

Türkiye 14 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004, Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14th Turkey Coal Congress, June 02-04, 2004, Zonguldak Turkey

KÜTAHYA-DEĞİRMİSAZ -0.5 mm LİNYİT KÖMÜRÜNÜN MODİFİYE FLOTASYON HÜCRESİNDE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

**PROCESSING of KUTAHYA-DEGIRMISAZ -0.5 mm LIGNITE COAL
by MODIFIED FLOTATION CELL**

Ismail BENTLİ, *Dumlupınar Üniversitesi, Muh Fak, Merkez Kampus, Kütahya*
Muammer KAYA, *Osmangazi Üniversitesi, Muh -Mim Fak, Meşelik, Eskişehir*

ÖZET

Değirmisaz Kömür İşletmeleri A.Ş. hava kirliliği standartları nedeniyle ince boyutlu kömürü (-0.5 mm) stoklamak zorunda kalmıştır. Bu çalışma, Değirmisaz Kömür işletmeleri 0.5 mm altı linyitlerinin flotasyonla safsızlıklarını azaltarak sanayi yakıtı olarak değerlendirilmesini kapsamaktadır. Modifiye hücrede gerçekleştirilen flotasyon sonucunda %48.48 kül, %2.05 yanabilir kükürt ve 3531 kcal/kg alt ısı değere sahip olan Değirmisaz Kömür işletmeleri 0.5 mm altı linyit kömüründen %27.26 kül, %2.19 yanabilir kükürt, 5118 kcal/kg alt ısı değere sahip lave kömür %81.09 yanabilir verimle kazanılmıştır. Flotasyonla elde edilen lave kömürün beslemeye göre her 1000 kcal başına kükürt miktarı %0.58 S'den %0.43 S'e düşürülmüştür.

ABSTRACT

Değirmisaz Coal Works can not sell its -0.5 mm fine coal due to high sulphur content which creates air pollution. The objective of this study was to evaluate the flotation performance of -0.5 mm Değirmisaz Coals for industrial use. Laboratory flotation tests were performed batch wise in a modified Denver flotation cell. The coal samples contains 48.48% ash, 2.05% combustible sulphur and 3513 kcal/kg calorific value. Under optimum flotation conditions, the ash content decreased to 27.26% and calorific value increased up to 5118 kcal/kg at a slightly higher sulphur content (2.19%). The coal recovery was 81.09%. But the combustible sulphur content per 1000 kcal decreased from 0.58% to 0.43% with flotation.

1. GİRİŞ

Türkiye Kömür İşletmeleri'nin (TKİ) yeni hesaplarına göre ülkemiz 9.3 milyar ton linyit rezervine sahiptir. Bu rezervin büyük bir kısmı ise yüksek kül, kükürt ve nem içeriklidir (Kemal, 1984). Hava kirliliği standartları kömür içindeki safsızlıkların azaltılmasını zorunlu hale getirmiştir. Çeşitli kullanım alanlarında kısmi farklılıklar göstermekle birlikte, kömürde safsızlık olarak bulunan kül, kükürt, nem, uçucu madde, fosfor ve alkali içeriğinin az olması istenmektedir (Güney vd., 1997). Kömürün özellikle sert linyitlerin genel olarak ev, sanayi ve termik santral yakıtı olarak kullanılmadan önce, mevcut safsızlıkların giderilmesi ve belirli tane iriliğinde piyasaya arz edilmeleri zorunluluk halini almıştır. Belirtilen bu özellikler kömür hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri kullanarak sağlanabilmektedir. Kömür hazırlama günümüzde, kömürün yerden çıkarılmasıyla kullanılması arasında vazgeçilmez bir işlem olarak görülmekte ve uygulanmaktadır (Önal, 1991; Kemal, 1999).

Ekonomik kalkınmada enerjinin rolü düşünüldüğünde, enerji kaynaklarından petrolün dışa bağımlılığı ve doğal gaz gibi diğer kaynakların yetersiz rezervleri nedeniyle, Türkiye için kömür çok önemlidir. Linyitlerimizin kullanımı ise beraberinde hava kirliliğine karşı önlemler almayı gerektirmektedir (Yamık ve Bentli, 1999).

Tuvenan kömürün büyük kısmının gravite konsantrasyonu ile değerlendirildiği bilinmektedir. Dünya çapında hazırlama tesisine beslenen kömürün %0-40 arasındaki miktarı flotasyon işlemine tabi tutulurken, ABD'de bu değer yaklaşık %10 kadardır. Kabaca yeni tesislerin çoğu akış şemalarına flotasyonu katarken ABD'de kömür hazırlama tesislerinin %50'inde yine flotasyon uygulanmaktadır (Aplan ve Arnold 1991). Flotasyon sadece modern tesislerde doğal olarak oluşan ve kırıcılarda meydana gelen ince taneli kömürler için uygulanır. Bu ise tipik olarak beslenen malzemenin tamamının önce öğütüldüğü ve sonra yüzdürüldüğü cevher flotasyonuna tezat oluşturmaktadır. ABD'de yıllık yaklaşık olarak hazırlama tesisine beslenen 500 milyon ton tuvenan kömürün sadece 40 milyon tonunun (30 milyon ton temiz ürün) flotasyon devrelerine gönderildiği tahmin edilmektedir (Aplan ve Arnold 1991).

Flotasyon yöntemi günümüzde toz kömürün zenginleştirilmesinde (-0.5 mm) en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Ancak bu boyuttaki kömür pulvarize yakıt veya briket yapılarak da kullanılabilir. Kömür doğal hidrofobik (su iten) özellikte olduğundan pülpe ilave edilecek hidrokarbon yağı ve köpürtücü sayesinde kömür parçacıkları yüzeyindeki atomların yüzeyleri ince bir hidrokarbon tabakası ile kaplanır ve hava kabarcıklarına yapışarak köpükle birlikte konsantre olarak alınır. Flotasyon işlemi kömüre üç amaçla uygulanır (Önal ve Atak, 1991; Kaya, 1998):

- Şlam (-0.5 mm boyutlu) kömürü kazanarak kül ve kükürt oranı düşük bir ürün elde etmek,
- Lavvardan atılan ve siyah su denilen proses suyunu temizleyerek çevre kirliliğini azaltmak,
- Kömür içindeki çeşitli maseralleri ayırarak koklaşabilir bir ürün üretmektir.

Kömür türlerine göre flotasyon özelliği sırasıyla koklaşma özelliği olan orta uçuculu kömürler, düşük uçucu madde içeren taşkömürleri, yüksek uçucu madde içeren taşkömürleri, antrasitler ve linyitler şeklinde sıralanmaktadır (Kemal, 1999). Kömür

oksitlendikçe flotasyon zorlaşmaktadır. Genellikle havada kalmış ve yüzeyi okside olmuş kömürlere ters flotasyon yöntemi önerilmektedir. Kömür flotasyonun da, piriti bastırmak için pH=7-9 arasında potasyum permanganat (KMnO₄), potasyum bikromat (K₂Cr₂O₇), kalsiyum oksit CaO ve fosfat kullanıldığı bildirilmektedir (Jiang vd., 1998). Zenginleştirilecek kömürün tane boyutu, kömürün petrografik yapısı, pülpte katı oranı, ortamın pH'ı, kullanılan reaktiflerin cinsi ve miktarı, flotasyon makinesinin tipi gibi parametreler kömür flotasyonunu etkilemektedir.

Genelde ince kömürlerin yüzebilirliği üzerine yapılan çalışmalarda, optimum flotasyon tane boyutu 10 µm'nin üzeri olarak verilmiştir. 10 µm altında ise şlam nedeniyle flotasyon randımanı önemli ölçüde düşmektedir. Parçacıkların boyutu incelidikçe, elde edilen temiz kömürdeki kül miktarı artmaktadır, ince kömür flotasyonunda, özellikle parçacık-kabarcık çarpışması ve parçacık-kabarcık yapışması, ayrıntılarıyla incelenmelidir (Polat ve Chander 1998). Kömürün tane boyutu küçüldükçe oluşan artan spesifik yüzey enerjileri, parçaların daha fazla reaktif tüketimine ve reaktiflerin seçimli olmayan adsorpsiyonlarına neden olmaktadır. Ayrıca yüksek yüzey enerjileri ve alanları nedeni ile parçaların çözünürlüğü, hidrasyonu ve oksidasyonu artmaktadır. İnce parçacıkların yüksek çözünürlüğü ise çözeltide istenmeyen safsızlıkların oluşmasına ve böylece toplayıcı-parçacık ilişkisinin olumsuz şekilde etkilenmesine neden olmaktadır (Tefek, 1984).

Kömür heterojen bir madde olup yüzeyi de anizotropik bir özellik gösterir. Anizotropik yüzeyler iki kısımdan meydana gelmektedir. Birincisi Van der Waals bağların kırılmasıyla meydana gelen hidrofobik yüzeyler, ikincisi ise iyonik ve kovalent bağların kırılmasıyla meydana gelen hidrofilik (su seven) kısımlardır. Yani kömür yüzeyi hemen hemen hidrofob özelliği gösteren kısımların olduğu kadar kimyasal bağların kırılmasıyla ortaya çıkmış ve hidrofillik özellik gösteren oksit grupları ve inorganik safsızlıklar da içermektedir. Kömürün yüzeyindeki negatiflik hidrofilik özelliği gösteren bu kısımlardan ileri gelmektedir (Özbayoğlu, 1979). Kömür flotasyonunda toplayıcılar emülsiyeye edilmiş halde veya direkt olarak pülpe ilave edilirler. Oluşan yağ damlacıkları, kömür yüzeyini bir film şeklinde kaplayarak, yüzeyi daha hidrofobik yapar ve hava kabarcığı ile tane arasındaki adhezyon (yapışma) kuvvetini arttırlar. Yapılan çalışmalarda, hava kabarcığı-kömür teması sağlandığında yağın üç faz temas hattı boyunca yayıldığı ve adhezyon kuvvetini arttırdığını göstermiştir. Yeni üretilen bir kömürün, oksidasyona uğramış kömürden daha iyi yüzdüğü bilinmektedir. Kömürün yüzeyinde oksitlenme neticesinde OH⁻ ve COOH⁻ gibi grupların oluştuğu saptanmıştır. Normal atmosfer sıcaklığında bile havanın oksijeni kömür yüzeyini oksitleyerek flotasyon yeteneğini azaltmaktadır. Oksitlenme düşük kömürleşme dereceli kömürlerde daha fazladır. Buna bağlı olarak da, düşük kömürleşme dereceli kömürlerin (linyit, turba) flotasyon yeteneği azdır. Kömürü meydana getiren mesarallerden Vitrain çok çabuk oksitlenirken, oksitlenme özelliği fusain, durain, klarain ve vitrain doğrultusunda artmaktadır (Ateşok, 1986).

Değişik kömürlerle yapılan çalışmalarda, flotasyonun yapıldığı nötr pH'ta kömür yüzeylerinin negatif yüklü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kömür yüzeyindeki oksidasyon derecesinin artması, zeta potansiyelinin negatif değerini arttırdığı belirlenmiştir. Linyit kömürleri üzerinde yürütülen çalışmalarda ise şarjın sıfır noktasının (zpc) pH 2-5 civarında olduğu tespit edilmiştir (Özbayoğlu, 1979; Aplan

1991). Farklı hidrokarbon yağlar ve endüstriyel ölçekte kullanılan yağlarla yapılan çalışmalarda yüzey yükünün pH'a bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Mazot, fuel oil ve bunların değişik oranlardaki karışımları ile yapılan çalışmalarda karışımdaki fuel oil miktarı arttıkça şarjın sıfır noktasının daha yüksek pH değerine kaydığı tespit edilmiştir.

Bütün katılarda olduğu gibi kömürün de doğal yüzme özelliği temas açısıyla belirtilir. Genellikle yüksek kömürleşme derecesindeki kömürlerde temas açısı 10°-20° arasında değişirken, düşük kömürleşme derecelerindekilere 0°'ye kadar düşmektedir. Saf su içerisinde çeşitli kömür yüzeylerinde 20°-65° arasında değişen temas açılarının ölçüldüğü belirtilmiştir (Atak, 1982). Kömürün nem miktarı flotasyonu ters yönde etkilemektedir. Linyitten antrasite doğru gidildikçe nem miktarı azalır. Buna bağlı olarak da kömürün yüzebilme yeteneği artar. Kömürün kül miktarının flotasyon üzerine etkisi fazladır. Mineral maddeler (inorganikler) suda kolaylıkla ıslanabilir özellik gösterdiklerinden, kömürün kül miktarı arttıkça doğal yüzebilirlik ve temas açısı azalır (Ateşok, 1986).

Flotasyon pulpünde kömür taneleriyle yağ damlacıklarının birbiriyle etkileşimi çarpışma yoluyla olur. Çarpışma olayının olması ve bunun sonucunda kömür taneleriyle yağ damlacığının adhezyonunun sağlanması, kömür yüzeyi üzerinde hidrofobik bir film oluşması için yeterli koşul değildir. Bunun için yağ damlacığı veya damlacıklarının kömür yüzeyi üzerinde yayılması gerekmektedir. Aksi takdirde yüzebilirlik çok düşük olmaktadır (Moxon, 1987). İyi bir flotasyon işlemi için gerekli koşullar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Çok iyi emülsiyon edilmiş yağ,
- Partikül-yağ damlacığı çarpışmasının artırılması,
- Yağ damlacığı ve kömür taneleri arasında oldukça düşük elektriksel itme enerjisi,
- İyi bir difüzyon işlemi için yağların yüzey ve su ile olan arayüzey geriliminin yeterince düşük olması,
- Yağ viskozitesinin, emülsiyon ve yüzey yayılmasının kolaylıkla olduğu ancak por (gözenek) doldurma eğiliminin arttığı değere kadar düşürülmesi gibi özelliklerdir. Bu özelliklerin değişik yağların belli karışımlarda bulunduğu belirtilmektedir (Cebeci, 1996; Ghiani vd., 1989).

Kömürden piritik kükürt ve külün azaltılması amacıyla pervane hızının, hava miktarının ve köpürtücü miktarının düşük olması gerektiği, flotasyon devrelerinin uzunluk ve hacimce uygun bir şekilde düzenlenmesi ve buna bağlı olarak köpük yüksekliğinin iyi ayarlanması gerektiği bildirilmektedir (Aplan, 1991; Morris, 1988; Roberts, 1982). Bu çalışmada etkili bir kömür flotasyonu için, ince kömür flotasyonuna uygun bir modifiye (değiştirilmiş) hücrede Kütahya-Değirmisaz -0.5 mm linyit kömürünün külünün ve kükürdünün flotasyonla azaltılması amaçlanmıştır.

Ülkemiz çeşitli kömürlerinden piritik kükürt ve külün flotasyonla uzaklaştırılması konusunda bir çok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar piritin bastırılıp, kömürün yüzdürülmesi (düz flotasyon) veya kömürün bastırılıp (ters flotasyon) piritin yüzdürülmesi esasına dayanmaktadır. Bazen her iki yöntemde bir arada kullanılmıştır. Flotasyon yöntemi gravite, biyolojik vd yöntemlerle beraber de kullanılmıştır. Önal ve Acarkan (1988) Gediz kömürlerinin zenginleştirilmesi çalışmasında ağır ortam+ flotasyon ve jig+sallantılı masa+flotasyon yöntemleri kombinasyonu denemiştir.

Sarıkaya ve Özbayoğlu'nun (1984) Erzurum Aşkale linyitlerinde piritik kükürt azaltmak amacıyla iki aşamalı flotasyon gerçekleştirmiştir. Doğan (1984) ve Göktepe (2002) piritik kükürdü bakteri liçi+flotasyon ile azaltmaya çalışmıştır. Özbayoğlu ve Mamurekli (1988) Zonguldak merkez lavvarı -50 +18 mm jig konsantresi kullanarak flotasyonla süper temiz taşkömürü üretmeye çalışmışlardır. DemireFin (1988) Çayırhan linyitleri üzerinde flotasyonla piritik kükürtün azaltılması üzerine ayrıntılı çalışmaları vardır. Kaytaş'ın (1988) Amasra havzasındaki taşkömürlerini flotasyon ile zenginleştirmiştir. Deniz vd (1996) Denizli-Çivril kömürlerinin flotasyon yöntemi ile piritik kükürdün azaltılmasına çalışmıştır. Ünlü ve Doğan'ın (1986) Armutçuk şlam numunesi üzerine flotasyon, Dalahmetoğlu (1994) Zonguldak toz kömürü, Yamık ve Tosun'un (1994) Seyitömer kömürleri ve San (1995) ise Denizli-Çivril kömürleri ile kolon flotasyonu çalışmaları yapmışlardır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Malzeme ve Yöntem

Değirmisaz Kömür İşletmeleri A.Ş. Kütahya'nın 50 km güneybatısında bulunan ülkemizin ilk sert linyit çıkarıldığı işletmesidir. Değirmisaz Kömür İşletmeleri'nde iri boyutlu kömür (+10 mm) ağır ortam tamburu ile +0.5 mm boyutlu linyit spiral klasifikatörlerde zenginleştirilmektedir. Toz -0.5 mm boyutlu linyit ise genellikle çimento, şeker ve tuğla fabrikalarında yakıt olarak kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda çevre bilincinin gelişmesine paralel olarak hava kirliliğinin azaltılması amacıyla sınırlamalar getirilmiş ve bu kömürlerin satışı mümkün olmamıştır.

Değirmisaz Kömür İşletmeleri lavvarında spiral klasifikatörlerde değerlendirilen -0.5 mm boyutlu linyit kömür numunesi stok sahasından alınmıştır. Deneylerde kullanılan Değirmisaz -0.5 mm linyit kömürlerinin kuru kömüre bazına göre kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Değirmisaz -0.5 mm linyit kömürünün kuru bazda kimyasal analiz sonuçları.

	Yanabilir Kükürt (%)	Toplam Kükürt (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Alt Kalori Değ. (kcal/kg)	Ust Kalori Değ. (kcal/kg)
-0.5 mm linyit	2.05	2.26	48.48	23.98	27.54	3531	3679

Kükürt ve kül gibi safsızlıkların azaltılması ve modern kömür yıkama tesislerinde ince kömüre uygulanan flotasyon nedenleriyle Değirmisaz -0.5 mm boyutlu linyit kömürüne modifiye edilmiş hücrede alkali ortamda flotasyon yapılmasına karar verilmiştir (BentH, 2000). Flotasyon deneyleri laboratuvar tip Denver flotasyon makinesinde gerçekleştirilmiştir. Modifiye hücre Denver 5L hücresine benzer olarak karşılıklı kenarlarının kesiti 15 cm'dir ve boyu ise yerden 30 cm uzatılmıştır. Bu şekilde hem derin bir pülp-köpük bölgesi ve hem de sakin bir pülp-köpük arayüzeyi meydana getirilmiştir. Ayrıca etkili bir karıştırma sağlamak amacıyla kanatlı pervane ve kontrollü hava vermek amacıyla da flowmetre kullanılmıştır.

2.2 Flotasyon Deneyleri

Değirmisaz Kömür işletmelerinden alınan -0.5 mm boyutlu linyit üzerinde yapılan ön flotasyon deneylerinde olumlu sonuçlar alınamamıştır. Bunun nedenleri araştırıldığında ise Çizelge 2'de görüldüğü gibi 0.5 mm boyut üzerinde %38.20 miktarda linyit varlığı ve -0.038 mm boyutlu şlam tanelerin olmasıdır, iri boyutlu taneler ve şlam flotasyonun gerçekleşmesini engellemektedir (Morris, 1988). Bu nedenlerden dolayı numunenin tamamı önce şlamsızlaştırılmış ve daha sonra bilyalı değirmende öğütülmüştür.

Çizelge 2. Değirmisaz Kömür işletmeleri -0.5 mm linyit kömürünün kuru bazda kümülatif elek üstü analiz sonuçları.

Tane iriliği (mm)	Miktar (%)	Kül (%)	Kümülatif Elek Üstü (%)		
			Miktar	Kül	Y. Verim
+0.500	38.20	40.73	38.20	40.73	45.92
-0.500 +0.425	4.53	48.90	42.73	41.60	50.62
-0.425 +0.250	21.06	50.91	63.79	44.67	71.58
-0.250+0.212	4.53	50.22	68.32	45.04	76.16
-0.212+0.180	3.29	55.30	71.61	45.51	79.15
-0.180+0.125	8.45	56.47	80.06	46.67	86.61
-0.125+0.075	5.96	61.13	86.02	47.67	91.31
-0.075 +0.053	2.36	63.03	88.39	48.08	93.08
-0.053 +0.038	1.68	63.79	90.06	48.37	94.30
-0.038	9.94	71.76	100.00	50.70	100.00
Besleme	100.00	50.70			

Flotasyon öncesi şlamı alınan Değirmisaz -0.5 mm linyit kömürünün kuru bazda kül değeri %50.7'den %48.48'e düşmüştür. %2.05 yanabilir kükürt ise tüketim alanları için uygun değildir. Modifiye edilen flotasyon hücresinde kül ve kükürt safsızlıklarının azaltılması amacıyla optimum tane iriliği, katı oranı, pH, gazyağı miktarı, Na₂SiC₃ miktarı, MIBC miktarı, hava miktarı ve pervane hızı araştırılmıştır. Araştırılan parametrelerin değişim miktarları Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 3. Flotasyon deneylerinde araştırılan parametrelerin değişim miktarları.

Parametreler	Değişim aralığı
Tane iriliği (% 80'i)	-0.400 mm, -0.360 mm, -0.300 mm, -0.240 mm, -0.200 mm
Katı oranı	%5, %10, %15, %20
pH (CaCOH ₂) ile	6, 7, 8, 9, 10, 11
Gazyağı miktarı	1000, 1500, 2000, 2500 gr/t
Na ₂ SiC ₃ miktarı	250, 500, 750, 1000 gr/t
MIBC miktarı	100, 150, 200, 250 gr/t
Hava miktarı	4, 6, 8, 10 lt/dk
Pervane hızı	800, 900, 1000, 1100 dev/dk

Değirmisaz Kömür işletmeleri -0.5 mm linyit kömürünün modifiye hücrede flotasyon ile zenginleştirilmesi sonucu optimum flotasyon; -0.360 mm tane boyutu, pH=10, %15 katı oranı, 2000 gr/t gazyağı miktarı, 750 gr/t Na₂SiO₃, 200 gr/t MIBC, 4 lt/dk hava akış miktarı ve 1000 dev/dk pervane hızında elde edilmiştir. Flotasyon lave kömürü kuru bazda %27.26 kül, %2.19 yanabilir kükürt ve 5118 alt ısı değerine sahiptir. Her 1000 kcal için 0.581 yanabilir kükürde sahip olan Değirmisaz linyit kömürü, flotasyon sonunda 0.428 yanabilir kükürde indirilmiştir. Kükürt içeriğinin daha fazla azaltılamamasının nedeni organik kükürde bağlanabilir (Doğan vd 1991).

3. SONUÇLAR

Değirmisaz kömür işletmeleri -0.5 mm linyit kömürü üzerinde modifiye hücrede yapılan flotasyon zenginleştirilmesi sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Şlamı uzaklaştırılmış Değirmisaz Kömür işletmeleri -0.5 mm linyit kömürü kuru bazda %48.48 kül, %2.05 yanabilir kükürt ve 3531 kcal/kg alt ısı değerine sahiptir.
- Modifiye hücrede yapılan flotasyon sonucunda -0.360 mm tane boyutu, %15 katı oranı, pH=10 (kireç ile), 2000 gr/t gazyağı miktarı, 750 gr/t Na₂SiO₃, 200 gr/t MIBC, 4 lt/dk hava akış miktarı ve 1000 dev/dk pervane hızında optimum değerler elde edilmiştir.
- Optimum flotasyon sonucunda elde edilen kül, kükürt ve kalori değerleri Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4. Optimum flotasyon sonuçları.

Ürünler	Miktar (%)	Kül (%)	Yanabilir Kükürt		Isıl Değer (kcal/kg)		Yanabilir Verim (%)	%s/1000kcal
			%S	%Verimi	AID	UID		
Lave	57.43	27.26	2.19	61.35	5118	5278	81.09	0.428
Besleme	100.0	48.48	2.05	100.0	3531	3679	100.0	0.581

- Organik kükürt nedeniyle Değirmisaz kömüründen flotasyon yöntemi ile kükürt giderme yeterli olamamıştır. Buna rağmen külün azalmasına bağlı olarak artan kaloriye bağlı olarak 1000 kcal başına düşen %S değeri 0.581'den 0.428'e azalmaktadır.

4. KAYNAKLAR

Aplan, F.F. and Arnold, B.J. (1991) *Flotation, Coal Preparation, Part 2: Wet Fine Particle Concentration*, (Ed) Leonard, Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc., Littleton, Colorado, 450-485.

Atak, S. (1982) *Flotasyon ilkeleri ve Uygulaması*, İTÜ Maden Fak., İstanbul, 222 s.

Ateşok, G. (1986) *Kömür Hazırlama*, İTÜ Maden Fakültesi, Kurtiş Matbaası, İstanbul, 190 s.

Bentli, I. (2000) *Flotasyon Makine Tasarımı*, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 214 s.

- Gebeci, Y.** (1996) Endüstriyel ölçekte kullanılan yağlarla linyit kömürlerinin flotasyonu ile ilgili bir çalışma, *Cumhuriyet Üni. Müh. Fak. Maden Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, Cilt:1, Sayı:2, Sivas, s. 55-62.
- Dalahmetođiu, O.** (1994) *Toz Kömürün Kolon Flotasyonu ile Zenginleştirme Koşullarının Optimizasyonu*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 103 s.
- Demirel, H.** (1988) Linyitlerde piritik kükürdün iki aşamalı flotasyonla temizlenmesi, *Türkiye ö.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 191-204.
- Deniz, V. Kibici, Y. Yamık, A. ve Çilek, E.C.** (1996) Çivril (Denizli) linyitlerinden flotasyon ile kükürdün uzaklaştırılması, *Türkiye 10.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası, Zonguldak, s. 93-102.
- Doğan, M.Z. Özbayoğlu, G. Hiçyılmaz, C. Sarıkaya, M. ve Özcengiz, G.** (1984) Bakterilerle şartlandırma ve flotasyon yöntemi ile Aşkale linyitlerindeki piritik kükürdün arıtılması, *Türkiye 4.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 275-282.
- Doğan, Z. Özbayoğlu, G. ve Küçükbayrak S.** (1991) *Kömürün kükürdünün giderilmesi*, Kömür, (Ed) Kural, İstanbul, s. 333-356.
- Ghiani, M. Carbini, P. Ciccu, R. and Satta, F.** (1989) Oils as Collectors in Low-Rank Coal Flotation, *Advances in Coal and Mineral Processing Using Flotation*, (Eds.) Chander&Klimpel, Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc., Littleton, Colorado, pp. 266-270.
- Göktepe F.** (2002) Kömür flotasyonunda bakteri ilavesinin piritik kükürt uzaklaştırmasına etkisi, *Türkiye 13. Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 125-132.
- Güney, A. Ateşok, G. Önal, G. ve Atak, S.** (1997) Türkiye linyitlerine uygulanması gereken iyileştirme yöntemleri, *4.Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri*, TKİ OAL Müessesesi Çayırhan Tesisleri, (Eds) Önal&Ateşok, Ankara, s. 85-105.
- Jiang, C.L. Wang, X.H. Parekh, B.K. and Leonard, J.W.** (1998) Pyrite depression by phosphates in coal flotation, *Minerals and Metal. Processing*, Vol.15, pp. 1-7.
- Kaya, M.** (1998) *Flotasyon El Kitabı*, Osmangazi Üni. Tekam Yayın No:TN98-2, Eskişehir, 174 s.
- Kaytaz, Y.** (1988) Amasra havzası taş kömürlerinin ve lavvar artığı şistlerin yıkanabilme özellikleri, *Türkiye ö.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 303-320.

- Kemal, M.** (1984) Türkiye linyit potansiyeli ve kullanım olanağı, *Türkiye 4.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 17-31.
- Kemal, M.** (1999) *Kömür Teknolojisi*, Dokuz Eylül Üni. Müh.-Mim. Fak. Yayın No: 33, İzmir, 372 s.
- Morris, R.M. and Matthesius, G.A.** (1988) Froth flotation of coal fines: the influence of turbulence on cell performance, *Journal of South African Institute of Mineral and Metallurgy*, Vol.88, No. 12, pp. 385-391.
- Moxon, N.T.** (1987) Insoluble Oils in Coal Flotation, The effect of surface spreading and pore penetration, *Inter Journal of Mineral Processing*, Vol.21, pp. 261-267.
- Önal, G. ve Akarcan, N.** (1988) Gediz kömürlerinin zenginleştirilmesi, *Türkiye 6.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 229-244.
- Önal, G. ve Atak, S.** (1991) Kömür hazırlama ve tesisleri, Kömür, (Ed) Kural, İstanbul, s. 236-274.
- Ozbayoğlu, G.** (1979) Taşkömürlerin petrografik içeriklerinin doğal yüzebilirliğe etkisi, *Türkiye Mad. Bilimsel ve Teknik 6. Kongresi*, Ankara, Bl 10, s. 1-11.
- Ozbayoğlu, G. ve Mamurekli, M.** (1988) Zonguldak kömürlerinden süper temiz kömür üretimi, *Türkiye 6. Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 159-169.
- Polat, H. and Chander, S.** (1998) Interaction between physical and chemical variables in the flotation of low rank coals, *Minerals and Metal. Processing*, Vol.15, pp. 41-47.
- Roberts, T. Firth, B.A. and Nicol, S.K.** (1982) A modified Laboratory Cell for the Flotation of coal, *Int. Journal of Mineral Processing*, Vol.9, pp. 191-200.
- San, A.** (1995) Denizli-Çivril yöresi linyit kömürlerinin kolon flotasyonu ile kükürdünün azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üni. Fen Bil. Ens.*, İsparta, 100 s.
- Sarıkaya, M. ve Ozbayoğlu, G.** (1984) Desulphurization of Erzurum-Aşkale lignite by flotation, *4th Balkan Mineral Processing Congress*, İstanbul, pp. 41-51.
- Tefek, M.** (1984) İnce Kömür Flotasyonunda Parçacıkların Davranışları, *Türkiye 4.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 261-267.
- Ünlü, M. ve Doğan, H.** (1986) Armutçuk şlam numunesi üzerinde flotasyon çalışmaları, *5.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası, Zonguldak, s. 421-432.
- Yamık, A. ve Bentli, İ.** (1999) Kömür kullanımına bağlı çevre sorunları, *Kütahya İli Çevre Durum Raporu*, Kütahya Valiliği İl Sağlık Müdürlüğü, Kütahya, s. 264-276.
- Yamık, A. Tosun, İ.Y. ve Güneş, N.** (1994) Kömürden külün ve kükürdün arındırılması, *Ç.Kömür Kongresi*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Zonguldak, s. 201-210.

