

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YALVAÇ BÖLGESİ DÜŞÜK TENÖRLÜ CEVHERİ İÇİNDEKİ İLMENİT VE
HEMATİTİN FLOTASYON VE MANYETİK YÖNTEMLERLE AYRILMASI**

KÖKSAL YILMAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ÜRETİM METALURJİSİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Erdoğan Yiğit**

İSTANBUL, 2015

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YALVAÇ BÖLGESİ DÜŞÜK TENÖRLÜ CEVHERİ İÇİNDEKİ İLMENİT VE
HEMATİTİN FLOTASYON VE MANYETİK YÖNTEMLERLE AYRILMASI**

Köksal YILMAZ tarafından hazırlanan tez çalışması 16.01.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Üretim Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Erdoğan YİĞİT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Eş Danışman

Prof.Dr. Muhlis Nezihi SARIDEDE
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Erdoğan YİĞİT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet Rauf Birsehan MAHRAMANLIOĞLU
İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Ergün KELEŞOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 2011-07-02-YULAP 03 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tez konusunu bana vermek sureti ile ilgi duyduğum bilimsel bir konuda çalışma yapmamı sağlayan, çalışmalarım süresince her türlü desteğini aldığım, tecrübe fikir ve önerileri ile çalışmalarımaya ışık tutan değerli hocam Prof.Dr. Erdoğan YİĞİT ve Prof.Dr. Muhlis Nezih SARIDEDE Hocam'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2015

Köksal YILMAZ

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|-------|
| SİMGE LİSTESİ..... | vii |
| KISALTMA LİSTESİ | viii |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | ix |
| ÇİZELGE LİSTESİ | xi |
| ÖZET..... | xv |
| ABSTRACT | xvii |
| BÖLÜM 1 | |
| GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Literatür Özeti | 1 |
| 1.2 Tezin Amacı | 5 |
| 1.3 Hipotez | 5 |
| BÖLÜM 2 | |
| CEVHER ZENGİNLEŞTİRME | 6 |
| 2.1 Cevher Zenginleştirme Yöntemleri | 6 |
| 2.2 Manyetik Ayırma | 7 |
| 2.2.1 Düşük alan şiddetli manyetik ayırıcılar | 7 |
| 2.2.2 Yüksek alan şiddetli yağ manyetik yağ ayırıcılar..... | 8 |
| 2.3 Flotasyon | 8 |
| 2.3.1 Flotasyonda fazlar | 8 |
| 2.3.2 Mineral yüzeylerinin flotasyon özellikleri..... | 10 |
| 2.3.3 Flotasyon reaktifleri..... | 12 |
| 2.3.3.1 Toplayıcılar | 12 |
| 2.3.3.2 Köpürtücüler | 13 |
| 2.3.3.3 Kontrol reaktifleri..... | 15 |
| 2.4 İlmenitin Flotasyonu..... | 16 |

BÖLÜM 3

| | |
|--|----|
| REDÜKLEYİCİ KAVURMA | 19 |
| 3.1 Teori | 19 |
| 3.2 Hematitin redükleyici kavrulması | 20 |
| 3.3 İlmenitin kavrulması | 24 |

BÖLÜM 4

| | |
|--|----|
| DENEYSEL ÇALIŞMALAR | 27 |
| 4.1 Deneylere kullanılan cihaz ve malzemeler | 27 |
| 4.2 Deneylerin yapılışı | 30 |

BÖLÜM 5

| | |
|---|----|
| DENEY SONUÇLARI | 32 |
| 5.1 Manyetik Ayırma Deney Sonuçları | 33 |
| 5.2 Flotasyon Deney sonuçları | 57 |
| 5.3 Cevher Numunesinin Işık Mikroskopunda İncelenmesi | 90 |

BÖLÜM 6

| | |
|----------------------|-----|
| GENEL SONUÇLAR | 92 |
| KAYNAKLAR | 923 |
| ÖZGEÇMİŞ | 97 |

SİMGE LİSTESİ

| | |
|---------------|---|
| K_w | Suyun ayrılma veya iyonlaşma katsayısı |
| pH | Hidrojen iyonu konsantrasyonu |
| θ | Islanma temas açısı |
| γ_{SG} | Katı-gaz arafazı yüzey gerilim kuvveti |
| γ_{SL} | Katı-sıvı arafazı yüzey gerilim kuvveti |
| γ_{LG} | Sıvı-gaz arafazı yüzey gerilim kuvveti |
| Θ | Temas açısı |

KISALTMA LİSTESİ

| | |
|--------|--|
| LOI | Kızdırma kaybı |
| SEM | Scanning electron microscope |
| XRD | X-Ray diffraction |
| ICP | Inductively Coupled Plasma |
| İTÜ | İstanbul Teknik Üniversitesi |
| KOSGEB | Küçük ve orta ölçekli sanayi geliştirme başkanlığı |
| ACME | Acme Analytical Laboratories Ltd. |

ŞEKİL LİSTESİ

| | Sayfa |
|------------|--|
| Şekil 2. 1 | Rulo tipi manyetik ayırıcı temizleyici.....7 |
| Şekil 2. 2 | Bir hidrofob yüzey üzerinde hava kabarcığı ve su damlası durumu10 |
| Şekil 2. 3 | Bir hidrofil yüzey üzerinde hava kabarcığı ve su damlası durumu11 |
| Şekil 2. 4 | Köpürtücü moleküllerin su-hava ara yüzeylerinde adsorbsiyonu13 |
| Şekil 2. 5 | Köpürtücü moleküllerin hava kabarcığı iç yüzeyinde adsorbsiyonu.....14 |
| Şekil 2. 6 | Köpürtücü moleküllerin su üstünde bir köpükte adsorbsiyonu14 |
| Şekil 2. 7 | Değişik pH larda Pirit, Galen ve kalkopiritin dithiofosfatla flotasyonu16 |
| Şekil 2. 8 | Farklı ilmenit cevherlerinin değişik pH larda oleic asidin etkisi17 |
| Şekil 2. 9 | Flotasyon öncesi farklı asitlerin kullanılması ile titanyum kazanımı etkisi .17 |
| Şekil 3. 1 | 1:5 Oranında kömür tozu kullanılmasıyla farklı kavurma sıcaklıklarında zamanın manyetiklik özelliğine değişiminin etkisi21 |
| Şekil 3. 2 | 1:10 Oranında kömür tozu kullanılmasıyla farklı kavurma sıcaklıklarında zamanın manyetiklik özelliğine değişiminin etkisi21 |
| Şekil 3. 3 | Kömür oranının demir cevherine kazanımına etkisi22 |
| Şekil 3. 4 | Kavurma sıcaklığının cevherin kazanımına etkisi23 |
| Şekil 3. 5 | Kavurma zamanının etkisi.....24 |
| Şekil 3. 6 | İlmenitin oksidasyonla kavrulmasında zamanın fonksiyonu olarak manyetik özelliği.....25 |
| Şekil 3.7 | 1:10 Oranında kömür tozu kullanılmasıyla farklı kavurma sıcaklıklarında zamanın manyetiklik özelliğine değişiminin etkisi.25 |
| Şekil 4.1 | YTÜ Metalurji ve malzeme mühendisliği bölümündeki hammadde ve cevher hazırlama laboratuvarında bulunan çeneli kırıcı, konili kırıcı ve merdaneli kırıcılar27 |
| Şekil 4.2 | YTÜ Metalurji ve malzeme mühendisliği bölümündeki hammadde ve cevher hazırlama lab. bulunan flotasyon makinası ve flotasyon işlemi28 |
| Şekil 4.3 | KOSGEB İkitelli Metal laboratuvarı Elektromag marka yüksek sıcaklık kül fırını28 |
| Şekil 4.4 | İ.T.Ü Maden Fakültesi flotasyon cihazları.....28 |
| Şekil 4.5 | KOSGEB İkitelli Metal laboratuvarı Hanna marka pH metre cihazı29 |
| Şekil 5. 1 | Ham, 400-600-800 °C deki Redüklenme Sonucu Fe Analiz Oranları32 |
| Şekil 5. 2 | Ham, 400-600-800 °C deki Redüklenme Sonucu TiO ₂ Analiz Oranları32 |
| Şekil 5. 3 | 5000-20000 Gauss ile 400-600-800 °C deki Ayırma indeksi karşılaştırmaları(Fe _x O _y)41 |
| Şekil 5.4 | 5000-20000 Gauss ile 400-600-800 °C deki Ayırma indeksi |

| | | |
|-------------|---|----|
| | karşılaştırmaları(TiO_2) | 43 |
| Şekil 5. 5 | 5000-20000 Gauss ile 400-600-800 °C deki Ayırma indeksi karşılaştırmaları(Al_2O_3) | 45 |
| Şekil 5. 6 | 5000-20000 Gauss ile 400-600-800 °C deki Ayırma indeksi karşılaştırmaları(SiO_2) | 47 |
| Şekil 5. 7 | Farklı numune boyutlarının ham ve 800 °C deki redükleme ile Fe_xO_y Ayırma kriterine etkisi | 49 |
| Şekil 5. 8 | Farklı numune boyutlarının ham ve 800 °C deki redükleme ile TiO_2 Ayırma kriterine etkisi | 51 |
| Şekil 5. 9 | Farklı numune boyutlarının ham ve 800 °C deki redükleme ile Al_2O_3 Ayırma kriterine etkisi | 53 |
| Şekil 5. 10 | Farklı numune boyutlarının ham ve 800 °C deki redükleme ile SiO_2 Ayırma kriterine etkisi | 55 |
| Şekil 5. 11 | Işık mikroskobunda cevher resmi 50X | 91 |

ÇİZELGE LİSTESİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| Çizelge 2.1 Sülfürlü ve oksitli minerallerin β ıslanma temas açıları | 11 |
| Çizelge 2.2 İlmenitin Flotasyonunda Aktivatör olarak $Pb(NO_3)_2$ kullanımı | 18 |
| Çizelge 4.1 Flotasyonda kullanılan reaktifler ve içerikleri..... | 29 |
| Çizelge 5.1 100 Mesh elek altı 400 °C deki Redükleme ve 5000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri | 33 |
| Çizelge 5.2 100 Mesh elek altı 400 °C de Redükleme ile 5000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri | 33 |
| Çizelge 5.3 100 Mesh elek altı 400 °C de Redükleme ile 20000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri | 34 |
| Çizelge 5.4 100 Mesh elek altı 400 °C de Redükleme ile 20000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri | 34 |
| Çizelge 5.5 100 Mesh elek altı 600 °C de Redükleme ile 5000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri | 35 |
| Çizelge 5.6 100 Mesh elek altı 600 °C de Redükleme ile 5000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri | 35 |
| Çizelge 5.7 100 Mesh elek altı 600 °C de Redükleme ile 20000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri | 36 |
| Çizelge 5.8 100 Mesh elek altı 600 °C de Redükleme ile 20000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri | 36 |
| Çizelge 5.9 100 Mesh elek altı 800 °C de Redükleme ile 5000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri | 37 |
| Çizelge 5.10 100 Mesh elek altı 800 °C de Redükleme ile 5000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri | 37 |
| Çizelge 5.11 100 Mesh elek altı 800 °C de Redükleme ile 20000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri | 38 |
| Çizelge 5.12 100 Mesh elek altı 800 °C de Redükleme ile 20000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri | 38 |
| Çizelge 5.13 200 Mesh elek altı Ham malzeme 4000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri | 39 |
| Çizelge 5.14 200 Mesh elek altı 4000 gauss daki işlem sonucunda içerik ve Ayırma indeksleri | 39 |
| Çizelge 5.15 200 Mesh elek altı 800 °C deki redükleme ve 4000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri | 40 |
| Çizelge 5.16 200 Mesh elek altı 800 °C deki redükleme ile 4000 Gaussdaki işlem sonucunda içerik ve ayırma kriteri indeksleri..... | 40 |

| | |
|---|----|
| Çizelge 5.17 100 mesh boyutundaki numunelerin Fe_xO_y için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri | 41 |
| Çizelge 5.18 100 mesh boyutundaki numunelerin TiO_2 için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri | 43 |
| Çizelge 5.19 100 mesh boyutundaki numunelerin Al_2O_3 için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri | 45 |
| Çizelge 5.20 100 mesh boyutundaki numunelerin SiO_2 için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri | 47 |
| Çizelge 5.21 100-200 mesh boyutundaki numunelerin Fe_xO_y için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri | 49 |
| Çizelge 5.22 100-200 mesh boyutundaki numunelerin TiO_2 için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri | 51 |
| Çizelge 5.23 100-200 mesh boyutundaki numunelerin Al_2O_3 için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri | 53 |
| Çizelge 5.24 100-200 mesh boyutundaki numunelerin SiO_2 için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri | 55 |
| Çizelge 5.25 100 Mesh elek altı ham cevherin Aeromine 3030C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 57 |
| Çizelge 5.26 100 Mesh elek altı ham cevherin Aeromine 3030C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu içerik ve ayırma indeksleri | 57 |
| Çizelge 5.27 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aeromine 3030C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 58 |
| Çizelge 5.28 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aeromine 3030C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu içerik ve ayırma indeksleri | 58 |
| Çizelge 5.29 100 Mesh elek altı ham cevherin Succinamete kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 59 |
| Çizelge 5.30 100 Mesh elek altı ham cevherin Succinamete kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu içerik ve ayırma indeksleri..... | 59 |
| Çizelge 5.31 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Succinamete kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 60 |
| Çizelge 5.32 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 60 |
| Çizelge 5.33 100 Mesh elek altı ham cevherin Aero 6493C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 61 |
| Çizelge 5.34 100 Mesh elek altı ham cevherin Aero 6493 kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 61 |
| Çizelge 5.35 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 6493 kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 62 |
| Çizelge 5.36 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 6493 kollektör il (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 62 |
| Çizelge 5.37 100 Mesh elek altı ham cevherin Aero 825 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 63 |
| Çizelge 5.38 100 Mesh elek altı ham cevher Aero 825 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 63 |
| Çizelge 5.39 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 825 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 64 |

| | |
|--|----|
| Çizelge 5.40 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş Aero 825 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 64 |
| Çizelge 5.41 100 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 7) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 65 |
| Çizelge 5.42 100 Mesh elek altı ham cevher succinamate kollektör ile (pH 7) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 65 |
| Çizelge 5.43 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 7) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 66 |
| Çizelge 5.44 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 7) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 66 |
| Çizelge 5.45 100 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 67 |
| Çizelge 5.46 100 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 67 |
| Çizelge 5.47 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 68 |
| Çizelge 5.48 100 Mesh elek 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 68 |
| Çizelge 5.49 200 Mesh elek altı ham cevherin Aero 828 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 69 |
| Çizelge 5.50 200 Mesh elek altı ham cevher Aereo 828 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri..... | 69 |
| Çizelge 5.51 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 828 kollektör (pH4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 70 |
| Çizelge 5.52 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aereo 828 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 70 |
| Çizelge 5.53 200 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 71 |
| Çizelge 5.54 200 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 71 |
| Çizelge 5.55 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 72 |
| Çizelge 5.56 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 72 |
| Çizelge 5.57 200 Mesh elek altı ham cevherin Aero 801 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 73 |
| Çizelge 5.58 100 Mesh elek altı ham cevher Aero 801 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 73 |
| Çizelge 5.59 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 801 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri | 74 |
| Çizelge 5.60 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 801 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri | 74 |
| Çizelge 5.61 Anyonik reaktiflerin Fe _x O _y flotasyonuna etkisi-analizler ve içerikler..... | 75 |
| Çizelge 5.62 Anyonik reaktiflerin Fe _x O _y flotasyonuna etkisi-ayırma indeksleri | 76 |
| Çizelge 5.63 Succinamate reaktifinin farklı pH larda Fe _x O _y flotasyonuna etkisi- Analizler ve içerikler | 77 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Çizelge 5.64 | Succinamate reaktifinin farklı pH larda Fe_xO_y flotasyonuna etkisi–ayırma indeksi..... | 77 |
| Çizelge 5.65 | Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda Fe_xO_y flotasyonuna etkisi analizler ve içerikler | 78 |
| Çizelge 5.66 | Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda Fe_xO_y flotasyonuna etkisi ayırma indeksi | 78 |
| Çizelge 5.67 | Anyonik reaktiflerin TiO_2 flotasyonuna etkisi-analizler ve içerikler..... | 79 |
| Çizelge 5.68 | Anyonik reaktiflerin TiO_2 flotasyonuna etkisi-ayırma indeksleri..... | 80 |
| Çizelge 5.69 | Succinamate reaktifinin farklı pH larda TiO_2 flotasyonuna etkisi–analizler ve içerikler | 81 |
| Çizelge 5.70 | Succinamate reaktifinin farklı pH larda TiO_2 flotasyonuna etkisi ayırma indeksleri..... | 81 |
| Çizelge 5.71 | Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda TiO_2 flotasyonuna etkisi– analizler ve içerikler | 82 |
| Çizelge 5.72 | Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda TiO_2 flotasyonuna etkisi–ayırma indeksleri | 82 |
| Çizelge 5.73 | Anyonik reaktiflerin Al_2O_3 flotasyonuna etkisi-analizler ve içerikler | 83 |
| Çizelge 5.74 | Anyonik reaktiflerin Al_2O_3 flotasyonuna etkisi-ayırma indeksleri | 84 |
| Çizelge 5.75 | Succinamate reaktifinin farklı pH larda Al_2O_3 flotasyonuna etkisi–analizler ve içerikler | 85 |
| Çizelge 5.76 | Succinamate reaktifinin farklı pH larda Al_2O_3 flotasyonuna etkisi–ayırma indeksleri | 85 |
| Çizelge 5.77 | Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda Al_2O_3 flotasyonuna etkisi analizler ve içerikler | 86 |
| Çizelge 5.78 | Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda Al_2O_3 flotasyonuna etkisi ayırma indeksleri | 86 |
| Çizelge 5.79 | Anyonik reaktiflerin SiO_2 flotasyonuna etkisi-analizler ve içerikler..... | 87 |
| Çizelge 5.80 | Anyonik reaktiflerin SiO_2 flotasyonuna etkisi-ayırma indeksleri | 88 |
| Çizelge 5.81 | Succinamate reaktifinin farklı pH larda SiO_2 flotasyonuna etkisi–analizler ve içerikler | 89 |
| Çizelge 5.82 | Succinamate reaktifinin farklı pH larda SiO_2 flotasyonuna etkisi–ayırma indeksleri | 89 |
| Çizelge 5.83 | Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda Al_2O_3 flotasyonuna etkisi analizler ve içerikler | 90 |
| Çizelge 5.84 | Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda Al_2O_3 flotasyonuna etkisi ayırma indeksleri | 90 |

**YALVAÇ BÖLGESİ DÜŞÜK TENÖRLÜ BOKSİT CEVHERİ İÇİNDEKİ İLMENİT VE
HEMATİTİN FLOTASYON VE MANYETİK YÖNTEMLERLE AYRILMASI**

Köksal YILMAZ

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÜRETİM METALURJİSİ

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erdoğan YİĞİT

Eş Danışman: Prof.Dr. Nezihi SARIDEDE

Titanyum Cevherlerinden ilmenitin flotasyon işlemine reaktiflerin etkisi incelendiğinde; flotasyon öncesi işlemler, kolektör tipleri ve pH ın etkisi önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir. Flotasyon işlemine en önemli etkinin succinamate reaktifi olduğu belirlenmiştir. Hematit, manyetit, rutil ve ilmenit gibi titanyumlu cevherlerin yüzey özellikleri birbirine yakındır. Demir cevherlerinin yüzdürülmesi direkt flotasyon veya silisli gang minerallerin yüzdürülmesi endirekt flotasyon ile 2 ayrı şekilde yapılabilir. Demir cevherleri içerisinde hematit ve manyetit en çok kullanılan üründür. Demir cevherlerinin köpük flotasyonu sürekli gelişmektedir Yüzey özelliklerinin hidrofob ve hidrofil olmaları ile birlikte flotasyon özellikleri elde edilmektedir.

Boksit cevherinin içerisinde yer alan demir ve titanyum elementlerinin flotasyon gibi ekonomik yöntemlerle ayrılabilmesi endüstriyel anlamda büyük bir fayda sağlayacaktır. Bu yöntemle başarı sağlanabilmesi durumunda çevre kirliliğine neden olan atıkların nispeten daha az olması sağlanacaktır.

Tez çalışmasında Isparta'nın Yalvaç ilçesinden Boksit cevherleri alınıp incelenmiştir. İlk yapılan analizler neticesinde cevherde ortalama %6,68 SiO₂, %43,6 Al₂O₃, %31,53 Fe₂O₃ ile %5,56 TiO₂ ve diğer bileşiklerdir olduğu tespit edilmiştir. Cevher içerisindeki demir ve titanyum bileşiklerini, kömür ile 400, 600 ve 800 °C de redüklenmesinden sonra manyetik yöntemle kazanım ve ardından flotasyon işlemleri yapılarak ayrılması amaçlanmıştır.

Deneyler sonucunda flotasyon ve manyetik kavurmanın etkileri bir arada incelenmiştir. Özellikle flotasyonda önemli bir parametre olan tane boyutu da farklı kademelerde incelenerek, verime olan etkisi araştırılmıştır.

- Fe_xO_y oranı için 800 °C de redükleme sıcaklığı ve 20000 gaussluk toplama şiddetlerinde en iyi ayırma indeksi değerleri elde edilmiştir.
- TiO_2 oranı için 800 °C de redükleme sıcaklığı ve 20000 gaussluk toplama şiddetlerinde elde edilmiştir.
- Sadece 5000 gaussluk toplama şiddetleri kullandığında Fe_xO_y oranı için 800 °C de redükleme sıcaklığı 200 Mesh elektaltı 100 Mesh elekt altın öğütmeye göre daha verimli olmuştur.
- Sadece 5000 gaussluk toplama şiddetleri kullandığında TiO_2 oranı için 800 °C de redükleme sıcaklığı 200 Mesh elektaltı 100 Mesh elekt altın öğütmeye göre daha verimli olmuştur.
- Flotasyon çalışmalarında en verimli çalışmanın Fe_xO_y oranı için Aero 6493 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 olarak belirlenmiştir.
- Flotasyon çalışmalarında en verimli çalışmanın TiO_2 oranı için Aero 6493 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Flotasyon, Manyetik ayırma, Redüksiyon, İlmenit, Hematit, Manyetit

**SEPARATION OF ILMENITE AND HEMATITE FROM LOW TENOR BAUXITE
ORE OF YALVAÇ REGION BY FLOTATION AND MAGNETIC TECHNIQUES**

Köksal YILMAZ

METALLURGICAL AND MATERIALS

DEPARTMENT OF METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

EXTRACTIVE METALLURGY

MSc Thesis

Thesis Advisor: Prof. Dr. Erdoğan YİĞİT

Co-Advisor: Prof.Dr. Nezihi SARIDEDE

When the effect of reactants on the flotation of ilmenite (a titanium ore) is investigated, it was determined that, the effect of pre-flotation processes, collector types and pH is an important parameter. Also the succinamate was defined as the most important effective parameter on flotation process. Surface features of hematite, magnetite and also titanium containing ores as, rutile and ilmenite are similar. Flotation of iron ores can be conducted by either direct flotation or indirect flotation where silica containing gangue minerals are floated. Hematite and magnetite are the most commonly used minerals. Froth flotation of iron ores are developed day by day. Flotation parameters are determined by the hydrophilic or hydrophobic surface features.

It would be industrially beneficial to separate iron and titanium elements from bauxite ore by economical processes like flotation. Additionally if this process can be successfully applied, the wastes, that pollutes the environment, would be lowered.

In this thesis, bauxite ores obtained from Yalvaç, Isparta were investigated. As a result of initial chemical analyses, the ore contains 6.68% SiO₂, 43.6% Al₂O₃, 31.53% Fe₂O₃, 5.56% TiO₂ and other constituents. The aim of this study was to separate iron and

titanium minerals by flotation after reduction of the ore at 400-600-800°C and followed by magnetic separation.

After obtaining the results of the experimental procedure, the effects of flotation and magnetic roasting were investigated. Especially an important parameter in flotation, grain size, and its effect on efficiency were investigated.

- For Fe_xO_y ratio, at 800°C reduction temperature and 20000 gauss accumulation intensity, best separation index values were obtained.
- Also for TiO_2 ratio, at 800°C reduction temperature and 20000 gauss accumulation intensity were determined as the best values.
- Only for 5000 gauss accumulation intensity, for Fe_xO_y ratio 800°C reduction temperature and with undersize of 200 Meshes were more efficient than 100 Meshes.
- Only for 5000 gauss accumulation intensity, for TiO_2 ratio 800°C reduction temperature and with undersize of 200 Meshes were more efficient than 100 Meshes.
- Most efficient test was conducted for Fe_xO_y ratio was determined for the parameters; Aero 6493 reactant, 100 mesh undersize grain size, 800°C reduction temperature and pH value, 10.
- Most efficient test was conducted for TiO_2 ratio was determined for the parameters; Aero 6493 reactant, 100 mesh undersize grain size, 800°C reduction temperature and pH value, 10.

Keywords: Flotation, Magnetic separation, Reduction, Ilmenite, Hematite, Magnetite

1.1 Literatür Özeti

Volkanik kayalar veya kayalar gibi kaynaklardan ilmenit cevheri elde edilebilir. İlmenitin kararlı olmayan yapısı yüzünden çok farklı pH larda flotasyon yapılabilir. Doygun asit yağlı toplayıcılarla bazik ortamlarda veya sodyum sülfatlar ile asidik ortamlarda ilmenitin flotasyonu yapılabilir [1].

Titanyum Cevherlerinden ilmenit ve rutilin yüzdürme işlemi reaktiflerin etkisi incelendiğinde flotasyon öncesi işlemler, kollektör tipleri ve pH ın etkisi önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir. Fosforik asit gibi toplayıcıların flotasyona etkisi çok az iken modifiye edildiğinde ester bazlı toplayıcılar etkisi; sülfat, petrol sülfat ve succinamate'nin titanyum minerallerinin flotasyona önemli oradan katkısı olduğu belirlenmiştir. En önemli etkinin succinamate olduğu belirlenmiştir. Hematit, manyetit, rutil ve imenit gibi titanyumlu cevherlerin yüzey özellikleri birbirine yakındır [2,3].

Hindistan'ın Sambalpur bölgesindeki ilmenit cevherlerine köpüklü yüzdürme yöntemi ile zenginleştirilme yapılmıştır. İlk olarak gang mineralleri yüzdürme yoluyla kaldırılmış ve ilmenit konsantrasyonu çöküntü olarak toplanmıştır. pH oranlarının değişmesiyle TiO_2 zenginleşmesi %37 oranına kadar çıkmıştır. Başka bir çalışmayla İlmenit; Anyonik ve katyonik toplayıcılarla soda külü ile birlikte ton başına 0,1-0,2 kg/ton olarak kullanılarak, pH'ın 3,4 olarak ayarlanması ile %51,62 oranında TiO_2 elde edilmiştir. İlmenitin flotasyonunda daha verimli olabilmesi için toplayıcı olarak $Pb(NO_3)_2$ kullanıldığında flotasyon veriminin %65 ten %83 e kadar iyileştiği gözlenmiştir [4,5].

Ukrayna'nın Verkhned Neprovsk bölgesinde titanyum mineral cevherleri kullanılarak sedimentasyon yöntemi ile bu çalışma yapılmıştır. Ağırlık olarak % 4-5 olan ilmenit cevheri yoğunluk ayırma metoduyla daha fazla oranlarda ilmenite cevherine zenginleştirilmiştir. DDA türü reaktifler kullanıldığında Al_2O_3 için azaltıcı bir etki sağlamıştır [6,7,8].

Çinin Panzhihua eyaletindeki kalıntı atıklardaki, titanyum manyetit, ilmenit flotasyonuna etkisi araştırılmıştır. Önce düşük yoğunluklu ayırıcılarla titanyum manyetit ayrılmış ve daha sonra ilmenitin ayrılması planlanmıştır. Manyetik ayırmadan kalan atıkların içerisinde başlıca ilmenit ve ufak miktarlarda titanyum manyetit olduğu saptanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda da titanyum-manyetit olması ilmenitin flotasyona negatif yönde etki yaptığı gözlenmiştir. İlmenit cevherlerinin karbotermal redüksiyon ile değerlendirilmesi neticesinde kristal yapı, mikroyapı ve yüzey durumlarında değişiklikler olduğu gözlenmiştir. Titanyum curufları karbotermal redüksiyon sonucu sıcaklık ve zamanın etkisi ile ilmenitin değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir [9].

Titanyum ve demir içeren ilmenit cevheri grafit ile redüksiyon yapılarak 850-1400 °C arası termogravimetrik olarak XRD, SEM ve EDS ile kimyasal kompozisyon, mikroyapılar ve morfolojileri incelenmiştir. 850-1000 °C arasında reaksiyon oranı 2 saatten sonra çok fark etmediği ve redüksiyon derecesinin %42 den daha az olarak kaldığı gözükmiştir. 1300 °C de bile 2 saat redüksiyon yapılmasında bile redüksiyonu tam tamamlanmadığı gözükür. Bu sonuçlara göre 1000 °C altındaki sıcaklıkta ilmenitin redüksiyonu için redüksiyon yetersizdir. Başka bir çalışmada sıcaklık ve zaman ve partikül boyutunun yaklaşık 1200 °C de önemli oranda metalleşme olduğunu göstermiştir [10,11].

İlmenit konsantrasyonunda olan cevher argon ve oksijen ortamında 700-1000°C arasındaki oluşumlar incelenmiştir. 700°C de Pseudorutil fazın hematit ve rutil olarak parçalandığı gözlenmiştir [12,13].

Athabasca bölgesindeki yağlı kum atıklarındaki ilmenit minerallerin tekrar geri kazanımı için kavurma işlemi yapılmıştır. Bu adımda Demir ve Titan elementinin serbest olarak ayrılmadığının kanıtına varmışlardır. Hematit için redüksiyonla kavurma işleminden

sonra manyetik özelliklerinin etkisinin arttığını belirlerken oksijenle kavurma sonrası özelliklerinin değişmediğini tespit edilmiştir. Oksitlenmiş ilmenit cevherin 750-1000°C kavruğunda manyetikklik özelliklerinin daha da arttığı gözlenmiş ama 1000°C aşan sıcaklıklarda ise manyetikklik özelliğinin düştüğü belirlenmiştir [14].

Demir cevherlerinin yüzdürülmesi direkt flotasyon veya silisli gang minerallerin yüzdürülmesi endirekt flotasyon olarak 2 ayrı şekilde yapılabilir. Silisli gangin çökrülmesinde en etkili reaktif sodyum silikattır. Fakat fazla miktarda sodyum silikat, demir cevherini bastırdığı için pülpteki konsantrasyonunun kontrolü gerekmektedir [15,16].

Hematitin flotasyonu için farklı toplayıcıların etkisi araştırılığında pH' in önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir. Aynı hematit cevherinin Dodecanoic türü toplayıcı kullanıldığında en fazla verimin pH 6-8,5 arasında olduğu gözlenmişken Potasyum Dodecyl Hydroxamate türü toplayıcı kullanıldığında en fazla verimin pH 5,5 te olduğu tespit edilmiştir [17].

Demir cevherleri içerisinde hematit ve manyetit en çok kullanılan üründür. Demir cevherlerinin köpük flotasyonu sürekli gelişmektedir Yüzey özelliklerinin hidrofob ve hidrofil olmaları ile birlikte flotasyon özellikleri elde edilmektedir. Kullanılan toplayıcı türleri demir oksit türüne veya silika partiküllerin flotasyonunu etkiler [18,19,20].

Kalsiyum iyonları ve sodyum silikatların istenmeyen adsorbsiyona karşı etkileri incelendiğinde, Sodyum silikat eklenmiş ürünlerde toplayıcıların adsorbsiyon etkileri azaltılmışken kalsiyum iyonlarının olduğu ürünlerde toplayıcılar manyetit yüzeyinde negatif etki bıraktığı gözlenmiştir. Sodyum silikate manyetit için toplayıcılarda bastırıcı rol aldığı tespit edilmiştir. Bazı çalışmalarda demir cevherleri anyonik ve katyonik toplayıcılarla flotasyonu yapılabildiği belirlenmiştir [21,22].

Sodyum sülfat tuzları ile hematitin muamele edilmesi yapıdaki gang minerallerinin parçalanmasına ve aynı zamanda demir oksidin daha zengin olmasını sağlar [23].

Birçok zayıf manyetik (hematit, limonit ve siderit) demir cevherinin manyetik ayırıcılar ile zenginleşebilirliği denenmiş ve mevcut zenginleştirme işlemleri ile beraber kullanıldığında önemli ekonomik kazançlar sağladığı görülmüştür. Manyetik ayırıcılar

demir cevherlerinde, bazı durumlarda -10 mm tane boyuntunda bile %10-15 arasında bir tenor artışı tek aşamada elde edilebilmiştir [24,25]

Harici manyetik alan kullanımının yüksek seçiciliğe sebep vermektedir. Manyetik alanın yüksek seçiciliği aslında sadece manyetik parçaları etkiler kuvars partiküllerinin manyetik alandan fazla etkilenmezler. Manyetik alan hem kaba hemde ince partiküllere etki etmektedir [26].

Hematit cevheri direkt redüksiyon ile kavruktan sonra yaş olarak öğütülüp daha sonra manyetik olarak ayrıldığında kömür miktarının önemli olduğu gözlenmiştir. Kömür miktarı arttığı zaman demir derecesinin azaldığı fakat demir kazanımının arttığı gözlenmiştir [27].

Düşük ve yüksek sıcaklıklarda yapılan hematitten wüstite CO ile redüksiyonu incelenmiştir Daha yüksek sıcaklıklarda ise hematitin tekrar oksitlendiği belirlenmiştir [28,29].

Partikül boyutunun hematitin redüksiyona etkisi incelenmiş. Aynı reaksiyon oranlarında 6,5 mikron boyutundaki toz partikül ile 107,5 mikron karşılaştığında sıcaklığın yaklaşık 80°C fark ettiği belirlenmiştir. Partikül boyutunun azalması ile aynı zamanda redüksiyon difüzyonun daha iyi olduğu görülmüştür [30].

Hematitin redüksiyonu boyunca mekanik etki pozitif bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Bu etki sıcaklığın ve zamanında azalmasına sebep vermektedir. Öğütülmüş numunelerinde bu etkiyi arttırıcı yönde rol aldığı belirlenmiştir [31].

Demir cevherlerinin öğütmeden sonra manyetik olarak kazanılması için yapılan çalışmalarda en verimli parametrelerin 1:100 oranında kömür 800 °C de 30 dakika kavurma olduğu gözlenmiştir [32].

Hematitli demir cevheri yataklarında sık görülen gang minerallerinden bazıları (örneğin, demirli silikatlar) hematit mineraline yakın manyetik alınganlığa sahiptir. Bunun yanında ferromanyetik safsızlıklar içeren diamanyetik gang mineralleri (örneğin, kuvars) özellikle düşük alan şiddetlerinde hematitinkinden daha yüksek bir manyetik alınganlığa sahip olabilirler. Hematit manyetik alınganlığı manyetik alan şiddetine bağlı zayıf ferromanyetik özellik gösteren bir mineraldir. Yani manyetik alınganlık artan

manyetik alan şiddetiyle azalmaktadır. Bu azalmanın derecesi cevherin içerdiği manyetik safsızlıklarda bağlı olup, bu safsızlıklar miktarındaki artış manyetik alan şiddetinin manyetik alınganlık üzerindeki olumsuz etkisini daha da artırmaktadır. Bu nedenle hematitli cevherlerin manyetik yöntemlerle zenginleştirilmesinde sadece manyetik alan şiddetini artırmak ayırma verimini her zaman artırmayabilir [33].

1.2 Tezin Amacı

Ispartanın Yalvaç bölgesindeki düşük tenörlü boksit cevherinden ilmenit ile Hematitin Flotasyon ve Manyetik yöntemlerle ayrılması amaçlanmıştır. Cevherin içerisindeki demir ve titanyum elementlerinin daha ekonomik yöntem olan flotasyon ile ayrılabilmesi nihai hedeftir. Flotasyonla beraber redüklemenin etkisi bu çalışmada irdelenmiştir. Endüstriyel uygulamada oldukça önemli bir yeri olan demir ve titanyum elementlerinin daha ekonomik yöntemlerle zenginleşebilmesi durumunda çevre kirliliğine sebep olan atıklarında azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

1.3 Hipotez

Boksit cevherindeki bileşiklerin birbirlerinden flotasyon gibi işlemlerle ayrılması mümkündür. Bu işlemlere ek olarak diğer girdi parametre olan redükleme ile de elde edilecek neticelerin daha verimli olabileceği öngörülmektedir. Flotasyon işleminde önemli bir parametre olan toplayıcıların katkısı çok önemlidir ve etkiyi dahada arttırmak için farklı tane boyutlarında da özellikle küçük boyutlara indirgeyerek serbestleşmeyi sağlayarak verimli sonuçların elde edilebilir.

CEVHER ZENGİNLEŞTİRME

2.1 Cevher Zenginleştirme Yöntemleri

Cevherlerin içerdiği değerli mineraller ve gang minerallerin birbirinden ayrılmasında bu minerallerin fiziksel, kimyasal ve fiziko-kimyasal özelliklerinden yararlanır. Minerallerin birbirlerinden ayrılmalarında kullanılan başlıca fiziksel özellikleri şunlardır.

- Sertlik ve gevreklik
- Yapı ve kırılış şekli
- Renk ve parlaklık
- Özgül ağırlık
- Manyetik duyarlılık
- Elektrik iletkenliği
- Radyoaktivite özelliği
- Gözeneklilik değişimi
- Dekrepidasyon
- Kalsinasyon
- Kavurma

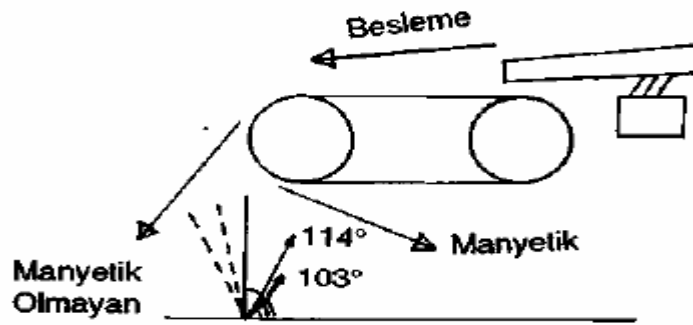
- Çözünürlük

2.2 Manyetik Ayırma

Manyetik ayırmada yararlanılan özellik minerallerin farklı manyetik duyarlılıklarıdır. Cevherleri oluşturan mineraller eğer manyetik duyarlılıkları açısından önemli farklılıklar gösteriyorsa ve en önemlisi minerallerin bir tanesi manyetik ayırıcılar tarafından ayrılabilir ölçüde manyetik duyarlılık gösteriyorsa bu metodun uygulama imkânı vardır.

Tabiattaki bütün katı cisimler bir manyetik alan içine girdiğinde az veya çok bu alandan etkilenir ve manyetik kutuplar tarafından itilir veya çekilirler. Manyetik kutuplar tarafından çekilen cisimlere paramanyetik ve itilen cisimlere de diyamanyetik cisimler denir.

Paramanyetik özellik gösteren cisimlerin çoğunluğu manyetik alan dışına çıktığında kendilerinin manyetik alan oluşturmaları söz konusu değildir. Bazı paramanyetik mineraller ise özellikle Fe, Ni, Co, Mn, Cr, Ce, Ti ve Pt grubu metaller kalıcı manyetik özellik gösterirler. Yani bu çeşit mineraller ve elementler manyetik alan dışına çıktıklarında kendileri de manyetik alan oluşturmaya devam ederler. Bunlara ferromanyetik cisimler denir [34].



Şekil 2.1 Rulo tipi Manyetik Ayırıcı Temizleyici [34].

2.2.1 Düşük alan şiddetli manyetik ayırıcılar.

Düşük alan şiddetli manyetik ayırıcılar, genellikle kuru manyetik ayırmada kuvvetli manyetik duyarlık gösteren iri taneli olarak serbestleşen cevherlerin

zenginleştirmelerinde kullanılırlar. Bu ayırıcılarda manyetik alan şiddeti 500 ile 5000 gauss arasında değişir.

2.2.2 Yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcılar

Manyetik ayırıcı kuvvetli bir ana çevreveden oluşmakta olup elektromıknatis mahfazaları bu çerçeveye kaynakla bağlanmışlardır. Mahafaza içerisindeki elektromıknatislar hava sirkülasyonu ile soğutulurlar. Bu manyetik ayırıcılarda manyetik alan şiddeti 20.000 Gausa kadar çıkmaktadır.

2.3 Flotasyon

Flotasyon yöntemi; minerallerin yüzey/ara yüzey özelliklerinden yararlanarak veya bazı kimyasal maddeler kullanılarak yüzey özelliklerinin değiştirilmesi ile değerli mineralleri değersiz (gang) minerallerden ayırmak amacı ile geliştirilmiş bir zenginleştirme yöntemidir

Flotasyonda katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç faz vardır. Flotasyon ile Zenginleştirmede malzemenin yüzey özelliklerinin büyük önemi vardır [35].

Flotasyon çok ince tane büyüklüklerinde ayrılması mümkün olacak minerallere uygulanan cevher zenginleştirme yöntemidir. Flotasyon metoduyla zenginleştirmede 0.3 mm'den büyük ve 5 mikrondan küçük taneler düşük randıman verirler. 0.3 mm'nin üzerindeki tane boyutlarında köpük zonunun mineral taneciğini taşımaya zorlanmaktadır. Aynı şekilde 5 mikronun altındaki boyutlarda ise taneciği köpükten kazanmak oldukça zor olmakta, seçimlilik sağlanmamaktadır [36].

2.3.1 Flotasyonda Fazlar

Flotasyon işleminin icrasında daima üç faz bir arada bulunur bunlar gaz fazı, sıvı fazı ve katı fazıdır. Flotasyon işleminin uygulanması, problemlerinin çözülmesi ve olaylara açıklık getirilmesi açısından bu fazların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesinde yararlar vardır. Bu fazlar arasındaki ara yüzeyler ve bunların özellikleri de önem taşımaktadır. Bu fazlardan gaz fazı mineral tanelerinin yüzdürülmesi için gerekli hava kabarcıklarının oluşması için pülpe verilen havadır, sıvı fazı ise büyük bir kısmı sudan

oluşmakla beraber çözelti ve emülsiyonlar halinde flotasyon için gerekli kimyasal maddeler de bu faz içerisinde bulunmaktadır. Katı fazı ise ayrılacak cevher içindeki mineral tanelerinden oluşmaktadır.

a) Gaz fazı

Flotasyonda mineral tanelerinin hava kabarcıklarına yapışarak yüzmesi gereklidir. Bu bakımdan gaz fazına ihtiyaç vardır. Gaz fazında hava kullanılmakla beraber diğer gazlarda azot gibi bu iş için kullanılabilir. Ancak ekonomik nedenlerle diğer gazların kullanılması şimdiye kadar uygulama alanı bulmamıştır.

Havalandırma Sub-Aerosyon tipi flotasyon makinalarında atmosferden hava emişi ile pnömatik flotasyon makinalarında ve son senelerde geliştirilen kolon tipi ve Jameson tipi ve benzeri flotasyon makinalarında pülpe basınçlı hava verilerek gerçekleştirilir [37].

b) Sıvı fazı

Flotasyonda sıvı faz denince akla su fazı gelir. İşlemler su içindeki pülp halindeki malzeme ile gerçekleştirilir. Burada pülp deyimi yabancı dillerdeki (pulp)'ın yerine Türkçeleştirilmiş bir deyimdir. Katı maddelerin süspansiyon halindeki sudaki durumlarına pülp denilmektedir. Pülpün pH değeri flotasyon açısından çok büyük bir önem taşımaktadır. Pülpü asit ortamda tutmak için genellikle ucuz asitler sülfürik asit ve klorür asiti kullanılırken bazik ortam gerekli olduğunda yine ucuz bir baz olan kireç ve soda gibi reaktifler kullanılır. Özel hallerde HF gibi asitlerin ve NaOH gibi bazların kullanılması da söz konusudur [38].

c) Katı fazı

Flotasyonda katı fazı; cevherin içinde serbestleşmiş mineral taneleridir. Cevher içindeki mineraller birbirlerine yapışık halde ve değişik konsantrasyonlarda (tenörlerde) bulunurlar. Flotasyonda katı fazı oluşturan malzeme öğütülmüş bulunan cevherin içindeki mineral tanelerinden ibarettir. Tabii her zenginleştirme işleminde ön şart cevher içindeki birbirlerine yapışık halde ve değişik konsantrasyonlarda (tenörlerde) bulunan bu mineral tanelerinin serbestleşmesini sağlamaktır.

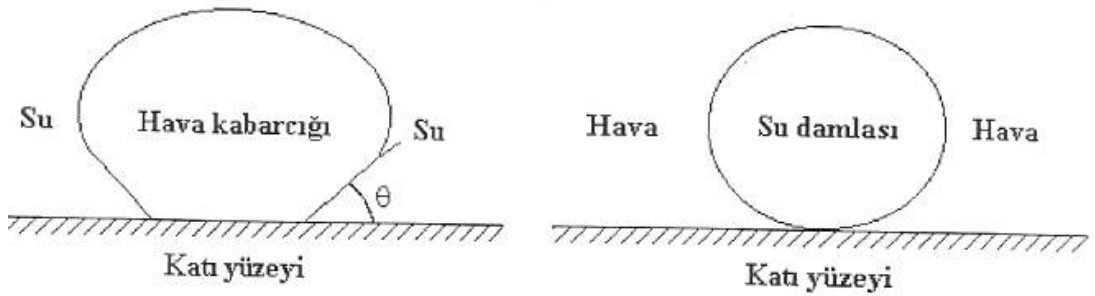
Sıvıların yüzeyinde mevcut olan yüzey gerilim kuvvetleri katı-sıvı ve katı-hava ara fazlarında da oluşmaktadır. Bu yüzey gerilim kuvvetleri flotasyon işleminin en önemli kademesi olan mineral yüzeylerinin hava kabarcıklarına yapışmasında rol oynamaktadır [37].

2.3.2 Mineral Yüzeylerinin Flotasyon Özellikleri

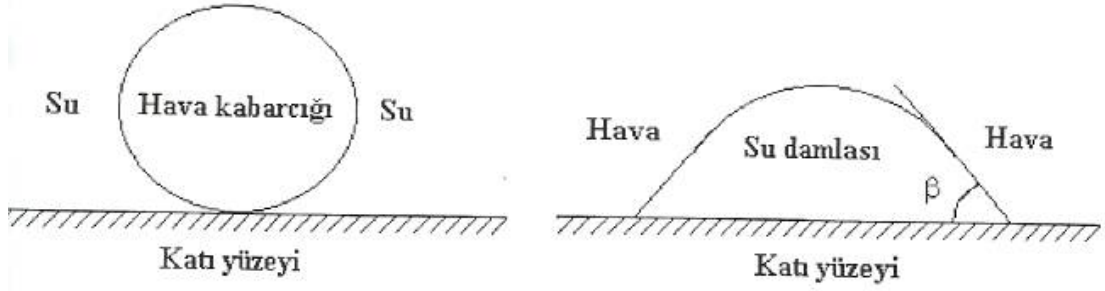
Flotasyon işlemi bir yüzdürme işlemidir. Fakat mineral taneleri su içinde özgül ağırlıkları sudan hafif oldukları için yüzmezler. İlk önce kırılıp ufalanarak serbest hale getirilmiş mineral taneleri bazı kimyasal bileşiklerde yüzeyleri hava kabarcıklarına yapışır hale geldikten sonra sudan hafif kütleler köpük oluşturarak pülp yüzeyine çıkarlar. (Demir sacı kaplı gemilerin suda batmadan yüzmeleri gibi.)

Mineral tanelerinin yüzeyleri hava kabarcıklarına yapışması için belli özelliklere sahip olması lazımdır. Mineral yüzeylerinin ilk önce toplayıcı (kollektör) dediğimiz kimyasal reaktiflerle muamele edilmesi gereklidir. Böyle bir işlemde mineral yüzeyleri toplayıcı dediğimiz bu kimyasal reaktifleri adsorbe eder ve daha sonra hava kabarcıklarına yapışır hale gelirler.

Hava kabarcıklarına yapışma açısından mineral yüzeyleri hidrofob ve hidrofil yüzeyler olarak ikiye ayrılırlar. Bu kelimeler yunanca'dan türetilmiş olup hidro su, fob düşman ve fil dost demektir. Bu bakımdan öztürkçe ifade ile hidrofob suya düşman, hidrofil su dostu diyebiliriz. Hidrofob yüzeyler hava kabarcıklarına yapışır su tarafından ıslanmazlar. (Şekil 2.2). Hidrofil yüzeyler ise hava kabarcıklarına yapışmaz su ile ıslanırlar. (Şekil 2.3)



Şekil 2.2 Bir hidrofob yüzey üzerinde hava kabarcığı ve su damlasının durumu [37].



Şekil 2.3 Bir hidrofilyk yüzey üzerinde hava kabarcığı ve su damlasının durumu [37].

Mineral yüzeylerinin su ile ıslanmalarının derecesini yukarıdaki şekillerde β ile gösterilen ıslanma temas açısı belirlemektedir. Aşağıdaki çizelge 2.1’de bu açı olarak görülmektedir. Doğal olarak hidrofob mineraller olan molibdenit, grafit, elmas ve kükürt minerallerinin doğal flote edilebilme özellikleri kristal yapılarından kaynaklanmaktadır. Kuvvetli bağlarla bağlı moleküller birbirinden ayrıldıklarından, bu molekül yüzeylerinde dengelenmemiş yükleri dolayısıyla su içinde kolayca hidrolize olmaları ve hidrofilyk karakter göstermesi doğaldır.[37]

Çizelge 2.1 Sülfürlü ve oksitli minerallerin β ıslanma temas açıları (Benzen ortamında su damlası) (P.A Rehbindere göre) [37].

| Sülfürlü mineraller | | Oksitli mineraller | |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Mineral | Islanma temas açısı β (derece) | Mineral | Islanma temas açısı β (derece) |
| Molibdenit | 145 | Simitsonit | 41 |
| Pirit | 135 | Malakit | 30 |
| Kalkopirit | 131 | Barit | 30 |
| Galen | 90 | Kalsit | 20 |

Minerallerin çoğunluğu hidrofil olduklarından hava kabarcıklarına yapışmazlar. Bunların yüzeylerini çoğunluğu hidrokarbon bileşikler olan toplayıcı dediğimiz kimyasal bileşiklerle kapladığımızda yüzeyler hidrofob yüzeyler gibi hareket eder ve hava kabarcıklarına yapışır ve bu şekilde bir köpük teşkil ederek bir flotasyon işleminde diğer minerallerden özellikle gang minerallerinden ayrılırlar [37].

Flotasyon işleminin gerçekleştirilmesi için aşağıdaki şartların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Malzemedeki minerallerden biri suyla güçlkle ıslatılabilir ya da ıslatılamaz, diğerinin ise ıslatılabilir olması gerekmektedir. Bu özellikler yani hidrofil veya hidrofob özellikler yapay olarak gerçekleştirilebilir.

Cevher maksimum 0.2-0.3 mm gibi bir boyutun altına öğütülmelidir.

Ortam %15-35 oranında su içerecek şekilde sulandırılmalıdır.

Çeşitli organik ve inorganik maddelerle karıştırılarak mineral pülp haline getirilmelidir.

Dayanıklı hava kabarcığı oluşturmak üzere köpürtücü reaktifler ilave edilir.

Karıştırılarak ya da bاینچlı hava verilerek köpük zonu oluşturulur.

Flotasyon işleminde kolay yüzebilen taneciklere “hidrofob taneler” denir. Eğer tanecik yüzdürülmek isteniyorsa ve bu özellikte değilse yüzeyi yapay olarak bu özelliği taşıyıcı konuma getirilir. Aksi halde tanecik çöktürülmek isteniyorsa hidrofil özellik kazandırmak gerekmektedir.

2.3.3 Flotasyon Reaktifleri

Flotasyon reaktifleri flotasyon işleminin gerçekleşmesi için pülp katılan kimyasal bileşiklerdir. Bunlar kendi aralarında işlevlerine göre Toplayıcılar (Kollektörler), Köpürtücüler, Kontrol Reaktifleri (Canlandırıcılar, Bastırıcılar, pH Ayarlayıcılar) olmak üzere üç grupta toplanırlar.

2.3.3.1 Toplayıcılar

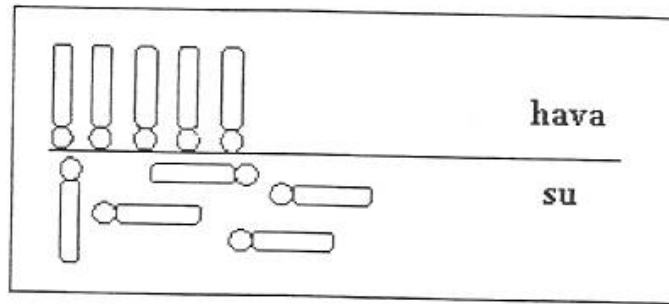
Toplayıcılar mineral yüzeylerini hidrofob hale getirmek için kullanılan genellikle hidrokarbon bileşiklerdir. Doğal birkaç mineral dışında dış birçok mineral yüzeyleri

hidrofil karakter gösterir. Bu yüzeylerin hidrofob hale getirilmesi Toplayıcı denilen bileşiklerle kaplanması sonunda olur. Toplayıcıyla kaplanan mineral yüzeyi de işlem sonrasında hidrofob hidrokarbon bileşiği gibi davranarak pülpte mevcut hava kabarcıklarına yapışır.

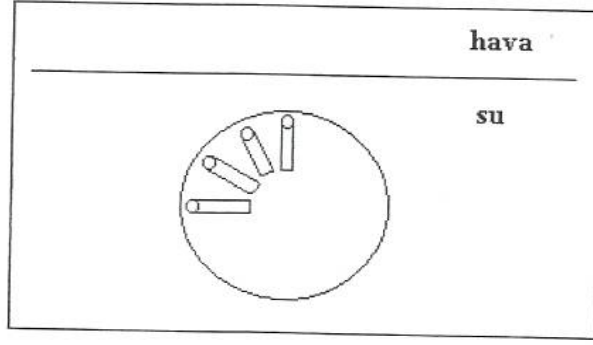
Çeşitli sınırlamalar arasında en çok tutulan sınıflama bunların anyonik ve katyonik toplayıcılar olarak ikiye ayrılmasıdır. Bunlar çoğunlukla su içinde çözünen ve iyonize olan bileşikler olup birde suda çözünmeyen emülsiyon olarak kullanılan mineral yüzeylerini kaplayarak o yüzeyleri hidrofob hala getiren hidrokarbon yağlardan ibaret bileşiklerden mevcuttur [37].

2.3.3.2 Köpürtücüler

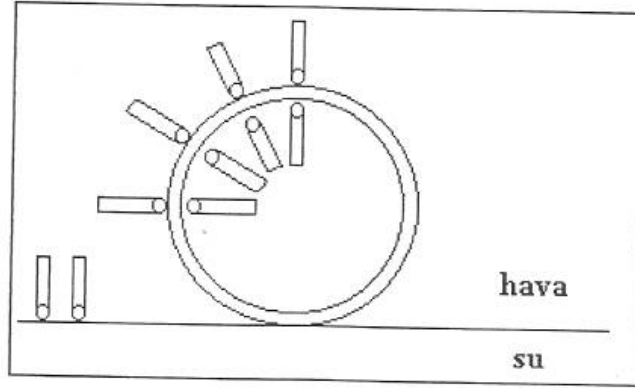
Flotasyon işleminde yüzeyleri hidrofob olan veya toplayıcıların yüzeylerde adsorbe olması dolayısıyla yüzeyleri hidrofob yapılan mineraller diğer minerallerden hava kabarcıklarına yapışarak ayrılır ve pülp yüzeyine taşınarak bir köpük tabakası oluştururlar. Hava kabarcıklarınının pülp yüzeyinde hemen patlamadan bir köpük tabakası oluşturması köpürtücü dediğimiz kimyasal reaktiflerin pülpe verilmesi suretiyle olur. Köpürtücü moleküllerin su yüzeyinde, su içindeki hava kabarcığında ve su üstünde hava kabarcığında adsorbsiyonları aşağıdaki Şekil 2.4 2.5 ve 2.6 da şematik olarak gösterilmektedir [37].



Şekil 2.4 Köpürtücü moleküllerin su-hava ara yüzeylerinde adsorbsiyonu [37].



Şekil 2.5 Köpürtücü moleküllerin hava kabarcığı iç yüzeyinde adsorbsiyonu [37].



Şekil 2.6 Köpürtücü moleküllerin su üstünde bir köpükte adsorbsiyonu [37].

Kullanılan köpürtücüler

a. Alifatik Alkoller

Bu tip köpürtücüler seçici ince bir köpük oluştururlar çok dayanıklı olmayıp çabuk patlarlar. Suda çok az çözünürler.

b. Halkalı Alkoller

Çam yağı ve okalptüs yağı bunların köpürtücü bileşiği tipik bir α -terpineol dur.

c. Alkoxy tip köpürtücüler:

Bu tip köpürtücüler özellikle sülfürlü minerallerin flotasyonunda çok kullanılırlar.

d. Polyglykol tip köpürtücüler

Bunlar ticari olarak Dowfroth ve Aeorofroth serisi köpürtücüler oluştururlar. Suda az veya çok çözünürler. Bunlar seçici olup toplayıcı özellikleri olmadıklarından tercih edilirler.

2.3.3.3 Kontrol Reaktifleri

Kontrol reaktifleri 3 e ayrılır. Bunlar;

- a. Canlandırıcılar
- b. Bastırıcılar
- c. pH ayarlayıcılar

Mineral tanelerinin flotasyonunda ilk önce bu yüzeylerin toplayıcılarla kaplanarak hidrofob hale getirilmeleri gereklidir. Bu toplayıcıların minerla yüzeylerini kaplamasında yardımcı olan reaktiflere canlandırıcı reaktifler ve bu toplayıcıların mineral yüzeylerini kaplamasına engel olan veya toplayıcılarla kaplanmış yüzeylerin tekrar hidrofil yüzeyler haline dönüşmesini sağlayan reaktiflere de bastırıcı reaktifler denir.

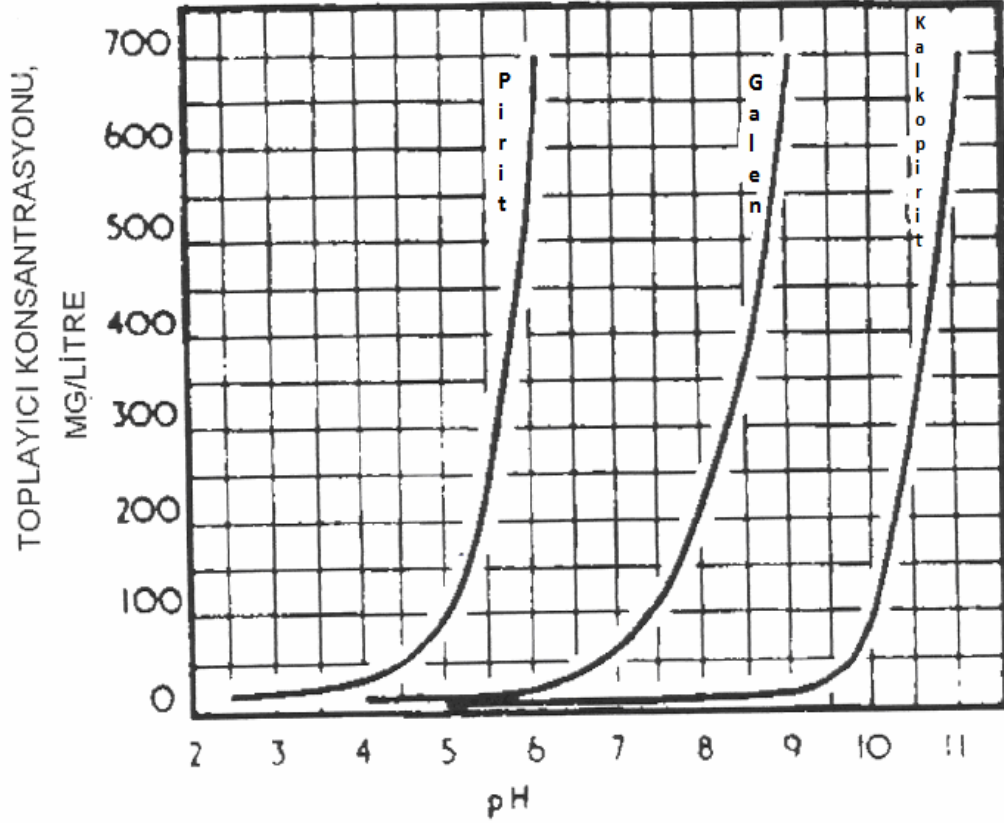
Flotasyon işlemlerinde ortamın pH'sının da bu toplayıcıların mineral yüzeylerini kaplamasında ve canlandırıcı veya bastırıcı reaktiflerin etkilerini göstermesinde önemi çok büyüktür.

Bastırıcılar:

Bastırıcılar inorganik ve organik bastırıcılar olarak ikiye ayrılabilirler.

pH Ayarlayıcılar:

Ortamın pH'sının önemi flotasyonda önceden de belirtildiği gibi çok büyüktür. Bir çok mineral yüzeylerinin toplayıcı reaktiflerle kaplanması belli pH'larda olur. Bu pH'ların ayarlanması da ortama asit ve bazlar ilavesiyle yapılır. Aşağıdaki Şekil 2.7 de bu durum Pirit, Galen ve Kalkopirit'in dithiofosfatla flotasyonunda gayet açık şekilde görülmektedir. Birçok mineraller belli pH larda yüzdürülebilirler. Aşağıda buna ait minerallerin flotasyonuna ait bir örnek verilmektedir.

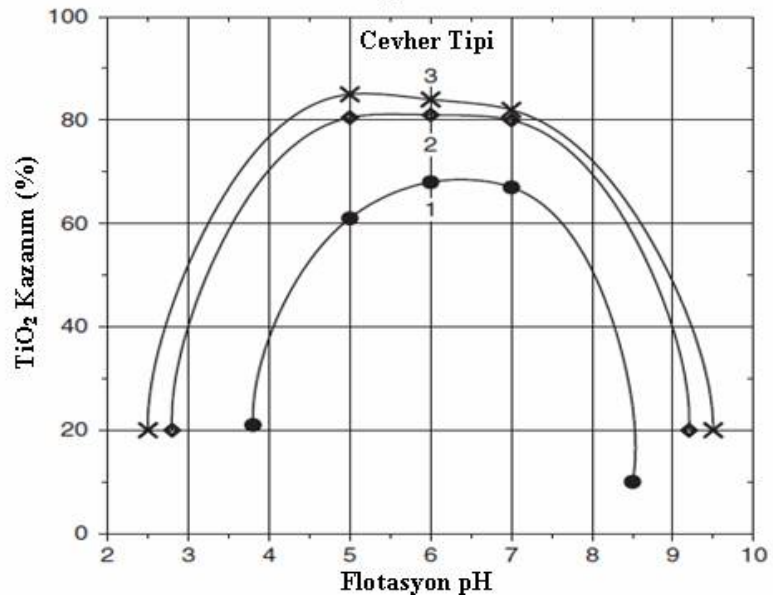


Şekil 2.7 Değişik pH'larda Pirit, Galen ve Kalkopirit'in dithiofosfatla flotasyonu [37].

Özellikle oksitli ve silikat minerallerinin flotasyonunda çok önemli olan yüzey yükünü pH'nın bir fonksiyonu olduğunu da biliyoruz. Bu bakımdan yüzey yükünün (-) veya (+) yönde değiştirilmesi için ortamın pH'sını değiştirmek yeterli olmakta ve bu suretle minerallerin flote edilmesi menfi veya müsbet yönde etkilenmektedir. Kullanılan pH ayarlayıcılar fazla olmayıp başlıcaları sülfürik asit, klorik asit, kireç, kalsiyum hidrokarbonat ve sodyum hidroksit'tir [37].

2.4 İlmenitin Flotasyonu

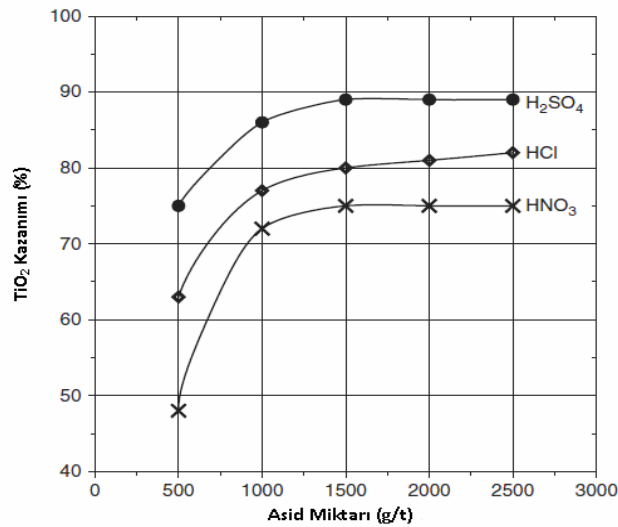
Birçok araştırmacı kaya ve kum depoları gibi farklı kaynaklardan ilmenitin flotasyonu hakkında çalışmalar yapmıştır. Farklı kaynaklardan elde edilen ilmenit cevherleri stabil olmayan kimyasal yapısı farklılık gösterdiği için farklı pH larda flotasyon yapılabilmektedir. Şekil 2.8 de farklı ilmenit cevherlerinin 200 g/t of oleic acid ve farklı pH larda flotasyonu göstermektedir.



Şekil 2.8 Farklı ilmenit cevherlerinin değişik pH larda oleic asidin etkisi [1].

Şekildende anlaşılacağı gibi çok farklı pH larda ilmenit cevheri kazanılabilir. İlmenit cevheri alkali bazda yağlı toplayıcılarla flotasyonu yapılabildiği gibi sodyum alkali sülfat ($C_{16}H_{33}OSO_3Na$) ilede asidik pH larda flotasyonu yapılabilir.

Flotasyon öncesi asit ile ön işlem yapıldığında ilmenitin flotasyonu pozitif bir etki bıraktığı gözükmemektedir. Şekil 2.9 flotasyon öncesi farklı asitlerin kullanımı ile konsantrasyon kazanımına etkisini göstermektedir. En iyi metalurjik kazanım için sülfirik asit olduğu gözükmemektedir.



Şekil 2.9 Flotasyon öncesi farklı asitlerin kullanılması ile titanyum kazanımı etkisi [1].

İlmenitin flotasyonu için diğ er bir toplayıcı dodecylammonium chloride dir. Bu toplayıcı ile pH 3.5-6.5 arasında flotasyon yapılabilir. İlmenit cevherlerinde gang minerallerini bastırmak içinde reaktifler kullanılabilir. Sodyum silikat başlıca kullanılan bastırıcılardandır. Asitlendirilmiş silikatın daha da fazla bastırıcı etkisi olduğu görülmektedir. Sadece silikat yerine asitlendirilmiş silikat kullanıldığında daha da fazla bastırıcı özelliği olduğu görülmektedir. $Pb(NO_3)_2$ türü reaktifin ilmenit cevherinde kullanılmasının daha da verimli olduğu ve gang minerallerinden daha da verimli bir şekilde ayrıldığı belirlenmiştir. Aktivatör olarak $Pb(NO_3)_2$ kullanıldığında ve kullanılmadığında flotasyon sonuçları çizelge 2.2 de detaylı olarak verilmiştir [1].

Çizelge 2.2 İlmenitin Flotasyonunda Aktivatör olarak $Pb(NO_3)_2$ kullanımı [1].

| Pb(NO ₃) ₂ aktivatör kullanımı ile ilmenitin flotasyon sonuçları | | | | |
|---|---|-------------|---------------------------|--------------------|
| Ürün | Pb(NO ₃) ₂ (g/t) | Ağırlık (%) | % TiO ₂ Tahlil | % TiO ₂ |
| Konsantre | 60 | 49,4 | 36,7 | 83,0 |
| Orta1 | | 18,7 | 5,8 | 5,0 |
| Orta 2 | | 14,3 | 8,4 | 5,5 |
| Orta 3 | | 9,3 | 5,7 | 2,5 |
| Tortu | | 8,3 | 10,7 | 4,0 |
| Besleme | | 100,0 | 21,8 | 100,0 |
| | | | | |
| Konsantre | 0 | 38,4 | 36,1 | 65,0 |
| Orta 1 | | 15,7 | 14,6 | 10,7 |
| Orta 2 | | 13,7 | 12,4 | 7,9 |
| Orta 3 | | 9,3 | 8,5 | 3,7 |
| Tortu | | 22,9 | 11,8 | 12,7 |
| Besleme | | 100,0 | 21,4 | 100,0 |

BÖLÜM 3

REDÜKLEYİCİ KAVURMA

3.1 Teori

Demir doğada en çok oksit formda hematit (Fe_2O_3) ve manyetit (Fe_3O_4) şeklinde bulunur. Oksitlerin, yüksek oksijen afinitesine sahip indirgeyicilerle (CO , H_2 , C) yapılarındaki oksijenin uzaklaştırılıp alt oksitlerine ve/veya metalik hale dönüştürülmesine indirgenme adı verilmektedir.

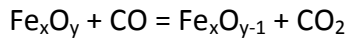
Demir oksitlerin karbon ile redüksiyonu, ancak gaz fazının kısmi oksijen buhar basıncının $[PO_{2(CO)}]$ demir oksitlerin kısmi oksijen buhar basıncından $[PO_{2(Fe_xO_y)}]$ daha küçük olması durumunda mümkündür.

$PO_{2(Fe_xO_y)} > PO_{2(CO)}$ Redüklenme

$PO_{2(Fe_xO_y)} = PO_{2(CO)}$ Denge

$PO_{2(Fe_xO_y)} < PO_{2(CO)}$ Oksitlenme

Basıncın bir fonksiyonu olan CO_2/CO karışımı ile demir oksitlerin redüksiyonu;



eşitliği ile verilir. Bu eşitliğin denge sabiti aşağıdaki gibi bulunur:

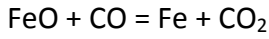
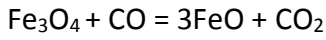
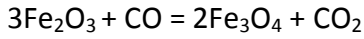
$$K = \frac{a_{Fe_xO_{y-1}} \cdot P_{CO_2}}{a_{Fe_xO_y} \cdot P_{CO}}$$

(Katı maddelerin aktiviteleri =1 alınır.)

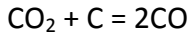
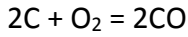
$$K = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}$$

Redükleme reaksiyonlarının çeşitli sıcaklıklardaki denge sabitleri hesaplanabilir. Bu denge sabitelerinin PCO_2 / PCO oranı bu denge sabitelerinden küçük ise Fe_xO_y redüklenir.

Hematit bileşimli demir cevherinin metalik demire redüklenmesi üç aşamada gerçekleşir:



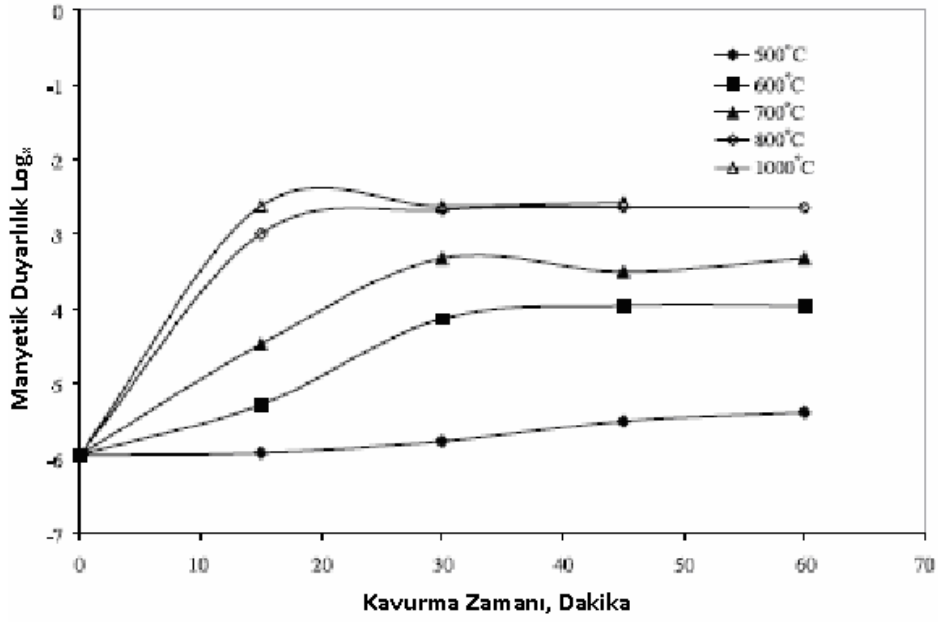
Karbonun redükleyici gaz oluşturma reaksiyonları ise aşağıdaki gibidir:



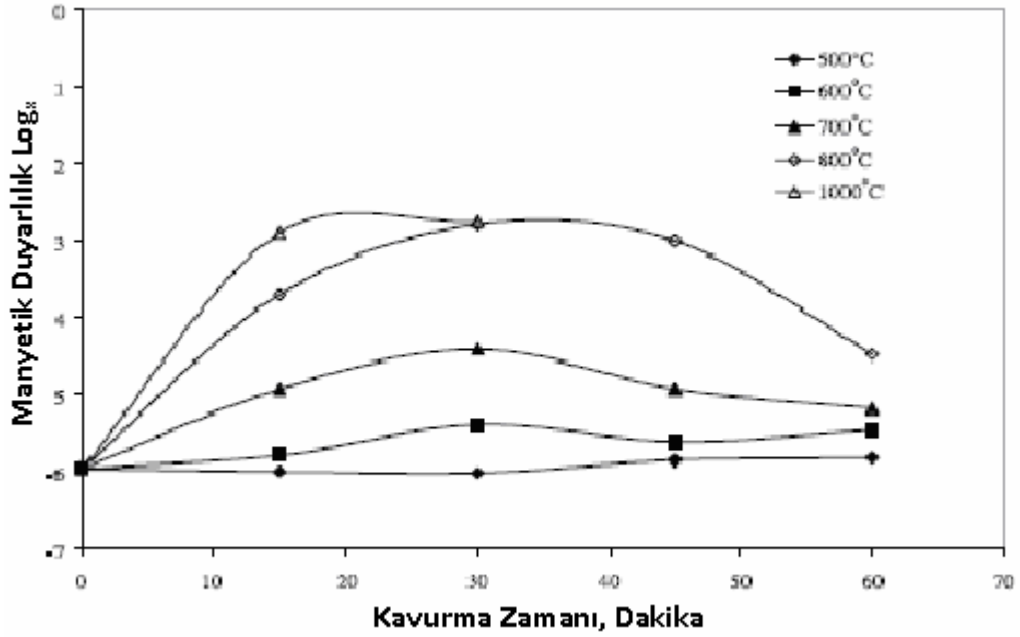
Demir oksitlerin redüksiyonu heterojen reaksiyonlardır, yani reaksiyonlar katı ve gaz maddeler arasında gerçekleşir ve proses koşullarına bağlı olarak birçok kısmi reaksiyonlar ve taşınım olayları içerir [41].

3.2 Hematitin Redükleyici Kavrulması

Hematitin manyetik duyarlılığı ilmenite göre dahaz azdır. Hematit daha fazla okside olamayacağı için hematitin oksidasyonla kavrulması onun manyetiklik değerini değiştirmez. Bu yüzden hematitin oksitlenerek kavrulması çok önemli değildir.



Şekil 3.1 1:5 Oranında kömür tozu kullanılmasıyla farklı kavurma sıcaklıklarında zamanın manyetiklik özelliğine değişiminin etkisi [10].



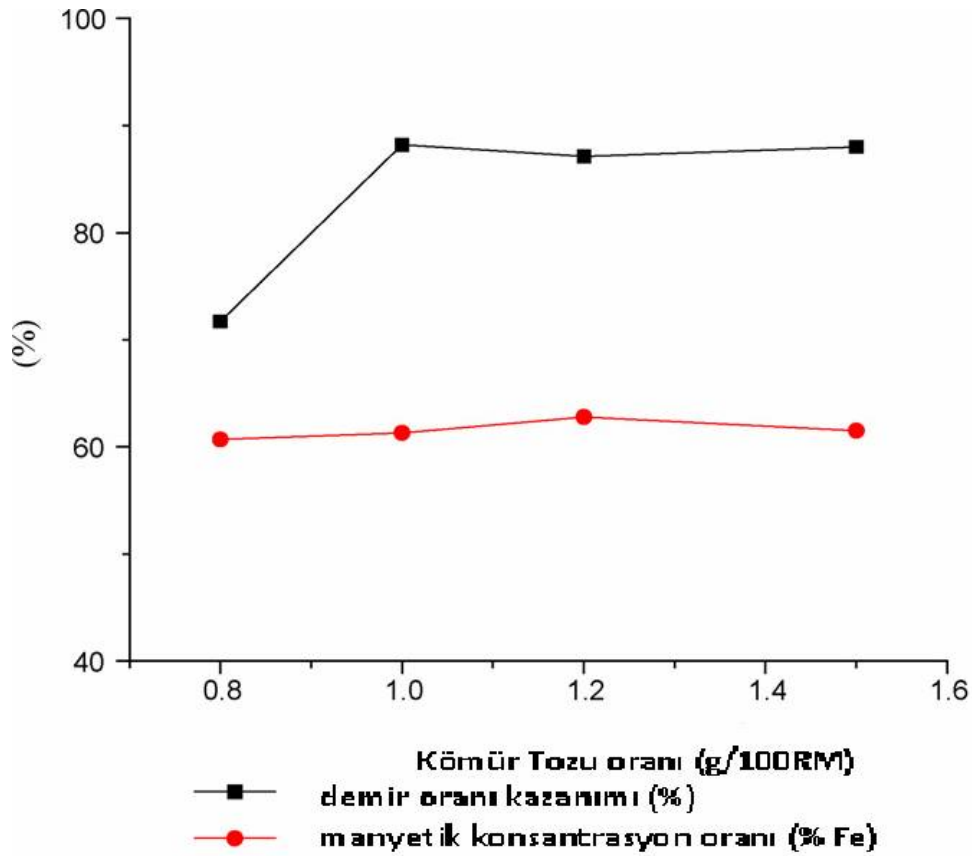
Şekil 3.2 1:10 Oranında kömür tozu kullanılmasıyla farklı kavurma sıcaklıklarında zamanın manyetiklik özelliğine değişiminin etkisi [10].

Magnetic properties of ilmenite, hematite and oil sand minerals after roasting kaynağına göre; farklı sıcaklıklarda kavru lan hematitin kavrulmalardan sonra manyetik özelliğinin değiştiği gözlenmiştir. 500°C üzerindeki sıcaklıklarda manyetiklik önemli

derecede artmaktadır. Hem 1.10 hem de 1.5 dozajında farklı 2 kömür dozajında da manyetik özelliklerin arttığı gözlenmiştir. Düşük dozaj özellikleri ve yüksek sıcaklıkta manyetiklik değer artmakta ama uzun süren testlerde manyetiklik değeri düştüğü gözlenmiştir. Hâlbuki yüksek dozajlarda kömür tozu kullanıldığında manyetiklik değerinin düşmediği gözlenmektedir. Bu sonuçlar göstermektedir ki düşük dozajlarda kömür tozu kullanılması reaksiyonun ilerleyen safhalarında tükenmektedir. Isıtma öncesi ve indirgenmiş hematit tekrar okside olmaya başlamaktadır [10].

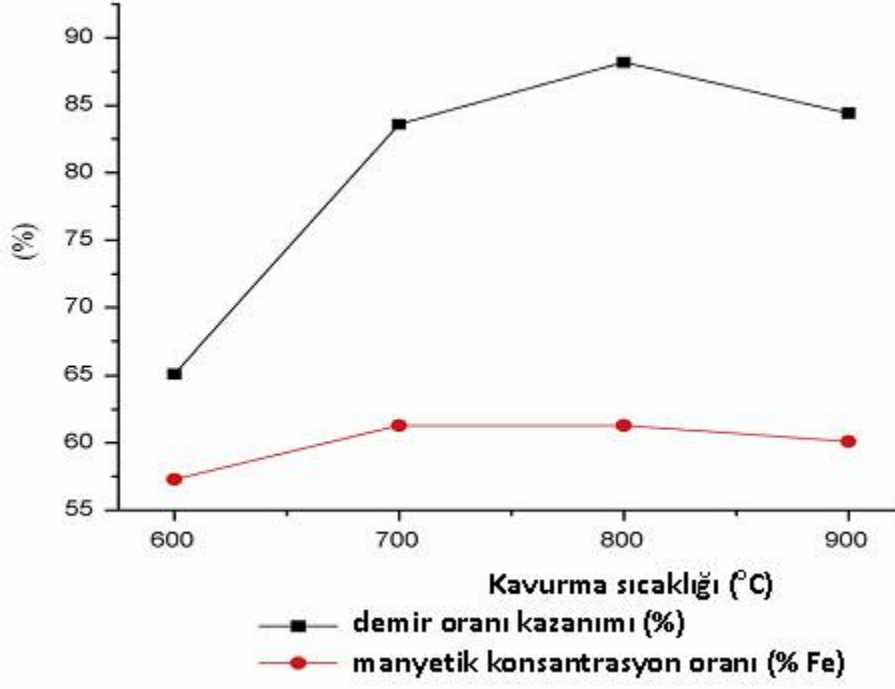
Bir başka çalışma olan “Innovative methodology for comprehensive utilization of iron ore tailings” kaynağına göre benzer özellikteki cevherin redükeleme işlemi için en verimli zaman, sıcaklık ve kömür oranını belirleme çalışmaları yapılmıştır [32].

- Cevher 800 °C de 30 dakika kavrulmuş
- Stokiyometrik Hesaplamalara göre bulunan kömür oranı % 0.8 dir.
- En fazla verimin % 1 kömür oranında olduğu gözlenmiştir.



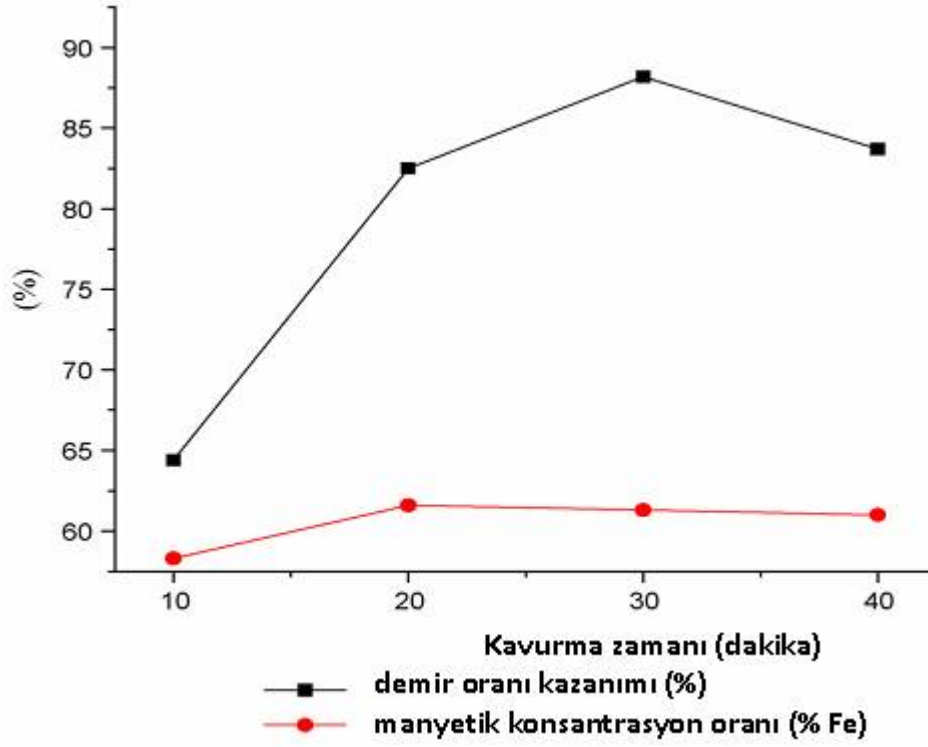
Şekil 3.3 Kömür oranının demir cevherin kazanımına etkisi [32].

- % 1 kömür oranında 30 dakika kavrulmuştur.
- Kavrurma sıcaklığın artması Fe_2O_3+C reaksiyonunu hızlandırır.
- Verimin 800 °C de olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.4 Kavrurma sıcaklığının cevherin kazanımına etkisi [32].

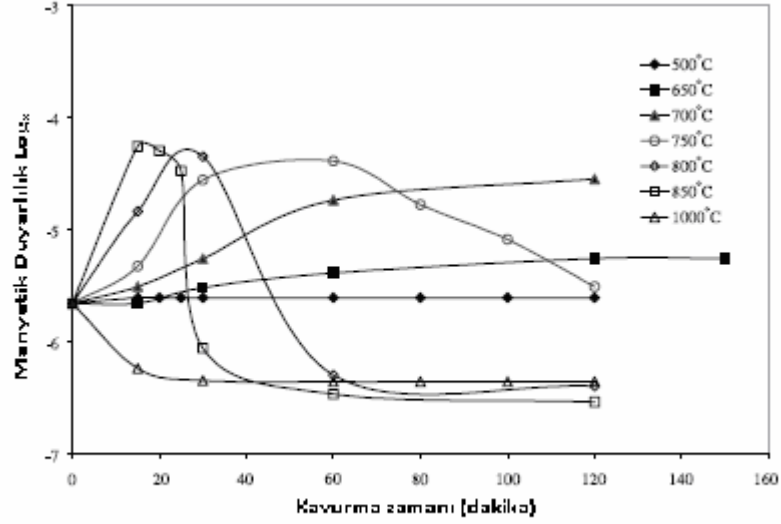
- % 1 kömür oranında 800 °C de kavrulmuştur.
- Kavrurma sıcaklığın artması Fe_2O_3+C reaksiyonunu hızlandırır.
- Verimin en fazla 30 dakika olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.5 Kavrurma zamanının etkisi [32].

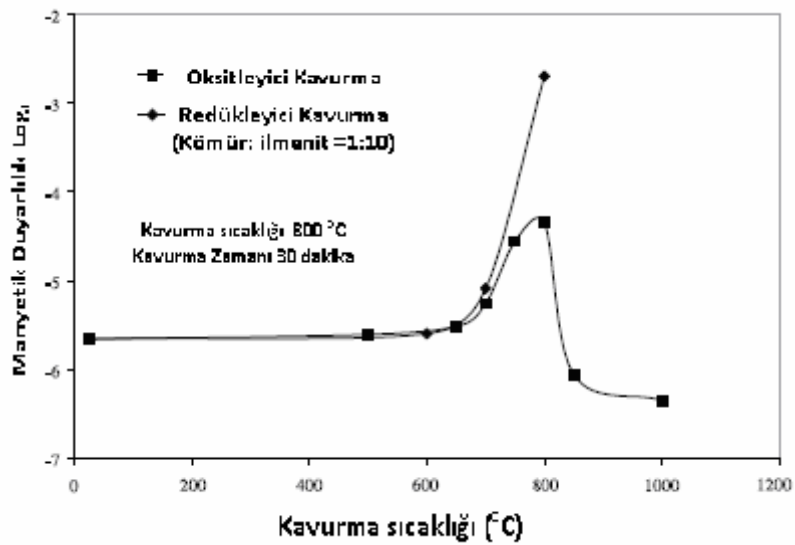
3.3 İlmenitin Kavrulması

Magnetic properties of ilmenite, hematite and oilsand minerals after roasting kaynağına göre; İlmenit cevheri hem oksitleyici hem de redükleyici kavrurma işlemine maruz bırakılmıştır. Test sonuçlarına göre ilmenitin oksidasyonla kavrulması belirli sıcaklık aralıklarında manyetikliğinin arttığı gözlenmiştir.



Şekil 3.6 İlmenitin oksidasyonla kavurulmasından zamanın fonksiyonu olarak sonra manyetiklik özelliği [10].

2 saat 500 °C kavurma sıcaklığı ilmenit cevheri manyetik duyarlılığında herhangi bir şey değiştirmezken sıcaklığın 650-700°C de 30 dakika olduğu süreçte manyetik duyarlılığın arttığı gözlenmiştir. Daha yüksek 750-850 °C de ilmenitin manyetik özelliği hızlı bir şekilde artarak maksimuma ulaşmıştır ve sonra keskin bir biçimde düştüğü ve hatta başlangıçtaki manyetik duyarlılığından da daha düşük bir değeri düştüğü gözlenmiştir. Sonunda 1000 °C üzerindeki sıcaklıkta manyetiklik özelliğinin artmadığı gözlenmiştir.



Şekil 3.7 1:10 oranında kömür tozu kullanılmasıyla 30 dakikalık kavurma sıcaklığında ilmenitin manyetiklik özelliğinin değişimi [10].

Hem oksidasyonda hem de redüksiyonda ilmenitin cevherinin manyetikleşebilirliği artmıştır. Hematit cevherinde olduğu gibi 800 °C ve 30 dakika süre en verimli parametre olarak belirlenmiştir. Oksitleyici ortamdaki artış redükleyici ortama göre daha az olduğu gözlenmiştir [10].

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 DeneYlerde Kullanılan Cihaz ve Malzemeler

DeneYlerde YTÜ Metalurji ve malzeme mühendisliği bölümü Hammadde ve Cevher Hazırlama Laboratuvarında bulunan (Şekil 4.1 ve 4.2) çeneli kırıcı, konili kırıcı, merdaneli kırıcılar, laboratuvar tipi bilyalı öğütücüler, laboratuvar elekleri ve Denver marka flotasyon cihazı kullanılmıştır. Yaş manyetik ayırıcılar için İstanbul Üniversitesinde bulunan yaş manyetik ayırıcılar kullanılmıştır. Redükleme işlemi için KOSGEB İtitelli Metal laboratuvarında bulunan (Şekil 4.3) Elektromag kül fırını ve (Şekil 4.5) Hanna marka pH metre cihazları kullanılmıştır. Flotasyon işlemi için İTÜ maden fakültesinde yer alan (Şekil 4.4) Denver marka flotasyon cihazları ile pH metre kullanılmıştır. Analizler ACME laboratuvarındaki ICP-OES cihazları ile analiz yapılmıştır.



Şekil 4.1 YTÜ Metalurji ve malzeme mühendisliği bölümündeki Hammadde ve Cevher Hazırlama Laboratuvarında bulunan çeneli kırıcı, konili kırıcı ve merdaneli kırıcılar.



Şekil 4.2 YTÜ Metalurji ve malzeme mühendisliği bölümündeki Hammade ve Cevher Hazırlama Laboratuvarında bulunan flotasyon makinası ve flotasyon işlemi.



Şekil 4.3 KOSGEB ikitelli Metal Laboratuvarı Elektromag marka yüksek sıcaklık kül fırını.



Şekil 4.4 İ.T.Ü Maden Fakültesi flotasyon cihazları.



Şekil 4.5 KOSGEB iktelli Metal Laboratuvarı Hana Marka pH metre cihazı.

Çizelge 4.1 Flotasyonda kullanılan reaktifler ve içerikleri

| | | |
|-----------------|--|--|
| AERO 845 N | Tetra sodyum N-(1,2dicarbozyethyl)- N-octadecyl sulfosuccinamete Metanol | %30 %2 |
| AERO 825 | Sodium dodesil benzen sülfonat Sülfonik asit, petrol, sodyum tuzları | %10-30 %30-60 |
| AEROMINE 3030 C | Aminler, yağlar, asetatlar etilheksanol | %40-70 %30-40 |
| AERO 6493 | Alkil alkol Kaprilik Asit Dekanoik Asit Metanol | %30-60 %1-5 %1-5 %<0,5 |
| AERO 828 | Anyonik aktif madde Glikol Eter Ethyleksanol Terpen Alkol | %40-70 %1-5 %0-15 %5-10 |

4.2 DeneYlerin Yapılışı

YTÜ Metalurji ve malzeme mühendisliği bölümündeki Hammadde ve Cevher Hazırlama Laboratuvarında bulunan çeneli kırıcı, konili kırıcı ve merdaneli kırıcılarla numuneler kırılmıştır. Kırılan numuneler aynı laboatuvarında bulunan laboratuvar tipi bilyalı değirmenle öğütölmüş, bu tez çalışmada kullanılacak şekilde 100 Mesh elek ile elenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda kullanılan bütün numuneler bu aşamalardan geçip, farklı partiköl boyutu, farklı redükleme sıcaklıkları, farklı pH lar ve farklı reaktiflerle işlemler yapılmıştır.

1.Aşama

100 Mesh elek altına elenmiş 4 tane 100 gramlık ürün kullanılmıştır. Bunlardan bir tanesine redükleme yapılmamış diğer 3 tanesi ise Elektromag kül fırınında 400-600 ve 800 °C de redükleme işlemleri yapılmıştır. Redükleme işlemleri için 30 dakika redükleme süresi ve % 1 oranında kömür tozu kullanılmıştır. Ham cevher Kanada'daki ACME Maden analiz laboratuvarında ICP metodu ile analiz edilmiş ve ortalama %6,68 SiO₂, %43,6 Al₂O₃, %31,53 Fe_xO_y ile %5,56 TiO₂ ve diğer bileşiklerin olduğu tespit edilmiştir redüklenmiş diğer ürünlerde analiz edilmiştir.

2.Aşama

800 °C de redüklenmiş 4 adet 100 gramlık numune ve redüklenmemiş 4 adet 100 gramlık numune kullanılmıştır. Redükleme sıcaklığı, pH ve reaktif farkını görebilmek için farklı koşullarda flotasyon yapılmıştır. Aero 825, Succinamate, pH 4, pH7 kullanılmıştır. Elde edilen numuneler tekrar ICP metodu ile analiz edilmiştir.

3.Aşama

Redükleme sıcaklığının yaş manyetik ayırıcılarda etkisini görmek için; 400-600 ve 800 °C de redükleme işlemleri yapılmış 2 şer adet 100 gramlık 6 numune kullanılmıştır. Elde edilen numuneler İstanbul Üniversitesi Maden fakültesinde Yaşmanyetik ayırıcılarda düşük olarak 5.000 gauss ve yüksek olarak 20.000 Gaussluk ayırıcılarda ayrılmaya çalışılmıştır. Elde edilen ürünler şiddet ve redükleme sıcaklığına göre DM: Düşük alan

şiddetli Manyetik ürün; DNM: Düşük alan şiddetli Nonmanyetik; YM: Yüksek alan şiddetli manyetik ve YNM: Yüksek alan şiddetli nonmanyetik olarak adlandırılmıştır. Bütün numuneler ICP ile analizi yapılmıştır.

4.Aşama

İTÜ Maden fakültesinde Denver marka flotasyon cihazları ile flotasyon yapılmıştır. Bu çalışmada 100 Mesh elek altı 100 gramlık 6 adet numune 800 °C de redükleme işlemi yapılmış (3 Adet) ve redüklenmemiş olarak (3 Adet) kullanılmıştır. pH 10 ve Aeromine 3030 C, Succinamate ve Aero 6493 kullanılmıştır. Bütün numunelerin ICP ile analizi yapılmıştır.

5.Aşama

800 °C de redüklenmiş ürün İstanbul Üniversitesi İleri Analiz laboratuvarında XRD cihazı ile analize edilmiştir.

6.Aşama

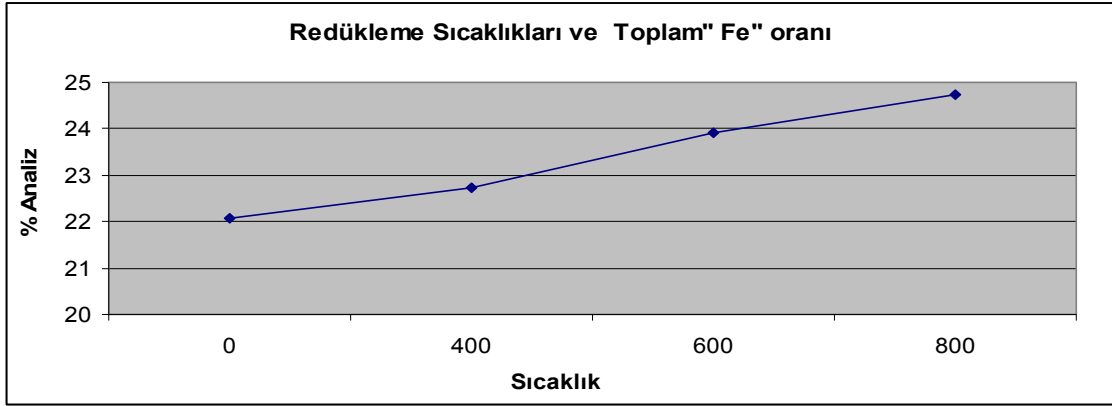
Tane boyutunun etkisini görebilmek için bu sefer 200 Mesh elek altı numuneler kullanılmıştır. 200 Mesh elekt altına elenmiş 100 gramlık 8 adet numune kullanılmıştır. 4 tanesi 800 °C de redüklenmiş diğer 4 tanesi ise ham olarak kullanılmıştır. Aero 828, succinamate, Aero 801 pH4 ve pH10 tercih edilmiştir. Bütün numunelerin ICP ile analizi yapılmıştır.

7.Aşama

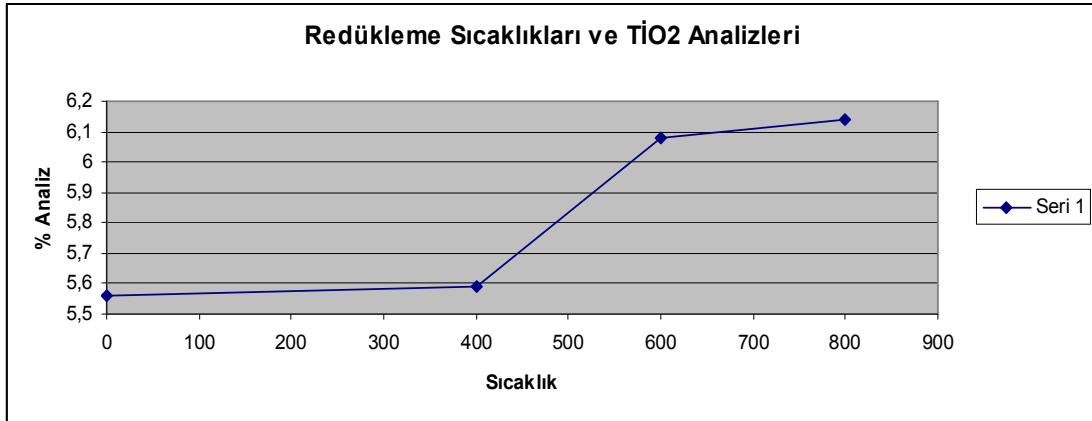
800 °C de redüklenmiş ve ham olan 100 gramlık 2 adet numune kullanılmış 4000 gaussluk el manyetiği ile yaş manyetik ayırma işlemi yapılmıştır. Elde edilen manyetik olan ve olmayan numunelerin hepsi analiz edilmiştir.

DENEY SONUÇLARI

İlk yapılan çalışmada cevher 100 mesh elek altına öğütülerek; redüklenmemiş ile 400-600 ve 800 °C de redüklenmiş olarak incelenmiştir. Redüklenmemiş cevherden 800 °C ye doğru gidildiğinde elde edilen toplam (Şekil 5.1 ve 5.2) "Fe" ve Toplam "TiO₂" oranlarının arttığı gözlenmiştir.



Şekil 5.1 Ham, 400-600-800 °C deki Redükleme Sonucu Fe Analiz Oranları



Şekil 5.2 Ham, 400-600-800 °C deki Redükleme Sonucu TiO₂ Analiz Oranları (TiO₂)

5.1 Manyetik Ayırma Deney Sonuçları

Manyetik ayırma deneyleri, 400, 600 ve 800°C de yapılan redükleme işlemleri sonrasında, 100 ve 200 mesh altı numune boyutları için 5000 ve 20000 gaussluk manyetik alan şiddetleri kullanılarak redüksiyon sonrası uygulanmıştır.

Ayrırma indeksi: % de Analiz değeri ile % de içerik değerinin çarpımıdır.

Çizelge 5.1 ve 5.2 de 100 Mesh elek altı, 400 °C deki redükleme ve 5000 gauss daki manyetik ayrılma çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

DNM: Düşük Şiddetli Nonmanyetik numune; DM: Düşük Şiddetli Manyetik Numune

Çizelge 5.1 100 Mesh elek altı 400 °C deki Redükleme ve 5000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri

| Yapılan İşlem | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|------------------|-------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| 400 °C Red. (DM) | %17,4 | 7,48 | 36,20 | 40,63 | 0,55 | 0,48 | 5,98 | 7,6 |
| 400 °C Red.(DNM) | %82,6 | 6,30 | 46,88 | 30,38 | 0,42 | 0,46 | 5,16 | 9,4 |
| Besleme malı | | 6,50 | 45,01 | 32,15 | 0,44 | 0,463 | 5,30 | 9,08 |

Çizelge 5.2 100 Mesh elek altı 400 °C de Redükleme ile 5000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| DM | %20,00 | %13,97 | %21,90 | %22,70 | %17,96 | %19,60 |
| DNM | %80,00 | %86,03 | %78,10 | %77,30 | %82,04 | %80,40 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| DM | 1,49 | 5,05 | 8,89 | 0,12 | 0,08 | 1,17 |
| DNM | 5,04 | 40,3 | 23,72 | 0,32 | 0,37 | 4,14 |

Çizelge 5.3 ve 5.4 de 100 Mesh elek altı, 400 °C deki redükleme ve 20000 gauss daki manyetik ayrılma çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

YNM: Yüksek Şiddetli Nonmanyetik numune; YM: Yüksek Şiddetli Manyetik Numune

Çizelge 5.3 100 Mesh elek altı 400 °C deki Redükleme ve 20000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri

| Yapılan İşlem | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|------------------|-------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| 400 °C Red. (YM) | %37,1 | 6,63 | 38,93 | 38,36 | 0,49 | 0,41 | 5,70 | 8,6 |
| 400 °C Red.(YNM) | %62,8 | 6,23 | 48,79 | 28,40 | 0,41 | 0,51 | 5,21 | 9,5 |
| Besleme malı | | 6,37 | 45,08 | 32,09 | 0,437 | 0,47 | 5,38 | 9,16 |

Çizelge 5.4 100 Mesh elek altı 400 °C de Redükleme ile 20000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YM | %38,6 | %31,9 | %44,3 | %41,2 | %31,9 | %39,2 |
| YNM | %61,4 | %68,1 | %55,7 | %58,8 | %68,1 | %60,8 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YM | 2,55 | 12,41 | 16,99 | 0,20 | 0,13 | 2,23 |
| YNM | 3,82 | 33,32 | 15,81 | 0,24 | 0,34 | 3,16 |

Çizelge 5.5 ve 5.6 de 100 Mesh elek altı, 600 °C deki redükleme ve 5000 gauss daki manyetik ayrılma çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

DNM: Düşük Şiddetli Nonmanyetik numune; DM: Düşük Şiddetli Manyetik Numune

Çizelge 5.5 100 Mesh elek altı 600 °C deki Redükleme ve 5000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri

| Yapılan İşlem | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|------------------|-------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| 600 °C Red. (DM) | %12,7 | 8,01 | 34,80 | 46,07 | 0,62 | 0,58 | 5,95 | 2,9 |
| 600 °C Red.(DNM) | %87,3 | 6,94 | 49,20 | 32,81 | 0,44 | 0,52 | 5,62 | 3,4 |
| Besleme malı | | 7,06 | 47,36 | 34,49 | 0,462 | 0,526 | 5,65 | 3,32 |

Çizelge 5.6 100 Mesh elek altı 600 °C de Redükleme ile 5000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| DM | %14,30 | %9,31 | %16,90 | %16,80 | %13,80 | %13,20 |
| DNM | %85,70 | %90,69 | %83,10 | %83,20 | %86,20 | %86,80 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| DM | 1,14 | 3,23 | 7,78 | 0,104 | 0,08 | 0,78 |
| DNM | 5,94 | 44,6 | 27,26 | 0,36 | 0,450 | 4,87 |

Çizelge 5.7 ve 5.8 de 100 Mesh elek altı, 600 °C deki redükleme ve 20000 gauss daki manyetik ayrılma çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

YNM: Yüksek Şiddetli Nonmanyetik numune; YM: Yüksek Şiddetli Manyetik Numune

Çizelge 5.7 100 Mesh elek altı 600 °C deki Redükleme ve 20000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri

| Yapılan İşlem | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|-------------------|-------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| 600 °C Red. (YM) | %32,5 | 7,32 | 40,34 | 41,72 | 0,54 | 0,49 | 5,84 | 2,7 |
| 600 °C Red. (YNM) | %67,5 | 7,07 | 51,23 | 30,96 | 0,44 | 0,54 | 5,63 | 3,0 |
| Besleme malı | | 7,14 | 47,69 | 34,44 | 0,472 | 0,523 | 5,69 | 2,89 |

Çizelge 5.8 100 Mesh elek altı 600 °C de Redükleme ile 20000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YM | %33,20 | %27,40 | %39,30 | %37,0 | %30,0 | %33,20 |
| YNM | %66,8 | %72,60 | %60,70 | %63,0 | %70,0 | %66,80 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YM | 2,43 | 11,05 | 16,39 | 0,199 | 0,147 | 1,93 |
| YNM | 4,72 | 37,19 | 18,79 | 0,277 | 0,378 | 3,76 |

Çizelge 5.9 ve 5.10 de 100 Mesh elek altı, 800 °C deki redükleme ve 5000 gauss daki manyetik ayrılma çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

DNM: Düşük Şiddetli Nonmanyetik numune; DM: Düşük Şiddetli Manyetik Numune

Çizelge 5.9 100 Mesh elek altı 800 °C deki Redükleme ve 5000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri

| Yapılan İşlem | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|-------------------|--------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| 800 °C Red. (DM) | %28,90 | 7,76 | 43,19 | 40,22 | 0,63 | 0,48 | 6,04 | 0,6 |
| 800 °C Red. (DNM) | %71,10 | 6,69 | 51,29 | 33,42 | 0,43 | 0,50 | 5,80 | 0,8 |
| Besleme malı | | 6,99 | 48,94 | 35,38 | 0,48 | 0,48 | 5,86 | 0,73 |

Çizelge 5.10 100 Mesh elek altı 800 °C de Redükleme ile 5000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| DM | %32 | %25,5 | %32,8 | %37,5 | %27 | %29 |
| DNM | %68 | %74,5 | %67,2 | %62,5 | %63 | %71 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| DM | 2,48 | 11 | 13,19 | 0,23 | 0,13 | 1,75 |
| DNM | 4,54 | 38,21 | 22,45 | 0,26 | 0,32 | 4,18 |

Çizelge 5.11 ve 5.12 de 100 Mesh elek altı, 800 °C deki redükleme ve 20000 gauss daki manyetik ayrılma çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

YNM: Yüksek Şiddetli Nonmanyetik numune; YM: Yüksek Şiddetli Manyetik Numune

Çizelge 5.11 100 Mesh elek altı 800 °C deki Redüklenme ve 20000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri

| Yapılan İşlem | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|-------------------|--------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| 800 °C Red. (YM) | %42,20 | 8,08 | 43,48 | 39,60 | 0,58 | 0,53 | 5,86 | 0,7 |
| 800 °C Red. (YNM) | %57,80 | 7,58 | 51,87 | 31,84 | 0,45 | 0,61 | 5,72 | 0,8 |
| Besleme malı | | 7,86 | 47,01 | 36,31 | 0,52 | 0,55 | 5,79 | 0,73 |

Çizelge 5.12 100 Mesh elek altı 800 °C de Redüklenme ile 20000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YM | %43,9 | %38 | %47,5 | %49 | %38,5 | %43 |
| YNM | %56,1 | %62 | %52,5 | %51 | %61,5 | %57 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YM | 3,54 | 16,52 | 18,52 | 0,28 | 0,20 | 2,51 |
| YNM | 4,20 | 32,1 | 16,71 | 0,22 | 0,37 | 3,26 |

Çizelge 5.13 ve 5.14 de 200 Mesh elek altı, redüklenmemiş ve 4000 gauss daki manyetik ayrılma çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

DNM: Düşük Şiddetli Nonmanyetik numune; DM: Düşük Şiddetli Manyetik Numune

Çizelge 5.13 200 Mesh elekaltı Ham malzeme 4000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri

| Yapılan İşlem | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|-----------------|--------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------------------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| Ham Manyetik | %28,00 | 16,94 | 43,10 | 33,73 | 0,40 | 0,38 | 5,33 | 10,4 |
| Ham Nonmanyetik | %72,00 | 14,31 | 46,74 | 31,77 | 0,36 | 0,42 | 4,94 | 10,6 |
| Besleme malı | | 15,04 | 45,70 | 32,31 | 0,37 | 0,408 | 5,04 | 10,54 |

Çizelge 5.14 200 Mesh elek altı 4000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| DM | % 31,52 | % 26,41 | % 29,22 | % 30,11 | % 25,98 | % 29,56 |
| DM | % 68,48 | % 73,59 | % 70,78 | % 69,89 | % 74,02 | % 70,44 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YM | 5,34 | 11,39 | 9,85 | 0,12 | 0,10 | 1,58 |
| YNM | 9,80 | 34,38 | 22,49 | 0,25 | 0,31 | 3,48 |

Çizelge 5.15 ve 5.16 de 200 Mesh elek altı, 800 °C redüklenmiş ve 4000 gauss daki manyetik ayrılma çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

DNM: Düşük Şiddetli Nonmanyetik numune; DM: Düşük Şiddetli Manyetik Numune

Çizelge 5.15 200 Mesh elekaltı 800 °C de Redükleme 4000 Gauss işlem sonucu kimyasal analiz değerleri

| Yapılan İşlem | Oran % | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|--------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| Manyetik | %34,00 | 11,79 | 44,78 | 36,86 | 0,50 | 0,37 | 5,48 | 1,2 |
| Nonmanyetik | %66,00 | 14,40 | 46,06 | 33,05 | 0,46 | 0,46 | 5,26 | 1,40 |
| Besleme malı | | 13,50 | 45,61 | 34,34 | 0,47 | 0,429 | 5,33 | 1,33 |

Çizelge 5.16 200 Mesh elek altı 800 °C de Redükleme ile 4000 Gauss daki işlem sonucunda İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YM | % 29,62 | % 33,37 | % 36,49 | % 35,94 | % 29,30 | % 34,90 |
| YNM | % 70,38 | % 66,63 | % 63,51 | % 64,06 | % 70,56 | % 65,10 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YM | 3,49 | 14,94 | 13,45 | 0,18 | 0,11 | 1,91 |
| YNM | 10,13 | 30,69 | 20,99 | 0,29 | 0,32 | 3,42 |

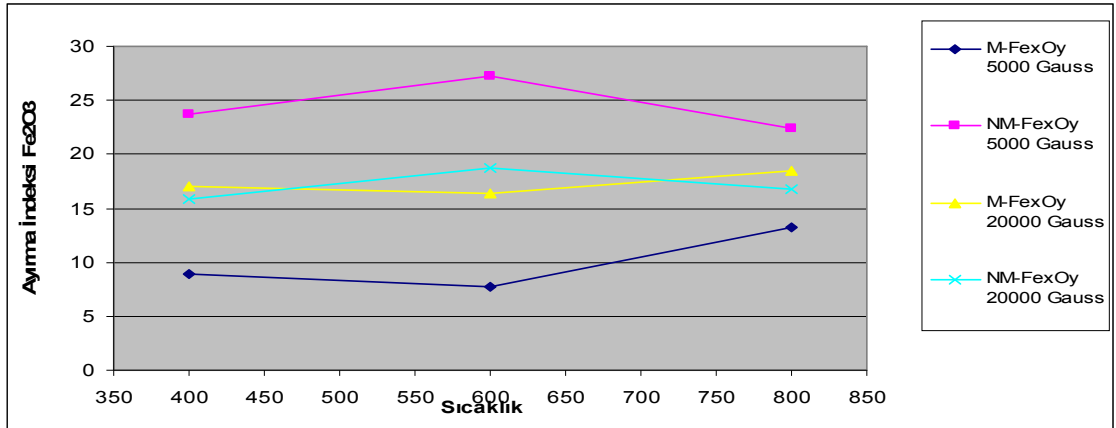
100 mesh boyutundaki numuneler için Çizelge 5.1 - 5.16 arasında verilen değerler aşağıda bulunan Çizelge 5.17-5.20 ve Şekil 5.3- 5.6 te özetlenmiştir.

Çizelge 5.17 100 mesh boyutundaki numunelerin Fe_xO_y için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki; Analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan Fe_xO_y numuneleri Analizleri | | | |
|---|----------------|-----------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Fe_xO_y % | NM- Fe_xO_y % | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 40,63 | 30,38 | 5000 |
| 600 | 46,07 | 32,81 | 5000 |
| 800 | 40,22 | 33,42 | 5000 |
| 400 | 38,36 | 28,4 | 20000 |
| 600 | 41,72 | 30,96 | 20000 |
| 800 | 39,60 | 31,84 | 20000 |

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan Fe_xO_y numuneleri İçerikleri | | | |
|---|----------------|-----------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Fe_xO_y % | NM- Fe_xO_y % | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 21,9 | 78,1 | 5000 |
| 600 | 16,9 | 83,1 | 5000 |
| 800 | 32,8 | 67,2 | 5000 |
| 400 | 44,3 | 55,7 | 20000 |
| 600 | 39,3 | 60,7 | 20000 |
| 800 | 47,5 | 52,5 | 20000 |

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan Fe_xO_y numuneleri Ayırma İndeksi | | | |
|---|--------------|---------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Fe_xO_y | NM- Fe_xO_y | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 8,89 | 23,72 | 5000 |
| 600 | 7,78 | 27,26 | 5000 |
| 800 | 13,19 | 22,45 | 5000 |
| 400 | 16,99 | 15,81 | 20000 |
| 600 | 16,39 | 18,79 | 20000 |
| 800 | 18,52 | 16,71 | 20000 |



Şekil 5.3 5000-20000 Gauss ile 400-600-800 °C deki Ayırma indeksi Karşılaştırmaları (Fe_xO_y)

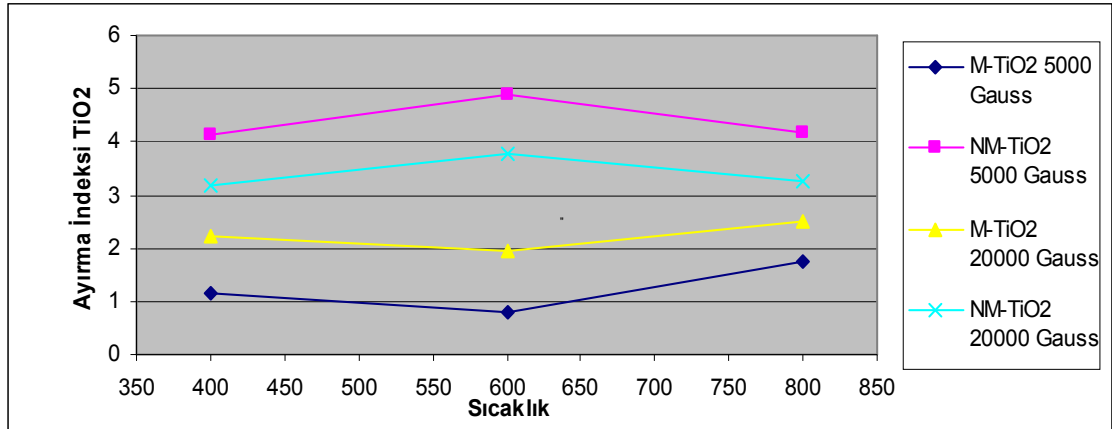
- 400 °C de redükleme sonrası elde edilen M-Fe_xO_y oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 8.89 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 16.99 olmuştur. NM-Fe_xO_y için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 23.72 den 15.81 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 600 °C de redükleme sonrası elde edilen M-Fe_xO_y oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 1.14 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 2.43 olmuştur. NM-Fe_xO_y için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 27.26 den 18.79 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 800 °C de redükleme sonrası elde edilen M-Fe_xO_y oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 13.19 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 18.52 olmuştur. NM-Fe_xO_y için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 22.45 den 16.71 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- Manyetik toplama şiddetli değeri arttığında elde edilen M-Fe_xO_y sonuçlarının ayırma indekslerinde arttığı belirlenmiştir. NM-Fe_xO_y için ise tam tersi olarak düştüğü belirlenmiştir.
- Ayırma indeksi kriterlerine göre manyetik olarak en verimli çalışmanın Fe_xO_y oranı için 800°C ve 20000 gaussda, nonmanyetik Fe_xO_y için 600°C ve 5000 gaussluk parametrelerinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.18 100 mesh boyutundaki numunelerin TiO₂ için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki; Analiz,İçerik ve Ayırma indeksleri

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan TiO ₂ numuneleri Analizleri | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Fe _x O _y | NM- Fe _x O _y % | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 5,98 | 5,16 | 5000 |
| 600 | 5,95 | 5,62 | 5000 |
| 800 | 6,04 | 5,80 | 5000 |
| 400 | 5,70 | 5,21 | 20000 |
| 600 | 5,84 | 5,63 | 20000 |
| 800 | 5,86 | 5,72 | 20000 |

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan TiO ₂ numuneleri İçerikleri | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Fe _x O _y | NM- Fe _x O _y % | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 19,6 | 80,4 | 5000 |
| 600 | 13,2 | 86,8 | 5000 |
| 800 | 29,0 | 71,0 | 5000 |
| 400 | 39,20 | 60,80 | 20000 |
| 600 | 33,20 | 66,80 | 20000 |
| 800 | 43,00 | 57,00 | 20000 |

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan TiO ₂ numuneleri Ayrırma İndeksi | | | |
|---|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- TiO ₂ | NM- TiO ₂ | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 1,17 | 4,14 | 5000 |
| 600 | 0,78 | 4,87 | 5000 |
| 800 | 1,75 | 4,18 | 5000 |
| 400 | 2,23 | 3,16 | 20000 |
| 600 | 1,93 | 3,76 | 20000 |
| 800 | 2,51 | 3,26 | 20000 |



Şekil 5.4 5000-20000 Gauss ile 400-600-800 °C deki Ayrırma indeksi Karşılaştırmaları (TiO₂)

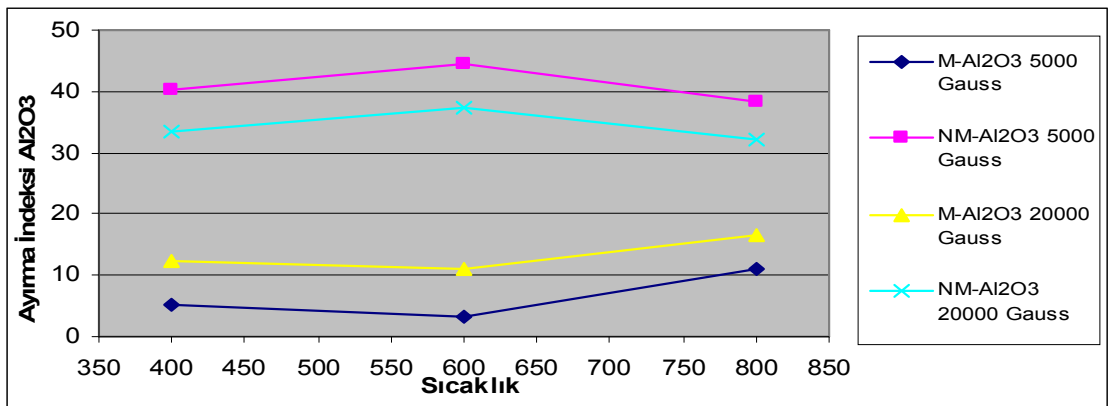
- 400 °C de redükleme sonrası elde edilen M- TiO₂ oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 1.17 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 2.23 olmuştur. NM- TiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 4.14 ten 3.16 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 600 °C de redükleme sonrası elde edilen M- TiO₂ oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 0.78 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 1.93 olmuştur. NM- TiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 4.87 ten 3.76 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 800 °C de redükleme sonrası elde edilen M- TiO₂ oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 1.75 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 2.51 olmuştur. NM- TiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 4.18 ten 3.24 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- Manyetik toplama şiddetli değeri arttığında elde edilen M- TiO₂ sonuçlarının ayırma indekslerinde arttığı belirlenmiştir. NM- TiO₂ için ise tam tersi olarak düştüğü belirlenmiştir.
- Ayırma indeksi kriterlerine göre manyetik olarak en verimli çalışmanın TiO₂ oranı için 800°C ve 20000 gaussda, nonmanyetik TiO₂ için 600°C ve 5000 gaussluk parametrelerinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.19 100 mesh boyutundaki numunelerin Al_2O_3 için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki; Analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan Al_2O_3 numuneleri Analizleri | | | |
|---|--------------|-----------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Fe_xO_y | NM- Fe_xO_y % | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 36,20 | 46,88 | 5000 |
| 600 | 34,80 | 49,20 | 5000 |
| 800 | 43,19 | 51,29 | 5000 |
| 400 | 38,93 | 48,79 | 20000 |
| 600 | 40,34 | 51,23 | 20000 |
| 800 | 43,48 | 51,87 | 20000 |

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan Al_2O_3 numuneleri İçerikleri | | | |
|---|--------------|-----------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Fe_xO_y | NM- Fe_xO_y % | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 13,97 | 86,03 | 5000 |
| 600 | 9,31 | 90,69 | 5000 |
| 800 | 25,50 | 74,50 | 5000 |
| 400 | 31,90 | 68,10 | 20000 |
| 600 | 27,40 | 72,60 | 20000 |
| 800 | 38,00 | 62,00 | 20000 |

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan Al_2O_3 numuneleri Ayrma İndeksi | | | |
|--|--------------|---------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Al_2O_3 | NM- Al_2O_3 | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 5,05 | 40,30 | 5000 |
| 600 | 3,23 | 44,60 | 5000 |
| 800 | 11,00 | 38,21 | 5000 |
| 400 | 12,41 | 33,32 | 20000 |
| 600 | 11,05 | 37,19 | 20000 |
| 800 | 16,52 | 32,10 | 20000 |



Şekil 5.5 5000-20000 Gauss ile 400-600-800 °C deki Ayırma indeksi Karşılaştırmaları (Al_2O_3)

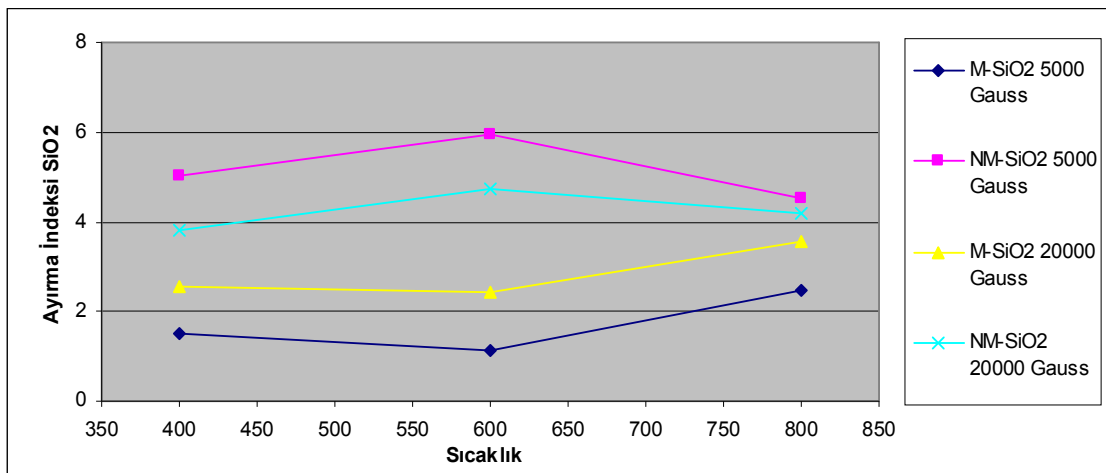
- 400 °C de redükleme sonrası elde edilen M- Al₂O₃ oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 5.05 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 12.41 olmuştur. NM- Al₂O₃ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 40.30 ten 33.32 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 600 °C de redükleme sonrası elde edilen M- Al₂O₃ oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 3.23 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 11.05 olmuştur. NM- Al₂O₃ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 46.40 tan 37.19 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 800 °C de redükleme sonrası elde edilen M- Al₂O₃ oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 11.00 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 16.52 olmuştur. NM- Al₂O₃ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 38.21 den 32.10 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- Manyetik toplama şiddetli değeri arttığında elde edilen M- Al₂O₃ sonuçlarının ayırma indekslerinde arttığı belirlenmiştir. NM- Al₂O₃ için ise tam tersi olarak düştüğü belirlenmiştir.
- Ayırma indeksi kriterlerine göre manyetik olarak en verimli çalışmanın Al₂O₃ oranı için 800°C ve 20000 gaussda, nonmanyetik Al₂O₃ için 600°C ve 5000 gaussluk parametrelerinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.20 100 mesh boyutundaki numunelerin SiO₂ için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki; Analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan SiO ₂ numuneleri Analizleri | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Fe _x O _y | NM- Fe _x O _y % | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 7,48 | 6,30 | 5000 |
| 600 | 8,01 | 6,94 | 5000 |
| 800 | 7,76 | 6,69 | 5000 |
| 400 | 6,63 | 6,23 | 20000 |
| 600 | 7,32 | 7,07 | 20000 |
| 800 | 8,08 | 7,58 | 20000 |

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan SiO ₂ numuneleri İçerikleri | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- Fe _x O _y | NM- Fe _x O _y % | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 20,00 | 80,00 | 5000 |
| 600 | 14,30 | 85,70 | 5000 |
| 800 | 32,00 | 68,00 | 5000 |
| 400 | 38,60 | 61,40 | 20000 |
| 600 | 33,20 | 66,80 | 20000 |
| 800 | 43,90 | 56,10 | 20000 |

| 5000-20000 Gauss ta Manyetik olan ve olmayan SiO ₂ numuneleri Ayırma İndeksi | | | |
|--|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | M- SiO ₂ | NM- SiO ₂ | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| 400 | 1,49 | 5,04 | 5000 |
| 600 | 1,14 | 5,94 | 5000 |
| 800 | 2,48 | 4,54 | 5000 |
| 400 | 2,55 | 3,82 | 20000 |
| 600 | 2,43 | 4,72 | 20000 |
| 800 | 3,54 | 4,20 | 20000 |



Şekil 5.6 5000-20000 Gauss ile 400-600-800 °C deki Ayırma indeksi Karşılaştırmaları (SiO₂)

- 400 °C de redükleme sonrası elde edilen M- SiO₂ oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 1.49 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 2.55 olmuştur. NM- SiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 5.04 ten 3.82 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 600 °C de redükleme sonrası elde edilen M- SiO₂ oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 1.14 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 2.43 olmuştur. NM- SiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 5.94 ten 4.72 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 800 °C de redükleme sonrası elde edilen M- SiO₂ oranı 5000 gaussluk manyetik şiddetinde ayırma indeksi 2.48 iken 20000 gaussluk manyetik şiddetinde 3.54 olmuştur. NM- SiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 4.54 ten 4.20 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- Manyetik toplama şiddetli değeri arttığında elde edilen M- SiO₂ sonuçlarının ayırma indekslerinde arttığı belirlenmiştir. NM- SiO₂ için ise tam tersi olarak düştüğü belirlenmiştir.
- Ayırma indeksi kriterlerine göre manyetik olarak en verimli çalışmanın SiO₂ oranı için 800°C ve 20000 gaussda, nonmanyetik SiO₂ için 600°C ve 5000 gaussluk parametrelerinde olduğu belirlenmiştir.

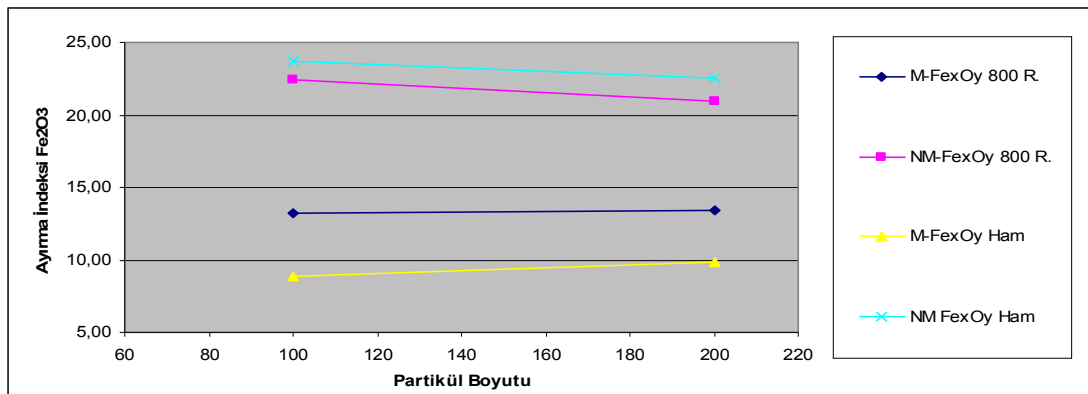
100 mesh ve 200 mesh boyutundaki numuneler için Çizelge 5.1 - 5.16 arasında verilen değerler aşağıda bulunan Çizelge 5.21-5.24 ve Şekil 5.7- 5.10 te özetlenmiştir.

Çizelge 5.21 100-200 mesh boyutundaki numunelerin Fe_xO_y için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki; Analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri

| Farklı Numune boyutunun Fe_xO_y Oranına etkisi Analizler | | | | |
|--|------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M- Fe_xO_y (%) | NM- Fe_xO_y (%) | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 Mesh | 40,63 | 30,38 | 5000 |
| Ham | 200 Mesh | 33,73 | 31,77 | 5000 |
| 800 | 100 Mesh | 40,22 | 33,42 | 5000 |
| 800 | 200 Mesh | 36,86 | 33,05 | 5000 |

| Farklı Numune boyutunun Fe_xO_y Oranına etkisi İçerikler | | | | |
|--|------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M- Fe_xO_y (%) | NM- Fe_xO_y (%) | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 21,90 | 78,10 | 5000 |
| Ham | 200 | 29,22 | 70,78 | 5000 |
| 800 | 100 | 32,80 | 67,20 | 5000 |
| 800 | 200 | 36,49 | 63,51 | 5000 |

| Farklı Numune boyutunun Fe_xO_y Oranına etkisi Ayırma İndeksi | | | | |
|---|------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M- Fe_xO_y | NM- Fe_xO_y | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 8,89 | 23,72 | 5000 |
| Ham | 200 | 9,85 | 22,49 | 5000 |
| 800 | 100 | 13,19 | 22,43 | 5000 |
| 800 | 200 | 13,45 | 20,99 | 5000 |



Şekil 5.7 Farklı numune boyutlarının ham ve 800 °C deki redükleme ile Fe_xO_y Ayırma kriterine etkisi

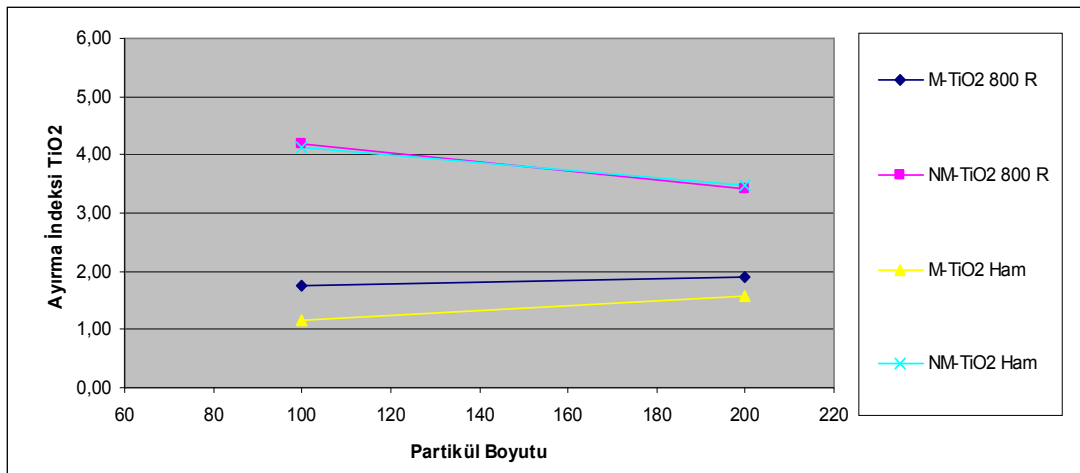
- 100 mesh elekaltı ham olarak kullanılan üründen elde edilen M-Fe_xO_y oranı 8.89 iken 200 mesh elekaltı kullanılan üründe 9.85 olmuştur. NM-Fe_xO_y için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 23.72 den 22.49 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 100 mesh elekaltı 800 °C de redüklenmiş olarak kullanılan üründen elde edilen M-Fe_xO_y oranı 13.19 iken 200 mesh elekaltı kullanılan üründe 13.45 olmuştur. NM-Fe_xO_y için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 23.43 den 20.99 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 800 °C redüklenmiş ürünlerin M-Fe_xO_y ayırma indeksleri redüklenmemiş ürüne göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Tane boyutu küçüldükçe M-Fe_xO_y ayırma indekslerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Ayırma indeksi kriterlerine göre manyetik olarak en verimli çalışmanın Fe_xO_y oranı için 200 Mesh elekt altı 800°C ve 5000 gaussda, nonmanyetik Fe_xO_y için 100 Mesh elekaltı, Ham cevherde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.22 100-200 mesh boyutundaki numunelerin TiO₂ için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki; Analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri

| Farklı Numune boyutunun TiO ₂ Oranına etkisi Analizler | | | | |
|---|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M-TiO ₂ (%) | NM-TiO ₂ (%) | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 19,60 | 80,40 | 5000 |
| Ham | 200 | 29,56 | 70,44 | 5000 |
| 800 | 100 | 6,04 | 5,80 | 5000 |
| 800 | 200 | 5,48 | 5,26 | 5000 |

| Farklı Numune boyutunun TiO ₂ Oranına etkisi İçerikler | | | | |
|---|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M-TiO ₂ (%) | NM-TiO ₂ (%) | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 19,60 | 80,40 | 5000 |
| Ham | 200 | 29,56 | 70,44 | 5000 |
| 800 | 100 | 29,00 | 71,00 | 5000 |
| 800 | 200 | 34,90 | 65,10 | 5000 |

| Farklı Numune boyutunun TiO ₂ Oranına etkisi Ayırma İndeksi | | | | |
|--|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M-TiO ₂ | NM-TiO ₂ | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 1,17 | 4,14 | 5000 |
| Ham | 200 | 1,58 | 3,48 | 5000 |
| 800 | 100 | 1,75 | 4,18 | 5000 |
| 800 | 200 | 1,91 | 3,42 | 5000 |



Şekil 5.8 Farklı numune boyutlarının ham ve 800 °C deki redükleme ile TiO₂ Ayırma kriterine etkisi

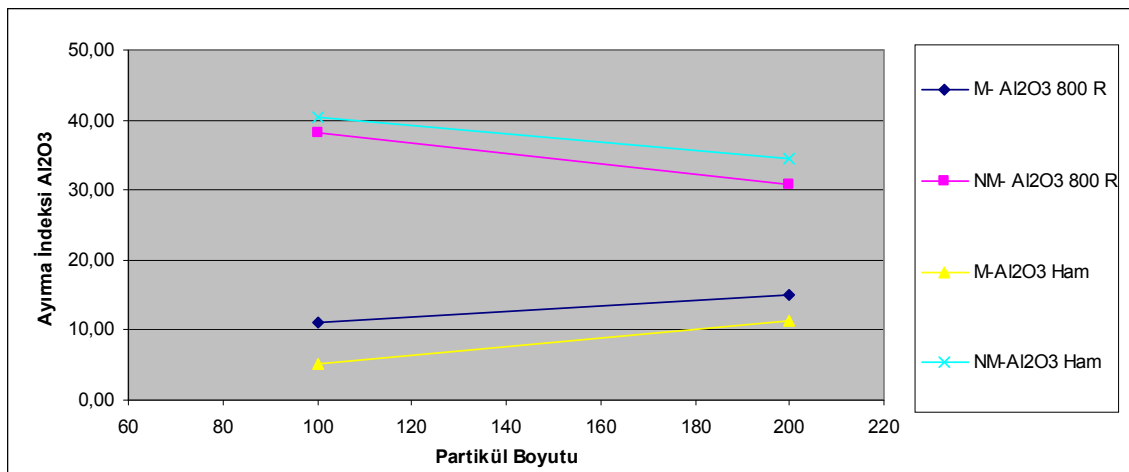
- 100 mesh elekaltı ham olarak kullanılan üründen elde edilen M- TiO₂ oranı 1.17 iken 200 mesh elekaltı kullanılan üründe 1.58 olmuştur. NM- TiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 4.14 den 3.48 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 100 mesh elekaltı 800 °C de redüklenmiş olarak kullanılan üründen elde edilen M- TiO₂ oranı 1.71 iken 200 mesh elekaltı kullanılan üründe 1.91 olmuştur. NM- TiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 4.18 den 3.42 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 800 °C redüklenmiş ürünlerin M- TiO₂ ayırma indeksleri redüklenmemiş ürüne göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Tane boyutu küçüldükçe M- TiO₂ ayırma indekslerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Ayırma indeksi kriterlerine göre manyetik olarak en verimli çalışmanın TiO₂ oranı için 200 Mesh elekt altı 800°C ve 5000 gaussda, nonmanyetik TiO₂ için 100 Mesh elekaltı, Ham cevherde olduğu belirlenmiştir.
- Ayırma indeksi kriterlerine göre manyetik olarak en verimli çalışmanın TiO₂ oranı için 200 Mesh elekt altı 800 °C ve 5000 gaussda, nonmanyetik TiO₂ için 100 Mesh elekaltı, Ham cevherde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.23 100-200 mesh boyutundaki numunelerin Al₂O₃ için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki; Analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri

| Farklı Numune boyutunun Al ₂ O ₃ Oranına etkisi Analizler | | | | |
|---|------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M- Al ₂ O ₃ (%) | NM- Al ₂ O ₃ (%) | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 36,20 | 46,88 | 5000 |
| Ham | 200 | 43,10 | 46,74 | 5000 |
| 800 | 100 | 43,19 | 51,29 | 5000 |
| 800 | 200 | 44,78 | 46,06 | 5000 |

| Farklı Numune boyutunun Al ₂ O ₃ Oranına etkisi İçerikler | | | | |
|---|------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M- Al ₂ O ₃ (%) | NM- Al ₂ O ₃ (%) | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 13,97 | 86,03 | 5000 |
| Ham | 200 | 26,41 | 73,59 | 5000 |
| 800 | 100 | 25,50 | 74,50 | 5000 |
| 800 | 200 | 33,37 | 66,63 | 5000 |

| Farklı Numune boyutunun Al ₂ O ₃ Oranına etkisi Ayırma İndeksi | | | | |
|--|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M- Al ₂ O ₃ | NM- Al ₂ O ₃ | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 5,05 | 40,30 | 5000 |
| Ham | 200 | 11,39 | 34,38 | 5000 |
| 800 | 100 | 11,00 | 38,21 | 5000 |
| 800 | 200 | 14,94 | 30,69 | 5000 |



Şekil 5.9 Farklı numune boyutlarının ham ve 800 °C deki redüklemeye ile Al₂O₃ Ayırma kriterine etkisi

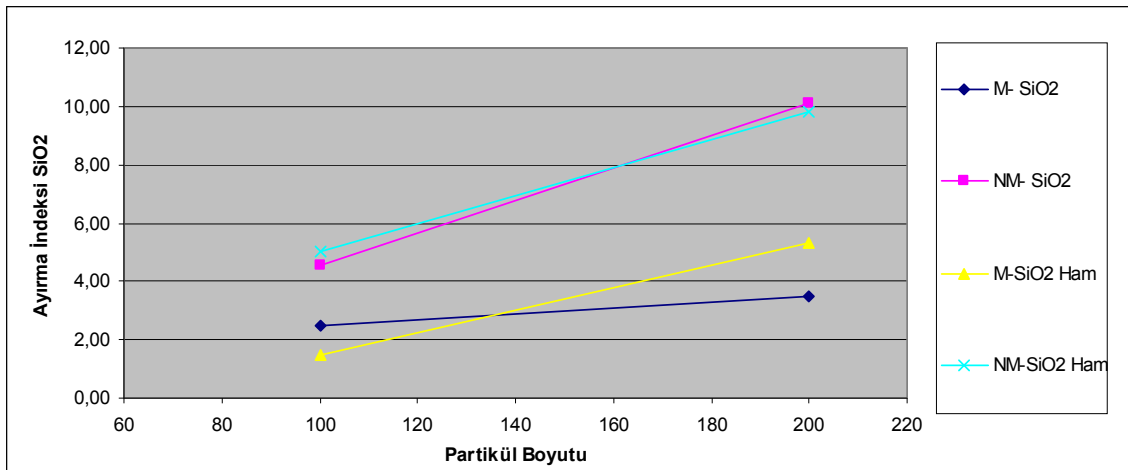
- 100 mesh elekaltı ham olarak kullanılan üründen elde edilen M- Al_2O_3 oranı 5.05 iken 200 mesh elekaltı kullanılan üründe 11.39 olmuştur. NM- Al_2O_3 için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 40.30 dan 34.38 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 100 mesh elekaltı 800 °C de redüklenmiş olarak kullanılan üründen elde edilen M- Al_2O_3 oranı 11.00 iken 200 mesh elekaltı kullanılan üründe 14.90 olmuştur. NM- Al_2O_3 için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 38.21 den 30.69 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 800 °C redüklenmiş ürünlerin M- Al_2O_3 ayırma indeksleri redüklenmemiş ürüne göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Tane boyutu küçüldükçe M- Al_2O_3 ayırma indekslerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Ayırma indeksi kriterlerine göre manyetik olarak en verimli çalışmanın Al_2O_3 oranı için 200 Mesh elekt altı 800°C ve 5000 gaussda, nonmanyetik Al_2O_3 için 100 Mesh elekaltı, Ham cevherde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.24 100-200 mesh boyutundaki numunelerin SiO₂ için farklı sıcaklık ve manyetik ayırma şiddetlerindeki; Analiz, İçerik ve Ayırma indeksleri.

| Farklı Numune boyutunun SiO ₂ Oranına etkisi Analizler | | | | |
|---|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M- SiO ₂ (%) | NM- SiO ₂ (%) | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 7,48 | 6,30 | 5000 |
| Ham | 200 | 16,94 | 14,31 | 5000 |
| 800 | 100 | 7,76 | 6,69 | 5000 |
| 800 | 200 | 11,79 | 14,40 | 5000 |

| Farklı Numune boyutunun SiO ₂ Oranına etkisi İçerikler | | | | |
|---|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M- SiO ₂ (%) | NM- SiO ₂ (%) | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 20,00 | 80,00 | 5000 |
| Ham | 200 | 31,52 | 68,48 | 5000 |
| 800 | 100 | 32,00 | 68,00 | 5000 |
| 800 | 200 | 29,62 | 70,38 | 5000 |

| Farklı Numune boyutunun SiO ₂ Oranına etkisi Ayırma İndeksi | | | | |
|--|------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| Sıcaklık °C | Partikül Boyutu (Mesh) | M- SiO ₂ | NM- SiO ₂ | Manyetik Alan şiddeti (Gauss) |
| Ham | 100 | 1,49 | 5,04 | 5000 |
| Ham | 200 | 5,34 | 9,80 | 5000 |
| 800 | 100 | 2,48 | 4,54 | 5000 |
| 800 | 200 | 3,49 | 10,13 | 5000 |



Şekil 5.10 Farklı numune boyutlarının ham ve 800 °C deki redükleme ile SiO₂ Ayırma kriterine etkisi

- 100 mesh elekaltı ham olarak kullanılan üründen elde edilen M- SiO₂ oranı 1.49 iken 200 mesh elekaltı kullanılan üründe 5.34 olmuştur. NM- SiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 5.04 den 9.80 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 100 mesh elekaltı 800 °C de redüklenmiş olarak kullanılan üründen elde edilen M- SiO₂ oranı 2.48 iken 200 mesh elekaltı kullanılan üründe 3.49 olmuştur. NM- SiO₂ için ise tam tersi olarak ayırma indeksi 4.54 den 10.13 oranına düştüğü belirlenmiştir.
- 800 °C redüklenmiş ürünlerin M-SiO₂ ayırma indeksleri redüklenmemiş ürüne göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Tane boyutu küçüldükçe M-SiO₂ ayırma indekslerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Ayırma indeksi kriterlerine göre manyetik olarak en verimli çalışmanın SiO₂ oranı için 200 Mesh elekt altı 800°C ve 5000 gaussda, nonmanyetik SiO₂ için 100 Mesh elekaltı, Ham cevherde olduğu belirlenmiştir.

5.2 Flotasyon Deney Sonuçları

Flotasyon deneyleri, redüklenmemiş ile 800°C de yapılan redükleme işlemleri sonrasında, 100 ve 200 mesh altı numune boyutları için farklı reaktifler (Aeromine 3030C, Aero 801, Succinamate 845 N, Aero 6493, Aero 825, Aero 821) ve pH larda yapılmıştır.

Çizelge 5.25 ve 5.26 da 100 Mesh elek altı ham ürünün, Aeromine 3030 C reaktifi ile pH 10 da yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.25 100 Mesh elek altı ham cevherin Aeromine 3030 C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|---------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Aeromine 3030 | 1000 | 4 | 100 | - | 10 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|--------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| XC Konsantre | 25,00 % | 11,96 | 39,95 | 26,43 | 0,54 | 0,80 | 4,48 | 14,50 |
| XT Atık | 75,00 % | 10,33 | 40,51 | 31,12 | 0,57 | 0,52 | 5,23 | 10,58 |
| Besleme malı | 100% | 10,74 | 40,37 | 29,95 | 0,56 | 0,59 | 5,04 | 11,56 |

Çizelge 5.26 100 Mesh elek altı ham cevher Aeromine 3030 C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| XC Konsantre | % 27,84 | % 24,74 | % 22,06 | % 24,11 | % 33,90 | % 22,22 |
| XT Atık | % 72,16 | % 75,26 | % 77,94 | % 75,89 | % 66,10 | % 77,78 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| XC Konsantre | 3,33 | 9,88 | 5,83 | 0,13 | 0,27 | 1,00 |
| XT Atık | | | | | | |
| | 7,46 | 30,49 | 24,26 | 0,43 | 0,34 | 4,07 |

Çizelge 5.27 ve 5.28 da 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş ürünün, Aeromine 3030 C reaktifi ile pH 10 da yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.27 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aeromine 3030 C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|---------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Aeromine 3030 | 1000 | 4 | 100 | 800 | 10 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| X1C Konsantre | 89,86 % | 14,41 | 42,60 | 31,61 | 0,56 | 0,66 | 5,33 | 3,40 |
| X1T Atık | 10,14% | 15,79 | 55,12 | 33,78 | 0,66 | 1,05 | 7,01 | 2,12 |
| Besleme malı | 100 % | 14,55 | 43,87 | 31,83 | 0,57 | 0,70 | 5,50 | 3,27 |

Çizelge 5.28 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aeromine 3030 C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| X1C Konsantre | % 88,99 | % 87,26 | % 89,24 | % 88,28 | % 84,72 | % 87,08 |
| X1T Atık | % 11,01 | % 12,74 | % 10,76 | % 11,72 | % 15,28 | % 12,92 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| X1C Konsantre | 12,82 | 37,17 | 28,21 | 0,49 | 0,56 | 4,64 |
| X1T Atık | 1,74 | 7,02 | 3,64 | 0,08 | 0,16 | 0,91 |

Çizelge 5.29 ve 5.30 da 100 Mesh elek altı ham ürünün, Succinamate reaktifi ile pH 10 da yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.29 100 Mesh elek altı ham cevherin Succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Succinamate | 1000 | 4 | 100 | - | 10 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|--------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| YC Konsantre | 30,52 % | 8,21 | 43,79 | 27,96 | 0,49 | 0,82 | 4,84 | 12,60 |
| YT Atık | 69,48 % | 11,85 | 38,87 | 30,82 | 0,59 | 0,49 | 5,13 | 11,10 |
| Besleme malı | 100 % | 10,74 | 40,37 | 29,95 | 0,56 | 0,59 | 5,04 | 11,56 |

Çizelge 5.30 100 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YC Konsantre | % 23,33 | % 33,11 | % 28,50 | % 26,71 | % 42,42 | % 29,31 |
| YT Atık | % 76,67 | % 66,89 | % 71,50 | % 73,29 | % 57,58 | % 70,69 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| YC Konsantre | 1,92 | 14,50 | 7,97 | 0,13 | 0,35 | 1,42 |
| YT Atık | 9,09 | 26,00 | 22,04 | 0,43 | 0,28 | 3,62 |

Çizelge 5.31 ve 5.32 de 100 Mesh elek 800 °C redüklenmiş ürünün, Succinamate reaktifi ile pH 10 da yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.31 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Succinamate kolektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kolektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|----------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Succinamat 845 | 1000 | 4 | 100 | 800 | 10 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| Y1C Konsantre | 8,75 % | 14,74 | 43,15 | 25,26 | 0,69 | 0,96 | 4,51 | 7,25 |
| Y1T Atık | 91,25 % | 15,13 | 41,29 | 27,99 | 0,56 | 0,67 | 4,90 | 8,07 |
| Besleme malı | 100 % | 15,10 | 41,45 | 27,75 | 0,57 | 0,70 | 4,87 | 8,00 |

Çizelge 5.32 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kolektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu içerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| Y1C Konsantre | % 8,54 | % 9,11 | % 7,97 | % 10,61 | % 12,05 | % 8,11 |
| Y1T Atık | % 91,46 | % 90,89 | % 92,03 | % 89,39 | % 87,95 | % 91,89 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| Y1C Konsantre | 1,26 | 3,93 | 2,01 | 0,07 | 0,12 | 0,37 |
| Y1T Atık | 13,84 | 37,53 | 25,76 | 0,50 | 0,59 | 4,51 |

Çizelge 5.33 ve 5.34 de 100 Mesh elek altı ham ürünün, Aero 6493 reaktifi ile pH 10 da yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.33 100 Mesh elek altı ham cevherin Aero 6493C kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-----------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Aero 6493 | 1000 | 4 | 100 | - | 10 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|--------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| ZC Konsantre | 67,77 % | 6,96 | 42,14 | 32,20 | 0,48 | 0,53 | 5,45 | 67,77 |
| ZT Atık | 32,23 % | 18,69 | 36,63 | 25,21 | 0,71 | 0,73 | 4,16 | 32,23 |
| Besleme malı | 100 % | 10,74 | 40,37 | 29,95 | 0,56 | 0,59 | 5,04 | 100% |

Çizelge 5.34 100 Mesh elek altı ham cevherin Aero 6493 kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| ZC Konsantre | 43,91 | 70,75 | 72,87 | 58,56 | 60,41 | 73,35 |
| ZT Atık | 56,09 | 29,25 | 27,13 | 41,44 | 39,59 | 26,65 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| ZC Konsantre | 3,06 | 29,81 | 23,46 | 0,28 | 0,32 | 4,00 |
| ZT Atık | 10,49 | 10,72 | 6,84 | 0,30 | 0,29 | 1,11 |

Çizelge 5.35 ve 5.36 da 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş ürünün, Aero 6493 reaktifi ile pH 10 da yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.35 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 6493 kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-----------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Aero 6493 | 1000 | 4 | 100 | 800 | 10 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| Z1C Konsantre | 81,99 % | 14,35 | 43,64 | 32,14 | 0,56 | 0,67 | 5,62 | 1,70 |
| Z1 Atık | 18,01 % | 15,48 | 44,90 | 30,41 | 0,60 | 0,83 | 4,97 | 1,40 |
| Besleme malı | 100% | 14,55 | 43,87 | 31,83 | 0,57 | 0,70 | 5,50 | 1,65 |

Çizelge 5.36 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 6493 kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| Z1C Konsantre | % 80,84 | % 81,56 | % 82,79 | % 80,95 | % 78,61 | % 83,73 |
| Z1 Atık | % 19,16 | % 18,44 | % 17,21 | % 19,05 | % 21,39 | % 16,27 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| Z1C Konsantre | 11,60 | 35,59 | 26,61 | 0,45 | 0,53 | 4,71 |
| Z1 Atık | 2,97 | 8,28 | 5,23 | 0,11 | 0,18 | 0,81 |

Çizelge 5.37 ve 5.38 de 100 Mesh elek altı ham ürünün, Aero 825 reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.37 100 Mesh elek altı ham cevherin Aero 825 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-----------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Aero 825 | 1000 | 4 | 100 | | 4 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|--------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| A1 Konsantre | % 11,90 | 7,98 | 43,59 | 28,96 | 0,48 | 0,35 | 5,00 | 12,20 |
| A3 ATIK | % 88,10 | 5,88 | 42,65 | 32,97 | 0,43 | 0,76 | 5,65 | 10,77 |
| Besleme malı | % 100 | 6,13 | 42,76 | 32,50 | 0,44 | 0,71 | 5,57 | 10,94 |

Çizelge 5.38 100 Mesh elek altı ham cevher Aero 825 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| A1 Konsantre | % 15,49 | % 12,14 | % 10,61 | % 13,12 | % 5,86 | % 10,69 |
| A3 ATIK | % 84,51 | %87,86 | % 89,39 | % 86,88 | % 94,14 | % 89,31 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| A1 Konsantre | 1,24 | 5,29 | 3,07 | 0,06 | 0,02 | 0,53 |
| A3 ATIK | 4,97 | 37,47 | 29,48 | 0,37 | 0,72 | 5,04 |

Çizelge 5.39 ve 5.40 da 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş ürünün, Aero 825 reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.39 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 825 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-----------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| AERO 825 | 1000 | 4 | 100 | 800 | 4 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| 3A1 Konsantre | 17,14 % | 8,47 | 47,04 | 33,50 | 0,65 | 1,10 | 5,81 | 1,90 |
| 3A3 ATIK | 82,86 % | 7,28 | 47,13 | 36,23 | 0,52 | 0,73 | 6,00 | 0,98 |
| Besleme malı | 100 % | 7,49 | 47,11 | 35,77 | 0,54 | 0,80 | 5,96 | 1,14 |

Çizelge 5.40 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş Aero 825 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| 3A1 Konsantre | % 19,40 | % 17,12 | % 16,06 | % 20,45 | % 23,65 | % 16,70 |
| 3A3 ATIK | % 80,60 | %82,88 | % 83,94 | % 79,55 | % 76,35 | % 83,30 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| 3A1 Konsantre | 1,64 | 8,05 | 5,38 | 0,13 | 0,26 | 0,97 |
| 3A3 ATIK | 5,87 | 39,06 | 30,42 | 0,42 | 0,56 | 4,99 |

Çizelge 5.41 ve 5.42 de 100 Mesh elek altı ham ürünün, Succinamate reaktifi ile pH 7 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.41 100 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 7) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Succinamate | 1000 | 4 | 100 | | 7 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|--------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| B1 | % 27,25 | 6,85 | 43,74 | 30,09 | 0,46 | 0,81 | 5,18 | 11,60 |
| B3 | % 72,75 | 6,65 | 41,94 | 33,36 | 0,44 | 0,41 | 5,68 | 10,63 |
| Besleme malı | % 100 | 6,71 | 42,43 | 32,47 | 0,44 | 0,52 | 5,54 | 10,89 |

Çizelge 5.42 100 Mesh elek altı ham cevher succinamate kollektör ile (pH 7) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| B1 | % 27,83 | % 28,09 | % 25,25 | % 28,28 | % 42,76 | % 25,47 |
| B3 | % 72,17 | % 71,91 | % 74,75 | % 71,72 | % 57,24 | % 74,53 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| B1 | 1,91 | 12,28 | 7,60 | 0,13 | 0,35 | 1,32 |
| B3 | 4,80 | 30,16 | 24,94 | 0,31 | 0,23 | 4,23 |

Çizelge 5.43 ve 5.44 de 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş ürünün, Succinamate reaktifi ile pH 7 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.43 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 7) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Succinamate | 1000 | 4 | 100 | 800 | 7 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| 3B1 Konsantre | % 63,36 | 7,87 | 47,63 | 35,27 | 0,58 | 0,64 | 5,86 | 0,90 |
| 3B3 ATIK | % 36,64 | 7,07 | 48,83 | 35,05 | 0,51 | 0,48 | 5,99 | 1,01 |
| Besleme malı | % 100 | 7,58 | 48,07 | 35,19 | 0,55 | 0,58 | 5,91 | 0,94 |

Çizelge 5.44 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 7) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| 3B1 Konsantre | % 65,81 | % 62,78 | % 63,51 | % 66,50 | % 69,53 | % 62,86 |
| 3B3 ATIK | % 34,19 | % 37,22 | % 36,49 | % 33,50 | % 30,47 | % 37,14 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| 3B1 Konsantre | 5,18 | 29,90 | 22,40 | 0,39 | 0,45 | 3,68 |
| 3B3 ATIK | 2,42 | 18,17 | 12,79 | 0,17 | 0,15 | 2,22 |

Çizelge 5.45 ve 5.46 da 100 Mesh elek altı ham ürünün, Succinamate reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.45 100 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Succinamate | 1000 | 4 | 100 | - | 4 |
| Köpürtücü | 50 g | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|--------------|--------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| AC Konsantre | % 19,1 | 12,34 | 35,45 | 30,28 | 0,64 | 0,73 | 4,96 | 11,1 |
| AT Atık | % 80,9 | 17,98 | 35,82 | 28,17 | 0,50 | 0,59 | 4,47 | 11,1 |
| Besleme malı | % 100 | 16,89 | 35,74 | 28,56 | 0,526 | 0,616 | 4,56 | 11,1 |

Çizelge 5.46 100 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| AC Konsantre | % 13,91 | % 18,94 | % 20,24 | % 23,19 | % 22,56 | % 20,75 |
| AT Atık | % 86,09 | % 81,06 | % 79,76 | % 76,81 | % 77,44 | % 79,25 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| AC Konsantre | 1,72 | 6,72 | 6,13 | 0,15 | 0,16 | 1,03 |
| AT Atık | 15,48 | 29,03 | 22,47 | 0,38 | 0,46 | 3,54 |

Çizelge 5.47 ve 5.48 da 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş ürünün, Succinamate reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.47 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Succinamate | 1000 | 4 | 100 | 800 | 4 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|--------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| CC Konsantre | % 56,21 | 15,40 | 43,57 | 28,92 | 0,64 | 0,62 | 4,92 | 4,4 |
| CT Atık | % 43,79 | 12,59 | 46,52 | 32,24 | 0,49 | 0,48 | 5,26 | 1,2 |
| Besleme malı | % 100 | 14,02 | 45,0 | 30,53 | 0,566 | 0,551 | 5,07 | 2,83 |

Çizelge 5.48 100 Mesh elek 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| CC Konsantre | % 56,21 | % 49,56 | % 48,48 | % 57,77 | % 57,53 | % 49,51 |
| CT Atık | % 43,79 | % 50,44 | % 51,52 | % 42,23 | % 42,47 | % 50,49 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| CC Konsantre | 8,66 | 21,59 | 14,02 | 0,37 | 0,36 | 2,44 |
| CT Atık | 5,51 | 23,47 | 16,61 | 0,21 | 0,20 | 2,66 |

Çizelge 5.49 ve 5.50 da 200 Mesh elek altı ham ürünün, Aero 828 reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.49 200 Mesh elek altı ham cevherin Aero 828 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-----------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Aero 828 | 1000 | 4 | 200 | - | 4 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|--------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| AEC Konsantre | 38,3 % | 16,95 | 35,72 | 24,47 | 0,70 | 0,56 | 3,84 | 15,5 |
| AET Atık | 61,7 % | 14,66 | 35,95 | 30,35 | 0,94 | 0,58 | 4,87 | 10,6 |
| Besleme malı | 100 % | 15,53 | 35,86 | 28,09 | 0,848 | 0,571 | 4,47 | 12,48 |

Çizelge 5.50 200 Mesh elek altı ham cevher Aero 828 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| AEC Konsantre | 41,79 | 38,15 | 33,36 | 31,62 | 37,48 | 32,89 |
| AET Atık | 58,21 | 61,85 | 66,64 | 68,38 | 62,52 | 67,11 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| AEC Konsantre | 7,08 | 13,63 | 8,16 | 0,22 | 0,21 | 1,26 |
| AET Atık | 8,53 | 22,24 | 20,23 | 0,64 | 0,36 | 3,27 |

Çizelge 5.51 ve 5.52 da 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş ürünün, Aero 828 reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.51 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 828 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-----------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Aero 828 | 1000 | 4 | 200 | 800 | 4 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|----------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| AE1C Konsantre | % 32,50 | 17,12 | 40,24 | 32,58 | 0,580 | 0,71 | 5,27 | 0,10 |
| AE1T Atık | % 67,50 | 15,93 | 41,65 | 34,47 | 0,470 | 0,610 | 5,28 | 0,80 |
| Besleme malı | % 100,0 | 16,31 | 41,18 | 33,84 | 0,505 | 0,641 | 5,276 | 0,57 |

Çizelge 5.52 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 828 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| AE1C Konsantre | 34,09 | 31,74 | 31,26 | 37,23 | 35,88 | 32,45 |
| AE1T Atık | 65,91 | 68,26 | 68,74 | 62,77 | 64,12 | 67,55 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| AE1C Konsantre | 5,84 | 12,77 | 10,19 | 0,22 | 0,25 | 1,71 |
| AE1T Atık | 10,50 | 28,43 | 23,69 | 0,30 | 0,39 | 3,57 |

Çizelge 5.53 ve 5.54 da 200 Mesh elek altı ham ürünün, Succinamate reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.53 200 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Succinamate | 1000 | 4 | 200 | - | 10 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------------------|-------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| BEC Konsantre | % 46,90 | 14,09 | 36,90 | 28,47 | 0,61 | 1,83 | 5,19 | 12,0 |
| BET Atık | % 53,10 | 12,77 | 35,41 | 32,55 | 0,46 | 1,27 | 5,27 | 11,0 |
| Besleme malı | % 100 | 13,38 | 33,29 | 30,63 | 0,53 | 1,532 | 5,230 | 11,46 |

Çizelge 5.54 200 Mesh elek altı ham cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| BEC Konsantre | % 49,33 | % 43,53 | % 43,58 | % 53,96 | % 56,01 | % 46,46 |
| BET Atık | % 50,67 | % 56,47 | % 56,42 | % 46,04 | % 43,99 | %53,52 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| BEC Konsantre | 6,95 | 16,06 | 12,41 | 0,33 | 1,02 | 2,41 |
| BET Atık | 6,47 | 20,00 | 18,36 | 0,21 | 0,56 | 2,82 |

Çizelge 5.55 ve 5.56 da 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş ürünün, Succinamate reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.55 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Succinamat | 1000 | 4 | 200 | 800 | 10 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|---------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| BE1C Konsant. | % 83,60 | 16,39 | 41,69 | 32,44 | 0,60 | 1,31 | 5,17 | 0,80 |
| BE1T Atık | % 16,40 | 15,02 | 37,97 | 36,40 | 0,60 | 1,90 | 5,27 | 1,40 |
| Besleme malı | % 100 | 16,16 | 41,07 | 33,07 | 0,60 | 1,40 | 5,18 | 0,88 |

Çizelge 5.56 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin succinamate kollektör ile (pH 10) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| BE1C Konsant. | % 84,78 | % 84,86 | % 81,98 | % 83,33 | % 78,21 | % 83,40 |
| BE1T Atık | % 15,22 | % 15,14 | % 18,02 | % 16,67 | % 22,26 | % 16,60 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| BE1C Konsant. | 13,89 | 35,38 | 26,35 | 0,50 | 1,02 | 4,31 |
| BE1T Atık | 2,29 | 5,75 | 6,56 | 0,10 | 0,42 | 0,87 |

Çizelge 5.57 ve 5.58 da 200 Mesh elek altı ham ürünün, Aero 801 reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.57 200 Mesh elek altı ham cevherin Aero 801 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-----------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Aero 801 | 1000 | 4 | 200 | --- | 4 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|---------------|--------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| HKYC Konsant. | % 35,9 | 20,13 | 46,02 | 28,21 | 0,55 | 0,62 | 4,25 | 10,8 |
| HKYT Atık | % 64,1 | 15,57 | 46,01 | 32,69 | 0,42 | 0,53 | 4,91 | 11,2 |
| Besleme malı | % 100 | 17,2 | 45,92 | 31,07 | 0,45 | 0,56 | 4,66 | 11,0 |

Çizelge 5.58 200 Mesh elek altı ham cevher Aero 801 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| HKYC Konsant. | % 41,98 | % 35,98 | % 32,57 | % 42,92 | % 39,29 | % 32,62 |
| HKYT Atık | % 58,02 | % 64,02 | % 67,43 | % 58,61 | % 60,71 | % 67,38 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| HKYC Konsant. | 8,45 | 16,56 | 9,19 | 0,24 | 0,24 | 1,39 |
| HKYT Atık | 9,03 | 29,46 | 22,04 | 0,25 | 0,32 | 3,31 |

Çizelge 5.59 ve 5.60 da 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş ürünün, Aero 801 reaktifi ile pH 4 de yapılan flotasyon çalışmalarının; kimyasal analiz, içerik ve ayırma indeksleri verilmiştir.

Çizelge 5.59 200 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 801 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu kimyasal analiz değerleri

| Kollektör | Reaktif Miktarı (g/ton) | Zaman (Dakika) | Numune Boyutu (Mesh) | Redükleme Sıcaklığı (°C) | pH |
|-----------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----|
| Aero 801 | 1000 | 4 | 200 | 800 | 4 |
| Köpürtücü | 50 | 1 | | - | - |
| Flotasyon | | 5 | | - | - |

| Ürün Adı | Oran | Analiz Sonuçları % | | | | | | |
|--------------|------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ | LOI |
| H1KYC Konst. | 54,8 | 23,59 | 46,46 | 25,28 | 0,52 | 0,62 | 4,22 | 2,2 |
| H1KYT Atık | 45,2 | 22,52 | 46,17 | 26,58 | 0,41 | 0,51 | 3,96 | 1,8 |
| Besleme malı | 100 | 23,09 | 46,3 | 25,86 | 0,465 | 0,57 | 4,09 | 2,01 |

Çizelge 5.60 100 Mesh elek altı 800 °C de redüklenmiş cevherin Aero 801 kollektör ile (pH 4) flotasyonu sonucu İçerik ve Ayırma indeksleri

| İçerikler | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------------|
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| H1KYC Konst. | % 55,95 | % 54,99 | % 53,56 | % 60,22 | % 59,65 | % 56,48 |
| H1KYT Atık | % 44,05 | % 45,01 | % 46,44 | % 39,78 | % 40,35 | % 43,52 |
| Ayırma indeksi | | | | | | |
| Ürün Adı | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe _x O _y | MgO | CaO | TiO ₂ |
| H1KYC Konst. | 13,20 | 25,55 | 13,54 | 0,31 | 0,37 | 2,38 |
| H1KYT Atık | 9,92 | 20,76 | 12,34 | 0,16 | 0,21 | 1,72 |

Flotasyon deney sonuçları Çizelge 5.25 - 5.60 da de ayrıntılı olarak verilmiştir. Sonuçların karşılaştırılmasını kolaylaştırmak adına tüm değerler Çizelge 5.61-5.82 arasında toplanmıştır.

Çizelge 5.61 de flotasyon için farklı pH larda kullanılan aynı ve farklı reaktiflerin Fe_xO_y için, analiz ve içerikleri değerleri verilmiştir

Çizelge 5.61 Anyonik reaktiflerin Fe_xO_y flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | % Ana ürün | % Atık | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|----------------|--------------|-------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | | | | | Kons. Fe_xO_y | Atık Fe_xO_y | Kons. Fe_xO_y | Atık Fe_xO_y |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 27,96 | 30,82 | 28,50 | 71,50 |
| Succinamate 100M | 7 | -- | %27,2 B1 | %72,7 B3 | 30,09 | 33,36 | 25,25 | 74,75 |
| Succinamate 100M | 4 | -- | %19,1 AC | %80,9 AT | 30,28 | 28,17 | 20,24 | 79,76 |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BE T | 28,47 | 32,55 | 43,58 | 56,42 |
| Aero 6493 100M | 10 | -- | %43,9 ZC | %56,1 ZT | 32,20 | 25,21 | 72,87 | 27,13 |
| Aero 825 100M | 4 | -- | %11,9 A1 | %88,1 A3 | 28,96 | 32,97 | 10,61 | 89,39 |
| Aero 828 200M | 4 | -- | %38,3 AEC | %61,7 AE T | 24,47 | 30,35 | 33,36 | 66,64 |
| Aero 801 200M | 4 | -- | %35,9 HKY C | %64,1 HK YT | 28,21 | 32,69 | 32,57 | 67,43 |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1 T | 25,26 | 27,99 | 7,97 | 92,03 |
| Succinamate 100M | 7 | 800 | %63,3 3B1 | %36,6 3B 3 | 35,27 | 35,05 | 63,51 | 36,49 |
| Succinamate 100M | 4 | 800 | %56,2 CC | %43,8 CT | 28,92 | 32,24 | 48,48 | 51,52 |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1 C | %16,4 BE 1T | 32,44 | 36,40 | 81,98 | 18,02 |
| Aero 6493 100M | 10 | 800 | %81,9 Z1C | %18,0 Z1 T | 32,14 | 30,41 | 82,79 | 17,21 |
| Aero 825 100M | 4 | 800 | %17,4 3A1 | %82,8 3A 2 | 33,50 | 36,23 | 16,06 | 83,94 |
| Aero 828 200M | 4 | 800 | %32,5 AE1 C | %67,5 AE 1T | 32,58 | 34,47 | 31,26 | 68,74 |
| Aero 801 200M | 4 | 800 | %54,8 H1K YC | %45,2 H1 KY | 25,28 | 26,58 | 53,56 | 46,44 |

Çizelge 5.62 Anyonik reaktiflerin Fe_xO_y flotasyonuna etkisi –Ayrırma indeksleri

| | Konsantre- Fe_xO_y | Atık- Fe_xO_y | Boyut (Mesh) | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-------------|----|-----------------|
| Succinamate 100M | 7,97 | 22,04 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 100M | 7,60 | 24,94 | 100 | - | 7 | B1-B3 |
| Succinamate 100M | 6,13 | 22,47 | 100 | - | 4 | AC-AT |
| Succinamate 200M | 12,41 | 18,36 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Aero 6493 100M | 23,46 | 6,84 | 100 | - | 10 | ZC-ZT |
| Aero 825 100M | 3,07 | 29,48 | 100 | - | 4 | A1-A3 |
| Aero 828 200M | 8,16 | 20,23 | 200 | - | 4 | AEC-AET |
| Aero 801 200M | 9,19 | 22,04 | 200 | | 4 | HKYC-HKYT |
| Succinamate 100M | 2,01 | 25,76 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 100M | 22,40 | 12,79 | 100 | 800 | 7 | 3B1-3B3 |
| Succinamate 100M | 14,02 | 16,61 | 100 | 800 | 4 | CC-CT |
| Succinamate 200M | 26,35 | 6,56 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |
| Aero 6493 100M | 26,61 | 5,23 | 100 | 800 | 10 | Z1C-Z1T |
| Aero 825 100M | 5,38 | 30,42 | 100 | 800 | 4 | 3A1-3A3 |
| Aero 828 200M | 10,19 | 23,69 | 200 | 800 | 4 | AE1C-AE1T |
| Aero 801 200M | 13,54 | 12,34 | 200 | 800 | 4 | H1KYC- H1KYT |

Succinamate reaktifi 100 mesh elek altı konsante numune pH 10 da oldukça düşük orandadır redükleme ile bu değer daha da düşmüştür, fakat 200 mesh elek altında tam tersi bir olay gerçekleşmiştir. pH 10 ortamında succinamatın en verimli olduğu belirlenmiştir. Redüklenmiş ürünlerde Aero 6493, Aero 825, Aero 828 ve Aero801 reaktifleri daha verimli olmuştur.

Ayrırma indeksi açısından (Çizelge 5.62) en fazla konsantre Fe_xO_y oranı Aero 6493 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 da gerçekleşmiştir. Ayrırma indeksi açısından en fazla Atık Fe_xO_y oranı ise Aero 825 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 4 de gerçekleşmiştir.

Succinamate reaktifleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde (Çizelge 5.64); Fe_xO_y için ayırma kriteri açısından en fazla konsantre numune 200 Mesh elekalıtı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir. Atık Fe_xO_y için ise; 100 Mesh elekalıtı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir

Çizelge 5.63 Succinamate reaktifin farklı pH larda Fe_xO_y flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | | | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|------------|------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | | | % Ana ürün | % Atık | Kons. Fe_xO_y | Atık Fe_xO_y | Kons. Fe_xO_y | Atık Fe_xO_y |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 27,96 | 30,82 | 28,50 | 71,50 |
| Succinamate 100M | 7 | -- | %27,2 B1 | %72,7 B3 | 30,09 | 33,36 | 25,25 | 74,75 |
| Succinamate 100M | 4 | -- | %19,1 AC | %80,9 AT | 30,28 | 28,17 | 20,24 | 79,76 |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1T | 25,26 | 27,99 | 7,97 | 92,03 |
| Succinamate 100M | 7 | 800 | %63,3 3B1 | %36,6 3B3 | 35,27 | 35,05 | 63,51 | 36,49 |
| Succinamate 100M | 4 | 800 | %56,2 CC | %43,8 CT | 28,92 | 32,24 | 48,48 | 51,52 |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BET | 28,47 | 32,55 | 43,58 | 56,42 |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1C | %16,4 BE1T | 32,44 | 36,40 | 81,98 | 18,02 |

Çizelge 5.64 Succinamate reaktifinin Fe_xO_y flotasyonuna etkisi –Ayırma indeksleri

| | Konsantre - Fe_xO_y | Atık- Fe_xO_y | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|-----------------------|-----------------|------------|-------------|----|-----------|
| Succinamate 100M | 7,97 | 22,04 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 100M | 7,60 | 24,94 | 100 | - | 7 | B1-B3 |
| Succinamate 100M | 6,13 | 22,47 | 100 | - | 4 | AC-AT |
| Succinamate 100M | 2,01 | 25,76 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 100M | 22,40 | 12,79 | 100 | 800 | 7 | 3B1-3B3 |
| Succinamate 100M | 14,02 | 16,61 | 100 | 800 | 4 | CC-CT |
| Succinamate 200M | 12,41 | 18,36 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Succinamate 200M | 26,35 | 6,56 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |

Succinamate reaktifleri kendi içerisinde partikül boyutu olarak değerlendirildiğinde (Çizelge 5.66); Fe_xO_y için ayırma kriteri açısından en fazla konsantre numune 200 Mesh elekaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir. Atık Fe_xO_y için ise; 100 Mesh elekaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.65 Succinamate reaktifin farklı boyutlarda Fe_xO_y flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | | | | | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|------------|------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-------------|--|
| | | | % Ana ürün | % Atık | Kons. Fe_xO_y | Atık Fe_xO_y | Kons. Fe_xO_y | Atık Fe_xO_y | | |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 27,96 | 30,82 | 28,50 | 71,50 | | |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BET | 28,47 | 32,55 | 43,58 | 56,42 | | |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1T | 25,26 | 27,99 | 7,97 | 92,03 | | |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1C | %16,4 BE1T | 32,44 | 36,40 | 81,98 | 18,02 | | |

Çizelge 5.66 Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda Fe_xO_y flotasyonuna etkisi – Ayırma indeksleri

| | Konsantre - Fe_xO_y | Atık- Fe_xO_y | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|-----------------------|-----------------|------------|-------------|----|-----------|
| Succinamate 100M | 7,97 | 22,04 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 200M | 12,41 | 18,36 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Succinamate 100M | 2,01 | 25,76 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 200M | 26,35 | 6,56 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |

Çizelge 5.67 Anyonik reaktiflerin TiO₂ flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | % Ana ürün | % Atık | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|--------------|-------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | | | Kons. TiO ₂ | Atık TiO ₂ | Kons. TiO ₂ | Atık TiO ₂ |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 4,84 | 5,13 | 29,31 | 70,69 |
| Succinamate 100M | 7 | -- | %27,2 B1 | %72,7 B3 | 5,18 | 5,68 | 25,47 | 74,53 |
| Succinamate 100M | 4 | -- | %19,1 AC | %80,9 AT | 4,96 | 4,47 | 20,75 | 79,25 |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BE T | 5,19 | 5,27 | 46,46 | 53,52 |
| Aero 6493 100M | 10 | -- | %43,9 ZC | %56,1 ZT | 5,45 | 4,16 | 73,35 | 26,65 |
| Aero 825 100M | 4 | -- | %11,9 A1 | %88,1 A3 | 5,00 | 5,65 | 10,69 | 89,31 |
| Aero 828 200M | 4 | -- | %38,3 AEC | %61,7 AE T | 3,84 | 4,87 | 32,89 | 67,11 |
| Aero 801 200M | 4 | -- | %35,9 HKY C | %64,1 HK YT | 4,25 | 4,91 | 32,62 | 67,38 |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1 T | 4,51 | 4,90 | 8,11 | 91,89 |
| Succinamate 100M | 7 | 800 | %63,3 3B1 | %36,6 3B 3 | 5,86 | 5,99 | 62,86 | 37,14 |
| Succinamate 100M | 4 | 800 | %56,2 CC | %43,8 CT | 4,92 | 5,26 | 49,51 | 50,49 |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1 C | %16,4 BE 1T | 5,17 | 5,27 | 83,40 | 16,60 |
| Aero 6493 100M | 10 | 800 | %81,9 Z1C | %18,0 Z1 T | 5,62 | 4,97 | 83,73 | 16,27 |
| Aero 825 100M | 4 | 800 | %17,4 3A1 | %82,8 3A 2 | 5,81 | 6,00 | 16,70 | 83,30 |
| Aero 828 200M | 4 | 800 | %32,5 AE1 C | %67,5 AE 1T | 5,27 | 5,28 | 32,45 | 67,55 |
| Aero 801 200M | 4 | 800 | %54,8 H1K YC | %45,2 H1 KY | 4,22 | 3,96 | 56,48 | 43,52 |

Çizelge 5.67 de flotasyon için farklı pH larda kullanılan aynı ve farklı reaktiflerin TiO₂ için, analiz ve içerikleri değerleri verilmiştir.

Succinamate reaktifi 100 mesh elek altı konsantr numune pH 10 da oldukça düşük orandadır redükleme ile bu değer daha da düşmüştür, fakat 200 mesh elek altında tam tersi bir olay gerçekleşmiştir. pH 10 ortamında succinamatın en verimli olduğu belirlenmiştir. Redüklenmiş ürünlerde Aero 6493, Aero 825, Aero 828 ve Aero801 reaktifleri daha verimli olmuştur.

Ayırma indeksi açısından (Çizelge 5.68) en fazla konsantr TiO_2 oranı Aero 6493 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 da gerçekleşmiştir. Ayırma indeksi açısından en fazla Atık TiO_2 oranı ise Aero 825 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, ham sıcaklık da ve pH 10 4 de gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.68 Anyonik reaktiflerin TiO_2 flotasyonuna etkisi –Ayırma indeksleri

| | Konsantr - TiO_2 | Atık- TiO_2 | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|-----------------------|---------------|---------------|----------------|----|-------------|
| Succinamate 100M | 1,42 | 3,62 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 100M | 1,32 | 4,23 | 100 | - | 7 | B1-B3 |
| Succinamate 100M | 1,03 | 3,54 | 100 | - | 4 | AC-AT |
| Succinamate 200M | 2,41 | 2,82 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Aero 6493 100M | 4,00 | 1,11 | 100 | - | 10 | ZC-ZT |
| Aero 825 100M | 0,53 | 5,04 | 100 | - | 4 | A1-A3 |
| Aero 828 200M | 1,26 | 3,27 | 200 | - | 4 | AEC-AET |
| Aero 801 200M | 1,39 | 3,31 | 200 | | 4 | HKYC-HKYT |
| Succinamate 100M | 0,37 | 4,51 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 100M | 3,68 | 2,22 | 100 | 800 | 7 | 3B1-3B3 |
| Succinamate 100M | 2,44 | 2,66 | 100 | 800 | 4 | CC-CT |
| Succinamate 200M | 4,31 | 0,87 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |
| Aero 6493 100M | 4,71 | 0,81 | 100 | 800 | 10 | Z1C-Z1T |
| Aero 825 100M | 0,97 | 4,99 | 100 | 800 | 4 | 3A1-3A3 |
| Aero 828 200M | 1,71 | 3,57 | 200 | 800 | 4 | AE1C-AE1T |
| Aero 801 200M | 2,38 | 1,72 | 200 | 800 | 4 | H1KYC-H1KYT |

Succinamate reaktifleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde (Çizelge 5.70); TiO₂ için ayırma kriteri açısından en fazla konsantre numune 200 Mesh elekalıtı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir. Atık TiO₂ için ise; 100 Mesh elekalıtı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.69 Succinamate reaktifin farklı pH larda TiO₂ flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | | | | | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|------------|------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------|--|
| | | | % Ana ürün | % Atık | Kons. TiO ₂ | Atık TiO ₂ | Kons. TiO ₂ | Atık TiO ₂ | | |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 4,84 | 5,13 | 29,31 | 70,69 | | |
| Succinamate 100M | 7 | -- | %27,2 B1 | %72,7 B3 | 5,18 | 5,68 | 25,47 | 74,53 | | |
| Succinamate 100M | 4 | -- | %19,1 AC | %80,9 AT | 4,96 | 4,47 | 20,75 | 79,25 | | |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BET | 5,19 | 5,27 | 46,46 | 53,52 | | |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1T | 4,51 | 4,90 | 8,11 | 91,89 | | |
| Succinamate 100M | 7 | 800 | %63,3 3B1 | %36,6 3B3 | 5,86 | 5,99 | 62,86 | 37,14 | | |
| Succinamate 100M | 4 | 800 | %56,2 CC | %43,8 CT | 4,92 | 5,26 | 49,51 | 50,49 | | |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1C | %16,4 BE1T | 5,17 | 5,27 | 83,40 | 16,60 | | |

Çizelge 5.70 Succinamate reaktifinin TiO₂ flotasyonuna etkisi –Ayrırma indeksleri

| | Konsantre-TiO ₂ | Atık- TiO ₂ | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|----------------------------|------------------------|------------|-------------|----|-----------|
| Succinamate 100M | 1,42 | 3,62 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 100M | 1,32 | 4,23 | 100 | - | 7 | B1-B3 |
| Succinamate 100M | 1,03 | 3,54 | 100 | - | 4 | AC-AT |
| Succinamate 200M | 2,41 | 2,82 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Succinamate 100M | 0,37 | 4,51 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 100M | 3,68 | 2,22 | 100 | 800 | 7 | 3B1-3B3 |
| Succinamate 100M | 2,44 | 2,66 | 100 | 800 | 4 | CC-CT |
| Succinamate 200M | 4,31 | 0,87 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |

Succinamate reaktifleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde partikül boyutu olarak değerlendirildiğinde (Çizelge 5.72); TiO₂ için ayırma kriteri açısından en fazla konsantre numune 200 Mesh elekaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir. Atık TiO₂ için ise; 100 Mesh elekaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.71 Succinamate reaktifin farklı boyutlarda TiO₂ flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | | | | | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|------------|------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------|--|
| | | | % Ana ürün | % Atık | Kons. TiO ₂ | Atık TiO ₂ | Kons. TiO ₂ | Atık TiO ₂ | | |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 4,84 | 5,13 | 29,31 | 70,69 | | |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BET | 5,19 | 5,27 | 46,46 | 53,52 | | |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1T | 4,51 | 4,90 | 8,11 | 91,89 | | |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1C | %16,4 BE1T | 5,17 | 5,27 | 83,40 | 16,60 | | |

Çizelge 5.72 Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda TiO₂ flotasyonuna etkisi –Ayırma indeksleri

| | Konsantre-TiO ₂ | Atık- TiO ₂ | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|----------------------------|------------------------|------------|-------------|----|-----------|
| Succinamate 100M | 1,42 | 3,62 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 200M | 2,41 | 2,82 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Succinamate 100M | 0,37 | 4,51 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 200M | 4,31 | 0,87 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |

Çizelge 5.73 de flotasyon için farklı pH larda kullanılan aynı ve farklı reaktiflerin Al₂O₃ için, analiz ve içerikleri değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.73 Anyonik reaktiflerin Al₂O₃ flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | % Ana ürün | % Atık | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|--------------|-------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | | | Kons. Al ₂ O ₃ | Atık Al ₂ O ₃ | Kons. Al ₂ O ₃ | Atık Al ₂ O ₃ |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 43,79 | 38,87 | 33,11 | 66,89 |
| Succinamate 100M | 7 | -- | %27,2 B1 | %72,7 B3 | 43,74 | 41,94 | 28,09 | 71,91 |
| Succinamate 100M | 4 | -- | %19,1 AC | %80,9 AT | 35,45 | 35,82 | 18,94 | 81,06 |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BE T | 36,90 | 35,41 | 43,53 | 56,47 |
| Aero 6493 100M | 10 | -- | %43,9 ZC | %56,1 ZT | 42,14 | 36,63 | 70,75 | 29,25 |
| Aero 825 100M | 4 | -- | %11,9 A1 | %88,1 A3 | 43,59 | 42,65 | 12,14 | 87,86 |
| Aero 828 200M | 4 | -- | %38,3 AEC | %61,7 AE T | 35,72 | 35,95 | 38,15 | 61,85 |
| Aero 801 200M | 4 | -- | %35,9 HKY C | %64,1 HK YT | 46,02 | 46,01 | 35,98 | 64,02 |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1 T | 43,15 | 41,29 | 9,11 | 90,89 |
| Succinamate 100M | 7 | 800 | %63,3 3B1 | %36,6 3B 3 | 47,63 | 48,83 | 62,78 | 37,22 |
| Succinamate 100M | 4 | 800 | %56,2 CC | %43,8 CT | 43,57 | 46,52 | 49,56 | 50,44 |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1 C | %16,4 BE 1T | 41,69 | 37,97 | 84,86 | 15,14 |
| Aero 6493 100M | 10 | 800 | %81,9 Z1C | %18,0 Z1 T | 43,64 | 44,90 | 81,56 | 18,44 |
| Aero 825 100M | 4 | 800 | %17,4 3A1 | %82,8 3A 2 | 47,04 | 47,13 | 17,12 | 82,88 |
| Aero 828 200M | 4 | 800 | %32,5 AE1 C | %67,5 AE 1T | 40,24 | 41,65 | 31,74 | 68,26 |
| Aero 801 200M | 4 | 800 | %54,8 H1K YC | %45,2 H1 KY | 46,46 | 46,17 | 54,99 | 45,01 |

Succinamate reaktifi 100 mesh elek altı konsantre numune pH 4 de oldukça düşük orandadır redükleme ile bu değer tam tersi olmuştur. Succinamate reaktifi ile 200 mesh elek altında redükleme ile artıl göstermiştir. pH 10 ortamında succinamatın en verimli olduğu belirlenmiştir. Redüklenmiş ürünlerde Aero 6493, Aero 825, Aero 828 ve Aero801 reaktifleri daha verimli olmuştur.

Ayırma indeksi açısından (Çizelge 5.74) en fazla konsantre Al₂O₃ oranı Aero 6493 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 da gerçekleşmiştir. Ayırma indeksi açısından en fazla Atık Al₂O₃ oranı ise Aero 825 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, ham sıcaklık da ve pH 4 de gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.74 Anyonik reaktiflerin Al₂O₃ flotasyonuna etkisi –Ayırma indeksleri

| | Konsantre- Al ₂ O ₃ | Atık- Al ₂ O ₃ | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|--|--------------------------------------|---------------|----------------|----|-------------|
| Succinamate 100M | 14,50 | 26,00 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 100M | 12,28 | 30,16 | 100 | - | 7 | B1-B3 |
| Succinamate 100M | 6,72 | 29,03 | 100 | - | 4 | AC-AT |
| Succinamate 200M | 16,06 | 20,00 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Aero 6493 100M | 29,81 | 10,72 | 100 | - | 10 | ZC-ZT |
| Aero 825 100M | 5,29 | 37,47 | 100 | - | 4 | A1-A3 |
| Aero 828 200M | 13,63 | 22,24 | 200 | - | 4 | AEC-AET |
| Aero 801 200M | 16,56 | 29,46 | 200 | | 4 | HKYC-HKYT |
| Succinamate 100M | 3,91 | 37,53 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 100M | 29,90 | 18,17 | 100 | 800 | 7 | 3B1-3B3 |
| Succinamate 100M | 21,59 | 23,47 | 100 | 800 | 4 | CC-CT |
| Succinamate 200M | 35,38 | 5,75 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |
| Aero 6493 100M | 35,59 | 8,29 | 100 | 800 | 10 | Z1C-Z1T |
| Aero 825 100M | 8,05 | 39,06 | 100 | 800 | 4 | 3A1-3A3 |
| Aero 828 200M | 12,77 | 28,43 | 200 | 800 | 4 | AE1C-AE1T |
| Aero 801 200M | 25,55 | 20,76 | 200 | 800 | 4 | H1KYC-H1KYT |

Succinamate reaktifleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde (Çizelge 5.76); Al₂O₃ için ayırma kriteri açısından en fazla konsantre numune 200 Mesh elekalıtı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir. Atık Al₂O₃ için ise; 100 Mesh elekalıtı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.75 Succinamate reaktifin farklı pH larda Al₂O₃ flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | | | | | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|------------|------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|
| | | | % Ana ürün | % Atık | Kons. Al ₂ O ₃ | Atık Al ₂ O ₃ | Kons. Al ₂ O ₃ | Atık Al ₂ O ₃ | | |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 43,79 | 38,87 | 33,11 | 66,89 | | |
| Succinamate 100M | 7 | -- | %27,2 B1 | %72,7 B3 | 43,74 | 41,94 | 28,09 | 71,91 | | |
| Succinamate 100M | 4 | -- | %19,1 AC | %80,9 AT | 35,45 | 35,82 | 18,94 | 81,06 | | |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BET | 36,90 | 35,41 | 43,53 | 56,47 | | |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1T | 43,15 | 41,29 | 9,11 | 90,89 | | |
| Succinamate 100M | 7 | 800 | %63,3 3B1 | %36,6 3B3 | 47,63 | 48,83 | 62,78 | 37,22 | | |
| Succinamate 100M | 4 | 800 | %56,2 CC | %43,8 CT | 43,57 | 46,52 | 49,56 | 50,44 | | |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1C | %16,4 BE1T | 41,69 | 37,97 | 84,86 | 15,14 | | |

Çizelge 5.76 Succinamate reaktifinin Al₂O₃ flotasyonuna etkisi –Ayırma indeksleri

| | Konsantre-Al ₂ O ₃ | Atık- Al ₂ O ₃ | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|--|--------------------------------------|------------|-------------|----|-----------|
| Succinamate 100M | 14,50 | 26,00 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 100M | 12,28 | 30,16 | 100 | - | 7 | B1-B3 |
| Succinamate 100M | 6,72 | 29,03 | 100 | - | 4 | AC-AT |
| Succinamate 200M | 16,06 | 20,00 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Succinamate 100M | 3,91 | 37,53 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 100M | 29,90 | 18,17 | 100 | 800 | 7 | 3B1-3B3 |
| Succinamate 100M | 21,59 | 23,47 | 100 | 800 | 4 | CC-CT |
| Succinamate 200M | 35,38 | 5,75 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |

Succinamate reaktifleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde partikül boyutu olarak değerlendirildiğinde (Çizelge 5.78); Al₂O₃ için ayırma kriteri açısından en fazla konsantre numune 200 Mesh elekaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir. Atık Al₂O₃ için ise; 100 Mesh elekaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.77 Succinamate reaktifin farklı boyutlarda Al₂O₃ flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | | | | | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|------------|------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|
| | | | % Ana ürün | % Atık | Kons. Al ₂ O ₃ | Atık Al ₂ O ₃ | Kons. Al ₂ O ₃ | Atık Al ₂ O ₃ | | |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 43,79 | 38,87 | 33,11 | 66,89 | | |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BET | 36,90 | 35,41 | 43,53 | 56,47 | | |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1T | 43,15 | 41,29 | 9,11 | 90,89 | | |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1C | %16,4 BE1T | 41,69 | 37,97 | 84,86 | 15,14 | | |

Çizelge 5.78 Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda Al₂O₃ flotasyonuna etkisi – Ayırma indeksleri

| | Konsantre - Al ₂ O ₃ | Atık- Al ₂ O ₃ | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | |
|------------------|--|--------------------------------------|------------|-------------|----|-----------|
| Succinamate 100M | 14,50 | 26,00 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 200M | 16,06 | 20,00 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Succinamate 100M | 3,91 | 37,53 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 200M | 35,38 | 5,75 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |

Çizelge 5.79 de flotasyon için farklı pH larda kullanılan aynı ve farklı reaktiflerin Al₂O₃ için, analiz ve içerikleri değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.79 Anyonik reaktiflerin SiO₂ flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | | | | | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|-------|-----------|-------|----------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | | | | | Kons. SiO ₂ | Atık SiO ₂ | Kons. SiO ₂ | Atık SiO ₂ |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 | YC | %69,4 | YT | 8,21 | 11,85 | 23,33 | 76,67 |
| Succinamate 100M | 7 | -- | %27,2 | B1 | %72,7 | B3 | 6,85 | 6,65 | 27,83 | 72,17 |
| Succinamate 100M | 4 | -- | %19,1 | AC | %80,9 | AT | 12,34 | 17,98 | 13,91 | 86,09 |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 | BEC | %53,1 | BE T | 14,09 | 12,77 | 49,33 | 50,67 |
| Aero 6493 100M | 10 | -- | %43,9 | ZC | %56,1 | ZT | 6,96 | 18,69 | 43,91 | 56,09 |
| Aero 825 100M | 4 | -- | %11,9 | A1 | %88,1 | A3 | 7,98 | 5,88 | 15,49 | 84,51 |
| Aero 828 200M | 4 | -- | %38,3 | AEC | %61,7 | AE T | 16,95 | 14,66 | 41,79 | 58,21 |
| Aero 801 200M | 4 | -- | %35,9 | HKY C | %64,1 | HK YT | 20,13 | 15,57 | 41,98 | 58,02 |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 | Y1C | %91,2 | Y1 T | 14,74 | 15,13 | 8,54 | 91,46 |
| Succinamate 100M | 7 | 800 | %63,3 | 3B1 | %36,6 | 3B 3 | 7,87 | 7,07 | 65,81 | 34,19 |
| Succinamate 100M | 4 | 800 | %56,2 | CC | %43,8 | CT | 15,40 | 12,59 | 56,21 | 43,79 |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 | BE1 C | %16,4 | BE 1T | 16,39 | 15,02 | 84,78 | 15,22 |
| Aero 6493 100M | 10 | 800 | %81,9 | Z1C | %18,0 | Z1 T | 14,35 | 15,48 | 80,84 | 19,16 |
| Aero 825 100M | 4 | 800 | %17,4 | 3A1 | %82,8 | 3A 2 | 8,47 | 7,28 | 19,40 | 80,60 |
| Aero 828 200M | 4 | 800 | %32,5 | AE1 C | %67,5 | AE 1T | 17,12 | 15,93 | 31,74 | 68,26 |
| Aero 801 200M | 4 | 800 | %54,8 | H1K YC | %45,2 | H1 KY | 23,59 | 22,52 | 54,99 | 45,01 |

Succinamate reaktifi 100 mesh elek altı konsantre numune pH 4 de oldukça düşük orandadır redükleme ile bu değer tam tersi olmuştur. Succinamate reaktifi ile 200 mesh elek altında redükleme ile artış göstermiştir. pH 10 ortamında succinamatın en verimli olduğu belirlenmiştir. Redüklenmiş ürünlerde Aero 6493, Aero 825, Aero 828 ve Aero801 reaktifleri daha verimli olmuştur.

Ayrırma indeksi açısından (Çizelge 5.80) en fazla konsantre SiO₂ oranı Aero 801 reaktifi, 200 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 4 de gerçekleşmiştir. Ayrırma indeksi açısından en fazla Atık SiO₂ oranı ise Aero 828 reaktifi, 200 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C redüklem sıcaklığı e pH 4 de gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.80 Anyonik reaktiflerin SiO₂ flotasyonuna etkisi –Ayrırma indeksleri

| | Konsantre - SiO ₂ | Atık- SiO ₂ | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|------------------------------|------------------------|------------|-------------|----|-------------|
| Succinamate 100M | 1,92 | 9,09 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 100M | 1,91 | 4,80 | 100 | - | 7 | B1-B3 |
| Succinamate 100M | 1,72 | 15,48 | 100 | - | 4 | AC-AT |
| Succinamate 200M | 6,95 | 6,47 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Aero 6493 100M | 3,06 | 10,49 | 100 | - | 10 | ZC-ZT |
| Aero 825 100M | 1,24 | 4,97 | 100 | - | 4 | A1-A3 |
| Aero 828 200M | 7,08 | 8,53 | 200 | - | 4 | AEC-AET |
| Aero 801 200M | 8,45 | 9,03 | 200 | | 4 | HKYC-HKYT |
| Succinamate 100M | 1,26 | 13,84 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 100M | 5,18 | 2,42 | 100 | 800 | 7 | 3B1-3B3 |
| Succinamate 100M | 8,66 | 5,51 | 100 | 800 | 4 | CC-CT |
| Succinamate 200M | 13,89 | 2,29 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |
| Aero 6493 100M | 11,60 | 2,97 | 100 | 800 | 10 | Z1C-Z1T |
| Aero 825 100M | 1,64 | 5,87 | 100 | 800 | 4 | 3A1-3A3 |
| Aero 828 200M | 12,77 | 28,43 | 200 | 800 | 4 | AE1C-AE1T |
| Aero 801 200M | 25,55 | 20,76 | 200 | 800 | 4 | H1KYC-H1KYT |

Succinamate reaktifleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde (Çizelge 5.82); SiO₂ için ayırma kriteri açısından en fazla konsantrasyon numune 200 Mesh elekalı partikül boyutu, 800 °C de redüklenme ve pH 10 gerçekleşmiştir. Atık SiO₂ için ise; 100 Mesh elekalı partikül boyutu, ham sıcaklık ve pH 4 gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.81 Succinamate reaktifin farklı pH larda SiO₂ flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | | | | | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|------------|------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------|--|
| | | | % Ana ürün | % Atık | Kons. SiO ₂ | Atık SiO ₂ | Kons. SiO ₂ | Atık SiO ₂ | | |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 8,21 | 11,85 | 23,33 | 76,67 | | |
| Succinamate 100M | 7 | -- | %27,2 B1 | %72,7 B3 | 6,85 | 6,65 | 27,83 | 72,17 | | |
| Succinamate 100M | 4 | -- | %19,1 AC | %80,9 AT | 12,34 | 17,98 | 13,91 | 86,09 | | |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BET | 14,09 | 12,77 | 49,33 | 50,67 | | |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1T | 14,74 | 15,13 | 8,54 | 91,46 | | |
| Succinamate 100M | 7 | 800 | %63,3 3B1 | %36,6 3B2 | 7,87 | 7,07 | 65,81 | 34,19 | | |
| Succinamate 100M | 4 | 800 | %56,2 CC | %43,8 CT | 15,40 | 12,59 | 56,21 | 43,79 | | |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1C | %16,4 BE1T | 16,39 | 15,02 | 84,78 | 15,22 | | |

Çizelge 5.82 Succinamate reaktifinin SiO₂ flotasyonuna etkisi –Ayrırma indeksleri

| | Konsantrasyon- SiO ₂ | Atık- SiO ₂ | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|---------------------------------|------------------------|------------|-------------|----|-----------|
| Succinamate 100M | 1,92 | 9,09 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 100M | 1,91 | 4,80 | 100 | - | 7 | B1-B3 |
| Succinamate 100M | 1,72 | 15,48 | 100 | - | 4 | AC-AT |
| Succinamate 200M | 6,95 | 6,47 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Succinamate 100M | 1,26 | 13,84 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 100M | 5,18 | 2,42 | 100 | 800 | 7 | 3B1-3B3 |
| Succinamate 100M | 8,66 | 5,51 | 100 | 800 | 4 | CC-CT |
| Succinamate 200M | 13,89 | 2,29 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |

Succinamate reaktifleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde partikül boyutu olarak değerlendirildiğinde (Çizelge 5.84); SiO₂ için ayırma kriteri açısından en fazla konsantre numune 200 Mesh elekaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir. Atık SiO₂ için ise; 100 Mesh elekaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.83 Succinamate reaktifin farklı boyutlarda SiO₂ flotasyonuna etkisi –Analizler ve içerikler

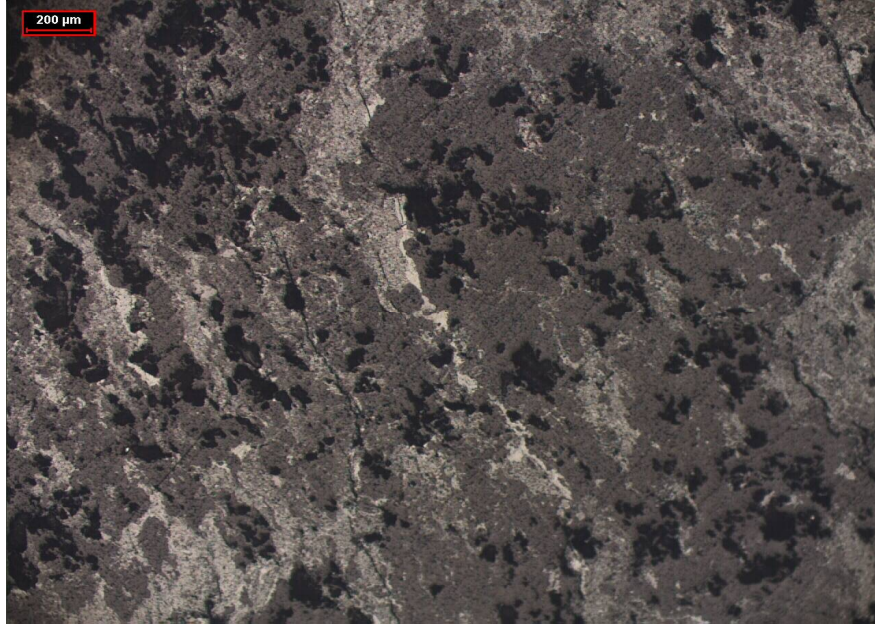
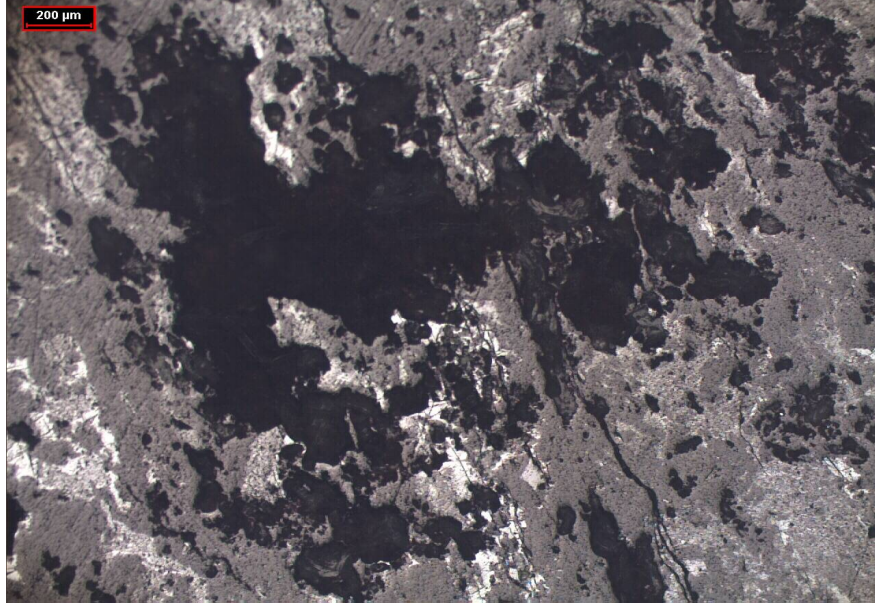
| Reaktifler | pH | Sıcaklık °C | | | Analizler % | | İçerikler % | |
|------------------|----|-------------|------------|------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | % Ana ürün | % Atık | Kons. SiO ₂ | Atık SiO ₂ | Kons. SiO ₂ | Atık SiO ₂ |
| Succinamate 100M | 10 | -- | %30,5 YC | %69,4 YT | 8,21 | 11,85 | 23,33 | 76,67 |
| Succinamate 200M | 10 | -- | %46,9 BEC | %53,1 BET | 14,09 | 12,77 | 49,33 | 50,67 |
| Succinamate 100M | 10 | 800 | %8,75 Y1C | %91,2 Y1T | 14,74 | 15,13 | 8,54 | 91,46 |
| Succinamate 200M | 10 | 800 | %83,6 BE1C | %16,4 BE1T | 16,39 | 15,02 | 84,78 | 15,22 |

Çizelge 5.84 Succinamate reaktifinin farklı boyutlarda SiO₂ flotasyonuna etkisi –Ayırma indeksleri

| | Konsantre - SiO ₂ | Atık- SiO ₂ | Boyut Mesh | Sıcaklık °C | pH | Ürün Adı |
|------------------|------------------------------|------------------------|------------|-------------|----|-----------|
| Succinamate 100M | 1,92 | 9,09 | 100 | - | 10 | YC-YT |
| Succinamate 200M | 6,95 | 6,47 | 200 | - | 10 | BEC-BET |
| Succinamate 100M | 1,26 | 13,84 | 100 | 800 | 10 | Y1C-Y1T |
| Succinamate 200M | 13,89 | 2,29 | 200 | 800 | 10 | BE1C-BE1T |

5.2 Cevher Numunesinin Işık Mikroskobunda incelenmesi

Cevher numunesinin farklı yerlerinden alınan numuneler ışık mikroskobunda 50X büyütme ile incelenmiştir. Şekil 5.11 te görüldüğü gibi Koyu olanlar fazlar manyetit ve Rutil bileşikleridir. Açık beyaz ve gri renkli olan bileşikler kuvarz ve Al_2O_3 bileşiğidir. Bu bileşikler iç içe geçtiği için serbestleşme fazla olmamıştır. 2-3 mikrona kadar tanelerin olduğu görülmüştür.



Şekil 5.11 Işık mikroskobunda cevher görüntüleri (50X).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışması neticesinde Isparta-Yalvaç bölgesinden alınan cevherin zenginleştirilmesi amacıyla yapılan flotasyon çalışmaları sonucunda;

- Fe_xO_y oranı için 800 °C redükleme sıcaklığı ve 20000 gaussluk toplama şiddetlerinde en iyi ayırma indeksi değerleri elde edilmiştir.
- TiO_2 oranı için 800 °C redükleme sıcaklığı ve 20000 gaussluk toplama şiddetlerinde elde edilmiştir.
- Sadece 5000 gaussluk toplama şiddetleri kullandığında Fe_xO_y oranı için 800 °C redükleme sıcaklığı 200 Mesh elektaltı 100 Mesh elekt altın öğütmeye göre daha verimli olmuştur.
- Sadece 5000 gaussluk toplama şiddetleri kullandığında TiO_2 oranı için 800 °C redükleme sıcaklığı 200 Mesh elektaltı 100 Mesh elekt altın öğütmeye göre daha verimli olmuştur.
- Flotasyon çalışmalarında en verimli çalışmanın Fe_xO_y oranı için Aero 6493 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 olarak belirlenmiştir.
- Flotasyon çalışmalarında en verimli çalışmanın TiO_2 oranı için Aero 6493 reaktifi, 100 Mesh elektaltı partikül boyutu, 800 °C de redükleme ve pH 10 olarak belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Bulatovic, M.S., (2007). Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice, Elsevier B.V, Amsterdam
- [2] Bulatovic, S. ve Wyslouzil, D.M., (1999). "Process development for treatment of complex perovskite, ilmenite and rutile ores", Minerals Engineering, 12:1407-1417.
- [3] Xiaolin, Z. Dianwen, L. Jianjun, F. ve Jin, X., (2011). "Study on influence of residual magnetite in Panzihua ilmenite flotation", Procidea Earth and planetary Science, 2: 83 – 88.
- [4] Chen, G. Song, Z. Chen, J. Peng, J. ve Srinivasakannan, C., (2013). "Evaluation of the reducing product of carbonthermal reduction of ilmenite ores", Journal of Alloys and compounds, 577:610-614.
- [5] Yang-ge, Z. Guo-fan, Z. Qi-ming, F. Dai-cui, Y. ve We-ging W., (2011). "Effect of surface dissolution on flotation separation of Evaluation of fine ilmenite from titanaugite", Transactions of nonferrous metals society of china, 21:1149-1154.
- [6] Tefek, M., (2000), Rutilin Flotasyon özellikleri, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/709e8d64a5f4726_ek.pdf, 10 Nisan 2014.
- [7] Yu-ming, W. Zhang-fu, Y. Zhan-cheng, G. Qiang-qiang, T. Zhao-yi, L. ve Wei-zhong, J., (2008). "Reduction mechanism of natural ilmenite with graphite", Transactions of nonferrous metals society of china, 18:962-968.
- [8] France, A.A. ve El-Midany, A.A., (2008). "An assessment of the carbothermic reduction of ilmenite ore by statistical design", journal of materials processing technology, 199:279–286.
- [9] K.Supta, S. Rajakumar, V.ve Grieveson, P., (1991). "Phase Transformations during Heating of Ilmenite Concentrates", Metallurgical transactions, 22b:711-716.

- [10] Cui, Z. Liu, Q. ve Etsell, T.H., (2002). "Magnetic properties of ilmenite, hematite and oilsand minerals after roasting", *Minerals Engineering* 15: 1121–1129
- [11] Behera, R.C. ve Mohanty, A.K., (1986). "Beneficiation of massive ilmenite by froth flotation", *International Journal of Mineral Processing*, 17:131–142
- [12] Mazzocchitt, G. Giannopoulou, I. ve Panias, D., (2009). "Silicon and aluminum removal from ilmenite concentrates by alkaline leaching", *Hydrometallurgy* 96: 327–332
- [13] Fan, X. ve Rowson, N., (2000). "The effect of $Pb(NO_3)_2$ on ilmenite flotation", *Minerals engineering*, 13:205-215.
- [14] Wang, Y. Hu, Y. He, P. ve Gu, G., (2004). "Reverse flotation for removal of silicates from diasporic-bauxite", *Minerals Engineering* 17: 63–68.
- [15] ÖZBAYOĞLU, G., (2000). Demir cevherinin flotasyon metodu ile zenginleştirilmesi CMT:VII,Sayı:2, M.T.A Yayınları, Ankara.
- [16] Quast, K.B., (2000). "A Review of hematite flotation using 12 –carbon chain collectors", *Minerals Engineering*, 13:1361-1376.
- [17] Qi, G.W. Klauber, C. ve Warren, L.J., (1993). "Mechanism of action of sodium silicate in the flotation of apapite from hematite", 39:251-273.
- [18] Potapova, E., Grahn, M. Holmgren, A. ve Hedlund, J., (2010) "The effect of calcium ions and sodium silicate on the adsorption of a model anionic flotation collector on magnetite studied by ATR-FTIR spectroscopy", *Journal of Colloid and Interface Science*, 345: 96–102
- [19] Battle, T. Srivastava, U. Kopfle, J. Hunter, R. ve Mcclelland, J. (2014). "The direct reduction of iron", *Treatise on Process Metallurgy*, 3:89-176
- [20] Massola, C.P. Chaves, A.P. Lima, J.R.B. ve Andrade. C.F., (2009), "Separation of Silica from bauxite via froth flotation *Minerals Engineering*", *Minerals Engineering* 22:315–318.
- [21] Lanford, W.T Samways, N.L. Craven, R.F. ve Gannon, H.E (1985). "The Making, Shaping and Treating of Steel", *Industrial Processes Part A*, 3:250-298.
- [22] Ekmekçi, Z., (1990). Yüksek Alan Şiddetli Sürekli Mıknatıslı Manyetik Ayırıcılar: Özellikleri ve Uygulamalar, Madencilik fakültesi H.Ü. Maden Müh. Bölümü yayınları, ANKARA.
- [23] Houot, R., (1983). "Beneficiation of iron ore by flotation-review of industrial and potential applications", *Intern.Journal of Mineral Processing* 10:183-204.
- [24] Birinci, M. Miller D.J. Sarıkaya, M. ve Wang, X., (2010). "The effect of an external magnetic field on cationic flotation of quartz from magnetite", *Minerals Engineering* 23:813–818.

- [25] Yongli, Li. Tichang, S. Anhua, Z. ve Chengyan X., (2012). "Effect of coal levels during direct reduction roasting of high phosphorus oolitic hematite ore in a tunnel kiln", International Journal of Mining Science and Technology 22:323-328.
- [26] Bayraktar, İ., Düşük Tenörlü demir cevherlerinin zenginleştirilmesinde köpüklü yüzdürmenin yeri, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/15ab26c135e92ed_ek.pdf, 10 Nisan 2014.
- [27] Monazam, E.R. Breault, R.W. ve Siriwardane R., (2014). "Reduction of hematite (Fe₂O₃) to wüstite (FeO) by carbon monoxide (CO) for chemical looping combustion", Chemical Engineering Journal 242:204–210.
- [28] Bahgat, M., (2007). "Magnetite surface morphology during hematite reduction with CO/CO₂ at 1073 K", Materials Letters 61:339–342.
- [29] Jian-ming, P. Pei-min, G. Pei, Z. Chao-zhen, C. ve Dian wei, Z., (2009). "Influence of Size of Hematite Powder on Its Reduction Kinetics by H₂ at Low Temperature", Journal of iron and steel research international, 16:07-11.
- [30] Li, G. Zhang, Shuhui. Rao, M. Zhang, Y. ve Jiang, T. (2013). "Effects of sodium salts on reduction roasting and Fe-P separation of high-phosphorus oolitic hematite ore", International Journal of Mineral Processing 124:26-34.
- [31] Pourghahramani P. ve Forssberg, E., (2007). "Effects of mechanical activation on the reduction behavior of hematite concentrate", Int. J. Miner. Process. 82:96-105.
- [32] Li, C. Sun, H. Bai, J. ve Li, L., (2010). "Innovative methodology for comprehensive utilization of iron ore tailings Part 1. The recovery of iron from iron ore tailings using magnetic separation after magnetizing roasting", Journal of Hazardous Materials, 174:71–77
- [33] Başdağ, A., Hematitin manyetik özelliklerinin yüksek alanlı manyetik ayırma işlemlerindeki etkisi, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/4eec0c3fb6b12c4_ek.pdf, 10 Nisan 2014.
- [34] Yiğit E., (2000) "Cevher hazırlama ve zenginleştirme" (89-130) Zonguldak karaelmas üniversitesi maden mühendisliği bölümü Mühendislik fakültesi ISBN 975-7137-14-16
- [35] Özer, H., (2007). Oksit flotasyonunda tane boyutu hidrofobiklik, köpük yapısı ve mekanik taşıma arasındaki ilişki, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ISPARTA.
- [36] Özgüzel, N., (1999). Anon., "Kayaçlarda deformasyon belirleyicileri", Jeoloji Mühendisliği yayınları, 34-35:3-76.
- [37] Yiğit E., Özkan G.Ş., "Flotasyon yöntemi uygulamaları" İstanbul Üniversitesi maden mühendisliği, Temmuz 2006

- [38] Cho, Y.S. ve Laskowski, J.S., (2002), "Effect of flotation frothers on bubble size and foam stability Process", Int.J. Mineral Process. 64:69-80.
- [39] HACIHAFIZOĞLU, H., (2007). Alternatif Flotasyon Yöntemlerinin Tanıtılması Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması, 46(3), Karaelmas Üniversitesi Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü yayınları, ZONGULDAK.
- [40] Mowla, D. Karimi,G. ve Ostadnezhad, K., (2008). "Removal of hematite from silica sand ore by reverse flotation technique", Separation and Purification Technology 58:419-423
- [41] Sarıdede,M.N., (1999). Divriği Peletlerinin Katı Redükleyicilerle Ön Redüksiyonu ve Ön Redüklenmiş Peletlerin Ergitme Şartlarının Optimizasyonu, Derleyen Sarıdede, M.N., YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Köksal YILMAZ
Doğum Tarihi ve Yeri :15.06.1981 Ordu/Perşembe
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : koksal_1981@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

| Derece | Alan | Okul/Üniversite | Mezuniyet Yılı |
|--------|--------------------|----------------------|----------------|
| Lisans | Metalurji ve Malz. | Sakarya Üniversitesi | 2003 |
| Lise | Fen | Atışalan Lisesi | 1998 |

İŞ TECRÜBESİ

| Yıl | Firma/Kurum | Görevi |
|-----------|--|---------------|
| 2011- | Teknolab Teknoloji Lab.Hizmetleri LTD.ŞTİ | Lab.Sorumlusu |
| 2005-2011 | T.C Sanayi Bakanlığı İkitelli Kosgeb Metal Laboratuvarı | Uzman |