

BITÜMLÜ KÖMÜR ŞLAMININ MEKANİK, KOLON VE JAMESON HÜCRESİNDE FLOTASYONU

The Flotation of Bituminous Coal Slime in Mechanical, Column and Jameson Cell

Hasan HACİFAZLIOĞLU^(*)

ÖZET

Bu çalışma, Zonguldak kömür havzasından elde edilen yüksek kül içerikli (%49.55) bitümlü kömür şlamının değişik tipteki flotasyon hücreleri ile temizlenmesini kapsamaktadır. Mekanik, kolon ve Jameson hücresi ile ayrı ayrı deneyler yapılarak flotasyon performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Buna göre; kolon flotasyonundaki yüksek köpük derinliği ve yıkama suyu ilavesi mekanik ve Jameson hücresine göre daha temiz kömürlerin elde edilmesini sağlamıştır. Ancak, yanabilir verim içeriği diğer hücre verilerine göre daha düşük bulunmuştur. Jameson ve mekanik hücre flotasyonunda süpürme kademesinin uygulanması ile benzer yanabilir verimler elde edilmiş ancak kül giderme başarısının Jameson hücresinde daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Mekanik Hücre, Kolon Hücresi, Jameson Hücresi, Flotasyon, Kömür Şlamı

ABSTRACT

This study involved cleaning of bituminous coal slime obtained from the Zonguldak coal basin having high ash content (%49.55) by using different type flotation machines. The experimental studies were conducted using mechanical, column and Jameson cell and then a comparative evaluation was performed. In column flotation, high froth thickness and wash water addition made it possible to obtain cleaner coals when compared to those of mechanical and Jameson cell. However, the value of combustible recovery obtained from column flotation was found lower than those of other cells. Although the identical combustible recoveries were obtained from mechanical and Jameson flotation cell by applying scavenger stage, the ash rejection efficiency of Jameson cell was determined to be higher.

Keywords: Mechanical Cell, Column Cell, Jameson Cell, Flotation, Coal Slime

^(*) Yük. Müh, Karaelmas Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Zonguldak, hhacifazlioglu@yahoo.com

1. GİRİŞ

Köpük flotasyonu, 1920'li yıllardan beri bitümlü kömür tozlarının 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 bazı olumsuz koşullar (yoğun türbülans, yıkama suyunun olmayışı, sık köpük derinlikleri) özellikle çok ince boyutlu kömür tanelerinin flotasyonunda yeterli verim ve yüksek kül giderme oranlarını sağlayamamaktadır. Bu yüzden, 1960'lı yıllarda daha temiz kömürlerin elde edilebilmesi için türbülansın oluşmadığı, daha yüksek köpük kalınlıklarının elde edilebildiği ve köpüğün su ile yıkanabildiği flotasyon kolonları geliştirilmiştir. Flotasyon kolonlarını mekanik hücrelerden ayıran en önemli özellik hücre şeklinin yanı sıra mekanik karıştırma (pervane) sisteminin olmamasıdır. Bu sistemde flotasyon için gerekli olan hava kabarcığı özel bir kabarcık üretici sistemi (sparger) ile kompresörden sağlanmaktadır. Flotasyon kolonlarının en büyük sakıncası havalandırma maliyetinin olması ve sparger sistemlerinin sık sık tıkanmasıdır. Kolon hücrelerinden; Leeds kolonu, Dolgulu (packed) kolon, Flotaire kolonu, Hydrochem kolonu, Microcel™ kolonu, Siklonik flotasyon kolonu ve Siklo-mikrokabarcık kolonu gibi alternatif tasarımları bulunmaktadır (Dell ve Jenkins, 1976; Yang, 1988; Zipperian vd., 1988; Schneider vd., 1988; Lutrell vd., 1995; Lai ve Patton, 2000; Li vd., 2003).

Jameson hücresi, 1989 yılında Profesör G. Jameson tarafından kolon flotasyonuna alternatif olarak geliştirilmiş olan yeni teknoloji bir flotasyon hücresidir. Bu sistemde herhangi bir havalandırma tertibatına (kompresör, sparger vs.) ihtiyaç duyulmaksızın hava kendiliğinden venturi etkisi ile hücre içerisine atmosferden emilmektedir. Kolon flotasyonuna göre daha hızlı flotasyon yeteneğine sahip ve sistemde oluşan kabarcık çapı oldukça küçüktür (ortalama 0.3 mm). Kapasiteleri saatte 3000 m³'e kadar çıkabilmektedir. Dünya üzerinde çoğu Avustralya'da olmak üzere 250 patentli Jameson hücresi kurulmuş olup toplam sayısının 2000'in üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Özellikle şlam kömür flotasyonu için Avustralya'da hemen hemen her kömür hazırlama tesisinde başarı ile uygulanmaktadır. (Jameson, 1988; Mohanty, 2001; Xstrata Tech., 2005).

Yukarıda sözü edilen hücrelerin dışında son 30 yıl içerisinde geliştirilmiş olan çok sayıda flotasyon hücresi bulunmaktadır. Bunlardan öne çıkanlar, Ekof, Bahr ve G-Cell gibi pnömatik flotasyon hücreleridir (Imhof, vd., 1994; Bahr, vd., 1991). Ancak, kullanımı henüz yaygınlaşmamış olan yeni nesil flotasyon hücreleride bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; ASH (Hava Püskürtmeli Hidrosiklon), Centrifloat, Contact Cell, LM Cell, CFC (Santrifüj Flotasyonu Hücresi), HS_BFC (Yüksek Kabarcık Yüzey Alanlı Flotasyon Hücresi), Hidrojet Hücresi ve MRC (Motorsuz Rotorsuz Hücre)'dir (Finch, 1995; Xinghua, 1998; Yen vd., 1998; Vera vd., 1999; Carbini, vd., 1998; Khan, vd., 2004).

Mekanik, konvansiyonel kolon ve Jameson hücresi ile yapılan kömür flotasyonu çalışmalarının çoğunda Jameson hücresinin daha iyi sonuç verdiği belirtilmektedir. Ancak, Jameson hücresinin gelişmiş kolon flotasyonu (Dolgulu ve Microcel gibi) hücreleri ile karşılaştırılması durumunda daha düşük performans gösterdiği belirtilmektedir (Harris vd., 1994; Mohanty ve Honaker, 1999a-b, Mohanty, 2001). Güney ve ark. (2002) %44.92 kül içerikli Zonguldak toz kömürleri ile yaptıkları çalışmalar sonucunda Mekanik, kolon ve Jet (Jameson) hücresinden sırasıyla %20.51, %15.14 ve %14.95 küllü temiz kömürleri %64.90, %32.80 ve %55.30 yanabilir verimle kazanmışlardır.

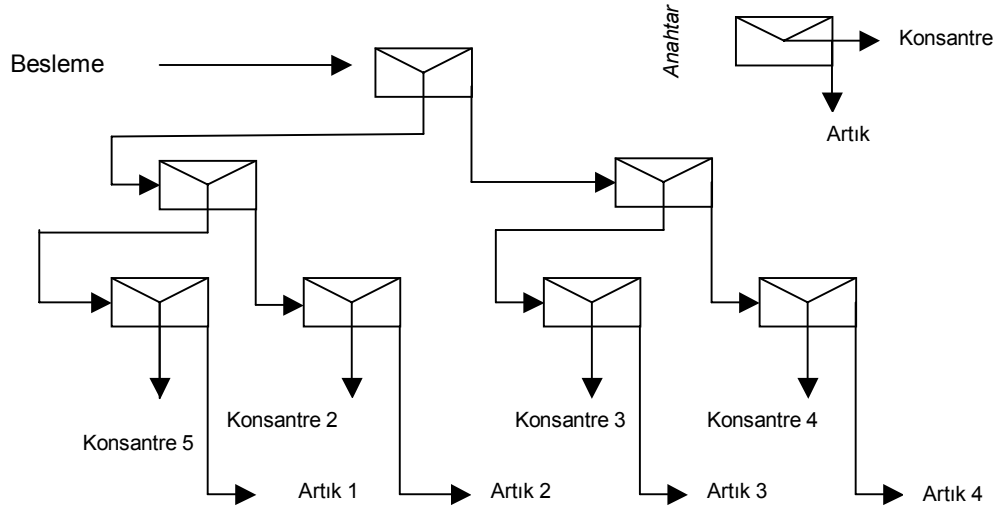
Bu çalışmada, yüksek kül içerikli Zonguldak bitümlü kömür şlamı mekanik, kolon ve Jameson hücresinde flotasyon işlemine tabi tutulmuş ve bu hücrelerin kömür şlam flotasyonu için metalurjik performansları karşılaştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme

Deneysel çalışmalarda, TTK 14 No'lu sahada yer alan DEKA madencilğe ait kömür yıkama tesisinde siklon üst akımı olan çok ince boyutlu kömür şlamı kullanılmıştır. Şlamın yaş elek analizi sonucunda tanelerin yaklaşık %70'inin 38 µm'nin altında olduğu saptanmıştır. Numunenin kuru bazda; kül, uçucu madde, sabit karbon, ve kükürt içerikleri sırasıyla %49.55, %23.23, %27.22 ve %0.55 'dir. Üst ısı değeri ise 4290 kcal/kg bulunmuştur.

Deneylere başlanmadan önce kömür şlamının yıkanabilme özelliklerinin belirlenmesi ve ideal



Şekil 1. Aşamalı (tree) flotasyon testi uygulama prosedürü akım şeması (Randolp, 1997)

Çizelge 1. Aşamalı flotasyon testinden elde edilen kümülatif ağırlık, kül ve yanabilir verim değerleri

Ürün No	Kümülatif Ağırlık (%)	Kümülatif Kül (%)	Yanabilir Verim (%)
K5	21.57	6.16	40.12
A1	25.49	6.98	47.00
K2	32.42	7.90	59.18
A2	34.74	8.53	62.98
K3	38.63	9.63	69.20
K4	42.41	12.13	73.87
A3	48.06	15.88	80.13
A4	59.91	26.40	87.40
T	100.00	49.55	100.00

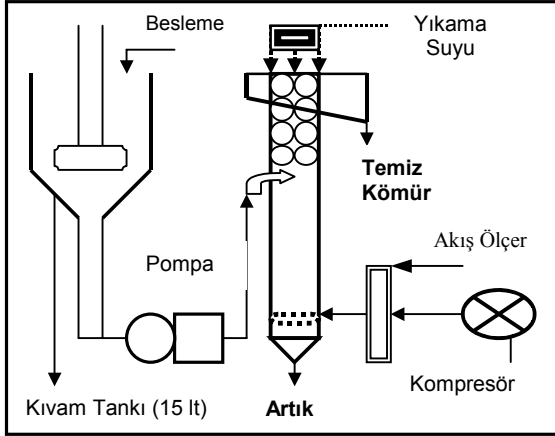
ayırma eğrisinin çizilebilmesi amacıyla Nicol (1983) tarafından geliştirilmiş olan aşamalı (tree) flotasyon testi uygulanmıştır. Deneyler 1.5 litrelik Humboldt-Wedag tipi laboratuvar ölçekli bir mekanik flotasyon hücresinde yapılmıştır. Testin başlangıcında pülp te katı oranı %10, karıştırma hızı 1400 dev./dak.'dır. Reaktif olarak 800 g/t gazyağı ve 100 g/t Dowfroth250 kullanılmıştır. Testin ilerleyen aşamalarında toplam 300 g/t gazyağı ve 120 g/t Dowfroth250 ilavesi yapılmıştır. Aşamalı test akım şeması Şekil 1'de, sonuçları ise Çizelge 1'de gösterilmiştir

2.2. Yöntem

Mekanik hücre deneyleri 4 lt'lik Denver tip mekanik flotasyon hücresinde yapılmıştır. Deneyler öncesinde yapılan bir dizi çalışma ile

optimum çalışma koşulları belirlenmiştir. Buna göre en iyi sonuç %10 katı oranında ve 900 dev./dak. karıştırma hızında elde edilmiştir. Kullanılan toplayıcı (gazyağı) miktarı 1100 g/t, köpürtücü (Dowfroth250) miktarı ise 170 g/t'dur.

Kolon flotasyonu deneyleri deneysel ölçekte yapılmıştır. Kolon dairesel kesitli olup, 7 cm çapında ve 150 cm yüksekliğindedir. Yıkama suyu sistemi jet tipi olup, kolonun 2 cm yukarisından spray şeklinde verilmektedir. Hava ise bir kompresör tarafından kolon içine dipten 10 cm yukarıda monte edilmiş 5 cm çapındaki bir disk filtreden geçirilmek suretiyle düzenli olarak verilmektedir. Hava hızının kontrolü bir akış ölçer, besleme ve artık çıkışları ise peristaltik pompalarla sağlanmıştır. Her bir deneyde besleme tankına gazyağı ve köpürtücü ilavesi yapıldıktan sonra pülp 6 dakika süresince



Şekil 2. Kolon flotasyonu deney düzeneği

kıvamlandırılmış ve daha sonra kolona sabit bir hızla beslenmiştir. Kolon flotasyonu deney düzeneği Şekil 2'de gösterilmiştir.

Jameson hücresi deneyleri pilot ölçekte yürütülmüştür. Hücre hacmi 0.3 m³ olup, hücreye besleme 3 HP gücündeki bir pompa ile sağlanmıştır. Manometreden okunan pülp basıncı değeri 1.3 atm'dir. Hava ihtiyacı (atmosferden) downcomer üzerinde bulunan 3 cm çapındaki dairesel bir delikten sağlanmıştır. Bu delikten emilen hava miktarı yapılan ön çalışmalarla belirlenmiş olup, kömür flotasyonu işlemi için optimum düzeydedir. Sistemde artık çıkış kontrolü mekanik vanalar yardımıyla manuel olarak yapılmıştır. Yıkama suyu sistemi ise düş tipi olup, köpüğün 5 cm yukarisından düzenli olarak verilmiştir. Jameson hücresinin flotasyon anı görüntüsü Şekil 3'de gösterilmektedir. Kolon ve Jameson flotasyon hücresine ait, ön çalışmalarla belirlenmiş olan optimum çalışma koşulları Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Mekanik kolon ve Jameson hücresinde yapılan her bir deney 3 kez tekrarlanmış olup sonuçlar 3 deneyin ortalaması şeklinde yazılmıştır.

Çizelge 2. Optimum çalışma parametreleri

Çalışma Parametreleri	Kolon Flotasyonu	Jameson Hücresi
Hava Hızı (cm/s)	2.10	optimum
Besleme Hızı (cm/s)	0.80	0.88
Yıkama Suyu (cm/s)	0.26	0.30
Köpük Yüksekliği (cm)	30	15
Katı Oranı (%)	8.50	5.50
Dowfroth250, (g/t)	160	220
Gazyağı, (g/t)	1500	1500



Şekil 3. Jameson flotasyon hücresinin çalışma anı görüntüsü

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mekanik, kolon ve Jameson flotasyon hücresinden elde edilen temiz kömüre ait sonuçlar Çizelge 3'de artıklara ait sonuçlar ise Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 3 verilerine göre tek kademeli flotasyon işlemi ile mekanik, kolon ve Jameson hücresinde sırasıyla %16.48, %11.72 ve %13.45 küllü temiz kömürler %57.25, %52.12 ve %53.35 yanabilir verimle kazanılmıştır. Kaba süpürme kademesinin uygulanması durumunda ise sırasıyla %23.67, %16.70 ve %17.52 küllü temiz kömürler %80.32, %74.10 ve %80.18 yanabilir verimle kazanılmıştır. En düşük kül içeriğine sahip temiz kömürler yüksek köpük derinliğinden dolayı kolon flotasyonu ile elde edilmiştir. Ancak, yanabilir verim değeri tanelerin köpükten pülp içerisine geri düşme olasılığının artması nedeniyle diğer hücre flotasyonlarına göre daha düşük kalmıştır.

Süpürme kademesinin uygulanması durumunda, Jameson ve mekanik hücre flotasyonundan elde edilen yanabilir verim değerleri yaklaşık olarak birbiri ile aynıdır (sırasıyla %80.18 ve %80.32). Ancak, temiz kömür kül içeriklerine bakılacak olursa Jameson hücresinin daha temiz ürünler verdiği görülmektedir. Zira, Jameson ve mekanik hücre ile sırasıyla %17.52 ve %23.67 küllü temiz kömürler elde edilmiştir. Bu durumun nedeni olarak Jameson hücresindeki yıkama suyunun varlığı gösterilebilir.

Çizelge 4'e göre her flotasyon hücresi için ilk kademe sonunda artıktaki yanabilir verim içeriklerinin oldukça yüksek (~%45) olduğu

Çizelge 3. Temiz kömüre ait ağırlık, kül ve yanabilir verim değerleri

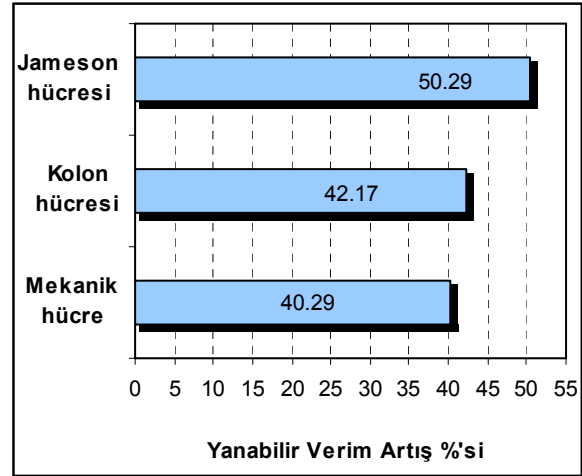
...	Temiz	Yanbr.
Flotasyon	Hücre	Ağırlık	Kömür	Verim
Kademeli	Tipi	(%)	Kül(%)	(%)
Tek	Mekanik	34.58	16.48	57.25
Kademeli	Kolon	29.79	11.72	52.12
Flotasyon	Jameson	31.10	13.45	53.35
...	Mekanik	53.09	23.67	80.32
Süpürme	Kolon	44.88	16.70	74.10
Kademeli	Jameson	49.04	17.52	80.18

Çizelge 4. Artığa ait ağırlık, kül ve yanabilir verim değerleri

...	Artık	Yanbr.
Flotasyon	Hücre	Ağırlık	Külü	Verim
Kademeli	Tipi	(%)	(%)	(%)
Tek	Mekanik	65.42	67.03	42.75
Kademeli	Kolon	70.21	65.60	47.88
Flotasyon	Jameson	68.90	65.84	46.65
...	Mekanik	46.91	78.84	19.68
Süpürme	Kolon	55.12	76.30	25.90
Kademeli	Jameson	50.96	80.37	19.82

görülmektedir. Bu durum, her hücrenin şlam kömürün flotasyonunda tek kademede yetersiz (verimsiz) olduğunu göstermektedir. Özellikle, Jameson hücresinde süpürme kademesinin uygulanması diğer flotasyon hücrelerine göre "verim artışında" daha büyük etkiye sahiptir. Şekil 4'de her bir flotasyon hücresinde süpürme kademesinin uygulanması ile elde edilen verim artışları grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi Jameson hücresinde ilk kademeye göre yaklaşık %50'lik bir yanabilir verim artışı sağlanmıştır. Kolon ve mekanik hücre flotasyonunda ise yaklaşık %40'lık bir artış sağlanmıştır. Şekil 5'de ise ilk kademeye göre her bir hücrenin ürünlerinin kül artış %'leri gösterilmiştir. Yine, Jameson hücresinde süpürme kademesinin uygulanmasıyla temiz kömür kül artış %'sinin (~%30) diğer hücrelerin ürünlerine göre (~%40) daha makul düzeyde kaldığı görülmektedir.

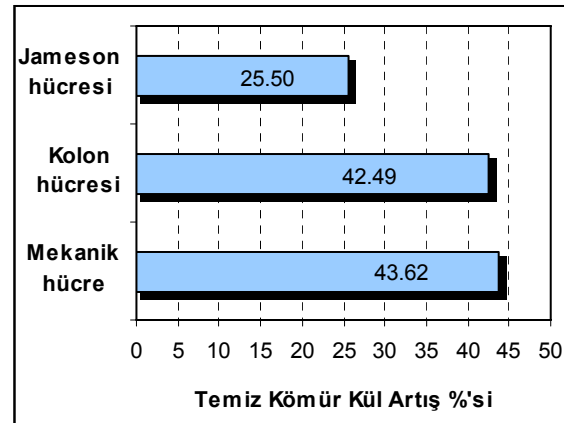
Mekanik, kolon ve Jameson flotasyon hücresinin kül giderme başarılarına karşılık yanabilir verim içerikleri Şekil 6'da Aşamalı testle karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir. Şekil 6'ya göre hangi hücrenin en iyi flotasyon performansını sağladığı kesin olarak söylenemez. Örneğin; kolon flotasyonunda en yüksek kül giderme %'si sağlanmış iken, yanabilir verim içeriği diğer



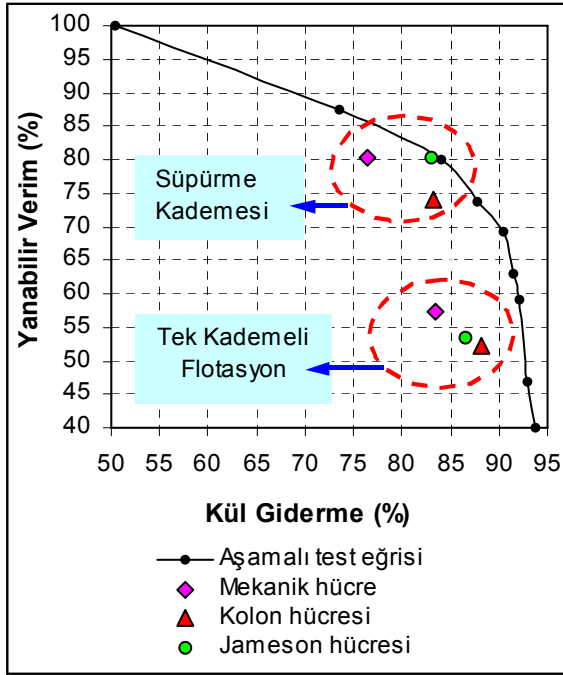
Şekil 4. Her bir flotasyon hücresinde süpürme kademesinin uygulanması durumunda meydana gelen yanabilir verim artış %'leri (ilk kademede ki verim değerleri baz alınarak)

hücre flotasyonlarına göre daha düşük değerde kalmıştır. Benzer şekilde, mekanik hücrenin kül giderme başarısı diğer hücrelere göre daha başarısız olmasına rağmen en yüksek yanabilir verimli temiz kömürler elde edilmiştir.

Süpürme kademesinin uygulanması durumunda, Aşamalı test eğrisine (ya da ideal ayırma eğrisine) en yakın sonuçlar Jameson hücresi ile elde edilmiştir. Jameson hücresi yüksek yanabilir verim ile daha selektif temiz kömürler üretmiştir. Buna göre şlam zenginleştirmede Jameson hücresinin flotasyon performansının diğer hücrelere göre daha yüksek olduğu söylenebilir.



Şekil 5. Her bir flotasyon hücresinde süpürme kademesinin uygulanması durumunda meydana gelen temiz kömür kül artış %'leri (ilk kademede ki kül içerikleri baz alınarak)



Şekil 6. Aşamalı test eğrisi ile mekanik, kolon ve Jameson hücresi flotasyon sonuçlarının grafiksel karşılaştırması

4. SONUÇLAR

Yüksek küllü (%49.55) ve çok ince boyutlu ($d_{80} \sim 56 \mu m$) Zonguldak bitümlü kömür şlamının değişik tipteki hücrelerde (mekanik, kolon ve Jameson) flotasyon ile temizlenmesi durumunda:

1. Tek kademeli flotasyon ile her bir hücrede yeterli verim sağlanamamıştır. Özellikle, Jameson hücresinde süpürme kademesinin uygulanması "verim artışında" diğer hücre flotasyonlarına göre daha büyük etkiye sahiptir. Jameson hücresi, tek kademeli zenginleştirme işlemleri için elverişli değildir.

2. Kolon flotasyonu ile daha düşük küllü temiz kömürler elde edilmiştir. Bunun başlıca nedeni kolondaki yüksek köpük derinliği ve yıkama suyunun bulunmasıdır. Bu sayede köpük taşıyan ince kilerin geri yıkama olasılığı artmaktadır. Ancak, yanabilir verim değeri diğer flotasyon hücrelerine göre daha düşük bulunmuştur.

3. Jameson ve mekanik hücre flotasyonunda süpürme kademesinin uygulanmasıyla yüksek yanabilir verimler elde edilmiştir (sırasıyla %80.18 ve %80.32). Ancak, Jameson hücresindeki yıkama suyunun etkisi ile daha düşük küllü ürünler elde edilmiştir.

4. Mekanik hücre flotasyonu ile tek kademede ağırlıkça %34.58 verimle, %16.48 küllü temiz kömürler %57.25 yanabilir verimle, süpürme kademesinin uygulanması durumunda ise ağırlıkça %53.09 verimle, %23.67 küllü temiz kömürler %80.32 yanabilir verimle kazanılmıştır.

5. Kolon flotasyonu ile tek kademede ağırlıkça %29.79 verimle, %11.72 küllü temiz kömürler %52.12 yanabilir verimle, süpürme kademesinin uygulanması durumunda ise ağırlıkça %44.88 verimle, %16.70 küllü temiz kömürler %74.10 yanabilir verimle kazanılmıştır.

6. Jameson flotasyon hücresi ile tek kademede ağırlıkça %31.10 verimle, %13.45 küllü temiz kömürler %53.35 yanabilir verimle, süpürme kademesinin uygulanması durumunda ise ağırlıkça %49.04 verimle, %17.52 küllü temiz kömürler %80.18 yanabilir verimle kazanılmıştır.

7. Sonuç olarak, yanabilir verim ve kül giderme başarıları göz önüne alınarak en uygun şlam zenginleştirme hücresinin Jameson hücresi olduğu söylenebilir. Jameson hücresi ile kömür şlamının üst ısıl değeri %80.18'lik bir yanabilir verim değeriyle 4290 kcal/kg'dan 6480 kcal/kg'a yükseltilmiştir.

KAYNAKLAR

Bahr, A., Imhoff, R., Changgen, L., Muller, W., 1991; "Development and progress in the application of the pneumatic flotation cell, Proceedings of an International Conference on Column Flotation, Sudbury, Canada, **2**, 703.

Carbini, P., Ciccu, R., Ghiani, M., Satta, F. ve Tilocca, C., 1998; "A new concept in flotation technology", Proceedings of 7th Balkan Conference on Mineral Processing", ilie P., Oros V. (ed), Romania, **1**, 31-35.

Dell, C.C. ve Jenkins, B.W., 1976; "The Leeds flotation column", Proceedings of 7th Int. Coal Preparation Congress, Sydney, Australia, 122-130.

Finch J.A., 1995; "Column flotation: A selective review: Novel flotation devices, Minerals Engineering, **8**, (6), 587-602.

Güney, A., Önal, G. ve Ergut, Ö., 2002; "Benefication of fine coal by using the free jet flotation system, Fuel Processing Technology, **15**, 141-150.

Harris, M.C., Franzidis, J.P., Breed, A.W. ve Deglon, D.A., 1994; "An on site evaluation of different flotation technologies for fine coal beneficiation", Minerals Engineering, **7**, (5/6), 699-714.

Imhof, R.M., Hofmeister, S. ve Brown J.V., 1994; "Developments in ekof pneumatic flotation technology", 6th Australian Coal Preparation Conference" 150-162.

Jameson G.J., 1988; A new concept in flotation column design, Sastry K.V.S., ed., Column Flotation'88, AIME, 281-286.

Khan, L.A., Roy, W. ve Hirschi, J., 2005; "Pathway to commercialisation of the motorless rotorless cell", Interim Final Technical Report.

Lai, R. ve Patton R.A., 2000; US Patent 6056125.

Li, B., Tao, D., Ou, Z. ve Liu, J., 2003; "Cyclo-microbubble column flotation of fine coal", Separation Science of Technology, **38**, 1125-1140.

Lutrell, G.H., Keyser, P.M., Adel, G.T. ve Yoon, R.H., 1995; "Improvements in recovery and selectivity with the microbubble flotation process", Proceeding of Second Annual Pittsburgh Coal Conference, Pittsburg, PA, 43-54.

Mohanty, M.K. ve Honaker, R.Q., 1999a; "A comparative evaluation of the leading advanced flotation technologies", Minerals Engineering, **12**, 1-13.

Mohanty, M.K. ve Honaker, R.K., 1999b; "Performance optimisation of Jameson flotation technology for fine coal cleaning, Minerals Engineering, **12**, 367-381.

Mohanty, M.K., 2001; "In-plant optimisation of a full-scale Jameson flotation cell", Minerals Engineering, **14**, (11), 1531-1536.

Nicol, S.K., Bensley, K.C. ve Firth, B.A., 1983; "The estimation of coal flotation response", Proceedings Congress for Improving Froth Flotation of Coal, Australian Coal Industry Research Laboratories, 116-134.

Randolph, J.M., 1997; "Characterizing flotation response: a theoretical and experimental comparison of techniques", Master of Science, Mining and Minerals Engineering, State University, Virginia.

Schneider, J.C. ve Van, G., 1988; "Design and operation of the hydrochem flotation column". Sastry K.V.S., (ed), Column Flotation'88, AIME, 287-292.

Vera, M.V., Franzidis, J.P. ve Manlapig, E.V., 1999; "The JKMRC high bubble surface area flux flotation cell", Minerals Engineering, **12**, (5), 477-484.

Xinghua, C., 1998; "Study and test on a new flotation device: LM flotation cell, Minerals Engineering, **11**, (5), 457-462.

Xstrata Technology, 2005; http://www.xstratatech.com/doc/jc_brochure_2004/001.pdf

Yang, D.C., 1988; "A new packet column flotation system", Sastry, K., (ed), Column Flotation'88, AIME, 257-266.

Yen, W.T., Pindred, A., Guo J.X., Ding J. ve Moore., 1998; "Froth flotation with modified centrifugal flotation cell", Proceedings of 30th CMP Conference, Ottawa, 697-715.

Zipperian, D.E. ve Svensson, U., 1988; "Plant practise of flotaire flotation machine for metallic, non metallic and coal flotation". Sastry K, (ed), Column Flotation'88, AIME, 43-54.