

ZONGULDAK TOZ KÖMÜRLERİNİN MODİFİYE FLOTASYON KOLONUYLA ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

CONCENTRATION OF ZONGULDAK COAL FINES BY MODIFIED FLOTATION COLUMN

Bahri ÖTEYAKA Yaşar UÇBAŞ**
Kemal BİLİR****

ÖZET

Bu bildiriye, Zonguldak Merkez Lavvar'ından alınan ve % 65'i 0.5 mm altında olan kömür örneği ile yapılan modifiye kolon flotasyonu deneylerinin sonuçları sunulmuştur. Gazyağı ve Na₂SiO₃ miktarlarının, yüzeysel su yükselme hızının ve gaz tutunum yüzdesinin flotasyonun performansı üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Sonuçlar kullanılan gazyağı miktarının, yüzeysel su yükselme hızının ve gaz tutunum yüzdesinin konsantrenin kül miktarını belirlediğini, konsantredeki kül miktarlarının Na₂SiO₃ miktarındaki değişimlerden önemli ölçüde etkilenmediğini göstermiştir.

ABSTRACT

This paper presents the results from an experimental evaluation of modified column flotation applied to fine coal (65% passing through 0.5 mm) samples taken from Zonguldak Main Coal Washery Plant. The effects of some critical variables such as kerosene and Na₂SiO₃ dosages, superficial rate of rising water and gas hold-up were studied.

The results of the study indicated that kerosene dosage, superficial rate of rising water and gas hold-up controlled the ash content of concentrate, Na₂SiO₃ dosage did not have an important effect on the efficiency of the process.

* Yrd.Doç.Dr., Osmangazi Üni., Maden Müh.Böl., Bademlik-ESKİŞEHİR

" Yrd.Doç.Dr., Osmangazi Üni., Seramik Müh.Böl., Bademlik-ESKİŞEHİR

*** Araş. Gör., Osmangazi Üni., Maden Müh.Böl., Bademlik-ESKİŞEHİR

1. GİRİŞ

Tasarımı ve çalışma esasları flotasyon hücrelerinden farklı olan flotasyon kolonlarının cevher zenginleştirme endüstrisinde kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Flotasyon kolonlarında mekanik karıştırıcının bulunmaması flotasyon hücrelerine göre en önemli farkı oluşturur. Bu nedenle flotasyon kolonlarında daha az türbülans olayı vardır (sadece hava kabarcıklarının yarattığı mikro türbülans).

Flotasyon kolonları, klasik ve modifiye olmak üzere iki tiptir. Klasik flotasyon kolonları özellikle, flotasyon hücreleriyle zenginleştirilmesi sorunlu olan, ince taneli cevherlerin seçimli ve verimli bir şekilde zenginleştirilmesinde kullanılır. Çünkü klasik flotasyon kolonlarında flotasyon hücrelerine göre daha küçük boyutlu hava kabarcıktan üretilir. Bu, hidrofob tane-kabarcık çarpışma olasılığını artırır. Ayrıca, bu kolonlarda yıkama suyunun kullanılması gang taneciklerinin konsantre içine sürüklenmesini azaltır (1-4).

Modifiye flotasyon kolonları ise iri boyutta serbestleşen (1 veya 2 mm altında) cevherleri yüksek bir verimle zenginleştirmek amacıyla geliştirilmiş olup laboratuvar ve pilot ölçekte başarılı sonuçlar alınmıştır (4-7). Bu boyutta serbestleşen cevherler ince öğütülmeksizin flotasyon hücrelerinde zenginleştirildiklerinde verim düşük olmaktadır. Bunun nedeni flotasyon hücrelerinde mekanik karıştırıcının yarattığı yüksek türbülanstır. Bu, tane-kabarcık sisteminin parçalanmasına neden olmaktadır. Buna karşın modifiye kolonlarda, hücrelere göre daha düşük türbülansın varlığı ve klasik flotasyon kolonlarına göre köpük zonunun bulunmayışı iri tanelerin yüzdürülmesini sağlamaktadır.

Modifiye kolonların klasik kolonlardan farkı :

- biasın (artık debisi - besleme debisi) negatif olması,
- genellikle yıkama suyunun kullanılmaması ve
- köpük zonunun bulunmayışıdır.

önemli enerji kaynağı olan kömürlerimizin üretilmesi ve tüketime hazırlanması esnasında ortaya çıkan yüksek kül içerikli toz kömürlerin (1-2 mm altı) değerlendirilmesi ülkemiz ekonomisi açısından bir zorunluluktur. Bu görüşten ve modifiye kolonun özelliklerinden hareket edilerek toz kömürlerin modifiye kolonda zenginleştirilebileceği

düşünülmüştür. Bu çalışmanın amacı, Zonguldak merkez lavvannda ortaya çıkan toz kömürlerin (lawara gelen kömürün % 20'sini oluşturan ve tesiste -0.5 mm bürüt kömür olarak adlandırılan) modifiye kolonda zenginleştirilmesi olanaklarını araştırmaktır.

2. DEMEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Örnek

Deneylerde, Zonguldak Merkez Lavvanndan alınan, ağırlıkça % 80 katı içeren ve bu haliyle bidonlarda saklanan yaklaşık 150 kg örnek kullanılmıştır. Önce örneğin yaş elek ve kül analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 1 'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan örneğin yaş elek ve kül analiz sonuçları

Elek (mm)	Ağırlık (%)	Küm.E.A (%)	* Kül (%)
+1.160	3.58		35.99
-1.160 +1.000	0.79	96.42	52.54
-1.000 +0.595	14.24	95.63	48.07
-0.595 +0.420	26.10	81.39	56.26
-0.420 +0.297	15.17	55.29	59.69
-0.297 +0.210	11.19	40.12	64.72
-0.210+0.149	7.20	28.93	67.07
-0.149 +0.105	6.32	21.73	71.47
-0.105 +0.074	6.03	15.41	74.40
-0.074	93.5	9M	77.93
	100.00		60.67

*Kül analizleri kuru bazda yapılmıştır.

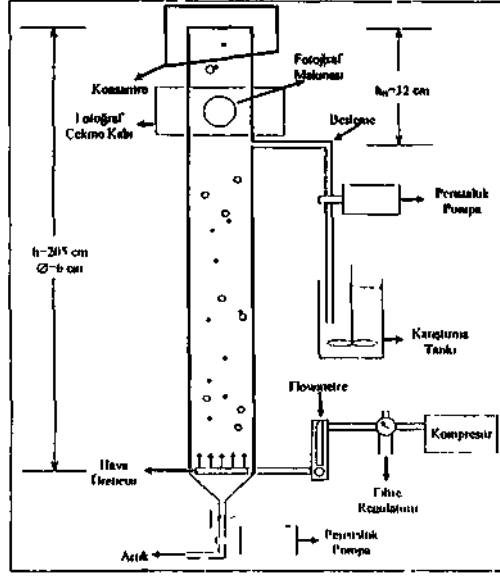
Çizelge 1'den görüldüğü gibi örnek, lawann genel durumundakinden (%40-45 kül) oldukça yüksek küllü olup, % 61 civarında kül içermektedir. Bu durum iki nedenden kaynaklanabilir:

1. Hatalı örnek alımı
2. Lawann örnek alındığı günlerde uygun olmayan koşullarda çalışması

örnek, lawarda 0.5 mm bürüt kömür olarak adlandırılmasına rağmen, örneğin ancak yaklaşık % 65'i 0.5 mm'in altındadır.

2.2 Deneş Düzeneği

Deneşler polyesterden yapılmış, şeffaf, 6 cm çapında, 205 cm boyunda (gerektiğinde 3 m'ye uzatılabilen) ve tüm çalışma değişkenleri kontrol edilebilen (besleme ve hava debisi gibi) flotasyon kolonunda yapılmıştır. (şekil 1)



şekil 1 Deneş Düzeneği (Modifiş Flotasyon Kolonu)

Deneş düzeneği, iki adet Peristaltik pompa (besleme ve artık), bir adet 20 litre hacminde şeffaf karıştırma tankı, bir adet 20 litre hacimli kompresör, hava filtre regülatörü ve hava debisini ölçen bir flowmetreden oluşmaktadır. Ayrıca hava kabarcık boyutunun belirlenmesi için besleme noktasının üst kısmına (kolonun dışında) fotoğraf alırken ışık kırılmasını önlemek amacıyla yerleştirilmiş su kabı ve makro objektifli fotoğraf makinası bulunmaktadır. Pülp besleme noktası, kolonun üst kısmından 32 cm aşağıdadır

2.3 Deneş Koşulları.

Yapılan deneşlerin çalışma koşulları ve çalışılan değişkenler aşağıdaki gibidir:

hava kabarcık boyutu	- 1-2.5 mm (Colograf yöntemiyle belirlenmiştir, şekil 2)
hava besleme debiti*	2000- 4000 ml/dak
pülp besleme debiti*	1480 - 1640ml'ttak
artık debiti	UO0ml/Auk
yüzeşel su yükselme hızı (pülp debiti-arlık debiti/kolon kesiti atam)	0.1-0.2 t/m/vt
yüzeşel gaz ma (hava debiti/keşit flama)	1.77 - 2.5 cm/su
ytiaçışd bias (Atlık debiti-berietne ildwa/kvli alan)	-0.1 ile -0.2 cmftn ara-
açılık'a kaşı mam	%S (m ianeler ivin [toisiallık mm-palar dalia yuktek kaşı oranlat mtlia besleme yapamadıklarından)
DTnekbayulu	-1.160 mm (pcratalk pompalıtm max besleme bayulu - İnim)
gaz tulinüm yüzdən (hold-up)	~.1fr-19
rcaküfkr	gazyafı, 0-2500 gr/loti NaşSiO ₂ , 0-10000 gr/loti köpürtücü, 1.7 ppm (ITowfrch 200)

2.4 Hava kabarcık çapının belirlenmesi

Flotasyon başlangıcında makro objektifli fotoğraf makinası yardımıyla hava kabarcıklarının fotoğrafı (her test için 2 fotoğraf) alınmıştır. Fotoğraflar üzerinden kabarcık çapları, çapı bilinen ve kolon içinde bulunan ince kablo ile karşılaştırılarak mikrometreli mikroskop aranda belirlenmiştir (Şekil 2). Her fotoğraf üzerinde yaklaşık olarak 40-50 kabarcık çapı ölçülmüştür. Ortalama çap, ölçülen kabarcıkların aritmetik ortalamasıdır



Şekil 2. Hava kabarcık çapının belirlenmesi için alınmış fotoğraf
(Hava besleme debisi : 2000 ml/dak, köpürtücü miktarı: 15 ppm, gaz tutumun yüzdesi :%10)

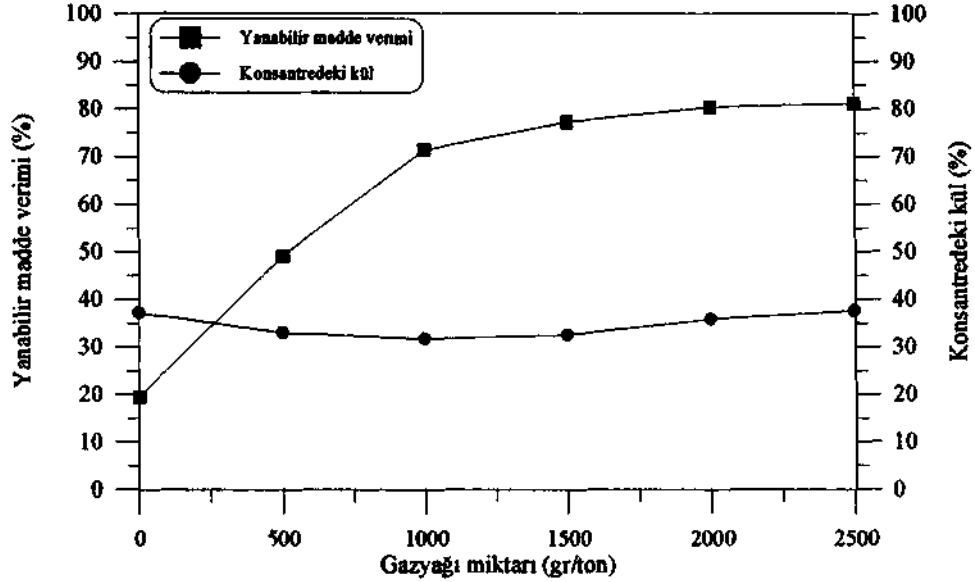
2.5 Deneysel yöntem

Her bir deneyde ağırlıkça % 80 katı içerikli örnekten 1 kg kullanılmıştır, örnek önce 4 litrelik flotasyon hücresinde gazyağı ile birlikte 5 dakika koşullandırılmış sonra ağırlıkça kaü oram % 15 olacak şekilde karıştırma tankına aktarılmıştır. Na_2SiO_3 'ün kullanıldığı deneylerde gazyağı katmadan önce, örnek Na_2SiO_3 ile 2 dakika koşullandırılmıştır. Koşullandırılmış pülp flotasyon kolonuna 5 dakika süreyle beslenmiş ve bundan sonra kolona pülp yerine köpürtücülü su beslenerek 1 dakika daha flotasyona devam edilmiştir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

3.1. Gazyağı miktarının etkisi

Gazyağı miktarının kömür flotasyonuna etkisini incelemek için bir seri deney yapılmış ve elde edilen sonuçlar deney koşullarıyla birlikte Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde konsantrede kül miktarı 1000 gr/ton gazyağı dozajına kadar azalmakta daha sonra artmaktadır. Bu durum şu şekilde açıklanabilir :



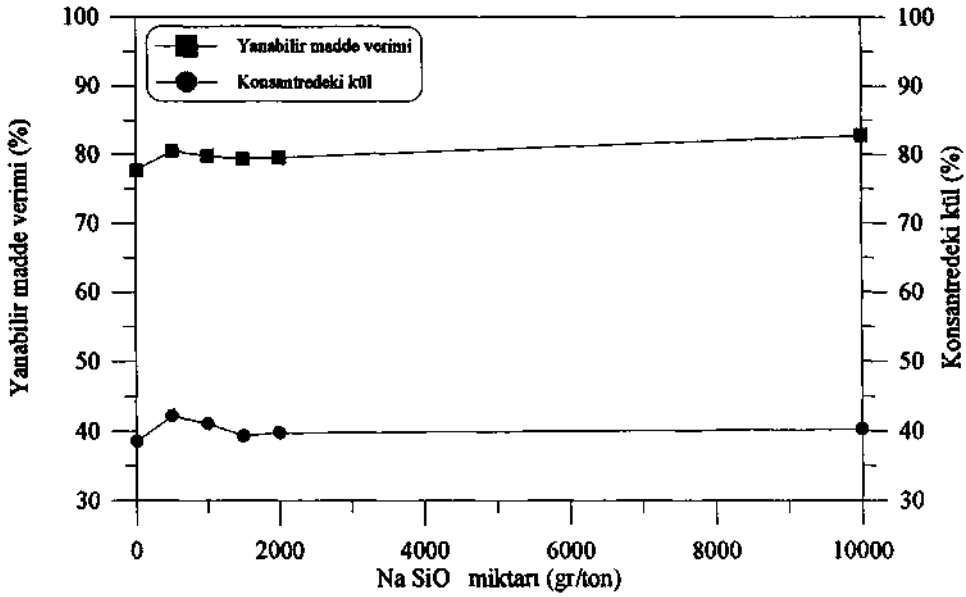
Şekil 3. Gazyağı miktarının kömürün flotasyonuna etkisi
(pülp besleme debisi : 1480 ml/dak, kabarcık çapı : 1mm, hold-up : %10, artık debisi : 1300 ml/dak, hava besleme debisi. 2000 ml/dak.)

1. Gazyağı dozajının 0-1000 gr/ton olduğu bölgede gazyağı miktarı arttıkça ince tanelerin hidrolik yolla sürüklenmesi sabit kalırken iri boyuttaki kömürlerin yüzebilirliği artar. Bunun sonucunda hem konsantrenin külü azalmakta hem de verim artmaktadır.

2. Gazyağı dozajının 1000-2500 gr/ton olduğu bölgede gazyağı miktarı arttıkça hidrofobluğu düşük kömürlerin yüzebilirliği artmakta ve bunun sonucunda hem konsantrenin külü artmakta hem de verim artmaktadır.

3.2. Na₂SiC₃ miktarının etkisi

Kömür içindeki şişmeleri ve hidrofobitesini düşük kömürleri bastırmak amacıyla 1.37 gr/cm³ yoğunluklu, % 7.5-8.5 Na₂O ve % 25.5-28.5 SiO₂ içerikli Na₂SiO₃ kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar deney koşullarıyla birlikte Şekil 4'de sunulmuştur.



Şekil 4. Na₂SiC₃ miktarının kömürün flotasyonuna etkisi

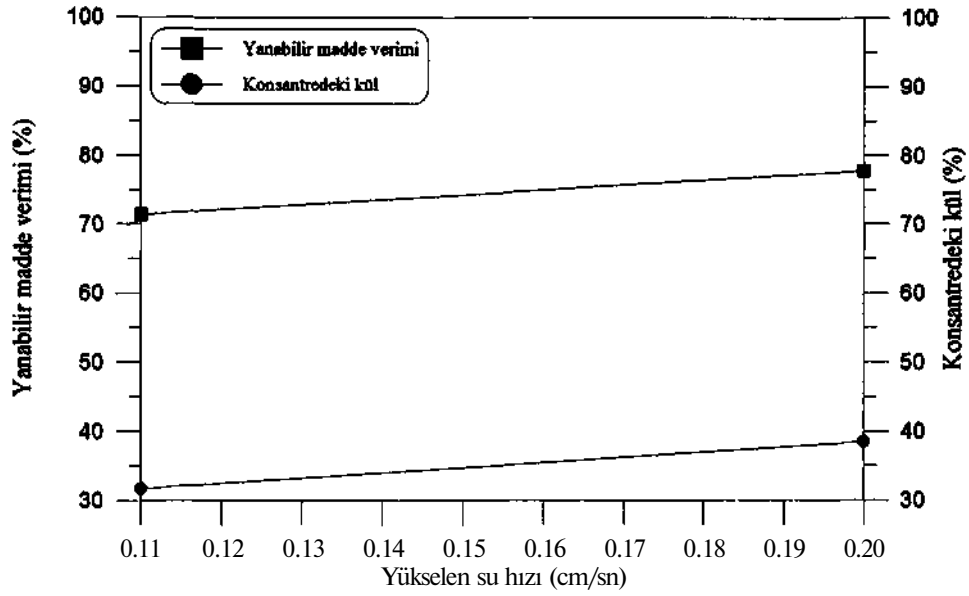
(pülp besleme debisi : 1640 ml/dak, artık debisi : 1300 ml/dak, hold-up : %10, kabarcık çapı : 1 mm, gazyağı miktarı 1000 gr/ton, hava besleme debisi : 2000 ml/dak)

Şekil 4 incelendiğinde, Na₂SiC₃'ün konsantredeki kül miktarını önemli ölçüde azaltıcı bir etkisi görülmemektedir. Bu nedenle bundan sonraki deneylerde Na₂SiC₃ kullanılmamıştır.

3.3. Yüzeysel su yükselme hızının(yükselen su hızı) etkisi

Beslenen malzemedeki ince gang taneciklerinin konsantre içme sürüklenmesine neden olan faktörlerden biri de yükselen su hızıdır (8). Bu yüzden hidrolik yolla gang tanelerinin sürüklenmesini azaltmak amacıyla artık debisi sabit tutularak (1300 ml/dak)

besleme debisi değiştirilmiştir. Besleme debisinin flotasyona etkisi incelemek için yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar deney koşullarıyla birlikte Şekil 5'de verilmiştir.

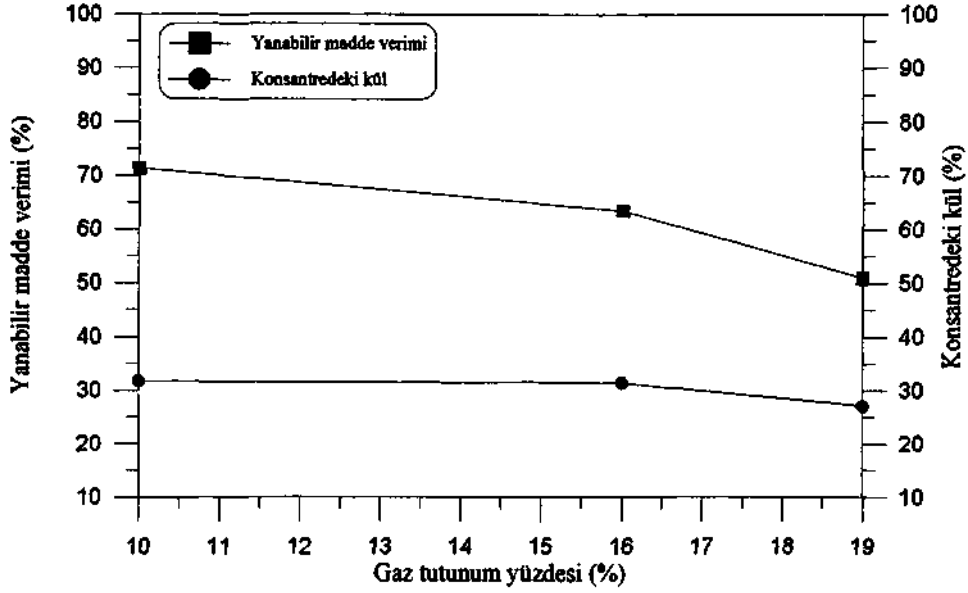


Şekil 5. Yükselen su hızının kömürün flotasyonuna etkisi
(Besleme debisi : 1480-1640 ml/dak, artık debisi : 1300 ml/dak, hold-up : %10, kabarcık çapı : 1 mm, hava debisi : 2000 ml/dak, gazyağı : 1000 gr/ton)

Şekil 5'den görüldüğü gibi yükselen su hızı azaldıkça hidrolik yolla gang tanelerinin sürüklenmesi azalmakta ve bunun sonucunda konsantredeki kül miktarı az da olsa düşmektedir.

3.4. Gaz tutunum yüzdesinin etkisi

Gaz tutunum yüzdesi iri taneli cevherlerin Rotasyonunda önemli bir faktördür. Bunun artması türbülansı artırır ve bunun sonucunda kabarcığa yapışmış hidrofobluğu düşük taneler koparlar (9). Bu nedenle kül içeriği fazla olan hidrofobluğu düşük iri tanelerin yüzmesini engellemek amacıyla gaz tutunum yüzdesi hava debisi arttırılarak yükseltilmiştir. Bu seri deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Gaz tutunum yüzdesinin kömürün flotasyonuna etkisi
(Besleme debisi : 1480 ml/dak, artık debisi : 1300 ml/dak, hava besleme debisi : 2000-4400 ml/dak, kabarcık boyutu : 1-2.5 mm, gazyağı : 1000 gr/ton)

Şekil 6'dan görüldüğü gibi konsantrede kül miktarı gaz tutunum yüzdesi artışıyla azalmaktadır. Bu sonuçlar yukarıda belirtilen görüşleri doğrulamaktadır.

4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek kül içerikli -1.16 mm toz kömürlerin zenginleştirilmesinde modifiye kolonun kullanılabileceği yapılan çalışmada görülmüştür. Bu yöntemle ve belirtilen çahşma koşullarında % 61 kül içeren bir kömürden % 27 kül içeren bir konsantre % 51 yanabilir madde verimiyle elde edilmiştir.

a. Sonuçlar

Deneysel sonuçların irdelenmesi sonucunda :

- gazyağı dozajının kritik bir değeri vardır,
- Na_2Si (V1n seçimlilik üzerinde önemli bir etkisi yoktur,
- yüzeysel su hızının artışı ile konsantredeki kül miktarı hidrolik yolla ince gang tanelerinin sürüklenmesinden dolayı artmaktadır,

- gaz tutunum yüzdesinin artışı konsantredeki kül miktarını azaltmaktadır.

b. Öneriler

- Genellikle %42 civarında kül içeren Zonguldak lavvan çıkışı -0.5 mm boyutlu kömürlerle çalışmanın yapılması.
- Konsantredeki kül miktarını daha da azaltabilmek için modifiye kolonun alet değişkenleri ve çalışma koşulları değiştirilerek daha fazla sayıda deneyin yapılması (beslemedeki katı oranının düşürülmesi, bias, hold-up v.s.)
- Hidrolik yolla gang tanelerinin sürüklenmesini engellemek için çok az köpük zonu ve yıkama suyunun modifiye kolonda kullanılması ve etkisinin araştırılması

TEŞEKKÜR

- Tasarımı tarafımızdan yapıldıktan sonra kolonun imalatını gerçekleştiren Eskişehir Şeker Makina Fabrikası Müdürü Güran OKTAY'a ve Mak. Müh. Abdullah ÖZGÜVEN'e teşekkürü **bir** borç biliriz.
- Ayrıca deneylerde kullanılan örneklerin sağlanmasında emeği geçen Mad. Yük. Müh. Dr. Dilek ÇUHADAROĞLU ve T.T.K. çalışanlarına teşekkür ederiz

KAYNAKLAR

- 1 Sivamohan, R, The Problem of Recovering Very Fine Particles in Mineral Processing A Review, *International Journal of Mineral Processing*, 28, 1990, pp 247-288
- 2 Finch, J A and Dobby, G S, *Column Flotation*, Pergamon Press, 1990, 180 p
- 3 Miller, J D and Ackerton, J D, Bench Scale Flotation of Alumite Ore with Oleic Acid, In *Proceedings of the 1980 International Symposium on Flotation*, SME v I, 1980, pp 838-852
- 4 Oleyaka, D. Modélisation d'une Colonne de Flotation Sans Zone d'écume Pour La Séparation des Particules Grossières, *Doktora Tezi, Laval Un. Québec-Canada*, 1993
- 5 Soto, H, *Column Flotation With Negative Bias*, Processing of Complex Ores, Dobby, G and Rao, S (Dis), Pergamon Press, 1989, pp 379-383
- 6 Solo, H and Del Villar, R, Flotation de Grosses Particules Avec Une Colonne à Débit Négatif, *Mines et Carrières, Congrès Aies, Septembre, 1989, France, v72 No 2-3/90*, pp 49-52
- 7 Soto, D and Barbery G, Flotation of Coarse Particles In A Counter-Current Column Cell, *Minerals and Metallurgical Processing*, Feb, 1991, pp 16-21
- 8 Oteyaka, B, Ucbas, V, Lahr, K and Ozdift, H, Entrapment of Fine Gangue Particles Into Concentrate In Column Flotation, *6th International Mineral Processing Symposium & Exhibition 24-26. 1996, Kuşadası, I Ülküye*, (unpublished)
- 9 Oteyaka, B and Solo, H. Effect du Taux de Rétention du Gaz Sur La Stabilité des Agrégats Uillé-Particulaires Pendant La Flotation. *Mémoires des Carrières Techniques*, 111-IVM, vol 76, pp 245-248