

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökegül GÜLSUNA

LİNYİT KÖMÜRÜ ARA ÜRÜNÜNÜN FLOTASYON İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LİNYİT KÖMÜRÜ ARA ÜRÜNÜNÜN FLOTASYON İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Gökçeğül GÜLSUNA

**YÜKSEK LİSANS
Maden Mühendisliği**

**Bu tez 26/09/2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği /
Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

İmza.....
Prof. Dr. Oktay BAYAT
DANIŞMAN

İmza.....
Prof. Dr. Vedat ARSLAN
ÜYE

İmza.....
Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM
ÜYE

İmza.....
Yrd. Doç. Dr. Metin UÇURUM
ÜYE

İmza.....
Öğr. Gör. Hüseyin VAPUR
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür**

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: FBE.2006.YL.1

- **Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**LİNYİT KÖMÜRÜ ARA ÜRÜNÜNÜN FLOTASYON İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Gökçeğül GÜLSUNA

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Oktay BAYAT

Yıl: 2007, Sayfa: 51

Jüri : Prof. Dr. Oktay BAYAT

Prof. Dr. Vedat ARSLAN

Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM

Yrd. Doç. Dr. Metin UÇURUM

Öğr. Gör. Dr. Hüseyin VAPUR

Bu çalışmada, Tunçbilek yöresine ait toz linyitin zenginleştirilmesi flotasyonu yöntemiyle incelenmiştir. Tunçbilek linyiti flotasyon yönteminde gaz yağı ve yağ asidi ile birlikte işleme tabi tutulmuş, tane iriliği, pülp katı oranı, yağ asidi/gaz yağı oranı, downcomer yüksekliği ve yıkama suyu hızı parametrelerinin etkileri incelenmiştir.

Jameson flotasyonunda yapılan flotasyon çalışması sonucunda optimal koşullarda ($d_{80}=0.250$ mm, %20 pülp katı oranı, pH = 7-7.5, yağ asidi/gaz yağı oranı = 1/1, yıkama suyu hızı = 0, 6 L/dk, downcomer yüksekliği = 40 cm) alınan ürün; %10 kül ve %87.15 yanabilir madde verimi ile elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Linyit, Flotasyon, Downcomer, Yıkama Suyu Hızı, Kömür.

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF PROCESSING OF LIGNITE MIDDLINGS BY FLOTATION

Gökçegül GÜLSUNA

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATUREL AND APPLIED SCIENCES
MINING ENGINEERING DEPARTMENT**

Supervisor : Prof. Dr. Oktay BAYAT

Year: 2007, Page: 51

Jury : Prof. Dr. Oktay BAYAT

Prof. Dr. Vedat ARSLAN

Assoc. Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM

Asst. Prof. Dr. Metin UÇURUM

Inst.Dr. Hüseyin VAPUR

In this study, processing of fine lignite coal middlings mined from Tunçbilek region was investigated by flotation process. The effects of the pulp ratio, kerosene/vegetable acid ratio, downcomer length, washing water speed and particle size were investigated at the flotation method.

As a result of oil-flotation experiments, optimum situations ($d_{80}=0.250$ mm, 20% pulp ratio, pH = 7-7.5, kerosene / vegetable acid ratio = 1/1, washing water speed = 0, 6 L/min, downcomer length = 40 cm), a product which has 87.15% combustible matter efficiency and 10% ash content was obtained at the applying Jameson Flotation.

Key Words: Lignite, Flotation, Downcomer, Washing Water Speed, Coal.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, Prof. Dr. Oktay BAYAT'ın danışmanlığında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarımın her aşamasında beni destekleyen çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Oktay BAYAT'a teşekkürleri sunarım. Ayrıca çalışmaların esnasında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Metin UÇURUM'a, Öğr. Görv. Dr. Hüseyin VAPUR'a ve Arş. Görv. Volkan ASLAN' a teşekkür ederim.

Son olarak çalışmalarım sırasında yakın ilgi ve desteklerini gördüğüm eşim Devrim'e, anne ve babama ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Kömürün Oluşumu.....	1
1.2. Kömürün Tanımı ve Sınıflandırması	2
1.3. Kömür Türleri.....	4
1.3.1. Turba.....	5
1.3.2. Linyit	5
1.3.3. Taş Kömürü.....	6
1.3.4. Antrasit	6
1.3.5. Grafit.....	7
1.4. Kömürün Kullanımı ve Teknolojisi	7
1.5. Kömürün İçerdiği Safsızlıklar	7
1.5.1. Nem	7
1.5.2. Kül	8
1.5.3. Kükürt.....	8
1.6. Kömürün Petrografik İçeriği.....	9
1.6.1. Vitren	10
1.6.2. Klaren	10
1.6.3. Düren	10
1.6.4. Füzen	10
1.6.5. Mineraller.....	10
1.6.5.1. Kil Mineralleri	11
1.6.5.2. Karbonatlar	11
1.6.5.3. Silikatlar ve Diğer Mineraller.....	12
1.6.5.4. Tuzlar	12

1.6.5.5. İz Öğeler	12
1.7. Türkiye Kömür Rezervleri ve Kimyasal Özellikleri.....	12
1.8. Jameson Flotasyonu	13
1.8.1. Çalışma Prensibi	14
1.8.2. Çalışma Parametreleri.....	16
1.8.4. Jameson Flotasyonu ve Diğer Flotasyon Yöntemlerin Göre Üstün Yanları	19
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	20
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Metot	23
3.1.1. Öğütme-Eleme Deneyleri	23
3.1.2. Flotasyon Deneyleri.....	24
3.1.3. Kül Tayini	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	27
4.1. Tane İriliğinin Etkisi	27
4.2. Katı Oranının Etkisi	30
4.3. Yağ Asidi / Gaz Yağı Oranının Etkisi.....	32
4.4. Yıkama Suyu Hızının Etkisi	35
5. SONUÇLAR.....	41
KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	45
EKLER.....	46

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1.	Çeşitli Ranklarda (Kömürleşme Derecelerinde) Kömür Özellikleri	3
Çizelge 1.2.	Genel Sınıflandırmada Yaralan Kömürlerin Tanıtıcı Özellikleri...	4
Çizelge 1.3.	Linyitle Turbayı Ayıran Ölçütler	5
Çizelge 1.4.	Kömürün Petrografik İçeriği	9
Çizelge 1.5.	Türkiye’de Linyit Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı ve Ortalama Kimyasal Özellikleri.....	13
Çizelge 3.1.	Jameson Flotasyonu Deney Şartları	25
Çizelge 4.1.	Tane İriliği Tespiti İçin Yapılan Flotasyon Deney Şartları	27
Çizelge 4.2.	Pülp Katı Oranı Jameson Flotasyon Deney Şartları	30
Çizelge 4.3.	Yağ/gazyağı Oranı İçin Yapılan Jameson Flotasyon Deney Şartları.....	33
Çizelge 4.4.	Yıkama Suyu Hızı İçin Yapılan Jameson Flotasyon Deney Şartları.....	36
Çizelge 4.5.	Downcomer Dalış Miktarı İçin Yapılan Jameson Flotasyon Deney Şartları.....	38
Çizelge 5.1.	Optimum Jameson Flotasyon Deney Şartları.....	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Jameson flotasyon hücresi şematik görünümü	15
Şekil 3.1.	Besleme malı (Tüvenan Kömür Numunesi) ve öğütme sürelerine bağlı olarak elde edilen ufalanmış ürünlerin tane irilik dağılımları	24
Şekil 3.2.	Jameson flotasyon hücresinde konsantrenin alınışı.....	25
Şekil 4.1.	8 dk. öğütme sonrasında Jameson kömür flotasyonunda tane iriliğinin etkisi ($d_{80} = 0.500$ mm).....	28
Şekil 4.2.	10 dk. öğütme sonrasında Jameson kömür flotasyonunda tane iriliğinin etkisi ($d_{80} = 0.355$ mm)	28
Şekil 4.3.	15 dk. öğütme sonrasında Jameson kömür flotasyonunda tane iriliğinin etkisi($d_{80} = 0.250$ mm)	29
Şekil 4.4.	20 dk. öğütme sonrasında Jameson kömür flotasyonunda tane iriliğinin etkisi ($d_{80} = 0.106$ mm)	29
Şekil 4.5.	Jameson kömür flotasyonunda katı oranı etkisi (% 5 katı).....	31
Şekil 4.6.	Jameson kömür flotasyonunda katı oranı etkisi (% 10 katı).....	31
Şekil 4.7.	Jameson kömür flotasyonunda katı oranı etkisi (%15 katı).....	31
Şekil 4.8.	Jameson kömür flotasyonunda katı oranı etkisi (%20 katı).....	32
Şekil 4.9.	Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (1/3 yağ asidi /gaz yağı)	33
Şekil 4.10.	Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (3/1 yağ asidi /gaz yağı)	33
Şekil 4.11.	Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (1/1 yağ asidi /gaz yağı)	34
Şekil 4.12.	Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (3/2 yağ asidi /gaz yağı)	34
Şekil 4.13.	Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (2/3 yağ asidi /gaz yağı)	35
Şekil 4.14.	Jameson kömür flotasyonunda yıkama suyu hızının etkisi	

	(0 L/dk)	36
Şekil 4.15.	Jameson kömür flotasyonunda yıkama suyu hızının etkisi (0.3 L/dk)	36
Şekil 4.16.	Jameson kömür flotasyonunda yıkama suyu hızının etkisi (0.6 L/dk)	37
Şekil 4.17.	Jameson kömür flotasyonunda yıkama suyu hızının etkisi (1 L/dk)	37
Şekil 4.18.	Jameson kömür flotasyonunda Downcomer yüksekliğinin etkisi (30 cm)	39
Şekil 4.19.	Jameson kömür flotasyonunda Downcomer yüksekliğinin etkisi (40 cm)	39
Şekil 4.20.	Jameson kömür flotasyonunda Downcomer yüksekliğinin etkisi (50 cm)	40
Şekil 4.21.	Jameson kömür flotasyonunda Downcomer yüksekliğinin etkisi (60 cm)	40

1. GİRİŞ

Kömürün uzun vadeli enerji kullanımında lider enerji kaynağı olmayı sürdürecektir olması ve gelişen teknolojiye paralel olarak üretimde artan toz kömür oranı, toz kömürün temizlenmesine ilginin artmasına sebep olmuştur. Bunun yanında, enerji kullanım maliyetlerinin düşürülme isteği, temiz kömüre olan talebi artırmakta ve daha düşük küllü ve daha düşük kükürtlü kömür üretimini teşvik etmektedir. Bilindiği gibi toz kömürlerin temizlenmesi, iri boyutlu kömürlerin temizlenmesine göre 3–4 misli daha pahalı olmasına karşın, satış fiyatı da oldukça düşüktür. Bu nedenle de kömürün daha değerli olması ancak çok daha temiz bir yakıt haline gelmesi ile mümkün olmaktadır (Kemal ve Arslan, 1999).

Türkiye’de, büyük kömür rezervlerine sahip olmasına karşın bu rezervlerin çoğunluğu düşük kaliteli, yüksek kül, nem ve kükürt içeriğine sahiptir. %20’den az kül içeren linyitlerin toplam rezerv içindeki payı %3.73’tür. Toplam linyit rezervinin sadece %3.70’i, %1’den az kükürt içerir, %20’den az nem içeren linyit oranı %15.14’tür. Isıl değeri 4000 kcal/kg dan fazla olan linyitlerin rezervdeki payı sadece %1.83’tür (Boylu ve Ateşok, 1999).

Bu çalışmada, flotasyon olarak tanımlanan teknikte, Tunçbilek yöresine ait toz linyitin yağ flotasyonu ile temizlenebilirliği incelenmiştir.

1.1. Kömürün Oluşumu

Kömür gerçekte, değişik oranlarda organik ve inorganik yapıcı ve bileşenler içeren tortul bir kayadır. Doğada; yapı, doku, bileşenler ve köken açısından birbirleriyle tam anlamda özdeş iki kömür oluşumuna rastlamak hemen hemen olanaksızdır.

Kömürü yapan ana eleman karbondur. Bu nedenle oluşumu karbon çevrimiyle bire bir ilgilidir. Kömür hava çevrimi bataklıklarda başlar. Kömürleşmenin başlıca kaynakları bitkiler, havadan veya yüzeysel sulardan alınan CO₂ ‘dir (Kemal, 1991).

Magma az da olsa CO₂, CO, CH₄ vb. içerir ve hidrotermal-pnömatolitik ve volkanik etkinlik süreçlerinde, gaz, buhar ve çözeltilerle karbon çevrimine (döngüsüne) katılırlar. Hava ve sudaki CO₂'nin önemli bir bölümünü bitkiler özümleyip, yaşamları için gerekli olanı yapılarında tutarlar, artığı solunum yoluyla geriye döner, doğal denge korunur. Ancak sanayi gazlarının bu dengede bozucu payını unutmamak gerekir. CO₂'nin suda çözünen bölümü, karbonatlı kayalarda ve organik tortularda birikir. Bunların başkalaşması sonucu tekrar çevrime katılır. Kömür, uygun ortamlarda bataklıklarda bozunma ve çürümeden kurtulan, bitki ve kalıntı birikimlerinin, zamanla biyokimyasal ve fiziksel etkilerle değişimi sonucu oluşur (Kemal, 1991).

1.2. Kömürün Tanımı ve Sınıflandırması

Kömür, çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan az miktarda kükürt ve nitrojen içeren, kimyasal ve fiziksel olarak farklı yapıya sahip maden ve kayadır. Diğer içerikleri ise kül teşkil eden inorganik bileşikler ve mineral maddelerdir. Kömürleşme süreci ve yataklanma, nem içeriği, kül ve uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, kükürt ve mineral madde içeriklerinin yanı sıra jeolojik, petrografik, fiziksel, kimyasal ve termik özellikler yönünden kömürler çok çeşitlilik gösterirler. Bu durum birçok ülkede kömürlerin birbirine benzer özellikler ve yakın değerler temelinde sınıflandırılmasını zorunlu kılmıştır. Kömür üretimi, kullanım ve teknolojisinde ileri ülkeler öncelikle kendi kömürlerini özelliklerine göre bir sınıflama yaptıkları gibi uluslararası genel bir sınıflama için ortak standartlarda geliştirmişlerdir. Değişik tipte kömürlerin kullanım amaçlarına göre uluslararası sınıflandırılmasında; ilk olarak 1957 yılında çeşitli ülkelerden üyelerin oluşturduğu Uluslararası Kömür Kurulu'nca birçok ülkeden temin edilen numuneler üzerinde yapılan çalışmalar, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından da desteklenerek genel bir sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflamada; kalorifik değer, uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, koklaşma ve kekleşme özellikleri temel alınarak sert ve kahverengi kömürler olarak iki ayrı sınıfa ayrılmıştır:

a) Sert kömürler; ıslak ve külsüz bazda 5.700 kcal/kg'ın üzerinde kalorifik değerlerdir. Uçucu madde içeriği, kalorifik değer ve koklaşma özelliklerine göre alt sınıflara ayrılırlar.

b) Kahverengi kömürler; ıslak ve külsüz bazda 5.700 kcal/kg'ın altında kalorifik değerlerdedir. Toplam nem içeriği ve kalorifik değerlere göre alt sınıflara ayrılırlar.

Uluslararası kömür sınıflamasında kabul edilen diğer bir sınıflama işlemi ise, Kömür Rank Sınıflamasıdır (Kömürleşme Derecesi Sınıflaması). Bu sınıflandırmada karbon içeriği temel değişkendir. Çizelge 1.1'de Çeşitli Ranklarda (Kömürleşme Derecelerinde) kömür özellikleri verilmiştir (DPT, 2001).

Yüksek ranklı (kömürleşme derecesi yüksek) kömürlerde uçucu madde içeriği, düşük ranklı (kömürleşme derecesi düşük) kömürlerde ise kalorifik değer baz alınarak sınıflandırılmıştır. Çizelge 1.2'de kömürlerin tanıtıcı özelliği verilmiştir (DPT, 2001).

Çizelge 1.1. Çeşitli Ranklarda (Kömürleşme Derecelerinde) Kömür Özellikleri (Tsai, 1982)

No	Rank (Kömürleşme Derecesi)	Uçucu Madde İçeriği (% Ağırlık) Islak- Külsüz	Karbon İçeriği (% Ağırlık) Islak- Külsüz	Kalorifik Değer (Btu/Lb) Mineral Maddesiz	Nem İçeriği (% Ağırlık)
1	Linyit	69-44	76-62	8300-6300	52-30
2	Alt Bitümlü	52-40	80-71	11500-8300	30-12
3	Bitümlü				
a	Yüksek uçuculu - B	50-29	86-76	13500	15-2
b	Yüksek uçuculu - C	48-35	87-76	14000	5-1
c	Yüksek uçuculu - A	49-31	88-78	14000	5-1
d	Orta uçuculu	31-22	91-86	14000	5-1
e	Düşük uçuculu	22-14	91-86	14000	5-1
4	Antrasit	14-2	99-91	14000	5-1

Çizelge 1.2. Genel Sınıflandırmada Yaralan Kömürlerin Tanıtıcı Özellikleri
(Kemal, 1991)

Linyit	Alt Bitümlü Kömürler	Bitümlü Kömürler	Antrasit
Kahverengi	Siyah	Koyu siyah	Parlak siyah
Kırılğan, çabuk halinde ufalama	Oksidasyon veya kurutma sonucunda ince parçalar ve toz halinde ufalanma	Bloksu kırılma	Merceksi kırılma
Masif, odunsu veya üniform kilsî doku	Masif	Bantlı ve kompakt	Sert ve dayanıklı
Isıl değeri; 4610 kcal/kg'in altında	Isıl değeri; 4610-6930 kcal/kg arasında	Isıl değeri; 5390-7700 kcal/kg arasında	Isıl değeri; 7000 kcal/kg'in üzerinde
Uçucu madde miktarı ve nem içeriği yüksek	Uçucu madde ve nem içerikleri bitümlü kömürlerden daha yüksek	Uçucu madde miktarı ve nem içeriği düşük	Uçucu madde ve nem içerikleri düşük
Düşük sabit karbon içeriği	Sabit karbon içeriği bitümlü kömürlerden düşük	Sabit karbon içeriği yüksek	Sabit karbon içeriği yüksek

1.3. Kömür Türleri

Kömürleşme ortamındaki basınç ve sıcaklığın artmasına bağlı olarak bünyedeki su, uçucu maddeler (CO_2 , CO , O_2 , CH_4 , NO_x , SO_2 , H_2S , H_2 vs) azalmakta, karbon oranı, kalori değeri artmaktadır. Burada ideal fiziksel ve kimyasal değişimlere bağlı olarak sırasıyla; turba, linyit, alt bitümlü kömür, bitümlü kömür (taşkömürü), antrasit, grafit kömür türleri oluşmaktadır.

Turbadan grafitte doğru gidildikçe metamorfizma şiddeti (basınç ve sıcaklık etkisi) artmakta, karbon yüzdesi ve kalori miktarı artmakta, buna bağlı olarak su ve uçucu maddeler azalmaktadır. Ayrıca kömürün sertliği artmakta ve tozlanma azalmaktadır (Kemal, 1991).

1.3.1. Turba

Biyokimyasal kömürleşmeye uğramış en genç kömür türüdür. Renkleri sarı, kahverengi ve siyah olabilen turbaların sertliği azdır. Turbalarda odunumsu yapıyı görmek mümkündür (Kemal ve Arslan, 1999).

Turbaların taşıdıkları özellikler, başlangıçtaki bitki türlerine, oluşum koşullarına ve çeşitli bitki kısımlarının çürüme derecelerine bağlı olarak değişiklikler gösterir (Ateşok, 1986). Turbaların bazı önemli özelliklerini şöyle sıralamak mümkündür:

- Sulandırılmış alkali ile muamele edildiğinde, lif ve dal parçaları kalır.
- Elle sıkıldığında su kaybeder.
- %75'in üzerinde orijinal nem içerir.
- Turbalarda çıplak gözle ayrışmamış ve şekilleri bozulmamış bitkisel artıklar görülebilir (Kemal ve Arslan, 1999).

Turba ile linyit arasındaki sınır kesin değilse de ikisini ayırt edebilmek için bazı ölçütler kullanılabilir. Bu ölçütler aşağıdaki tablodaki gibidir.

Çizelge 1.3. Linyitle Turbayı Ayıran Ölçütler (Özpeker, 1991)

	TURBA	LİNYİT
Rutubet %	>75	<75
Karbon %	<60	>60
Serbest selüloz	Var	Yok
Kesilebilirlik	Evet	Hayır

1.3.2. Linyit

Linyit kömürler, turbalarla taşkömürleri arasında geniş bir bant oluştururlar. Kömürleşme derecesine göre, değişik oranlarda orijinal nem içerirler. Orijinal nem oranı yükseldikçe, jeokimyasal kömürleşmenin etkisi azalmakta ve yumuşak linyitlerde minimum seviyeye inmektedir.

Linyit kömürleri dış görünüşlerine göre, yumuşak ve sert linyitler diye ikiye ayrılırlar. Yumuşak linyitler, %35–75 arasında orijinal neme sahiplerdir. Yumuşak linyitler çok az parça sağlamlığına sahiptir.

Ocaktan çıkarılarak depolandıkları taktirde, zamanla tamamen toz haline gelirler. Su ile temasa geçtiklerinde önemli ölçüde su alarak şişerler ve dağılırlar. Bu bakımdan yumuşak linyitlerin ocaktan çıkarıldıkları şekilde, ev yakıtı olarak kullanılmaları mümkün değildir.

Sert linyitler, yumuşak linyitlerden sonra başlayarak taşkömürü sınırına kadar geniş bir alana yayılan kömür türleridir. Bu tür kömürler yumuşak linyitlere göre daha fazla parça sağlamlığına sahiptir. Orijinal nemi az olan türleri, taşıma ve depolanma esnasında fazla tozlanmaz. Orijinal nem oranı arttıkça hem parça sağlamlığı azalır, hem de tozlanma özelliği artar (Kemal ve Arslan, 1999).

1.3.3. Taş Kömürü

Bu kömürlerin orijinal nem oranları oldukça azdır (%1-2) ve karbon oranları yüksektir. Gerek nem oranlarının az olması ve gerekse de daha sağlam yapıya sahip olmaları nedeni ile taşkömürleri taşıma ve depolamada parça büyüklüklerini büyük ölçüde korurlar. Diğer kömür türlerine göre daha yüksek ısı değerine sahip olan taşkömürleri, birçok kullanım alanına sahiptir (Kemal, 1991).

1.3.4. Antrasit

Bu kömür, Amerika’da sert kömür ve Galler’de kaya kömürü şeklinde anılır. Demir siyahı rengi, yan metalik parlaklığı ile tanınır. Antrasitin ısı değeri taşkömürü kadar fazla değildir. Çünkü yüksek sıcaklıklara hızla çıkamaz. Buna karşın, toz ve is oluşturmadığı ve uzun süre yandığı için ev yakıtı olarak çok aranır (Özpeker, 1991).

1.3.5. Grafit

Grafit, oldukça yumuşak, dokunumu yağsı ve ince levhalar halinde bükülme özelliğine sahiptir. Sertliği 1, yoğunluğu 2 gr/cm³ dür. Rengi siyah ve gri, çizgi rengi kül rengindedir.

Doğada; kristal, pul ve ‘amorf’ diye tanımlanan şekilleri mevcut olup, en iyi formu kristal grafitir ve tenörü en yüksek olanıdır. Çok geniş kullanım alanları vardır (DPT, 2001).

1.4. Kömürün Kullanımı ve Teknolojisi

Kömür, termik santralde elektrik enerjisi üretiminde, konutlarda, sanayide, ulaşırmada, ısınma amaçlarıyla kullanılır. Ayrıca, kömürlerden asilleştirme ve teknolojik yöntemlerle birçok ürün elde edilebilir. Bu yöntemlerden başlıcaları; koklaştırma; sıvılaştırma ve gazlaştırmadır (DPT, 2001).

1.5. Kömürün İçerdiği Safsızlıklar

Kömürün içerdiği ve gerek kullanım gerekse kömür yıkamada önem taşıyan safsızlıklar üç grupta toplanmaktadır: Nem, kül, kükürt (DPT, 2001).

1.5.1. Nem

Kömür, yerindeyken, kuru ve yağlı gözükmeye karşı, su ile doygunur. Bu nem varlığı, yatak nemi olarak adlandırılır. Nem kömürün yüzeyinde olduğu gibi, kömür içindeki çatlak ve gözeneklerde de bulunabilir. Taşkömürleri, orijinal bazda, genellikle %10’un altında nem içerirken, linyitler, kalitesine bağlı olarak %55’lere kadar ulaşan oranlarda nem içerebilirler (DPT, 2001).

1.5.2. Kül

Bütün kömürler, organik olmayan maddeler içerirler. Kömürün yanmasından sonra, yanmayan maddelerden oluşan artığa kül denir. Külün büyük bir kısmı kimyasal bileşim olarak silisyum, alüminyum ve demir oksitlerden ibarettir. Kömürlerde iki türlü kül bulunur: Bünye külü ve harici kül (istihsal külü-üretim külü).

Bünye külü, kömürü oluşturan bitkilerden gelen inorganik maddelerdir ve kömürlerdeki toplam külün %2-3'ünü oluştururlar. Harici kül ise, kömürü oluşturan bitkilerin dışında kömüre karışan yabancı maddelerdir.

Bu maddeler, kömüre, kömürleşme esnasında karışabileceği gibi kömürleşmeden sonra da kömür damarları içindeki çatlak ve kırıklar boyunca girebilir.

Bu yabancı maddeler kil, şist, kumtaşı, kireçtaşı vb. olabilir. Bunlar, kömür içinde mikroskobik parçalar halinde bulunabileceği gibi damarlar ve/veya tabakalar halinde de bulunabilir. Yabancı maddeler, tüvanan kömüre, üretim esnasında tavan ve taban yan taşlarından da karışabilir. Bunların hepsi harici külü oluştururlar. Bünye külü, kömürlerden, yıkama yöntemleriyle uzaklaştırılmazken, harici kül kömür yıkama yöntemleriyle belli bir oranda azaltılabilir (DPT, 2001).

1.5.3. Kükürt

Bütün kömürler, az miktarlarda da olsa kükürt içerirler. Kömürlerde bulunan kükürt üç formda olabilir: Organik, inorganik ve sülfat kükürdü.

Bunlara ek olarak bazı kömürlerde elementer kükürtle karşılaşmıştır. Organik kükürt, kömürün organik materyalinin bir parçasıdır. Bu nedenle, kömürden fiziksel yöntemlerle uzaklaştırılması mümkün değildir. Sülfat kükürdü, kömürde toplam kükürdün çok az bir kısmını oluşturur. Jips (CaSO_4) halinde bulunduğu gibi, kömürün hava ile uzun süre teması sonucu FeSO_4 olarak da bulunabilir. Piritik kükürt ise pirit ve markasit minerallerine bağlı olarak bulunur. Kömürün içerisinde bantlar, damarlar, mercekler, küresel veya dissemine tanecikler halinde türlü şekil ve

biçimlerde dağılabilirler. İster gözle görülebilir (makroskobik), ister mikroskobik olsun piritik kükürt, kömürden serbestleştiği takdirde flotasyon veya diğer zenginleştirme yöntemleriyle kömürden temizlenebilir (DPT, 2001).

1.6. Kömürün Petrografik İçeriği

Kömürün petrografik içeriği, koklaştırma, sıvılaştırma ve gazlaştırma alanlarında büyük önem kazanır. Bir taşkömürü numunesine gözle bakıldığında parlak ve donuk bantlardan oluştuğu gözlenir. Parlak bantlar vitren ve klaren iken, donuk bantlar durain ve füzendir. Bunların hepsine kömür kayacı anlamına gelen litotip denir.

Litotipler de maserallerden oluşurlar. Maseraller, kömürleri oluşturan en küçük mikroskobik birimlerdir ve az veya çok homojen yapıya sahiptirler. İnorganik kayaçların en küçük birimi olan minerallere benzetilebilirler.

Çizelge 1.3'te Stopes-Harllen kömür kayaç ve maseralleri sınıflandırması verilmiştir. Maseraller biraraya gelip maseral gruplarını oluştururlar. Maseral grupları da gözle değil, sadece mikroskop altında görülebilirler (DPT, 2001).

Çizelge 1.4. Kömürün Petrografik İçeriği (DPT, 2001)

Makroskobik	Mikroskobik	
Kömür Kayaçları Litotipler	Maseral grupları	Maseraller
Vitren	Vitrinit	Kollinit, tellinit
Klaren	Vitrain çok, eksinit ve inertinit çok az bulunur.	Kollinit, tellinit, sporonit, kutinit, alganit, resinit, fusinit, mikrinit, skeleronit, semi fusunit
Düren	İnertinit çok, vitrinit eksinit az bulunur.	Fusinit, mikrinit, skeloronit, semi-fusinit, kollinit, tellinit, sporonit, kutinit, alginit, resinit
Füzen	İnertini	Fusinit

1.6.1. Vitren

Bunlar damarda, birkaç milimetreden başlayan bir kalınlığa sahip olarak bantlar veya mercekler halinde bulunurlar. Parlak ve cilalı bir görünüşte olup, homojen yapıdadırlar (Kural, 1991).

1.6.2. Klaren

Oldukça parlak ve ince şerit halindedirler. Vitren gibi üniform bir parlaklığa ve homojenliğe sahip değildir. Ayrıca, konkoidal kırılma da söz konusu olmamaktadır (Kural, 1991).

1.6.3. Düren

Sert, kompakt ve mat kömüre verilen addır. Hem ince hem de kalın bantlar halinde rastlanmaktadır (Kural, 1991).

1.6.4. Füzen

Tel tel, gevrek ve mat kömüre bu ad verilir. Rengi genellikle gri siyah olup, hemen toz haline gelebilmekte ve eli kirletmektedir (Kural, 1991).

1.6.5. Mineraller

Kömürler içinde 50-60 tür mineral gözlenmiştir. Bunlardan en önemlileri, killeri, karbonatlar ve demir mineralleridir. Diğerlerinin büyük çoğunluğu %1'in altında gözlenir (Kural, 1991).

1.6.5.1. Kil Mineralleri

En sık gözlenen mineral grubudur. Genelde minerallerin %60-80'ini oluşturur. Kömürle ara katmanlıdır. Katmanların kalınlığı 1-2 mm'den birkaç cm'ye, bazen de 10 cm'ye varabilir. Uygulamada killi kömürler, hacimsel kil, kömür oranlarına göre sınıflandırılır. %20'ye kadar kil içeren mikrolitotiplere killi kömürler, %20-60 oranında kil içerenlere karbarjilit denir. Birincilerin yoğunluğu 1.5 gr/cm^3 'ten ikincilerin 2 gr/cm^3 'ten küçüktür.

Yoğunluğu 2 gr/cm^3 'ten büyük olanlara kömürlü kil denir. Killer, karbarjilitler ve kömürlü killer suyun etkisiyle şişebilirler. Kömürle katışık bulunan killer üç türe ayrılabilir:

- a) Karmaşık yaygılı kömürlü kil taşı
- b) Kaolen kömürlü kil taşı
- c) İllit kömürlü kil taşı

Killerin içinde bulunan zirkon ve sanidin kristallerine dayanarak yaş saptanabilmektedir. Böylece kömür katmanlarının karşılaştırılması ve stratigrafik konumlarının belirlenmesi mümkündür (Kural, 1991).

1.6.5.2. Karbonatlar

Kalsit, siderit, dolomit ve anteritin yanı sıra kalsiyum, magnezyum ve manganın çeşitli karmaşık karbonatları da kömürün içerdiği önemli bileşenlerdendir (Ural, 2002). Birincil ve ikincil kökenli olabilirler. Birincil kökenli olanlardan en yaygını siderittir. Siderit ışınsal veya yuvar yapısındadır. Dolomit çoğunlukla deniz ilerleme süreçlerinde gelişir. Kömür topları veya biçimli kristaller halindedir. Kalsit ve ankerit daha çok ikincil kömürleşme evresinde kırık ve çatlaklarda gelişir (Kural, 1991).

%20-60 oranında karbonat içeren kömürlere karbankerit denir. Yoğunlukları 1.5 gr/cm^3 arasında değişir (Özpeker, 1991).

1.6.5.3. Silikatlar ve Diğer Mineraller

Büyük miktarda kuvars şeklinde ortaya çıkmakta ve toplam mineral maddenin %15-20'sini oluşturmaktadır (Ural, 2002). Silikatlar içinde killerden sonra en önemlisi kuvarstır. Kuvars genelde taşınmış ise kenarları yuvarlanmış kristaller; bataklık suyunda çözünmüş silisin uygun koşullarda çökelişi ile oluşmuşsa, mini kristalli veya kalsedon biçiminde gözlenir (Kural, 1991). Diğer silikat ve mineraller önemsiz oranlarda izlenirler (Özpeker, 1991).

1.6.5.4. Tuzlar

Birçok kömürde klorür, sülfat ve nitrat tuzlarının izlerine rastlanır; bunlardan en sık gözleneni jipstir. Genelde ikincil kökenlidirler, çatlak ve kırık dolgusu görünümündedirler (Kural, 1991).

1.6.5.5. İz Öğeler

Kayaç ve kömürlerin %0.1'in altında içerdikleri öğelere, iz öğeler denir. İz öğeler de minerallere benzer kökenlidir.

Bitkilerin kendilerinden türeyebilecekleri gibi, kömürleşme sürecindeki besleyici malzemeden de kaynaklanabilir veya çatlak, kırık ve gözeneklerde dolaşan yüzey veya derin kökenli akışkanlara bağlı gelişebilirler (Kural, 1991).

1.7. Türkiye Kömür Rezervleri ve Kimyasal Özellikleri

Türkiye'de linyit yatakları Alp Orojenezi'nin etkisiyle oluşmuş dağ silsilelerinin arasında sıkışan çöküntü havzalarında gelişmiştir. Linyitlerimizin çökelim yaşları genellikle Miosen ve Pliosen'dir. Ancak Eosen ve Oligosen de çökelmiş linyit yatakları da bulunmaktadır. Linyit sahaları ülkemizde bütün bölgelere yayılmış olup ısı değerleri 1000-5000 kcal/kg arasında değişmektedir. Toplam linyit

rezervlerimizin yaklaşık %8'i 3000 kcal/kg'in üzerinde, %17'si 2500-3000 kcal/kg arasında, %75'i ise 2500 kcal/kg'mın altında ısı değerdedir. Bölgeler bazında linyit rezervleri ve ortalama kimyasal özellikleri Çizelge 1.5'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.5. Türkiye'de Linyit Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı ve Ortalama Kimyasal Özellikleri (DPT, 2001)

Bölgeler	Rezerv (10 ⁹ ton)	Nem (%)	Kükürt (%)	Kül (%)	Isıl Değer (kcal/kg)
Kuzey-Bati Anadolu Bölgesi (Kütahya-Balıkesir-Bursa- Manisa Çanakkale)	1, 8	20	1, 7	20	3500
Güney-Orta Anadolu Bölgesi (Adana-K.Maraş)	3, 7	50	2, 0	20	1200
İç Anadolu Bölgesi Ankara-Çankırı-Çorum- Yozgat-Sivas)	1, 4	30	3, 2	25	3000
Güney Bati Anadolu Bölgesi (Aydın-Muğla-Denizli- Isparta-Burdur -Afyon)	0, 9	30	2, 0	20	2500
Trakya Bölgesi (Tekirdağ-Edirne-Kırklareli- İstanbul)	0, 35	30	3, 0	20	2500
Doğu Anadolu Bölgesi (Bingöl-Erzincan-Erzurum- Van)	0, 15	20	1, 2	20	3000
Toplam	8, 3	36, 5	2, 1	21	2330

1.8. Jameson Flotasyonu

Jameson Flotasyon hücresi 1985 yılından sonra geliştirilmiş olan bir teknolojidir. Bu Flotasyon hücresi New Castle Üniversitesi'nde Profesör Greame Jameson tarafından tasarlanmış ve 1989 yılında Jameson Flotasyon Hücresi adı altında patent alınmıştır. İlk endüstriyel uygulama yine 1989 yılında MIM şirketinin Queensland konvaksiyonel kolon flotasyonunun yerine kullanılmıştır.

Bu uygulama sonucu elde edilen veriler, Jameson teknolojisinin konvaksiyonel uygulamalara göre önemli avantajları olduğunu ortaya koymuştur (Ata ve Önder, 1997).

Elde edilen sonuçlar Jameson Hücresi'nin kömürde de kullanılabileceğini en iyi şekilde kanıtlamıştır. Başlangıçta sadece cevher hazırlama tesislerinde kullanılmak üzere geliştirilen bu teknoloji kömürde yapılan pilot çaptaki uygulamaların iyi sonuç vermesi üzerine kömür yıkama tesislerinde de kullanılmaya başlanmıştır.

Kömürdeki ilk endüstriyel uygulama 1990 yılında Newlands kömür madeni tesislerinde gerçekleştirilmiştir (Ata ve Önder, 1997).

Son yıllarda özellikle konvansiyonel kolon flotasyonuna göre avantajları yüzünden hem kömür hem de metal endüstrisinde büyük ilgi görmektedir. 1989'dan bu yana Avusturalya içinde ve dışına pek çok kömür yıkama ve cevher hazırlama tesisinde kullanılmaktadır (Ata ve Önder, 1997).

İnce ve iri tane boyutlarında ve flotasyon işleminin her adımında kullanılabilen Jameson Flotasyon teknolojisi özellikle çevrenin çok önemli olduğu son yıllarda, atık suların arıtımında da kullanılabileceği için gerçekten büyük bir önem arz etmektedir. Bu yüzden özellikle ülkemizde, bu teknolojinin kullanımı çevresel sorunların çözümünde de yararlı olacaktır (Ata ve Önder, 1997).

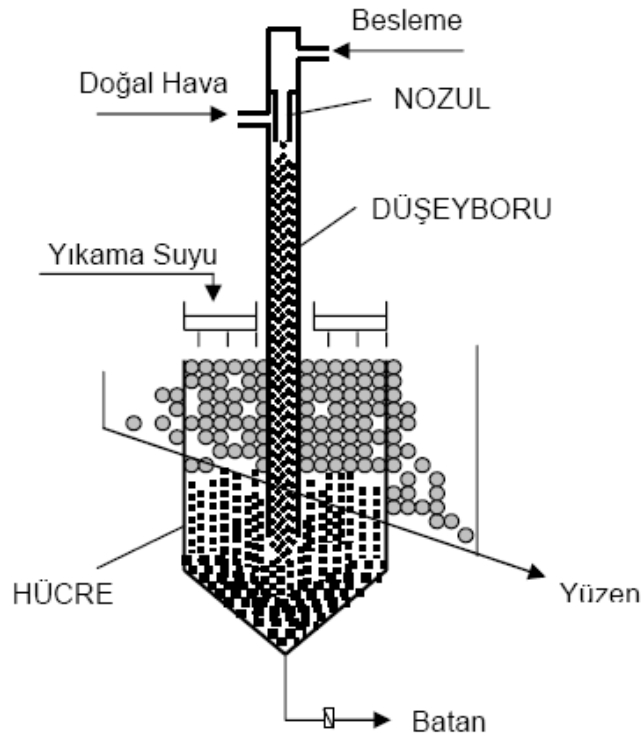
1.8.1. Çalışma Prensibi

Jameson Hücresi bir tür kolon flotasyonudur. Literatürde yüksek yoğunluklu kolon flotasyonu olarak da geçer. Kolondan farkı hava ile pülpün düşey bir silindirik boru içerisinden karıştırılarak flotasyon hücreğine verilmesidir. Böylelikle hidrofobik tanelerin kabarcıklara yapışması için daha elverişli bir ortam yaratılmaktadır. Bu köpüklü karışım besleme borusundan hücreye geçtiğinde ayrılma mekanizması devreye girer. Katı tanelerin hava kabarcıklarının yüzeyine yapışması bu bölgede olur. Katı tanecikleri taşıyan kabarcıklar flotasyon hücresinin üst kısmında bir köpük zonu oluşturmak üzere yukarıya doğru hareketlenirler. Kabarcıklara yapışamayan hidrofilik yani atık malzeme ise hücrenin dibine doğru düşer. Kabarcıkların arasında yukarıya doğru taşınan ve konsantreye karışması istenmeyen atık malzeme ise hücrenin hemen üzerinden yağmurlama sistemi ile verilen yıkama suyunun yardımı ile tekrar dibe doğru hareketlenirler. (Ata ve Önder, 1997).

Köpükle birlikte gelen hidroforbik tanecikler kendiliğinden konsantre toplam bölümüne dökülür. Şekil 1.1’de görüldüğü gibi Jameson hücresi temel olarak iki ana bölümden oluşmaktadır:

İlki, basınç altında pülpün beslendiği ve tane kabarcık temasının sağlandığı (flotasyonun mikro-olaylarının gerçekleştiği) silindirik bir düşey boru, diğeri ise, ayırımın gerçekleştirildiği (tane yüklü kabarcıkların pülpden ayrılarak köpük zonundan uzaklaştırıldığı) hücre (Ata ve Önder, 1997).

Düşey borunun içinde, pülpün yüksek basınç altında sisteme verilmesini sağlayan bir nozül (basınçlı besleme memesi) ve düşey borunun üst kısmında ise düzenli hava girişinin sağlandığı hava giriş deliği bulunmaktadır. Hücre dışında koşullandırılan pülp, yüksek basınç altında (110- 170 kPa) pompa yardımıyla nozüle beslenir. Pülp nozülden yüksek bir hızla düşey boruya su jeti şeklinde geçer. Nozüle besleme esnasındaki yüksek basınç ve nozül çıkışında oluşan alçak basınç farkı nedeniyle, doğal hava girişinden hava vakumlanır. Hidrostatik basınç farkı ile emilen hava, dalan su jeti yardımıyla pülp çözeltisi içine alınır (Ata ve Önder, 1997).



Şekil 1.1. Jameson Flotasyon Hücresi Şematik Görünümü (Taşdemir ve ark, 2006)

Emilen havanın debisi kontrol edilerek düşey borunun belli bir seviyesinde pülp-hava karışımı sağlanır. Karışımın başladığı seviye ile nozul ucu arasında kalan mesafeye su jeti uzunluğu adı verilir. Vakumlanan doğal hava pülp içinde çapları oldukça küçük hava kabarcıklarına (400-800 mikron) dönüşür.

Dar hacimde oluşan kabarcık ve taneciklerin yüksek karışım ve yüksek hava tutunumu (%50-70) düşey boruda hızlı ve zorunlu tane-kabarcık temasını ve haliyle hidrofob tanelerin hava kabarcıklarına yapışmasını sağlar. Düşey borunun alt ucu, hücrenin üst kısmında oluşan köpük zonunun altında olacak şekilde yerleştirilir. Buradan kabarcıklara yapışan taneler ve hidrofil taneler hücreye boşalır. Hücrenin kesit alanı düşey boruya göre oldukça büyük olduğundan buradaki ortam düşey boruya göre daha sakindir. Hidrofil taneler ve pülp çözeltisi hücrenin alt kısmından uzaklaştırılırken, tane yüklü kabarcıklar hücre içinde yukarı doğru yükselerek köpük zonu oluştururlar. Sistemin pozitif biasta çalışması ve arzu edilen köpük zonunun kalınlığını korumak amacıyla aynı zamanda hücrenin üst kısmından (özellikle temizleme flotasyonunda) yıkama suyu ilave edilir (Jameson, 1988). Başlangıçta sadece cevher hazırlama tesislerinde kullanılmak üzere geliştirilen bu teknoloji, kömürde yapılan pilot çaptaki uygulamaların iyi sonuç vermesi üzerine, kömür yıkama tesislerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda özellikle ince kömür kazanımı ve metal cevherlerinin flotasyonunda tercih edilmekle beraber solvent ekstraksiyonu, endüstriyel hammaddelerin zenginleştirilmesi ve atık suların arıtımında da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Jameson, 1988).

1.8.2. Çalışma Parametreleri

1.8.2.1. Köpük Derinliği

Jameson hücresinde oluşan köpük fazı derinliği diğer konvansiyonel flotasyon hücrelerinde olduğu gibi, kontrol altında tutulmalıdır. Eğer köpük derinliği gereğinden az olursa kazanım oranı yüksek ama tenörü düşük bir konsantre elde edilir. Eğer köpük derinliği fazla olursa yüksek tenörlü konsantre elde edilir. Ama kazanım oranı göreceli olarak düşüktür. Ayrıca sıg- köpük fazlarında 10 µm'den

daha küçük atık mineral tanelerin konsantre içerisine girmesi de söz konusudur (Ata ve Önder, 1997).

1.8.2.2. Kesitsel Hava Hızı

Kesitsel hava hızı havanın Flotasyon hücresi içerisinde aşağıdan yukarıya doğru olan net hızıdır (Ata ve Önder, 1997).

1.8.2.3. Kabarcık Boyutu

New Castle üniversitesi tarafından pilot çaptaki ve endüstriyel boyutlu Jameson hücreleriyle yapılan çalışmalar sonucunda optimum ortalama köpük kabarcığı çapının 300 ile 600 mikrometre arasında olması gerektiği bulunmuştur. Konvansiyonel kolon hücrelerindeki kabarcık boyutu ile karşılaştırıldığında Jameson Hücresi'ndeki kabarcık boyutunun çok daha küçük olduğu görülecektir.

Bilindiği üzere küçük boyutlu köpük kabarcıklarının oluşturulması toplam köpük yüzey alanının artmasına, böylelikle flotasyon veriminde ya da katı malzeme kazanım oranında önemli bir artışı neden olmaktadır (Ata ve Önder, 1997).

1.8.2.4. Hava miktarının Besleme Miktarına Oranı

Uygulama alanına kullanılan tane boyuna ve diğer pek çok değişkene bağlı olarak kısaca hava-besleme olarak tanımlayabileceğimiz bu oran 0.3-1.2 arasında değişmektedir. Şimdiye kadar yapılan araştırmaların sonuçları incelendiğinde optimum hava-besleme oranının 0.9-1.1 arasında olması gerektiği görülecektir (Ata ve Önder, 1997).

1.8.2.5. Yıkama Suyu Oranı

Yıkama suyu oranı kısaca yıkama suyu hızının konsantredeki su miktarına bölünmesi olarak ifade edilir. Diğer bir genel yöntem ise bütün sistemdeki net su akış miktarının (bias miktarı) hesaplanmasıdır (Ata ve Önder, 1997).

1.8.2.6. Reaktifler

Jameson Hücresi ile yapılan çalışmalarda en yüksek kazanım oranı metilizobutilcarbinol (MIBC) olarak adlandırılan köpürtücü kullanılarak elde edilmiştir. Uzun zincirli alkoller, poliglikol propilenler ve poliglikol eterler kullanılan diğer köpürtücülerdir. Besleme tankına katılan optimum köpürtücü miktarı 5 ile 25 mg/L arasındadır (Ata ve Önder, 1997).

1.8.2.7. Hücre İçerisindeki Hacimsel Hava Miktarı

Jameson Flotasyon hücresi'nde besleme borusu içindeki hacimsel hava miktarı Flotasyon sürecinde önemli bir değişken olarak görülmektedir. Buradaki hacimsel hava miktarı toplam hacmin %50 ile %60'ı arasında değişmektedir.

Besleme borusundaki hacimsel hava miktarı yalıtım ya da kondüktivite yöntemleriyle doğrudan ölçülebilmektedir. Hacimsel hava miktarını hesaplamak mümkündür (Ata ve Önder, 1997).

1.8.2.8. Taşıma kapasitesi

Taşıma kapasitesi birim hücre kesit alını başına düşen en yüksek konsantre üretim oranı olarak açıklanmaktadır. Birimi gr/dk/cm^2 olarak verilmiştir. Bilindiği üzere kabarcıklar tarafından taşınan hidrofobik tanecik miktarı kabarcıkların toplam yüzey alanları ile doğrudan ilgilidir. Diğer önemli bir etken ise tane boyutudur (Ata ve Önder, 1997).

1.8.4. Jameson Flotasyonu ve Diğer Flotasyon Yöntemlerin Göre Üstün Yanları

Jameson Flotasyon hücresi diğer konvansiyonel kolon yöntemleriyle karşılaştırıldığında özellikle ilk maliyet, işçilik, tamir-bakım ve flotasyon verimi açısından pek çok üstün yanları olduğu görülmektedir. Jameson Flotasyon yönteminin bu üstün yanları şöylece sıralanabilir (Ata ve Önder, 1997).

a) Hiçbir şekilde herhangi bir hava kompresörüne gerek yoktur. Hava kendiliğinden ve doğal olarak makine içerisine girer.

b) Diğerleriyle karşılaştırıldığında maliyeti çok daha düşüktür. Sistem kurulduktan ve çalışmaya başladıktan sonra çok fazla bir müdahaleye gerek olmadığından işçilik maliyeti de çok azdır.

c) Bakım-onarım masrafları, diğerlerine göre çok düşüktür.

d) Bir pülp pompası dışında hareketli ya da yüksek devinimli parçası yoktur.

e) Bütün sistemi kontrol etmek diğer yöntemlere göre çok daha kolaydır.

f) Kapladığı alan ve yükseklik bakımından konvansiyonel kolon flotasyon yöntemine göre çok daha avantajlıdır.

g) Kalma süresi diğer yöntemlere göre çok daha kısadır.

h) Kömür flotasyonunda yüksek kazanım ve düşük kül yüzdesi elde edilebilir.

i) Enerji tüketimi açısından Jameson yöntemi çok daha avantajlıdır.

j) Jameson Flotasyon yöntemi'nin diğer bir üstün yönü ise çok geniş tane boyut aralığına sahip olmasıdır. Diğer bir deyişle çok iri ya da çok ince taneciklerle çalışabilme becerisine sahiptir. Her türlü tane boyutunda yüksek verim elde etmek olasıdır (Ata ve Önder, 1997).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ünal ve Aktaş (2000) yaptıkları çalışmada bitümlü kömür örneğini kerosen, tolüen ya da tolüen karışımları, dizel yağı kullanılarak aglomere etmişlerdir. Başlangıçtaki kömür oranının %5 ile %30'u aralığında değişik yağ miktarı kullanılmıştır. Yoğun ortamdaki kömürün merkezkaç yardımıyla ayrışması sağlanmış ve belirtilen oranlardaki aglomeratla tanecik geri kazanım performansları karşılaştırılmıştır. Aglomerasyon performansını etkileyen faktörler; yağ miktarı, yıkama suyu, yağ tipi, süspansiyon içindeki katı miktarı ve ince tanecikler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca aglomerat boyutları ve onların kül içerikleri arasındaki ilişki tanımlanmıştır. Aglomerasyon testlerinde %95'ten yüksek, geri kazanım oranları elde edilmiştir. Kullanılan değişik ortam yoğunlukları göstermiştir ki Zonguldak bitümlü kömürünün zenginleştirilmesinde -63 μm boyutu başarılı olmuştur. Daha yüksek tane boyutları başarıya ulaşamamıştır. Hem aglomerasyondan hem de yoğun ortam dağılımından elde edilen performans sonuçları karşılaştırılabilir. Yoğun ortam dağılımından, en iyi tane boyutu elde edilirken, aglomerasyon prosesinden en yüksek geri kazanım elde edilmiştir (%95'ten yüksek). Eklenen yağ oranı iki katına çıkarılmasına rağmen, ince tanecik boyutuna sahip partiküllerle (63 μm 'den küçük) yapılan yağ aglomerasyonu çok iyi etkilenmiştir. Yığın içindeki ultra ince taneciklerin uygulanması, minimum partikül oranını artırmıştır. Bununla birlikte tane boyutunun azalmasına ve ince mineral partiküllerinin yakalanma olasılığını artırmasına neden olmuştur.

Aktaş (2001) yaptıkları bu çalışmada, Zonguldak bitümlü toz kömürünün, küresel yağ aglomerasyonu, dizel yağının sıvı köprüsü biçiminde kullanılmasıyla yapılmıştır. Parametrelerin etkileri, örneğin; sıvı köprüsünün oranı, katı içeriği, karıştırma zamanı ve oranı ayrıca pH araştırılmıştır. Yağ oranı %5'ten %30'a artırıldığında, tanecik boyutu ve geri kazanım artmıştır. Tanecik boyutu 0,62 μm 'den 0,79 μm 'a yükseltildiğinde geri kazanım %91'den %98'e ulaşmıştır. Rapor edilen test koşulları altında, karıştırma zamanı ve oranı, taneciklere ve geri kazanıma önemli bir etki yapmamıştır. Karışım içindeki katı oranı %5'ten %25'e arttırıldığında taneciklerin boyutu 0,75 μm 'ten 0,6 μm 'ye düşmüş, geri kazanım 0,95'ten 0,99'a

yükselmiştir. Sonuç ürününün tane boyutu, kömür su karışımındaki katı içeriğinin artmasından dolayı etkilenmiştir. Tane boyutundaki düşüş birim hacimdeki fazla orandaki partiküllerden kaynaklanmış ve prosesteki seçicilik daha düşük olmuştur. Karıştırma zamanı ve oranı, kömürün aglomerasyon performansına fazla etki etmemiştir. Ortam pH değeri tane boyutunu ve geri kazanım miktarını değiştirmiştir. pH değeri 11'den 3'e düştüğünde, aglomera tanecik boyutu 0.72 μm 'den 0.78 μm 'e yükselmiştir. pH değerinin düşmesi seçiciliği artırmıştır. Ancak pH değeri diğer faktörler kadar aglomerasyon performansına etki etmemiştir. Triton X-100 proseste yüzey aktif katalizatörü olarak kullanılmış ve final ürününün tanecik boyutuna belirlemiş bir etkide bulunmamıştır. Fakat geri kazanımı düşürmüştür.

Khalek ve Parckh (2001) yaptıkları çalışmada, Mısır'daki Maghara kömürünün selektif yağ aglomerasyonu tekniği kullanarak, kükürt ve kül içeriğinin düşürülmesini amaçlamaktadır. Aynı zamanda, Maghara kömürünün selektif yağ aglomerasyonu ile kalitesini de artırmayı amaçlamışlardır. Kullanılan yağ türünün (gazyağı ve parafin yağı), yağ konsantrasyonunun ve kömür tane iriliğinin etkileri incelenmiştir. Zeta potansiyeli ve aglomerasyon prosesinin üzerindeki anyonik ve katyonik yüzey aktif maddelerinin etkisi araştırılmıştır. Optimum şartlarda; -2 mm fraksiyonunda %77 verimle, % 0.82 toplam kükürt ve %1.85 kül içeren temiz bir ürün elde edilmiştir.

Cebeci ve Canpolat (2001) yaptıkları çalışmada, Ukrayna kömürünün yağ aglomerasyonu için karakteristik eğrisini belirlemişlerdir. Öncelikle aglomeratların boyut dağılımına, aglomerasyon süresinin, karıştırma hızının, bağlayıcı sıvı konsantrasyonunun ve oksidasyonun etkileri incelenmiştir. Aglomeratların kümülatif elek altı eğrilerinden d_{50} değerleri tespit edilmiş ve yukarıda belirtilen etkenlere bağlı olarak değişimi yorumlanmıştır. Deney bulgularının boyutsuz formda ifade edildiğinde, kümülatif elek altı eğrilerinin şeklinde değişme olmadığı belirlenmiştir. Bu durum aglomeratların boyut dağılımının kendini koruyan davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Aglomeratların bu özelliğinden yararlanılarak, genel karakteristik eğri belirlenmiş ve bu eğrinin eşitliği verilmiştir. Karakteristik eğri şeklinin, karıştırma hızı, bağlayıcı sıvı konsantrasyonu ve aglomerasyon süresine bağlı olarak değişmediği fakat oksidasyondan etkilendiği ortaya konmuştur.

Gürses ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, yağ aglomerasyon seçiminin geçerliliğine önemli ölçüde etki eden bazı parametreleri araştırmıştır. Örneğin katı konsantrasyonunun, aglomerasyon yağı miktarının ve aglomerasyon zamanının, aglomeratların geri kazanımında, aglomeratların piritik sülfür içeriği ve kül içeriğine etkisi araştırılmıştır. Deneysel bilgiler kullanılarak, Balkaya ve Aşkale linyitleri için kömür-yağ aglomerasyon oranı ve kül ile piritik sülfürün kaldırılması arasındaki bağıntısı hesaplanmıştır. Aglomerasyon oranının kontrolü ve parametrelerine çok bağlı olarak Baklaya ve Aşkale linyitleri için hem seçicilik hem de geri kazanım proseslerinde başarılı olunmuştur. Balkaya linyit numunesinden piritik sülfürün kaldırılması diğer linyite göre daha güç olmuştur. Bununla birlikte, hızlı aglomerasyon proseteki seçiciliği düşürmektedir. Bu durum aynı zamanda kömür matrisi boyunca mineral içeriğinin dağılımına bağlıdır. Bu çalışma seçici yağ aglomerasyonunun linyitler için uygun bir temizleme metodu olduğunu göstermektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Garp Linyitleri İşletmesi Ömerler Tunçbilek Lavvarına ait 3935 kcal/kg kalorifik değere sahip ve %33.41 kül içerikli ara ürün kömür numunesi kullanılmıştır. 100 kg kadar temsili numune homojenleştirilmesi amacıyla öncelikle harmanlanarak flotasyon deneylerinde kullanılmak üzere konileme–dörtleme metodu ile azaltılmıştır. Temsili kömür örnekleri, öğütme-eleme ve Jameson flotasyonu deneylerinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

3.1. Metot**3.1.1. Öğütme-Eleme Deneyleri**

Bilyalı değirmende (20x20 cm) aşağıda verilen şartlarda 8, 10, 15 ve 20 dk olmak üzere dört farklı sürede kuru öğütme yapılmıştır. Öğütme deneyleri 10 kg muhtelif çaplarda bilye ve 500 gr numune kullanılarak yapılmıştır. Öğütme testleri neticesinde; 8 dakikalık öğütme ile $d_{80}=0.500$ mm boyutuna; 10 dakikalık öğütme ile $d_{80}=0.355$ mm, 15 dakikalık öğütme neticesinde; $d_{80}=0.250$ mm boyutuna, 20 dakikalık öğütme neticesinde, $d_{80}=0.106$ mm boyutuna ulaşılmıştır (Şekil 3.1).

Öğütme Şartları;

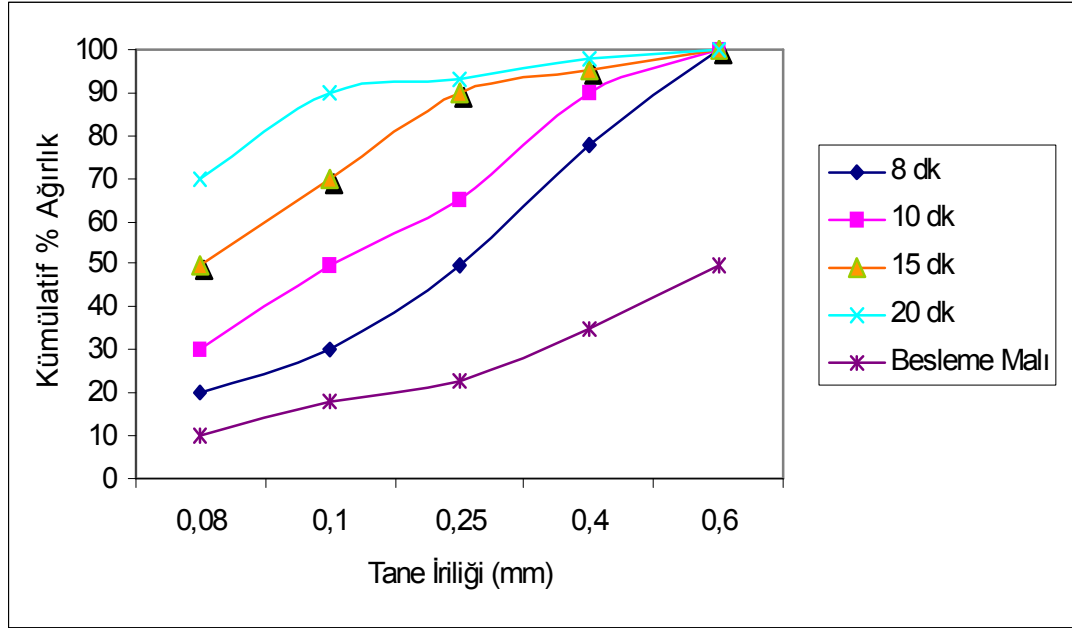
Öğütme Tipi: Kuru

Öğütücü miktarı: 10 kg muhtelif çaplarda (6 cm, 3 cm, 1 cm) bilye

Öğütülen miktar: 500 gr

Değirmen hızı: 60 d/dk

Öğütme Süresi: 8, 10, 15 ve 20 dk



Şekil 3.1. Besleme malı (Tüvenan Kömür Numunesi) ve Öğütme Sürelerine Bağlı Olarak Elde Edilen Ufalanmış Ürünlerin Tane İrilik Dağılımları

3.1.2. Flotasyon Deneyleri

Jameson flotasyon cihazında (Şekil 3.2); tane iriliği, pülp katı oranı, yağ/gazyağı oranı, yıkama suyu hızı ve downcomer yüksekliği parametrelerinin optimum değerleri tespit edilmiştir. Jameson flotasyonu makinesi, 2 cm çapında 100 cm boyunda downcomer'lı, 10 cm çaplı 75 cm boyunda hücreye sahip olup flotasyon deney şartları ise Çizelge 3.1'de verilmiştir. Reaktif olarak yoğunluğu 0.8 gr/cm^3 olan gazyağı ve yoğunluğu 0.9 gr/cm^3 olan MarSA fabrikasından alınan yağ asidi kullanılmıştır.

Deneyisel çalışmalarda Jameson Flotasyonu hücresinin karıştırma tankına 8 L su beslenerek pülp katı oranının %10'u miktarında, çalışılan oranlarda yağ asidi/gaz yağı eklenmiş ve 5 dakika süre (1400 dev/dk) ile kondüsyonlanmıştır. Yağ asidi/gazyağı emülsiyonu elde edildikten sonra numune beslemesi gerçekleştirilmiş ve 5 dakika daha kondüsyonlamadan sonra 1, 2, 3, 5 ve 8 dk'lık flotasyon sürelerinde konsantreler alınmıştır. Bu numuneler etüvde kurutulduktan sonra her birinin ağırlıkları terazide tartılmıştır. 1, 2, 3, 5 ve 8 dk'lık konsantrelerin, besleme

malı ve artığın kül analizleri yapılarak sonuçlara göre %kül ve yanabilir madde verimi değerleri hesaplanmıştır. Deneylerin tamamı nötr pH değerinde ve çeşme suyu kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Jameson Flotasyon Cihazı Özellikleri ve Deney Şartları

Downcomer Boyu	100 cm
Downcomer Çapı	2 cm
Kolon Boyu	75 cm
Kolon Çapı	10 cm
pH	7-7.5
Tane İriliği (d_{80} , mm)	0.500, 0.355, 0.250 ve 0.106
Yağ Asidi / Gazyağı Oranı	3/1, 1/3, 1/1, 3/2, 2/3
Yıkama Suyu Hızı	0, 0.3, 0.6 ve 1.0 L/dk
Downcomer dalış miktarı (cm)	30, 40, 50 ve 60 cm
Pülp katı oranı (%)	5, 10, 15, 20
Toplam kondüsyon süresi (dk.)	10
Flotasyon Süresi (dk.)	8



Şekil 3.2. Jameson flotasyon hücresi

3.1.3. Kül Tayini

Kül miktarı tayin edilecek numuneler için kullanılacak krezeler iyice temizlenip etüvde (105°C) yarım saat bekletilir. Disikatörde soğutulan krezelerin boş ağırlıkları tartılır. Terazı sıfırlanıp üzerine 1 gr numune konularak 850°C ye ayarlanmış kül fırına verilir ve fırın sıcaklığı 850°C ye geldiğinde 2 saat bekletilir.

Krozeler soğuduktan sonra tartımları yapılır. Bütün bu işlemlerden sonra numunenin kül içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$\% \text{ Kül} = [(A-B)/C] \times 100$$

A = (Kroze + Kül) ağırlığı

B = Boş kroze ağırlığı

C = Numune Ağırlığı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**4.1. Tane İriliğinin Etkisi**

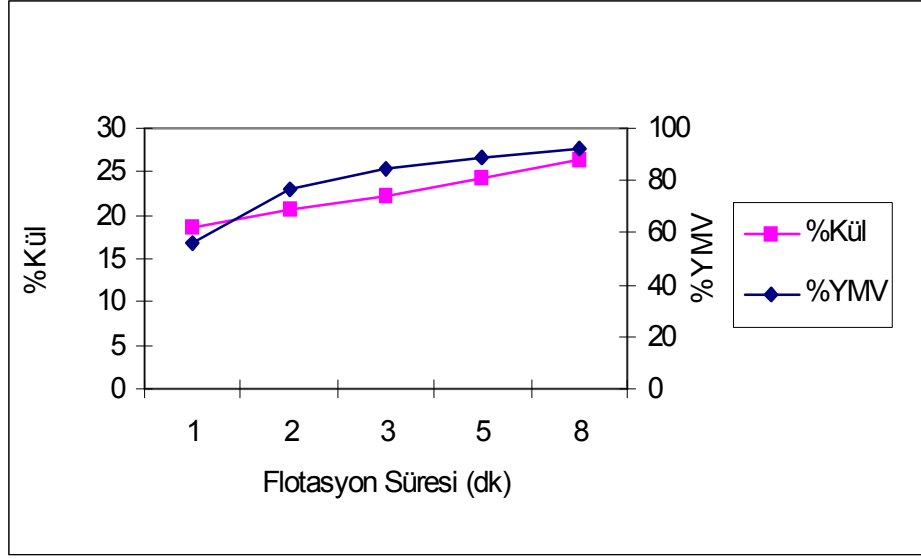
Optimum tane iriliğinin tespiti amacıyla yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmada, dört farklı tane iriliği kullanılmıştır ($d_{80}=0.500, 0.355, 0.250$ ve 0.106 mm). Bu tane irilikleri, belirlenen öğütme şartlarında kömür numunesi sırasıyla; 8, 10, 15 ve 20 dakikalık öğütmeye tabi tutularak elde edilmiştir. Her bir boyut için 0.350 kg numune hazırlanarak, Çizelge 4.1’de verilen şartlarda Jameson flotasyon kolonunda deneylere tabi tutulmuştur. Bu deneylerde yağ asidi/gazyağı miktarı $1/1$ ($17,5$ gr / $17,5$ gr) olarak alınmıştır.

Çizelge 4.1. Tane İriliği Tespiti İçin Yapılan Flotasyon Deney Şartları

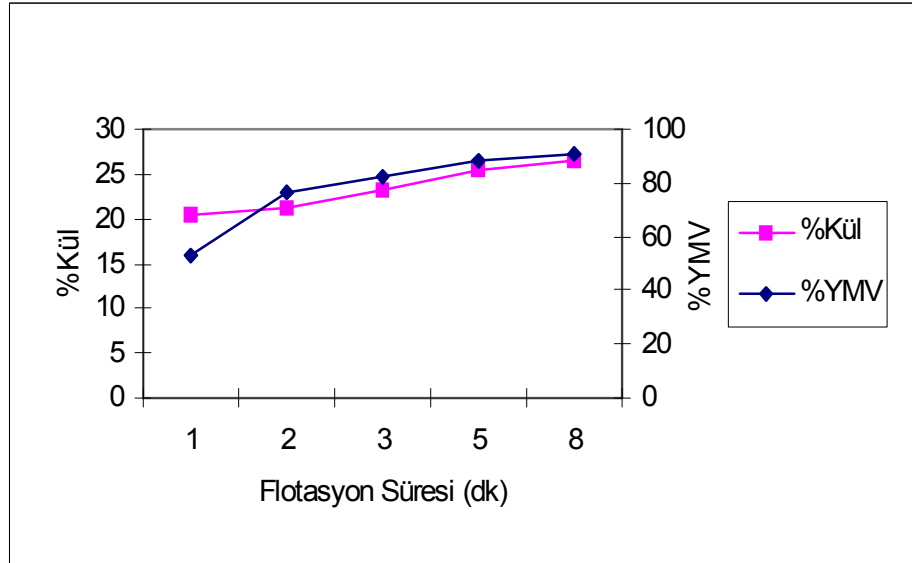
Parametre	Değerler
Köpük derinliği (cm)	Değişken
Yıkama suyu hızı (L/dk)	0.6
d_{80} (mm)	0.500, 0.355, 0.250, 0.106
Pülp katı oranı (%)	5
pH	7-7.5
Yağ/gazyağı	1/1
Downcomer yüksekliği (cm)	50
Kondüsyon süresi (dk.)	10
Flotasyon süresi (dk.)	8

Şekil 4.1 ve Ek 1’de 8 dk. öğütme ile sonrası yağ flotasyonuna tabii tutulan numunenin sonuçları verilmektedir. $d_{80} = 0.500$ mm tane iriliğindeki ürünün flotasyonunda; 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %92.60 yanabilir madde ile %26.45 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

Şekil 4.2 ve Ek1’de 10 dk. öğütme ile sonrası yağ flotasyonuna tabi tutulan numunenin sonuçları verilmektedir. $d_{80} = 0.355$ mm tane iriliğindeki ürünün flotasyonunda; 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %90.41 yanabilir madde ile %26.37 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

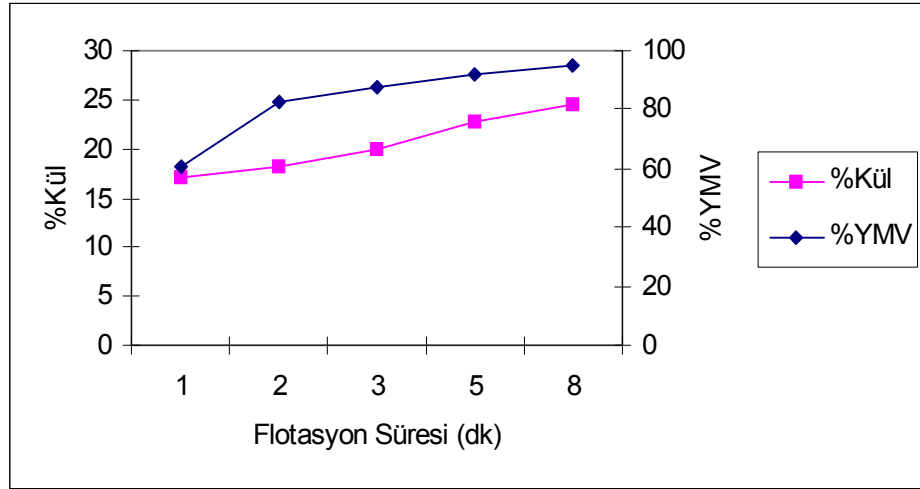


Şekil 4.1. 8 dk. öğütme sonrasında Jameson kömür flotasyonunda tane iriliğinin etkisi ($d_{80} = 0.500$ mm)



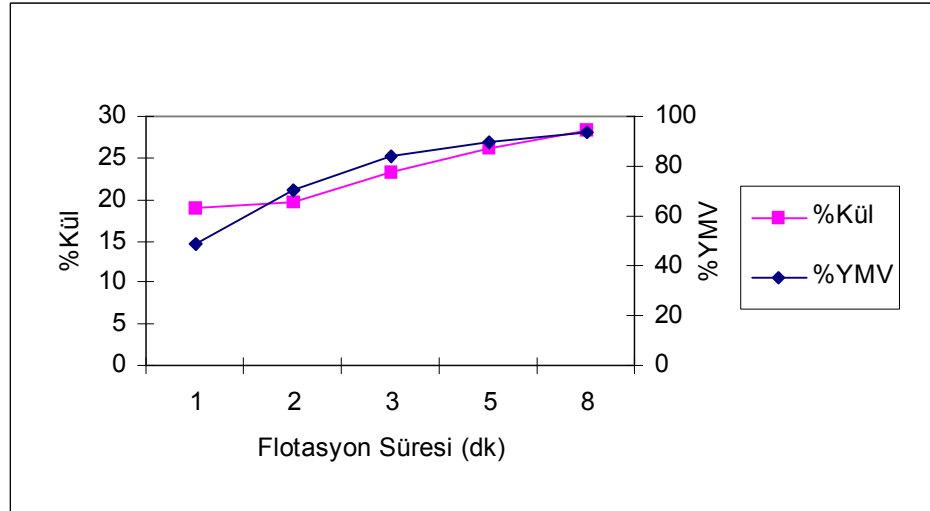
Şekil 4.2. 10 dk. öğütme sonrasında Jameson kömür flotasyonunda tane iriliğinin etkisi ($d_{80} = 0.355$ mm)

Şekil 4.3. ve Ek 1’de 15 dk. öğütme ile sonrası yağ flotasyonuna tabi tutulan numunenin sonuçları verilmektedir. $d_{80} = 0.250$ mm tane iriliğindeki ürünün flotasyonunda; 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %94.97 yanabilir madde ile %24.55 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.3. 15 dk. öğütme sonrasında Jameson kömür flotasyonunda tane iriliğinin etkisi ($d_{80} = 0.250$ mm)

Şekil 4.4. ve Ek 1’de 20 dk. öğütme ile sonrası yağ flotasyonuna tabi tutulan numunenin sonuçları verilmektedir. $d_{80} = 0.106$ mm tane iriliğindeki ürünün flotasyonunda; 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %93.57 yanabilir madde ile %28.38 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.4. 20 dk. öğütme sonrasında Jameson kömür flotasyonunda tane iriliğinin etkisi ($d_{80} = 0.106$ mm)

Elde edilen ürünlerin % kül değerleri ve yanabilir madde verimleri mukayese edildiğinde en iyi sonuçların $d_{80} = 0.250$ mm’de olduğu görüldüğünden optimum tane iriliği olarak $d_{80} = 0.250$ mm olarak seçilmiştir.

4.2. Katı Oranının Etkisi

Optimum pülp katı oranının tespiti amacına yönelik olarak gerçekleştirilen deneysel çalışmada, dört farklı pülp katı oranı kullanılmıştır (%5, %10, %15 ve %20). Çizelge 4.2’de flotasyon deney şartları verilmiştir. Deneylerde yağ asidi/gazyağı miktarları verilen pülp katı oranlarına göre sırayla; 17.5 gr / 17.5gr, 35 gr / 35gr, 52.5 gr / 52.5 gr, 70 gr / 70 gr olarak alınmıştır.

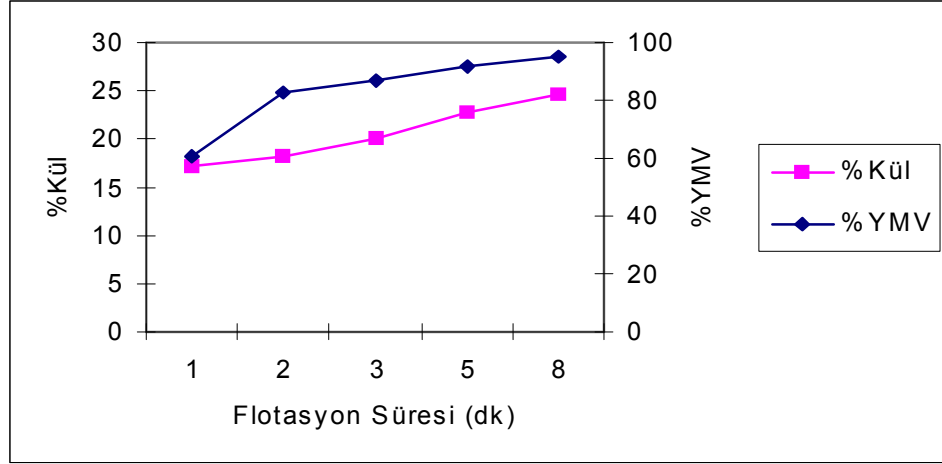
Çizelge 4.2. Pülp Katı Oranı Jameson Flotasyon Deney Şartları

Parametre	Değerler
Köpük derinliği (cm)	Değişken
Yıkama suyu hızı (L/dk)	0.6
d ₈₀ (mm)	0.250
Pülp katı oranı (%)	5, 10, 15, 20
pH	7-7.5
Yağ/gazyağı	1/1 (pülp miktarının %10’u kadar alınmıştır)
Downcomer dalış miktarı (cm)	50
Kondüsyon süresi (dk.)	10
Flotasyon süresi (dk.)	8

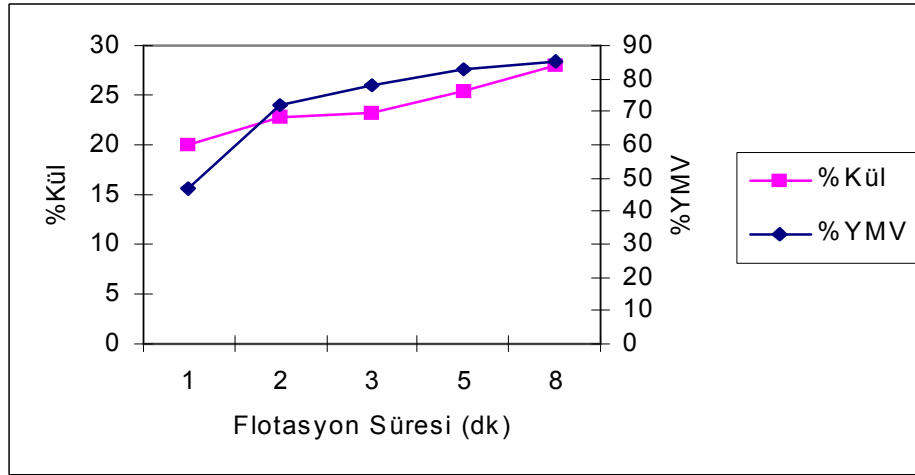
Şekil 4.5 ve Ek 2’de %5 pülp katı oranında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. %5 pülp katı oranında yapılan flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %94.97 yanabilir madde verimi ile %24.55 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

Şekil 4.6 ve Ek 2’de %10 pülp katı oranında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %85 yanabilir madde verimi ile %27.94 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

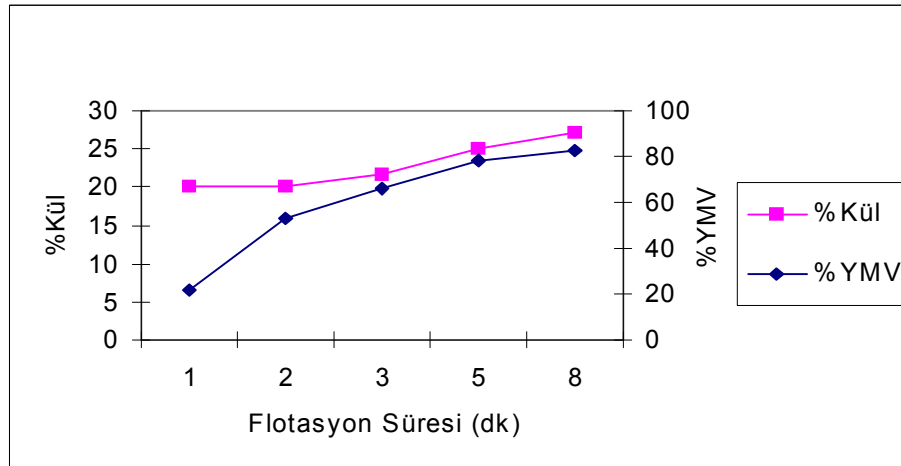
Şekil 4.7 ve Ek 2’de %15 pülp katı oranında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %82.79 yanabilir madde verimi ile %27.12 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.5. Jameson kömür flotasyonunda katı oranının etkisi (%5 katı)

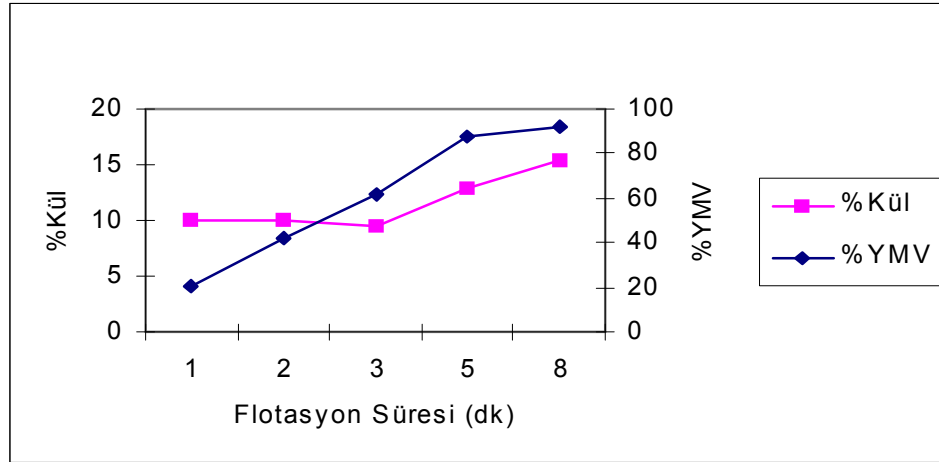


Şekil 4.6. Jameson kömür flotasyonunda katı oranı etkisi (%10 katı)



Şekil 4.7. Jameson kömür flotasyonunda katı oranı etkisi (%15 katı)

Şekil 4.8 ve Ek 2’de %20 pülp katı oranında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %92.01 yanabilir madde verimi ile %15.03 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.8. Jameson kömür flotasyonunda katı oranı etkisi (%20 katı)

Yapılan deneyler sonucunda %92.01 yanabilir madde veriminin elde edildiği %20 pülp katı oranının çalışma ekonomisi açısından %94.97 verimin elde edildiği %5 pülp katı oranına tercih edilmesinin daha doğru olacağı düşüncesiyle optimum pülp katı oranı olarak %20 değeri seçilmiştir.

4.3. Yağ Asidi / Gaz Yağı Oranının Etkisi

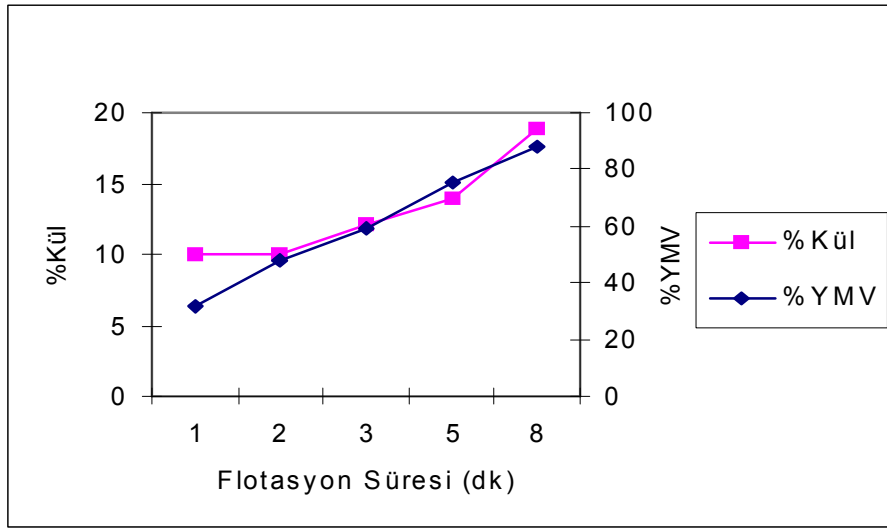
Optimum yağ/gazyağı oranının tespiti amacıyla yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmada, beş farklı oran kullanılmıştır (1/3, 3/1, 1/1, 2/3 ve 3/2). Bu oranlar için sırasıyla 35 gr / 105 gr, 105 gr / 35 gr, 70 gr / 70 gr, 56 gr / 84 gr, 84 gr / 56 gr yağ asidi /gazyağı miktarları kullanılmıştır. Çizelge 4.3’de flotasyon deney şartları verilmiştir.

Şekil 4.9. ve Ek 3’de 1/3 yağ asidi/gaz yağı oranında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %87.73 yanabilir madde verimi ile %18.89 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

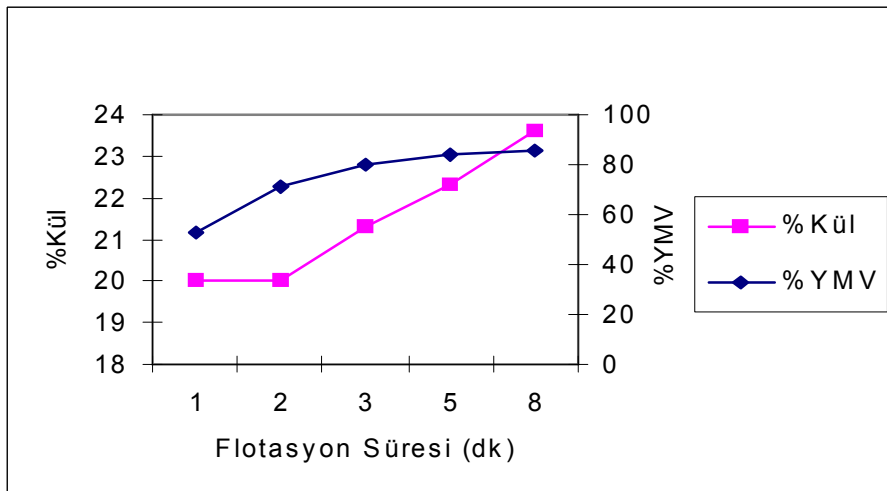
Şekil 4.10 ve Ek 3’de 3/1 yağ asidi/gaz yağı oranında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %85.83 yanabilir madde verimi ile %23.61 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Yağ/Gazyağı Oranı İçin Yapılan Jameson Flotasyon Deney Şartları

Parametre	Değerler
Köpük derinliği (cm)	Değişken
Yıkama suyu hızı (L/dk)	0.6
d_{80} (mm)	0.250
Pülöp katı oranı (%)	%20
pH	7-7.5
Yağ/gazyağı	1/3, 3/1, 1/1, 2/3, 3/2
Downcomer dalış miktarı (cm)	50
Kondüsyon süresi (dk.)	10
Flotasyon süresi (dk.)	8

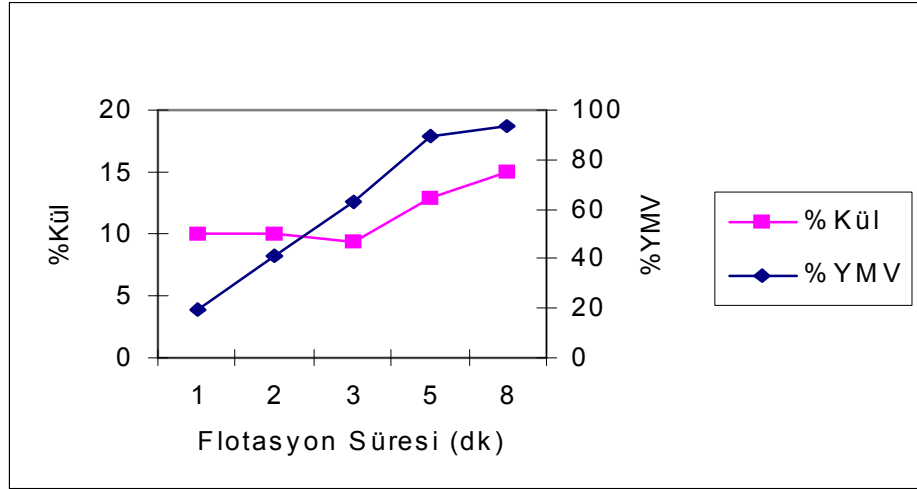


Şekil 4.9. Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (1/3 yağ asidi /gazyağı)



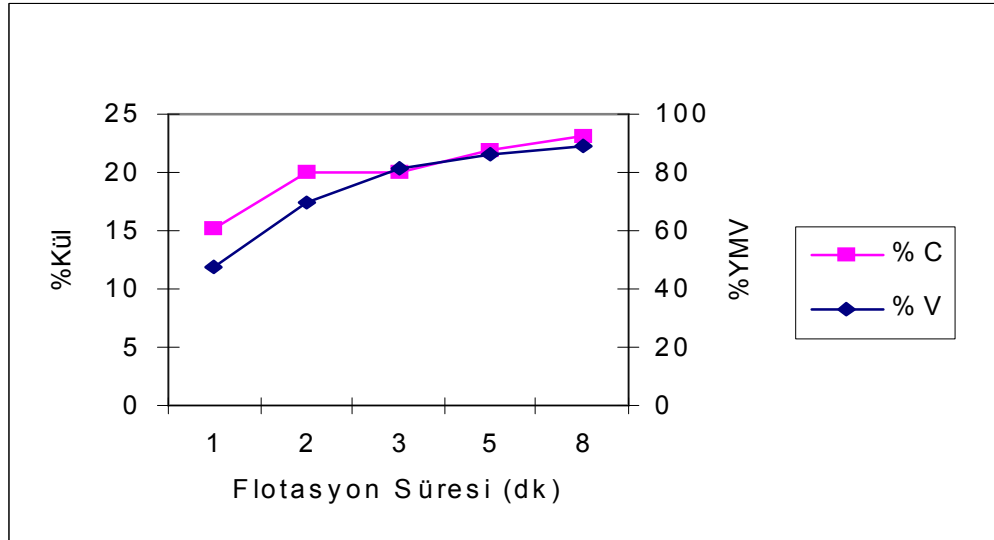
Şekil 4.10. Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (3/1 yağ asidi /gazyağı)

Şekil 4.11 ve Ek 3’de 1/1 yağ asidi/gaz yağı oranında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %93.60 yanabilir madde verimi ile %14.06 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



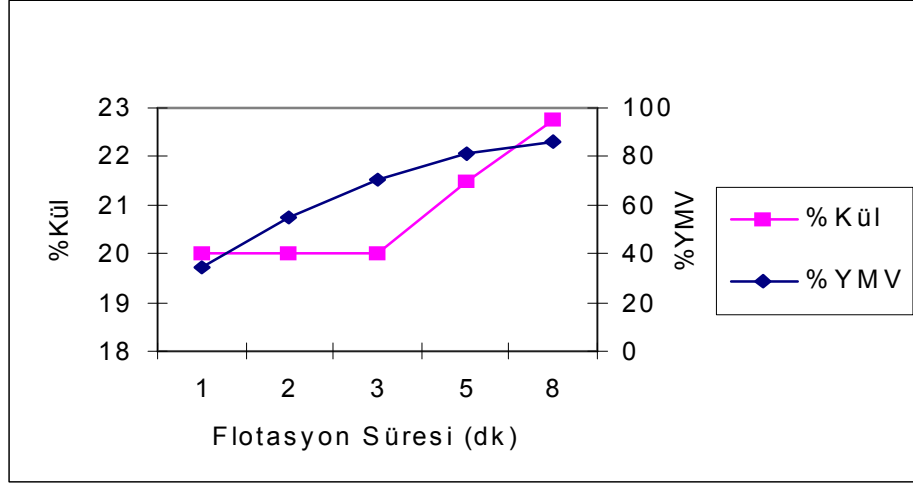
Şekil 4.11. Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (1/1 yağ asidi /gazyağı)

Şekil 4.12 ve Ek 3’de 3/2 yağ asidi/gaz yağı oranında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %89.10 yanabilir madde verimi ile %23.06 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.12. Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (3/2 yağ asidi /gazyağı)

Şekil 4.13 ve Ek 3’de 2/3 yağ asidi/gaz yağı oranında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %85.66 yanabilir madde verimi ile %22.77 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.13. Jameson kömür flotasyonunda yağ asidi /gaz yağı oranı etkisi (2/3 yağ asidi /gazyağı)

Yapılan deneyler sonucunda optimum yağ asidi/gaz yağı oranı olarak gerek yanabilir madde verimi (%93.60) gerekse kül içeriği (%14.06) açısından en iyi sonuçların elde edildiği 1/1 yağ asidi/gaz yağı oranına karar verilmiştir.

4.4. Yıkama Suyu Hızının Etkisi

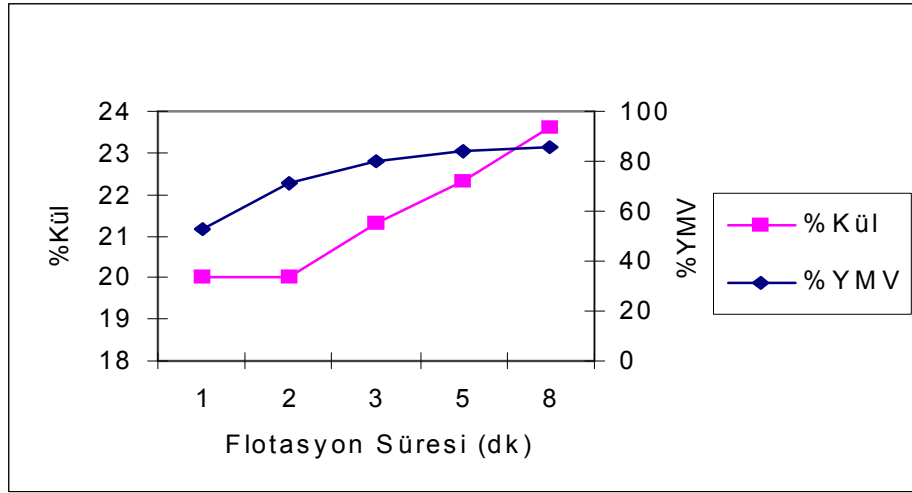
Yıkama suyu hızının tespiti amacıyla yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmada, dört farklı yıkama suyu hızı kullanılmıştır (0, 0.300, 0.600 ve 1.00 L/dk.). Çizelge 4.4’de flotasyon şartları verilmiştir. Bu deneylerde yağ asidi/gazyağı oranı 70 gr / 70 gr olarak alınmıştır.

Şekil 4.14 ve Ek 4’de 0 L/dk yıkama suyu hızında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %85.83 yanabilir madde verimi ile %23.61 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

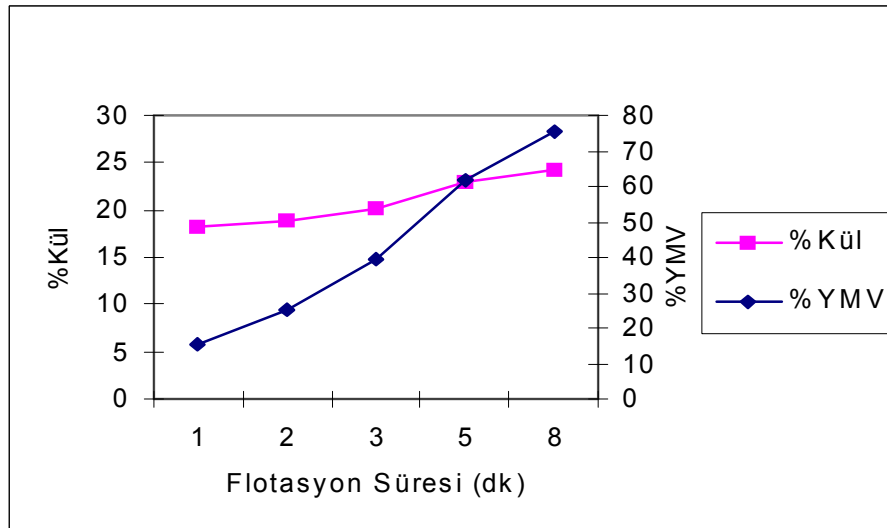
Şekil 4.15 ve Ek 4’de 0.3 L/dk yıkama suyu hızında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %75.48 yanabilir madde verimi ile %24.29 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Yıkama Suyu Hızı Tespiti İçin Yapılan Jameson Flotasyon Deney Şartları

Parametre	Değerler
Köpük derinliği (cm)	Değişken
Yıkama suyu hızı (L/dak.)	0, 0.300, 0.600, 1.000
d ₈₀ (mm)	0.250
Pülöp katı oranı (%)	%20
pH	7-7.5
Yağ/gazyağı	1/1
Downcomer dalış miktarı (cm)	50
Kondüsyon süresi (dk.)	10
Flotasyon süresi (dk.)	8

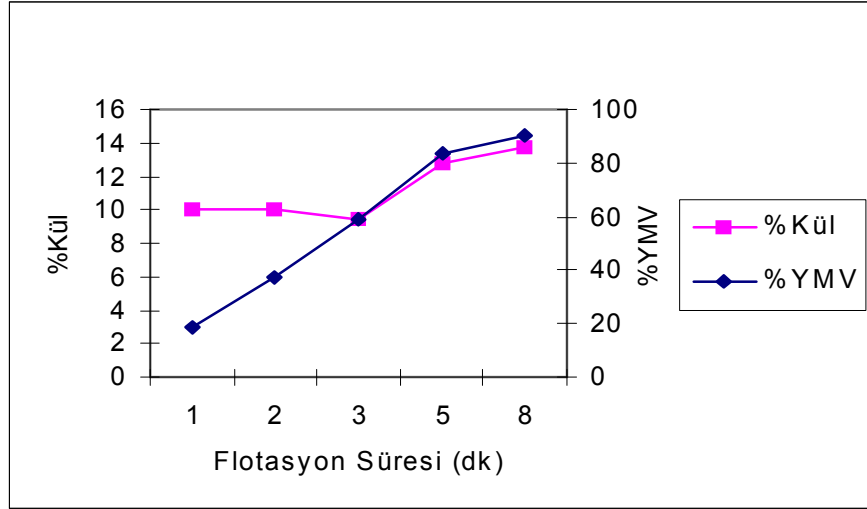


Şekil 4.14. Jameson kömür flotasyonunda yıkama suyu hızının etkisi (0 L/dk)



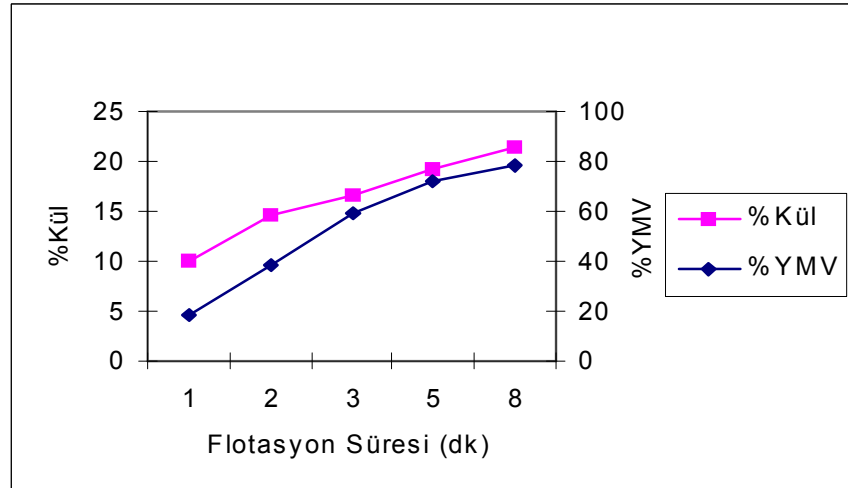
Şekil 4.15. Jameson kömür flotasyonunda yıkama suyu hızının etkisi (0.3 L/dk)

Şekil 4.16 ve Ek 4’de 0.6 L/dk yıkama suyu hızında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyonu deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %90.17 yanabilir madde verimi ile %13.68 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.16. Jameson kömür flotasyonunda yıkama suyu hızının etkisi (0.6 L/dk)

Şekil 4.17 ve Ek 4’de 1 L/dk yıkama suyu hızında yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %78.13 yanabilir madde verimi ile %21.46 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.17. Jameson kömür flotasyonunda yıkama suyu hızının etkisi (1 L/dk)

Yıkama suyu hızının belirlenmesi için yapılan deneyler neticesinde, optimum yıkama suyu hızının; 8 dk flotasyon süresi sonrasında elde edilen %90.17 yanabilir

madde verimi ve %13.68 kül konsantresine sahip 0.6 L/dk en uygun sonuç olduğu bulunmuştur.

4.5. Downcomer Yüksekliğinin Etkisi

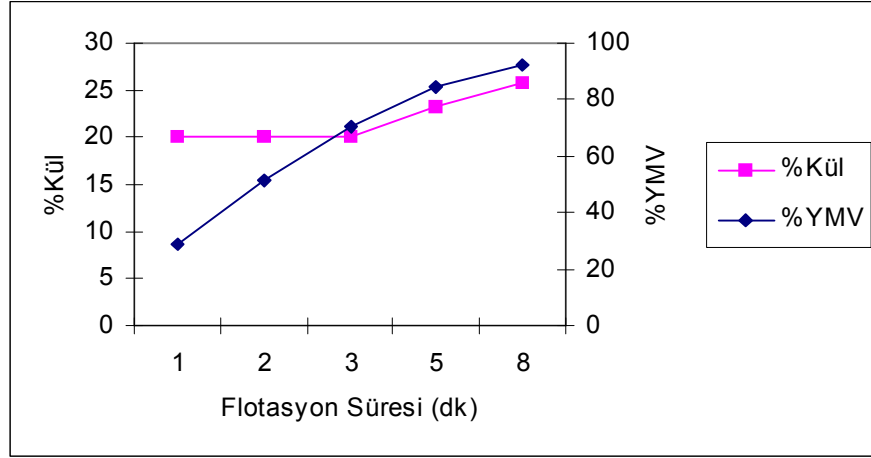
Downcomer'ın Jameson hücresine dalma derinliği etkisinin incelenmesinde dört farklı dalış miktarı incelenmiştir (30, 40, 50 ve 60 cm). Çizelge 4.5' de Jameson flotasyon deney şartları verilmiştir. Bu deneylerde yağ asidi/gazyağı oranı 70 gr/70gr olarak alınmıştır.

Çizelge 4.5. Downcomer Dalış Miktarı İçin Yapılan Jameson Flotasyon Deney Şartları

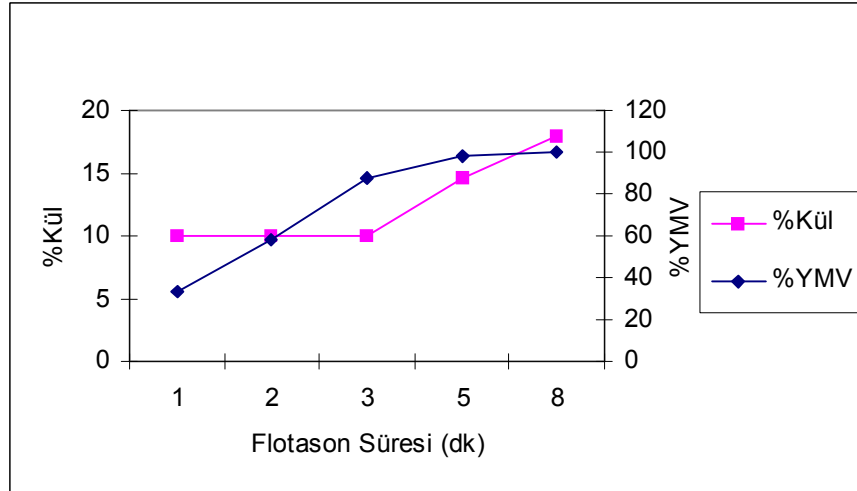
Parametre	Değerler
Köpük derinliği (cm)	Değişken
Yıkama suyu hızı (L/dk)	0.6
d ₈₀ (mm)	0.250
Pülp katı oranı (%)	%20
pH	7-7.5
Yağ/gazyağı	1/1
Downcomer dalış miktarı (cm)	30, 40, 50, 60
Kondüsyon süresi (dk.)	10
Flotasyon süresi (dak.)	8

Şekil 4.18 ve Ek 5'de 30 cm downcomer yüksekliğinde yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %92.13 yanabilir madde verimi ile %25.78 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

Şekil 4.19 ve Ek 5'de 40 cm downcomer yüksekliğinde yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %99.83 yanabilir madde verimi ile %17.86 kül içerikli ürün elde edilmiştir.

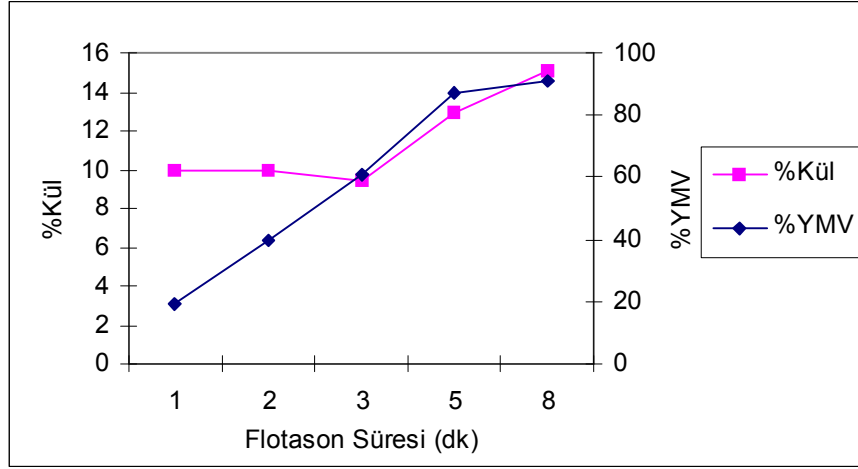


Şekil 4.18. Jameson kömür flotasyonunda downcomer yüksekliğinin etkisi (30 cm)



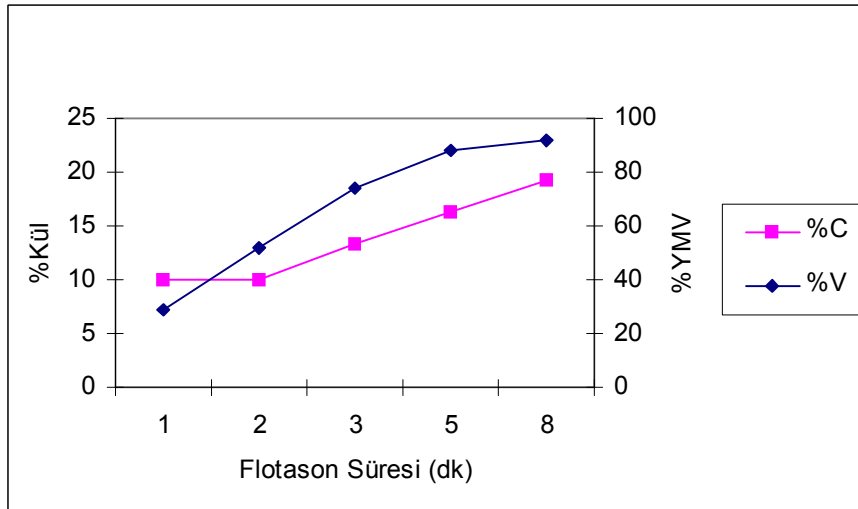
Şekil 4.19. Jameson kömür flotasyonunda downcomer yüksekliğinin etkisi (40 cm)

Şekil 4.20 ve Ek 5'de 50 cm downcomer yüksekliğinde yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %91 yanabilir madde verimi ile %15.06 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.20. Jameson kömür flotasyonunda downcomer yüksekliğinin etkisi (50 cm)

Şekil 4.21 ve Ek 5'de 60 cm downcomer yüksekliğinde yapılan flotasyon deneyi sonuçları verilmiştir. Yağ flotasyon deneylerinin 8 dk. flotasyon süresi sonrasında %92.02 yanabilir madde verimi ile %19.34 kül içerikli ürün elde edilmiştir.



Şekil 4.21. Jameson kömür flotasyonunda downcomer yüksekliğinin etkisi (60 cm)

Downcomer yüksekliğinin belirlenmesi için yapılan deneyler neticesinde, optimum downcomer yükseklik miktarının; 8 dk flotasyon süresi sonrasında elde edilen %99.83 yanabilir madde verimi ile %17.86 kül konsantresine sahip 40 cm olduğu bulunmuştur.

5. SONUÇLAR

Tunçbilek linyit kömürü üzerinde yapılan yağ flotasyonu deneyleri aşağıdaki sonuçları ortaya koymaktadır.

Numunelerle yapılan toplam 21 deney sonucuna göre Tunçbilek havzası linyit kömürü atıklarının yağ flotasyonu ile zenginleştirilmesinin mümkün olduğu görülmüştür.

Tane iriliğinin tespiti amacıyla, atık kömür (ara ürün) numunesi 8, 10, 15 ve 20 dk'lık öğütmeye tabii tutulmuş ve sırasıyla 0.500, 0.355, 0.250 ve 0.106 mm tane boyutundaki numunelerin %5 pülp katı oranında, 1/1 yağ asidi/gazyağı oranında ve 0.6 L/dk yıkama hızında flotasyon deneyleri yapılmıştır. Deneyler neticesi sonunda 15 dk. öğütme sonrası elde edilen 0.250 mm tane iriliğine sahip ürünün flotasyonunda, %94.97 yanabilir madde verimi ile %24.55 kül içerikli konsantre elde edilmiştir.

Pülp katı oranının yağ flotasyonuna etkisi; 0.250mm tane boyutunda, 1/1 yağ asidi/gazyağı oranında, 0.6 L/dk. yıkama suyu hızında ve 50 cm downcomer yüksekliğinde incelenmiştir. Pülp katı oranına bağlı olarak en uygun sonuçlar %20 pülp katı oranında %92.01 yanabilir madde verimi ile %15.3 kül içerikli konsantre olarak gerçekleşmiştir.

Yağ asidi/gazyağı oranının etkisi 0.250 mm tane boyutunda, %20 pülp katı oranında, 0.6 L/dk. yıkama suyu hızında ve 50 cm downcomer yüksekliğinde incelenmiştir. Yıkama suyu hızına bağlı olarak en yüksek yanabilir madde verimi %90.17, en düşük kül miktarı ise %13.68 olarak 0.6 L/dk yıkama suyu hızında gerçekleşmiştir.

Downcomer'ın Jameson hücreğine dalma derinliği etkisinin incelenmesinde 0.250 mm tane boyutu, %20 pülp katı oranı, 1/1 yağ asidi/gazyağı oranı ve 0.6 L/dk. yıkama suyu hızı deney şartları olarak alınmıştır. Deneyler sonucunda %99.83 yanabilir madde veriminde, %17.86 kül içeren ürünün elde edildiği 40 cm downcomer yüksekliği en uygun sonuç olarak görülmüştür. Jameson flotasyonu deneysel çalışmalarında optimum çalışma parametrelerinin belirlenmesinde en iyi koşulların değerleri tespit edildikten sonra bir diğerine geçilmiştir.

Bu nedenle, son olarak çalışılan downcomer yüksekliği deneylerinde diğer parametrelerin uygun değerleri ile çalışılmıştır.

Bu nedenle downcomer yüksekliğinde çalışılan 30, 40, 50 ve 60 cm deney sonuçlarından en iyi sonuçların elde edildiği 40 cm deney şartları (Çizelge 5.1) aynı zamanda optimum çalışma parametrelerinde gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Çizelge 5.1. Optimum Yağ Flotasyon Deney Şartları

Parametre	Değerler
Köpük derinliği (cm)	Değişken
Yıkama suyu hızı (L/dk)	0.600
d ₈₀ (mm)	0.250
Pülp katı oranı (%)	%20
pH	7-7.5
Yağ/gazyağı	1/1
Yağ/gazyağı miktarı	Katının %10'u
Downcomer dalış miktarı (cm)	40
Kondüsyon süresi (dk.)	10
Flotasyon süresi (dk.)	3

Optimal şartlarda yapılan flotasyon sonucunda %87.15 yanabilir madde verimi ile %10 kül içeren ürün elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- AKTAŞ, Z., 2001. Some Factors Affecting Spherical Oil Agglomeration Performace of Coal Fines, Int. J. Miner. Process. 65 (2002)177 - 190.
- AKTAŞ, Z., 2000. Effect of non-ionic ragent adsorption on zeta potential of fine coal particles, Turk J. Chem. 24, 117 - 129.
- ATA, S., ÖNDER, Ü., 1997. Yeni Bir Flotasyon Teknolojisi: Jameson Flotasyon Hücresi, Madencilik Dergisi Yayınları, Cilt 36, No:4.
- ATEŞOK, G., 1986. Kömür Hazırlama, 190s.
- BOYLU F., ATEŞOK G., 1999. Çevre Dostu Yeni Bir Enerji Hammaddesi: Kömür-Su Karışımları, Türkiye’de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Sempozyumu, Ankara. 154 - 162s
- CEBECİ, Y., CANPOLAT, L., 2001. Ukrayna Kömürünün Yağ Aglomerasyonu İçin Karakteristik Eğrisinin Belirlenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas.
- DPT., 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu Enerji Maddeler Alt komisyonu Kömür Çalışma Grubu. Ankara, DPT: 2605 - ÖİK: 616 .
- DOYMUŞ, K., GURSESA., DOĞAR, Ç., YALCIN, M., 2002. Incestigation of Aglomeraion Rates of Two Turkish Lignites, Energy Conversation and Management 44(2003) 12 47 -1257
- JAMESON, G. J., 1988. A New Concept in Flotation Machine Design, Min. Metalic Process., Feb., 44 - 47 s.
- KEMAL, M., ARSLAN, V., 1999. Kömür Teknolojisi (Genişletilmiş 3. Baskı), D.E.Ü., Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- KEMAL, M., 1991. Linyit Kömürü Değerlendirilmesi ve Kullanımında Kömür Özelliklerinin Etkileri, Önal, G., Ateşok, G., Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri, YMGV, 270-282s.
- KHALEK, M., PARCKH, K., 2000. Maghara Kömürünün Selektif Yağ Aglomerasyonu, Mısır.
- KURAL, O., 1991. Kömür, Kurtiş Matbaası, İstanbul, 17 - 49 s.

- ÖZPEKER, I., 1991. Kömür Oluşumu Petrografisi ve Sınıflandırılması, Kural,O., Kurtiş Matbaası, İZMİR, 8-74 s..
- TAŞDEMİR, T., BAHİRİ, Ö., TAŞDEMİR, A., 2006. Jameson Flotasyon Hücresinde Önemli Çalışma Parametrelerinin Hava Tutunumu ve Giren Hava Miktarına Etkileri, Madencilik, Cilt (45), Sayı (4), 11-18s.
- TSAİ, 1982. S.C., Fundamentals of Coal Beneficiation and Utilization, Elsevier, New York.
- URAL, S., YILDIRIM, M., ANIL, M., 2002. Kömürün Mineral Madde İçeriğinin Toz Kömür Yakma Sistemindeki Rolü, Türkiye13.Kömür Bildiriler Kitabı, Zonguldak.
- ÜNAL, I., AKTAS, Z., 2000. Effect Of Various Bridging Liquids On Coal Fines Agglomeration Performance, Fuel Processing Technology 69, 141-155.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Adana’da doğdu. Mimar Kemal İlköğretim Okulu ve Sıtkı Kulak Ortaokulunu bitirdikten sonra, Adana Erkek Lisesinde lise eğitimini tamamladı. 1998 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü’nden 2002 yılında mezun oldu. 2004 Yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Coğrafya Bölümü Tezsiz Yüksek Lisans Eğitimini tamamladı. 2002 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Bölümünde başladı. Evli olup, İngilizce bilmektedir.

EKLER

EK: 1

8 dk. Öğütme Sonrası Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%YMV
1 dk. Konsantre	44,29	81,33	56,08	44,29	81,33	56,08
2 dk. Konsantre	17,71	74,07	20,43	62,00	79,26	76,52
3 dk. Konsantre	8,00	65,37	8,14	70,00	77,67	84,66
5 dk. Konsantre	5,43	51,65	4,37	75,43	75,80	89,03
8 dk. Konsantre	5,43	42,28	3,57	80,86	73,55	92,60
ARTIK	19,14	24,83	7,40	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	64,22	100,00			

10 dk. Öğütme Sonrası Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%YMV
1 dk. Konsantre	44,29	79,59	53,33	44,29	79,59	53,33
2 dk. Konsantre	19,71	76,73	22,89	64,00	78,71	76,22
3 dk. Konsantre	6,86	60,23	6,25	70,86	76,92	82,47
5 dk. Konsantre	7,43	51,77	5,82	78,29	74,53	88,29
8 dk. Konsantre	2,86	48,98	2,12	81,14	73,63	90,41
ARTIK	18,86	33,63	9,59	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	66,09	100,00			

15 dk. Öğütme Sonrası Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%YMV
1 dk. Konsantre	48,29	82,84	60,56	48,29	82,84	60,56
2 dk. Konsantre	18,29	79,31	21,96	66,57	81,87	82,52
3 dk. Konsantre	5,43	57,31	4,71	72,00	80,02	87,23
5 dk. Konsantre	6,57	47,10	4,69	78,57	77,27	91,91
8 dk. Konsantre	4,57	44,24	3,06	83,14	75,45	94,97
ARTIK	16,86	19,69	5,03	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	66,05	100,00			

20 dk. Öğütme Sonrası Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%YMV
1 dk. Konsantre	40,00	81,13	49,13	40,00	81,13	49,13
2 dk. Konsantre	17,71	78,18	20,97	57,71	80,22	70,10
3 dk. Konsantre	14,57	62,37	13,76	72,29	76,63	83,86
5 dk. Konsantre	8,29	48,73	6,11	80,57	73,76	89,97
8 dk. Konsantre	5,71	41,56	3,60	86,29	71,62	93,57
ARTIK	13,71	30,98	6,43	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	66,05	100,00			

EK: 2**%5 Pülp Katı Oranı Flotasyon Deney Sonuçları**

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	48,29	82,84	60,56	48,29	82,84	60,56
2 dk. Konsantre	18,29	79,31	21,96	66,57	81,87	82,52
3 dk. Konsantre	5,43	57,31	4,71	72,00	80,02	87,23
5 dk. Konsantre	6,57	47,10	4,69	78,57	77,27	91,91
8 dk. Konsantre	4,57	44,24	3,06	83,14	75,45	94,97
ARTIK	16,86	19,69	5,03	100,00		100
Besleme Malı	100,00	66,05	100,00			

%10 Pülp Katı Oranı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	40,86	80,00	46,69	40,86	80,00	46,69
2 dk. Konsantre	24,57	72,70	25,52	65,43	77,26	72,21
3 dk. Konsantre	5,71	72,70	5,93	71,14	76,89	78,15
5 dk. Konsantre	6,86	50,00	4,90	78,00	74,53	83,05
8 dk. Konsantre	4,57	30,00	1,96	82,57	72,06	85
ARTIK	17,43	60,23	15,00	100,00		100
Besleme Malı	100,00	70,00	100,00			

%15 Pülp Katı Oranı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	18,95	80,00	21,66	18,95	80,00	21,66
2 dk. Konsantre	27,81	80,00	31,78	46,76	80,00	53,44
3 dk. Konsantre	12,38	72,70	12,86	59,14	78,47	66,3
5 dk. Konsantre	13,52	60,00	11,59	72,67	75,03	77,89
8 dk. Konsantre	6,86	50,00	4,90	79,52	72,88	82,79
ARTIK	20,48	58,83	17,21	100,00		100
Besleme Malı	100,00	70,00	100,00			

%20 Pülp Katı Oranı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	16,57	90,00	20,71	16,57	90,00	20,71
2 dk. Konsantre	17,36	90,00	21,70	33,93	90,00	42,41
3 dk. Konsantre	15,00	91,70	19,10	48,93	90,52	61,51
5 dk. Konsantre	23,57	80,00	26,19	72,50	87,10	87,71
8 dk. Konsantre	5,71	54,20	4,30	78,21	84,70	92,01
ARTIK	21,79	29,73	9,00	100,00		100
Besleme Malı	100,00	72,00	100,00			

Ek: 3**1/3 Yağ Asidi / Gaz Yağı Oranı Flotasyon Deney Sonuçları**

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	24,43	90,00	31,41	24,43	90,00	31,41
2 dk. Konsantre	12,57	90,00	16,16	37,00	90,00	47,57
3 dk. Konsantre	10,29	80,00	11,76	47,29	87,82	59,33
5 dk. Konsantre	14,14	80,00	16,16	61,43	86,02	75,49
8 dk. Konsantre	14,29	60,00	12,24	75,71	81,11	87,73
ARTIK	24,29	39,59	13,73	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	70,00	101,47			

3/1 Yağ Asidi / Gaz Yağı Oranı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	46,50	80,00	53,14	46,50	80,00	53,14
2 dk. Konsantre	15,71	80,00	17,96	62,21	80,00	71,10
3 dk. Konsantre	9,21	70,00	9,21	71,43	78,71	80,32
5 dk. Konsantre	4,07	60,00	3,49	75,50	77,70	83,81
8 dk. Konsantre	3,14	45,00	2,02	78,64	76,39	85,83
ARTIK	21,36	46,46	14,17	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	70,00	100,00			

1/1 Yağ Asidi / Gaz Yağı Oranı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	15,21	90,00	19,56	15,21	90,00	19,56
2 dk. Konsantre	16,57	90,00	21,31	31,79	90,00	40,87
3 dk. Konsantre	16,57	91,70	21,71	48,36	90,58	62,58
5 dk. Konsantre	23,71	80,00	27,10	72,07	87,10	89,68
8 dk. Konsantre	5,07	54,20	3,93	77,14	85,94	93,60
ARTIK	22,86	28,34	14,34	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	72,00	100,00			

1. 3/2 Yağ Asidi / Gaz Yağı Oranı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	41,79	80,00	47,76	41,79	84,78	47,76
2 dk. Konsantre	19,21	80,00	21,96	61,00	80,00	69,71
3 dk. Konsantre	10,29	80,00	11,76	71,29	80,00	81,47
5 dk. Konsantre	6,00	55,00	4,71	77,29	78,06	86,18
8 dk. Konsantre	3,79	54,00	2,92	81,07	76,94	89,10
ARTIK	18,93	40,28	10,89	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	70,00	100,00			

2/3 Yağ Asidi / Gaz Yağı Oranı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	30,29	80,00	34,61	30,29	80,00	34,61
2 dk. Konsantre	17,50	80,00	20,00	47,79	80,00	54,61
3 dk. Konsantre	13,79	80,00	15,76	61,57	80,00	70,37
5 dk. Konsantre	10,64	70,00	10,64	72,21	78,53	81,01
8 dk. Konsantre	5,43	60,00	4,65	77,64	77,23	85,66
ARTIK	22,36	44,89	14,34	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	70,00	100,00			

Ek: 4**0 L/dk. Yıkama Suyu Hızı Flotasyon Deney Sonuçları**

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%YMV
1 dk. Konsantre	46,50	80,00	53,14	46,50	80,00	53,14
2 dk. Konsantre	15,71	80,00	17,96	62,21	80,00	71,10
3 dk. Konsantre	9,21	70,00	9,21	71,43	78,71	80,32
5 dk. Konsantre	4,07	60,00	3,49	75,50	77,70	83,81
8 dk. Konsantre	3,14	45,00	2,02	78,64	76,39	85,83
ARTIK	21,36	46,46	14,17	100,00		100,00
Besleme malı	100,00	70,00	100,00			

0.3 L/dk. Yıkama Suyu Hızı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%YMV
1 dak. K.	13,00	81,82	15,20	13,00	81,82	15,20
2 dak. K.	8,93	80,00	10,20	21,93	81,08	25,40
3 dak. K.	12,43	77,78	13,81	34,36	79,89	39,21
5 dak. K.	21,50	72,73	22,34	55,86	77,13	61,55
8 dak. K.	13,93	70,00	13,93	69,79	75,71	75,48
ARTIK	30,21	56,83	24,53	100,00		100,00
Besleme malı	100,00	70,00	100,00			

0.6 L/dk. Yıkama Suyu Hızı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%YMV
1 dak. K.	14,64	90,00	18,30	14,64	90,00	18,30
2 dak. K.	15,14	90,00	18,93	29,79	90,00	37,23
3 dak. K.	17,00	91,70	21,65	46,79	90,62	58,88
5 dak. K.	22,43	80,00	24,92	69,21	87,18	83,80
8 dak. K.	6,00	76,40	6,37	75,21	86,32	90,17
ARTIK	24,79	26,13	9,00	100,00		100,00
Besleme malı	100,00	72,00	100,00			

1 L/dk. Yıkama Suyu Hızı Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%YMV
1 dak. K.	14,57	90,00	18,03	14,57	90,00	18,03
2 dak. K.	18,36	81,82	20,65	32,93	85,44	38,68
3 dak. K.	18,50	80,00	20,35	51,43	83,48	59,03
5 dak. K.	13,36	70,00	12,86	64,79	80,70	71,89
8 dak. K.	7,57	60,00	6,25	72,36	78,54	78,13
ARTIK	27,64	57,56	21,88	100,00		100,00
Besleme malı	100,00	72,73	100,01			

Ek: 5**30 cm Downcomer Yüksekliği Flotasyon Deney Sonuçları**

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	24,50	80,00	28,96	24,50	80,00	28,96
2 dk. Konsantre	19,14	80,00	22,63	43,64	80,00	51,59
3 dk. Konsantre	15,79	80,00	18,66	59,43	80,00	70,26
5 dk. Konsantre	14,93	63,64	14,04	74,36	76,72	84,30
8 dk. Konsantre	9,64	55,00	7,84	84,00	74,22	92,13
ARTIK	16,00	33,27	7,87	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	67,67	100,00			

40 cm Downcomer Yüksekliği Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	25,79	90,00	33,15	25,79	90,00	33,15
2 dk. Konsantre	19,29	90,00	24,80	45,07	90,00	57,95
3 dk. Konsantre	22,71	90,00	29,20	67,79	90,00	87,15
5 dk. Konsantre	12,29	60,00	10,53	80,07	85,40	97,68
8 dk. Konsantre	5,00	30,00	2,14	85,07	82,14	99,83
ARTIK	14,93	0,81	0,17	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	70,00	100,00			

50 cm Downcomer Yüksekliği Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir Madde Verimi (%)	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	15,21	90,00	19,02	15,21	90,00	19,02
2 dk. Konsantre	16,57	90,00	20,71	31,79	90,00	39,73
3 dk. Konsantre	16,57	91,70	21,11	48,36	90,58	60,84
5 dk. Konsantre	23,71	80,00	26,35	72,07	87,10	87,19
8 dk. Konsantre	5,07	54,20	3,82	77,14	84,94	91,00
ARTIK	22,86	28,34	9,00	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	72,00	100,00			

60 cm Downcomer Yüksekliği Flotasyon Deney Sonuçları

Ürünler	Ağırlık %	%Y.M	Yanabilir (%) Madde Verimi	Kümülatif		
				% Ağ	%YM	%V
1 dk. Konsantre	22,71	90,00	29,20	22,71	90,00	29,20
2 dk. Konsantre	17,79	90,00	22,87	40,50	90,00	52,07
3 dk. Konsantre	19,57	80,00	22,37	60,07	86,74	74,44
5 dk. Konsantre	13,50	70,00	13,50	73,57	83,67	87,94
8 dk. Konsantre	6,29	45,46	4,08	79,86	80,66	92,02
ARTIK	20,14	27,75	7,99	100,00		100,00
Besleme Malı	100,00	70,00	100,01			