyonla temizlenmesi sonucu elde edilen ürünlere ait sonuçlar sallantılı masa sonuçları ile birleştirilerek konsantre veriminin artması sağlanmıştır.

Ara ürününün temizlenmesi ile elde edilen konsantre sallantılı masa konsantreleri (-0.210 + 0.149, -0.149 + 0.104, -0.104 - 0.074 mm. boyut gruplarına ait) ile birleştirilmiş ve % 47.37 Cr₂O₃ tenörüne sahip % 81.73 Cr₂O₃ verimi ile yeni bir konsantre elde edilmiştir. Ara ürünün temizlenmesi ile elde edilen artık ve artıkların temizlen-

mesi ile elde edilen ürünler gerek tenörlerinin gerekse verimlerinin düşük olması nedeniyle artık olarak kabul edilmiş ve onlarda birleştirilerek tek bir ürün olarak kabul edilmiştir. Sonuçlar ÇİZELGE:3.27' de gösterilmiştir.

ÜRÜNLER	MİKTAR %	% Cr ₂ O ₃		%Fe ₂ O ₃	%Al ₂ O ₃	%SiO ₂	%MgO
		TENÖR	VERİM	TENÖR	TENÖR	TENÖR	TENÖR
Konsantre	61.85	47.37	81.73	16.85	5.89	7.17	11.35
Artık	38.15	17.17	18.27	17.46	15.52	20.21	32.05
Toplam	100.00	35.85	100.00	17.08	9.56	12.15	19.25

ÇİZELGE: 3.27 - Sallantılı masa + flotasyon sonuçları.

SONUÇLAR:

1. ELAZIĞ-KEFDAĞI Kromitlerinin boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirilemeyeceği anlaşılmıştır.

2. Sallantılı masa çalışmaları için 0.210 mm. nin altına öğütülen cevher -0.210 + 0.149 mm. , -0.149 + 0.104 mm. , -0.104 + 0.074 mm. boyut gruplarına sınıflandırılmıştır. 0.074 mm. nin altını sallantılı masa ile temizlemek mümkün olmadığından flotasyona tabi tutulmuştur.

Sallantılı masa ile yapılan çalışmalarda konsantre, ara ürün ve artık olmak üzere her fraksiyon için 3 ayrı ürün alınmıştır. Ara ürün ve artıklar 0.074 mm. altı cevher için saptanan en iyi koşullarda flotasyona tabi tutulmuş ve sonuçta sallantılı masa sonuçları ile birleştirilerek % 47.37 Cr_2O_3 tenörlü ve % 81.73 verimli konsantre elde edilmiştir. (ÇİZELGE: 3.24 - 3.25 - 3.26 - 3.27)

3. 0.074 mm. altı kromit cevheri flotasyonunda; pH=3 (392 gr/ton H_2SO_4), A825 (750 gr/ton) , A801 (750 gr/ton) , tall oil (750 gr/ton) ve fuel oil (750 gr/ton) , pülp yoğunluğu % 60 K. ve kıvam zamanı 20 dakika koşullarında yüzdürülmüş ve % 47.96 Cr_2O_3 tenörlü konsantre % 83.40'lık verimle elde edilmiştir.(ÇİZELGE:3.20)

Konsantredeki Cr_2O_3 tenörünü yükseltmek amacıyla en iyi koşullarda elde edilen konsantre temizleme flotasyonuna tabi tutulmuştur. Silikatları bastırmak amacıyla Na_2SiF_6 (Sodyum Fluo Sılikat) kullanılmıştır. Temizleme flotasyonu sonucu % 48.84 Cr_2O_3 tenör ve % 89.61 Cr_2O_3 verimli bir konsantre elde edilmiştir. (ÇİZELGE:3.21-3.22)

4. Yapılan çalışmalardan ELAZIĞ-KEFDAĞI kromitlerinin sallantılı masa ve flotasyon yöntemi ile endüstrinin isteklerine uygun konsantre haline getirilebileceği anlaşılmıştır.

-REFERANSLAR-

1. Allison. A.S. and Yiğit E. : The Selective Flotation of South African Chromites.
(15th July.1983)
2. Aslaner. M. : Optik Mineroloji
3. Atak Suna : Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması (İ.T.Ü.1974)
4. Atak Suna : 4. Balkan Ülkeleri Cevher Hazarlamada Kongresi
Oleat Flotation of Chromites.
(11.9.1984 - 13.9.1984)
5. Bayraktar T.Cengiz: Cevher Hazarlamada Zenginleştirme
Öncesi İşlemler. (İ.T.Ü. - 1979)
6. Bozkurt M. Rifat : Mineral Tayini El Kitabı
7. Çoğulu H. Ersen : Petrografi ve Petroloji Cilt 1
Çeviri (İ.T.Ü. - 1976)
8. Deer, Howie and Zussman : An Introduction to the rock
forming minerals.
9. Doğan M. Zeki : Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik
Kongresi (4. Kongre)
Olivinin kromitten Flotasyonla Ayırışması
(19-22 Şubat 1975 - ODTÜ - ANKARA)
10. Dora Özcan : Genel Mineroloji Cilt 1 (EÜ - 1975)
11. Etibank Bülteni : Aralık 1977 - Sayı 7 - Şubat 1985 Sayı:71
12. Gaudin A.M. : Memorial Volume I. M.C. Fuerstenau
FLOTATION.
13. Gedikbey Tefvik : Modern Analiz Yöntemleri Ders Notları
14. Göymen Güner : Maden Minerallerinin Yapı ve Dokuları
(E.D.M.M.A. - 1977)
15. Gümüş Altan : Metalik Maden Yatakları. Çeviri (İTÜ)
16. Gündüz Turgut : Kantitatif Analiz Lab. Kitabı
Ankara Üniversitesi Analitik Kimya Kürs.
17. Heinrich E. Wm. : Microscopik Identification of Minerals
(MICHIGAN)
18. Hoechst Flotation Reagents (Hoechst Comp. April-1981)
19. Kumbasar Işık : Cevher Mikroskopisi. Çeviri (İTÜ - 1970)
20. Kumbasar Işık : Cevher Mikroskopisi için Tayin Tabloları
21. Kumbasar Işık : Silikat Mineralleri. Çeviri (İTÜ)

22. Madenlerimiz : Etibank Genel Müdürlüğü. - 1981
23. Mikami M. Harry : Industrial Minerals and Rocks
CHROMITE.
24. Mills Chris : The Theory of Gravity Separation
President, Industrial Minerals Consultants
Princeton. (New Jersey.)
25. Mining Chemicals Handbook(American Cyanamid Comp.)
(New Jersey)
26. Mining Engineering (May-1984 - Sayfa: 510-511)
27. M.T.A. Enstitüsü Maden Haberleri Bülteni 1978
28. Önal Güven - Vecihi Gürkan - Neş'et Acarkan: Türkiye
Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi (6. Kongre)
Krom Zenginleştirme Tesisleri Artıklarının Yüksek Alan
Şiddetli Yaş Manyetik Ayırma ile Değerlendirilmesi.
29. Önal Güven: Cevher Hazarlamada Flotasyon Dışındaki
Zenginleştirme Yöntemleri (İTÜ - 1980)
30. Sağıroğlu Galip N. - Çoğulu H. Ersen : Polarizan Mikros-
kopta Minerallerin Tayini. Çeviri.
31. Sınai Kalkınma Bankası Kimya Sektör Araştırması: KROMİT
(No:12)

ÖNERİLER:

1. Bu çalışmada labaratuvar tipi sallantılı masa kullanılmıştır. İşletmede fraksiyonlara göre eşik yüksekliği, eğim, hız, genlik, yıkama ve besleme suyu miktarı gibi ayırmada etken olan faktörlerin daha iyi ayarlanabildiği sallantılı masalar kullanıldığı takdirde verim ve tenörün daha yüksek olacağı sanılmaktadır.

2. Sallantılı masaya beslenen ürünün sınıflandırılması ise eleklerle yapılmıştır. Sınıflandırmanın klasifikatör veya hidrosayzır gibi bir cihazla yapılması daha iyi sonuç verecektir.