

FİLM FLOTASYON TEKNİĞİ: BİTÜMLÜ BİR KÖMÜRDE UYGULAMA

FILM FLOTATION TECHNIQUE: APPLICATION ON A BITUMINOUS COAL

S KIZGUT

Karaelmas Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

D ÇUHADAROĞLU

Karaelmas Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

ÖZET: Bu çalışmada, deneysel uygulama, boyutlandırılmış bir kömür örneğinin çeşitli yüzey gerilimlerine sahip su-metanol karışımlarında film flotasyonuna tabi tutulmasından oluşmaktadır. Test örnekleri, yüzener (lyophobic) ve batanlar (lyophilic) olarak ayrılarak miktar ve kül belirlemeleri yapılmıştır. Miktar belirlemeleri ile karışımın fraksiyonel ve toplam flotasyon özellikleri, kül değişimlen ilişkilendirilmiş, ayrıca hesaplama ile temas açıları belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar, kömür karışımının fraksiyonel kül dağılımları ve ıslanabilirlik özellikleri arasında oldukça iyi bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

ABSTRACT The experimental practice of this study included film flotation of a narrowly classified bituminous coal in various water-methanol mixtures having different surface tension. Test products were classified as floats (lyophobic) and sinks (lyophilic) and then weighed and ashed. The amount of floated material was used to correlate overall and fractional flotation characteristics and ash content of the feed coal. Contact angle values were also calculated by using film flotation data. Experimental results showed a good correlation between fractional ash distribution and wetting characteristics of the feed coal.

1 GİRİŞ

özellikle ince boyutta zenginleştirme işlemlerinde oldukça önemli rol oynayan temas açısı ölçümünün kömür benzeri heterojen yapılı malzemelerde uygulanmasının sakıncaları literatürde belirtilmiştir (Hornsby ve Leja, 1984, Fuerstenau ve Williams, 1986, Fuerstenau vd , 1990; Sablık ve Wierzchowski, 1992)

Pratik olarak, malzemenin içerisinde gömülmeye başladığı sıvının yüzey gerilimi, katı taneciklerin o kısmı için kritik yüzey gerilim değeri olarak ifade edilmektedir. Teorik altyapısı Zisman (1964) tarafından oluşturulan film flotasyonu tekniği çeşitli olgunlaşma derecelerine sahip kömürler için uygulanmaktadır (Hornsby ve Leja, 1984; Fuerstenau ve Williams, 1986; Fuerstenau vd , 1990, Sabuk ve Wierzchowski, 1992, Guy vd , 1996)

Film flotasyonunun tekniği, sıyırma flotasyonu (skin flotation) adı altında 1940'lı yılların öncesinde endüstriyel boyutta grafit, kurşun, çmko ve bazı diğer mineraller üzerinde uygulanmıştır (Taggart, 1960)

Film flotasyonu gerçekleşme aşamaları uç ıslanma türünü kapsar. Bu ıslanma türleri, yapışma yoluyla

ıslanma (adhesional wetting), bunu takiben gömülmenin başladığı gömülme ıslanması (immersional wetting) ve gömülmenin tamamlanmasını sağlayacak olan yayılma yoluyla ıslanmadır (spreading wetting) (Rosen, 1989). Bu ıslanma koşullarını değerlendirecek olursak, Yapışma yoluyla ıslanmada, kah yüzeyi ile temas halinde olmayan sıvı, sonradan temas halinde bulunur. ve katı yüzeyine yapışır. Bu durumda sistemin serbest yüzey enerjisindeki değişim.

$$\Delta G_a = \gamma_{ks} - \gamma_{kb} - \gamma_{ls} \quad (1)$$

Young eşitliği ($\gamma_{kb} - \gamma_{ks} = \cos\theta \gamma_{ls}$) (1) eşitliğinde yerine konacak olursa,

$$\Delta G_a = -\gamma_{ls} (1 + \cos\theta) \quad (2)$$

olur ve ıslanmanın kendiliğinden gerçekleşme koşulu olan $\Delta G_a < 0$, $\theta < 180^\circ$ olması durumunda sağlanır.

Gömülme yoluyla ıslanmada sistemin serbest yüzey enerjisi değişimi,

$$\Delta G_i = \gamma_{ks} - \gamma_{lp} \quad (3)$$

olur ve şayet katının sıvı içerisinde gömülmesi sınırlı bir temas açısı verirse yani $\theta > 0^\circ$ ise, Young Eşitliğinin, (i) Eşitliğinde yenne konmasıyla,

$$\Delta G_s = - C \cos \theta \gamma_{sg} \quad (4)$$

halını alır Bu durumda $\theta < 90^\circ$ olmasıyla ıslanmanın kendiliğinden olma koşulu olan $\Delta G_s < 0$ sağlanır

Gömülmenin tamamlanmasına yol açan yayılma yoluyla ıslanma (spreading wetting) için sistemdeki serbest yüzey enerjisi değişimi ise,

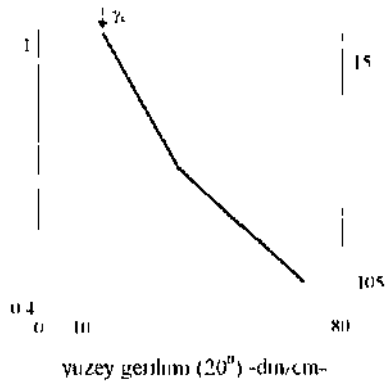
$$\Delta G_s = \gamma_{sg} + \gamma_{sg} - \gamma_{kg} \quad (5)$$

olur ve Young Eşitliğinin, (5) Eşitliğinde yerine konmasıyla,

$$\Delta G_s = \gamma_{sg} (1 - \cos \theta) \quad (6)$$

yukarıda verilen eşitlik elde edilir Bu durumda ıslanmanın kendiliğinden olma koşulu olan $\Delta G_s < 0$ sağlanması için $B = 0$ olması gerekir

Yukarıda verilen eşitliklerden anlaşılacağı üzere gravite, tane boyut etkisi ve ortama ait faktörler göz ardı edilecek olursa, film flotasyonu temas açısının 0° olduğu tanelerle kontrol edilir Olay, Zisman'ın (1964) düşük yüzey enerjili katılar üzerinde yaptığı çalışma ile açıklanacak olursa. Şekil Vde görüldüğü gibi katı temas açısının 0° olduğu durum, sıvı-gaz ara yüzeyindeki geriliminin (γ_{sg}), katı kritik yüzey gerilim değerinden (γ_c) küçük olması durumunda gerçekleşecektir



Şekil 1 Polylimünicitlene'ım çeşilli \i7try uenilim dfgt.'il-niif dil sıvıjıd.ı ısl,ınm,İM (/IMHJII I')(>4)

Film flotasyonu sonuçlarından doğrudan temas açısının elde edilmesi Eşitlik (8)'in kullanılmasıyla sağlanacaktır Fuerstenau vd (1990) uyguladığı şekliyle, Eşitlik (8), Neumann-üood tarafından verilen (7) Eşitliğinin Young Eşitliğinde yerne konmasıyla elde edilir

$$\gamma_{kg} = \frac{(\gamma_{kg}^2 - \gamma_{sg}^2)^2}{1 - 0.015(\gamma_{kg}\gamma_{sg})^2} \quad (7)$$

$$C \cos \theta = \frac{(0.015\gamma_{kg} - 2.00)(\gamma_{kg}\gamma_{sg})^{1/2} + \gamma_{sg}}{\gamma_{sg}(0.015(\gamma_{kg}\gamma_{sg})^2 - 1)} \quad (8)$$

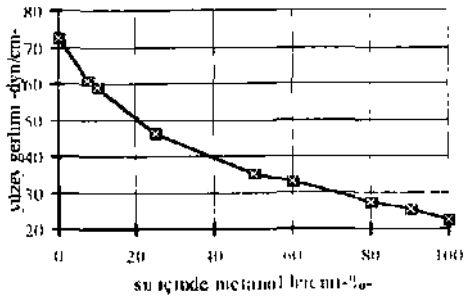
Eşitlik (8)'de, katı-gaz arayüzey enerjisinin (γ^c) kritik yüzey gerilmesine (γ_c) denk olduğu kabulüyle, herhangi bir sıvı yüzey gerilim değerine karşılık gelen temas açısı hesaplanabilecektir

Yukarıda verilen eşitliklerde γ_{sg} , γ_{kbl} , γ_{ks} , sırasıyla sıvı-gaz, katı-gaz ve katı-sıvı arayüzey gerilim değerlerini, 9 temas açısını ifade etmektedir

2 MALZEME VE YÖNTEM

Çeşitli yüzey gerilimlerine sahip sıvı ortam, literatürde değinildiği şekliyle (Zisman, 1964, Fuerstenau vd, 1990), metanol, etanol, propanol, aceton vb lerinm deiyomze distile su karışımları ile elde edilebilir Çalışmada ayırma ortamı olarak çeşitli oranlarda hazırlanmış deiyomze distile su-metanol karışımları kullanılmıştır Şekil 2'de verilen grafikte görüldüğü gibi saf su için yüzey gerilimi 72.8 dm/cm, saf metanol için 22.5 dm/cm dir

Deneysel çalışmalarda, rastgele vılınıt yansıma değen 0.791 olan yüksek uçuculu bitümlü komur sınıfındaki (HvA) numune, sınıflandırılarak -106+6lum boyutunda kullanılmıştır Komur tanecikleri uygun yuzev gerilimine sahip su-metanol karışımlarının hazırlanmasından soma, sıvının yeraldığı 4 cm derinlikli 20x10 cm boyutlu kap içerisinde titreşimli hr olukla 5 cm kadar bir yükseklikten beslenmiş» Her bir t,u-metanol karışımında kullanılan mal/eme miktarı analiz için yeterli örnek oluşturulabilmesi amacı via 5 gr civarında tutulmuştur!



Şekil 2 Su-metanol karışımından yüzey gerilimi değeriyle, CRC-101 cihazı kullanılarak düzenlenmiştir

Kap yüzeyim yeterli düzeyde bir kum kaplaması sonrasında, besleme oluşu durulmuş ve Fuerstenau ve Williams'in (1987) çalışmalarından bekleme zamanının önemli etken olmadığı bilindiğinden, yaklaşık 1 dakikalık bu bekleme zamanı sonrası, yüzen malzeme vakum pompası aracılığıyla yüzeyden toplanarak bir eilen içinde biriktirilmiştir. Bu yüzen malzeme daha sonra fiili olarak ayırılmıştır işlemin bitiminde batan tanecikler, kap içerisinde kalan ortam filtre edilerek ayrılmıştır. Yüzen ve batan ürünler, tattım sonrası kull analizine tabi tutulmuştur.

Deneylere önce % 20 su + % 80 SO metanol karışımı ile başlanmış, yüzen malzeme olmayınca yapılan deneyler sonucu ilk yüzen ürünlerin alınmaya başlandığı % 40 su + % 60 metanol karışımına denk gelen sıvı yüzey gerilimi başlangıç değeri olarak kabul edilmiştir. Tabii ki, Çizelge 1'de verilen su-metanol karışımlarına karşılık gelen yüzey gerilim değerlerinde tutulmuştur.

İ. BÜLÜME ARVH TARTIŞMA

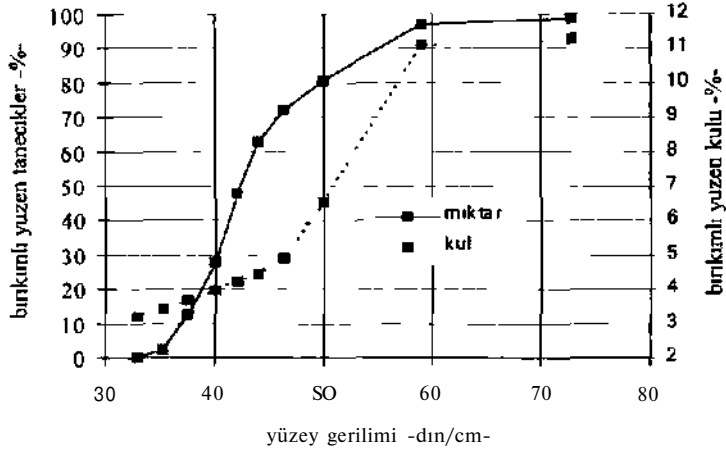
Deney sonuçları toplu olarak, çeşitli yüzey gerilim değerlerine karşılık gelen yüzenler (lyophobic) ve batanlar (lyophilic) ve bunlara karşılık gelen kull değerleri olarak Çizelge 1'de verilmiştir.

İşlemlik 8'de, her bu grup için suya göre hesaplanmış temas açısı değeri birikimli olarak toplanması ile, kullanılan kumre ait temas açısı değeri M, 1 * bulunmuştur. Bu hesaplamalarda katı-hava yüzey gerilim değerinin, kritik yüzey gerilim değerine eşit olduğu kabul edilmiştir.

Şekil 1'de yüzey gerilim değerlerine karşılık gelen, birikimli yüzen malzeme miktarı ve kull değerleri verilmiştir. Binada, malzemenin tamamının yüzen olduğu kabul edilen kritik yüzey gerilim değerinin ((y_k,...*) y) değerine göre ortam yüzey gerilim değerine, malzemenin tamamının batması kabul edilen kritik

Çizelge 1 Toplu deney sonuçları

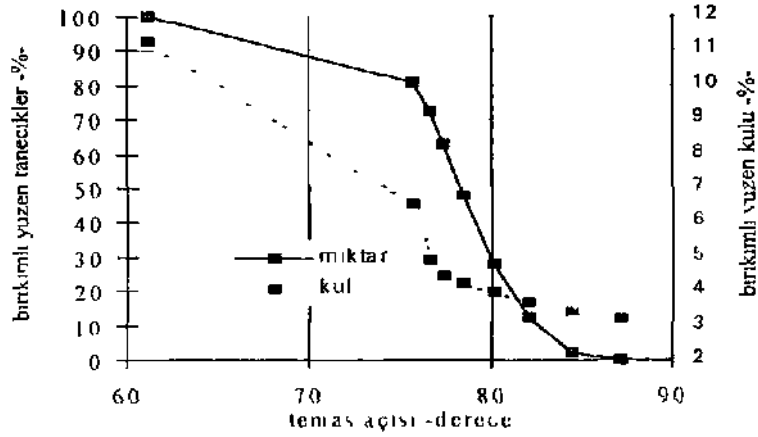
Su Metanol Hacmi (%)	Yüzey Gerilimi (dyne/cm)	Yüzen Miktar Ağırlık (%)	Yüzen Kull Ağırlık (%)	Batan Kull Ağırlık (%)	Toplam Kull Ağırlık (%)
0	72,80	98,89	11,27	89,15	11,80
10	59,04	97,11	11,09	47,91	12,15
20	50,00	80,81	6,51	38,81	13,71
25	46,38	72,27	4,91	31,43	13,77
30	44,00	62,78	4,15	25,46	13,27
35	42,00	47,91	4,73	20,55	13,73
40	40,00	27,71	3,97	15,88	13,58
45	37,50	22,16	2,69	13,49	12,20
50	35,31	1,94	1,43	12,65	12,47
60	32,95	0,15	1,19	12,46	12,44



Şekil 3 Ortam yüzey gerilim değerlerine bağlı olarak malzeme miktar ve kul değişimleri

yüzey gerilim ($\gamma_{m,s}$) değerinin 33 dm/cm lık ortam yüzey gerilim değerine karşılık geldiği görülmektedir. Şekil 3'de verilen grafik göz önüne alındığında yüzey gerilim değerleri ve kul değişiminin oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. 32,9[^] dm/cm ye karşılık gelen %3,19 luk kul değerinden, saf suya ait 72,80 dm/cm yüzey gerilimine enişildiğimde, yüzen malzeme kul değeri % 11,27 ye erişmektedir. Bu son yüzey gerilim değeri, beslenen malzemenin % 98,9 luk kısmı yüzmektedir.

Yukarıda açıklanan malzeme miktar ve kul değişimindeki durum, Şekil 4'de sunulan. Eşitlik 8 kullanılarak suya göre hesaplanmış temas açısı değerlerine bağlı olarak verilen malzeme miktar ve kul değişimlerinde de görülmektedir. En yüksek temas açısı değerine sahip olan % 11 civarındaki malzeme grup kulu % 3 değerine, yaklaşık 61 derece olan en düşük temas açısı değeri için ise kul miktar % 11 kule karşılık gelmektedir.



Şekil 4 temas açısı ile birikimli yüzen tanecekler (%) ve birikimli yüzen kulu (%) arasındaki ilişkiyi göstermektedir. (1 yıllık S L gölcüğüne bağlı olarak malzeme miktar ve kul değişimleri)

4 SONUÇ

Film flotasyonu tekniği, uzun süre önce terk edilmiş olan flotasyon uygulamasının ilk endüstriyel uygulaması olup günümüzde laboratuvar koşullarında, malzeme flotasyon özelliklerinin belirlenmesinde artık yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknik, deney sonuçlarının, flotasyon deney sonuçlarıyla doğrudan karşılaştırma yapılmasına ve kullanılan reaktiflerin malzeme üzerindeki etkilerinin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Yazarlar, film flotasyon tekniğinin kömürde maseral gruplarının flotasyon karakteristiklerinin belirlenmesinde ve doğrudan kömür maseral gruplarının seçimli olarak zenginleştirilmesinde kullanılabilirliğini düşünmektedirler.

KAYNAKLAR

CRC, 1987, *CRC Handbook of Chemistry*, Ed. R.C. Weast, 67th ed CRC Press Inc., F-32

Fuerstenau, D.W. ve Williams, M C , 1987, *A New Method for Characterisation of the Surface Energy of Hydrophobic Particles*. Part. Charact, 4; 7-13.
Fuerstenau, D.W., Diao, J. ve Hanson J.S., 1990. *Estimation of the Distribution of Surface Sites and Contact Angles on Coal Particles from In-situ Isolation data*, Energy & Fuels, 4 34-37.

Guy, D W , Crawford, R.I ve Mainwaring, H E, 1996, *The Wetting Behaviour of Several Organic Liquids in Water on Coal Surfaces*, Fuel, 75,2; 238-242

Hoinsby, D T ve J, J , 1984. *A technique for Evaluating Floatability of Coal in Methanol Solutions*, Coal Preparation. 1 1-19

Neumann, A.W . Good, R.I . Ilopu, C.I. ve Sqr;il M , 1974, *An Equation-of-State to Determine Surface Tensions of Low-Energy Solids from Contact Angles*. J of Colloid and Interface Science, 49/2 292-304

Rosen.M J , 1989. *Surfactant* and Interfacial Phenomena*, 2nd edl , John Willey & Sons Inc., New York, 240-274

Sablik, J ve Wierzchowski, K , 1992. *Evaluation of the Influence of Floation Reagents on the Hydrophobicity of Coal Using the In-situ Isolation Method*. Fuel, 71.474-475.

Taggart, A F .1960, *Handbook of Mineral Dressing*, 7th ed., John Willey & Sons Inc., New York, 12-50.

Zisman, W A , 1964, (*on/act Angle, Wettability and Adhesion*. Ed R F Gould, Advances in Chemistry Series 43. ACS. Washington D C , 1-51

