

KÜMAŞ TESİSİNİN -4 mm BOYUTUNUN FLOTASYONLA
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Ferihan Kula

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yard.Doç.Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

Şubat-1988

Anadolu Üniversitesi

Ferihan Kula'nın YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "Kumaş Tesisinin -4 mm Boyutunun Flotasyonla Zenginleştirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

26/2./1988

Üye : Doç.Dr. Rifat BOZKURT

Üye : Y.Doc.Dr. Gürkan YERSEL

Üye : Y.Doc.Dr. İsmayil Özdeş

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..2.3.1988....
gün ve ..169/18..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, sinter manyezit üreten KÜMAŞ tesislerinin artık olarak bıraktıkları -4 mm boyutunun, flotasyonla zenginleştirme olanakları araştırılmıştır.

Kümaş -4 mm artığının % 40.83 MgO içerdiği görülmüştür. Örneğin, başlıca bileşenlerini, demiroksitler ve serpantinler oluşturmaktadır.

Cevher; kırma, öğütme ve sınıflandırma ile flotasyonla zenginleştirme yapılabilecek boyuta indirilmiştir. Daha sonra flotasyonla zenginleştirme yöntemi uygulanmıştır.

Katyonik toplayıcılarla (aminlerle) silikatların yüzdürülüp, manyezit konsantrasi eldesinden yani, ters flotasyon deneylerinden olumlu sonuç alınamamıştır. Bu nedenle uygun bastırıcı karışımları kullanılarak anyonik toplayıcılarla (yağ asitleri ile) manyezit yüzdürülmüştür. Bu deneylerden % 96 verimle, % 44.5 MgO içeren konsantre elde edilmiştir.

SUMMARY

The aim of this study was to beneficiate magnesite by froth flotation method from min. 4 mm tallings produced in KUMAŞ concentrator.

Before the application of froth flotation method, the sample was comminuted utilising closed circuit rod mill -0.212 mm screen.

Flotation of silicates with cationic collectors did not result in acceptable magnesite concentrates.

Direct flotation of magnesite showed that it was possible to produce concentrates containing 44.5 % MgO with 96 % of recovery.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarımın yönetimini kabul ederek, çalışmalarım boyunca uyarı ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarım olumlu tenkitleri ile yön veren, deneysel ve teorik çalışmamda katkısı büyük olan Sayın Hocam Yard.Doç. Dr.Hüseyin ÖZDAĞ'a, öneri ve fikirlerinden yararlandığım Sayın Hocam Doç.Dr.Rifat BOZKURT'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım da her konuda yararlarını gördüğüm Anadolu Üniversitesi Kütahya Meslek Yüksek Okulu Müdürü Sayın Adil ÖZKAN'a ve kimyasal analizlerin yapılmasında yardımcı olan Kim.Müh. Vedat SEVERCAN'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	
ÇİZELGELER DİZİNİ	
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. MANYEZİT HAKKINDA GENEL BİLGİLER	2
2.1. Magnezyum Elementi ve Mineralleri	2
2.1.1. Manyezit	2
2.1.2. Dolomit	3
2.1.3. Brusit	4
2.1.4. Olivin	4
2.1.5. Evaporitik magnezyum mineralleri	4
2.2. Manyezit ve Manyezit Yataklarının Oluşumu ...	4
2.2.1. Kriptokristalen manyezit veya jelmanyezit yatakları	5
2.2.2. İri kristalli manyezit yatakları	6
3. MANYEZİT CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ	8
3.1. Tavuklama	8
3.2. Boyut Küçültme ile Zenginleştirme	9
3.3. Elektrostatik Ayırma	9
3.4. Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme	9
3.5. Hidratasyon Yoluyla Ayırma ile Zenginleştirme	10
3.6. Ağır Ortam Ayırması ile Zenginleştirme	10

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.7. Dereceli Kalsinasyon Yoluyla Ayırma ile Zenginleştirme	11
3.8. Kalsinasyon ve Gravite Yoluyla Ayırma ile Zenginleştirme	11
3.9. Flotasyon Yoluyla Zenginleştirme	12
4. KULLANIM ALANLARI	19
4.1. Magnezyum Bileşiklerinin Kullanım Alanları ..	19
4.2. Metalik Magnezyumun Kullanım Alanları	19
5. DÜNYA VE TÜRKİYE MANYEZİT REZERVLERİ	21
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	24
6.1. Örneğin Tanımı	24
6.2. Örneğin Hazırlanması	25
6.3. Analiz Yöntemleri	26
6.4. Flotasyon Reaktifleri	28
6.5. Flotasyon Deneyleri	30
6.5.1. Gang minerallerinin yüzdürüldüğü deneyler ve sonuçları	30
6.5.1.1. pH değerinin flotasyona etkisini incelemek için yapılan deneyler	30
6.5.1.2. Uygun toplayıcı miktarının saptanması için yapılan deneyler	32
6.5.1.3. Reaktifin kademeli olarak verilmesi halinde en uygun reaktif miktarının saptanması	34
6.5.1.4. Değişik pH'larda bastırıcının (nişastanın) etkisini incelemek için yapılan deneyler	35

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.5.1.5. Silikatların flotasyonunda ARMAC T katyonik toplayıcının kullanılması ve değişik pH değerlerinde yapılan deneyler	38
6.5.1.6. Şlamin uzaklaştırılması ve pülp yoğunluğunun etkisini incelemek için yapılan deneyler	40
6.5.1.7. Silikatların ve demiroksitlerin ayrı ayrı yüzdürülerek manyezit konsantresi elde etmek için yapılan deneyler	42
6.5.2. Manyezitin yüzdürülüp gangin bastırıldığı deneyler	44
6.5.2.1. Hazırlanan bastırıcı karışımı ile yapılan deneyler	44
6.5.2.2. Bastırıcı cinslerinin karşılaştırılması için yapılan deneyler	46
6.5.2.3. Hazırlanan toplayıcı karışımı ile yapılan deneyler	48
6.5.2.4. Bastırıcı olarak Na_2SiO_3 ve toplayıcı olarak oleik asitin kullanıldığı deney deneylerde parça boyutunun etkisini incelemek için yapılan deneyler	50
6.5.2.5. En uygun toplayıcı ve bastırıcı miktarını saptamak için yapılan deneyler	52
6.5.2.6. Na_2SiO_3 ve oleik asit ile en uygun pH durumunun saptanması için yapılan deneyler	54
7. SONUÇLAR	56
KAYNAKLAR DİZİNİ	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.1. Kütahya Kümaş manyezit zenginleştirme tesisinin akım şeması	24
6.2. Hazırlama işleminin akım şeması	25
6.3. Konsantredeki MgO tenör ve veriminin pH'ya göre değişimi	30
6.4. Konsantredeki MgO tenör ve veriminin toplayıcı miktarına göre değişimi	32
6.5. Konsantredeki MgO tenör ve veriminin toplayıcı miktarına göre değişimi	34
6.6. Değişik pH'larda kullanılan bastırıcı ile elde edilen MgO tenör ve verimi	36
6.7. ARMAC-T ile değişik pH'larda konsantre tenör ve verimi	38
6.8. Konsantredeki MgO tenör ve veriminin pulp yoğunluğu ve tane boyutuna göre değişimi	40
6.9. Değişik pH'larda konsantre tenör ve veriminin değişimi	42
6.10. Bastırıcı miktarının değiştirilmesi ile konsantre tenörünün ve veriminin değişmesi	44
6.11. Tane boyutunun konsantre tenör ve verimine etkisi	50
6.12. Oleik asit ve Na ₂ SiO ₃ miktarlarının tenör ve veriminin etkisi	52
6.13. pH değişimine göre konsantre tenör ve verimi ..	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Manyezit için sıfır yük noktası	14
5.1. Dünya manyezit rezervleri (milyon ton)	21
5.2. Türkiye'nin bilinen manyezit yatakları rezervleri	23
6.1. pH değerinin flotasyona etkisinin incelemek için yapılan deneylerin sonuçları	31
6.2. Uygun toplayıcı miktarını saptamak için yapılan deneylerin sonuçları	33
6.3. Reaktifin kademeli olarak ilave edilmesi durumunda sonuçlar	35
6.4. Değişik pH'larda bastırıcının etkisini gösteren sonuçlar	37
6.5. ARMAC T'nin değişik pH'larda verdiği sonuçlar	39
6.6. Şlaman uzaklaştırılması ve pulp yoğunluğunun etkisini incelemek için yapılan deneylerin sonuçları	41
6.7. Silikatların ve demirin ayrı ayrı pH'larda ve reaktiflerle yüzdürülerek manyezit konsantresi elde etmek için yapılan deneylerin sonuçları ..	43
6.8. Bastırıcı miktarını değiştirerek yapılan deneylerin sonuçları	45
6.9. Bastırıcı cinslerinin değişik olması halinde ve değişik miktarda toplayıcı kullanılması halinde yapılan deneylerin sonuçları	47
6.10. Değişik karışımlarda hazırlanan toplayıcılarla yapılan deneylerin sonuçları	49
6.11. Yapılan deney koşullarında parça boyutunun etkisini gösteren deney sonuçları	51
6.12. Doğal pH'da -0.149 mm boyutundaki numunede bastırıcı ve toplayıcı miktarları değiştirilerek yapılan deneylerin sonuçları	53
6.13. Na ₂ SiO ₃ ve Oleik asit ile en uygun pH'yı bulmak için yapılan deneylerin sonuçları	55

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Magnezyum gerek metal olarak, gerekse bileşik halinde bugünkü teknolojinin önemli bir hammaddesidir. En yaygın magnezyum tüketimi magnezyum bileşikleri şeklinde gerçekleşmektedir (MgO , $MgCO_3$, $Mg(OH)_2$, $MgCl_2$, $MgSO_4$). Bütün bunların başında toplam tüketimin % 80'ini kapsayan ve "Magnezya" adı verilen MgO bulunmaktadır. Çünkü MgO yüksek ergime noktası nedeniyle refrakter malzeme endüstrisinin en önemli hammaddelerindedir. Bunun da en önemli kaynağı Manyezit'tir.

KÜMAŞ A.Ş.'de ağır ortam ile ayırma yöntemi uygulanmakta ve -4 mm boyutu ileride değerlendirilmek üzere stoklanmaktadır. Bu nedenle elle ayırma ve ağır ortam yöntemlerinin uygulanamadığı ince boyutun flotasyonla zenginleştirme yoluna gidilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada; KÜMAŞ A.Ş.'nin -4 mm boyutunun flotasyonla zenginleştirme olanakları araştırılmıştır.

2. MANYEZİT HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1. Magnezyum Elementi ve Mineralleri

Magnezyum; 24.32'lik bir atom ağırlığı ile hafif bir metalik elementtir. Be, Ca, Sr, Ba ve Ra ile birlikte periyodik sistemin toprak alkali adı verilen 2. grubunda bulunur. Aynı grupta bulunan elementlerle jeokimyasal yönden büyük benzerlikler gösterir. Özgül ağırlığı 1.74 gr/cm^3 olan magnezyum elementi, $651 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ergir ve $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kaynar. Gümüş renkli parlak bir metal olup, havada hemen mat renkli ince bir oksit tabakası ile kaplanır. $500 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üstünde parlak bir alevle yanarak MgO 'e dönüşür. Bu özelliğinden fotoğrafçılıkta yararlanılır. Kolayca şekil verilebilir. İnce plaka ve tel haline getirmek mümkündür.

Magnezyum elementine, refrakter malzemelerin temel elementi niteliğini kazandıran özellik; oksijene olan yüksek afinitesi ve oksijenle oluşturduğu magnezyum oksidin (MgO) $2800 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar ergimemesidir.

Yüksek kimyasal reaksiyon yeteneği nedeniyle, magnezyuma doğada saf olarak rastlamak mümkün değildir. Jeokimyasal yönden litofil bir davranış gösterir. Yani oksijene karşı özel bir afiniteye sahip olup oksijenle ve SiO_2 ile daha kolay bileşik oluşturur. Nitekim doğadaki bilinen magnezyum minerallerinin yaklaşık $2/3$ 'ü silikatlardan oluşmaktadır. Doğada 60'dan fazla Mg minerali bilinmektedir. Ancak bunlardan aşağıdakiler hammadde olarak üretilebilmektedir.

1.1.1. Manyezit

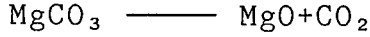
Teorik olarak % 47.7 MgO ve % 52.3 CO_2 içerir ve doğada iri kristalli ya da kriptokristalen olmak üzere iki şekilde bulunur. Spatik manyezit de denilen iri kristalli manyezit, içindeki eser eleman miktarına bağlı olarak beyazdan koyu kahverengiye kadar çeşitli renklerde bulunabilir. Avusturya

manyazitleri % 8 civarında Fe içerirler ve bu nedenle Broynerit adı ile anılırlar. Çoğunlukla serpantinlerle birlikte filon, damar, ağsal ve merceksel yataklar halinde bulunan kriptokristalen manyezit ya da diğer adıyla jelmanyazit, iri kristalli manyezitlere nazaran genellikle daha saftırlar.

Kristal sistemi hegzagonal, sertliği 4-4.5, özgül ağırlığı 3.1 gr/cm^3 ve kırılma indisi 1.515-1.71 olan manyezit midye kabuğu ya da düzensiz kırıklıdır. Genelde saydam ve yarı saydam haldedir.

Sudaki çözünürlüğü $3.4 \times 10^{-3} \text{ gr/100 gr H}_2\text{O}$ (25 °C'de) olan manyezit, klorür asidinde kolaylıkla çözünür.

Doğal manyezit ısıtılmakla 400 °C'den itibaren termal bozunmaya başlar ve bozunma 680 °C'de tamamlanır. Böylece,



eşitliğine göre MgO bileşimindeki ürün elde edilir. Manyezitin 900 °C'deki kalsinasyonundan elde edilen ürüne ise kostik-kalsine manyezit denir. Manyezitin 1650 °C'nin üstündeki sinterleşmesinden elde edilen ürüne de tam yanmış manyezit adı verilir. MgO bileşiği nadiren de olsa, doğada periklas adı ile bulunabilmektedir.

2.1.2. Dolomit

Teorik olarak % 45.65 MgCO_3 içerir. Pratikte ise MgCO_3 oranı % 10-40 arasında değişir. Yoğunluğu 2.85 gr/cm^3 , sertliği 3.5-4 ve kristal sistemi Romboedraldır. Bugün için; Mg endüstrisinde daha çok deniz suyundan magnezya elde ediliminde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

2.1.3. Brusit

Teorik olarak % 69.1 MgO ve % 30.9 H₂O içerir. Kristal sistemi hegzagonal, sertliği 2.5, özgül ağırlığı 2.39 gr/cm³ olup levhalara ayrılabilmesi, açık rengi ile tanınır. Ekonomik olarak nadiren işletilir.

2.1.4. Olivin

Bir Mg-Fe silikatı olup, teorik olarak % 23.4 MgO içerir. Kristal sistemi ortorombik yoğunluğu 3.27-3.37 gr/cm³ olup sertliği 6.5-7 dir. Camsı parlaklığı, konkoidal yarılmı ve taneli görünümü ile tanınır

2.1.5. Evaporitik magnezyum mineralleri

Başta Karnalit, Kieserit, Kainit, Polihalit olmak üzere bazı magnezyum klorür ve sülfatlar evaporit yatakları içinde bulunurlar ve potas üretiminde yan ürün olarak "solution mining" yöntemi ile sondaj eriyiklerinden elde edilebilirler. Ancak bunlar daha çok metalik magnezyum eldesinde kullanılırlar (Maden Mühendisleri Odası, 1975).

2.2. Magnezit ve Magnezit Yataklarının Oluşumu

Manyezit bilindiği gibi bir magnezyum karbonattır. Oluşumu ve tüm oluşum koşulları, yoğun deneysel araştırmalara rağmen kesinlikle ortaya çıkarılabilmemiş değildir. Şimdiye kadar yapılan araştırmalardan manyezit oluşumunun;

- Ortamdaki pH ve Eh değerlerine,
- Mg⁺² ve CO₃⁻² iyon konsantrasyonlarına,
- CO₂ parsiyal basıncına
- Ortamda bulunan diğer anyon ve katyon türlerine ve bunların konsantrasyonlarına,
- Ortam sıcaklığı ve basıncına bağlı olduğu, ancak bu etkenlerin dereceleri ve kantitatif ilişkilerinin ortaya çıkarılmasının güç olduğu anlaşılmıştır.

Endojen ortamda, diğ er bir deyimle magmatik ve metamorfik evrimde yoğun manyezit oluşumuna rastlanmadığı literatürde belirtilmektedir. Bazı hidrotermal manyezit oluşumları hariç tutulursa manyezit ekzojen ortamın karakteristik minerali kabul edilebilir.

Ekonomik önem taşıyan manyezit yataklarını iki ana grupta toplayabiliriz.

2.2.1. Kriptokristalen manyezit veya jelmanyezit yatakları

Çok ince kristalli hatta yer yer amorf olan, hemen hemen hiç demir içermeyen ve genellikle jeolojik olarak genç manyezit, çoğunlukla serpantin kayaçları içinde çeşitli şekil ve boyutlarda bulunur. Serpantinlere bağlı jel manyezit yataklarının oluşumu ekzojen varsayımına göre aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

Oldukça fazla miktarda CO₂ içeren yağmur suları, atmosfer ve yer yer biyojen olayların etkisiyle ultrabazik kayaç kütlelerini alterasyona uğratmaktadır. Bu alterasyonda ilk mobilize olup suda erir duruma gelen iyon Mg⁺² katyonu olmaktadır. Geride ise silis, oksitlenmiş halde Al ve Fe kalmakta ve böylece oldukça kesin Mg⁺² ekstraksiyonu gerçekleşebilmektedir. Serpantin kütesinden ayrılan Mg⁺² katyonları yağmur suları ile mevcut çatlak sistemleri boyunca ya yeraltı suyuna karışmakta ya da yerüstü su sistemi vasıtasıyla denizlere ulaşmaktadır. Özellikle Mg'lu suların çatlaklar boyunca yeraltı suyuna karışması sırasında çevredeki serpantinden Mg ekstraksiyonu devam etmekte ve böylece çözelti içindeki Mg konsantrasyonu gittikçe artarak doyum noktasına erişmektedir. Böylece Mg'un bir kısmı yağmur suyunda bulunan CO₂'le birleşerek manyezit, bir kısmı ise Mg(OH)₂ şeklinde çatlağı doldurmaktadır. Bu olayın, alttan gelen ve hemen hemen aynı ulaşım yollarını izleyen CO₂'li termal suların etkisiyle daha kolaylaşacağı düşünülebilir. Ancak bunu önkoşul kabul etmemek gerekir.

Mg'un $Mg(OH)_2$ olarak çökelen kısmı zamanla karbonatlaşarak tümüyle manyezite dönüşmektedir.

Bu arada oluşumu etkileyen en önemli faktörlerinden biri de bölgenin jeotektoniğidir. Eğer sıkışma tektoniği olursa çatlak sistemleri sıkıştırılacağından manyezitin çatlak sistemleri boyunca yataklanması engellenecektir. Ayrıca bu tektoniğin ne hızlı ne de yavaş bir erozyona elverişli olmaması gerekir. Birinci durumda, ultrabazik kütlede Mg ayrışması için yeterli zaman olmayacak, ikinci halde ise; birim zaman başına ayrılan Mg miktarı çok düşük olacağından kalıcı bir yataklanma olmayacaktır.

Manyezit oluşumuna en uygun koşullar Oligosen zamanında Türkiye'de gerçekleşmiştir. Anadolu'nun büyük bir kısmı blok halinde yükselirken, tektonik çatlaklar genişleyerek iyi bir yataklanma sağlanmıştır. Bu yükselme sırasında uygun hızda bir erozyonla metrelerce kalınlıktaki manyezit damarları oluşmuştur.

Jeotektoniğin yanında iklim de önemli bir faktör olmaktadır. Manyezit oluşumuna en uygun iklim; yazları nisbeten kurak, kışları yağışlı bir subtropik değişim iklimi olduğu saptanmıştır. Ancak bu iklim sayesinde Mg'u diğer element (Fe, Si, Al, Ca ve nisbeten Cr) bileşiklerinden ayırmak mümkün olacaktır.

2.2.2. İri kristalli (ya da spatik) manyezit yatakları

Bu tipe; iri kristalli, çoğunlukla bol demir içeren ve büyük yataklar şeklinde daha çok yaşlı kayalarla beraber bulunan magnezit yatakları dahildir. Yataklanmanın yer aldığı kayalar genellikle dolomit, kireçtaşı, grafitçe zengin, kumlu, killi ve silisli şistler ile yer yer evaporitler olmaktadır. Yataklanma daha çok düzensiz şekillerde ve masif haldedir.

Bu tip manyezit oluşumu tartışmalara neden olmuş ve iki oluşum şekli ileri sürülmüştür.

- a) Replasman ve Metasomatoz Teorisi: Clar (1931), Friedrich (1969) tarafından ileri sürülen bu teoriye göre; iri kristalli manyezit yatakları, kireçtaşı ya da dolomit gibi karbonat kayaçlarının Mg metasomatozu sonucu oluşmuştur. Bu yatakların manyezit oluşumunu gerçekleştiren Mg eriyiklerinin, derinlerdeki basınç ve sıcaklık artışı nedeniyle Mg'un mobilize olması ve daha yukarılara taşınması sonucunda oluştuğu ileri sürülmektedir (Maden Mühendisleri Odası, 1975).
- b) Sedimanter Teori: Bu teoriye göre; spatik manyezit yatakları kireçtaşı, dolomit ya da kayatuzu oluşumlarında olduğu gibi primer bir çökelden başka bir şey değildir. Kimyasal verilerin yanında, yataklardaki tabakasal yapı bu teoriye kanıt olarak ileri sürülmektedir. Ancak, manyezit oluşumunun burada da bir sulu hidromanyezit ara safhasından sonra gerçekleştiğini de kabullenmektedirler. Lesko adlı bilim adamı ise manyezitin oluştuğu sedimentasyon havzasında, redükleyici bir ortamın olduğunu ve bu nedenle Fe^{+2} katyonunun manyezit kafesine girmesinin kolaylaştığını ileri sürmektedir. Böylece Broynorit oluşumu gerçekleşebilmektedir (Maden Mühendisleri Odası, 1975).

3. MANYEZİT CEVHERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Manyezit teknolojisi cevher üretimiyle başlamaktadır. Bu ise yatağın boyutlarına, şekline ve cevher dağılımına göre değişmektedir. En çok uygulanan yöntem açık işletme-dir.

Cevher olarak elde edilen manyezit, genel olarak bir zenginleştirme işlemine tabi tutulur. Ancak iri kristalli manyezitin zenginleştirme işlemi, kriptokristalen manyezitinkinden oldukça farklıdır. Bu fark her iki tipin serbestleşme tane iriliklerinin, gang türlerinin ve manyezit minerallerinin niteliklerinin farklı olmasına dayanmaktadır. İri kristalli spatik manyezit % 8'e kadar Fe içerirken, jelmanyezitin demir oranı çok düşük olduğu gibi, tane irilikleri de bazen mikron mertebesiyle ölçülemeyecek kadar ince olabilmektedir. Dolomit, biyotit, gröna, talk ve biraz kuvars kristalen manyezitin karakteristik gang mineral-leridir. Jelmanyezitte gang olarak serpantin, Sepiolit ve opal bulunur.

Genel olarak manyezit için şu zenginleştirme yöntemle-ri söz konusudur.

3.1. Tavuklama

Tavuklama kavramı binlerce yıl öncesi madencilikine kadar uzanır. Bu süreç içinde yararlanılan parlaklık ve renk gibi özelliklerin yanı sıra günümüzde manyetik duyarlılık, iletkenlik ve radyasyon gibi diğer fiziksel özellik-lerden de yararlanan otomatik tavuklayıcılarla cevher ve gang mineralleri ayıklanabilmektedir.

Tavuklama ancak aşağıdaki koşullarda geçerlidir :

1. Değerli minerallerle gang mineralleri arasında, istenilen fiziksel özelliklerde belirgin bir fark olmalıdır.

2. Bu minerallerin serbestleşme tane boyu, kullanılacak tavuklayıcının çalışma sınırları arasında olmalıdır.

Özellikle son yıllarda mikroprosesörlerin uygulanmasıyla günümüzün otomatik tavuklayıcıları; çok hızlı, duyarlı, yüksek verimli ve çalışma koşulları yönünden daha fazla esneklik kazanmışlardır.

Gelecekte otomatik tavuklama yöntemi pek çok cevher için üretimin önemli bir aşaması haline gelecektir.

Günümüzde ise; manyezit ile gang mineralleri arasındaki optik farklılıktan yararlanılarak uygulanmaktadır. Ancak uygulanabilen boyutlar 40 mm'nin üstündedir (Maden Mühendisleri Odası, 1985).

3.2. Boyut Küçültme İle Zenginleştirme

Bazı manyezit cevherlerinde gang mineralleri manyezit kadar sert olmadıklarından öğütme sırasında daha fazla ufanarak inceye geçerler. Bu özellikten, manyezitin kaba olarak temizlenmesinde yararlanır ve bu suretle SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe içeriği önemli miktarda düşürülebilir.

3.3. Elektrostatik Ayırma

Manyezit ve gang minerallerinin arasında az da olsa bir dielektrik katsayısı farkı vardır. Teorik olarak bu özellikten yararlanmak mümkündür. Ancak pratikte nadiren uygulanır.

3.4. Manyetik Ayırma İle Zenginleştirme

Özellikle gang olarak içinde çeşitli şekillerde demir bulunan, serpantin içeren jel manyezitlerde uygulanmaktadır. Uygun tane iriliklerinde serpantin ile manyetik olmayan manyezit birbirinden ayrılmaktadır. Ancak gang olarak bulunan serpantin az altere olmuş olması ve dola-

yısıyla manyetik özelliğini yitirmemiş olması gerekir. Bu yöntem halen Yunanistan'daki bazı cevherlerin zenginleştirilmesinde (Scalistri'ye ait Kakovos yatağı) başarılı olmaktadır (Maden Mühendisleri Odası, 1975).

Bunun yanında demir tenörü yüksek olan kristalen manyezitlerde de bu yöntemin uygulanma olasılığı vardır. Bu durumda demirli cevher kavrulmakta, bu kavurma sonunda manyetik özellikleri olan magnezioferrit ($MgO.Fe_2O_3$) oluşmakta ve bu ayırma yönteminin temelini oluşturmaktadır. Bu yöntemin uygulanması için bazen cevhere demir oksit ilave etmek gerekebilir. Demirli manyezit ürünlerinin, önemini yitirmesi nedeniyle bu yöntem uygulamadan kalkmıştır (Maden Mühendisleri Odası, 1975).

3.5. Hidratasyon Yoluyla Ayırma İle Zenginleştirme

Kalsine manyezit su ya da su buharı ile ıslatıldıktan ve birkaç gün bu durumda bekletildikten sonra tromel elekten geçirilmek suretiyle kısmen temizlenebilir. Manyezitin içerdiği CaO hidratlaşarak kalsiyum hidroksit haline gelir ve tromel elekten elenerek daha iri taneli olan kalsine manyezitten ayrılır ve manyezit kolayca zenginleşmiş olur.

3.6. Ağır Ortam Ayırması İle Zenginleştirme

Manyezit ile gang mineralleri arasındaki yoğunluk farkından yararlanarak yapılan zenginleştirme yöntemidir. Ancak bu yöntem 12 mm'den daha büyük tane iriliklerinde uygulanabilmektedir. Ancak Kümaş'ın Kütahya tesislerinde

bu yöntem, +4 mm'lik kilden ayıklanmış manyezite başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

Bazı manyezit cevherleri pörozite ve dolayısıyla düşük yoğunluk nedeniyle ağır ortam ayırmasına uygun değildir. İnce ve boşluklu manyezit cevherlerinin ağır ortam ayırmasında; süspansiyon viskozitesinde artışlar, flokülasyon ve mineral parçacıklarının yığılma olayı, manyezit ve gang mineralleri arasındaki yoğunluk farkında azalma nedeniyle güçlüklerle karşılaşmaktadır.

3.7. Dereceli Kalsinasyon Yoluyla Ayırma İle Zenginleştirme

Manyezit; kalsit ve dolomitten daha düşük sıcaklık derecelerinde kalsine olur. Cevher, manyezitin kalsine olduğu sıcaklıkta kalsine edilir. Bu sırada sertliğini kaybeder ve daha sert olan kalsit, dolomit ve silikatlardan, öğütülmek ve sınıflandırılmak suretiyle, ayrılmış olur.

3.8. Kalsinasyon ve Gravite Yoluyla Ayırma İle Zenginleştirme

Manyezit ve silisli gang içeren cevher, konsantrasyon öncesi aşamada 600-900 °C arasındaki sıcaklık derecelerinde kalsine edilir. Bu işlem sırasında manyezit kısmen ya da tamamen ayrışarak 1.3-1.9 gr/cm³ görünür yoğunluk kazanır. Gang ise yalnız suyunu kaybeder ve 2.2-2.3 gr/cm³ görünür yoğunluk kazanır. Böylece ayırma, uygulanan gravite konsantrasyon yöntemleri ile kolayca gerçekleşir. Çünkü görünür yoğunluktaki farkın tam olarak kullanılması sözkonusudur. Sulu ortamlarda gravite (Jig, masa, ağır ortam) ayırması kostik kalsine manyezitin su almasına ve görünür yoğunluğun 1.9-2.1 gr/cm³'e yükselmesine neden olur. Ayırma çok güçtür, fakat oldukça kabul edilebilir sonuçlar verir (Emrulloğlu, 1984).

3.9. Flotasyon Yoluyla Zenginleştirme

Bugün için manyezit madenciliğinde en çok uygulanan zenginleştirme yöntemidir. Bu yönteme göre, manyezit uygun tane iriliğine kadar öğütülür, uygun reaktifler kullanılarak yerine göre yüzdürülür ya da bastırılır.

Manyezitin yüzdürülmesinde anyonik toplayıcılarla yapılan deneylerde asidik ortamdan çok bazik ortam tercih edilmiş ve oleik asid ile elaidic asitin manyezit için uygun bir toplayıcı olduğu kanıtlanmıştır (Brandao, Böling, 1982).

Siebel (1962), Steiner (1964) ve Weiss (1968)'in (Maden Mühendisleri Odası, 1975) verdiği bilgiye göre; iri kristalli spatik manyezit kırılıp öğütüldükten sonra iki fraksiyona ayrılır. 0-12 mm tane iriliğini kapsayan flotasyona, 12-35 mm arasındaki fraksiyon da ağır sıvı ayırımına tabi tutulur. Örneğin; Avusturya Radentheine tesislerinde ağır sıvı ayırımında sıvı katkı maddesi olarak ferrosilikon kullanılmaktadır. Sarfiyat 1 ton ham manyezit başına 300 gr. ferrosilikon olarak verilmektedir. Burada manyezit daha ağır olduğu için ağır ortamda çökerek gangtan ayrılmaktadır. Yukarıda belirtilen tesiste WEMCO tipi bir ağır ortam konisi kullanılmakta ve saatte 60 ton ham manyezit işlenebilmektedir.

İnce tane fraksiyonu için geçerli flotasyon iki aşamada yapılmaktadır. Birinci aşamada; silikatlar yüzdülürken, ikinci aşamada karbonatik yabancı mineraller (dolomit ve kalsit) bastırılır. Karbonat flotasyonunda toplayıcı olarak yağ asidi, bastırıcı olarak Na_2SiO_3 ve metafosfatlar kullanılmaktadır.

Karbonatlar, silikatlar ve hidrate demir oksitlerden manyezitin ayrılmasında toplayıcı olarak genellikle yağ asitleri ve sabunlar kullanılır.

Flotasyon hafif alkali ortamda yapılır. Su içinde erimiş bulunan kalsiyum çöktürülmek için soda, kalgon, sodyum silikat gibi maddeler kullanılır. Bastırılması istenen gangın cinsine göre; sodyum sülfür, sodyum silikat ve tan-nik asit gibi bastırıcılar kullanılır. Yüzdürülen mine-ralle, yüzmesi istenmeyen mineral benzer kimyasal yapıda olduğundan bastırıcıların dikkatle seçilmesi ve miktarları-nın iyi ayarlanması gerekir.

Bazen uzun zincirli aminlerle gang mineralleri yüzdü-rülerek manyezit yüzmeyen kısımda zenginleştirilebilir. Bu yöntem özellikle çok kolay yüzebilen mika, talk, gibi sili-katları içeren manyezit cevherlerine uygulanır.

Kuvars, silikatlar ve oksitlerin aminlerle flotasyonun-da kimyasal reaksiyondan çok elektrostatik etkilerin önem-li olduğu çeşitli incelemelerle ortaya konulmuştur. Yüzey potansiyellerinin negatif olduğu hallerde flotasyonun müm-kün olduğu, negatif elektrik yükü arttıkça flotasyonun ko-laylaştığı görülmüştür.

Ölçümler yüzey yükünü sıfır yapan pH değerlerinin ku-vars için $pH=2.4-3.7$, diğer silikatlar için $pH=2.2-3.2$ ara-sında olduğunu göstermektedir. Bu pH değerlerinin altında-ki değerlerde katının yüzeyi pozitif işaretli, bunun üstün-deki pH değerlerinde ise yüzey negatif işaretlidir.

PREDALL ve CASES, tarafından manyezitle pH'nın fonksiyonu olarak zeta potansiyelinin değişimini incelemek için deneyler yapılmış, fakat 6'dan daha küçük pH'larda manyezitin çözünürlüğü nedeniyle ölçümler yapılamamıştır. Denge denklemlerinden yararlanılarak yapılan hesaplamalarda teorik olarak sıfır yük noktasının $pH=5.20$ de olacağı bu-lunmuştur.

Yine Mular ve Roberts (Brandao, Poling, 1982) metodu ile manyezit için yüzey yükünü sıfır yapan pH değeri 6.05 olarak bulunmuştur. Literatürde geçen sıfır yük noktaları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Buradaki değerler görüldüğü gibi $pH=2-11.5$ arasında değişmektedir. Bununla

beraber sıfır yük noktasının pH=6. olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 3.1. Manyezit için sıfır yük noktası (Brandao, Poling, 1982)

Yüzey yükünü sıfır yapan pH değeri	Metot
6	S.P (Akma potansiyeli)
5.2	S.P (" ")
3.2	-
2.0	M.E (Mikro elektroforezis)
11.5	H.S (Engelli çökme)
6	M.R (Mular ve Roberts metodu)

Dolomitin son derece çözülebilir olması sıfır yük noktasının ölçülmesini engellemekte, fakat yapılan deneyler sonucunda çizilen eğrilerde sıfır yük noktasının 7'den daha küçük bir pH değerinde olduğu tahmin edilmektedir.

Magnezyum iyonları manyezit ve dolomitin zeta potansiyelini değiştirir. pH=10'da Mg^{+2} iyon konsantrasyonunun fonksiyonu olarak manyezit ve dolomitin zeta potansiyelinin değişimi PREDALL ve CASES tarafından incelenmiş ve manyezitin 2×10^{-2} mol/lt, dolomitin 2.3×10^{-3} mol/lt'de zeta potansiyellerinin sıfıra ulaştığı, daha yüksek konsantrasyonlarda pozitif değer aldığı görülmüştür.

Kalsiyum iyonları da manyezit ve dolomitin zeta potansiyelini değiştirir, fakat çalışılan konsantrasyon aralığında ($10^{-4} \rightarrow 10^{-2}$ mol/lt) negatif kalır.

Karbonat iyonları zeta potansiyeli üzerinde çok az etkilidir. pH=10 da, CO_3^{-2} iyon konsantrasyonunun fonksiyonu

olarak manyezit ve dolomitin zeta potansiyelinin biraz de-
ğiştiği görülmüştür. Ayrıca uzun zincirli karboksilik
asitlerle çalışıldığında, zeta potansiyelinin bunların iyo-
nizasyonunda etkili olduğu ve CO_3^{-2} iyonları manyeziti bas-
tırıcı, Mg^{+2} iyonları ise canlandırıcı etkisi olduğu saptanmıştır (Mangalam, Khangaonkar, 1984).

Dolomit içinde masif adeseler halinde bulunan Washington manyezit cevheri kırma ve eleme işleminden sonra -38+3.3 mm ve -3.3 mm olmak üzere iki fraksiyona ayrılmıştır. -38+3.3 mm fraksiyonu 6 m çaplı konide ferrosilikonlu ortam kullanılarak büyük bir kısmı dolomit ve silisli minerallerden oluşan gang minerallerinden ayrılmıştır. -3.3 mm fraksiyonu da 65 mesh (0.210 mm) altına öğütülerek iki kademe zenginleştirilmiştir. Birinci aşamada nötr pH'da köpürtücü olarak DP B 23, bastırıcı tannik asit ve katyonik kollektör kullanılarak silikatlar, ikinci kademe de sodyum silikat ve oleik asit ilave edilerek manyezit yüzdürülmüştür (Mineral Facts and Problems, 1975)

Boulos'a göre (1974), (Maden Mühendisleri Odası, 1975) dolomitik bir Mısır manyezitinin flotasyonunu inceleyerek optimal koşulları saptamışlardır. Araştırmacılar iki yöntem önermekte ve bu konuda ayrıntılı veriler sunmaktadırlar. Birinci yöntemde selektif manyezit toplayıcıları, ikinci yöntemde ise toplayıcısız dolomit bastırıcıları kullanılmaktadır. Her iki yöntemde de, manyezitin selüllerdeki değişik pH değerlerinde çöktürülerek ters flotasyon metodu uygulanmaktadır. Ham cevherdeki yüksek CaO oranlarının (% 11) flotasyonu engellediği ve en uygun pH derecesinin 11.25 olduğu belirtilmektedir. Toplayıcı-bastırıcı olarak 10/1 oranında karıştırılmış sodyum oleat ve sodyum hegzametafosfat kullanılmış ve % 44.8 MgO, %3 CaO, % 2.1 SiO₂, % 0.49 Fe₂O₃ ve % 0.46 Al₂O₃ bileşimli bir konsantre elde edilebilmiştir. Elde edilen konsantre ile uygulanan tuğla elde etme deneyleri olumlu sonuç vermiştir.

Tane iriliklerinin flotasyon için çok küçük 6 μ altında olması nedeniyle jelmanyazit flotasyonu çok daha karışık ve zordur. Gizli tutulması nedeniyle tesislerdeki uygulama ve teknolojik veriler yok denecek kadar azdır. Siebel (1962), ters flotasyonu önermesine rağmen, 1967 yılındaki yayınlarında, elde edilen konsantride düşük SiO_2 değerlerine nazaran yüksek CaO değerleri nedeniyle anti-köpürtme yönteminin daha elverişli olduğunu ileri sürmektedir. Yazara göre, ilave edilen reaktifler vasıtasıyla, köpürme ham manyezitin tane durumuna göre az ya da çok engellenerek manyezitin selektif flotasyonu mümkün olmaktadır. Kalkerin çöktürülmesi için sodyum metafosfat ve toplayıcı köpürtücü olarak lipol ve su camı kullanılmıştır. Yapılan denemelerde, litrede 200 gr. ham malzeme içeren flotasyon pulpü ile çalışılmış ve daha öğütme işlemi sırasında ton ham malzeme başına 0.5 kg sodyum metafosfat karıştırılmıştır. Lipol yağı tüketimi 1.5 kg/ton olarak saptanmış ve 15 dakikalık flotasyon süresi için 5 kg/ton su camı kullanılmıştır. Bu yöntemle, % 11.0 SiO_2 ve % 1.94 CaO içeren bir ham jelmanyazit cevherinden % 44 MgO , % 1.5 SiO_2 ve % 1.25 CaO içeren ve gerçekten çok iyi bir konsantride elde edilebilmiştir.

Atak, (1974) tarafından yapılan çalışmalarda Kütahya, Eskişehir, Bursa yöresi ince kristalli manyezit cevherleri ile 2-3 kg/ton sodyum silikat, 0.2-1.2 kg/ton sodyum oleat kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonucunda % 50-70 verim ile konsantriler alındığı, silis içeriğinin ise ancak % 2.2-2.4'e düşürülebildiği görülmüştür.

-2 mm Çayırbağ manyezit cevheri 0.2 mm'nin altında öğütülmüş 0.7-1 kg/ton sodyum silikat, 2-2.5 kg/ton sodyum karbonat, 50-100 gr/ton kalgon, 0.5-0.6 kg/ton oleik asit, 40 gr/ton aerofoth 77 kullanılarak 9-9.5 pH'da yapılan flotasyon deneylerinde % 37.2 verimle % 3.21 SiO_2 içeren konsantride elde edilmiştir (Emrulloğlu,1984)

Konya-Meram manyezit cevheri ile 3 kg/ton aeromine 3037, 3 kg/ton gazyağı, 0.02 kg/ton çamyacı kullanılarak pH=7'de

yapılan flotasyon deneylerinde silikatlar yüzdürülerek, manyezit yüzmeyen kısımda bırakılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda % 0.97 SiO₂ içeren ve beslenen cevherin miktar olarak % 39'unu teşkil eden konsantre alınmıştır (Emrulloğlu, 1984).

Flotasyon başta Bella Stena olmak üzere tüm Yugoslav tesislerinde, Vardos, Kakovos ve Yenakini gibi hemen hemen tüm Yunan manyezit tesislerinde uygulanmaktadır.

Elde edilen magnezit konsantrelerinin önce suyu alınarak nemi % 6-7 oranında indirilir ve hemen sonra briketlenir. Yumurta şeklindeki briketler çift silindir yüksek basınç presleri ile 500 kg/cm²'lik bir basınçla elde edilir. Bağlayıcı madde olarak kostik sinter fırınının baca tozu ya da doğrudan Kieserit (MgSO₄.H₂O) eriyiği kullanılır. Bu işlem sonucu 200 kg/cm²'lik bir nokta mukavemetine erişen briketler sinterleşmeye gönderilir (Maden Mühendisleri Odası, 1975).

Sinter manyezit, manyezitin en az 1443 °C'de kalsine edilmesi ile elde edilen bir üründür ve refrakter malzemelerin temelini oluşturur. Periklas ise, metamorfik bir magnezit minerali olup; % 92-98'lik bir sinter manyezitin 1650 °C'nin üstünde tekrar kalsine edilmesi sonucu elde edilir ve özel kristal yapısı nedeniyle oldukça sert bir üründür.

Manyezitin diğer kalsine ürünü de kostik kalsine manyezittir. Manyezitin ya da magnezyum hidroksidin 900 °C'nin üstünde kalsine edilmesi ile elde edilir.

Manyezit kalsinasyonu için döner ve dikey fırınlar kullanılmaktadır.

Manyezitin kalsinasyonu ile elde edilen sinter manyezit, refrakter malzemelerin temelini oluşturur ve bunun refrakter malzeme üretimi için hazırlanması gerekir. Refrakter malzeme üretimi için kesin ve standardize edilmiş proses koşulları yoktur. Ancak genel yöntem, piyasaya normal ya da briketlenmiş şekilde sunulan sinter manyezitin, 8 ya da 5 mm

nin altına ufalanıp öğütüldükten sonra gerektiğinde çeşitli oranlarda krom cevheri de karıştırılarak yüksek basınç altında (1000 kg/cm^2) ve $1700 \text{ }^\circ\text{C}$ civarında pişirilmesinden ibarettir.

4. KULLANIM ALANLARI

4.1. Magnezyum Bileşiklerinin Kullanım Alanları

Teknikte kullanılan toplam magnezyumun % 90'nından fazlası magnezyum bileşikleri şeklinde gerçekleşmektedir. Bu alan içinde en büyük bölümü de sinter manyezit ile sinter dolomit oluşturmaktadır. Bu iki önemli ara maddenin en önemli tüketicileri demir ve çelik endüstrisidir. Sinter manyezit, demir çelik ve diğer metalurjik tesislerdeki fırın kaplamalarının en önemli hammaddesini oluşturmaktadır. Magnezyum bileşiklerinin en önemli kullanım alanları aşağıdaki şekildedir.

Magnezya:

- Sinter manyezit: Refrakter malzemeler
- Kostik kalsine magnezya: Çimento, suni ipek, suni gübre, izolasyon, metalik magnezyum, refrakter malzemeler, kimya endüstrisi, uranyum eldesi, kağıt endüstrisi.
- Özel kostik kalsine manyezit çeşitleri: Kauçuk, dolgu malzemesi, ilaç, refrakter malzemeler, gübre elektrik izolasyonu, çimento.

Presipite Magnezyum Karbonat:

- İzalasyon, pigment ve boyalarda, cam, mürekkep, seramik malzemelerde, kimya ve gübre sanayinde.

Magnezyum Klorür:

- Metalik magnezyum eldesi, çimento, seramik malzemeler, tekstil, kağıt ve kimya endüstrisi.

Magnezyum Sülfat:

- İlaç, boya, gübre endüstrisi, patlayıcı madde ve kibrit üretiminde.

Magnezyum Hidroksit:

- Şeker rafinasyonu, ilaç endüstrisi ve magnezyum oksit eldesinde.

4.2. Metalik Magnezyumun Kullanım Alanları

Düşük özgül ağırlığı, kolay işlenebilmesi, dökümde kolay şekil verilebilmesi, yüksek mukavemeti ve olumlu anodik davranışı nedeniyle metalik magnezyum, endüstri için önemli ve kıymetli bir malzemesi haline gelmiştir.

- Redüktan olarak, tetraklorit yöntemine göre Ti, Zr, U, Be eldesinde kullanılır.

- Kimyasal davranışındaki özelliklerinden dolayı, kuru pil yapımında, koruyucu anot olarak önemli bir oranda tüketilmektedir. Ayrıca matbaacılıkta da kullanılmaktadır.

- Düşük özgül ağırlığı, onu çeşitli alanlarda kullanılan alaşımların önemli bir bileşiği haline getirmiştir.

Çizelgede verilen dünya manyezit rezervleri incelendiğinde Türkiye'nin 41 milyon ton ile 14. sırada yer aldığı görülür (Mineral Facts and Problems, 1975). Türkiye'deki manyezit rezervleri 1975 yılında 41 milyon ton iken, 1982 yılında toplam rezervin 97.687 milyon ton olduğu Çizelge 5.2'de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Dünya manyezit rezervleri (milyon ton)

	Mining Annual Review (1974)		Mineral Facts and Problems (1975)	
	Rezerv	%	Rezerv	%
A.B.D	65.0	0.51	41.3	0.41
KANAD	100.0	0.78	78.0	0.77
MEKSİKA	1.0	0.01	-	-
BREZİLYA	300.0	2.33	413.0	4.06
ÇEKOSLAVAKYA	100.0	0.78	82.6	0.81
AVUSTURYA	75.0	0.58	55.0	0.54
SOVYETLER BİRLİĞİ	3.035.0	23.61	2.250.0	22.15
YUNANİSTAN	60.0	0.47	82.0	0.81
YUGOSLAVYA	50.0	0.39	27.4	0.27
İSPANYA	1.0	0.01	-	-
TÜRKİYE	36.0	0.28	41.0	0.41
SUDAN	240.0	1.87	-	-
MISIR	1.0	0.01	-	-
GÜNEY AFRIKA C.	1.0	0.01	-	-
ÇİN HALK C.	5.000.0	38.90	3.750.0	36.91
KUZAY KORE	3.000.0	23.34	2.200.0	21.65
İRAN	1.0	1.01	-	-
PAKİSTAN	1.0	0.01	-	-

Çizelge 5.1. (devam)

	Mining Annual Review (1974)		Mineral Facts and Problems (1975)	
	Rezerv	%	Rezerv	%
HİNDİSTAN	185.0	1.44	137.0	1.35
FİLİPİNLER	1.0	0.01	-	-
AVUSTRALYA	1.0	0.01	-	-
YENİ ZELANDA	600.0	4.67	453.0	4.46
DİĞERLERİ	-	-	-	-
DÜNYA TOPLAMI	12.854.0	100.00	10.160.0	100.00

Çizelge 5.2. Türkiye'nin bilinen manyezit yatakları rezervleri (M.T.A. Envanteri, 1982)

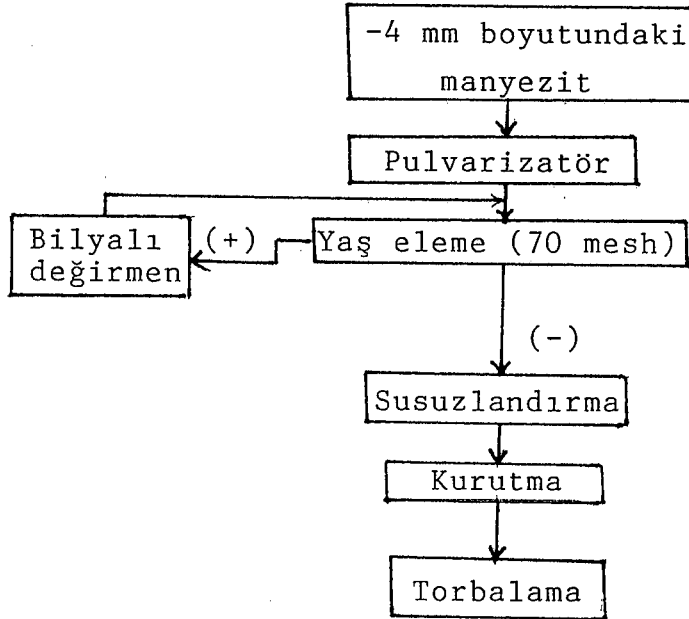
İLLER	EKONOMİK REZERVLER (ton)			
	GÖRÜNÜR	MUHTEMEL	MÜMKÜN	TOPLAM
Ankara	57.087	18.814	15.000	90.901
Bilecik	96.572	129.250	-	225.000
Eskişehir	2.295.000	5.325.000	-	7.620.000
Kütahya	2.016.520	8.958.560	9.713.000	20.688.080
Konya Topl.	9.266.501	20.747.450	37.240.000	67.253.951
-Akşehir-Yunak	33.000	13.000	200.000	246.000
-Meram	6.500.000	16.700.000	28.900.000	52.000.000
-Sodur	316.766	-	4.640.000	4.956.766
-K.K.Bekir- Sodur sinci	200.000	-	3.5000.000	3.700.000
-Çayırbağ	1.325.728	1.988592	-	-
-Çayırbağ- Kayıkçı	891.007	2.045.858	-	2.936.865
Erzincan				
-Refahiye	800.000	1.000.000	-	1.800.000
TOPLAM	14.531.680	35.049.824	46.968.000	97.687.754

ÖRNEĞİN KİMYASAL ANALİZİ

% MgO	: 40.83
% CaO	: 2.32
% SiO ₂	: 7.03
% Fe ₂ O ₃	: 5.26

6.2. Örneğin Hazırlanması

Örneğin, flotasyonla zenginleştirilebilmesi için öncelikle küçük boyuta indirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle örnek, önce pülvarizatörde kırılmış, 70 mesh'lik elekten yaşı olarak elenmiştir. Elek üstü bilyalı değirmene verilmiş, değirmen çıkışı tekrar 70 mesh'lik elekten yaşı olarak elenmiştir. Yaklaşık 40 kg'lık örneğin tamamı -70 mesh boyutuna indirildikten sonra, suyundan ayrılmış ve etüvde kurutulmuştur. Kurutulmuş manyezitten konileme-dörtleme yöntemi ile alınan örneklerden herbiri 500 gr. olmak üzere torbalanmıştır.



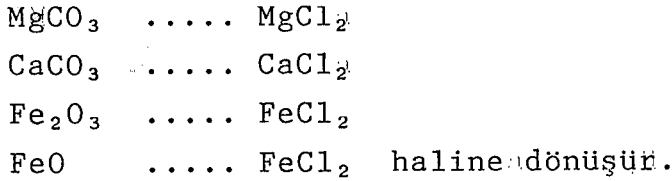
Şekil 6.2. Hazırlama işleminin akım şeması

6.3. Analiz Yöntemleri

Analize gelen örnek, porselen bir havanda öğütülerek 100 mesh'lik elekten elenir. Daha sonra belirli bir miktar alınarak etüvde 100 °C'de 1-1.5 saat kadar bekletilmek suretiyle neminden kurtarılır. Daha sonra aşağıdaki işlemler yapılarak kimyasa analiz metodu uygulanır:

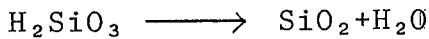
- Manyezitte SiO₂ tayini:

Kurutulmuş örnek, oda sıcaklığında hassas terazi yardımıyla belirli bir miktar (0.5-1 gr) tartılıp behere konulur. Beherdeki örnek HCl ile çözülür. Böylece;



Çözünürleştirme; elektrikli ısıtıcıda kuruluğa kadar devam ettirilir. Kuruluğa gelen örnek tekrar HCl asit ve su ile muamele edilip, beyazbant filtre kağıdından süzülür.

Oluşan metasilisik asit H₂SiO₃(H₂O.SiO₂) filtre kağıdının üzerinde kalır. Filtre kağıdı ve H₂SiO₃ çökeleği 1000 °C'deki fırında yakılır. Bu şekilde



SiO₂ direkt olarak krozede yakılır. Fırından çıkan kroze desikatörde soğutulur. Oda sıcaklığında hassas terazide tartılır. Kroze tartımı çıkarılarak çökelek miktarı bulunur. Buradan;

$$\% \text{SiO}_2 = \frac{A}{W} \cdot 100 \text{ formülünden SiO}_2 \text{ oranı bulunur.}$$

A: Çökelek miktarı

W: Analiz için alınan örnek tartımı

Silisin süzüntüsü 250 ml'lik balon jöjeye alınır. Bu süzüntüden belirli hacimler alınarak Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe⁺⁺⁺

iyonlarının tayini yapılır.

- CaO tayini.

- Silis süzütüsünden 50 ya da 20 cm³ behere alınır ve saf su ile 150-200 ml'ye tamamlanır.

- Ortamın içindeki, reaksiyona zarar verecek katyonlar tri etanolaminle maskelenir.

- Ortamın pH'sı 12.8'e, % 25'lik KOH ile ayarlanır.

- pH=12.8 olduktan sonra çözeltiye calcon karboksilik asit indikatörü ilave edilir. Bu kompleksten dolayı renk şarap rengindedir.

- 0.02M EDTA ile şarap rengi, mavi renk oluncaya kadar titre edilir. Sarfedilen EDTA miktarından % CaO hesaplanır.

- MgO tayini

- Silis süzütüsünden 10 ml alınır.

- 100-150 ml saf su ilave edilir. 40 °C'ye getirilir.

- 1-2 damla trietanolamin ilave edilir.

- 1 spatül H₂CINO (hidroksilamin klorür) ilave edilir.

- pH, NH₃ ile 10'a ayarlanır.

- İndikatör Erichrom Black-T çözeltisi ilave edilir.

Renk kırmızıdan mavi renge titre edilir. EDTA miktarından % MgO oranı bulunur.

- Fe₂O₃ tayini:

0.483 gr FeCl₃.6H₂O, 100 ml suda çözülerek 1000 ppm'lik stok çözeltisi oluşturulur.

1000 ppm'lik Fe⁺³ stok çözeltisi hazırlandıktan sonra, bu çözeltiden 5,10,15,20 ppm'lik standart çözeltiler hazırlanır.

50 ml'lik balon jöjelere ayrı ayrı 5,10,15,20 ppm'lik standart çözeltilerden 20 ml alınır. 5 ml'lik balon jöjele-

rin içine 5 ml HCl ve 12 ml % 15'lik KSCN çözeltisi konur. 50 ml'ye tamamlanır. Bunlarla kolorimetrede 480 dalga boyunda okuma yapılır. Okunan değerlerle, konsantrasyon arasında bir grafik çizilir.

Konsantrasyonu bilinmeyen çözeltilerden numune alınarak, 5 ml HCl ve 12 ml % 15 KSCN ilave edilir ve 50 ml'ye tamamlanır. Rengin önce hazırlanan standartlara yakın olması sağlanır. Yine aynı şekilde kolorimetrede 480 dalga boyunda okuma yapılır. Okunan değerlere karşılık gelen konsantrasyonlar grafikten bulunarak % Fe_2O_3 oranı hesaplanır.

6.4. Flotasyon Reaktifleri

Flotasyonda iki yol izlenmiştir. Birincisinde manyezit için bastırıcı olarak nişasta kullanılıp, uzun zincirli aminlerle gang mineralleri yüzdürülerek, yüzmeyen kısımda manyezit zenginleştirilmiştir. İkincisinde de silikatlar ve demir için uygun bastırıcı reaktifler kullanılarak yağ asitleri ve yardımcı reaktiflerle manyezit yüzdürülmüştür.

Özellikleri aşağıda belirtilen reaktifler flotasyon deneylerinde kullanılmıştır. Manyezit flotasyonunda anyonik toplayıcı olarak yağ asitleri kullanılmıştır.

Karboksil grubunu (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 metallere yaptıkları bileşiklere de sabun denir. Yağ asitleri; hidrokarbon zincirinde çift bağ yoksa doymuş asitleri, bir ya da daha fazla çift bağ varsa doymamış yağ asitlerini oluşturur. Flotasyonda doymamış yağ asitleri tercih edilir.

Flotasyonda kullanılan yağ asitleri bitkisel ve hayvansal yağlardan kısmi sentez ya da damıtma ile elde edilir. Bunun dışında çeşitli sınıai tesislerde yan ürün olarak elde

edilen maddeler, ucuz flotasyon reaktifleri olarak kullanılır. Bunlar hayvansal ve bitkisel yağlardan daha ucuzdur (Atak, 1974).

Yağ asitleri, doğada oldukça karışık şekillerde bulunduğu için saflaştırılmaları gerekir ve hidrokarbon zinciri uzadıkça suda erimeleri de azalır. Aynı hidrokarbon zincirine sahip yağ asitlerinde çift bağ adedi arttıkça suda çözünürlükleri de artar.

Oleik asit ($C_{18}H_{34}O_2$) ve diğer doymamış yağ asitleri ile nötr ya da hafif alkali ortamda manyezit yüzdürülebilir. Silikatların diğer iyonların etkisi ile canlandırılarak yüzmesini önlemek için sodyum silikat kullanılabilir. Köpürtücü genellikle gerekmez.

pH ayarında; sodyum karbonat, sodyum hidroksit, sülfürik asit kullanılmıştır.

Deneylerde Hoechst Firması tarafından yapılan ve "Tylose CBR 4000" ticari adı ile satılan karboksimetil selüloz serpantinler bastırmak için kullanılmıştır. Yine suda kolay eriyebilen bir tür nişasta olan "sarı dekstrin" bastırıcı olarak kullanılmıştır.

ARMAC T (Tallow amin acetate) silikatların flotasyonunda kullanılmıştır (Karantzavelos, 1984). Flotiner SM-15, Amin Hoe F 3826, Flotiner S-72, AP 825 (American cyanamid Firması tarafından yapılan) gibi toplayıcılarla fuel oil ve ARQUAD 2C-75 (quartenary ammonium salt) gibi yardımcı toplayıcılar kullanılmıştır (Karantzavelos, 1984).

Deneylerde silikatları ve demiri bastırmak için ya doğrudan Na_2SiO_3 ya da değişik bastırıcı karışımları kullanılmıştır. Bu karışımlar;

- I. 500 ml su+6 ml H_2SO_4 +40 ml Na_2SiO_3 +10 gr kalgon ve 500 ml su+100 gr $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ karıştırılarak hazırlanmıştır (Emrulloğlu, 1984).

II. 40 ml Na_2SiO_3 +5 gr Tylose CBR 4000+500 ml su karıştırılarak hazırlanmıştır.

6.5. Flotasyon Deneyleri

6.5.1. Gang minerallerinin yüzdürüldüğü deneyler ve sonuçlar

6.5.1.1. pH değerinin flotasyona etkisini incelemek için yapılan deneyler

Deneylerde pH değerini ayarlayıcı reaktif olarak H_2SO_4 ve NaOH kullanılıp, diğer şartlar sabit tutulmuştur.

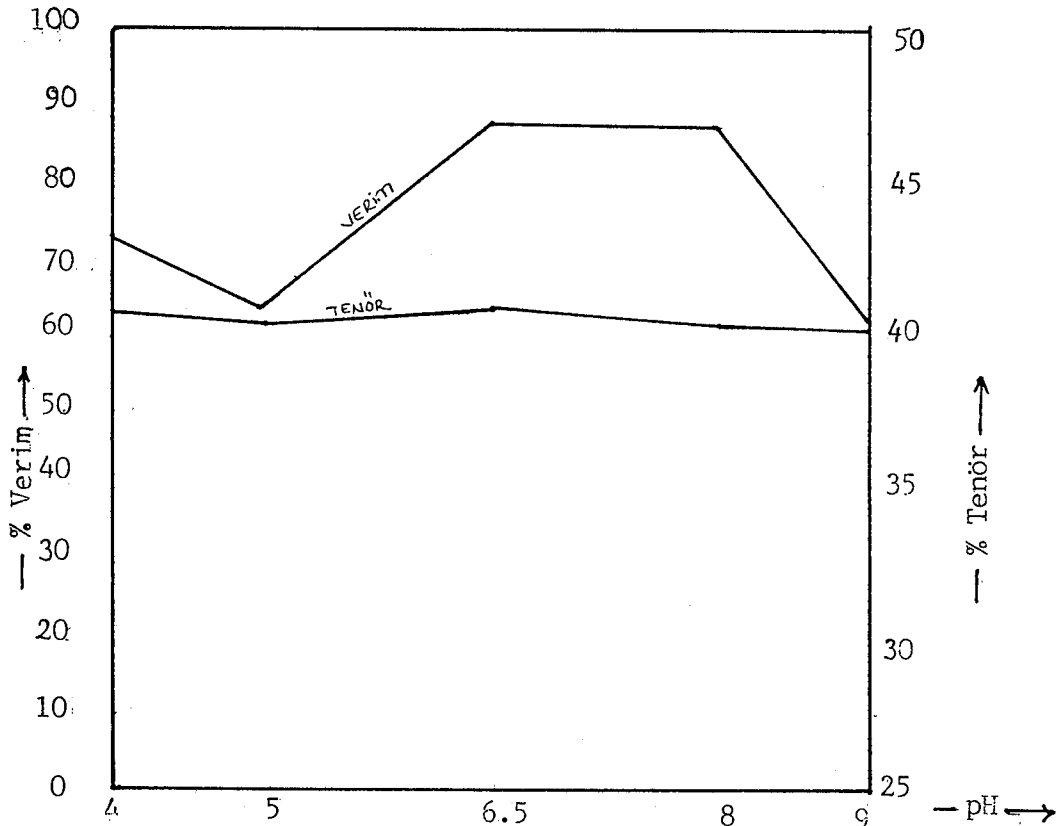
Pülp yoğunluğu : % 28 K

Tane boyu : -0.210mm

Silikatlar için toplayıcı Amin Hoe F 3326 1.4 kg/ton

Demir için toplayıcı Flotinor SM-15 1 kg/ton

Kıvam zamanı: 8(5+3) dakika.



Şekil 6.3. Konsantredeki MgO tenör ve veriminin pH'ya göre değişimi

Çizelge 6.1. pH değerinin flotasyone etkisinin incelemek için yapılan deneylerin sonuçlarına

pH	ÜRÜNLER	AĞIRLIK		% TENÖRLER				% DAĞILIM			
		GR	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
4	Konsantre	360	72	6.62	2.57	5.66	40.72	67.82	79.82	77.48	71.80
	Artık	140	28	8.08	1.67	4.23	41.13	32.18	20.18	22.52	28.20
5	Konsantre	320	64	7.42	1.94	6.19	40.38	66.6	62.72	66.3	63.65
	Artık	180	36	6.61	2.05	5.58	41.00	33.4	37.28	33.7	36.35
6.5	Konsantre	435	87	6.76	2.11	5.01	41.17	76.75	85.68	67.96	89.43
	Artık	65	13	13.71	2.36	15.80	32.57	23.25	14.12	32.04	10.57
8	Konsantre	440	88	6.93	2.42	5.92	40.53	85.48	88.49	81.33	88.72
	Artık	60	12	8.63	2.31	9.97	37.81	14.52	11.51	18.67	11.28
9	Konsantre	315	63	7.19	3.00	5.90	40.07	64.45	81.49	71.78	61.82
	Artık	185	37	6.75	1.16	4.01	42.12	35.55	18.51	28.22	38.18
	Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.1.2. Uygun Toplayıcı miktarının saptanması için yapılan deneyler

Bu deneylerde, bir kısmı pH: 6.5'ta, bir kısmı pH=8' de olmak üzere Nişasta, Amin Hoe F 3326, Flotınor SM-15 kullanılarak aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

pH: 6.5-8

Bastırıcı: Nişasta 200 gr/ton

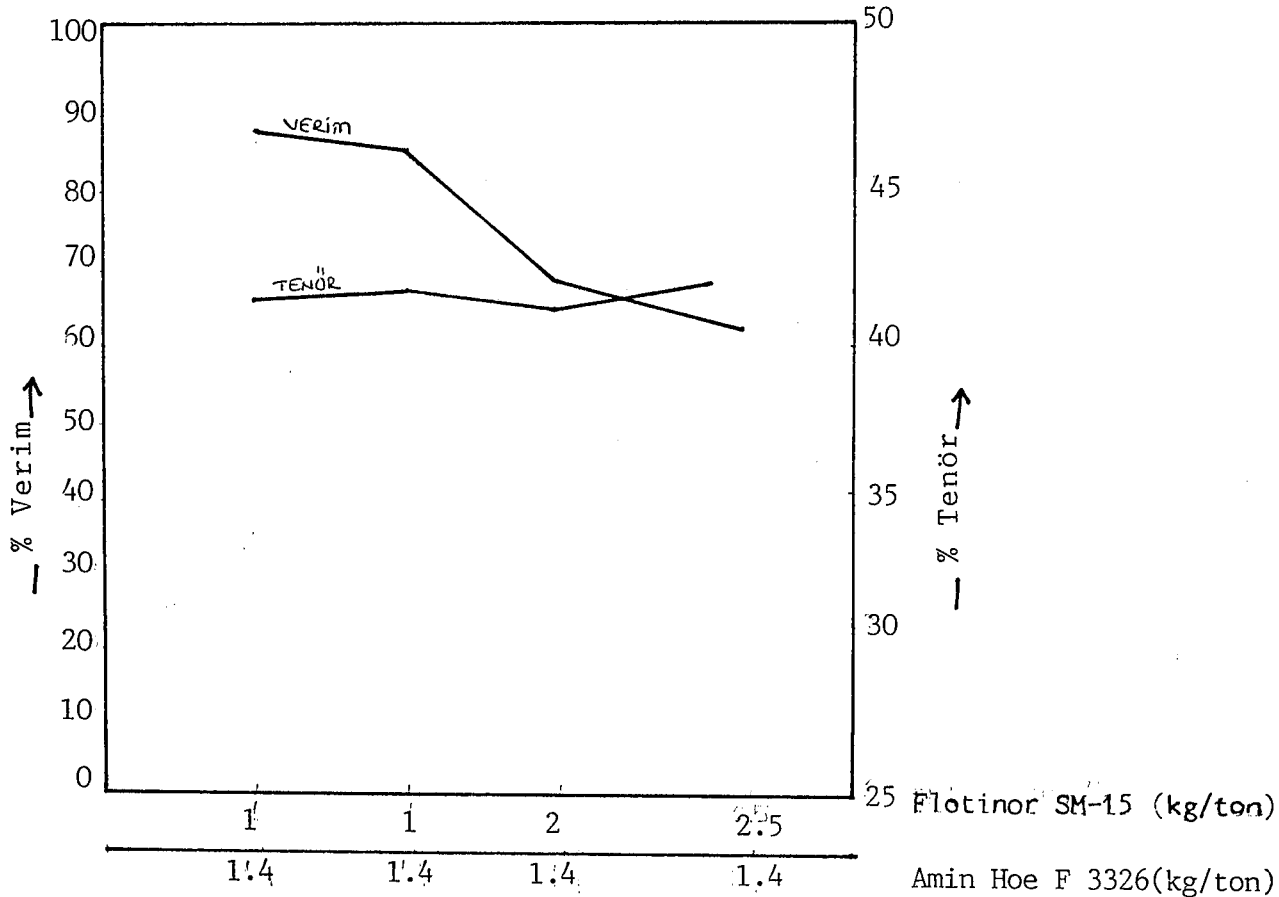
Toplayıcı: Amin Hoe F 3326

Toplayıcı: Flotınor SM-15

Kıvam süresi: 15(7+5+3) dakika

Flotasyon süresi: 7 dakika

Şekil 6.4: de görüldüğü gibi en uygun miktar Flotınor SM-15 (1 kg/ton) Amin Hoe F 3326 (1.4 gr/ton) olması halindedir.



Şekil 6.4. Konsantredeki MgO tenör ve veriminin toplayıcı miktarına göre değişimi

Çizelge 6.2. Uygun Toplayıcı miktarını saptamak için yapılan deneylerin sonuçları

pH	AMİN HOE F-3326 MİKTARI	FLOTİNOR SM-15 MİKTARI	ÜRÜNLER	AĞIRLIK		TENÖRLER %				DAĞILIMLAR %			
				Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
8	1.4kg/ton	1 kg/ton	Konsantre	435	87	6.37	2.31	4.39	41.57	78.86	86.91	72.66	88.95
			Artık	65	13	11.43	2.33	11.06	35.95	21.14	13.09	27.34	11.45
6.5	1.4kg/ton	1 kg/ton	Konsantre	415	83	6.23	2.21	4.03	41.86	73.62	79.23	63.85	85.05
			Artık	85	17	10.90	2.83	11.14	35.93	26.38	20.77	36.15	14.95
8	1.4kg/ton	2 kg/ton	Konsantre	340	68	7.25	2.11	4.92	40.99	70.13	61.89	63.66	68.25
			Artık	160	32	6.56	2.76	5.97	40.51	29.87	38.11	36.34	31.75
6.5	1.4kg/ton	2.5kg/ton	Konsantre	350	70	6.45	2.03	4.25	41.73	64.23	61.38	56.59	61.54
			Artık	150	30	8.38	2.98	7.61	38.75	35.77	38.62	43.41	28.46
8	2kg/ton	1 kg/ton	Konsantre	390	78	5.97	2.14	4.29	41.89	66.27	72.01	63.65	80.02
			Artık	110	22	10.77	2.95	8.69	37.10	33.73	27.99	36.35	19.98
6.5	2kg/ton	1 kg/ton	Konsantre	380	76	6.13	2.27	4.13	41.83	66.29	74.50	59.73	77.85
			Artık	120	24	9.87	2.46	8.82	37.70	33.71	25.50	40.27	22.15
			Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.1.3. Reaktifin kademeli olarak verilmesi halinde en uygun reaktif miktarının saptanması

Pülp yağı: % 28 K

pH: 6.5

Bastırıcı: Nişasta 200 gr/ton

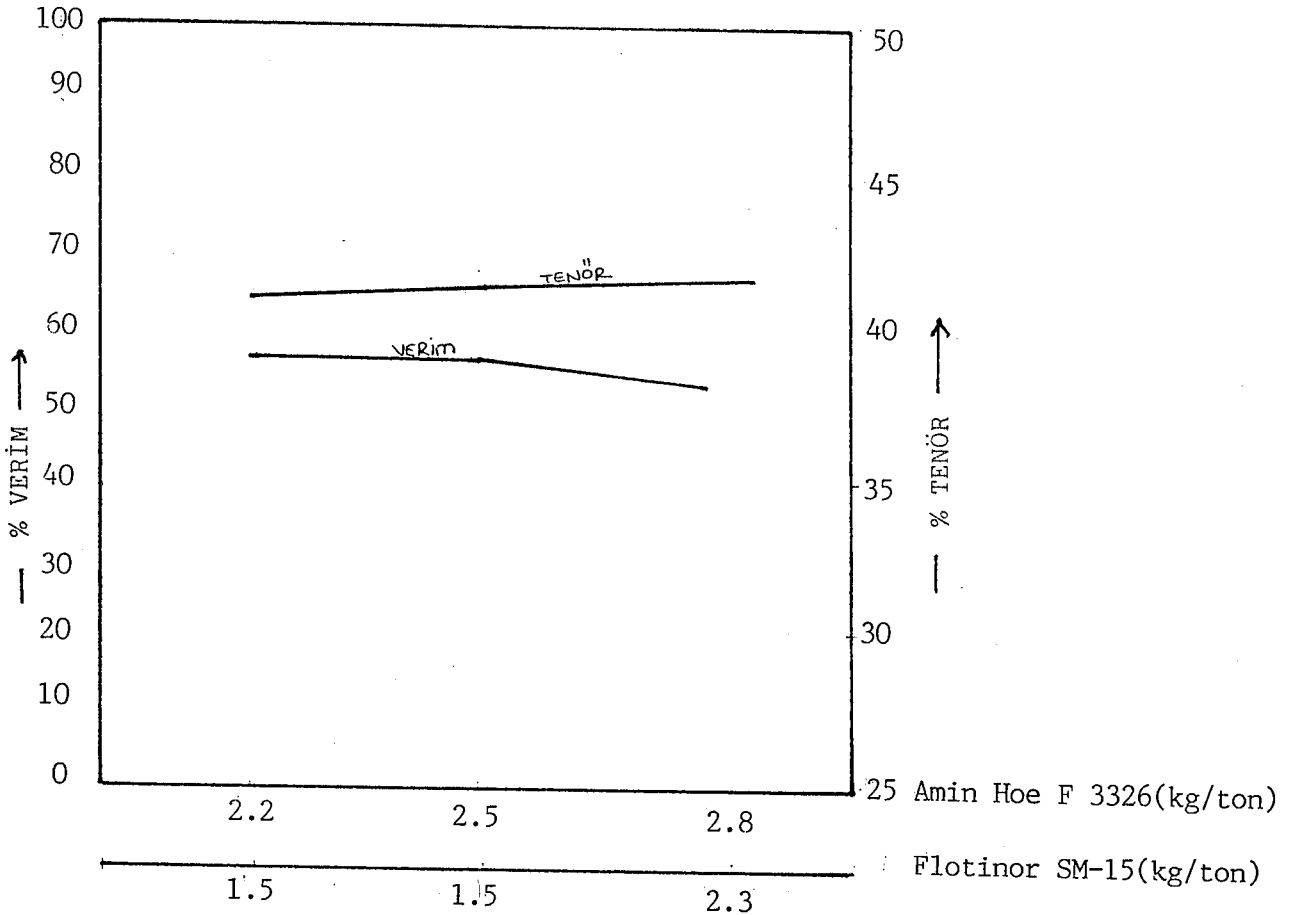
Toplayıcı: Amin Hoe F 3326

Toplayıcı: Flotınor SM-15

Kıvam süresi: 13(5+5+3) dakika

Flotasyon süresi: 7 dakika

Şekil 6.5 ve Çizelge 6.3'den de görüldüğü gibi reaktif miktarının kademeli olarak arttırılması ne tenörde, ne de verimde belirgin bir artış göstermemiştir.



Şekil 6.5. Konsantredeki % MgO tenör ve veriminin toplayıcı miktarına göre değişimi

Çizelge 6.3. Reaktifin kademeli olarak ilave edilmesi durumunda sonuçlar

AMİN HOE F 3326 MİKTARI	FLOTİNOR SM-15 MİKTARI	Bastırıcı Miktarı	Ürünler	Ağırlık		Tenörler %				Dağılımlar %			
				Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
1.4 + 0.6 + 0.5 } 2.5	1 + 0.3 + 0.2 } 1.5 kg/ ton	200 gr/ton	Konsantre	280	56	6.23	2.17	4.87	41.46	49.81	52.08	51.52	56.46
			Artık	220	44	8.02	2.50	5.74	40.04	50.69	47.92	48.48	43.54
1.4 + 0.6 + 0.2 } 2.2	1 + 0.3 + 0.2 } 1.5 kg/ ton	200 gr/ton	Konsantre	280	56	6.30	2.17	5.02	41.35	50.22	52.48	53.47	56.72
			Artık	220	44	7.95	2.50	5.56	40.16	49.78	47.52	46.53	43.28
1.4 + 0.3 + 0.3 + 0.8 } 2.8	1 + 1 + 0.3 } 2.3 kg/ ton	-	Konsantre	260	52	6.08	1.99	4.69	41.71	44.64	44.27	46.05	52.72
			Artık	240	48	8.04	2.67	5.86	39.82	55.36	55.73	53.95	47.28
			Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.1.4. Değişik pH'larda bastırıcının (nişastanın) etkisini incelemek için yapılan deneyler

Bu deneylerde pH, H_2SO_4 , NaOH ile ayarlanarak diğer koşullar sabit tutulmuştur.

Pülp yoğunluğu: % 28 K

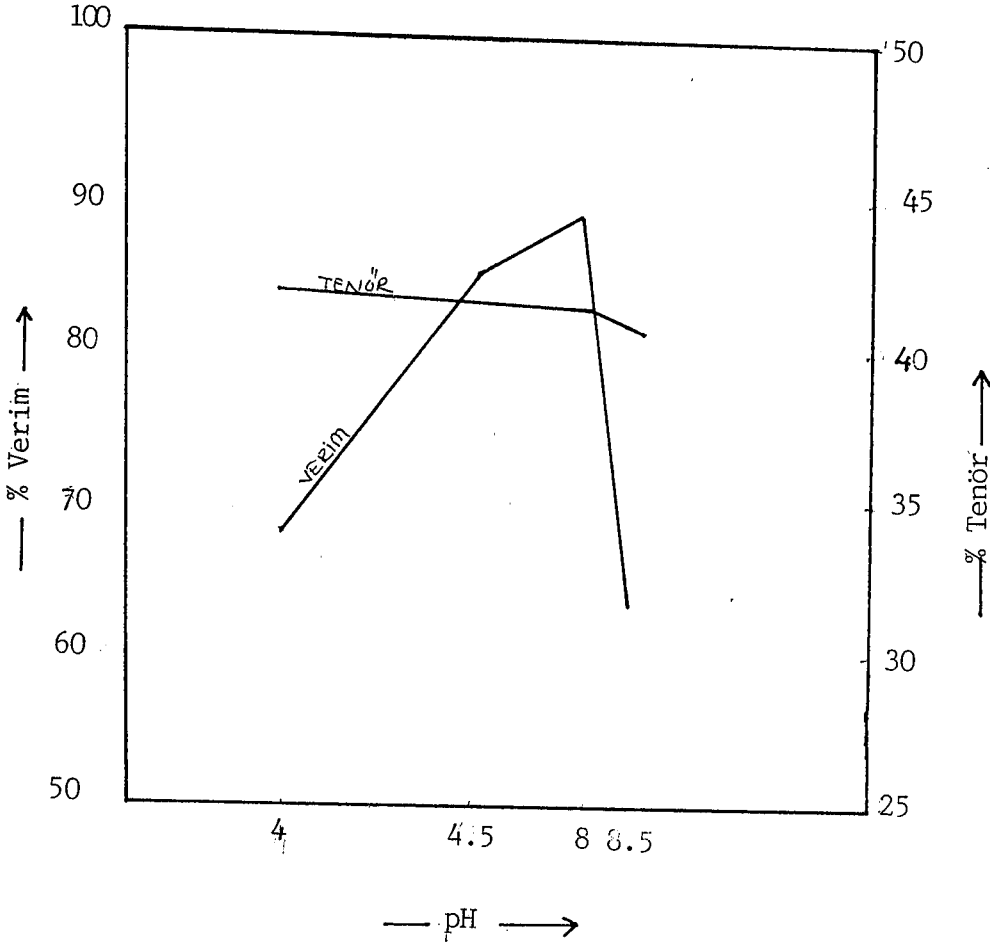
Bastırıcı: Nişasta 200 gr/ton

Toplayıcı: Amin Hoe F 3326 1.4 kg/ton

Toplayıcı: Flotiner SM-15 1 kg/ton

Flotasyon süresi: 7 dakika

Şekil 6.6'den görüldüğü gibi pH=8'de verim oldukça artmış fakat tenörde önemli bir değişiklik olmamıştır.



Şekil 6.6. Değişik pH'larda kullanılan bastırıcı ile elde edilen tenör ve verimler

Çizelge 6.4. Değişik pH'larda bastırıcının etkisini gösteren sonuçlar

pH	Ürünler	Ağırlık		% Tenörler				% Dağılımlar			
		Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
4-4.5	Konsantre	330	66	6.73	1.72	3.63	42.04	63.20	28.40	55.06	67.95
	Artık	170	34	7.61	3.48	8.42	38.48	36.80	71.60	44.94	32.05
6.5	Konsantre	415	83	6.23	2.21	4.03	41.86	73.62	79.23	63.85	85.05
	Artık	85	17	10.90	2.83	11.14	35.93	26.38	20.77	36.15	14.95
8	Konsantre	340	68	6.37	2.31	4.39	41.57	78.85	86.91	72.65	88.55
	Artık	160	32	11.43	2.33	11.06	35.95	21.15	13.09	27.35	11.45
8.5	Konsantre	315	63	7.84	2.19	4.60	40.82	70.26	59.06	55.11	62.98
	Artık	185	37	5.65	2.54	6.38	40.84	29.74	40.94	44.89	37.02
	Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.1.5. Silikatların flotasyonunda Armac T (Tallow Amin Acetate) katyonik toplayıcısının kullanılması ve değişik pH değerlerinde yapılan deneyler

Pülp yoğunluğu: %28 K

Bastırıcı: Nişasta 200 gr/ton

Toplayıcı: Flotınor SM-15 1 kg/ton

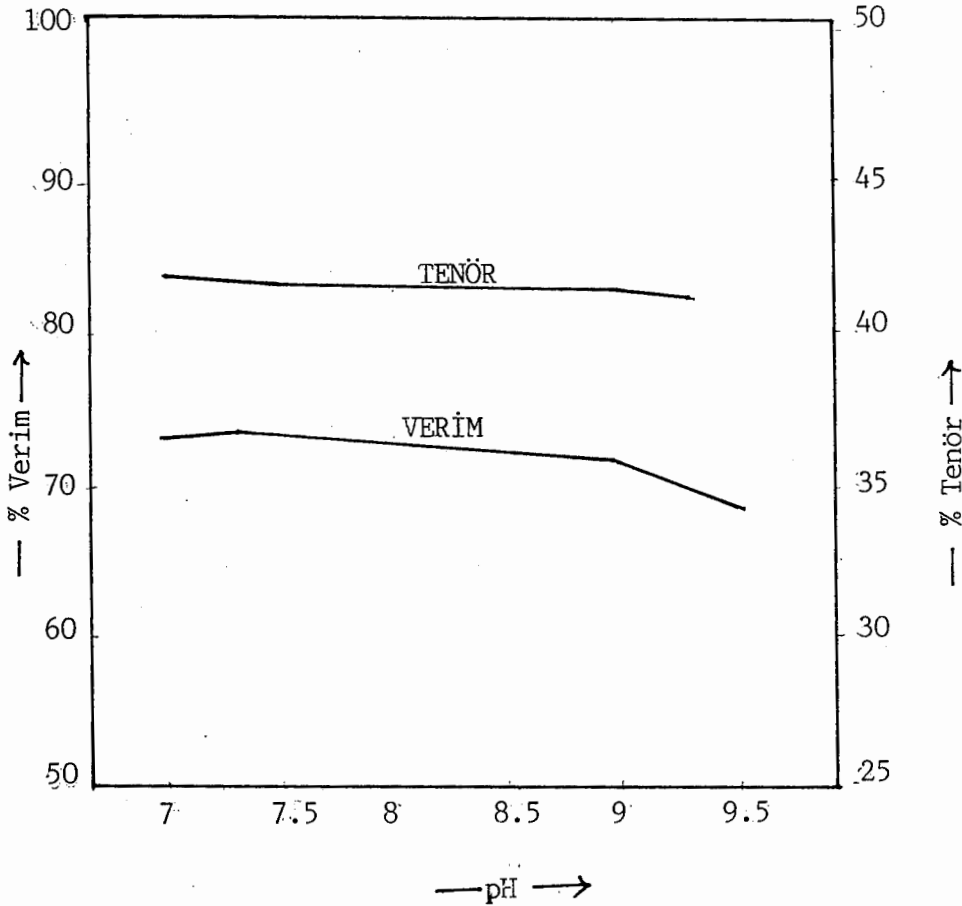
Toplayıcı: Armac T 6 kg/ton

Kıvam süresi: (5+3+10) 18 dakika

Tane boyu: -0.210 mm

Flotasyon süresi: 10 dakika

pH'nın değişmesi ARMAC-T toplayıcısı için verim ve tenör açısından önemli değişiklikler yapmadığı görülmektedir.



Şekil 6.3. Armac-T ile değişik pH'larda konsantrasyon ve verimi

Çizelge 6.5. ARMAC T'nin değişik pH'larda verdiği sonuçlar

pH	Ürünler	Ağırlık		% Tenörler				% Dağılımlar			
		Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
7	Konsantre	355	71	6.66	2.16	3.37	41.99	67.28	66.22	45.50	73.01
	Artık	145	29	7.93	2.71	9.88	37.99	32.72	33.88	54.50	26.99
7.5	Konsantre	360	72	6.75	2.36	3.72	41.68	69.13	73.30	50.92	73.50
	Artık	140	28	7.75	2.21	9.22	38.64	30.87	26.70	49.08	26.50
9	Konsantre	350	70	7.06	2.04	3.78	41.66	70.30	61.58	50.31	71.42
	Artık	150	30	6.96	2.97	8.71	38.89	30.70	38.42	49.69	28.58
9.5	Konsantre	335	67	7.07	2.04	4.14	41.48	67.41	58.98	52.75	68.06
	Artık	165	33	6.94	2.88	7.53	39.51	32.59	41.02	47.25	31.94
	Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.1.6. Şlamın uzaklaştırılması ve pulp yoğunluğunun etkisini incelemek için yapılan deneyler

pH: 7

Parça boyutu: $-0.210+0.053$ mm

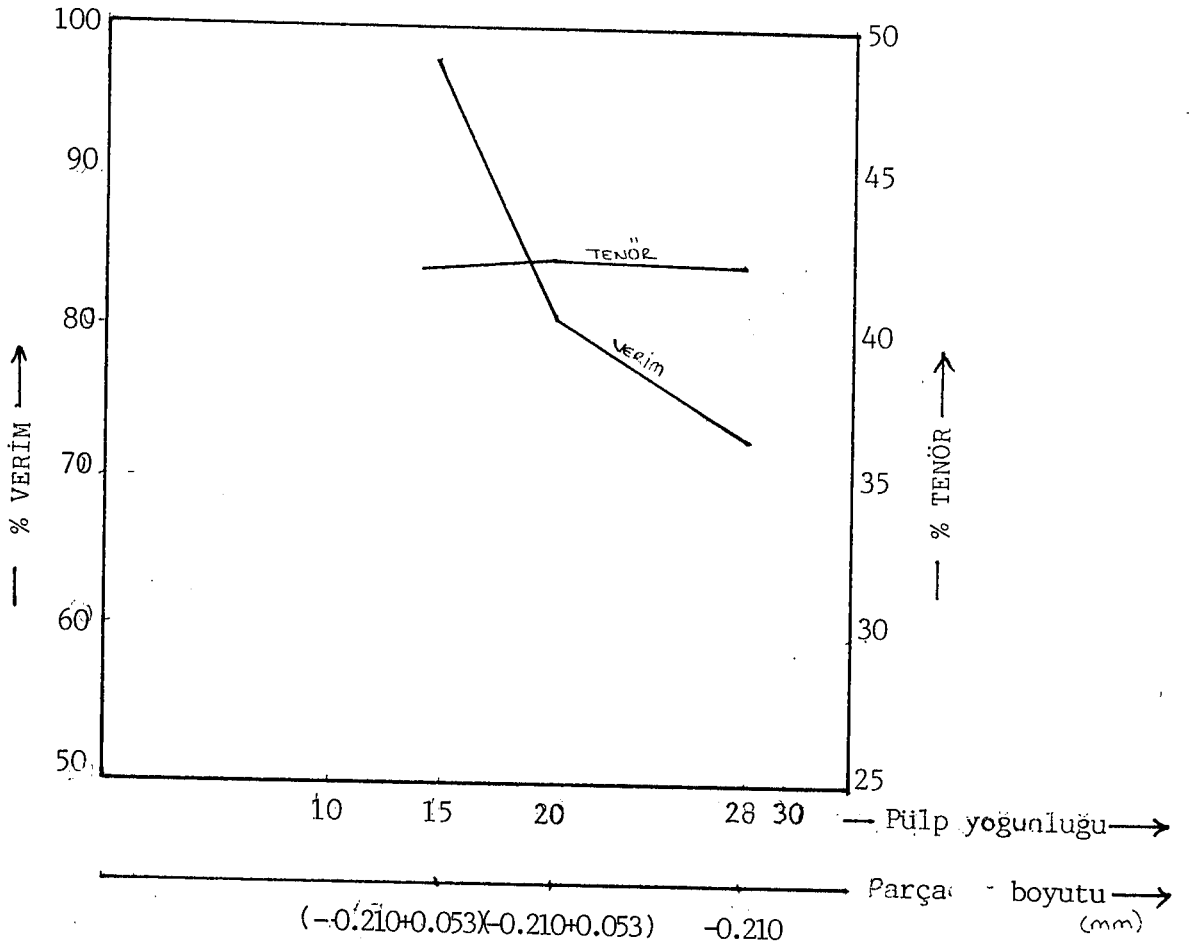
Pülp yoğunluğu: % 15 K

Toplayıcı: Flotınor SM-15 1 kg/ton

Kıvam süresi: (5+3+10) 13 dakika

Flotasyon süresi: 10 dakika

Şekil 6.8 ve Çizelge 6.6 tenörün pulp yoğunluğuna göre değişmediğini ancak düşük pulp yoğunluğunda verimin arttığı görülmektedir. Şlamın uzaklaştırılması halinde ise hem tenörde hem de verimde artış görülmektedir.



Şekil 6.8. Konsantredeki MgO tenör ve veriminin pulp yoğunluğu ve tane boyutuna göre değişimi

Çizelge 6.6. Şlamin uzaklaştırılması ve pulp yoğunluğunun etkisini incelemek için yapılan deneylerin sonuçları

Parça Boyutu	Bastırıcı (Nişasta) Miktarı	Pulp Yoğunluğu	Ürünler	Ağırlık		% Tenörler				% Dağılımlar			
				Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
-0.210- mm	200gr/ton	%28 K	Konsantre	355	71	6.66	2.16	3.37	41.99	67.28	66.22	45.50	73.01
			Artık	145	29	7.93	2.71	9.88	37.99	32.72	33.88	54.50	26.09
-0.210+ 0.053 mm	200gr/ton	%20 K	Konsantre	180	78.26	6.33	1.70	3.30	42.40	70.48	57.35	40.11	81.27
			Artık	50	21.74	9.54	4.55	12.31	35.17	29.52	42.65	50.89	18.73
-0.210+ 0.053 mm	-	% 15 K	Konsantre	210	87.5	6.40	1.53	3.69	42.36	79.65	57.70	61.38	90.77
			Artık	30	12.5	11.44	7.85	16.25	30.12	20.35	42.30	38.62	9.23
			Tüvenan		100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.1.7. Silikatların ve demiroksidin ayrı ayrı
yüzdürülerek manyezit konsantresi elde etmek
için yapılan deneyler

Deneyde aşağıdaki şartlar sabit tutulup pH her iki aşamada da değiştirilmiştir.

Parça boyutu: $-0.210+0.053$ mm

Pülp yoğunluğu: 0.15 K

I. Aşama: Serpantinler için

Canlandırıcı: $BaCl_2$ Serpantini aktive etmek için
 500 gr/ton (5 dakika)

Toplayıcı: Armac T 6 kg/ton (10 dakika)

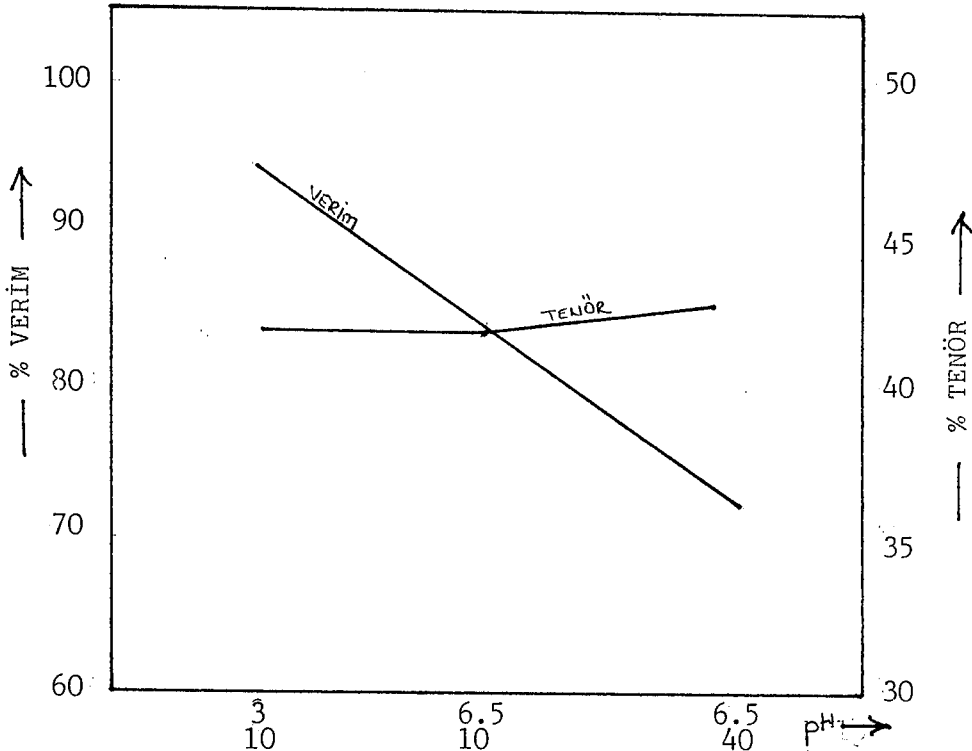
Flotasyon süresi: 10 dakika

II. Aşama: Demir için

Toplayıcı: Flotınor SM-15 1 kg/ton

Flotasyon süresi: 5 dakika

Verim pH:10-6.5 durumunda % 84 olmakta, tenör ise % 42.87 ile çok iyi bir konsantre elde edilmemektedir.



Şekil 6.9. Değişik pH'larda konsantre tenör veriminin değişimi

Çizelge 7. Silikatların ve demirin ayrı ayrı pH'larda ve reaktiflerle yüzdürülerek manyezit konsantresi elde etmek için yapılan deneylerin sonuçları

BaCl ₂ Miktarı	II. Aşamalı Flotasyonda ph Değerleri	Reaktifler	Ürünler	AĞIRLIK		% TENÖRLER				% DAĞILIMLAR			
				Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
-	10 6.5	ARMAC T FLOTİNOR SM-15	Konsantre	185	80	5.53	1.23	3.58	42.87	62.64	41.97	54.07	84.09
			Artık	45	20	13.19	6.80	12.16	32.44	37.36	48.03	45.93	15.91
-	10 3	ARMAC T FLOTİNOR SM-15	Konsantre	230	92	7.00	1.03	3.79	42.17	91.62	40.85	66.30	95.01
			Artık	20	8	7.37	17.15	22.16	8.38	66.38	59.15	33.70	4.99
500 gr/ton	10 6.5	ARMAC T FLOTİNOR SM-15	Konsantre	170	71	6.95	1.81	3.09	42.15	70.21	55.52	41.80	73.28
			Artık	70	29	7.22	3.55	10.53	37.62	29.79	44.48	58.20	26.72
-			TÜVENAN		100	7.82	5.26	40.83	100	100	100	100	

6.5.2. Manyezitin yüzdürülüp gangın bastırıldığı deneyler

6.5.2.1. Hazırlanan bastırıcı karışımı ile yapılan deneyler

Bastırıcı Karışımı: (500 ml su+6 ml H_2SO_4 +40 ml Na_2SiO_3 +
10 gr Kalgon 500 ml su+100 gr Al_2
(SO_4) $_3$.14 H_2O katıldıktan sonra
karıştırıldı)

Parça boyutu: -0.210 mm

Pülp yoğunluğu: % 28 K

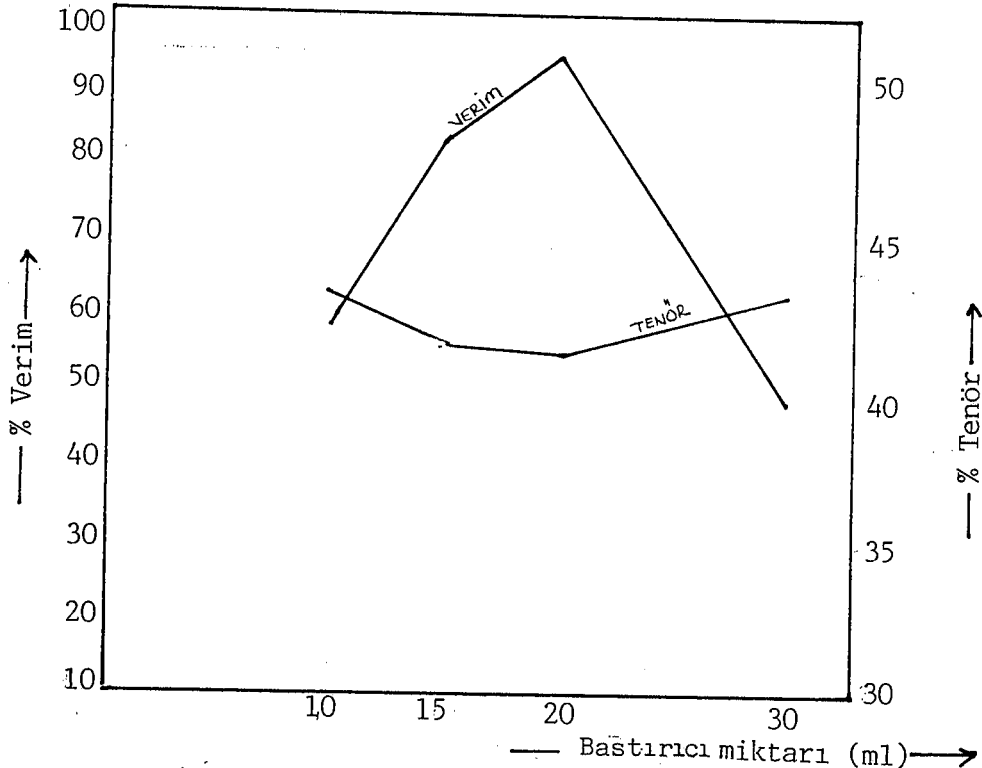
Toplayıcı: (5 gr Oleik asit+5 gr Flotinor S-72)

Köpürtücü: Aerofroth 65

Kıvam süresi: (10+5) 15 dakika

Flotasyon: 40 dakika

Çizelge 6.8 ve Şekil 6.10'da bastırıcı karışımın değişik miktarlarda ilavesi ile tenörün 10 ml'de verimin ise 20 ml'de en üst seviyeye ulaştığı görülmektedir. En uygun miktar 20 ml olarak bulunmuştur.



Şekil 6.10. Bastırıcı miktarının değiştirilmesi ile konsantre tenörünün ve veriminin değişimi

Çizelge 6.8. Bastırıcı miktarını değiştirerek yapılan deneylerin sonuçları

Toplayıcı Miktarı	Bastırıcı Miktarı	Ürünler	Ağırlık		% Tenörler				% Dağılımlar			
			Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
6 kg/ton	30 ml	Konsantre	235	47	4.48	2.42	3.67	42.76	29.95	49.04	32.79	49.22
		Artık	265	53	9.29	2.23	6.67	39.11	70.05	50.96	67.21	50.78
6 kg/ton	20 ml	Konsantre	455	91	5.17	2.45	4.61	41.95	66.97	96.42	79.86	93.51
		Artık	45	9	25.78	0.92	11.75	29.43	33.03	3.58	20.14	6.49
6 kg/ton	15 ml	Konsantre	400	80	4.86	2.5	4.63	42.08	55.32	86.20	70.47	82.44
		Artık	100	20	15.70	1.60	7.76	35.83	44.18	13.80	29.53	17.56
6 kg/ton	10 ml	Konsantre	415	83	5.04	2.36	4.56	42.08	59.52	84.64	72.01	85.55
		Artık	85	17	16.73	2.09	8.65	34.68	40.48	15.36	27.99	14.45
(4+2)kg/ton	5+5 ml	Konsantre	280	56	4.70	1.41	2.71	43.60	37.83	35.75	30.65	59.40
		Araürün	90	18	4.89	1.70	3.52	42.98	12.65	13.85	12.80	18.83
		Artık	130	26	13.25	4.28	10.77	34.41	49.52	50.40	56.55	21.72
		Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.2.2. Bastırıcı cinslerinin karşılaştırılması için yapılan deneyler

I. Bastırıcı Karışımı: (500 ml su+6 ml H_2SO_4 +40ml Na_2SiO_3 +10 gr Kalgon 500 ml su+100 gr $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ katıldıktan sonra karıştırılarak hazırlandı).

II. Bastırıcı Karışımı: (40 ml Na_2SiO_3 +5 gr Tylose CBR 4000+500 ml su ile karıştırılarak hazırlandı).

III. Bastırıcı : Na_2SiO_3

Deneylerde aşağıdaki koşullar aynı tutulup bastırıcı cinsleri ve miktarları değiştirilerek deneyler yapılmıştır.

Parça Boyutu: -0.210 mm

Pülp Yoğunluğu: % 28 K

pH: 10

Bastırıcı:

Toplayıcı: (5 gr Oleik asit+5 gr Flotinor SM-15)

Flotasyon Süresi: 40 dakika

Yüzen kısım tekrar flotasyona tabi tutulup;

pH: 10

Bastırıcı:

Toplayıcı: (Oleik asit+Flotinor SM-15 karışımı)

Flotasyon süresi: 20 dakika

Çizelge 6.9'da görüldüğü en yüksek tenör II. Bastırıcı Karışımında elde edilmiştir.

Çizelge 6.9. Bastırıcı cinslerinin değişik olması halinde ve değişik miktarda toplayıcı kullanılması halinde yapılan deneylerin sonuçları

Toplayıcı Miktarı (kg/ton)	Bastırıcı Miktarı	Ürünler	Ağırlık		% Tenörler				% Dağılımlar			
			Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
2.7 kg/ton	(5+5) ml (B.K) 2	Konsantre	170	34	3.27	1.77	2.31	44.30	15.82	25.95	14.94	36.89
		Araürün	90	18	5.77	2.02	2.34	42.97	14.78	15.68	8.01	18.94
		Artık	240	48	10.16	2.82	8.44	37.56	69.40	58.37	77.05	44.17
2.9+0.5 kg/ton	(10+5)ml (B.K) 1	Konsantre	190	38	4.10	1.86	2.38	43.83	22.17	30.52	17.20	40.80
		Araürün	80	16	6.90	1.12	2.82	42.63	15.71	7.93	8.58	16.70
		Artık	230	46	9.49	3.11	8.48	37.72	62.12	61.75	74.22	42.50
2.7 kg/ton	(1+0.5) kg/ton Na ₂ SiO ₃	Konsantre	140	28	4.43	1.86	2.21	43.75	17.65	22.47	11.77	29.99
		Araürün	90	18	5.32	1.43	2.43	43.43	13.62	11.10	8.32	19.15
		Artık	270	54	8.94	2.85	7.78	38.46	68.72	66.43	79.91	50.86
(4+2)kg/ton	(5+5) ml (B.K) 1	Konsantre	280	56	4.70	1.41	2.71	43.60	37.83	35.75	30.65	59.40
		Araürün	90	18	4.89	1.70	3.52	42.98	12.65	13.85	12.80	18.83
		Artık	130	26	13.25	4.28	10.77	34.41	49.52	50.40	56.55	21.77
		Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.2.3. Hazırlanan toplayıcı karışımı ile yapılan deneyler

Pülp yoğunluğu: % 28 K

pH: 11, 4

Parça boyutu: -0.210 mm

Bastırıcı karışımı: (Na_2SiO_3 +Tylose CBR 4000) 5 ml

Canlandırıcı: MgCl_2 (Manyeziti aktive etmek için)
300 gr/ton

Toplayıcı: (Sodyum oleat+Flotınor S-72+Fuel oil karışımı) 1.5 kg/ton

Kıvam süresi: (5+5+5) 15 dakika

Flotasyon süresi: 45 dakika

Pülp Yoğunluğu: % 28 K

I. Aşama:

pH: 10

Toplayıcı: Oleik asit 2.5 kg/ton (10 dakika kıvam süresi)

30 dakika flotasyondan sonra yüzen kısım iyice yıkanarak tane yüzeyine absorbe olmuş oleik asitten ayrılarak II. aşamaya geçilmiş ve katyonik reaktif kullanılmıştır.

II. Aşama

pH: 6.5

Toplayıcı: Amonium solt 200 gr/ton

Toplayıcı: Fuel oil 1 ml

Kıvam süresi: (5+10) 15 dakika

Köpürtücü: Aerofroth 65

Flotasyon süresi: 15 dakika

Çizelge 6.10. Değişik karışımlarda hazırlanan toplayıcılarla yapılan deneylerin sonuçları

Toplayıcı Cinsi ve Miktarı	Bastırıcı Miktarı	Canlandırıcı (MgCl ₂)	pH	Ürünler	AĞIRLIK		% Tenörler				% Dağılımlar			
					Gr	%	SiO	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
(Na-Oleat + Flotınor S-72+ Fuel oil) 1.5 kg/ton	(Na ₂ SiO ₃ + Tylose CBR 4000) 5 ml	300 gr/ton	11	Konsantre	350	70	3.89	3.17	4.95	42.51	38.74	95.73	53.90	72.88
				Artık	150	30	14.35	0.33	8.08	36.91	41.26	4.27	46.10	27.12
(Na-oleat+ Flotınor S-72+ Fuel oil 2.8 kg/ton)	(Na ₂ SiO ₃ + Tylose CBR 5 ml	300 gr/ton	4	Konsantre	285	57	4.73	2.32	3.75	42.66	30.27	48.08	32.34	59.55
				Artık	215	43	14.44	3.32	10.40	38.40	69.73	51.92	67.66	40.45
Oleik asit 2.5 kg/ton Amonium salt 200 gr/ton + Fuel oil 1 ml	-	-	9-10	Konsantre	185	37	4.81	3.39	4.16	41.91	24.91	45.98	27.12	38.39
				Araürün	115	23	8.69	2.65	4.96	40,02	27.96	22.35	20.09	22.70
				Artık	200	40	8.42	2.16	7.49	39.18	47.13	31.67	52.79	38.83
Oleik asit 3.5 kg/ton Amonium salt 200 gr/ton+ Fuel oil 1 ml	-	-	10	Konsantre	220	44	4.55	4.27	3.76	41.80	26.50	57.98	57.79	45.85
				Araürün	120	24	11.02	2.34	4.70	39.19	34.98	17.33	15.83	23.50
			6.5	Artık	160	32	9.09	2.50	8.43	38.20	38.52	24.69	26.38	30.55
				Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.2.4. Bastırıcı olarak Na_2SiO_3 ve toplayıcı olarak oleik asitin kullanıldığı deneylerde parça boyutunun etkisini incelemek için yapılan deneyler

Parça boyutu: -0.210 mm, -0.149 mm

Pülp yoğunluğu: % 28 K

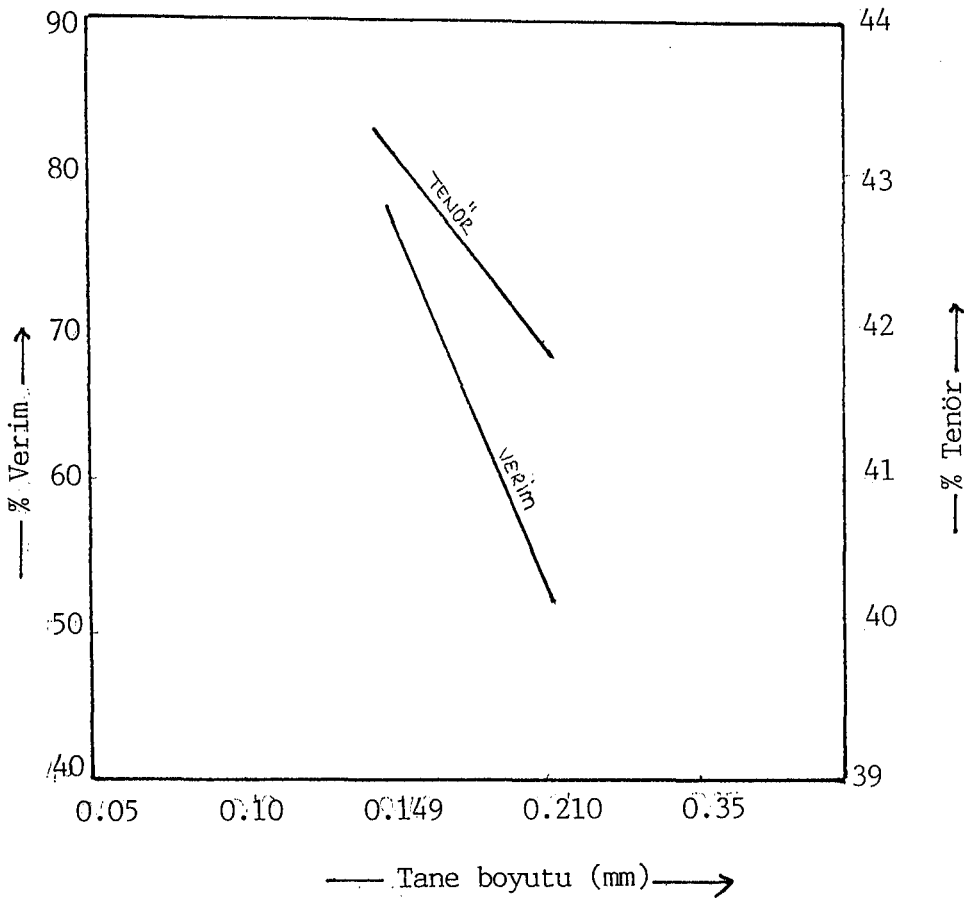
Bastırıcı: Na_2SiO_3 37 kg/ton

Toplayıcı: Oleik asit 7 kg/ton

Kıvam süresi: (10+10) 20 dakika

Flotasyon süresi: 30 dakika

Numunede (70 mesh) (0.210 mm altında tane serbestleşmesine ulaşılmasına rağmen Çizelge 6.11'den görüldüğü gibi (100)mesh) (0.149 mm) altında tenör ve verimde artış olmuştur.



Şekil 6.11. Tane boyutunun konsantre tenör ve verimine etkisi

Çizelge 6.11. Yapılan deney koşullarında parça boyutunun etkisini gösteren deney sonuçları

Parça Boyutu	Toplayıcı Miktarı	Bastırıcı Miktarı	Ürünler	AĞIRLIK		% TENÖRLER				% DAĞILIMLAR			
				Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
0.210 mm	Oleik asit 7 kg/ton	Na ₂ SiO ₃ 37 kg/ton	Konsantre	260	52	3.14	2.44	6.72	41.94	23.09	61.28	66.06	53.30
			Artık	240	48	11.33	1.67	3.74	39.81	76.81	38.92	33.94	46.70
0.149 mm	Oleik asit 7 kg/Ton	Na ₂ SiO ₃ 37 Kg/ton	Konsantre	365	73	4.03	2.32	3.43	43.14	41.62	81.86	47.33	76.96
			Artık	135	27	15.28	1.39	10.32	34.91	58.38	18.14	52.67	23.04
			Tivenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.2.5. En uygun toplayıcı ve bastırıcı miktarını saptamak için yapılan deneyler

Parça boyutu: -0.149 mm

pH: 8-8.5 (Doğal pH) (pH ayarı yapılmamıştır)

Pülp yoğunluğu: % 28 K

Bastırıcı: Na_2SiO_3

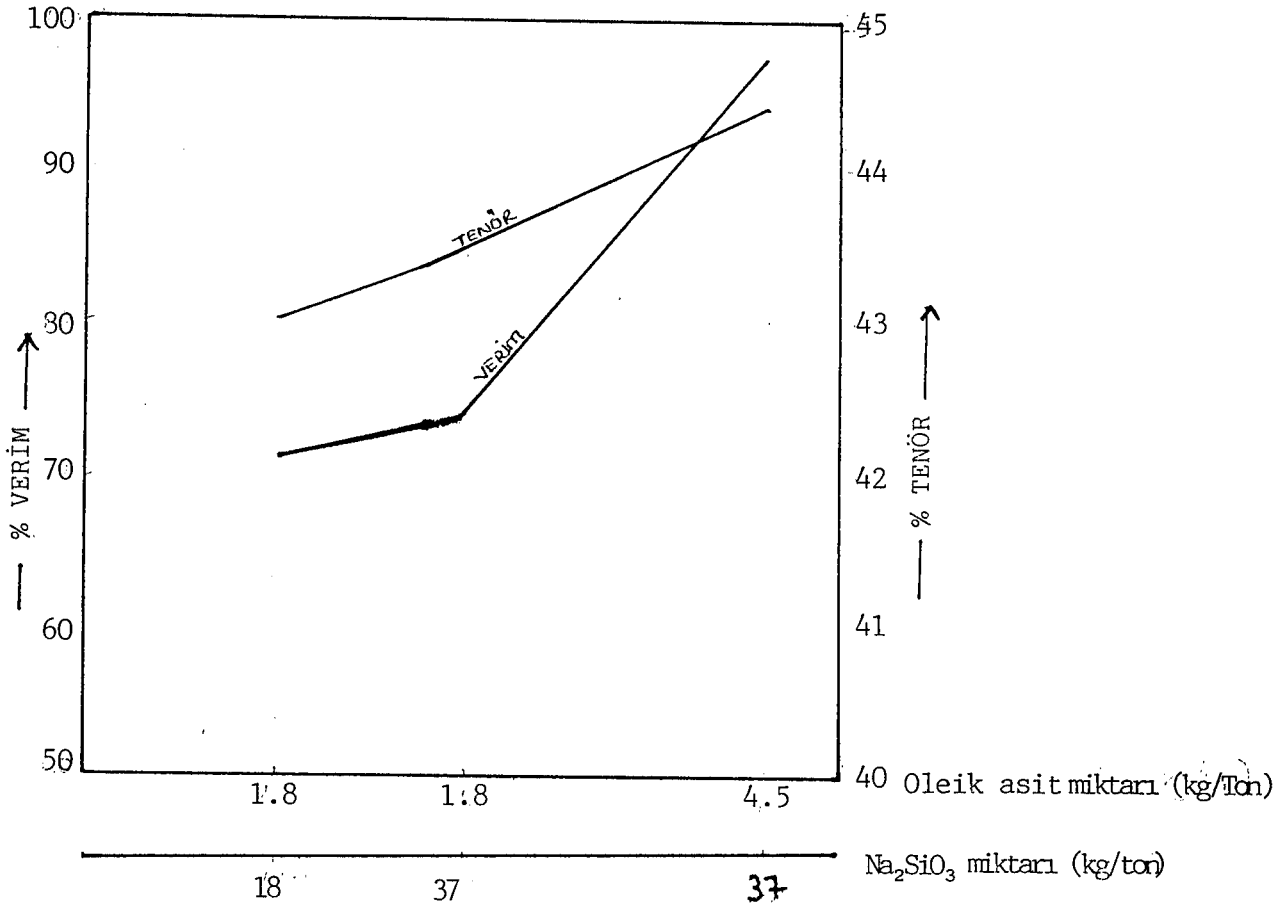
Toplayıcı: Oleik asit

Toplayıcı: AP 825

Kıvam süresi: (10+5+10) 25 dakika

Flotasyon süresi: 45 dakika

Şekil 6.12'de sonuçlar gösterilmiş olup en uygun reaktif miktarı 4.5 kg/ton oleik asit ve 10 ml Na_2SiO_3 'tür.



Şekil 6.12. Oleik asit ve Na_2SiO_3 miktarlarının tenör ve verime etkisi

Çizelge 6.12. Doğal pH'da -100 mesh boyutundaki numunenin bastırıcı ve toplayıcı miktarları değiştirilerek yapılan deneylerin sonuçları

Parça Boyutu (mm)	Bastırıcı Miktarı (Na ₂ SiO ₃)	Toplayıcı (Oleik Asit) Miktarı	Toplayıcı (AP 825) Miktarı	Ürünler	AĞIRLIK		% TENÖRLER				% DAĞILIMLAR			
					Gr	%	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
-0.149	37 kg/ton	4.5 kg/ton	15.8 kg/ton	Konsantre	440	88	3.14	1.95	2.01	44.42	39.07	83.14	33.47	95.52
				Artık	60	12	35.90	2.9	29.29	15.26	60.93	16.86	66.53	4.48
-0.149	37 kg/ton	1.8 kg/ton	15.8 kg/ton	Konsantre	340	68	3.54	2.17	3.31	43.50	34.05	71.36	42.59	72.30
				Artık	160	32	14.57	1.85	9.48	35.43	65.95	28.64	57.41	27.80
-0.149	18 kg/ton	1.8 kg/ton	15.8 kg/ton	Konsantre	335	67	3.91	2.42	3.70	43.02	37.08	78.32	46.91	70.43
				Artık	165	33	13.47	1.36	8.50	36.66	62.92	21.68	53.09	29.57
				Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

6.5.2.6. Na₂SiO₃ ve oleik asit ile en uygun pH durumunun saptanması için yapılan deneyler

Yapılan deneylerde aşağıdaki şartlar sabit tutulmuş olup pH, H₂SO₄ ve NaOH ile ayarlanmıştır.

Parça boyutu: -0.149 mm

Pülp yoğunluğu: % 28 K

Bastırıcı: Na₂SiO₃ 37 kg/ton

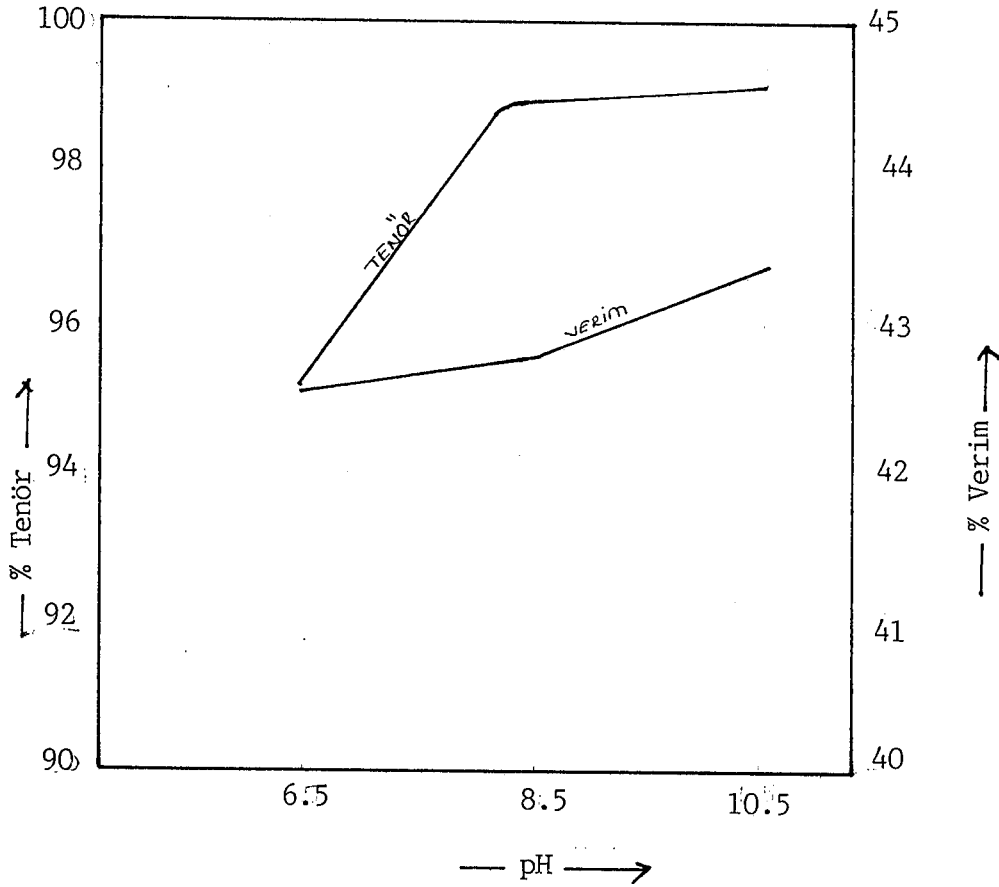
Toplayıcı: Oleik asit 4.5 kg/ton

Toplayıcı: AP 825 15.8 kg/ton

Kıvam süresi: (10+5+10) 25 dakika

Flotasyon süresi: 45 dakika

Sonuçlar Şekil 6.13'de gösterilmiş olup en uygun pH=10.5 olarak saptanmıştır.



Şekil 6.13. pH değişimine göre konsantre tenör ve verimi

Çizelge 6.13. Na_2SiO_3 ve Oleik asit ile en uygun pH'yı bulmak için yapılan deneylerin sonuçları

Toplayıcı Miktarı	Bastırıcı Miktarı (Na_2SiO_3)	pH	Ürünler	AĞIRLIK		% TENÖRLER				% DAĞILIMLAR			
				Gr	%	SiO_2	CaO	Fe_2O_3	MgO	SiO_2	CaO	Fe_2O_3	MgO
4.5 kg/ton	37 kg/ton	6.5	Konsantre	460	92	4.91	2.03	3.85	42.65	63.89	90.57	95.98	95.90
			Artık	40	8	31.90	2.43	21.85	20.95	36.11	9.43	4.02	4.10
4.5 kg/ton	37 kg/ton	8.5	Konsantre	440	88	3.14	1.95	2.01	44.42	39.07	83.14	33.47	95.52
			Artık	60	12	35.90	2.9	29.29	15.26	60.93	16.86	66.53	4.48
4.5 kg/ton	37 kg/ton	10.5	Konsantre	445	89	2.85	1.88	2.15	44.52	35.90	80.86	36.19	96.84
			Artık	55	11	44.17	3.60	30.66	11.75	64.10	19.14	63.81	3.16
			Tüvenan	500	100	7.03	2.32	5.26	40.83	100	100	100	100

7. SONUÇLAR

1. Kimyasal analiz sonucunda cevherin % 40.83 MgO, % 2.32 CaO, % 5.26 Fe₂O₃ ve % 7.03 SiO₂ içerdiği görülmüştür.

2. Manyezitin bastırılıp, gang minerallerinin yüzdürüldüğü deneyler olumlu sonuç vermeyip; en iyi konsantre % 42.87 MgO içermektedir.

3. Manyezitin yüzdürülüp; silikatların ve demirin bastırıldığı deneylerle daha iyi sonuçlar alınmıştır. Yapılan deneylerin en iyi sonuç vereni; Çizelge 6.13'de verilmiş olup aşağıdaki şartlarda elde edilmiştir.

Parça boyutu: -0.149 mm

Toplayıcı: Oleik asit 4.5 kg/ton

Toplayıcı: AP 825 15.8 kg/ton

Bastırıcı: Na₂SiO₃ 37 kg/ton

pH: 10.5

Bu durumda elde edilen konsantrenin % 96'lık MgO verimiyle

% MgO: 44.52

% CaO: 1.88

% Fe₂O₃: 2.15

% SiO₂: 2.85

içerdiği saptanmıştır.

Bu koşullarda iyi bir konsantre elde edilmesine rağmen, reaktif miktarının fazla olmasından dolayı ekonomik olup olmayacağı araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Atak, S., Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması, İ.T.Ü., 1974, İstanbul.
- Bayraktar, T., Cevher Hazırlamada Zenginleştirme Öncesi İşlemler, İ.T.Ü., 1979, İstanbul.
- Brandao, P., Poling, G., Anionic flotation of magnesite. Trans. The Canadian Institute of Mining and Metallurgy at Halifax, Nova Scotia, Vol. 21, No: 3, 211-220, 1982.
- Emrulloğlu, F., Çayırbağ manyezitlerinin flotasyonla zenginleştirilmesi ve flotasyon artıklarından magnezium klorür üretimi, "Doktora tezi", Anadolu Üniversitesi, 1984, Eskişehir.
- Gedikbey, T., Modern Analiz Yöntemleri, Ders Notları.
- Madencilik, Maden Mühendisleri Odası, Aralık, 1985.
- Mangalam, V., Khangaonkar, P.R., Flotation behaviour of magnesite with carboxylic acid collectors and a chelating agent. Trans. The Indian Institute of Metals. Vol. 37, No: 6, 730-737, December 1984.
- Manyezit, Maden Mühendisleri Odası, Ağustos, 1975.
- Mineral Facts and Problems, 1975.
- Karantzavelos, G.E., Brief description and Evaluation of the magnesite flotation processes-Development of a new flotation process. Vol.1, No: 1, 69-70, May 1984.
- Türkiye Manyezit Envanteri, M.T.A., No: 186, Ankara, 1982.
- Suvorova, D.I., Patopenko, V.E., Tyuryukhanova, V.V., Flotation of Satkinsk magnesites in a fluidized bed., Vol. 24, No: 11-12, 629-631, 1983.
- Suvorova, D.I., Tyuryukhanova, V.V., Conditions of flotation of satka deposit magnesite residue. Vol.25, No: 9-10, 525-527, 1984