

TUNÇBİLEK KÖMÜR YIKAMA TESİSİ ARA ÜRÜNÜNÜN JAMESON HÜCRESİNDE FLOTASYONU

Flotation of Tunçbilek Coal Processing Plant Middlings in Jameson Cell

Oktay BAYAT (*)

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek kül içerikli Tunçbilek Ömerler kömür yıkama tesisi (lavvar) ara ürünü Jameson hücresinde bitkisel yağ asitlerinin toplayıcı olarak kullanıldığı flotasyon işlemine tabi tutulmuştur. En uygun koşullarda (köpük derinliği, değişken; yıkama suyu hızı, 0,6 L/dk; d_{80} , 0,250 mm; palp katı oranı, %20 katı; pH, 7-7,5; yağ asidi/gazyağı oranı, 1/1; yağ asidi/gazyağı miktarı, besleme malının %10'u; düşey boru dalma derinliği, 40 cm; koşullandırma süresi, 10 dk ve flotasyon süresi, 3 dk) yapılan flotasyon sonucunda %87,15 yanabilir madde verimi ile %10 kül içeren temiz kömür konsantresi elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kömür, Jameson Flotasyon Hücresi

ABSTRACT

In this study, middlings from Tunçbilek Ömerler Coal Preparation Plant was floated by vegetable oil acids as collectors in a Jameson flotation cell. A clean coal concentrate was obtained with 10% ash and 87.15% combustible recovery at the optimum conditions (froth height, variable; wash water flow rate, 0.6 L/min; d_{80} , 0.250 mm; pulp density, %20 solids; slurry pH, 7-7.5; vegetable oil acids/kerosene ratio, 1/1; vegetable oil acids+kerosene dosage, 10% of the dry solids; downcomer depth, 40 cm; condition time, 10 min and flotation time, 3 min).

Keywords: Coal, Jameson Flotation Cell

(*) Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, Adana, obayat@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Kömür, dünyadaki fosil yakıtların içerisinde rezerv açısından en geniş paya sahiptir ve bu da gelecekte enerji üretiminde önemli rol oynayacağını göstermektedir. Ancak, kömür kullanımına paralel olarak da açığa çıkan artık da artmaktadır (Kural, 1991; Boylu ve Ateşok, 1999; DPT, 2001; Demir vd, 2007). Bu atık malzemelerin içerisindeki kömürün geri kazanımı atık stoklama problemleri ve maliyetini azaltacaktır. Sonuçta atık içerisindeki kömür bir enerji kaynağıdır (Tsai, 1982; Alonso vd, 2000).

Gıda endüstrisinde bitkisel yağların üretimi esnasında açığa çıkan yağ asitleri başlıca biyodizel üretiminde, kimya sanayinde hammadde olarak ve ince kömür zenginleştirmede aglomerat kullanılmaktadır (Alonso vd, 2000). Ayrıca yapılan birçok araştırmada bu yağ asitlerinin flotasyon reaktifi olarak kullanımı araştırılmıştır (Alonso vd, 1999a; Valdes vd, 1999; Alonso vd 1999b). 1920'li yıllardan beri flotasyon yöntemi ince kömür zenginleştirilmesinde başarı ile uygulanmaktadır.

Flotasyon işleminin gerçekleştirildiği ilk makineler olan mekanik flotasyon hücreleri, geliştirilen yeni teknoloji flotasyon hücrelerine rağmen halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, mekanik hücrelerdeki yoğun burgaç, yıkama suyunun olmayışı, sığ köpük derinlikleri gibi dezavantajlar özellikle çok ince boyutlu kömür tanelerinin flotasyonunda yeterli verim ve yüksek kül giderme oranlarını sağlayamamaktadır. 1960'lı yıllarda daha temiz kömürlerin elde edilebilmesi için burgacın oluşmadığı, daha yüksek köpük kalınlıklarının elde edilebildiği ve köpüğün su ile yıkanabildiği flotasyon kolonları geliştirilmiştir. Kolon hücrelerinden; Leeds kolonu, Dolgulu (packed) kolon, Flotaire kolonu, Hydrochem kolonu, Microcel™ kolonu, Siklonik flotasyon kolonu ve mikro-mikrokabarcık kolonu gibi alternatif tasarımlar bulunmaktadır (Ata ve Önder, 1997; Hacifazlıoğlu, 2006).

80'li yılların sonunda Prof. G.J. Jameson ve Mount Isa Mines tarafından beraberce tasarlanan Jameson flotasyon hücresi günümüzde endüstriyel boyutta yaygın olarak uygulanmaktadır. Jameson flotasyon hücresinin ince taneli minerallerin flotasyonunda tercih edilen cihaz olmasının iki nedeni vardır. Bunlardan birincisi; cihazın küçük boyutta hava

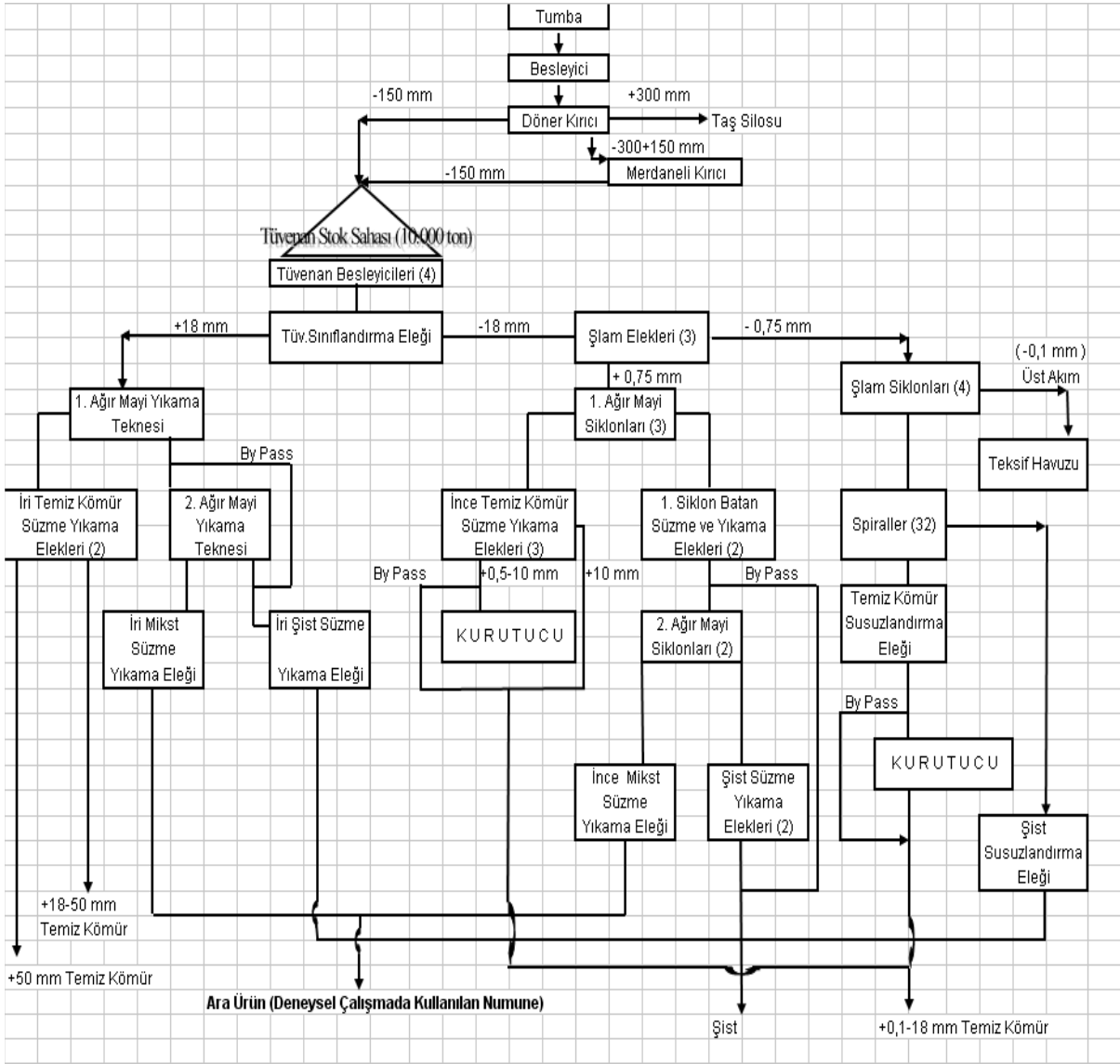
kabarcığı üretmesi ve düşey boruda yüksek yoğunlukta hava kabarcığının bulunması nedeniyle tane kabarcık arasındaki çarpışma olayının olasılığının yüksekliğidir. İkincisi ise; tanenin alet içinde kalma süresinin kısa olması nedeniyle yüksek zenginleştirme kapasitesidir (Mohanty ve Honaker, 1999; Taşdemir vd, 2006; Hacifazlıoğlu ve Toroğlu, 2007). Literatürde, cihazın çalışma prensibi ve uygulama alanları hakkında geniş bilgi bulunmaktadır (Jameson, 1988; Mohanty, 2001; Xtrata Tech., 2005; Hacifazlıoğlu ve Toroğlu, 2007; Hacifazlıoğlu ve Sütçü, 2007).

Bu çalışmada, yüksek kül içerikli Tunçbilek Ömerler kömür yıkama tesisi (lavvar) ara ürünü (Şekil 1) Jameson hücresinde bitkisel yağ asitlerinin toplayıcı olarak kullanıldığı flotasyon işlemine tabi tutulmuştur.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Garp Linyitleri İşletmesi Tunçbilek Ömerler Lavvarına ait "ara ürün" numunesinin kuru bazda kül ve kükürt içerikleri sırasıyla %33,41 ve %0,39'dir. Üst ısı değeri ise 4.390 kcal/kg olarak bulunmuştur. 100 kg kadar temsili numune öncelikle harmanlanarak öğütme-eleme ve Jameson flotasyonu deneylerinde kullanılmak üzere konileme-dörtleme metodu ile azaltılmıştır. Bilyalı değirmende (20x20 cm) 60 dev/dk. değirmen hızında 8, 10, 15 ve 20 dk olmak üzere dört farklı sürede kuru öğütme 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 2).

Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği, Cevher Hazırlama Laboratuvarında kullanılan Jameson flotasyon cihazında (Şekil 3); tane iriliği, palp katı oranı, yağ/gazyacı oranı, yıkama suyu hızı ve düşey boru yüksekliği parametrelerinin optimum değerleri tespit edilmiştir. Jameson flotasyonu makinesi, 2 cm çapında nozul, 100 cm boyunda düşey boru'lu, 10 cm çaplı ve 75 cm boyunda hücreye sahip olup yıkama suyu sistemi jet tipidir ve köpüğün 2 cm üstünden spreysel şekilde verilmektedir. Flotasyon deney şartları ise Çizelge 1'de verilmiştir. Reaktif olarak yoğunluğu $0,8 \text{ gr/cm}^3$ olan gazyacı ve yoğunluğu



Şekil 1. Ömerler Tunçbilek kömür yıkama tesisi akım şeması ve numune alım noktası.

0,9 gr/cm³ olan MarSA, Adana fabrikasından alınan yağ asidi kullanılmıştır. Jameson Flotasyonu hücresinin karıştırma tankına 8 L su, belirlenen palp katı oranında kömür örneği ve katı malzemenin %10'u miktarında yağ asidi/gaz yağı eklenmiş ve 5 dakika süre (1.400 dev/dk.) ile koşullandırılmıştır. Yağ asidi/gazyağı emülsiyonu elde edildikten sonra numune beslemesi gerçekleştirilmiş ve 5 dakika daha koşullandırmadan sonra 1, 2, 3, 5 ve 8 dk'lık flotasyon sürelerinde konsantreler alınmıştır. Bu numuneler etüvde 105 °C'de kurutulduktan sonra tüm konsantrelerin, besleme malı ve artığın kül

analizleri yapılmıştır. Yanabilir madde verimi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

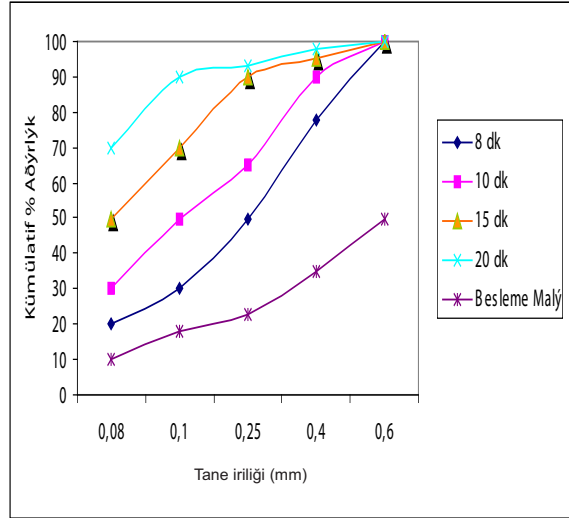
$$\text{Yanabilir Madde Verimi (\%)} = \frac{C(100 - \phi)}{F(100 - f)} \times 100$$

Burada; C: konsantre ağırlığı, F: besleme malı ağırlığı, c: konsantre % kül değeri, f: besleme malı % kül değeridir.

Deneylerin tamamı tabii pH değerinde ve çeşme suyu kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Jameson Flotasyon Cihazı Teknik Özellikleri ve Deney Koşulları

| | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Düşey boru boyu | 100 cm |
| Nozul çapı | 2 cm |
| Hücre boyu | 75 cm |
| Hücre çapı | 10 cm |
| pH | 7-7.5 |
| Tane iriliği (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 |
| Düşey boru dalma derinliği (cm) | 30, 40, 50 ve 60 cm |
| Palp katı oranı (%) | 5, 10, 15, 20 |
| Toplam koşullandırma süresi (dk.) | 10 |
| Flotasyon süresi (dk.) | 8 |



Şekil 2. Besleme malı (ara ürün) ve öğütme sürelerine bağlı olarak elde edilen ufalanmış ürünlerin tane irilik dağılımları.

3. İŞLEM PARAMETRELERİNİN FLOTASYON PERFORMANSINA ETKİSİ

3.1. Tane İriliğinin Etkisi

Optimum tane iriliğinin tespiti amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, dört farklı tane

iriliği kullanılmıştır (d_{80} =0,500; 0,355; 0,250 ve 0,106 mm). Her bir boyut için 0,350 kg numune hazırlanarak Jameson flotasyon cihazında deneylere tabi tutulmuştur. Yağ asidi/gazyağı miktarı (17,5 g / 17,5 g) olarak alınmıştır. Çizelge 2'den de görüldüğü gibi en iyi sonuç d_{80} =0,250 mm tane iriliğinde elde edilmiştir (%24,55 kül ve %94,97 yanabilir madde verimi).

Çizelge 2. Jameson Flotasyonunda Tane İriliğinin Etkisi

| Tane İriliği (d_0 , mm) | Konsantre | | Artık | |
|----------------------------|-----------|---------|--------|---------|
| | Kül, % | YMV*, % | Kül, % | YMV*, % |
| 0,500 | 26,45 | 92,60 | 96,29 | 7,40 |
| 0,355 | 26,37 | 90,41 | 95,19 | 9,59 |
| 0,250 | 24,55 | 94,97 | 97,48 | 5,03 |
| 0,106 | 28,38 | 93,57 | 96,77 | 6,43 |

* Yanabilir Madde Verimi

(Köpük derinliği, değişken; yıkama suyu, 0,6 L/dk.; palp katı oranı, %5 katı; pH 7-7,5; yağ asidi/gazyağı, 1/1; düşey boru dalma derinliği, 50 cm; koşullandırma süresi, 10 dk.; flotasyon süresi, 8 dk.)

3.2. Palp Katı Oranının Etkisi

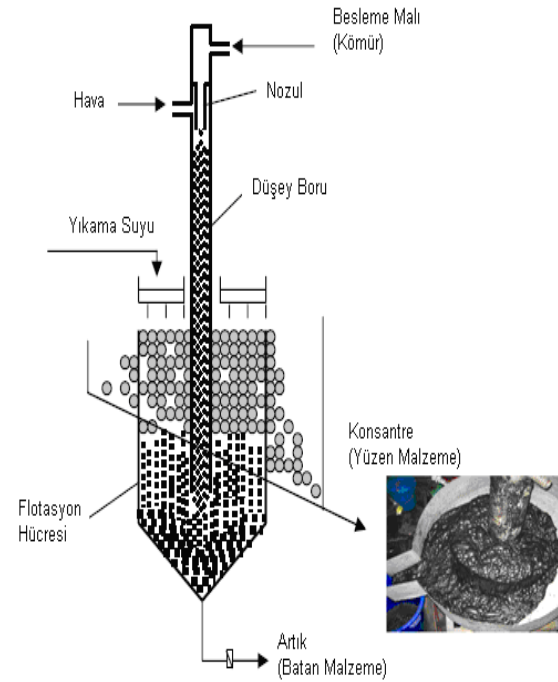
Optimum palp katı oranının tespiti amacıyla gerçekleştirilen deneysel çalışmada, dört farklı palp katı oranı kullanılmıştır (%5, %10, %15 ve %20). Palp katı oranı arttıkça elde edilen konsantrenin %kül değeri azalmakta ve yanabilir madde verimi artmaktadır. Çizelge 3'den de görüldüğü gibi en iyi sonuç %20 katı oranında elde edilmiştir (%15,30 kül ve %92,01 yanabilir madde verimi).

Artan palp katı oranı malzemenin düşey boru içinde kalma zamanını (downcomer residence time) azaltmakta ve bu da nispeten düşük küllü ve yüksek yanabilir verime sahip temiz kömür elde edilmesini sağlamaktadır (Harbort vd, 2003). %20'den daha yüksek palp katı oranlarında da flotasyon testleri yapılmıştır. Ancak bu deneysel çalışmada da gözlenen en önemli çalışma problemi; yüksek palp katı oranlarında düşey boruda tıkanmalar oluşmuş ve Jameson hücresi içinde homojen malzeme akışı sağlanamamıştır.

Çizelge 3. Jameson Flotasyonunda Palp Kati Oranının Etkisi

| Palp Kati Oranı (% kati) | Konsantre | | Artık | |
|--------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | Kül, % | YMV, % | Kül, % | YMV, % |
| 5 | 24,55 | 94,97 | 96,62 | 5,03 |
| 10 | 20,94 | 85,00 | 91,03 | 15,00 |
| 15 | 17,12 | 82,79 | 90,15 | 17,21 |
| 20 | 15,30 | 92,01 | 95,19 | 7,99 |

(Köpük derinliği, değişken; yıkama suyu, 0,6 L/dk.; tane iriliği, $d_{80}=0,250$ mm; pH 7-7,5; yağ asidi/gazyağı, 1/1; Düşey boru dalma derinliği, 50 cm; koşullandırma süresi, 10 dk.; flotasyon süresi, 8 dk.)



Şekil 3. Jameson flotasyon hücresi (Taşdemir vd, 2006; Hacıfazlıoğlu, 2006).

3.3. Yağ Asidi/Gazyağı Oranının Etkisi

Optimum yağ asidi/gazyağı oranının tespiti amacıyla yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmada, beş farklı yağ asidi/gazyağı oranı

kullanılmıştır (1/3, 3/1, 1/1, 2/3 ve 3/2). Çizelge 4'den de görüldüğü gibi en iyi sonuç 1/1 yağ asidi/gazyağı oranında elde edilmiştir (%14,06 kül ve %93,60 yanabilir madde verimi). Erol vd (2003) tarafından da belirtildiği gibi reaktif miktarı ve oranın değiştirilmesi flotasyon performansını önemli ölçüde değiştirmektedir. Sönmez ve Cebeci (2006) gazyağı, dizel ve fuel-oil kullanarak yaptıkları çalışmada flotasyon efektif indeksinin gazyağı kullanımında daha yüksek olduğu belirtmektedir. Garcia vd (1996) ve Alanso vd (1999^a) bitkisel yağların özellikle ham işlenmemiş olanların içerdikleri bazı polar grupların sahip oldukları düşük yağ/su ara yüzey gerilimi nedeniyle daha fazla mineral maddeyi ortamdaki adsorpladıkları belirtilmektedir. Yapılan çalışmada da görüldüğü gibi yağ asidi/gazyağı oranı optimum değerden (1/1) daha da artırıldığında toplayıcıların seçimliliği azalmıştır.

3.4. Yıkama Suyu Hızının Etkisi

Optimum yıkama suyu hızının tespiti amacıyla yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmada, dört farklı yıkama suyu hızı kullanılmıştır (0; 0,3; 0,6 ve 1,0 L/dk.). Çizelge 5'den de görüldüğü gibi en iyi sonuç 0,6 L/dk. yıkama suyu hızında elde edilmiştir (%13,68 kül ve %90,17 yanabilir madde verimi). Yıkama suyu hızı aynı zamanda köpük yüksekliğini de etkilemektedir. Yıkama suyunun hızı 0,6 L/dk.'dan daha az değerlerde olması halinde köpük derinliğinin istenenden yüksek olmasından dolayı köpük içerisine gang mineralleri de karışmaktadır. Ancak yüksek yıkama suyu hızı da köpük yüksekliğini azaltmakta ve konsantre içine girmiş olan kömür taneciklerinin bir kısmı tekrar palp içine dökülmektedir. Bu çalışmada köpük yüksekliği yaklaşık 5-5,5 cm olarak ölçülmüştür.

3.5. Düşey Boru Dalma Derinliğinin Etkisi

Optimum düşey boru dalma derinliğinin tespiti amacıyla yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmada; 30, 40, 50 ve 60 cm düşey boru dalma derinlikleri kullanılmıştır. Çizelge 6'dan da görüldüğü gibi en iyi sonuç 40 cm dalma derinliğinde elde edilmiştir (%17,86 kül ve %94,83 yanabilir madde verimi).

Düşey boru dalma derinliği arttıkça konsantrenin yanabilir madde veriminde çok fazla değişiklik olmamasına karşın %kül değerlerinde belirgin artış olmuştur. Bunun nedeni düşey boru

derinliğinin fazla olması (bu çalışmada >40 cm), kabarcıklı akış koşullarının bozularak büyük çaplı kabarcıkların meydana getirdiği, istenmeyen türbülanslı akış koşullarının oluşmasıdır (suppressing the jet action). Bu da palp içindeki kabarcık oluşumunu negatif yönde etkilemekte dolayısıyla konsantreye gelen kömür taneciklerinin miktarı azalmaktadır (Hacıfazlıoğlu, ve Toroğlu, 2007; Taşdemir vd, 2006).

3.6. Flotasyon Süresinin Belirlenmesi

Çizelge 7’de görüldüğü gibi, köpük alma süresi arttıkça konsantrenin kül değeri yükselmektedir. Bu çalışmada optimum flotasyon süresi 3 dk. olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Jameson Flotasyonunda Yağ Asidi/ Gazyağı Oranının Etkisi

| Yağ Asidi / Gazyağı Oranı | Konsantre | | Artık | |
|---------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | Kül, % | YMV, % | Kül, % | YMV, % |
| 1/3 | 18,89 | 83,10 | 91,52 | 17,90 |
| 3/1 | 23,61 | 85,83 | 92,89 | 14,17 |
| 1/1 | 14,06 | 93,60 | 96,79 | 6,40 |
| 2/3 | 23,06 | 89,10 | 94,53 | 10,90 |
| 3/2 | 22,77 | 85,66 | 92,81 | 14,34 |

(Köpük derinliği, değişken; yıkama suyu, 0,6 l/dk.; tane iriliği, $d_{80}=0,250$ mm; pH 7-7,5; palp katı oranı, %20 katı; düşey boru dalma derinliği, 50 cm; koşullandırma süresi, 10 dk.; flotasyon süresi, 8 dk.)

Çizelge 5. Jameson Flotasyonunda Yıkama Suyu Hızının Etkisi

| Yıkama Suyu Hızı (L/dk.) | Konsantre | | Artık | |
|--------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | Kül, % | YMV, % | Kül, % | YMV, % |
| 0 | 23,61 | 72,83 | 86,37 | 27,17 |
| 0,3 | 24,29 | 75,71 | 87,81 | 24,29 |
| 0,6 | 13,68 | 90,17 | 95,07 | 9,83 |
| 1 | 11,87 | 78,54 | 89,23 | 21,46 |

(Köpük derinliği, değişken; tane iriliği, $d_{80}=0,250$ mm; pH 7-7,5; palp katı oranı, %20 katı; yağ asidi/gazyağı, 1/1; düşey boru dalma derinliği, 50 cm; koşullandırma süresi, 10 dk.; flotasyon süresi, 8 dk.)

Çizelge 6. Jameson Flotasyonunda Düşey Boru Dalma Derinliği Etkisi

| Düşey Boru Dalma Derinliği (cm) | Konsantre | | Artık | |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | Kül, % | YMV, % | Kül, % | YMV, % |
| 30 | 16,00 | 92,13 | 96,05 | 7,87 |
| 40 | 17,86 | 94,83 | 97,41 | 5,17 |
| 50 | 22,10 | 91,00 | 95,48 | 9,00 |
| 60 | 23,45 | 92,02 | 96,00 | 7,98 |

(Köpük derinliği, değişken; yıkama suyu hızı, 0,6 l/dk.; tane iriliği, $d_{80}=0,250$ mm; pH 7-7,5; palp katı oranı, %20 katı; yağ asidi/gazyağı, 1/1; koşullandırma süresi, 10 dk.; flotasyon süresi, 8 dk.)

Çizelge 7. Jameson Flotasyonunda Köpük Alma Süresinin Belirlenmesi

| Flotasyon Süresi (dk) | Konsantre | | Artık | |
|-----------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | Kül, % | YMV, % | Kül, % | YMV, % |
| 1 | 8,40 | 38,00 | 95,79 | 62,00 |
| 2 | 9,10 | 60,50 | 95,43 | 39,50 |
| 3 | 10,00 | 87,15 | 94,98 | 12,85 |
| 5 | 15,60 | 92,00 | 92,17 | 8,00 |
| 8 | 17,86 | 94,83 | 91,04 | 5,17 |

(Köpük derinliği, değişken; yıkama suyu hızı, 0,6 L/dk.; tane iriliği, $d_{80}=0,250$ mm; pH 7-7,5; palp katı oranı, %20 katı; yağ asidi/gazyağı, 1/1; koşullandırma süresi, 10 dk.; flotasyon süresi, 1-8 dk)

4. SONUÇLAR

Çizelge 8’de Tunçbilek Ömerler kömür yıkama tesisi (lavvar) ara ürününün bitkisel yağ asitlerinin toplayıcı olarak kullanıldığı Jameson flotasyonu optimum çalışma parametreleri verilmektedir. En uygun koşullarda yapılan flotasyon testleri sonucunda %87,15 yanabilir madde verimi ile %10 kül ve %1,1 kükürt içeren temiz kömür elde edilmiştir. Üst ısı değeri ise 6.150 kcal/kg’dır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel

Çizelge 8. Jameson Flotasyonu Optimum Flotasyon Deney Şartları

| Parametre | Değer |
|-----------------------------------|---------------|
| Köpük derinliği (cm) | Değişken |
| Yıkama suyu hızı (L/dk) | 0,600 |
| d_{80} (mm) | 0,250 |
| Palp katı oranı (%) | %20 |
| pH | 7-7,5 |
| Yağ asidi/gazyağı | 1/1 |
| Yağ asidi/gazyağı miktarı | Katının %10'u |
| Düşey boru dalma derinliği (cm) | 40 |
| Toplam koşullandırma süresi (dk.) | 10 |
| Flotasyon süresi (dk.) | 3 |

Araştırma Projeleri Birimi (BAPB) tarafından desteklenen MMF-2004-BAP8 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

Alonso, M.I., Valdes, A. F., Martinez-Tarazona M.R., Garcia, A.B., 1999a; Fuel, **78**, 753-759.

Alonso, M.I., Valdes, A. F., Martinez-Tarazona M.R., Garcia, A.B., 1999b; Proc. 10th Int. Conf. on Coal Science, Science and Technology Press, Taiyuan, China, 1115-1118.

Alonso, M.I., Castano, C, Garcia, A.B., 2000; "Performance of Vegetable Oils as Flotation Collectors for the Recovery of Coal from Coal Fines Wastes", Coal Preparation, **21**, 411-420.

Ata, S., Önder, Ü., 1997; "Yeni Bir Flotasyon Teknolojisi: Jameson Flotasyon Hücresi", Madencilik, **36(4)**, 17-24.

Boylu F., Ateşok, G., 1999. Çevre Dostu Yeni Bir Enerji Hammaddesi: Kömür-Su Karışımları, Türkiye'de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Sempozyumu, Ankara, 154-162.

Demir, U., Yamik, A., Kelebek, S., Oteyaka, B., Ucar, A., Sahbaz, O., 2007; "Characterization and column flotation of bottom ashes from Tuncbilek power plant", Fuel (in press).

DPT, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu Enerji Maddeler Alt komisyonu Kömür Çalışma Grubu. Ankara, DPT: 2605 - ÖİK: 616.

Erol, M., Çolduroglu, Ç., Aktas, Z., 2003; "The effect of reagents and reagent mixtures on froth flotation of coal fines", Int. J. Miner. Process., **71**, 131-145

Garcia, A. B., Martinez-Tarazona, M. R., Vega, J.M.G., 1996; Fuel, **75**, 885-890.

Hacifazlıoğlu, H., 2006; "Bitümlü Kömür Şlamının Mekanik, Kolon Ve Jameson Hücrelerinde Flotasyonu", Madencilik, **45(4)**, 3-9.

Hacifazlıoğlu, H. ve Sütçü, H., 2007; "Optimization of some parameters in column flotation and a comparison of conventional cell and column cell in terms of flotation performance", Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers, **45**, 3-12.

Hacifazlıoğlu, H. ve Toroğlu, İ., 2007; "Optimization of Design and Operating Parameters in a Pilot Scale Jameson Cell for Slime Coal Cleaning", Fuel Processing Technology, **88**, 731-736,

Harbort, G., De Bono, S., Carr, D., Lawson, V., 2003; "Jameson Cell Fundamentals—A Revised Perspective", Minerals Engineering, **16(11)**, 1091-1101.

Jameson, G. J., 1988; "A New Concept in Flotation Machine Design", Min. Metalic Process., Feb., 44-47.

Kural, O., 1991; Kömür, Kurtiş Matbaası, İstanbul, 17-49.

Mohanty, M.K. ve Honaker, R.Q., 1999; "A Comparative Evaluation of the Leading Advanced Flotation Technologies", Minerals Engineering, **12(1)**, 1-13.

Mohanty, M.K., 2001; "In-Plant Optimization Of A Full-Scale Jameson Flotation Cell", Minerals Engineering, **14(11)**, 1531-1536.

Sönmez, İ. ve Cebeci, Y., 2006; "Performance of classic oils and lubricating oils in froth flotation of Ukraine coal", Fuel, **85**, 1866-1870.

Taşdemir, T., Bahri, Ö., Taşdemir, A., 2006;

“Jameson Flotasyon Hücresinde Önemli Çalışma Parametrelerinin Hava Tutunumu ve Giren Hava Miktarına Etkileri”, Madencilik, **45(4)**, 11-18.

Tsai, 1982. S.C., Fundamentals of Coal Beneficiation and Utilization, Elsevier, New York.

Valdes, A.F., Alonso, M.I., Martinez-Tarazona, M.R., Garcia, A.B., 1999; Proc. 10th Int. Conf. on Coal Science, Science and Technology Press, Taiyuan, China, 1199-1202.

Xtrata Tech., 2005; www.xstratatech.com