

ARMUTÇUK ŞLAM NUMUNESİ ÜZERİNDE FLATASYON ÇALIŞMALARI

Mustafa ÜNLÜ (*)
Hacı DOĞAN (**)

ÖZET

Bu bildiri, Armutçuk lavvarı şlam numunesi üzerinde yapılan flatasyon çalışmalarını içermektedir. Katı oranı, reaktif miktar ve cinsleri ile tane boyut sınıflandırmasının flatasyon üzerine etkileri incelenmiştir. Optimum deney koşullarına % 8 katı oranı ve 600 g/t reaktif miktarmda ulaşılmıştır. Reaktif cinsinin ve toplayıcı + köpürtücü reaktif oranının değişiminin flatasyon sonuçlarını fazla etkilemediği bulunmuştur. Ayrıca, sınıflandırılmış numuneler üzerinde flatasyon deneyleri yapılarak, deney sonuçlarına göre bazı flatasyon devreleri önerilmiştir.

ABSTRACT

Flotation studies were carried out on the fine coal of Armutçuk coal washing plant. The effects of solids concentration, type and consumption of flotation reagents and fineness of the feed on the flotation were examined. The optimum flotation conditions, 11 % ash in concentrate with possible highest recovery, were obtained at 8 % solids concentration with a reagent consumption of 600 g/t. It was found that the type of flotation reagents and the variation of collector + frother ratio did not show any significant effect on the flotation. Consequently, alternative flotation circuits were recommended according to the experimental results obtained from the flotation tests on the classified feed samples.

(*) Dr., Maden Yük. Müh., MTA Gen. Mud., MAT DaL, ANKARA.

(**) Maden Müh., MTA Gen. Müd., MAT Dai., ANKARA.

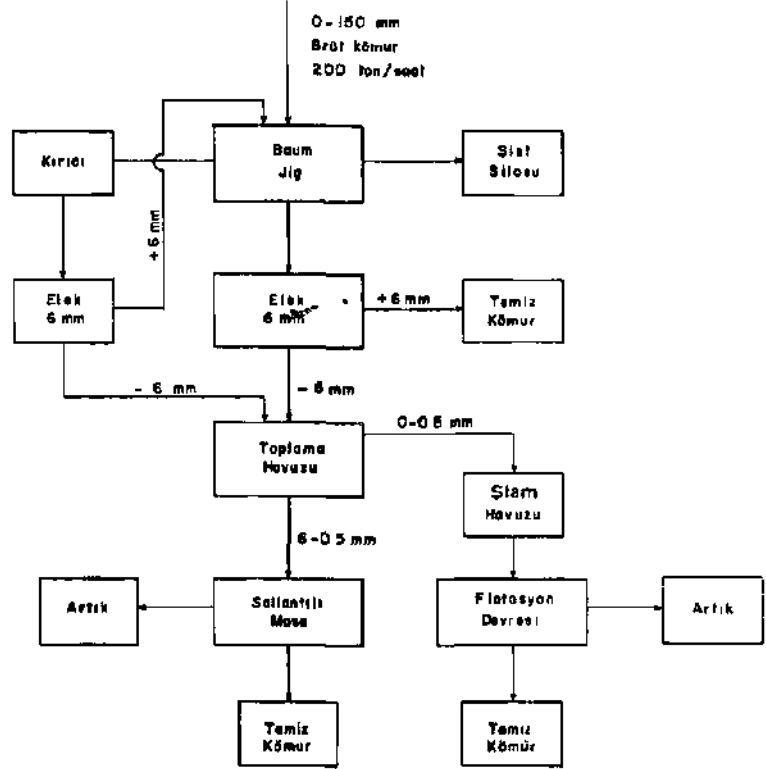
1. GİRİŞ

Yıkama kapasitesi 200 ton/saat olan Armutçuk lavarı Kireçlik ve Alacağzı ocaklarından gelen kömürleri yıkamaktadır. Lavara giren bu kömürler Baum jig, sallantılı masa ve flotasyon ünitelerinde yıkanır. Şekil 1'de bu lavanın basitleştirilmiş bir akım şeması verilmektedir.

Lavar bugün, dizayn edildiği koşulların dışında çalışma göstermektedir. Kuruluş sırasında uygulamaya konulan bazı işlemler devreden çıkarılırken, bazı yeni işlemlerde sonradan ilave edilmiştir. Bu durum, yedek parça ve malzeme teminindeki güçlükler ile kömür kalitesinin değişmesinden kaynaklanmıştır. Lavar kuruluşunda % 40 civarında olan giriş külü bugün % 55'lere kadar yükselmiştir.

* Yıkama işleminde yapılan değişikliklerden flotasyon ünitesi de etkilenmiştir. Bu üniteye kontrol sistemleri mevcut olmayıp herşey göz kararıyla yapılmaktadır. Örneğin; flotasyondaki katı oranı giren kömürdeki ince miktarı ile değişmekte ve bu değişen duruma göre gerekli reaktif miktarı da kabaca vanaların elle ayarlanmasıyla yapılmaktadır. Ayrıca bir flotasyon reaktifinin bulunmaması halinde bir diğerinin onun yerine ikame edildiği ilgililerce ifade edilmiştir (1). Tüm bu nedenlerle flotasyon devresinden elde edilen lave külü değişmekte ve % 20'lere kadar yükselmektedir. Buna bağlı olarak verimde düşüş olmaktadır.

Bilindiği gibi tane boyutu, katı oranı, reaktif cins ve miktarı ve, kıvamlama zamanı, kömür flotasyonunu etkileyen önemli faktörlerin başlıcalarıdır (2-5). Laboratuvar koşullarında 5 mm iriliğe kadar kömür taneleri flotasyonla yüzdürülebilirlerse de uygulamada, 0,6 mm tane boyutunun üstüne flotasyon işlemi nadir olarak uygulanır. Flotasyonda 0,3 - 0,075 mm arasındaki taneler iyi yüzerken bu boyut aralığının altındaki ve üstündeki tane boyutları yüzmeye sorun çıkarırlar. Katı oranı genelde % 3 ile % 20 katı (ağırlıkça) arasında değişirse de, kömür yıkama tesislerinin çoğunda % 7 civarındadır (2). Katı oranı tane boyutundan da etkilenir. Flotasyon uygulamasında tane boyutu irileştikçe yüksek ve inceldikçe düşük katı oranları seçilir. Çok temiz konsantreler elde etmek amacıyla, özellikle çok miktarda ince kil ve piritik kükürt ihtiva eden ince kömürlerin yıkanmasında, bazı tesislerin % 5 katı oranının altında çalıştıkları belirtilmiştir (6, 7). Bazı kömürler doğal yüzebilirlikleri nedeniyle sadece köpürtücü reaktif kullanımıyla yüzebilirlerse de, toplayıcı reaktifin ilavesi flotasyonda verimi artırmaktadır. Düşük kaliteli ve okside kömürlerin flotasyonunda toplayıcı reaktifin flotasyon pülüne ilavesi bir zorunluluktur. En çok kullanılan köpürtücü reaktifler: MIBC (Metil Izo Bütil Karbinol), amil ve bütil alkol ve azalan önem derecesine göre çam yağı, kresilik asit ve terepentin olmaktadır. Köpürtücü reaktif miktarı uygulamada 50 ile 250 g/t arasında değişmektedir. En yaygın toplayıcı reaktifler ise: gazyağı, fuel-oil ve kreozottur. Toplayıcı reaktif miktarı da uygulamada 250-2500 g/t arasında değişir. Yüksek flotasyon verimi elde için sadece uygun reaktif seçimi ve bunun yeterli miktarda ilavesi değil, aynı zamanda bu reaktifin kömür tanelerince yüze soğurulmasını sağlamakta önemlidir. Diğer bir deyişle kıvam I amanın da flotasyonda öne-



Şekil 1. Armutçuk lavuan basitleştirilmiş akım şeması.

mi büyüktür. Flotasyon devrelerinde kıvamlama, flotasyon bataryasının ilk hücresinde yapılabileceği gibi, bir kıvamlama tankında da yapılabilir. İngiliz kömürlerinin kıvamlama zamanının kömür cinsine, pü lpte ki katı oranına ve tane boyutuna bağlı olarak 5 saniye ile 3 dakika arasında değişmektedir (S).

Yukardaki bilgilerin ışığında bu çalışmanın amacı, şu şekilde özetlenebilir: katı oranı, reaktif miktarı, reaktif cinsi ve tane boyut sınıflandırmasının flotasyon üzerine etkilerini incelemek ve deneysel bulgulara göre, Armutçuk lavarı mevcut flotasyon devresinin verimini artırıcı uygulamaya yönelik öneriler getirebilmektir.

2. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM

2.1. Numune

Bu çalışmada kullanılan Armutçuk lavarı kömür numunesi, flotasyon devresine belemenin yapıldığı şlam havuzundan alınmıştır. Bu numune, elek analizi, kısa analiz ve flotasyon deneyleri için temsilî örnek alımını kolaylaştırmak ama-

ciyla laboratuvarında oda sıcaklığında kurutulmuştur. Yapılan flotasyon deneyleri kurutma İşleminin flotasyon sonuçlarını etkilemediğini göstermiştir.

Armutçuk şlam numunesinin kısa analiz ve elek analiz sonuçları Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Çizelge 1 — Armutçuk Lavvan Şlam Numunesi Analiz Değerleri.

	Analiz		Havada	Kuru
	Tipleri		Kuru Kömürde	Kömürde
Kısa Analiz	Nem	%	2.8	—
	Kül	%	32.2	33.1
	Uçucu Madde	%	31.3	21.9
Kükürt	Sabit Karbon	%	43.7	45.0
	Toplam	%	100.0	100.0
	Kükürt	%	0.5	0.51
Isı Değeri	Aşağı Kalori Değeri (Kcal/kg)		4285	4426
	Yukarı Kalori Değeri (Kcal/Kg)		4469	4595

Çizelge 2 — Armutçuk Lavvan Şlam Numunesi Elek Analizi

Elek Açıklığı Mikron	Ağırlık		Kül <%	KÜmülatif Elek üstü	Kümülatif Elek Altı	Kömür Dağılımı (%)	Ortalama Kül (%)
	(gr)	(%)					
+ 589	14.7	7.6	10.13	7.6	92.4	9.81	10.13
- 589 + 295	53.7	27.6	10.23	35.3	64.7	35.79	10.21
- 295 + 208	29.0	15.0	15.04	50.3	49.7	18.36	11.65
- 208 + 147	20.2	10.4	21.87	60.7	39.3	11.69	13.40
- 147 + 104	16.3	8.4	29.18	69.1	30.9	8.57	15.32
- 104 + 53	23.9	12.4	50.81	81.5	18.5	8.79	20.72
- 53	35.8	18.5	73.78	100.0		6.99	30.53
TOPLAM	193.6	100.0	30.53	—	—	100.0	30.53

22. Flotasyon Deneyleri

Flotasyon deneyleri 2 lt'lik Humboldt-Wedag flotasyon hücresinde yapılmıştır. Bu çalışmada toplayıcı ve köpürtücü reaktifler bir karışım olarak hazırlanıp, flotasyon pülpüne beslenmişlerdir. Reaktif cinsi belirtilmediği durumlarda % 90 gazyağı ve % 10MIBC karışımı, flotasyon reaktifleri olarak kullanılmıştır.

Bütün flotasyon deneylerinde musluk suyu kullanılmış olup, bu suyun pH değeri zaman zaman kontrol edilmiştir. pH değerinin 7 ile 8 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca deneylerde pervane hızı 1 200 rpm'de ve hava verimi de 5 lt/dak. olarak sabit tutulmuşlardır. Flotasyon deneylerinde aşağıdaki işlemler dizisi izlenmiştir:

- Katılar flotasyon hücresinde, reaktif ilavesi olmaksızın 5 dak. süreyle karıştırılıp ıslatılmışlardır.
- Bu sürenin sonunda flotasyon reaktifleri ilave edilerek pülp 2 dak. süreyle kıvamlamaya tabi tutulmuştur.
- Daha sonra hava musluğu açılarak 3 dak. süreyle köpük alınmıştır.
- Elde edilen konsantre ve artık filtre edilip, kurutulduktan sonra kül analizine verilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan flotasyon hücresi ile elde edilen sonuçların yeniden üretilebilirliği (reproducibility) ve hassasiyeti (accuracy or sensivity) çalışılmış ve sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir. Bu çizelgeden görülebileceği gibi sonuçların yeniden üretilebilirliği iyi olup, kabul edilebilir standard sapma değerleri bulunmuştur.

3. DENEYSEL BULGULAR VE İRDELENMESİ

3.1. Optimum Deney Koşullarının Saptanması

3.1.1. Katı Oran ve Reaktif Miktarının Flotasyon Üzerine Etkisi

Uç farklı katı oranı için (% 5, 10 ve 25 katı), verimin reaktif miktarı ile değişimi Şekil 2a'da gösterilmektedir. Aynı şekilde alttaki eğriler (Şekil 2b, c, d), sözü geçen verimlere özgü konsantre miktarı, konsantre külü ve artıktaki küllerin yine reaktif miktarı ile değişimini vermektedir. Şekilden de görülebileceği üzere verim ve konsantre miktarı % 10 ve % 25 katı oranları için benzer biçimde 500 g/t reaktif miktarına kadar artmakta ve yüksek reaktif miktarları bu artımda daha az etkili olmaktadır. % 5 katı oranı için, verim ve konsantre miktarı artan reaktif miktarıyla sürekli bir artım göstermektedir. Diğer önemli bir nokta da düşük reaktif miktarlarında (< 500 g/t) % 25 katı oranının % 5-10 katı oranlarından dahayük-

Çizelge 3 – Flotasyon Sonuçlarının Yeniden Üretüebi Üriği

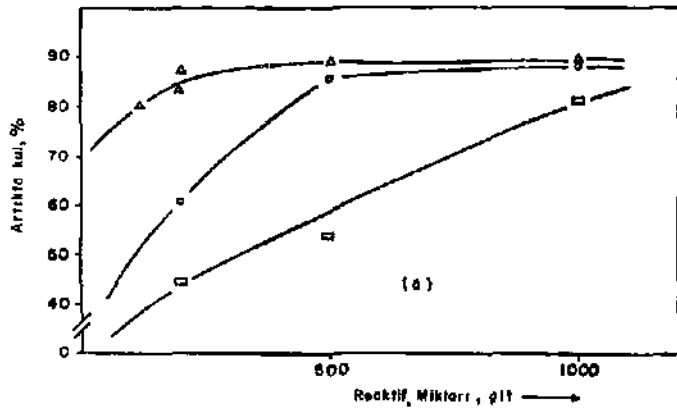
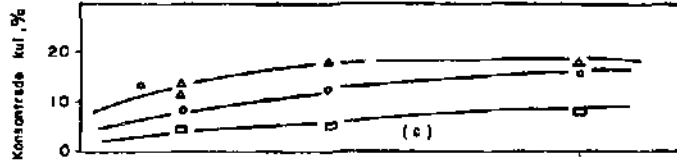
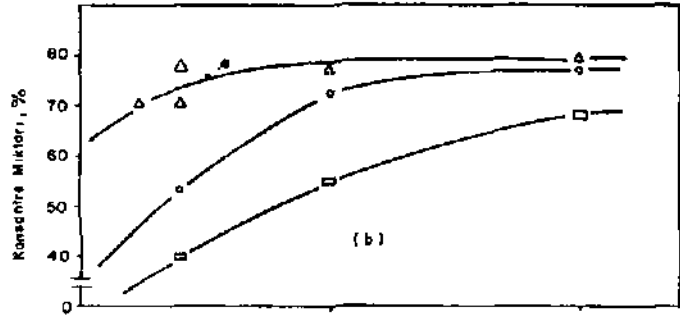
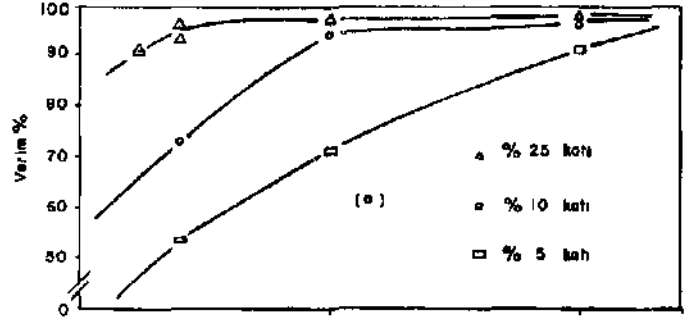
Test No.	Konsantre					Artık		Madde Balansı	
	Katı Ağırlığı (gr)	Yaş Köpük Ağırlığı (gr)	Kuru Katı Ağırlığı (gr)	Yüzen ürün Ağırlığı (%)	Kül (***) (%)	Kuru Katı Ağırlığı (gr)	Kül (***) (%)	Ağırlık (*) Bazına Göre (%)	Kül (**) Bazına Göre (%)kb
	(1)	(2)	(3)	100x(3)/(1)	(4)	(5)	(6)		
1	200	451	146	72,6	13,03	46	88,26	96,0	31,05
2	200	457	145	72,5	14,00	45	88,75	95,0	31,70
3	200	462	146	72,6	15,33	45	89,00	95,5	32,69
4	200	447	148	74,0	15,05	43	89,45	95,5	31,80
5	200	489	147	73,5	15,58	42	89,62	94,5	32,03
\bar{x}		461,2		73,0				95,3	31,71
s		16,6		0,7				0,6	0,6

(*) Ağırlık balansını kontrol için hesaplanmıştır. $100((3) + (5))/(1)$

(**) Kül balansını kontrol için hesaplanmıştır. $((3)x(4) + (5) x (6))/((3) + (5))$

(***) (kb) kuru baz

$$s = \bar{x} \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$



Şekil 2 Verim, konsantre miktardan, konsantrede kul ve artıktaki kulan reaktif miktarı ile değişimi.

sek bir verim sağlamasıdır. Bunun, yüksek katı oranlarında kıvamlamanın daha verimli olmasından kaynaklandığı sanılmaktadır.

Konsantre ve artıdaki kül içeriği her üç katı oranı için de artan reaktif miktarıyla bir miktar artmakta ve yüksek katı oranları, düşük katı oranlarına göre külü daha yüksek konsantreler vermektedir. Külün artmasına neden olarak, yüksek reaktif miktarlarında yüzmesi kolay kömür tanelerine ilaveten kenetli ve yüksek küllü tanelerin yüzmelerinden ileri geldiği söylenebilir. Yüksek katı oranlarında kül içeriğinin düşük katı oranlarına göre fazla olması, ince kil taneciklerinin köpüğe girmelerine bağlanabilir.

3.1.2. Reaktif Cinsinin Flotasyon Üzerine Etkisi

Bu deneylerde toplayıcı reaktif olarak gazyağı ve mazot, köpürtücü reaktif olarak da MIBC, İzoo-oktanol, çam yağı ve kresilik asid kullanılmıştır. Çizelge 4 bu toplayıcı ve köpürtücü reaktif kombinasyonlarının flotasyon üzerine etkilerini verir. Çizelgeden görülebileceği gibi, reaktif kombinasyonlarının flotasyon verim ve kül içeriklerini büyük ölçüde etkilemediği saptanmıştır. Ayrıca karışımdaki toplayıcı ve köpürtücü reaktif oranlarının değiştirilmesi de flotasyon sonuçlarını fazla etkilememiştir. Bu sonuç çalşılan kömür numunesinin kolay yüzebilir olduğunun göstergesidir.

3.2. Sınıflandırılmış Numunenin Flotasyonu

Yapılan elek analizi (Çizelge 2), kömürde fraksiyonel bir zenginleşme olduğunu göstermiştir. Örneğin; + 53 mikron fraksiyonunda kül içeriği % 33'den % 20'lere, + 104 mikron fraksiyonunda % 15'lere ve 4- 250 mikron fraksiyonunda % 12'lere düşmüştür. Bu nedenle sınıflandırılmış numuneye göre verimi daha yüksek, külü daha düşük konsantreler elde edilip edilemeyeceğini görmek amacıyla sınıflandırılmış numuneler üzerinde İki seri flotasyon deneyleri yapılmıştır. Birinci seride numune 53 mikronluk elekten elenerek sadece e le küstü flotasyon işlemine tabi tutulmuş ve elek altına herhangi bir işlem uygulanmamıştır. İkinci seride ise numune, 104 ve 250 mikronluk eleklerle elenerek elek alt ve üstleri ayrı ayrı flotasyon işlemine tabi tutulmuşlardır.

Sınıflandırılmış numune flotasyon sonuçları Çizelge 5, 6 ve 7'de verilmiştir. Çizelgelerin İncelenmesinden çıkarılan önemli sonuçlar aşağıda verilmektedir:

- Kül içeriği % 20 olan + 53 mikron fraksiyonu üzerinde yapılan flotasyon deneyleri, % 98 verimle [külün % 10'lara düşürülebileceğini göstermiştir. Katı oranının artırılması ile kül içeriği bir miktar artmıştır. — 53 mikron fraksiyonuna herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Bu fraksiyonun atılmasıyla meydana gelen kömür kaybı % 7 civarındadır.

Çizelge 4 — Çeşitli Reaktif Kombinasyonları İle Yapılan Flotasyon Deney Sonuçları

Reaktif Kombinasyonu	Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	Verim (%)
1 Gazyağı + MIBC	Konsantre Artık	78,2 21,8	13,5 89,0	96,6 3,4
2 Gazyağı + MIBC	Konsantre Artık	80,2 19,8	12,9 89,3	97,1 2,9
1 Gazyağı + İzo-oktanol	Konsantre Artık	75,5 24,5	12,5 88,0	95,7 4,3
1 Gazyağı + Çamyacı	Konsantre Artık	76,5 23,5	11,4 88,0	96,0 4,0
1 Gazyağı + Kresüik asid	Konsantre Artık	78,0 22,0	12,6 89,3	96,7 3,3
1 Mazot + MIBC	Konsantre Artık	78,4 21,6	13,5 89,0	96,6 3,4
1 Mazot + Çamyacı	Konsantre Artık	75,3 24,7	12,1 86,6	95,3 4,7

1 % 90 Kollektor % 10 Köpürtücü

2 % 75 Kollektor % 25 Köpürtücü

Katı oranı : % 15 katı

Reaktif miktarı: 600 g/t

— + **104** mikron fraksiyonu + 53 mikron fraksiyonuna benzer sonuçlar vermiş, % 99 verimle kül % 10'lara düşü rule bil mistir. Katı oranının artırılması sonuçları fazla etkilememiştir. — 104 mikron fraksiyonundaki flotasyon deneyleri olumlu sonuç vermemiştir. Diğer bir deyişle külü yüksek, verimi düşük konsantreler elde edilmiştir.

- % 12 kül içeren + 250 mikron fraksiyonundan % 98 verimle % 6 civarında kül içeren konsantre elde edilmiştir. Katı oranının artması sonucu fazla etikelemiştir. — 250 mikron fraksiyonu üzerinde yapılan flotasyon deneyleri, % 5 katı oranında % 87 verimle % 13 küllü konsantre üretilebilenini göstermiştir.

Çizelge 5 — + 53 Mikron Fraksiyon Flotasyon Deney Sonuçları

Katı Oranı ve Reaktif Miktarı	ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	Verim (%)
+ 15 Katı 600 g/t	Konsantre	88,3	10,6	98,4
	Artık	11,7	89,0	1,6
% 25 Katı 600 g/t	Konsantre	88,2	12,7	98,1
	Artık	11,8	87,6	1,9

Çizelge 6 — + 104 ve— 104 Mikron Fraksiyonları Flotasyon Deney Sonuçları

Fraksiyon, Katı Oranı ve Reaktif Miktarı	Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (<%)	Verim (%)
+ 104 Mikron % 15 Katı 600 g/t	Konsantre	91,1	9,4	98,8
	Artık	8,9	88,3	1,2
+ 104 Mikron % 25 Katı 600 g/t	Konsantre	92,6	10,5	99,0
	Artık	7,4	8,1	1,0
- 104 Mikron % 5 Katı 500 g/t	Konsantre	22,8	17,3	51,8
	Artık	77,2	77,3	48,2
- 104 Mikron % 5 Katı 1000 g/t	Konsantre	46,2	34,3	83,3
	Artık	53,8	88,7	16,7
- 104 Mikron % 10 Katı 1000 g/t	Konsantre	45,6	33,9	83,7
	Artık	54,4	89,2	16,3

Çizelge 7 — + 250 ve — 250 Mikron Fraksiyonları Flotasyon Deney Sonuçları

Fraksiyon, Katı oranı ve Reaktif Miktarı	Ürünler	Ağırlık	Kül	Verim
+ 250 Mikron % 15 Katı 600 g/t	Konsantre	90,9	5,7	97,8
	Artık	9,1	79,0	2,2
+ 250 Mikron % 25 Katı 600 g/t	Konsantre	93,6	6,3	99,1
	Artık	6,4	87,3	0,9
- 250 Mikron % 5 Katı 1000 g/t	Konsantre	56,1	13,5	87,1
	Artık	43,9	83,7	12,9
- 250 Mikron % 10 Katı 1000 g/t	Konsantre	64,9	20,3	92,7
	Artık	35,1	88,4	7,3

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

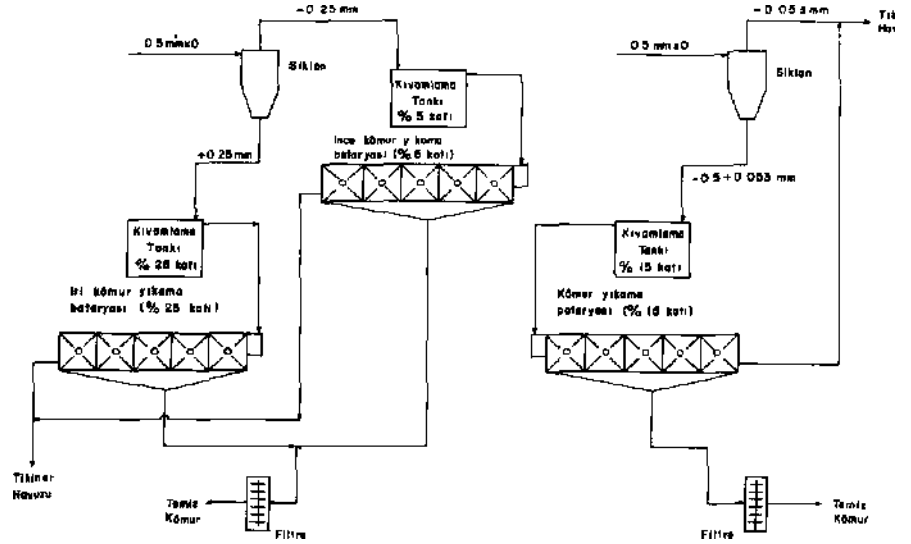
Bu çalışmadaki deneysel bulgulardan aşağıdaki genel sonuçlar çıkarılabilir:

1- Elek analizi sonuçları flotasyon devresine beslenen şlamdan 0,5 mm'den İri malzemenin mevcut olduğunu göstermiştir. Bu İri malzemenin büyük bir kısmı kömür tanelerinden ibaret olup, flotasyon la yüzdü rülemey ip artıktta kalmaktadır. Böylece bir miktar kömür artıktta kaybedilmektedir. Bu kayba neden olan + 0,5 mm malzemenin flotasyon pülpüne girişini önleyici tedbirler alınmalıdır.

2- Orijinal numune üzerinde yapılan flotasyon deneyleri elde edilen konsantre kalitesinin katı ve reaktif miktarından etkilendiğini göstermiştir. Yüksek verimle % 11 külü konsantre % 8 katı oranı ve 600 g/t reaktif miktarında elde edilmiştir. Bu değerlerden sapmalar flotasyon sonuçlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, flotasyon devresinden yüksek verim eldesi için katı oranı ve reaktif miktarının kontrol edilmesi gerekliliği vardır.

3- Reaktif cinsinin (toplayıcı ve köpürtücü) ve bunların karışım oranlarının değiştirilmesinin flotasyon sonuçlarını büyük ölçüde etkilemediği bulunmuştur. Bir flotasyon reaktifi yerine diğerinin ikamesi flotasyonda fazla bir sorun çıkarmamaktadır

4- Flotasyona giren malzemenin sınıflandırılması elde edilen ürün kalite ve verimini, sınıflandırılmamış numunenin flotasyonuna göre artırılabilceğini göstermiştir. Bu nedenle mevcut flotasyon devresi yeniden düzenlenebilir, önerilen alternatif flotasyon devre akım şemaları Şekil 3a, b'de verilmiştir. Birinci devre-



Şekil 3. Armutçuk lawan mevcut flotasyon devresine alternatif olabilecek flotasyon devresi akım şemaları.

de (Şekil 3a); flotasyona giren malzeme iki fraksiyona ayrılarak İri (+ 250 mikron) ve ince {- 250 mikron) fraksiyonları ayrı, ayrı yüzdürülürler. Bu devrede herhangi bir kömür kaybı söz konusu değildir. İkinci devrede (Şekil 3b); giren malzeme yine iki fraksiyona ayrılır. Fakat, sadece bu iki fraksiyondan biri, + 53 mikron fraksiyonu yıkamaya tabi tutulur. Diğer fraksiyon (- 53 mikron) yüksek kül içeriği nedeniyle herhangi bir işleme tabi tutulmayıp atılır. Burada yaklaşık % T lik bir kömür kaybı olacaktır.

5- Yapılan bu çalışmaların bir de pilot çapta denenmesinde fayda olacağı görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. SEZER, N., Kişisel Görüşme, 1984.
2. ZIMMERMAN, R.E., Froth Flotation of Coal, in 'Coal Preparation', 4th Ed., Leonard J.W. Ed., AIME, 1979, New York, pp. 10-75/10-82.
3. APLAN, F.F., Coal Flotation, in 'Flotation, A.M. Gaudin Memorial Volume', Vol. 2, Fuerstenaue.M.C. Ed., AIME, 1976, New York, pp. 1235-1265.
4. GAYLE, J.B., and EDDY, W.H., Effects of Selected Operating Variables on Continuous Cell Flotation of Coal, RI 5989, 1962, USBM.
5. ZIMMERMAN, R.E., Froth Flotation in Modern Coal Preparation Plants, Min. Congr. J., Vol. 50, No. 5, 1964, pp. 35-40.
6. WHARTON, E.N., MASON, G.A., The Practice of Coal Flotation, Mine and Quarry, Vol. 5, No. 8, 1976, pp. 49-51.
7. DELL, C.C., The Effects of Solids Concentration, Coal Preparation, Vol. 4, No. 3, 1978, pp. 101-103.
8. LEWIS, J.L., Coal Flotation Practice in the UK, Access J. of the Min. Expl. Soc, 1976, UCC, pp. 6-14.