

MANYEZİT CEVHERİNİN YAĞ AGLOMERASYONU  
YÖNTEMİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Yaşar UÇBAŞ

Doktora Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

1991

MANYEZİT CEVHERİNİN YAĞ AGLOMERASYONU  
YÖNTEMİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Yaşar Uçbaşı

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında  
DOKTORA TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Doç.Dr. Hüseyin Uzdağ

Kasım - 1991

Yaşar UÇBAŞ'ın DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Manyezit Cevherinin Yağ Aglomerasyonu Yöntemi ile Zenginleştirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Doç.Dr.Ali AKAR

Üye : Doç.Dr.Hüseyin ÖZDAĞ

Üye : Y.Doç.Dr.Muammer KAYA

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **27. ARALIK 1991** gün  
ve **298-9** sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Rüstem KAYA  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bu çalışmada, manyezit cevherinin yağ aglomerasyonu yöntemi ile zenginleştirilmesi sonuçları sunulmuştur. Deneylerde kullanılan örnek; Kumaş manyezit zenginleştirme tesisinde bulunan, -4 mm boyutundaki manyezit stoğundan alınmıştır. Örnek; ortalama %7.87 SiO<sub>2</sub>, %1.00 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.46 CaO, %44.45 kızdırma kaybı ve %45.02 MgO içermektedir.

Döner sinter fırınları ile 2 mm'ye kadar sinterleme yapılabildiğinden, +2 mm'lik kısmın peletlenmeksizin sinterlenebileceği düşünülerek; örnek, 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. +2 mm'lik kısım doğrudan ve iki farklı boyut grubuna ayrılarak manyetik ayırma, -2 mm'lik kısım 100 meş altına öğütülerek yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmiştir. Manyetik ayırma deneylerinde kullanılan örnek; ortalama %6.65 SiO<sub>2</sub>, %0.51 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.26 CaO, %45.62 kızdırma kaybı ve %45.76 MgO içermektedir. Aglomerasyon deneylerinde kullanılan örnek ise; ortalama %8.42 SiO<sub>2</sub>, %1.05 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.71 CaO, %43.81 kızdırma kaybı ve %44.81 MgO içermektedir.

Boyut gruplarına ayrılarak yapılan manyetik ayırmadan %81 MgO verimiyle elde edilen konsantre; %1.78 SiO<sub>2</sub>, %0.20 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.54 CaO, %50.29 kızdırma kaybı ve %45.99 MgO içermektedir. Ayrıca; bu konsantredeki %SiO<sub>2</sub> içeriği, doğrudan manyetik ayırma ile elde edilenden daha düşüktür.

Aglomerasyon deneylerinde, süspansiyon sıcaklığının, oleik asit ve gazyağı miktarının, pH'nın ve aglomerasyon süresinin aglomeratların MgO verimleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bunun sonucunda; 27 °C ve pH 10.75'de, 5.05 kg/ton oleik asit ve 89.95 kg/ton gazyağı miktarlarında, 5 dakika aglomerasyon süresi ile %80 MgO verimine ulaşılmıştır. Bu koşullarda yağ aglomerasyonu ile

yapılan zenginleştirmeden elde edilen konsantre; %1.15 SiO<sub>2</sub>, %0.36 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.64 CaO, %50.84 kızdırma kaybı ve %45.81 MgO içermektedir.

Manyetik ayırma ve aglomerasyon deneylerinin sonuçları, konsantrelerin SiO<sub>2</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlerinde önemli azalmalar; MgO tenörlerinde de artışlar olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, yağ aglomerasyonu deneylerinde kullanılan toplayıcı tüketiminin fazla olduğu görülerek; toplayıcı tüketimini azaltmak için 5 farklı grup deney yapılmış ve bunların sonucunda:

- Cevherin suda çözünmesine fırsat tanımadan, Mg<sup>+2</sup> ve Ca<sup>+2</sup> iyonlarının süspansiyona geçişini önleme ile (sıfır dakika dağıtma süresi) oleik asit tüketiminden %8'lik bir tasarruf sağlanmıştır.
- 7 dakika dağıtma süresinde, pH'yı arttırarak oleik asitin çözünürlüğünü arttırma ile toplayıcı tüketiminden tasarruf sağlanamamıştır.
- 7 dakika dağıtma süresinde, NaOH'i pH düzenleyici, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ü Mg<sup>+2</sup> ve Ca<sup>+2</sup> iyonlarını çöktürücü olarak kullanma ile oleik asit tüketiminden %11'lik bir tasarruf sağlanmıştır.
- 7 dakika dağıtma süresinde, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ü pH düzenleyici ve Mg<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup> iyonlarını çöktürücü olarak kullanma ile oleik asit tüketiminden %19'luk bir tasarruf sağlanmıştır.
- 7 dakika dağıtma süresinde, toplayıcı olarak oleik asit yerine sodyum oleat kullanma ile toplayıcı tüketiminden %2'lik bir tasarruf sağlanmıştır.

## SUMMARY

In this study, oil agglomeration test results for magnesite ore concentration were presented. -4 mm sample used was taken from Kumaş magnesite concentrator stockpile. The sample contains 7.87% SiO<sub>2</sub>, 1.00% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.46% CaO, 44.45% loss on ignition and 45.02% MgO.

Rotary kiln can be used up to 2 mm size for sintering. All sample was sieved through 2 mm sieve to remove +2 mm material, which can be sintered as it is after magnetic separation. For the -2 mm size fraction, all sample was first ground down to 0.150 mm and then oil agglomeration method was applied. Fraction of +2 mm contains 6.65% SiO<sub>2</sub>, 0.51% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.26% CaO, 45.62% loss on ignition and 45.76% MgO. -2 mm fraction has 8.42% SiO<sub>2</sub>, 1.05% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.71% CaO, 43.81% loss on ignition and 44.81% MgO.

Magnetic separation of sized material achieved 81% MgO recovery at the grades of 1.78% SiO<sub>2</sub>, 0.20% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.54% CaO, 50.29% loss on ignition and 45.99% MgO. SiO<sub>2</sub> content of the concentrate of the sized sample was lower than that of the directly produced concentrate from magnetic separation.

In the agglomeration tests, the effects of suspension temperature, oleic acid and kerosene dosages, pH and agglomeration time on the MgO recovery of agglomerates were investigated. The optimum MgO recovery, in which the reagent consumption was reasonable, was obtained at 27°C, pH=10.75, 5.05 kg/ton of oleic acid dosage, 89.95 kg/ton of kerosene dosage for 5 minutes agglomeration time. Under these conditions, it was determined that the concentrate contained 1.15% SiO<sub>2</sub>, 0.36% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1.64% CaO, 50.84% loss on ignition and 45.81% MgO.

Magnetic separation and oil agglomeration results show that  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  contents significantly reduced at a higher MgO grade.

In order to decrease the collector dosage, 5 different tests were carried out:

- Na-oleate as a collector with predispersion,
- Oleic acid as a collector without predispersion (to minimize  $\text{Mg}^{+2}$  and  $\text{Ca}^{+2}$  ions dissolution),
- Oleic acid as a collector, NaOH as a pH regulator, and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  as a  $\text{Mg}^{+2}$  and  $\text{Ca}^{+2}$  ions precipitator with predispersion,
- Oleic acid as a collector,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  as a pH regulator, and  $\text{Mg}^{+2}$  and  $\text{Ca}^{+2}$  ions precipitator with predispersion, and
- Oleic acid as a collector, with predispersion at high pH values, in which collector dissolution was higher.

In the first set of tests, 2%; in the second, 8%; in the third, 11%; and in the fourth, 19% reduction in the collector dosage was achieved. In the last test, there was no decrease in the collector consumption at higher pH values.

**TEŞEKKUR**

Ülkemiz için büyük önem taşıyan manyezit konusuna yönelmemi teşvik eden ve çalışmalarımı yönlendiren hocam sayın Doç. Dr. Hüseyin Özdağ'a şükranlarımı sunarım.

Doktora eğitimim süresince en iyi şekilde yetişebilmem için her türlü çabayı gösteren Anadolu Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'ndeki hocalarım sayın Prof. Dr. Rifat Bozkurt'un şahsında teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmam sırasında içten ilgilerini ve yardımlarını gördüğüm tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iii
SUMMARY .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. MANYEZİT .....	3
2.1. Manyezit Yataklarının Oluşumu .....	4
2.2. Manyezit Teknolojisi .....	5
2.2.1. Manyezit zenginleştirme yöntemleri .....	5
2.2.2. Manyezitin sinterlenmesi .....	8
2.3. İstatistiksel Bilgiler .....	10
2.3.1. Dünya ve Türkiye manyezit rezervleri .....	10
2.3.2. Dünya ham manyezit ve magnezya üretimi .....	13
2.3.3. Türkiye ham manyezit ve magnezya üretimi .....	16
2.3.4. Türkiye manyezit ve magnezya ticareti .....	18
2.3.5. Türkiye manyezit tuğla ithalatı ve ihracatı .....	19
3. YAĞ AGLOMERASYONUNUN TEMEL İLKELERİ .....	21
4. GEREÇ VE DENEYSEL YÖNTEM .....	27
4.1. Örnek .....	27
4.2. Kullanılan Reaktifler .....	30
4.3. Deneysel Yöntem .....	32
4.3.1. Manyetik ayırma .....	32
4.3.2. Aglomerasyon .....	32
4.4. Kimyasal Analizler .....	33

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5. DENEYSEL BULGULARIN IRDELENMESİ .....	34
5.1. +2 mm Manyezit Cevherini Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme Deneyleri .....	34
5.2. -2 mm Manyezit Cevherini Seçimli Aglo- merasyon ile Zenginleştirme Deneyleri	37
5.2.1. Suspansiyon sıcaklığının etkisi ..	37
5.2.2. Oleik asit miktarının etkisi .....	38
5.2.3. Gazyağı miktarının etkisi .....	42
5.2.4. pH'nın etkisi .....	45
5.2.5. Aglomerasyon süresinin etkisi ....	49
5.3. Manyezitin Aglomerasyonunda Toplayıcı Tüketimini Azaltmak İçin Yapılan Deneyler	55
5.3.1. Suspansiyona $Mg^{+2}$ ve $Ca^{+2}$ iyonlarının geçişini önlemek için cevherin suda çözünmesine fırsat tanımama .....	55
5.3.2. pH'yı arttırarak oleik asitin çözünürlüğünü arttırma .....	58
5.3.3. Suspansiyondaki $Mg^{+2}$ ve $Ca^{+2}$ iyonlarını $Na_2CO_3$ kullanarak çöktürme .....	63
5.3.4. Toplayıcı olarak oleik asit yerine sodyum oleatın kullanılması .....	77
6. SONUÇLAR .....	81
ÖNERİLER .....	83
KAYNAKLAR .....	84
ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kutahya Kumaş manyezit zenginleştirme tesisinin akım şeması .....	7
3.1. Yağ aglomerasyonu ile zenginleştirme .....	21
3.2. Aglomerasyonda taneciklerin bir araya getirilmesi .....	22
3.3. Yağların katı tanecikleri yüzeyinde yayılması .	23
3.4. Manyezit tanecikleri yüzeyinde yağın yayılması	24
3.5. Yağın aglomeratlar içindeki dağılımı ve aglomerat tipleri .....	25
3.6. Aglomerat buyume mekanizmasının şematik gösterilişi .....	26
4.1. Zenginleştirme için laboratuvarında izlenen akım şeması .....	28
5.1. Manyezitin aglomerasyonunda süspansiyon sıcaklığının etkisi .....	40
5.2. Manyezitin aglomerasyonunda oleik asit miktarının etkisi .....	44
5.3. Manyezitin aglomerasyonunda gazyağı miktarının etkisi .....	47
5.4. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nın etkisi .....	52
5.5. Manyezitin aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin etkisi .....	54
5.6. Manyezitin aglomerasyonunda cevherin suda çözünme süresinin oleik asit tüketimine etkisi	60
5.7. Manyezitin aglomerasyonunda pH düzenleyici olarak NaOH kullanıldığında, $Mg^{+2}$ ve $Ca^{+2}$ iyonlarının çöktürülmesinde $Na_2CO_3$ miktarının etkisi .....	66
5.8. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nın düzenlenmesi ve $Mg^{+2}$ , $Ca^{+2}$ iyonlarının çöktürülmesinde, $Na_2CO_3$ miktarının etkisi .....	73
5.9. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nın düzenlenmesi ve $Mg^{+2}$ , $Ca^{+2}$ iyonlarının çöktürülmesinde $Na_2CO_3$ kullanıldığında, oleik asit miktarının etkisi .....	76
5.10. Manyezitin aglomerasyonunda sodyum oleat miktarının etkisi .....	80

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.9. Manyezitin aglomerasyonunda pH'yı arttırmanın oleik asit tüketimine etkisi .....	62
5.10. Manyezitin aglomerasyonunda pH düzenleyici olarak NaOH kullanıldığında, $Mg^{+2}$ ve $Ca^{+2}$ iyonlarının çöktürülmesi için optimum $Na_2CO_3$ miktarının saptanması .....	65
5.11. Manyezitin aglomerasyonunda pH düzenleyici olarak NaOH; $Mg^{+2}$ ve $Ca^{+2}$ iyonlarının çöktürülmesi için $Na_2CO_3$ kullanıldığında, optimum $Na_2CO_3$ miktarında oleik asit tüketiminin azaltılması .....	68
5.12. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nin düzenlenmesi ve $Mg^{+2}$ , $Ca^{+2}$ iyonlarının çöktürülmesi için optimum $Na_2CO_3$ miktarının saptanması .....	71
5.13. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nin düzenlenmesi ve $Mg^{+2}$ , $Ca^{+2}$ iyonlarının çöktürülmesi için $Na_2CO_3$ kullanıldığında; optimum $Na_2CO_3$ miktarında oleik asit tüketiminin azaltılması .	75
5.14. Manyezitin aglomerasyonunda toplayıcı olarak oleik asit yerine sodyum oleat kullanılmasının etkisi .....	79

## 1. GİRİŞ

Çelik üretiminde, safsızlıkları gidermek ve işlem süresini kısaltmak için son yıllarda hava yerine oksijenin üflenmesi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışma sıcaklığı yükselmiş ve dolayısıyla daha dayanıklı ve pahalı refrakter kullanımı artmıştır (Gündüz, 1984).

Çelik yapımında kullanılan bazik refrakterlerin hammaddesi sinter magnezya ( $MgO$ ), çoğunlukla, manyezit cevherinden elde edilmektedir. Bu amaçla kullanılacak sinter magnezyada: Yüksek  $MgO$  içeriği ( $>95\% MgO$ ), yüksek  $CaO/SiO_2$  oranı (2:1) ve düşük demir içeriği ( $<1\% Fe_2O_3$ ) gibi koşullar aranmaktadır (Anon., 1987). Bu koşullar Türkiye ve Yunanistan'daki manyezit yatakları dışındaki yatakların önemini azaltmıştır (Anon., 1987). Bu yataklar Dünya gereksinimini karşılayamadığından; deniz ve göl sularından sinter magnezya, ABD ve Japonya gibi ülkelerde, üretilmektedir.

Manyezit cevherlerinin iri boyutlarda zenginleştirilmesinde; triyaj, ağır ortam ve manyetik ayırma yöntemleri kullanılır. Ancak, iri boyutlarda manyezit-gang serbestleşmesinin tam olmaması, hem konsantredeki  $MgO$  tenörünün düşük olmasına hem de gangin konsantrede, iri boyutlarda, kalmasına neden olmaktadır. Bu konsantrelerden elde edilecek sinter magnezya ile yapılacak tuğlalarda, çatlama ve kırılmalar görülebilir.

Manyezit cevherlerinin ince boyutlarda ( $-0.2\text{ mm}$ ) zenginleştirilmesinde flotasyon yöntemi kullanılmaktadır. İnce boyutlarda manyezit-gang serbestleşmesinin tama yakın olması, hem  $MgO$  tenörü yüksek bir konsantrde elde edilmesine hem de gangin konsantrede homojen bir şekilde dağılmasına neden olur. Fakat cevher çok ince boyutlarda serbestleşiyorsa ( $-0.010\text{ mm}$ ) veya öğütme sırasında fazla miktarda şlam ortaya çıkıyorsa, flotasyon yönteminin etkinliği azalır. Flotasyona alternatif olarak gösterilen

yağ aglomerasyonu -0.010 mm boyutunda serbestleşen minerallere bile uygulanabilmektedir (Ahmed, et al., 1986; Kelsall and Pitt, 1987).

Yağ aglomerasyonu (küresel aglomerasyon veya seçimli aglomerasyon), flotasyonda olduğu gibi, minerallerin yüzey özellikleri farklılıklarından yararlanarak seçimli ayırım yapabilen bir zenginleştirme yöntemidir. Aglomerasyon, mineralleri uygun reaktiflerle muamele ettikten sonra, bazı mineral yüzeylerinin yağ fazına karşı, bazılarının suya karşı seçimli yaklaşmalarından yararlanılarak, mineralleri birbirinden ayıran bir zenginleştirme yöntemidir. Yüzdürme aşamasına kadar olan işlemler açısından (canlandırma, bastırma, adsorpsiyon v.b.) flotasyon yönteminin ilke ve kurallarından yararlanan yağ aglomerasyonu yönteminde hava fazı yerine yağ fazı kullanılmaktadır. Yağ ile bir araya gelebilen minerallerden oluşan aglomeratlar mekanik bir yöntemle (örneğin eleme) süspansiyondan ayrılmaktadır (Akar, 1983).

Kütahya Manyezit İşletmeleri A.Ş. (KUMAŞ) cevher zenginleştirme tesisinde, ağır ortam ayırıcısına verilemediği için stoklanan, -4 mm boyutunda yaklaşık 1 000 000 ton manyezit cevheri bulunmaktadır. Bazı refrakter tuğla yapımı için çok elverişli olan ülkemiz manyezit cevherlerinin daha gerçekçi değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla stoğun iri boyutta doğrudan manyetik ayırma (Bozkurt vd., 1988) veya öğütülerek flotasyon (Kula, 1988) ile zenginleştirilmesi üzerinde ayrı ayrı durulmuştur. Flotasyonda manyezit-gang serbestleşmesi daha yüksek olmasına karşın, seçimlilik manyetik ayırmada çok daha yüksektir. Yağ aglomerasyonunun seçimlilik açısından flotasyondan üstün olduğu bilinmektedir (Uçbaş, 1988). Bu stoğa yağ aglomerasyonunun uygulanabilirliği ilk kez bu çalışmada araştırılmıştır.

## 2. MANYEZİT

Manyezit ( $MgCO_3$ ), saf halde %47.8 MgO ve %52.2  $CO_2$  içerir. Bu mineral doğada kriptokristalin (amorfl veya jel manyezit) ve kristalin (spatik manyezit) olmak üzere iki şekilde bulunur. Kristalin manyezitten daha masif bir yapı gösteren kriptokristalin manyezitin sertliği 3.5-5.0 arasında değişebilir. Rengi beyazdır, ancak sarı, turuncu, bej karışımı bir renk de gösterebilir. Üzgöl ağırlığı 2.9-3.0 civarındadır. Kristalin manyezitin sertliği ise 3.5-4.0'dür. Rengi beyazdan, sarı, mavi, kırmızı veya griden siyaha kadar değişebilir. Üzgöl ağırlıkları ise safken 3.02 civarındadır (Can vd., 1982). Manyezit soğuk hidroklorik asitte hiç bir reaksiyon vermez; buna karşılık dolomit zayıf, kalsit ise kuvvetli köpürme gösterir. Bu özelliği manyezitin bu iki mineralden kolayca ayrılmasını sağlar (Kocaefe, 1982).

Manyezit, ham olarak az miktarda, gübre endüstrisinde ve metalik magnezyum üretiminde kullanılmaktadır (Coope, 1989). Ham manyezitin 1500-2000 °C de yakılmasıyla elde edilen sinter magnezya (dead burned magnezya, magnezya klinkeri veya ticari dilde çok saf olanına periklas denir) refrakter ve demir çelik endüstrisinde, 700-1000 °C de yakılmasıyla elde edilen kalsine magnezya (kostik kalsine magnezya veya light burned magnezya) çimento, kağıt, kimya, v.b. endüstri dallarında kullanılır. Dünya manyezit üretiminin yaklaşık %85-90'ı sinter magnezya, %10-15'i kostik kalsine magnezya üretiminde kullanılmaktadır (Coope, 1987).

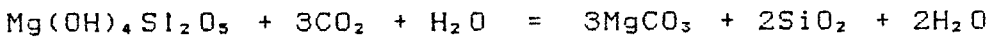
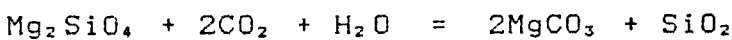
## 2.1 Manyezit Yataklarının Oluşumu

### 1. Kriptokristalin manyezit yatakları:

Çok ince kristalli hatta yer yer amorf olan, hemen hemen hiç demir içermeyen bu tip yataklar, çoğunlukla serpantin kayaçları içinde çeşitli şekil ve boyutlarda bulunur. Serpantin kutlesini kateden filon, damar, ağ (network) şeklinde olabileceği gibi serpantin kayaçları üzerindeki kapalı basenler içinde tortul tabakalar halinde de bulunabilir (Kocaefe, 1982).

Kocaefe (1982)'ye göre, bu yatakların oluşumu: Önemli miktarda CO<sub>2</sub> içeren yağmur suları serpantin kütlelerini alterasyona uğratmaktadır. Bu alterasyonda Mg<sup>+2</sup> iyonları yağmur suyuna geçmekte, geride ise SiO<sub>2</sub> ve oksitlenmiş halde alüminyum ve demir kalmaktadır. Serpantin kutlesinden ayrılan Mg<sup>+2</sup> iyonları ise yağmur suları ile mevcut çatlak sistemleri boyunca ya yeraltı suyuna karışmakta yada yerüstü sistemi vasıtasıyla denize ulaşmaktadır. Özellikle magnezyumlu suyun çatlaklar boyunca yeraltı suyuna karışması esnasında çevredeki serpantinden magnezyum ekstraksiyonu devam etmekte ve böylece çözelti içindeki magnezyum konsantrasyonu gittikçe artarak doyum noktasına erişmektedir. Böylece magnezyumun bir kısmı yağmur suyundan gelen CO<sub>2</sub> ile birleşerek, manyezit, bir kısmı da Mg(OH)<sub>2</sub> şeklinde çatlakları doldurmaktadır.

Budkinov (1964)'e göre, kriptokristalin manyezitlerin oluşumu:





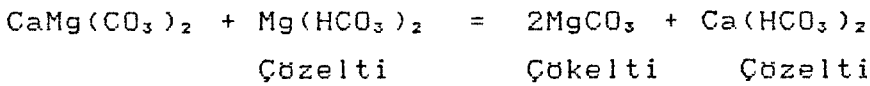
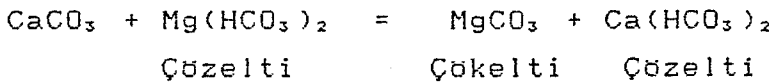
Bu tür manyezitlerin gang mineralleri serpantin, silis mineralleri (kuvars, kalsedon, opal), hidrate olmuş demir oksitler, kil mineralleri, çok seyrek olarak kalsit ve dolomittir (Brandao and Poling, 1982).

## 2. Kristalin manyezit yatakları:

Bu yataklar, iri kristallidir ve bol demir içerir. Yataklanmanın yer aldığı kayaçlar genellikle dolomit, kireçtaşı, grafitçe zengin kumlu, killi ve silisli sistler ile yer yer evaporitlerdir. Yataklanma daha çok düzensiz şekillerde ve masif haldedir (Kocaefe, 1982).

Kireçtaşı veya dolomite magnezyum bikarbonatlı çözeltilerin etkisi ile oluştuğu sanılan bu tür yataklar bu yüzden dolomit ve kalsiti de safsızlık olarak içerirler (Can vd. 1982).

Budnikov (1964)'e göre, kristalin manyezitlerin oluşumu:



Bu tür manyezitlerin gang mineralleri dolomit ve kalsit'ten başka talk, klorit, kuvars, hematit, enstatit, diopsit, tremolit ve serpantindir (Brandao and Poling, 1982).

## 2.2 Manyezit Teknolojisi

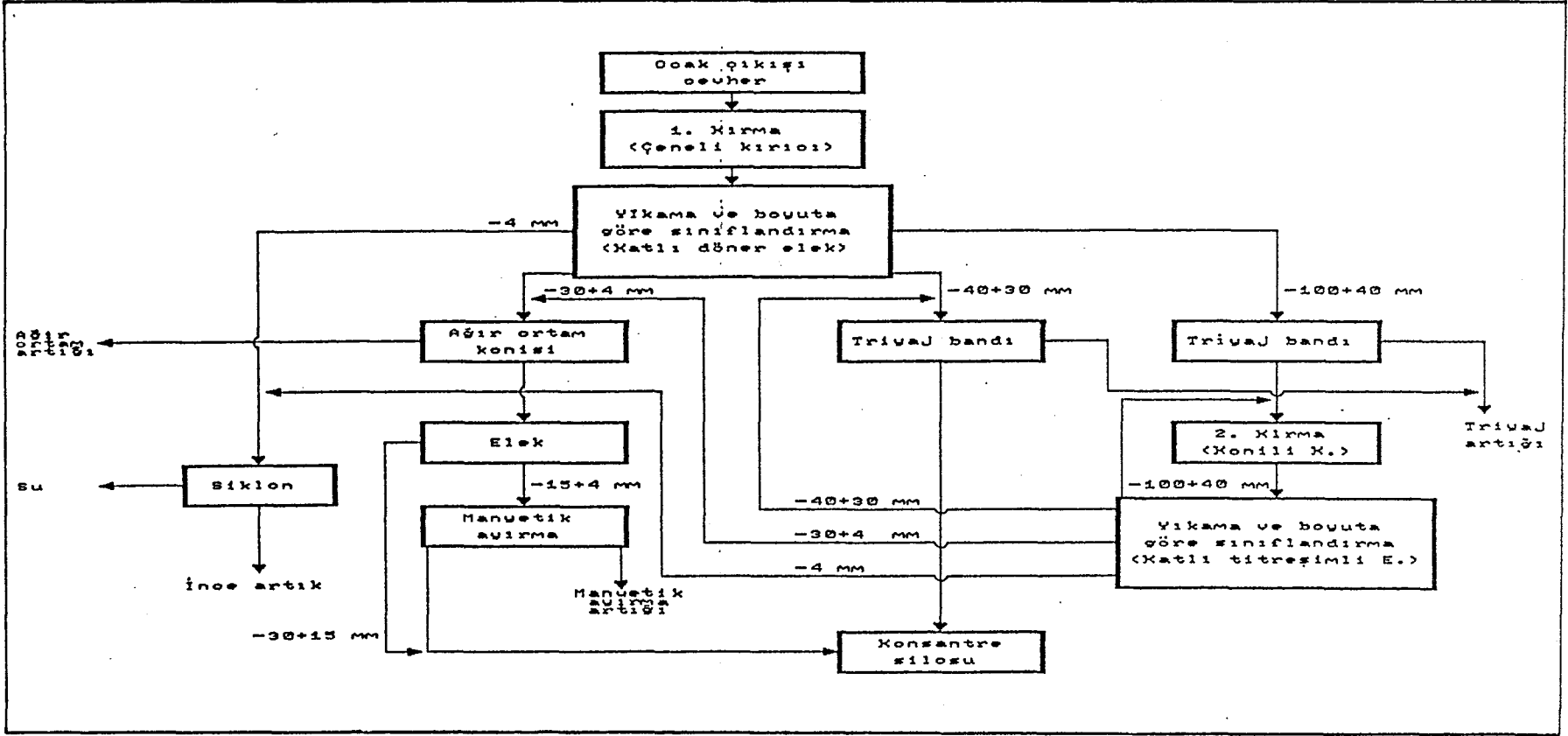
### 2.2.1. Manyezit zenginleştirme yöntemleri

Manyezit cevherlerinin refrakter hammaddesi olarak değerlendirilmesinde, cevherin içerdiği Ca, Si, Fe ve Al bileşikleri, değişik etkileri nedeniyle önemlidir. Genel

olarak manyezit cevherleri oluşum itibariyle bu safsızlıkları içerdiklerinden veya bu safsızlıklar cevherin üretilmesi esnasında yan taşlardan cevhere karıştığından, cevherin zenginleştirilmesi zorunludur.

Manyezit cevherlerinin zenginleştirilmesinde triyaj, ağır ortam, manyetik ayırma ve flotasyon en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Bazı tesislerde bu yöntemlerden sadece biri kullanılırken, bazılarında birkaçı bir arada kullanılmaktadır. Ürneğin Konya Krom Manyezit Tuğla Sanayii T.A.Ş.'nde; 14 mm üzerinde sadece triyaj yöntemi kullanılırken (Ersayın vd., 1991), Kumaş'ta; triyaj, ağır ortam ve manyetik ayırma bir arada kullanılmaktadır (Şekil 2,1).

Kumaş'ta, tüvönan cevher 1. kademe kırıcıdan sonra, katlı bir döner elekte yaş olarak boyuta göre sınıflandırılmakta ve -100+40 mm, -40+30 mm, -30+4 mm ve -4 mm olmak üzere 4 boyuta ayrılmaktadır. -40+30 mm'lik cevher triyaj ile zenginleştirilmekte ve nihai bir konsantre ile atılabilir bir artık elde edilmektedir. -100+40 mm'lik cevher de yine triyaj ile bir ön zenginleştirilmeden geçirilmekte, atılabilir bir artık ile ön konsantre alınmaktadır. Ön konsantrenin 2. kademe kırıcıdan geçirilip, boyuta göre sınıflandırılmasıyla elde edilen -40+30 mm'lik kısım tekrar triyaj'a gönderilmekte, -30+4 mm ve -4 mm'lik kısımlar ise daha önce ayrılan aynı boyuttaki cevhere katılmaktadır. -30+4 mm arasındaki cevher ağır ortam konisinde zenginleştirilmekte ve elde edilen konsantre manyezit sınıflandırılarak -30+15 mm boyutu konsantre silolarına -15+4 mm boyutu ise temizleme için manyetik ayırmaya gönderilmektedir. -4 mm ise ilerde değerlendirilmek üzere stoklanmaktadır.



Şekil 2.1. Kütahya Kumaş manyezit zenginleştirme tesisinin akım şeması.

Manyezitin flotasyonla zenginleştirilmesi ise gang minerallerinin cinsine göre 3 değişik şekilde yapılmaktadır.

1. Manyezitin doğrudan flotasyonu (anyonik flotasyon): Manyezit cevherindeki başlıca gang mineralleri kalsit ve/veya dolomit ise manyezit 12-18 karbonlu yağ asitleriyle yüzdürülür, gang mineralleri ise bastırılır (Brandao and Poling, 1982).

2. Manyezitin ters flotasyonu (katyonik flotasyon): Manyezit cevherindeki başlıca gang mineralleri silikatlar ise silikatlar katyonik toplayıcılarla yüzdürülür, manyezit ise bastırılır (Matis and Gallios, 1989).

3. Manyezitin önce katyonik, sonra anyonik flotasyonu: Eger manyezit cevheri gang mineralleri olarak hem silikatları ve hem de kalsit ve/veya dolomit'i içeriyorsa, önce silikat mineralleri yüzdürülür. Daha sonra manyezit yüzdürülerek kalsit ve/veya dolomit'ten ayrılır (Wicken and Duncan, 1983).

### 2.2.2. Manyezitin sinterlenmesi

Kırma, eleme ve zenginleştirme ön işlemlerinden geçirilen manyezit, dik fırınlarda (-250+150 mm boyutunda) veya döner fırınlarda (-30+2 mm veya -20+2 mm boyutunda) sinterlenir.

Sinterleme esnasında bir yandan periklas minerali (MgO, erime sıcaklığı: 2800 °C) oluşurken öte yandan bünyede bulunan safsızlıkların cins ve miktarına göre yeni mineraller oluşmaktadır. Sinterleme anında oluşan bu mineraller pişmiş tuğlada da oluşacaktır.

Sinter manyezitte periklas (MgO) yanında bulunabilecek safsızlıklar CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'tür. Ülkemiz manyezitlerinde çok az bulunan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> safsızlıkları bir kenara bırakılarak MgO, CaO ve SiO<sub>2</sub> safsızlıklarının periklas yanında oluşturdukları yeni mineraller ve bu minerallerin erime sıcaklığı Çizelge 2,1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Manyezit tuğlada (veya sinterde) periklas minerali yanında safsızlıkların oluşturduğu yeni mineraller ve erime sıcaklıkları (Davutoğlu, 1978).

CaO/SiO <sub>2</sub>	Mineral adı	Formül	Erime (°C)
0	Forsterit	2MgO.SiO <sub>2</sub>	1900
1	Montiselit	CaO.MgO.SiO <sub>2</sub>	1490
1.5	Mervinit	3CaO.MgO.2SiO <sub>2</sub>	1575
2	Dikalsiyum silikat	2CaO.SiO <sub>2</sub>	2130
2.5	Trikalsiyum silikat	3CaO.SiO <sub>2</sub>	2140

Çizelge 2.1'den görüldüğü gibi bu yeni minerallerden bazıları (örneğin forsterit, dikalsiyum silikat) refrakter mineraller olup tuğlanın refrakterliğini etkilemez. Fakat oluşan minerallerden bir grup vardır ki (örneğin montiselit, mervinit) bunların erime sıcaklıkları düşük olduğu için refrakterliği etkilerler. Bu durumda manyezit bileşimindeki CaO/SiO<sub>2</sub> oranı bir parametre olmaktadır. Eğer bu oran 2 veya daha yukarı ise refrakter mineraller oluşmakta, 2'den küçük ise, düşük erime sıcaklığına sahip mineraller oluşmaktadır. Bu oranı arttırmak için CaO miktarı arttırılabilir ancak bu durumda tuğlada MgO miktarı düşmüş olacaktır. Bu durumda CaO/SiO<sub>2</sub> oranını arttırmak için SiO<sub>2</sub> miktarının düşürülmesi gerekir. SiO<sub>2</sub> miktarını düşürmek için ise cevher bir zenginleştirme işleminden geçirilir.

Eğer cevher zenginleştirme yöntemleriyle SiO<sub>2</sub> miktarı düşürülürken CaO miktarı da düşerse CaO/SiO<sub>2</sub> oranı yükselmeyecektir. Bu durumda tuğlada düşük erime sıcaklıklı minerallerin (örneğin montisellit gibi) miktarı azalacak dolayısıyla tuğlanın kullanım ömrü artacaktır (Aytekin, 1977).

Yukarıdaki minerallerin oluşumu, safsızlıkların bünyede homojen olarak dağılması durumunda geçerlidir. Dağılım homojen değilse, çeşitli kesimlerde hangi bileşim doğuyor ise ona uygun bileşikler o kesimde oluşacaktır.

Deniz ve göl sularından sinter magnezya elde etmek için harcanan enerji, manyezitten sinter magnezya elde etmek için harcanan enerjinin yaklaşık 4 katıdır. Tuğla yapımında genellikle daha ucuz olduğundan manyezitlerden elde edilen sinter magnezyalar tercih edilmektedir. Ancak, manyezitlerden elde edilen sinterlerde safsızlıklar tuğlada homojen dağılmadığından bazen de sentetik sinter magnezyalar tercih edilebilmektedir. Ayrıca, tuğla yapımında mikrokristalin manyezitlerden elde edilen sinterler daha az demir ve kalsiyum içerdiklerinden kristalin manyezitlerden elde edilen sinterlere tercih edilmektedirler (Duncan, 1986).

## 2.3 İstatistiksel Bilgiler

### 2.3.1. Dünya ve Türkiye manyezit rezervleri

Dünya manyezit rezervleri oldukça geniş olup (Çizelge 2,2) daha çok kristalin yataklar halindedir. Kristalin manyezit yatakları Avusturya, Çekoslovakya, A.B.D., Kanada, Brezilya, Çin, Kuzey Kore, ve S.S.C.B.'de; kriptokristalin manyezit yatakları ise Yunanistan, Türkiye, Yugoslavya ve Hindistan'da bulunur (Coope, 1987).

Kriptokristalin manyezit rezervleri toplam rezervin yaklaşık %3'ünü oluşturur. Çok az demir içeren kriptokristalin manyezitin bol demir içeren kristalin manyezite göre üstün olduğu düşünülürse, yurdumuz kriptokristalin manyezit yataklarına sahip olması açısından şanslıdır. Türkiye kriptokristalin manyezit rezervleri yaklaşık 65 milyon ton (Çizelge 2,3) ile Dünya kriptokristalin manyezit rezervlerinin yaklaşık %14'ünü oluşturur.

Çizelge 2.2. Dünya manyezit rezervleri (Kramer, 1985).

Ulkeler	Rezerv (Milyon ton)	Rezerv+Potansiyel (Milyon ton)
Kuzey Amerika		
A.B.D	43	65
Kanada	130	173
Güney Amerika		
Brezilya	650	867
Avrupa		
Avusturya	65	87
Çekoslavakya	87	130
Yunanistan	130	152
Türkiye	43	65
S.S.C.B.	3120	3467
Yugoslavya	22	43
Diğerleri	108	130
Afrika	22	43
Asya		
Çin	3553	4983
Hindistan	130	217
Kuzey Kore	2123	3553
Diğerleri	1430	1495
Okyanusya		
Avustralya	412	715
Dünya Toplamı	12068	16185

Çizelge 2.3. Türkiye manyezit rezervleri (Can vd., 1982)

Bölge	Rezerv					Potansiyel	
	Tenör (MgO)	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam (ton)	Tenör (MgO)	Miktar (ton)
Ankara	46.35	57 087	18 814	15 000	90 901	45.86	6 500
Bilecik	47.25	96 572	129 250	-	225 822	-	-
Bursa	-	-	-	-	-	44.14	39 200
Denizli	-	-	-	-	-	43.00	510 000
Eskişehir	47.16	2 295 000	5 325 000	-	7 620 000	44.92	39 350
Konya	45.83	1 558 728	2 001 592	3 700 000	7 260 320	45.05	28 200 000
Kütahya	46.12	2 016 520	8 958 560	9 713 000	20 688 080	46.21	565 500
Çankırı	-	-	-	-	-	-	130 000
Erzincan	-	1 482 000	-	894 600	2 376 600	-	-
Erzurum	-	-	-	-	740 200	-	-
Kars	-	465 000	-	-	465 000	-	-
Toplam					39 466 923		29 490 550



Ülkemiz manyezit yatakları kriptokristalin manyezit tipi yatakların tüm özelliklerini taşımaktadır ve özellikle ülkemiz manyezitlerinde  $Fe_2O_3$  ve  $Al_2O_3$  çok az bulunmaktadır. Eskişehir-Kütahya manyezitleri düşük  $SiO_2$  içermesine rağmen Konya manyezitleri yüksek  $SiO_2$  içermektedir. Fakat yüksek  $SiO_2$  yanında düşük  $CaO$  içeren Konya manyezitlerinden elde edilen ve %8-10  $SiO_2$  içeren sinter manyezit, düşük  $CaO$  nedeniyle büyük oranda forsterit minerali içerir ve iyi bir refrakterlik gösterir (Bkz. Çizelge 2,1) (Gündüz, 1984).

### 2.3.2. Dünya ham manyezit ve magnezya üretimi

Dünya ham manyezit üretimi 1988 yılında yaklaşık 19 milyon tondur ve bunun yaklaşık 2/3'ü doğu bloğu ülkeleri tarafından yapılmıştır. S.S.C.B., Çin, Kuzey Kore, Çekoslovakya, Türkiye, Avusturya ve Yunanistan başlıca üreticilerdir. Dünya ham manyezit üretimi Çizelge 2,4'de verilmiştir.

Dünya sinter magnezya üretimi yaklaşık olarak yılda 9 milyon tondur. Bunun %10'u kriptokristalin manyezit yataklarından, %63'ü kristalin manyezit yataklarından (Çizelge 2,5), %27'si ise sentetik olarak deniz ve göl sularından (Çizelge 2,6) elde edilmektedir. Ayrıca, batılı ülkelerde sinter manyezitin %60'ı sentetik, %40'ı doğal kaynaklı iken; doğu bloğu ülkelerinde sinter magnezyanın %97'si doğal, çoğunlukla kristalin, kaynaklıdır. Buna neden olarak kristalin manyezit yataklarının doğu bloğu ülkelerinde fazla olması gösterilmektedir. Bunun yanında batılı ülkelerde çelik üretiminde oksijenin yaygın olarak kullanılması daha kaliteli çelik üretimine neden olmuş bu da beraberinde refrakterliği daha yüksek sinter magnezyanın üretilmesini gerektirmiştir (Duncan, 1986).

Çizelge 2.4. Dünya ham manyezit üretimi (bin ton) (Coope, 1989).

Ülkeler	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Avusturya	1 159	1 031	1 006	1 183	1 255	1 084	947	943
Yunanistan	962	967	891	1 064	846	944	842	850
İspanya	476	534	597	692	682	588	396	440
Türkiye	784	910	725	723	1 137	1 307	1 190	1 197
Yugoslavya	300	328	304	374	419	423	403	404
Çekoslavya	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
Polonya	11	17	16	21	19	21	22	22
S.S.C.B.	4 200	4 500	4 500	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
Brezilya	790	750	745	724	623	649	650	680
Kanada	50	35	100	112	136	144	150	160
A.B.D.	250	200	200	150	100	100	100	100
Çin	2 000	2 000	2 000	2 400	3 400	3 400	3 400	3 400
Hindistan	463	418	435	418	421	460	420	420
Kuzey Kore	1 900	1 900	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
Nepal	-	-	15	44	20	63	50	40
Avustralya	26	30	21	67	58	41	54	55
Güney Afrika	57	32	23	33	29	61	75	80
Zimbabve	60	61	24	22	19	28	29	21
<b>Toplam</b>	<b>15 988</b>	<b>16 213</b>	<b>16 602</b>	<b>18 027</b>	<b>19 164</b>	<b>19 313</b>	<b>18 728</b>	<b>18 812</b>

Sinter magnezya üretmeye elverişli olmayan düşük kaliteli manyezitler kalsine magnezya olarak değerlendirilmektedir. Dünya kalsine magnezya üretimi yaklaşık olarak yılda 1.4 milyon tondur. Bunun yaklaşık %73'ü doğal kaynaklı iken %27'si sentetik olarak üretilmektedir (Coope, 1989).

**Çizelge 2.5. Manyezitten magnezya üreten ülkeler (Coope, 1989).**

Ülkeler	Üretim kapasitesi (ton/yıl)	
	Sinter magnezya	Kalsine magnezya
Yunanistan	535 000	145 000
İspanya	70 000	135 000
Avusturya	480 000	120 000
Yugoslavya	200 000	40 000
Türkiye	244 000	40 000
Çekoslavakya	700 000	-
S.S.C.B.	2 100 000	-
Kanada	60 000	100 000
A.B.D.	30 000	70 000
Brezilya	340 000	20 000
Hindistan	129 000	20 000
Çin	700 000	300 000
Kuzey Kore	1 200 000	-
Avustralya	15 000	10 000
Güney Afrika	20 000	18 600
<b>Toplam</b>	<b>6 823 000</b>	<b>1 018 600</b>

**Çizelge 2.6. Deniz ve göl sularından magnezya üreten ülkeler (Coope, 1989).**

Ülkeler	Üretim kapasitesi (ton/yıl)	
	Sinter magnezya	Kalsine magnezya
İngiltere	150 000	50 000
İrlanda	100 000	-
Hollanda	100 000	-
İtalya	165 000	20 000
Fransa	-	30 000
Norveç	-	25 000
İsrail	60 000	10 000
S.S.C.B.	80 000	20 000
A.B.D.	570 000	120 000
Meksika	150 000	20 000
Japonya	520 000	80 000
Güney Kore	50 000	-
<b>Toplam</b>	<b>1 945 000</b>	<b>375 000</b>

### 2.3.3. Türkiye ham manyezit ve magnezya üretimi

Kristalin manyezit yatakları oldukça derin olduklarından genellikle açık işletme yöntemiyle ekonomik olarak işletilirler. Kristalin manyezit yataklarının aksine kriptokristalin manyezit yatakları nispeten sığ olduklarından yataktan elde edilen manyezit miktarı artığa göre çok düşüktür. Bu yüzden kriptokristalin manyezit yatağı Dünyada bir çok yerde bulunmasına rağmen ekonomik olarak işletilene çok azdır.

Ülkemiz manyezit yatakları açık işletme yöntemi ile işletilmekte ve ilk triyaj ocakta yapılmaktadır. Elde edilen tüvönan cevher ayıklamaya gönderilmektedir. Ocakta ilk triyaj esnasında ortaya çıkan artık manyezite ilave olarak, ayıklamada da pek çok manyezit cevheri artık olarak ortaya çıkmaktadır (Çizelge 2,7).

**Çizelge 2.7. Türkiye ham manyezit üretimi (ton) (D.I.E. Türkiye İstatistik Yıllığı, 1989).**

Yıllar	Tuvönan	Ayıklamaya gönderilen	Elde edilen ayıklanmış
1981	783 966	675 007	296 864
1982	910 249	845 877	430 172
1983	724 541	626 563	326 670
1984	723 268	770 577	404 600
1985	1 136 714	1 128 961	426 367
1986	1 306 645	1 294 509	446 602
1987	1 189 667	1 086 493	424 430
1988	1 125 844	1 191 868	357 991

Ülkemizde sinter ve kalsine magnezya üretimi yapan firmalar ve bu firmaların yıllık kapasiteleri Çizelge 2,8'de, yıllara göre ürettikleri toplam sinter ve kalsine magnezya miktarı ise Çizelge 2,9 'da verilmiştir.

**Çizelge 2.8. Türkiye'de sinter ve kalsine magnezya üretimi yapan firmalar ve yıllık kapasiteleri (ton) (Coopé, 1989).**

Firma Adı	Sinter	Kalsine
KUMAŞ	144 000	-
MAŞ (Manyezit A.Ş.)	60 000	-
COMAG (Continental Manyezit)	-	40 000
KONYA KROM MANYEZİT	40 000	-

**Çizelge 2.9. Türkiye sinter ve kalsine magnezya Üretimi (ton) (D.I.E. Türkiye İstatistik Yıllığı, 1989).**

Yıllar	Kalsineye ve sinterlemeye gönderilen	Elde edilen	
		Kalsine	Sinter
1981	196 214	70 995	5 971
1982	269 866	105 165	4 912
1983	247 574	94 188	5 043
1984	345 091	126 823	13 840
1985	335 333	120 016	14 728
1986	350 836	127 551	11 453
1987	296 648	107 663	10 310
1988	356 931	126 820	21 296

#### 2.3.4. Türkiye manyezit ve magnezya ticareti

Yıllara göre Türkiye manyezit ve magnezya ihracatı Çizelge 2,10'da sunulmuştur. Buna göre ihracatta en büyük payı sinter magnezya almaktadır.

**Çizelge 2.10. Türkiye manyezit ve magnezya ihracatı (D.I.E. Dış Ticaret İstatistikleri, 1985-1988).**

Yıllar	Ham manyezit		Sinter magnezya		Kalsine magnezya	
	Miktar (bin ton)	Değer (10 <sup>6</sup> \$)	Miktar (bin ton)	Değer (10 <sup>6</sup> \$)	Miktar (bin ton)	Değer (10 <sup>6</sup> \$)
1985	58.6	5.9	82.6	18.0	18.1	3.6
1986	17.8	1.1	98.0	25.4	18.3	3.8
1987	32.1	2.1	113.1	25.5	18.9	4.2
1988	80.8	4.6	113.6	29.2	20.3	5.9
Toplam	189.3	13.7	407.3	98.1	75.6	17.5

Yıllara göre Türkiye manyezit ve magnezya ithalatı ise Çizelge 2,11'de verilmiştir. Buna göre Türkiye'nin manyezit ve magnezya ithalatı, ihracatı ile karşılaştırıldığında, önemsenecek düzeydedir.

**Çizelge 2.11. Türkiye manyezit ve magnezya ithalatı (D.I.E. Dış Ticaret İstatistikleri, 1985-1988).**

Yıllar	Ham manyezit		Sinter magnezya		Kalsine magnezya	
	Miktar (ton)	Değer (bin \$)	Miktar (ton)	Değer (bin \$)	Miktar (ton)	Değer (bin \$)
1985	-	-	-	-	44.6	66.4
1986	5.9	11.5	0.6	2.5	63.2	112.8
1987	0.1	1.2	5.0	10.3	82.4	152.6
1988	-	-	-	-	60.7	83.2
Toplam	6.0	12.7	5.6	12.8	250.9	415.0

### 2.3.5. Türkiye manyezit tuğla ithalatı ve ihracatı

Çizelge 2,12'de verilen Türkiye manyezit tuğla ithalatı ile Türkiye sinter magnezya ihracatı (Bkz. Çizelge 2,10) karşılaştırıldığında; Türkiye, 1985-1988 yılları arasında tonu 241 Dolardan yaklaşık 407 bin ton sinter magnezya ihraç ederek 98 milyon Dolar elde etmiş, buna karşılık; tonu 838 Dolardan yaklaşık 43 bin ton manyezit tuğla ithalatına 36 milyon Dolar ödemiştir. Manyezit tuğla birim fiyatıyla sinter magnezyanın birim fiyatı karşılaştırıldığında, buradan cevherlerimizi yarı mamul yerine mamul hale getirerek ihraç etmemiz gerektiği ortaya çıkmaktadır. Yine Çizelge 12'den görüldüğü gibi, Türkiye manyezit tuğla ithalatı ile ihracatı karşılaştırıldığında, manyezit tuğla ihracatımız önemsenecek düzeydedir.

Çizelge 2.12. Türkiye manyezit tuğla ithalatı ve ihracatı  
(D.I.E. Dış Ticaret İstatistikleri,  
1985-1988).

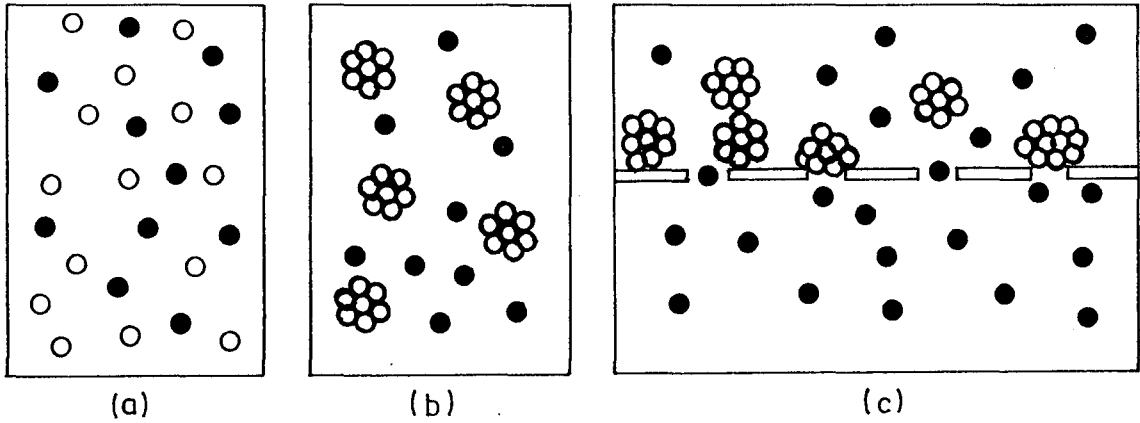
Yıllar	İthalat		İhracat	
	Miktar (ton)	Değer (\$)	Miktar (ton)	Değer (\$)
1985	20 823.8	9 838 081	-	-
1986	8 674.4	8 975 079	-	-
1987	3 486.9	4 201 833	-	-
1988	9 599.5	12 677 105	283.0	140 000
Toplam	42 584.6	35 692 098	283.0	140 000



### 3. YAĞ AGLOMERASYONUNUN TEMEL İLKELERİ

Yağ aglomerasyonu, değerli mineral ile gang mineralleri arasındaki yüzey özellikleri farklılıklarına dayanan bir zenginleştirme yöntemidir.

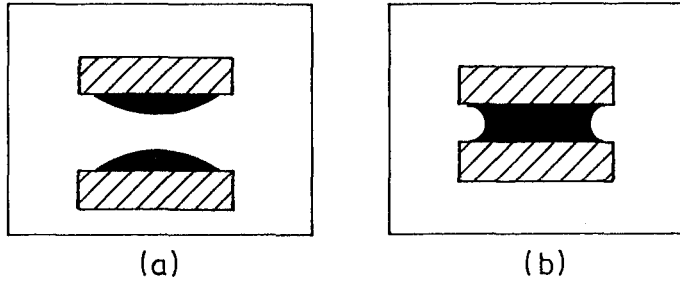
Yağ aglomerasyonunda; uygun bir hızda karıştırılan süspansiyondaki değerli mineral, su ile karışmayan yağ ile bir araya getirilirken gang mineralleri süspansiyonda bırakılır. Bir araya getirilen değerli mineralin süspansiyondan ayrılması ise eleme ile gerçekleştirilir (Şekil 3,1).



**Şekil 3.1.** Yağ aglomerasyonu ile zenginleştirme: a) uygun bir hızda karıştırılan süspansiyondaki değerli mineral (beyaz) ve gang mineralleri (siyah), b) değerli mineral taneciklerinin yağ ile kaplanması ve aglomeratların oluşması, c) değerli mineralden oluşan aglomeratların eleme ile süspansiyondan ayrılması.

Aglomerasyonda yağlar, süspansiyonun mekanik olarak karıştırılmasıyla, yağ damlacıkları şeklinde dağıtılır. Değerli mineral taneciklerinin yağlarla bir araya getirilebilmesi için, önce yağlar değerli tanecik yüzeyinde yayılmalıdır (Şekil 3,2,a). Daha sonra yağ ile

kaplı tanecikler çarpışarak yağ-su arayüzey geriliminin ve kapiler kuvvetlerin etkisiyle aglomeratlar oluşturulur (Şekil 3,2,b) (Nicol, et al., 1980).



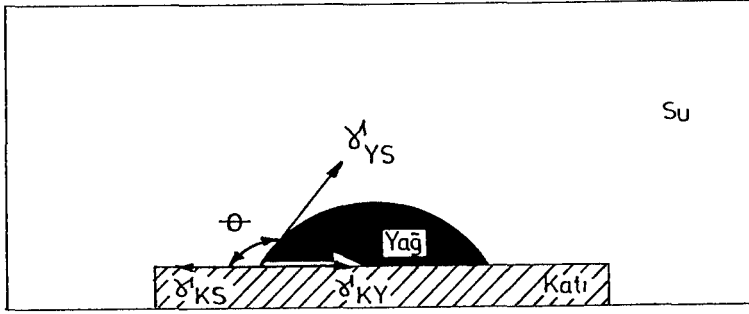
**Şekil 3.2. Aglomerasyonda taneciklerin bir araya getirilmesi: a) yağın değerli tanecik yüzeyinde yayılması, b) yağ ile kaplı taneciklerin bir araya gelmesi.**

Yağların katı tanecikleri yüzeyinde yayılabilmesi için; katı-yağ arasındaki arayüzey geriliminin ( $\gamma_{KY}$ ), katı-su arasındaki arayüzey geriliminden ( $\gamma_{KS}$ ) küçük olması gerekir. Bu durumda, temas açısı ( $\theta$ )  $90^\circ$ 'den büyüktür ve mineral hidrofobik özellik gösterir (Şekil 3,3) (Glembotskii, et al., 1972).

$$\gamma_{KY} - \gamma_{KS} = \gamma_{YS} \cdot \cos\theta$$

burada,  $\gamma_{YS}$  yağ-su arasındaki arayüzey gerilimidir. Yağ aglomerasyonundan en yüksek verim;

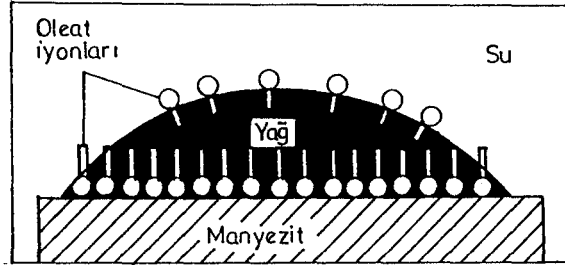
katı-su arasındaki arayüzey gerilimi yüksek,  
katı-yağ arasındaki arayüzey gerilimi düşük ve  
yağ-su arasındaki arayüzey gerilimi yüksek  
olduğunda elde edilir (Mehrotra, et al., 1983).



Şekil 3.3. Yağların katı tanecikleri yüzeyinde yayılması.

Süspansiyon; kömür gibi doğal hidrofob tanecikler ile şist gibi hidrofilik taneciklerden oluşuyorsa, yağlar ile kömür tanecikleri doğrudan bir araya getirilerek aglomere edilir. Ancak, süspansiyondaki tüm mineraller hidrofilik ise (manezit ve gang mineralleri gibi), önce toplayıcılar yardımıyla (oleik asit, sodyum oleat gibi) manezit yüzeyleri hidrofob yapılır daha sonra yağlar ile aglomeratlar oluşturulur. Bu durumda, süspansiyona ilave edilen toplayıcı iyonlaşarak manezit-su arayüzeyine adsorbe olur ve manezit yüzeyi ile yağ arasındaki polarite farkını azaltarak yağın mineral yüzeyinde yayılmasını sağlar (Şekil 3,4) (Glembotskii, et al., 1972).

Toplayıcı iyonları aynı zamanda yağ-su arayüzeyine adsorbe olarak, yağ-su arayüzey gerilimini azaltır ve yağ damlacıklarının büyümelerini önler (Shaw, 1966). Bu durumda küçük, fakat fazla sayıda yağ damlacığı süspansiyonda bulunacağından, yağın aglomerasyon verimi artar.



Şekil 3.4. Manyezit tanecikleri yüzeyinde yağın yayılması.

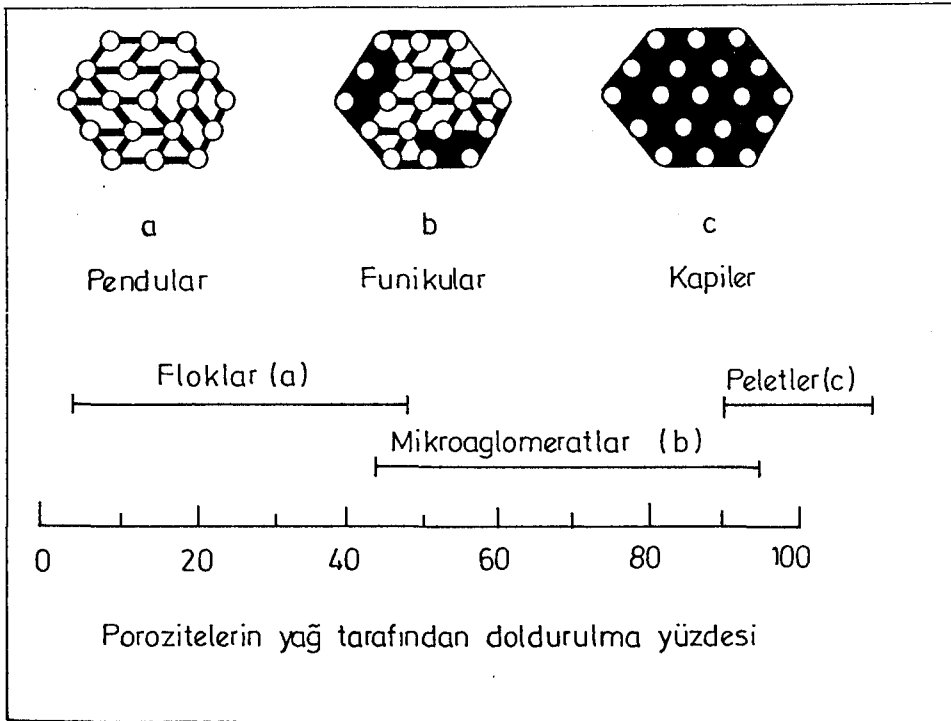
Aglomerasyonda yağın tanecik yüzeyinde yayılması, dolayısıyla temas açısının  $90^\circ$ 'den büyük olması için, tanecik yüzeylerinin tamamen toplayıcı ile kaplanması gerekir. Bu yüzden, aglomerasyonda kullanılan toplayıcı miktarı flotasyondakinin 10-100 katıdır (Sparks and Wong, 1973).

Flotasyonda, hava kabarcıklarının tanecikler ile teması gerekir. Her ikisinin tutunabilmesi için temas açısının  $50^\circ$ - $75^\circ$  olması yeterlidir. Bu da tanecik yüzeyinin %5-15'inin toplayıcıyla kaplanmasıyla gerçekleşebilir (Shaw, 1966). Bu yüzden flotasyonda toplayıcı tüketimi yağ aglomerasyonuna göre daha azdır.

Aglomerasyonda kullanılan toplayıcı miktarı flotasyondan çok daha fazla olmasına karşın; aglomerasyonda seçimlilik ve verim daha yüksektir (Nicol and Brown, 1977). Buna neden olarak, kısmen hidrofob taneciklerin suspansiyonda bırakılarak, tamamen hidrofob taneciklerin yağlarla bir araya getirilmesi gösterilebilir.

Kullanılan yağ miktarı aglomeratların şeklini ve nemini belirler. Az miktarda yağın kullanılmasıyla gevşek, flokule bir yapı (pendular bağlanma) oluşurken; yağ miktarının arttırılmasıyla daha kompakt bir yapı (funikular bağlanma) oluşur. Bu durumda aglomeratların içinde bir

miktar daha su mevcuttur. Yağ miktarının daha da arttırılmasıyla aglomeratların poroziteleri tamamen yağ ile doldurulur (kapiler bağlanma) ve aglomeratlar en kompakt ve en az su içeren bir yapı kazanırlar (Şekil 3,5) (Meadus and Sparks, 1983). Kapiler bağlanmadan sonra yağın daha da arttırılması, aglomeratların bozulmasına yani hidrofob taneciklerin yağ fazı içinde dağılmasına neden olur (Capes, et al., 1977).



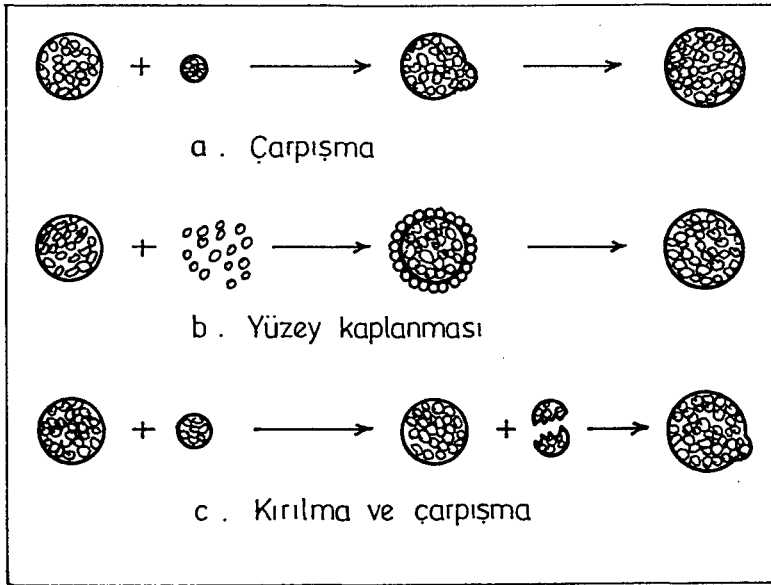
Şekil 3.5. Yağın aglomeratlar içindeki dağılımı ve aglomerat tipleri.

Yağ aglomerasyonunun zenginleştirme işlevi yanı sıra diğer bir yararı da, aglomeratların filtrasyona ve termal kurutmaya gerek kalmadan, neminin süzme eleklerinde %10 düzeyine indirilebilmesidir. Aglomeratlar; kompakt, içleri yağ ile dolu ve hidrofob yüzeyli olduğundan daha az su tutarlar ve bu yüzden daha düşük nem içerirler. Ürneğin flotasyonla zenginleştirilip filtrasyonla susuzlaştırılan

bir kömürün filtre kekinin nem oranı %18 ile %26 arasında iken (Nicol, et al., 1980) ; aglomerasyonla zenginleştirilip elemeyele susuzlaştırılan bir kömürün nem oranı %10'un altına düşebilmektedir (Capes, et al., 1985).

Aglomeratların büyüme mekanizması Şekil 3,6'da gösterildiği gibi uç şekilde olmakta ve bu uç büyüme mekanizması suspansiyonda aynı zamanda oluşmaktadır (Meadus and Sparks, 1983).

- (a) Aglomeratların çarpışması ile büyüme,
- (b) Aglomeratların yüzeyinin hidrofob taneciklerle kaplanması ve
- (c) Karıştırma esnasında parçalanan zayıf aglomeratların sağlam aglomeratlara yapışması



Şekil 3.6. Aglomerat büyüme mekanizmasının şematik gösterilişi.

Verim, seçimlilik ve nem açısından flotasyondan üstün olmasına rağmen; kullanılan toplayıcı ve yağ miktarı fazla olduğundan yağ aglomerasyonunun henüz endüstriyel çapta bir uygulaması mevcut değildir.

#### 4. GEREÇ VE DENEYSEL YÜNTEM

##### 4.1. Örnek

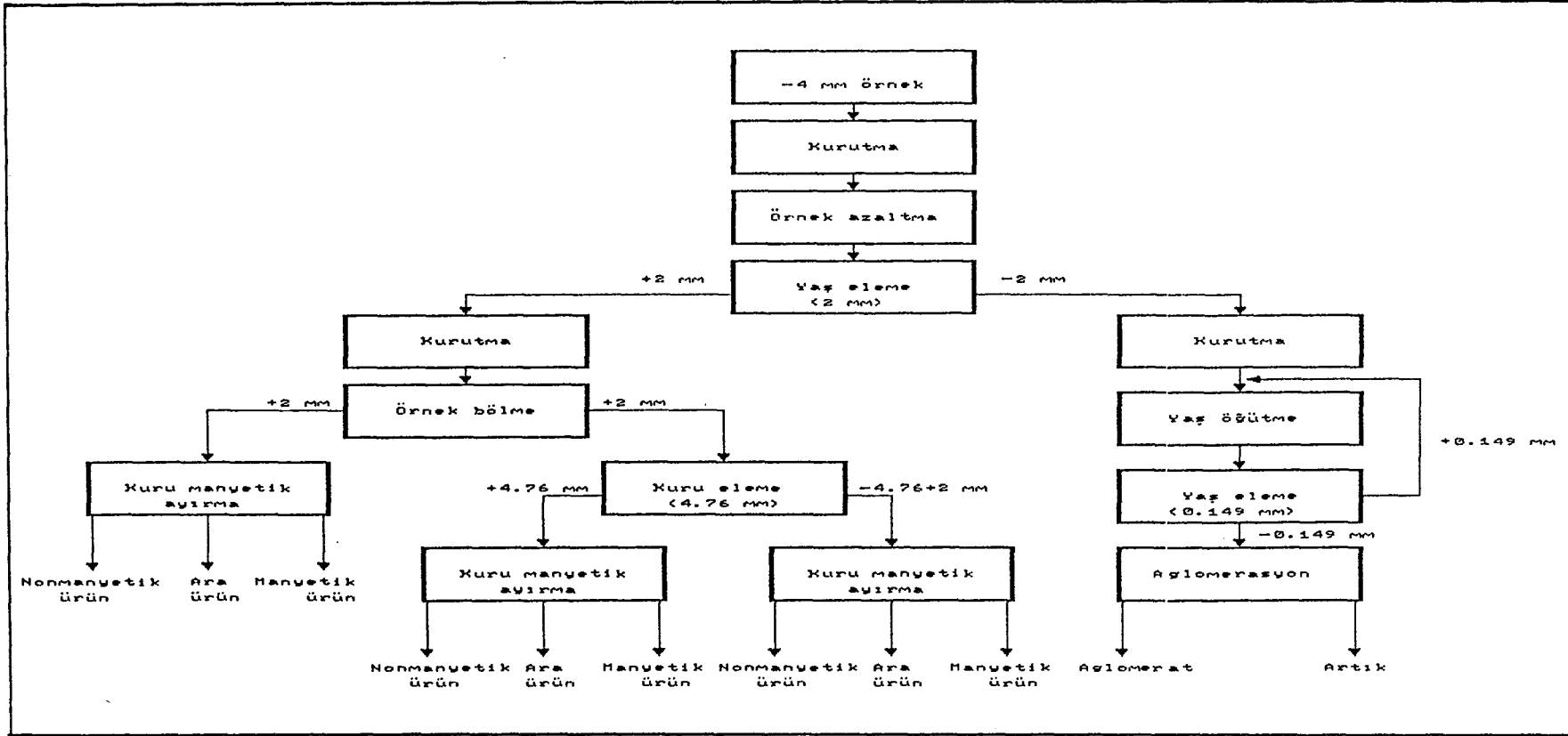
Bu çalışmada kullanılan örnek; Kumaş manyezit zenginleştirme tesisinde bulunan, -4mm boyutundaki manyezit stoğundan alınmıştır. Ağır ortam ayırıcısına verilemediği için ayrılan kısımlardan oluşan bu stokta, tesisin kurulduğu günden bugüne, yaklaşık 1 000 000 ton manyezit cevheri birikmiştir. Stoğun değişik yerlerinden alınan örnekler; harmanlanarak ve örnek azaltma yöntemleriyle azaltılarak deneylerde kullanılmıştır. Deneylerde, Şekil 4,1'de görülen akım şeması izlenmiştir.

Örneğin yaş elek analiz ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4,1'de verilmiştir. Çizelge 4,1'den görüleceği gibi örnek, ortalama %7.87 SiO<sub>2</sub>, %1.00 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.46 CaO, %44.45 kızdırma kaybı ve %45.02 MgO içermektedir.

Türkiye Çimento Mustahsilleri Birliği'nde yaptırılan mineralojik analize göre örnek, manyezit (MgCO<sub>3</sub>), antigorit [Mg<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>], dolomit [CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] ve %1 kuvars (SiO<sub>2</sub>) içermektedir.

Kimyasal ve mineralojik analiz sonuçlarından yararlanılarak yapılan hesaplar sonucunda, cevherin yaklaşık; %81 manyezit, %13 antigorit, %5 dolomit ve %1 kuvars içerdiği bulunmuştur.

Döner sinter fırınları ile 2mm'ye kadar sinterleme yapılabilir. +2mm'nin peletlenmeksizin sinterlenebileceği düşünülerek, örnek 2mm'lik elekten, yaş olarak, elenmiştir. +2mm'lik kısım manyetik ayırma, -2mm'lik kısım ise yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmiştir. Çizelge 4,1'den görüleceği gibi, örneğin yaklaşık %22'si +2mm boyutundadır. Aynı Çizelge'den, parça boyutu azaldıkça MgO ve kızdırma kaybının azaldığı; SiO<sub>2</sub>, CaO ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 4.1. Zenginleştirme için laboratuvarında izlenen akım şeması.



Çizelge 4.1. -4 mm manyezit cevherinin yaş elek analiz ve kimyasal analiz sonuçları.

Elek Açıklığı (mm)	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Kümülatif elekaltı (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)
+4.760	113.74	4.23	-	5.83	0.95	0.78	46.05	46.19
-4.760+2.000	470.50	17.51	95.77	6.51	0.72	0.91	46.27	45.39
-2.000+0.841	619.97	23.08	78.26	7.76	0.96	1.06	45.09	44.93
-0.841+0.595	443.87	16.52	55.18	8.36	1.16	1.26	45.11	43.91
-0.595+0.297	518.99	19.32	38.66	8.77	0.72	1.43	45.55	43.33
-0.297+0.210	175.20	6.52	19.34	8.82	1.20	1.85	44.78	43.15
-0.210+0.149	132.60	4.94	12.82	9.05	1.58	1.96	44.30	42.91
-0.149+0.105	74.01	2.76	7.88	9.13	1.07	2.38	44.62	42.60
-0.105+0.074	35.71	1.33	5.12	9.25	1.48	2.68	44.68	41.71
-0.074	101.88	3.79	3.79	9.82	3.20	2.30	42.67	41.81
Beslenen	2686.47	100.00	-	7.87	1.00	1.46	45.02	44.45

+2mm'lik kısım, doğrudan (+2 mm) veya fraksiyonlara ayrılarak (+4.76mm ve -4.76+2mm) manyetik ayırmaya verilmiştir. Manyetik ayırma deneylerinde kullanılan örnek; ortalama %6.65 SiO<sub>2</sub>, %0.51 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.26 CaO, %45.62 kızdırma kaybı ve %45.76 MgO içermektedir.

-2mm'lik kısım ise, porselen değirmende 0.149 mm (100 meş) altına yaş olarak öğütülerek yağ aglomerasyonu ile zenginleştirilmiştir. Aglomerasyon deneylerinde kullanılan örneğin yaş elek analiz ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4,2'de verilmiştir.

Aglomerasyon deneylerinde kullanılan örneğin yaklaşık %58'i, 0.037 mm (400 meş) altındadır. Örnek, ortalama %8.42 SiO<sub>2</sub>, %1.05 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.71 CaO, %43.81 kızdırma kaybı ve %44.81 MgO içermektedir.

#### 4.2. Kullanılan Reaktifler

Aglomerasyon deneylerinde, analizi D.S.I. tarafından yapılan ve aşağıda özellikleri verilen su kullanılmıştır.

Sertlik (Fransız Sertliği)	:3.00
Organik madde	:0.80 mg/lt
Na	:0.31 mili ekivalent gram
K	:0.04 mili ekivalent gram
HCO <sub>3</sub>	:0.70 mili ekivalent gram
Cl	:0.04 mili ekivalent gram
SO <sub>4</sub>	:0.21 mili ekivalent gram
NO <sub>2</sub>	:0.00
NH <sub>3</sub>	:0.00

pH düzenleyici olarak NaOH veya Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, suspansiyondaki Mg<sup>2+</sup> ve Ca<sup>2+</sup> iyonlarını çöktürmek için Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, bağlayıcı olarak gazyağı (öz. ağı. 0.77); toplayıcı olarak oleik asit (C<sub>18</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>, 282.47 g/mol; öz. ağı. 0.89) veya sodyum oleat (%90 oleik asit ve %0.5 NaOH) kullanılmıştır.

Çizelge 4.2. Aglomerasyon deneylerinde kullanılan örneğin (-0.149 mm) yaş elek ve kimyasal analiz sonuçları.

Elek Açıklığı (mm)	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	Kümülatif elek altı (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma kaybı (%)
-0.149+0.105	20.47	9.71	-	11.25	1.28	1.80	42.91	42.56
-0.105+0.074	31.21	14.80	90.29	10.63	1.19	1.89	43.26	42.83
-0.074+0.053	16.16	7.66	75.49	10.68	1.24	1.92	42.99	42.97
-0.053+0.044	12.05	5.72	67.83	11.41	1.35	1.97	42.92	42.15
-0.044+0.037	7.87	3.73	62.11	10.73	1.45	2.16	43.20	42.26
-0.037	123.12	58.38	58.38	6.73	0.90	1.54	44.50	46.13
Beslenen	210.88	100.00	-	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81

### 4.3. Deneysel Yöntem

#### 4.3.1 Manyetik ayırma

Manyetik ayırma deneylerinde, PERMROLL yüksek alan şiddetli, kuru manyetik ayırıcı kullanılmıştır. Aşağıdaki şartlarda örnekler ayırıcıdan bir kere geçirilmiştir:

---

Bant hızı	: 132 devir/dak
Titreşim hızı	: 5
Sağ plaka açıklığı	: -20°
Sol plaka açıklığı	: +5°

---

#### 4.3.2 Aglomerasyon

Aglomerasyon deneyleri 9 cm çapında, kenarlarında turbulans sağlamak için 2 cm genişliğinde iki adet delikli levha bulunan, 1.5 litrelik silindirik cam kap içinde yapılmıştır. Karıştırma işlemi 6 cm çapında ve 1.4 cm eninde altı adet düz kanatçığı olan ve karıştırma kabının tabanından 1 cm yukarıda tutulan pervane ile sağlanmıştır. Karıştırma hızı 600 devir/dak olarak ayarlanmıştır.

Her deney için istenilen suspansiyon sıcaklığına su ısıtıldıktan sonra, hacimce 1 litre, ağırlıkça % 10 katı oranını elde edecek miktarda cevher bu suya katılmış ve **cevherin suda dağılması için 7 dakika karıştırılmıştır. Cevheri kıvamlamak için kullanılan her reaktifin (NaOH, gazyağı, oleik asit gibi) eklenmesinden sonra 1 dakika beklenmiştir. Kıvamlamadan sonra aglomeratların oluşması ve büyümesi için karıştırmaya 5 dakika daha devam edilmiştir. Her deney grubu için, reaktif ekleme sırasına göre, deney koşulları Çizelgelerden önce verilmiştir.**

Oluşan aglomeratlar, süspansiyonun 0.297 mm (50 meş) elekten süzülmesiyle ayrılmıştır. Elek üzerindeki aglomeratlar suyla yıkandıktan sonra 105°C'de kurutulularak tartılmış, milimetrik kağıt üzerinde fotoğrafları çekilerek kimyasal analizleri yapılmıştır.

#### 4.4. Kimyasal Analizler

SiO<sub>2</sub> ve kızdırma kaybı analizleri gravimetrik; CaO ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> analizleri volumetrik olarak Gündüz (1974)'e göre yapılmış, MgO ise hesapla bulunmuştur.

## 5. DENEYSEL BULGULARIN IRDELENMESI

### 5.1 +2 mm Manyezit Cevherini Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme Deneyleri

+2 mm manyezit cevherinin, manyetik ayırma ile zenginleştirilmesiyle elde edilen konsantrelerin (nonmanyetik ürünler)  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  içeriklerinde önemli miktarda azalma görülmüştür. +2 mm manyezit cevherinin; doğrudan manyetik ayırma ile zenginleştirilmesi sonuçları Çizelge 5,1'de, sınıflara ayırarak zenginleştirilmesi sonuçları ise Çizelge 5,2'de verilmiştir.

Çizelge 5,1'den görüldüğü gibi, +2 mm manyezit cevherinin doğrudan manyetik ayırma ile zenginleştirilmesinden elde edilen konsantre %1.98  $\text{SiO}_2$ ; %0.20  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; %1.04 CaO; %50.29 kızdırma kaybı ve %46.29 MgO içermektedir. Konsantrenin MgO verimi ise %81.95'tir.

Çizelge 5,2'de verilen değerlerden yararlanarak yapılan hesaplar sonucunda, +2 mm manyezit cevherinin sınıflara ayırarak manyetik ayırma ile zenginleştirilmesinden elde edilen toplam konsantre (nonmanyetik ürünler toplamı), %1.78  $\text{SiO}_2$ ; %0.20  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; %1.54 CaO; %50.29 kızdırma kaybı ve %45.99 MgO içermektedir. Konsantrenin MgO verimi ise %80.61'dir.

Konsantrelerin MgO verimleri yaklaşık eşit kabul edilirse; cevheri sınıflara ayırarak yapılan manyetik ayırmadan elde edilen konsantre, doğrudan manyetik ayırma ile elde edilenden daha az  $\text{SiO}_2$  içermektedir. Sınıflandırılmış cevherin manyetik ayırıcıya tek katlı olarak besleme olasılığının artması, daha az  $\text{SiO}_2$  içeren bir konsantre elde edilmesine neden olmuş olabilir.

Çizelge 5.1. +2 mm manyezit cevherinin doğrudan manyetik ayırma ile zenginleştirilmesi sonuçları.

Besleme Boyutu (mm)	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
+2	Nonmanyetik ürün	5433	81.03	1.98	0.20	1.04	46.29	50.29	81.95
	Ara ürün	407	6.07	12.32	1.58	1.85	42.93	41.12	5.69
	Manyetik ürün	865	12.90	33.79	2.16	0.82	43.85	19.18	12.36
	Beslenen	6705	100.00	6.71	0.54	1.06	45.77	45.72	100.00

Çizelge 5.2. +2 mm manyezit cevherinin, +4.76 mm ve -4.76+2 mm sınıflarına ayırarak manyetik ayırma ile zenginleştirilmesi sonuçları.

Besleme Boyutu (mm)	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
+4.76	Nonmanyetik ürün	904	13.48	1.60	0.22	2.80	44.69	50.49	13.17
	Ara ürün	79	1.18	25.89	2.16	0.80	41.13	29.82	1.06
	Manyetik ürün	98	1.46	27.64	2.36	0.70	51.40	17.70	1.64
-4.76+2	Nonmanyetik ürün	4474	66.73	1.82	0.20	1.28	46.25	50.25	67.44
	Ara ürün	393	5.86	12.71	0.71	1.87	43.15	41.36	5.53
	Manyetik ürün	757	11.29	32.83	1.92	0.86	45.25	18.94	11.16
	Beslenen	6705	100.00	6.59	0.48	1.46	45.76	45.51	100.00



## 5.2 -2 mm Manyezit Cevherini Seçimli Aglomerasyon ile Zenginleştirme Deneyleri

### 5.2.1. Suspansiyon sıcaklığının etkisi

Manyezitin aglomerasyonunda suspansiyon sıcaklığının etkisini incelemek için yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları:

Suspansiyon sıcaklığı (°C)	:24, 25, 27, 30, 33, 36
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
NaOH (kg/ton)	:1.63
Gazyağı (kg/ton)	:100.75
Oleik asit (kg/ton)	:5.23
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Agglomerasyon süresi (dakika)	:5

Agglomerasyonda suspansiyon sıcaklığının etkisi Çizelge 5,3 ve Şekil 5,1'de verilmiştir. Çizelge 5,3'den, 24°C ve altında aglomeratların elde edilemediği; 27°C'ye kadar MgO veriminin az da olsa arttığı, daha sonra sabit kaldığı görülmektedir. Şekil 5,1'den de, sıcaklık arttıkça aglomeratların çaplarının arttığı gözlenmektedir.

Klassen ve Mokrousov (1963)'e göre, sıcaklık arttıkça yağ damlacıklarının boyutları küçülür ve oleik asitin çözünürlüğü artar. Oleik asitin çözünürlüğünün artması, dolayısıyla suspansiyonda oleat iyonu konsantrasyonunun artması, manyezit-su ve gazyağı-su arayüzeyine adsorbe olan oleat iyonu konsantrasyonunun artmasına neden olur. Böylece, manyezit-su arayüzeyine adsorbe olan oleat iyonları manyezitin hidrofobluğunu artırırken; gazyağı-su arayüzeyine adsorbe olan oleat iyonları gazyağı-su arayüzey gerilimini azaltarak, gazyağı damlacıklarının boyutlarının daha da küçülmesine neden olur.

24°C ve altında, suspansiyondaki oleat iyonu konsantrasyonu yeteri kadar yüksek olmadığından, aglomeratlar elde edilememiştir. Sıcaklık arttıkça suspansiyondaki oleat iyonu konsantrasyonu arttığından; ancak 25°C'de manyezit yüzeyleri yeterince hidrofob olmuş ve bu sıcaklıkta aglomeratlar elde edilmeye başlanmıştır. 27°C'de manyezit yüzeylerinin tamamen hidrofob olduğu, MgO veriminin daha yüksek sıcaklıklarda sabit kalmasından anlaşılmaktadır.

Sıcaklık arttıkça; yağ damlacıklarının boyutları küçülür. Ayrıca, oleat iyonu konsantrasyonunun artması yağ damlacıklarının boyutlarını daha da küçültür. Böylece gazyağının aglomerasyon veriminin artması aglomeratların çaplarının sürekli büyümesine neden olur.

27°C'de MgO verimi yeterince yüksek olduğundan ve sıcaklığın daha da arttırılması maliyeti arttıracığından, bundan sonraki deneyler 27°C'de yapılmıştır.

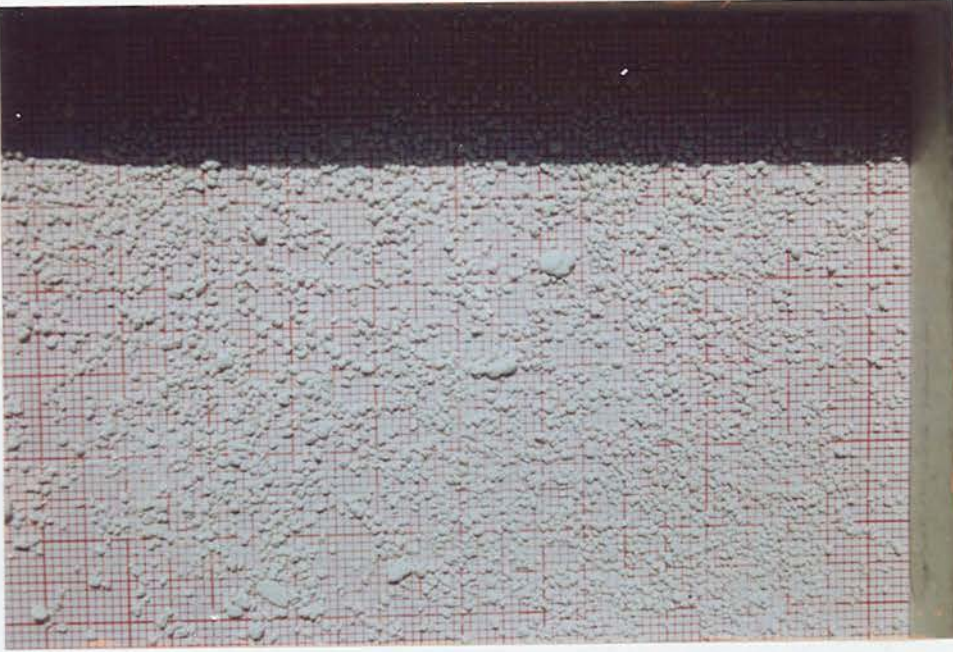
### 5.2.2. Oleik asit miktarının etkisi

Manyezitin aglomerasyonunda oleik asit miktarının etkisini incelemek için yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları:

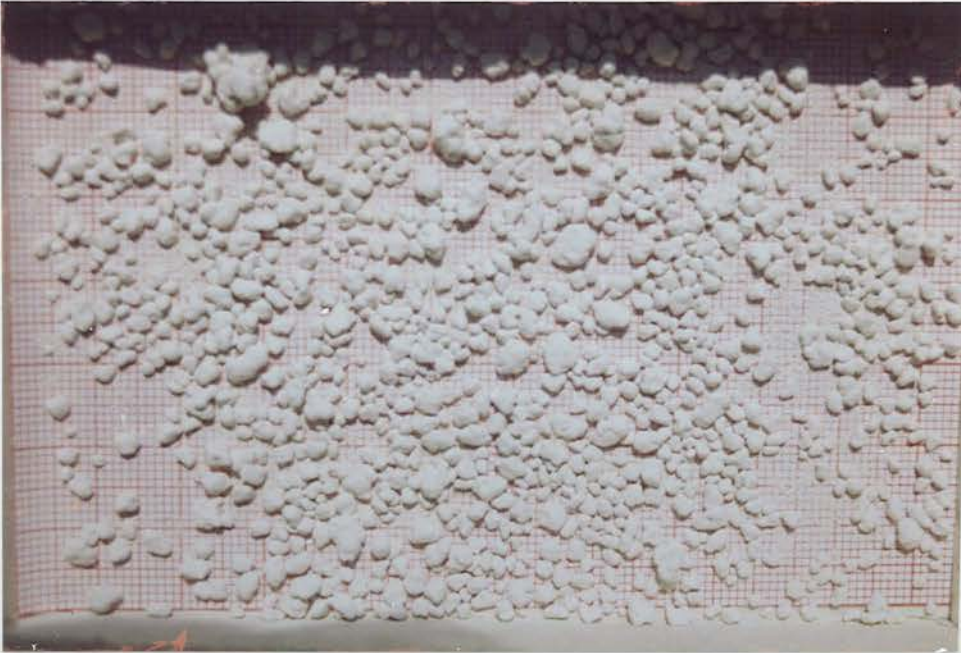
Suspansiyon sıcaklığı (°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
NaOH (kg/ton)	:1.63
Gazyağı (kg/ton)	:100.75
Oleik asit (kg/ton)	:4.67, 4.86, 5.05, 5.23, 5.42, 5.61
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Agglomerasyon süresi (dakika)	:5

Çizelge 5.3. Manyezitin aglomerasyonunda süspansiyon sıcaklığının etkisi.

Süspansiyon Sıcaklığı (°C)	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
24	Flok oluşumu								
25	Aglomerat	85.81	80.20	1.07	0.32	1.72	45.79	50.90	81.95
	Artık	21.19	19.80	38.72	4.01	1.67	40.31	15.09	17.81
27	Aglomerat	87.30	81.59	1.10	0.35	1.63	45.84	50.88	83.46
	Artık	19.70	18.41	40.86	4.15	2.06	40.25	12.48	16.54
30	Aglomerat	87.63	81.90	1.13	0.40	1.66	45.84	50.77	83.78
	Artık	19.37	18.10	41.41	3.99	1.94	40.14	12.32	16.22
33	Aglomerat	87.40	81.68	1.10	0.38	1.70	45.99	50.63	83.83
	Artık	19.60	18.32	41.06	4.04	1.75	39.55	13.40	16.17
36	Aglomerat	88.15	82.38	1.19	0.42	1.76	45.57	50.86	83.78
	Artık	18.85	17.62	42.22	4.00	1.48	41.25	10.85	16.22
	Beslenen	107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



(a)



(b)

Şekil 5.1. Manyezitin aglomerasyonunda suspansiyon sıcaklığının etkisi: a) 25° C, b) 36° C.

Çizelge 5,4 ve Şekil 5,2'de aglomerasyonda oleik asit miktarının etkisi verilmiştir. Çizelge 5,4'den, 4.67 kg/ton ve altındaki oleik asit miktarlarında aglomeratların elde edilemediği; 5.23 kg/ton oleik asit miktarına kadar verimin belirgin bir şekilde arttığı, daha sonra sabit kaldığı görülmektedir. Şekil 5,2'den de, oleik asit miktarı arttıkça aglomeratların çaplarının arttığı ortaya çıkmaktadır.

Oleik asit miktarının arttırılmasıyla, süspansiyonda oleat iyonu ve çözünmeyen oleik asit (nötral oleik asit) konsantrasyonu artar. Süspansiyonda oleat iyonu konsantrasyonunun artması, manyezitin hidrofobluğunun artmasına ve yağ damlacıklarının boyutlarının küçülmesine neden olurken; nötral oleik asit konsantrasyonunun artması, hidrofob manyezit taneciklerinin bir araya gelmesine neden olur (Sparks and Wong, 1973).

4.67 kg/ton ve altındaki oleik asit miktarlarında süspansiyonda yeterince oleat iyonu olmadığından, aglomeratlar elde edilememiştir. Oleik asit miktarı daha da arttıkça, süspansiyonda oleat iyonu konsantrasyonu arttığından, 4.86 kg/ton oleik asit miktarında manyezit yüzeyleri yeterince hidrofob olmuş ve bu miktarda aglomeratlar elde edilmeye başlanmıştır. 5.23 kg/ton oleik asit miktarında manyezit yüzeylerinin tamamen hidrofob olduğu, verimin daha yüksek oleik asit miktarlarında, sabit kaldığından anlaşılmaktadır.

Oleik asit miktarı arttıkça; yağ damlacıklarının boyutlarının küçülmesi ve nötral oleik asit miktarının süspansiyonda artması, aglomeratların çaplarının sürekli büyümesine neden olarak gösterilebilir.

Çizelge 5,4'den görüldüğü gibi, deneylerde kullanılan oleik asit miktarı oldukça fazladır. Bunun birinci nedeni, manyezit aglomerasyonunda yüzeyin tamamen hidrofob yapılmasının gerekliliğidir. İkinci nedeni ise, deneylerde kullanılan örnekte şlam oranının yüksek olmasıdır (% 58.38'i, -0.037 mm; bkz Çizelge 4,2).

5.05 kg/ton oleik asit miktarında MgO verimi yeterince yüksek olduğundan ve miktarın daha da arttırılması maliyeti arttıracığından, bundan sonraki deneyler 5.05 kg/ton oleik asit miktarında yapılmıştır.

### 5.2.3. Gazyağı miktarının etkisi

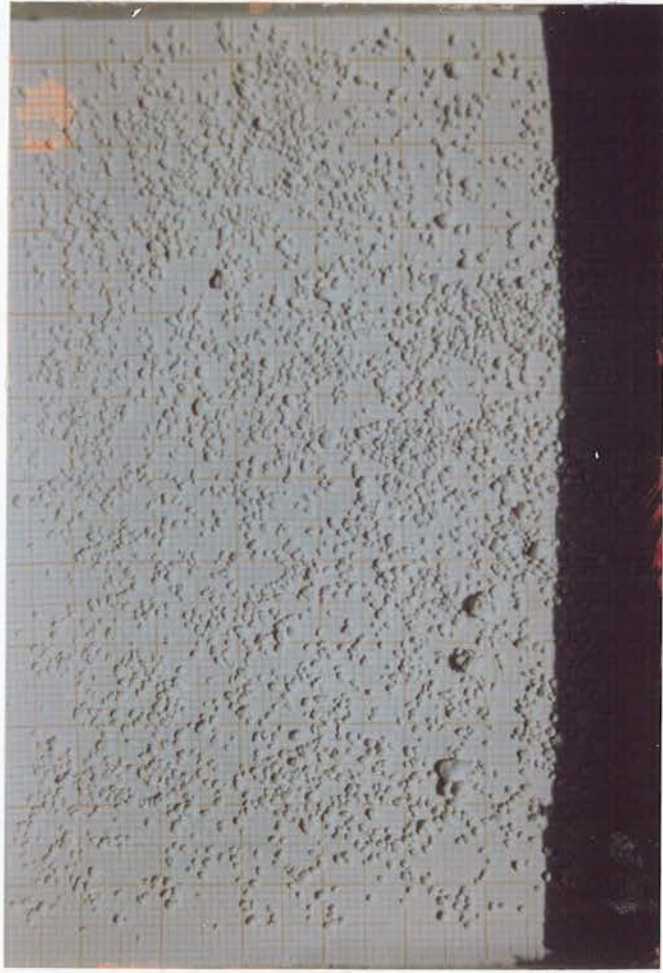
Manyezitin aglomerasyonunda gazyağı miktarının etkisini incelemek için yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları:

Suspansiyon sıcaklığı (°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
NaOH (kg/ton)	:1.63
Gazyağı (kg/ton)	:82.76, 86.36, 89.95, 93.55, 97.15, 100.75
Oleik asit (kg/ton)	:5.05
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Agglomerasyon süresi (dakika)	:5

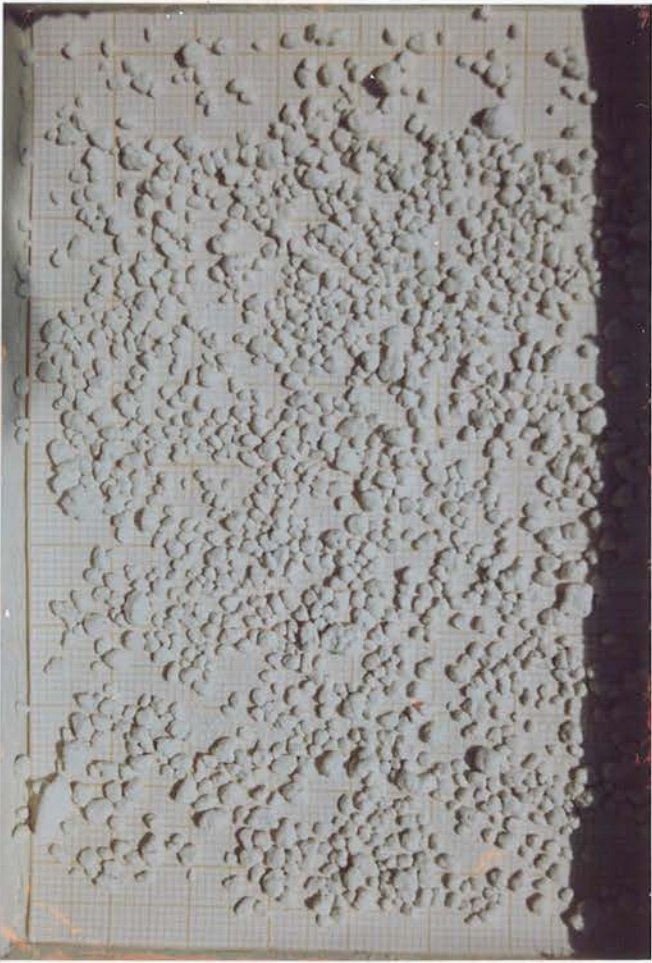
Agglomerasyonda gazyağı miktarının etkisi Çizelge 5,5 ve Şekil 5,3'de görülmektedir. Çizelge 5,5'den; 82.76 kg/ton gazyağı miktarında verimin düşük olduğu, 97.15 kg/ton gazyağı miktarına kadar verimin belirgin bir şekilde arttığı ve daha sonra sabit kaldığı görülmektedir. Şekil 5,3'den de, gazyağı miktarı arttıkça aglomeratların çaplarının arttığı ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 5.4. Manyezitin aglomerasyonunda oleik asit miktarının etkisi.

Oleik Asit Miktarı (kg/ton)	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
4.67	Flok oluşumu								
4.86	Aglomerat	76.91	71.88	1.12	0.43	1.76	45.29	51.20	72.65
	Artık	30.09	28.12	27.08	2.63	1.58	43.59	24.92	27.35
5.05	Aglomerat	85.03	79.47	1.04	0.37	1.66	45.54	51.19	80.77
	Artık	21.97	20.53	36.99	3.68	1.90	41.99	15.24	19.23
5.23	Aglomerat	87.20	81.50	1.37	0.39	1.60	45.47	50.97	82.70
	Artık	19.80	18.50	39.48	3.96	2.19	41.90	12.27	17.30
5.42	Aglomerat	86.81	81.13	1.32	0.38	1.67	45.42	51.01	82.23
	Artık	20.19	18.87	38.95	3.93	1.88	42.19	12.85	17.77
5.61	Aglomerat	87.17	81.47	1.35	0.39	1.62	45.36	51.08	82.47
	Artık	19.83	18.53	39.50	3.95	2.11	42.39	11.85	17.53
	Beslenen	107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



(a)



(b)

Şekil 5.2. Manyezitin aglomerasyonunda oleik asit miktarının etkisi: a) 5.05 kg/ton oleik asit, b) 5.61 kg/ton oleik asit.



82.76 kg/ton gazyağı miktarında verim % 71.48 iken; 97.15 kg/ton gazyağı miktarında verim % 83.92'ye yükselmektedir. 82.76 kg/ton gazyağı miktarında hidrofob manyezit taneciklerinin sadece bir kısmını aglomere edecek gazyağı süspansiyonda bulunduğuundan verim düşüktür. Gazyağı miktarı arttıkça aglomere edilen tanecik sayısı da arttığından, verim yükselmekte ve 97.15 kg/ton gazyağı miktarında maksimuma ulaşmaktadır. 97.15 kg/ton gazyağı miktarında, manyezit taneciklerinin tamamını bağlayacak miktarda gazyağının süspansiyonda bulunduğu verimin daha yüksek miktarlarda sabit kalmasından anlaşılmaktadır.

Gazyağı miktarı arttıkça; aglomere edilen tanecik sayısının artması ve oluşan aglomeratların da bir araya gelerek daha da büyümesi, aglomeratların çaplarının sürekli artmasına neden olur.

89.95 kg/ton gazyağı miktarında MgO verimi yeterince yüksek olduğundan ve miktarın daha da arttırılması maliyeti arttıracığından, bundan sonraki deneyler 89.95 kg/ton gazyağı miktarında yapılmıştır.

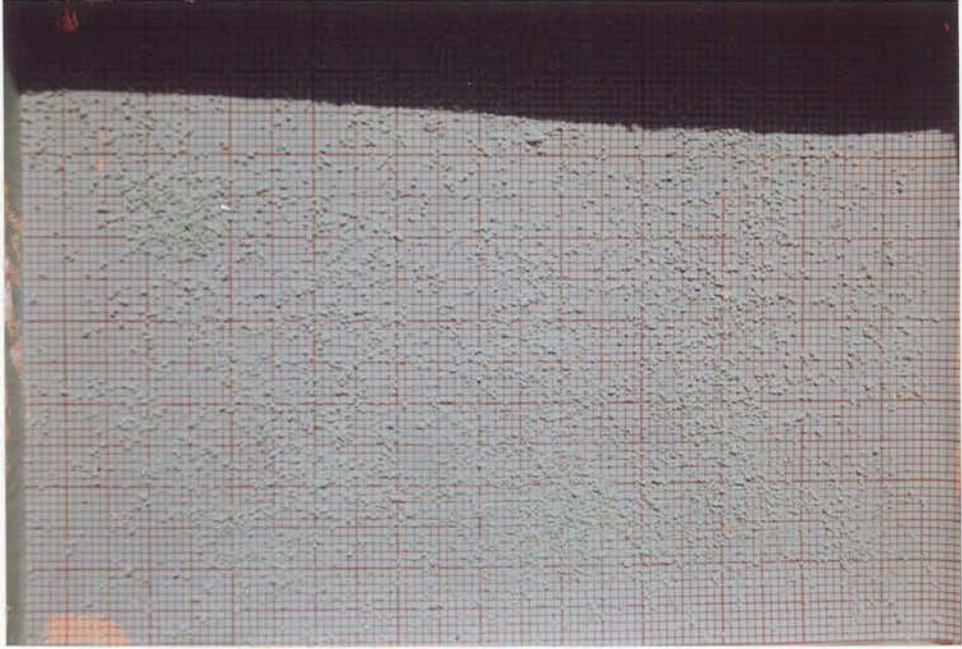
#### 5.2.4. pH'nın etkisi

Manyezitin aglomerasyonunda pH'nın etkisini incelemek için yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları:

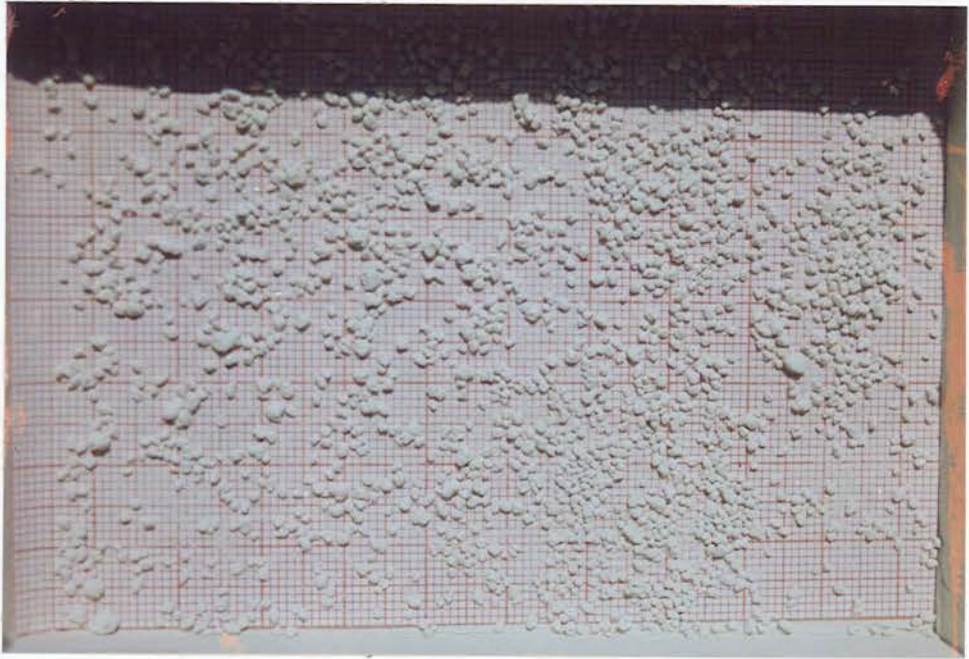
Süspansiyon sıcaklığı (°C)	:27
Süspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
NaOH (kg/ton)	:1.40, 1.51, 1.63, 1.74, 1.85, 1.96, 2.07, 2.30
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:5.05
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Agglomerasyon süresi (dakika)	:5

Çizelge 5.5. Manyezitin aglomerasyonunda gazyağı miktarının etkisi.

Gazyağı Miktarı (kg/ton)	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
82.76	Aglomerat	74.50	69.63	1.12	0.37	1.69	46.00	50.62	71.48
	Artık	32.50	30.37	25.16	2.61	1.76	42.07	28.20	28.52
86.36	Aglomerat	82.08	76.71	1.10	0.34	1.68	46.18	50.50	79.05
	Artık	24.92	23.29	32.53	3.39	1.81	40.29	21.78	20.95
89.95	Aglomerat	85.85	80.23	1.21	0.35	1.70	45.94	50.60	82.25
	Artık	21.15	19.77	37.68	3.89	1.76	40.21	16.26	17.75
93.55	Aglomerat	86.43	80.78	1.22	0.34	1.84	46.00	50.40	82.92
	Artık	20.57	19.22	38.68	4.03	1.16	39.82	16.11	17.08
97.15	Aglomerat	87.13	81.43	1.25	0.34	1.65	46.18	50.38	83.92
	Artık	19.87	18.57	39.86	4.16	1.97	38.81	15.00	16.08
100.75	Aglomerat	86.48	80.82	1.15	0.34	1.57	46.21	50.53	83.35
	Artık	20.52	19.18	39.05	4.04	2.30	38.92	15.49	16.65
	Beslenen	107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



(a)



(b)

Şekil 5.3. Manyezitin aglomerasyonunda gazyağı miktarının etkisi: a) 86.36 kg/ton gazyağı, b) 97.15 kg/ton gazyağı.

Çizelge 5,6 ve Şekil 5,4'de aglomerasyonda pH'nın etkisi verilmiştir. Çizelge 5,6'dan, pH 10.56 ve altında aglomeratların elde edilemediği; pH 10.66'dan 10.75'e kadar verimin arttığı, daha sonra azaldığı ve pH 11.01'de aglomeratların elde edilemediği görülmektedir. Şekil 5,4'den de, pH 10.66'dan 10.75'e kadar aglomeratların çaplarının arttığı; pH 10.75'den 10.95'e kadar aglomeratların çaplarının azaldığı gözlenmektedir.

Predali (1969)'a göre, manyezitin sıfır yük noktası pH 5.2'dir ve zeta potansiyeli pH 10.50'de minimum değeri olan -35 milivolt'a ulaşır. Glembotskii et al. , (1972)'e göre de, oleik asit minerallerle alkali ortamlarda iyonik; asidik ortamlarda moleküler (nötral) olarak reaksiyona girer. Deneylerin yapıldığı pH'larda; kullanılan oleik asitin çoğunlukla oleat iyonlarına ayrışması ve manyezitin zeta potansiyelinin de bu pH'larda negatif olması, toplayıcının manyezit yüzeyine adsorbsiyonunun kimyasal olduğunu gösterir.

Klassen and Mokrousov (1963)'e göre; pH arttıkça oleik asitin çözünürlüğü, dolayısıyla süspansiyonda oleat iyonu konsantrasyonu ve toplayıcının mineral yüzeyine adsorbsiyonu artar. Ancak; adsorbsiyondaki bu artış, hidroksil iyonu konsantrasyonu belirli bir sınıra ulaşınca kadar devam eder ve bu sınırdan sonra hidroksil iyonları toplayıcıyı mineral yüzeyinden uzaklaştırır.

pH 10.56 ve altında, süspansiyonda yeterince oleat iyonu olmadığından aglomeratlar elde edilememiştir. pH'ın 10.66'ya yükseltilmesiyle süspansiyondaki oleat iyonu konsantrasyonundaki artış, manyezit yüzeylerinin yeterince hidrofob olmasını sağlamış ve bu pH'da, nispeten düşük verimde ve küçük çapta, aglomeratlar elde edilmiştir. pH 10.75'de de manyezit yüzeyleri tamamen hidrofob olduğundan maksimum verime ve aglomerat çapına ulaşılmıştır. pH 10.81 ile 10.95 arasında, süspansiyonda artan hidroksil iyonları oleat iyonlarını manyezit yüzeyinden uzaklaştırarak verimin ve aglomerat çapının

düşmesine neden olmuştur. pH 11.01'de ise oleat iyonlarının tamamı yüzeyden uzaklaştırıldığından aglomeratlar elde edilememiştir.

NaOH ile yapılan pH düzenlemelerinde; 4.35 kg/ton NaOH miktarında maksimum verime ulaşıldığından bundan sonraki deneyler 4.35 kg/ton NaOH miktarında yapılmıştır.

#### 5.2.5. Aglomerasyon süresinin etkisi

Manyezitin aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin etkisini incelemek için yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları:

Suspansiyon sıcaklığı (°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
NaOH (kg/ton)	:1.63
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:5.05
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5, 10

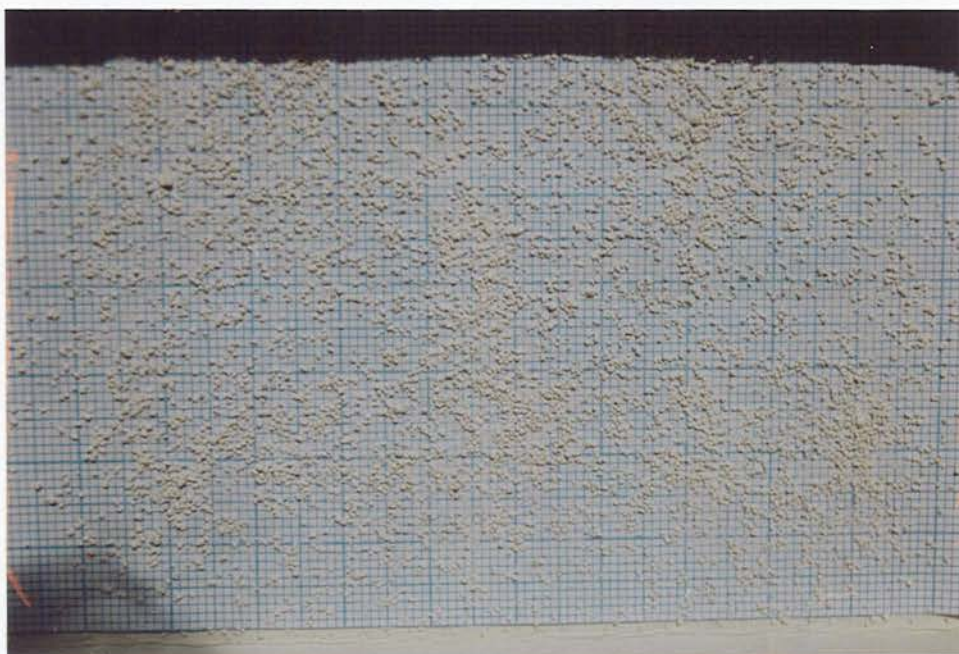
Manyezitin aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin etkisi Çizelge 5,7 ve Şekil 5,5'de verilmiştir. Aglomerasyon süresi arttıkça; Çizelge 5,7'den MgO veriminin, Şekil 5,5'den de aglomeratların çaplarının arttığı görülmektedir.

Aglomerasyon süresi arttıkça, aglomeratlar daha kompaktlaşarak içlerindeki yağ damlacıklarından bir kısmını suspansiyona verir. Bu yağ damlacıkları suspansiyondaki manyezit taneciklerini ve oluşan aglomeratları bir araya getirerek, aglomeratların MgO veriminin ve çaplarının artmasına neden olur.

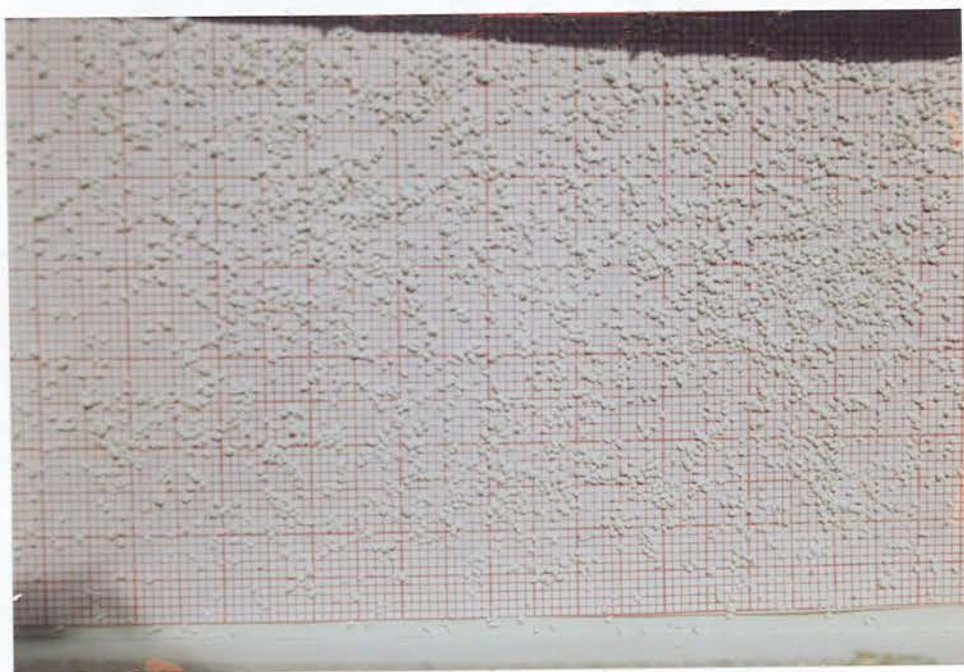
5 dakika aglomerasyon süresinde elde edilen aglomeratların MgO verimi yeterince yüksek olduğundan, bundan sonraki deneylerde aglomerasyon süresi 5 dakika alınmıştır.

Çizelge 5.6. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nın etkisi.

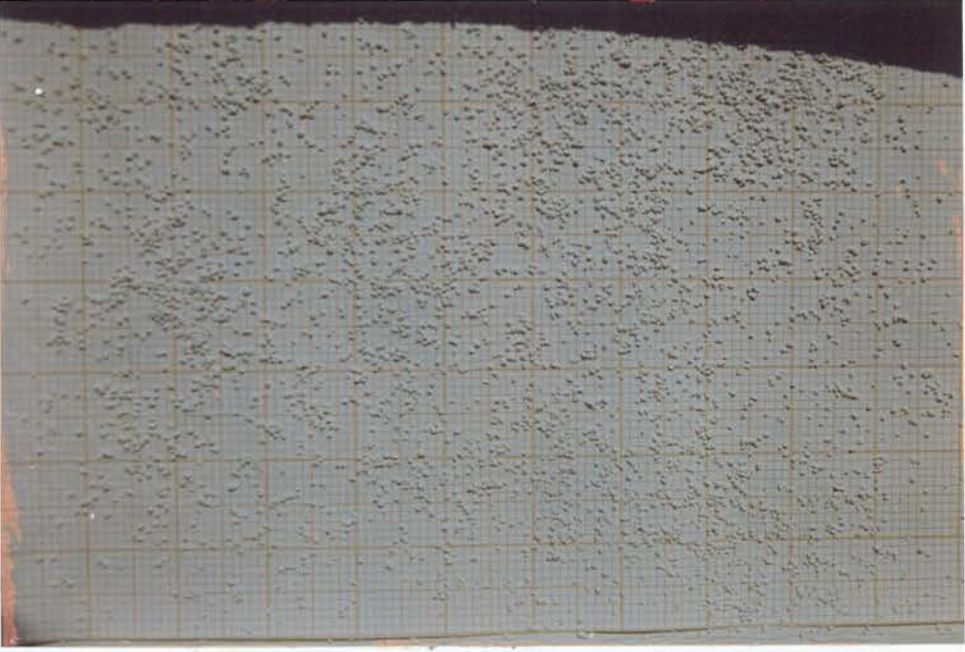
NaOH Miktarı (kg/ton)	pH	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
1.40	10.56	Flok oluşumu								
1.51	10.66	Aglomerat	83.21	77.77	1.27	0.28	1.68	45.85	50.72	79.58
		Artık	23.79	22.23	33.43	3.74	1.81	41.18	19.64	20.42
1.63	10.75	Aglomerat	86.46	80.80	1.44	0.30	1.77	45.62	50.67	82.26
		Artık	20.54	19.20	37.79	4.21	1.46	41.40	14.94	17.74
1.74	10.81	Aglomerat	83.72	78.24	1.32	0.28	1.70	45.77	50.73	79.92
		Artık	23.28	21.76	33.95	3.82	1.75	41.35	18.93	20.08
1.85	10.87	Aglomerat	85.66	80.06	1.31	0.34	1.68	45.65	50.82	81.56
		Artık	21.34	19.94	36.97	3.90	1.83	41.44	15.66	18.44
1.96	10.91	Aglomerat	82.84	77.42	1.28	0.29	1.65	45.76	50.82	79.06
		Artık	24.16	22.58	32.90	3.66	1.92	41.55	19.77	20.94
2.07	10.95	Aglomerat	79.35	74.16	1.35	0.29	1.74	45.59	50.83	75.45
		Artık	27.65	25.84	28.71	3.23	1.62	42.58	23.66	24.55
2.30	11.01	Aglomeratların yok oluşu								
Beslenen			107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



(a)



(b)



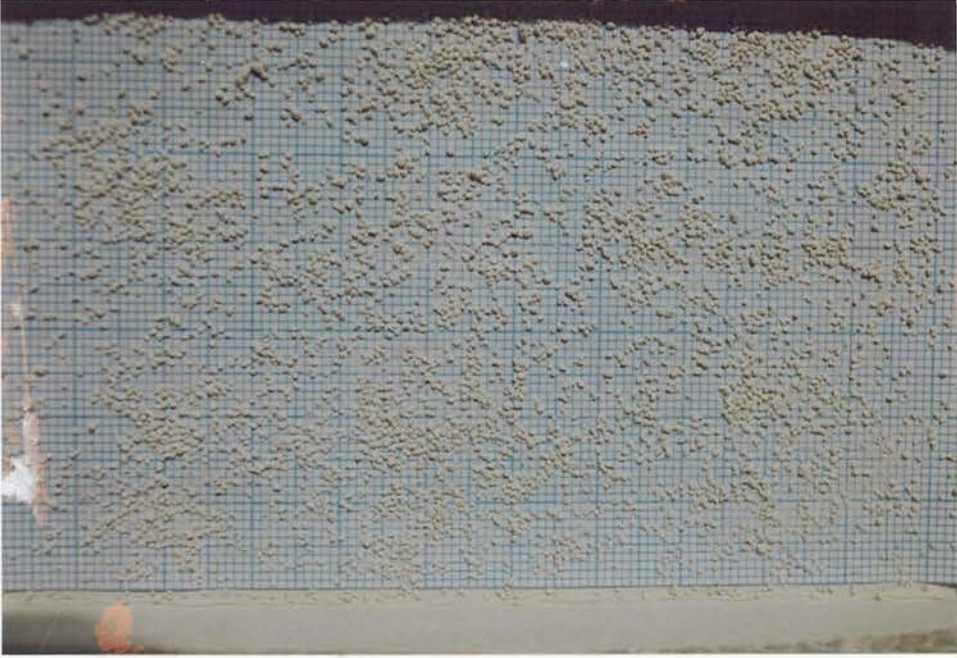
(c)

Şekil 5.4. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nın etkisi:  
a) 10.66, b) 10.75, c) 10.95.



Çizelge 5.7. Manyezitin aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin etkisi.

Aglomerasyon Süresi (dak)	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
5	Aglomerat	83.96	78.47	1.15	0.36	1.64	45.81	50.84	80.22
	Artık	23.04	21.53	34.92	3.56	1.97	41.16	18.19	19.78
10	Aglomerat	87.25	81.54	1.26	0.35	1.74	45.69	50.76	83.14
	Artık	19.75	18.46	40.05	4.14	1.58	40.92	13.11	16.86
Beslenen		107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



(a)



(b)

Şekil 5.5. Manyezitin aglomerasyonunda aglomerasyon süresinin etkisi: a) 5 dakika, b) 10 dakika.

### 5.3 Manyezitin Aglomerasyonunda Toplayıcı Tüketimini Azaltmak için Yapılan Deneyler

Manyezitin aglomerasyonunda oleik asit tüketimi oldukça fazladır. Bunun birincil nedenleri, aglomere edilecek tanecik yüzeylerinin tamamen hidrofob yapılmasının gerekliliği ve deneylerde kullanılan örnekte şlam oranının yüksek olmasıdır (Bkz. Bölüm 5,2,2). İkincil nedenleri ise; süspansiyondaki  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonlarının oleat iyonlarıyla reaksiyona girerek oleik asit tüketimini arttırması, oleik asitin en uygun pH'larda kullanılmaması ve toplayıcının en uygun seçilmemesi olabilir.

Aglomerasyonda, birincil nedenlerden kaynaklanan oleik asit tüketimi kaçınılmaz iken; ikincil nedenlerden kaynaklanan tüketimin azaltılabileceği düşünülerek alt bölümlerde verilen deneyler yapılmıştır.

#### 5.3.1. Süspansiyona $Mg^{+2}$ ve $Ca^{+2}$ iyonlarının geçişini önlemek için cevherin suda çözünmesine fırsat tanımama

Manyezitin aglomerasyonunda cevherin suda çözünme süresinin (dağıtma süresinin) oleik asit tüketimine etkisini incelemek için yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları:

Dağıtma süresi 7 dakika için:

Suspansiyon sıcaklığı (°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
NaOH (kg/ton)	:1.63
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:4.67, 4.86, 5.05, 5.23, 5.42
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

Dağıtma süresi 0 (sıfır) dakika için:

Su sıcaklığı (°C)	:27
NaOH (kg/ton)	:1.63
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:4.49, 4.67, 4.86, 5.05
Suspansiyon sıcaklığı (°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:0
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:0
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

Bu amaçla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 5,8 ve Şekil 5,6'da verilmiştir. Çizelge 5,8'den görüleceği gibi, 7 dakika dağıtma süresi ve 4.67 kg/ton oleik asit miktarında aglomeratlar elde edilemez iken; 0 dakika dağıtma süresi ve 4.67 kg/ton oleik asit miktarında %80.24 MgO verimiyle aglomeratlar elde edilmiştir.

Yine Çizelge 5,8'den görüleceği gibi, 7 dakika dağıtma süresi ve 5.05 kg/ton oleik asit miktarında %80.21 MgO verimiyle aglomeratlar elde edilirken; 0 dakika dağıtma süresi ve 4.67 kg/ton oleik asit miktarında %80.24 MgO verimiyle aglomeratlar elde edilmiştir. Verimler yaklaşık olarak eşit kabul edilirse; cevherin

çözünmesine fırsat tanımama yolu ile yaklaşık 0.38 kg/ton'luk (%8'lik) bir oleik asit tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca, Şekil 5,6'dan görüldüğü gibi, 7 dakika dağıtma süresi ve 5.05 kg/ton oleik asit miktarında elde edilen aglomeratların çapı; 0 dakika dağıtma süresi ve 5.05 kg/ton oleik asit miktarında elde edilen aglomeratların çapından daha küçüktür.

Oleik asit tüketimini arttıran nedenlerden biri süspansiyondaki  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonlarıdır. Manyezit cevheri, yağ öğütülmesi ve aglomerasyon ile zenginleştirilmesi sırasında, su ile bir arada bulunduğu için, minerallerin yüzeyinden bazı iyonlar ( $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  gibi) belli miktarlarda çözünerek süspansiyona geçer. Manyezitin oleik asit ile aglomerasyonunda, süspansiyondaki oleat iyonları ile manyezitin yüzeyindeki  $Mg^{+2}$  ve çözünmüş  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  iyonları arasında kimyasal reaksiyonlar olmaktadır. Yüzeydeki  $Mg^{+2}$  iyonları oleat iyonları ile reaksiyona girerek aglomeratların oluşmasına yardımcı olurken; süspansiyondaki  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  iyonları oleat iyonlarıyla reaksiyona girerek oleik asit tüketiminin artmasına neden olur. Cevherin suda çözünmesini azaltmak, oleik asit tüketiminden tasarruf sağlayabilir (Yehia, et al., 1990).

Yukarıda belirtildiği gibi, 7 dakikalık dağıtma süresinde oleik asit tüketimi yaklaşık %8 daha fazladır. Bunun nedeni; oleat iyonlarının bir kısmının, bu sürede süspansiyona geçen  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonları tarafından tüketilmesidir. Ayrıca; 7 dakika dağıtma süresinde elde edilen aglomeratların çaplarının, 0 dakikada elde edilenlerden daha küçük olmasının nedeni de yine aynıdır. Oleat iyonlarının bir kısmı 7 dakikalık sürede süspansiyona geçen  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonları tarafından tüketildiğinden yağ damlacıklarının boyutları daha büyük olmakta, böylece gazyağının aglomerasyon verimi

düşmektedir. Bu da 7 dakikalık dağıtma süresinde elde edilen aglomeratların çaplarının daha küçük olmasına neden olmaktadır.

### 5.3.2. pH'yi arttırarak oleik asitin çözünürlüğünü arttırma

Bu grup deneyler Çizelge 5,6'dan seçilen pH 10.75 ve 10.87'de yapılmış; her iki pH'da oleik asit tüketimi incelenerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deneylerin malzeme kullanım sırası ve koşulları aşağıda, elde edilen sonuçlar ise Çizelge 5,9'da verilmiştir.

#### pH 10.75 için:

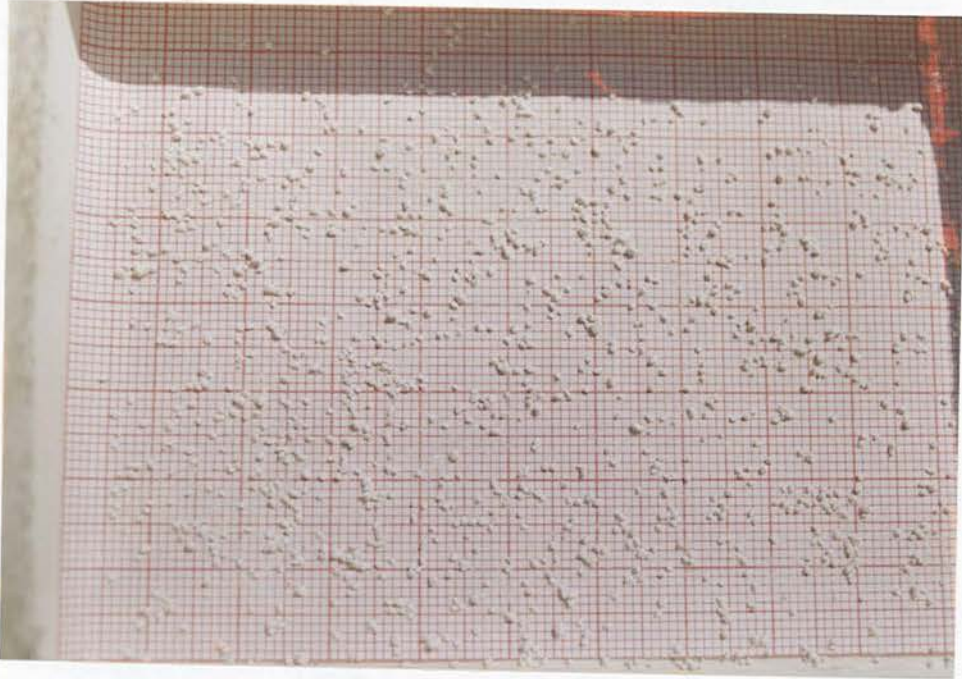
Suspansiyon sıcaklığı (°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
NaOH (kg/ton)	:1.63
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:4.67, 5.05
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

#### pH 10.87 için:

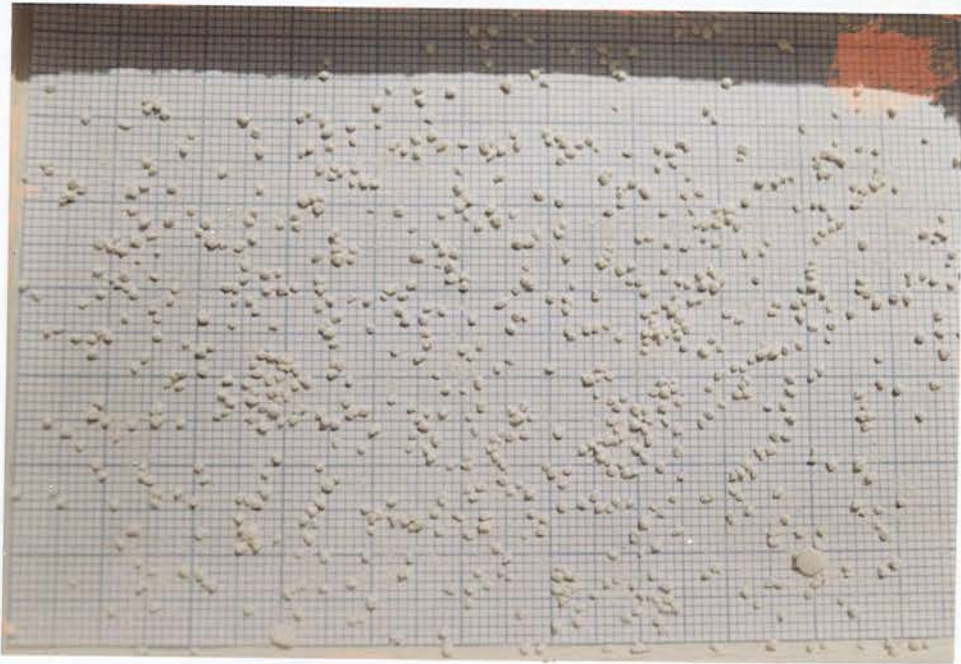
Suspansiyon sıcaklığı (°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
NaOH (kg/ton)	:1.85
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:4.67
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

Çizelge 5.8. Manyezitin aglomerasyonunda cevherin suda çözünme süresinin oleik asit tüketimine etkisi.

Suda Çözünme Süresi (dak)	Oleik Asit Miktarı (kg/ton)	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)	
7	4.67	Flok oluşumu									
	4.86	Aglomerat	68.64	64.15	1.12	0.32	1.76	45.57	51.03	65.24	
		Artık	38.36	35.85	21.48	2.36	1.62	43.45	30.89	34.76	
	5.05	Aglomerat	84.21	78.70	1.10	0.35	1.79	45.67	50.89	80.21	
		Artık	22.79	21.30	35.47	3.64	1.41	41.63	17.65	19.79	
	5.23	Aglomerat	85.23	79.65	1.25	0.35	1.73	45.62	50.85	81.09	
		Artık	21.77	20.35	36.48	3.79	1.63	41.64	16.26	18.91	
	5.42	Aglomerat	85.13	79.56	1.30	0.35	1.70	45.62	50.83	81.00	
		Artık	21.87	20.44	36.13	3.77	1.75	41.66	16.49	19.00	
	0	4.49	Aglomerat	37.89	35.41	1.28	0.32	1.77	45.73	50.70	36.13
Artık			69.11	64.59	12.33	1.45	1.68	44.31	40.03	63.87	
4.67		Aglomerat	84.02	78.52	1.23	0.36	1.67	45.79	50.75	80.24	
		Artık	22.98	21.48	34.70	3.57	1.86	41.23	18.44	19.76	
4.86		Aglomerat	84.97	79.41	1.26	0.33	1.69	45.82	50.70	81.20	
		Artık	22.03	20.59	36.03	3.83	1.79	40.91	17.24	18.80	
5.05		Aglomerat	85.06	79.50	1.43	0.38	1.77	45.73	50.49	81.13	
		Artık	21.94	20.50	35.53	3.65	1.48	41.24	17.90	18.87	
			Beslenen	107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



(a)



(b)

Şekil 5.6. Manyezitin aglomerasyonunda cevherin suda çözünme süresinin oleik asit tüketimine etkisi: a) 7 dakika, b) 0 dakika.



Çizelge 5,9'dan görüleceği gibi; pH 10.75 ve 10.87'de, 4.67 kg/ton oleik asit miktarında aglomeratlar elde edilememiştir.

pH artışı oleik asitin çözünürlüğünü arttırdığından, toplayıcı tüketimi yüksek pH'larda azaltılabilir. Ancak, pH 10.87 ve 4.67 kg/ton oleik asit miktarında aglomeratlar elde edilememiştir. Bu da oleat iyonlarıyla hidroksil iyonları arasındaki yarış nedeniyledir.

Çizelge 5.9. Manyezitin aglomerasyonunda pH'yı arttırmanın oleik asit tüketimine etkisi.

pH	Oleik Asit Miktarı (kg/ton)	Ürünler	Ağırlık	Ağırlık	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Kızdırma Kaybı	MgO Verimi
			(gr)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
10.75	4.67	Flok oluşumu								
	5.05	Aglomerat	85.56	79.96	1.21	0.45	1.72	46.26	50.16	82.55
		Artık	21.44	20.04	37.19	3.44	1.67	39.03	18.47	17.45
10.87	4.67	Flok oluşumu								
		Beslenen	107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00

### 5.3.3. Suspansiyondaki $Mg^{+2}$ ve $Ca^{+2}$ iyonlarını $Na_2CO_3$ kullanarak çöktürme

Oleik asit tüketimini arttıran nedenlerden birisinin de, suspansiyondaki  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonları olduğu belirtilmişti. Oleik asit tüketimini azaltmak için, suspansiyondaki  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonları  $Na_2CO_3$  ile çöktürülebilir (chelating) (Yehia, et al., 1990).

#### 5.3.3.1 NaOH'in pH düzenleyici; $Na_2CO_3$ 'ün $Mg^{+2}$ ve $Ca^{+2}$ iyonlarını çöktürücü olarak kullanılması

##### A) $Mg^{+2}$ ve $Ca^{+2}$ iyonlarının çöktürülmesi için optimum $Na_2CO_3$ miktarının saptanması

Suspansiyondaki  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonlarının çöktürülmesi için gereken  $Na_2CO_3$  miktarının saptanması amacıyla yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları aşağıda; elde edilen sonuçlar ise Çizelge 5,10 ve Şekil 5,7'de verilmiştir.

Suspansiyon sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
NaOH (kg/ton)	:1.63
$Na_2CO_3$ (kg/ton)	:0.00, 2.48, 4.95, 7.43, 9.91
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:5.05
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:4
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

Çizelge 5,10'dan, aglomeratların  $MgO$  verimlerinin 4.95 kg/ton  $Na_2CO_3$  miktarına kadar arttığı daha sonra azaldığı görülmektedir. Şekil 5,7'den de; 2.48 kg/ton  $Na_2CO_3$  miktarında elde edilen aglomeratların, 7.43 kg/ton'da elde edilenlerden daha büyük olduğu gözlenmektedir.

1.63 kg/ton NaOH ve Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kullanmadan elde edilen aglomeratların MgO verimi %81.63 iken; 1.63 kg/ton NaOH ve 4.95 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarında elde edilenlerin MgO verimi %83.10'a yükselmektedir. pH'nın 10.78'den 10.87'ye yükseltilmesiyle oleik asitin çözünürlüğünün artması ve süspansiyondaki Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> iyonlarının (CO<sub>3</sub>)<sup>-2</sup> iyonları tarafından çöktürülmesiyle bu iyonların tüketileceği oleat iyonlarının süspansiyonda kalması, süspansiyonda oleat iyonları konsantrasyonunda bir artışa neden olur. Böylece manyezitin hidrofobluğu ve gazyağının bağlayıcılık verimi artar ve MgO verimi yükselir.

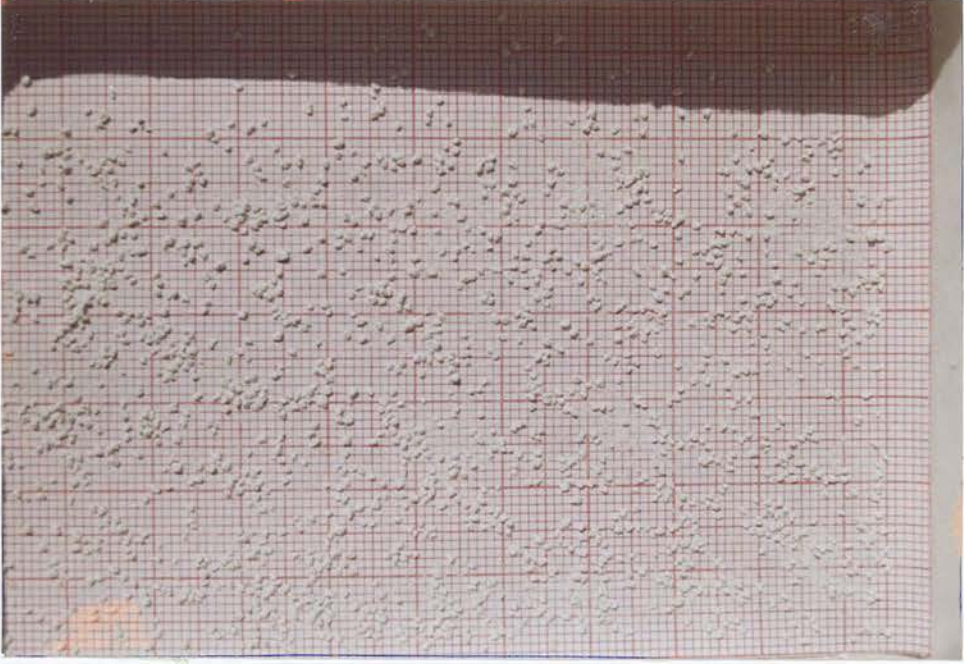
1.63 kg/ton NaOH ve 4.95 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarında verim maksimum değeri olan %83.10 iken; 1.63 kg/ton NaOH ve 9.91 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarında %77.02'ye düşmektedir. 4.95 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarından sonra süspansiyona eklenen Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, pH'yı yükselterek oleik asitin çözünürlüğünü arttırır. Ayrıca, Mg<sup>2+</sup> ve Ca<sup>2+</sup> iyonlarını çöktürmeye devam eder. Böylece oleat iyonları süspansiyonda sürekli artar. Bu artış, oleat iyonlarının manyezit yüzeyinde laminer misel şeklinde adsorplanmasına (oleat iyonlarının polar kısımlarının süspansiyona doğru yönelmesine) neden olur. Bu şekildeki adsorplanma manyezit yüzeyini hidrofilik yapar ve verim düşüşüne neden olur.

7.43 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarında elde edilen aglomeratların; 2.48 kg/ton'da elde edilenlerden küçük olmasının nedeninin, oleat iyonlarının manyezit yüzeyinde laminer misel şeklinde adsorplanmasından kaynaklandığı sanılmaktadır.

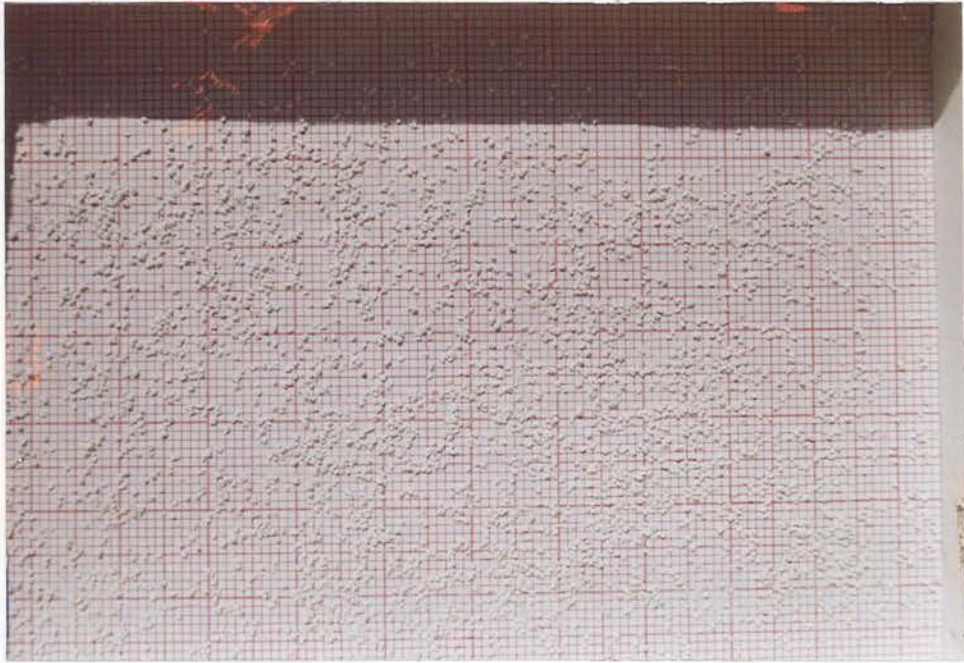
En yüksek MgO verimi 1.63 kg/ton NaOH ve 4.95 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarında elde edildiğinden, bundan sonraki deneyde Mg<sup>2+</sup> ve Ca<sup>2+</sup> iyonlarını çöktürmek için 1.63 kg/ton NaOH ve 4.95 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kullanılarak oleik asit tüketimi incelenmiştir.

Çizelge 5.10. Manyezitin aglomerasyonunda pH düzenleyici olarak NaOH kullanıldığında,  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonlarının çöktürülmesi için optimum  $Na_2CO_3$  miktarının saptanması.

NaOH Miktarı (kg/t)	$Na_2CO_3$ Miktarı (kg/t)	pH	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	$SiO_2$ (%)	$Fe_2O_3$ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
1.63	0.00	10.78	Aglomerat	85.54	79.94	1.22	0.43	1.82	45.76	50.57	81.63
			Artık	21.46	20.06	37.11	3.52	1.27	41.03	16.87	18.37
1.63	2.48	10.84	Aglomerat	87.14	81.44	1.34	0.43	1.79	45.68	50.56	83.02
			Artık	19.86	18.56	39.49	3.77	1.36	40.99	14.19	16.98
1.63	4.95	10.87	Aglomerat	86.90	81.21	1.26	0.36	1.77	45.85	50.56	83.10
			Artık	20.10	18.79	39.37	4.03	1.45	40.31	14.64	16.90
1.63	7.43	10.91	Aglomerat	85.56	79.96	1.05	0.33	1.78	45.89	50.75	81.89
			Artık	21.44	20.04	37.83	3.92	1.43	40.50	16.12	18.11
1.63	9.91	10.92	Aglomerat	80.97	75.67	1.14	0.39	1.78	45.61	50.88	77.02
			Artık	26.03	24.33	31.06	3.10	1.49	42.33	21.82	22.98
Beslenen				107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



(a)



(b)

Şekil 5.7. Manyezitin aglomerasyonunda pH düzenleyici olarak NaOH kullanıldığında,  $Mg^{+2}$  ve  $Ca^{+2}$  iyonlarının çöktürülmesinde  $Na_2CO_3$  miktarının etkisi: a) 2.48 kg/ton  $Na_2CO_3$ , b) 7.43 kg/ton  $Na_2CO_3$ .

B) Optimum  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  miktarında oleik asit tüketiminin azaltılması

Optimum  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  miktarında oleik asit tüketimini saptamak için yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları aşağıda; elde edilen sonuçlar ise Çizelge 5,11'de verilmiştir.

Suspansiyon sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
$\text{NaOH}$ (kg/ton)	:1.63
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ (kg/ton)	:4.95
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:4.30, 4.49, 4.86
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:4
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

1.63 kg/ton  $\text{NaOH}$  miktarında, %82.55  $\text{MgO}$  verimiyle aglomerat elde etmek için gerekli minimum oleik asit miktarı 5.05 kg/ton'dur (Bkz. Çizelge 5,9). Fakat; Çizelge 5,11'den görüldüğü gibi, 1.63 kg/ton  $\text{NaOH}$  ve 4.95 kg/ton  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  miktarında, %80.83  $\text{MgO}$  verimiyle aglomerat elde etmek için gerekli olan minimum oleik asit miktarı 4.49 kg/ton'dur.

$\text{MgO}$  verimleri yaklaşık olarak eşit kabul edilirse;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  kullanımı ile oleik asit tüketiminden 0.56 kg/ton'luk (%11'lik) bir tasarruf sağlanmıştır. Bu tasarrufun nedeni, oleik asitin çözünürlülüğünün artması ve  $(\text{CO}_3)^{-2}$  iyonlarının  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  iyonlarını çöktürerek bu iyonların oleik asit tüketmesine engel olmasıdır.

Çizelge 5.11. Manyezitin aglomerasyonunda pH düzenleyici olarak NaOH; Mg<sup>+2</sup> ve Ca<sup>+2</sup> iyonlarının çöktürülmesi için Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kullanıldığında, optimum Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarında oleik asit tüketiminin azaltılması.

NaOH Miktarı (kg/t)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Miktarı (kg/t)	Oleik Asit Miktarı (kg/t)	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
1.63	4.95	4.30	Flok oluşumu								
1.63	4.95	4.49	Aglomerat	83.23	77.79	0.93	0.35	1.73	46.56	50.23	80.83
			Artık	23.77	22.21	34.65	3.50	1.64	38.69	21.32	19.17
1.63	4.95	4.86	Aglomerat	85.59	79.99	1.09	0.45	1.75	46.47	50.04	82.95
			Artık	21.41	20.01	37.72	3.45	1.55	38.17	18.91	17.05
Beslenen				107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



5.3.3.2. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ın pH düzenleyici ve Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> iyonlarını çöktürücü olarak kullanılması

- A) pH'nin düzenlenmesi ve süspansiyondaki Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> iyonlarının çöktürülmesi için optimum Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarının saptanması

Ortamın pH'sinin düzenlenmesi ve süspansiyondaki Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> iyonlarının çöktürülmesi için gereken Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarının saptanması amacıyla yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları aşağıda; elde edilen sonuçlar ise Çizelge 5,12 ve Şekil 5,8'de verilmiştir.

Süspansiyon sıcaklığı(°C)	:27
Süspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (kg/ton)	:4.31, 4.95, 7.43, 9.91, 14.86, 17.34
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:5.05
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

Çizelge 5,12 ve Şekil 5,8'den, pH 10.16'ya kadar aglomeratların MgO verimlerinin ve çaplarının arttığı, daha sonra her ikisinde azaldığı görülmektedir.

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarı arttıkça, pH arttığından oleik asitin çözünürlüğü ve süspansiyonda çöken Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> iyon miktarı artar. Oleik asitin çözünürlüğünün artması ve Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> iyonlarının tüketeceği oleat iyonlarının süspansiyonda kalması, oleat iyonları konsantrasyonunda bir artışa neden olur. Oleat iyonları konsantrasyonundaki bu artış, manyezitin hidrofobluğunu ve gazyağının bağlayıcılık verimini arttırır. Ancak; Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ın belirli bir miktardan fazla kullanılması; oleat iyonlarının

konsantrasyonunu çok fazla arttırarak, oleat iyonlarının manyezit yüzeyinde laminer misel şeklinde adsorplanmasına neden olur.

pH 9.88'den 10.16'ya kadar aglomeratların MgO verimlerinin ve çaplarının artmasına, suspansiyonda oleat iyon konsantrasyonunun artması neden gösterilebilir. pH 10.16'dan sonra aglomeratların MgO verimlerinin ve çaplarının azalmasının nedeni ise oleat iyonlarının manyezit yüzeyinde laminer misel şeklinde adsorplanması ile açıklanabilir.

pH 10.07 ve 10.50'de elde edilen aglomeratların verimi yeterince yüksek olduğundan, bundan sonraki deneylerde her iki pH'da oleik asit tüketimi incelenmiş ve tüketimler karşılaştırılmıştır.

#### B) Optimum $\text{Na}_2\text{CO}_3$ miktarlarında oleik asit tüketiminin azaltılması

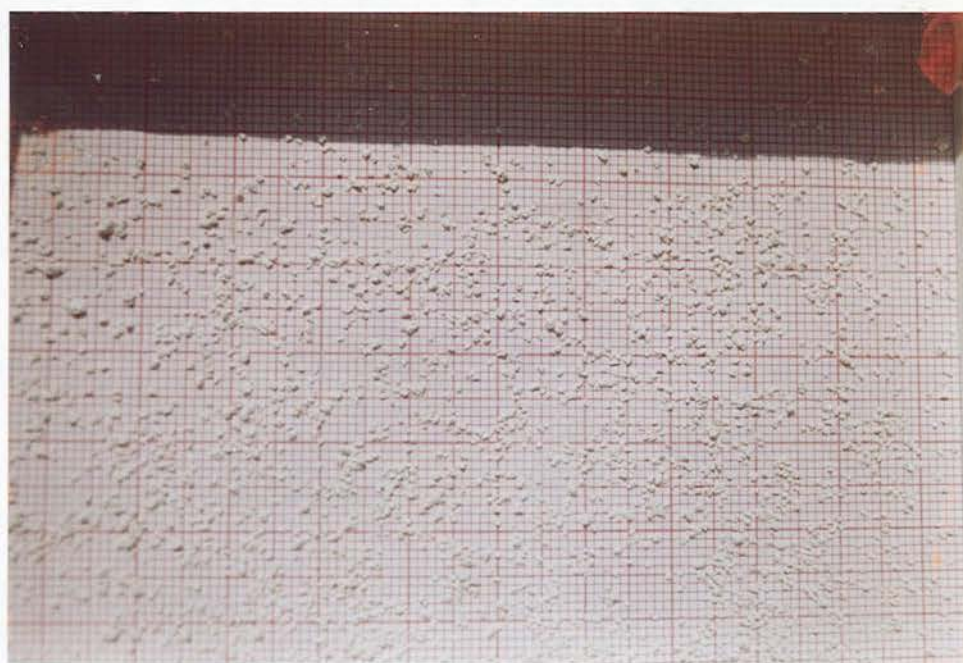
Optimum  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  miktarlarında oleik asit tüketimini saptamak için yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları aşağıda; elde edilen sonuçlar ise Çizelge 5,13 ve Şekil 5,9'da verilmiştir.

##### 4.95 kg/ton $\text{Na}_2\text{CO}_3$ miktarı için:

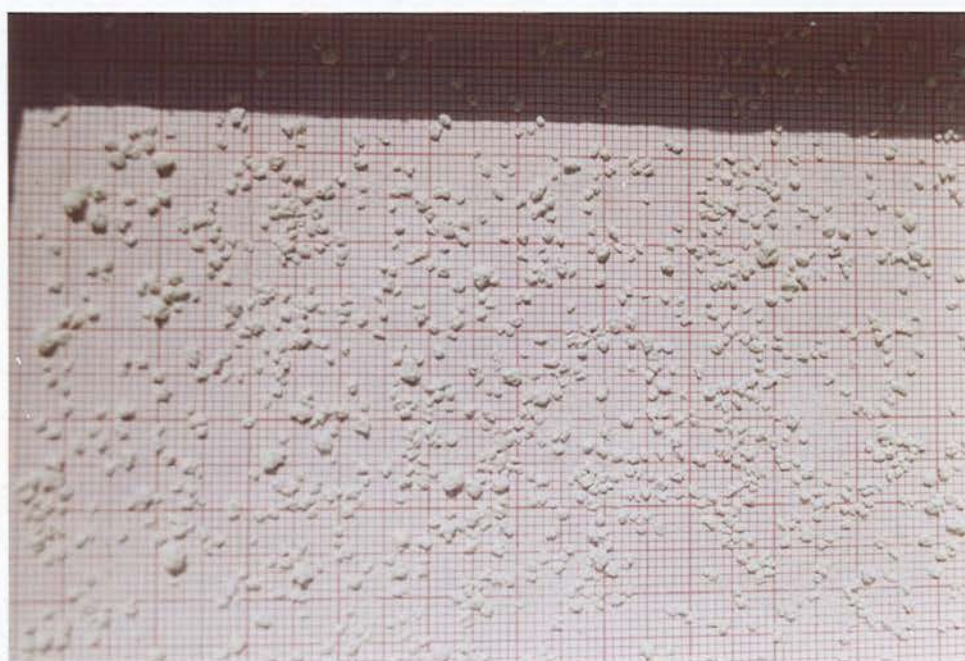
Suspansiyon sıcaklığı(°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ (kg/ton)	:4.95
Gazyagı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:4.86, 5.05
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Agglomerasyon süresi (dakika)	:5

Çizelge 5.12. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nın düzenlenmesi ve Mg<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup> iyonlarının çöktürülmesi için optimum Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarının saptanması.

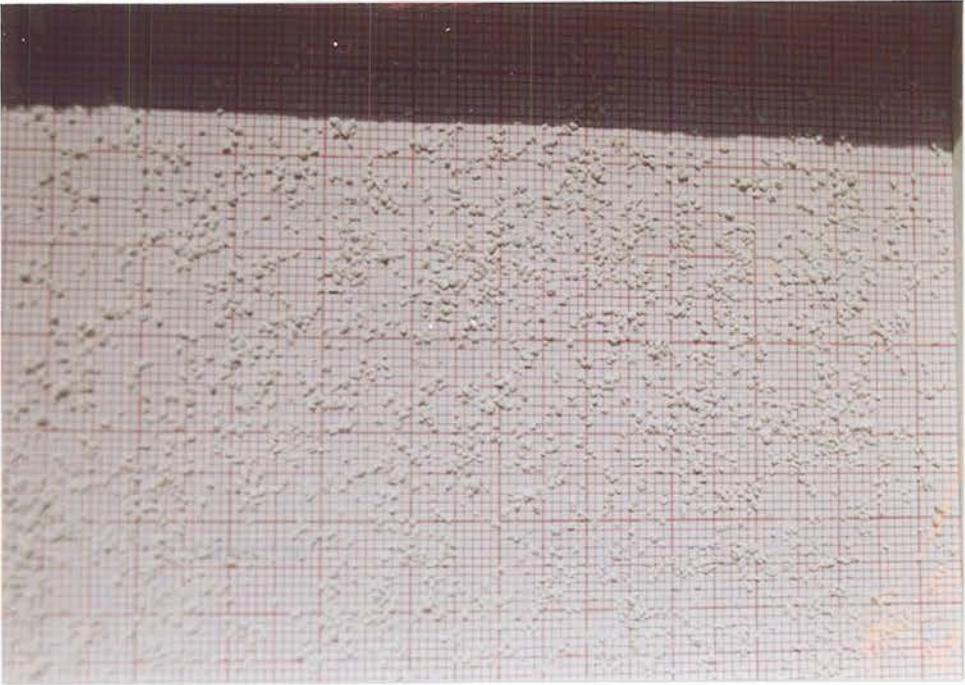
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Miktarı (kg/ton)	pH	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
4.31	9.88	Aglomerat	83.89	78.40	0.93	0.30	1.78	45.95	50.84	80.40
		Artık	23.11	21.60	35.61	3.77	1.46	40.67	18.29	19.60
4.95	10.07	Aglomerat	86.25	80.61	1.09	0.32	1.80	45.61	50.98	82.05
		Artık	20.75	19.39	38.89	4.08	1.34	41.49	14.00	17.95
7.43	10.16	Aglomerat	87.66	81.93	1.24	0.34	1.80	45.70	50.72	83.56
		Artık	19.34	18.07	40.97	4.27	1.30	40.78	12.48	16.44
9.91	10.36	Aglomerat	87.54	81.81	1.20	0.35	1.80	45.67	50.78	83.38
		Artık	19.46	18.19	40.89	4.20	1.31	40.94	12.46	16.62
14.86	10.50	Aglomerat	86.81	81.13	1.13	0.32	1.81	45.67	50.87	82.69
		Artık	20.19	18.87	39.76	4.19	1.28	41.11	13.46	17.31
17.34	10.52	Aglomerat	79.90	74.67	1.15	0.32	1.86	45.70	50.77	76.15
		Artık	27.10	25.33	29.85	3.20	1.27	42.19	23.29	23.85
Beslenen			107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.8. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nın düzenlenmesi ve  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  iyonlarının çöktürülmesinde,  $Na_2CO_3$  miktarının etkisi: a) 4.31 kg/ton  $Na_2CO_3$ , b) 7.43 kg/ton  $Na_2CO_3$ , c) 14.86 kg/ton  $Na_2CO_3$ .

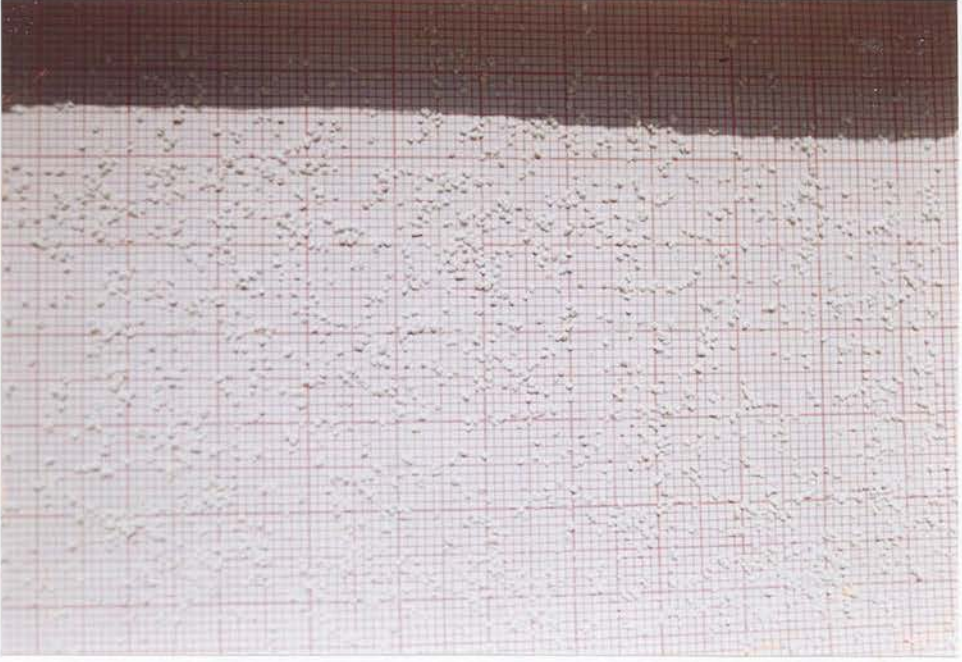
14.86 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarı için:

Suspansiyon sıcaklığı(°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (kg/ton)	:14.86
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:3.74, 4.11, 4.49, 4.86
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

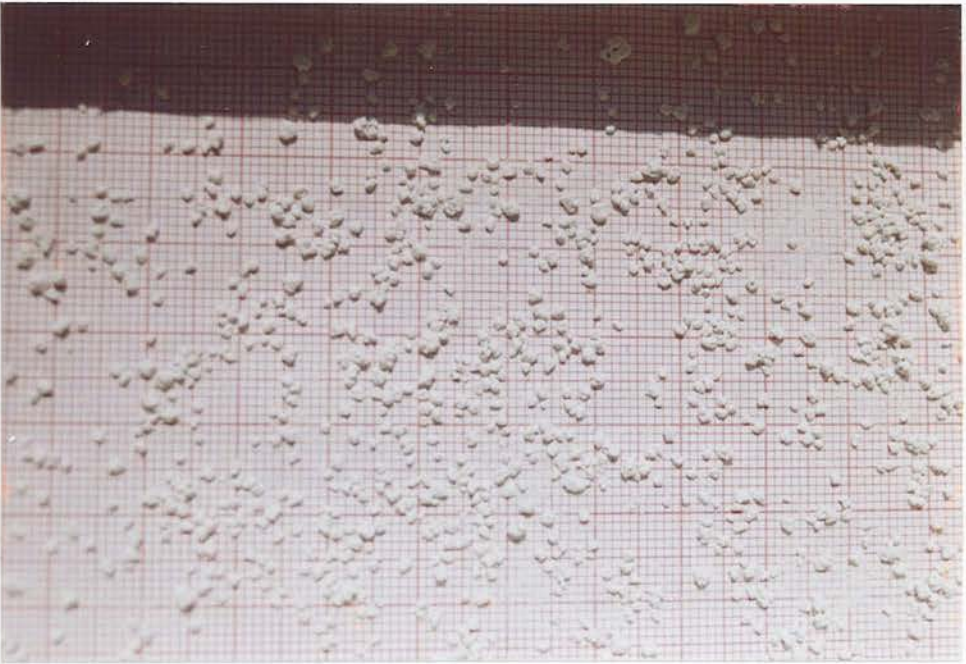
Çizelge 5,13'den görüldüğü gibi; 4.95 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarında, %82.42 MgO verimiyle aglomerat elde etmek için gerekli minimum oleik asit miktarı 5.05 kg/ton iken; 14.86 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarında, %84.51 MgO verimiyle aglomerat elde etmek için gerekli olan minimum oleik asit miktarı 4.11 kg/ton'dur.

MgO verimleri yaklaşık olarak eşit kabul edilirse; 14.86 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kullanımı ile oleik asit tüketiminden 0.94 kg/ton'luk (%19'luk) bir tasarruf sağlanmıştır. Bu tasarrufun nedeni, (CO<sub>3</sub>)<sup>-2</sup> iyonlarının Mg<sup>+2</sup> ve Ca<sup>+2</sup> iyonlarının oleik asit tüketimine engel olması; oleik asitin çözünürlülüğünün artmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 5,9'dan da, 14.86 kg/ton Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarında; 4.11 kg/ton oleik asit tüketimi ile elde edilen aglomeratların çapının, 4.86 kg/ton oleik asit ile elde edilenlerden daha küçük olduğu görülmektedir. Oleik asit miktarı arttıkça; gazyağının bağlayıcılık veriminin ve nötral oleik asit miktarının suspansiyonda artması, aglomeratların çaplarının büyümesine neden olarak gösterilebilir.



(a)



(b)

Şekil 5.9. Manyezitin aglomerasyonunda pH'nın düzenlenmesi ve  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  iyonlarının çöktürülmesinde  $Na_2CO_3$  kullanıldığında, oleik asit miktarının etkisi: a) 4.11 kg/ton oleik asit, b) 4.86 kg/ton oleik asit.

#### 5.3.4. Oleik asit yerine sodyum oleat'ın toplayıcı olarak kullanılması

Toplayıcı tüketimini arttıran nedenlerden bir diğeri de oleik asitin tam olarak iyonlaşmamasıdır. Sodyum oleat bir tuz olduğundan tamamen iyonlaşabilme özelliğine sahiptir.

Oleik asit yerine sodyum oleat kullanılarak; toplayıcı tüketiminden tasarruf sağlamak amacı ile yapılan deneylerde, malzeme kullanım sırası ve deney koşulları aşağıda; elde edilen sonuçlar ise Çizelge 5,14 ve Şekil 5,10'da verilmiştir.

##### Sodyum oleat için:

Suspansiyon sıcaklığı(°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (kg/ton)	:4.95
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Sodyum oleat (kg/ton)	:4.77, 4.95, 5.14
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

##### Oleik asit için:

Suspansiyon sıcaklığı(°C)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (kg/ton)	:4.95
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:4.86, 5.05
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5



Çizelge 5,14'den görüldüğü gibi, %84.06 MgO verimiyle aglomerat elde etmek için gerekli sodyum oleat miktarı 4.95 kg/ton iken; %82.42 MgO verimiyle aglomerat elde etmek için gereken oleik asit miktarı ise 5.05 kg/ton'dur.

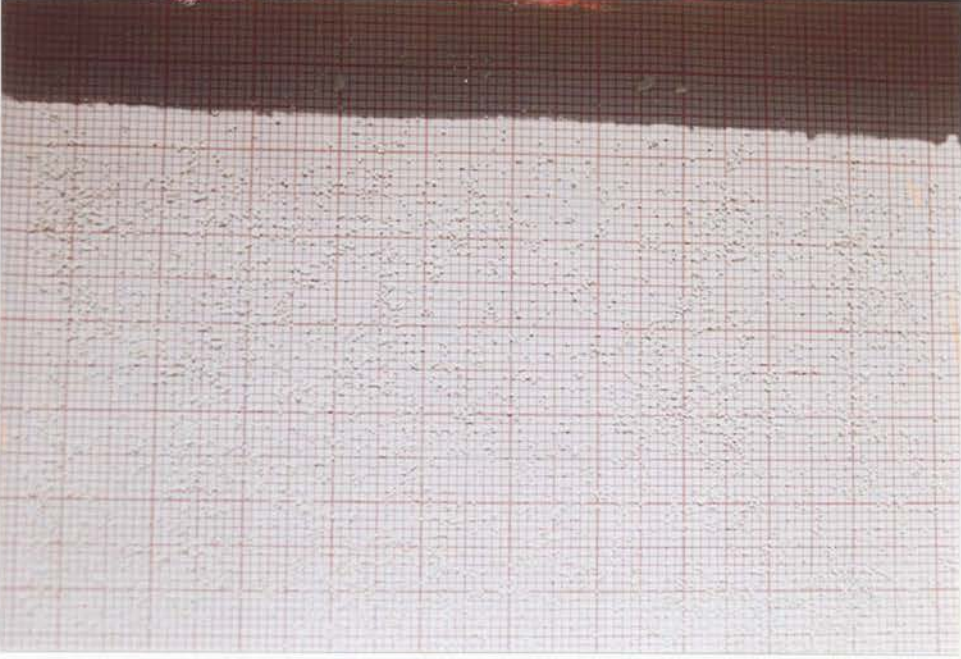
MgO verimleri yaklaşık eşit kabul edilirse; oleik asit yerine sodyum oleat kullanılması ile, toplayıcı tüketiminden 0.10 kg/ton'luk (%2'lik) bir tasarruf sağlanmıştır.

Glembotskii, et al., 1972'ye göre; alkali pH'larda, toplayıcı olarak oleik asit kullanma ile sodyum oleat kullanma arasında bir fark yoktur. Sodyum oleat tamamen iyonlaşır, fakat; oleat iyonlarının bir kısmı hidroliz olarak süspansiyonda oleik asite dönüştüğünden, oleat iyonları ile beraber belirli miktarda oleik asit her zaman süspansiyonda bulunur. Bu yüzden oleik asit ile sodyum oleat yaklaşık aynı toplayıcı özelliği göstermiştir. Aralarındaki %2'lik farkın her iki toplayıcının farklı firmalar tarafından üretilmesinden kaynaklandığı sanılmaktadır.

Şekil 5,10'dan da, 4.77 kg/ton sodyum oleat tüketimi ile elde edilen aglomeratların çapının, 5.14 kg/ton ile elde edilenlerden daha küçük olduğu görülmektedir. Sodyum oleat miktarı arttıkça; gazyağının bağlayıcılık veriminin ve nötral oleik asit miktarının süspansiyonda artması, aglomeratların çaplarının buyumesine neden gösterilebilir.

Çizelge 5.14. Manyezitin aglomerasyonunda toplayıcı olarak oleik asit yerine sodyum oleat kullanılmasının etkisi.

Toplayıcı Cinsi	Toplayıcı Miktarı (kg/ton)	Ürünler	Ağırlık (gr)	Ağırlık (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	MgO Verimi (%)
Sodyum oleat	4.77	Aglomerat	26.63	24.89	0.61	0.40	1.76	46.44	50.59	25.80
		Artık	80.37	75.11	11.01	1.27	1.69	44.27	41.56	74.20
	4.95	Aglomerat	86.23	80.59	0.87	0.40	1.69	46.74	50.10	84.06
		Artık	20.77	19.41	39.77	3.75	1.79	36.80	17.69	15.94
	5.14	Aglomerat	85.91	80.29	0.94	0.35	1.82	46.49	50.20	83.30
		Artık	21.09	19.71	38.89	3.90	1.26	37.97	17.78	16.70
Oleik asit	4.86	Flok oluşumu								
	5.05	Aglomerat	85.23	79.65	1.00	0.35	1.79	46.37	50.29	82.42
		Artık	21.77	20.35	37.46	3.79	1.40	38.70	18.45	17.58
Beslenen			107.00	100.00	8.42	1.05	1.71	44.81	43.81	100.00



(a)



(b)

Şekil 5.10. Manyezitin aglomerasyonunda sodyum oleat miktarının etkisi: a) 4.77 kg/ton sodyum oleat, b) 5.14 kg/ton sodyum oleat.

## 6. SONUÇLAR

1. Yaklaşık aynı MgO veriminde, boyut gruplarına ayırarak manyetik ayırma ile elde edilen konsantre, doğrudan manyetik ayırma ile elde edilenden daha az SiO<sub>2</sub> içermektedir.

2. Suspansiyon sıcaklığı, oleik asit ve gazyağı miktarı arttıkça aglomeratların çapı artmaktadır.

3. 27°C suspansiyon sıcaklığına, 5.23 kg/ton oleik asit ve 97.15 kg/ton gazyağı miktarına kadar aglomeratların MgO verimi artmakta ve daha sonra sabit kalmaktadır.

4. Aglomerasyon süresi arttıkça aglomeratların çapı ve MgO verimi artmaktadır.

5. pH 10.75'e kadar aglomeratların çapı ve MgO verimi artmakta daha sonra her ikiside azalmaktadır.

6. Toplayıcı tüketimini azaltmak için yapılan deneylerden:

a) Cevherin suda çözünmesine fırsat tanımadan, Mg<sup>+2</sup> ve Ca<sup>+2</sup> iyonlarının suspansiyona geçişini önleme ile (sıfır dakika dağıtma süresi) oleik asit tüketiminden %8'lik bir tasarruf sağlanmıştır.

b) 7 dakika dağıtma süresinde, pH'yı arttırarak oleik asitin çözünürlüğünü arttırma ile toplayıcı tüketiminden tasarruf sağlanamamıştır.

c) 7 dakika dağıtma süresinde, NaOH'i pH düzenleyici, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ı Mg<sup>+2</sup> ve Ca<sup>+2</sup> iyonlarını çöktürücü olarak kullanma ile oleik asit tüketiminden %11'lik bir tasarruf sağlanmıştır.

d) 7 dakika dağıtma süresinde, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ı pH düzenleyici ve Mg<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup> iyonlarını çöktürücü olarak kullanma ile oleik asit tüketiminden %19'luk bir tasarruf sağlanmıştır.

e) 7 dakika dağıtma süresinde, toplayıcı olarak oleik asit yerine sodyum oleat kullanma ile toplayıcı tüketiminden %2'lik bir tasarruf sağlanmıştır.

7. Yağ aglomerasyonu deneylerinde tüketilen oleik asit ve gazyağı miktarı oldukça fazladır. %8.42 SiO<sub>2</sub>, %1.05 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.71 CaO, %43.81 kızdırma kaybı ve %44.81 MgO içeren bir manyezit cevherinden, yağ aglomerasyonu ile aşağıdaki optimum koşullarda,

Suspansiyon sıcaklığı (oC)	:27
Suspansiyon yoğunluğu (%)	:10
Dağıtma süresi (dakika)	:7
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (kg/ton)	:14.86
Gazyağı (kg/ton)	:89.95
Oleik asit (kg/ton)	:4.11
Toplam kıvamlama süresi (dakika)	:3
Aglomerasyon süresi (dakika)	:5

%84.51 MgO verimiyle, %1.07 SiO<sub>2</sub>, %0.40 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1.72 CaO, %49.82 kızdırma kaybı ve %46.79 MgO içeren bir konsantre elde edilmiştir.

### ÖNERİLER

1. Gang minerallerini bastırmak için çeşitli bastırıcılar (sodyum silikat, kalgon gibi) denenmelidir.
2. Gazyağını geri kazanma olanakları araştırılmalıdır.
3. Yöntemin ekonomik analizi yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR DIZINI

- Ahmed, N., Galbois, N., Kocabağ, D., Russo, P., Simpson, G., Smith, M.R. and Tarasova, I., 1986, Separation of fine sulphide mineral particles by two liquid flotation and spherical agglomeration, 1. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu, 29 Eylül-1 Ekim, İzmir, 387-406.
- Akar, A., 1983, Selektif aglomerasyon yöntemi ile antimonit cevherlerinin zenginleştirilmesi ve arsenikten arındırılması, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 8. Kongresi, 21-25 Şubat, Ankara, 179-196.
- Anon., 1987, Refractory magnesia, Industrial Minerals, February, 35-40.
- Aytekin, V., 1977, Konya civarındaki magnezit cevherlerinin konsantrasyonu ve sinterlenmesi ile ilgili etüd-araştırma çalışmaları hakkında kesin rapor, I.T.U. Maden Fakültesi, 194 s. (yayımlanmamış).
- Bozkurt, R., Özdağ, H. ve Gezgin, N., 1988, Manyezit zenginleştirme atıklarının değerlendirilmesi, 2. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu, Y. Aytekin (Ed.), Ofis Ticaret Matbaacılık Ltd., İzmir, 842 s.
- Brandao, P.R.G. and Poling, G.W., 1982, Anionic flotation of magnesite, Canadian Metallurgical Quarterly, 21, 211-220.
- Budnikov, P.P., 1964, The technology of ceramics and refractories, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 249-270.
- Can, S., Eren, E. ve Inel, I., 1982, Erzincan-Çayırılı-Çataksu manyezitlerinin teknolojik değerlendirme çalışmaları, MTA Enstitüsü, Teknoloji Dairesi Başkanlığı, Endüstriyel Hammaddeler ve Seramik Servisi, 33 s. (yayımlanmamış).
- Capes, C.E., McIlhinney, A.E. and Sirianni A.F., 1977, Agglomeration from liquid suspension, Agglomeration 77, K.V.S. Sastry (Ed.), AIME, New York, 910-930.
- Capes, C.E., Coleman, R.D. and Thayer, W.L., 1985, Oil agglomeration for fine coal processing, Proc. 4th International Symposium on Agglomeration, Toronto, June 2-5, 857-866.
- Coope, B., 1987, The world magnesia industry, Industrial Minerals, February, 21-31.

## KAYNAKLAR DIZINI (devam)

- Coope, B., 1989, Magnesia markets, Industrial Minerals, September, 45-57.
- Davutoğlu, A., 1978, Refrakter malzemenin genel nitelikleri, TMMOB Metalurji Muhendisleri Odası, 20, 3-13.
- Devlet İstatistik Enstitüsü, 1985-1988, Türkiye manyezit ve magnezya ihracatı, Dış Ticaret İstatistikleri.
- Devlet İstatistik Enstitüsü, 1985-1988, Türkiye manyezit ve magnezya ithalatı, Dış Ticaret İstatistikleri.
- Devlet İstatistik Enstitüsü, 1985-1988, Türkiye manyezit tuğla ithalatı ve ihracatı, Dış Ticaret İstatistikleri.
- Devlet İstatistik Enstitüsü, 1989, Türkiye ham manyezit üretimi, Türkiye İstatistik Yıllığı.
- Devlet İstatistik Enstitüsü, 1989, Türkiye sinter ve kalsine magnezya üretimi, Türkiye İstatistik Yıllığı.
- Duncan, L.R., 1986, Synthetic and natural magnesiya, Industrial Minerals, July, 43-49.
- Ersayın, S., Ergün, Ş.L. ve Gülsoy, Ü.Y., 1991, Manyezit artıklarının manyetik ayırıcılarla zenginleştirilmesi, TMMOB Maden Muhendisleri Odası, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 12. Kongresi, 13-16 Mayıs, Ankara, 253-263.
- Glembotskii, V.A., Klassen, V.I. and Plaksin, I.N., 1972, Flotation, (Translated by R.E. Hammond), Primary Sources, New York, 633 p.
- Gündüz, T., 1974, Kantitatif analiz laboratuvar kitabı, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, 119/3, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Gündüz, Y., 1984, Demir çelik sanayiinde bazı refrakterler, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü (SEGEM), 91 s. (yayımlanmamış).
- Kelsall, G.H. and Pitt, J.L., 1987, Spherical agglomeration of fine wolframite mineral particles, Chemical Engineering Science, 42, 679-688.
- Klassen, V.I. and Mokrousov, V.A., 1963, An introduction to the theory of flotation, Butterworths, London, 493 p.



## KAYNAKLAR DIZINI (devam)

- Kocaefe, M., 1982, Türkiye manyezit envanteri, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınlarından, 186, 78 s.
- Kramer, D.A., 1985, Magnesium, Mineral Facts and Problems, Bureau of Mines Bulletin, 675, 471-482.
- Kula, F., 1988, Kumaş tesisinin -4 mm boyutunun flotasyonla zenginleştirilmesi, Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 57 s. (yayımlanmamış).
- Matis, K.A. and Gallios, G.P., 1989, Anionic flotation of magnesium carbonates by modifiers, International Journal of Mineral Processing, 25, 261-274.
- Meadus, F.W. and Sparks, B.D., 1983, Effect of agglomerate pore structure on efficiency of solid-liquid separation by an agglomeration technique, Separation Science and Technology, J.C. Giddings (Ed.), Marcel Dekker, Inc., 18(4), 341-362.
- Mehrotra, V.P., Sastry, K.V.S. and Morey, B.W., 1983, Review of oil agglomeration techniques for processing of fine coals, International Journal of Mineral Processing, 11, 175-201.
- Nicol, S.K. and Brown, A., 1977, An experimental appraisal of the beneficiation of fine coal by selective agglomeration, Proceedings of Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 262, 49-55.
- Nicol, S.K., Day, J.C. and Swanson, A.R., 1980, Oil assisted dewatering of fine coal, Fine Particle Processing, P. Somasundaran (Ed.), AIME, New York, 1661-1675.
- Predali, J.J., 1969, Flotation of carbonates with salts of fatty acids, Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, September, C140-147.
- Shaw, D.J., 1966, Introduction to colloid and surface chemistry, Butterworths, London, 186 p.
- Sparks, B.D. and Wong, R.H.T., 1973, Selective spherical agglomeration of ilmenite concentrates, The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, January, 73-77.
- Uçbaş, Y., 1988, Oil agglomeration beneficiation of Zonguldak coal fines, M.S. Thesis, Middle East Technical University, 57 p. (unpublished).

## KAYNAKLAR DIZINI (devam)

- Wicken, O.M. and Duncan, L.R., 1983, Magnesite and related minerals, Industrial Minerals and Rocks, S.I. Lefond (Ed.), Society of Mining Engineers of AIME, New York, 805-820.
- Yehia, A., Youssef, M.A. and Boulos, T.R., 1990, Different alternatives for minimizing the collector consumption in phosphate fatty acid flotation, 3. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu, G. Ünal (Ed.), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 594 s.