

Zonguldak İnce Taşkömürlerinin Optimal Flotasyon Parametrelerinin Verimlilik İndeksi ile Belirlenmesi

Özcan Öney¹, Emrecan Bilgin²

¹ Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Uşak.

² Rocamar Mermer San. ve Tic. Ltd. Şti., Uşak.

e-posta: ozcan.oney@usak.edu.tr

Geliş Tarihi: 18.08.2016

; Kabul Tarihi: 07.12.2016

Özet

Anahtar kelimeler

Verimlilik indeksi,
Kömür flotasyonu,
Toplayıcı, Köpürtücü

Kömür madenciliğinde mekanizasyona bağlı olarak ince kömür üretimi düzenli bir şekilde artmaktadır. Flotasyon mevcut durumda ince kömürlerin zenginleştirilmesinde kullanılan en etkili yöntemdir. Temiz kömür külü ve yanabilir verim flotasyon işleminin değerlendirilmesinde en yaygın olarak kullanılan parametrelerdir. Kömür yıkama performansı verimlilik indeksi olarak adlandırılan basit bir indeks ile değerlendirilebilir. Bu indeks çeşitli işletme koşulları altında temizleme işlemlerinin performansının karşılaştırılmasında kullanılan bir parametredir. Bu çalışmada, Zonguldak-Kozlu bölgesi % 46,10 küllü kömür numuneleri üzerinde yapılan deneylerde en uygun flotasyon parametreleri verimlilik indeksi ile tespit edilmiştir. En uygun tane boyutu, toplayıcı cinsi ve miktarı, köpürtücü cinsi ve miktarı ve bastırıcı miktarı tespit edilmiştir. Sonuçta % 55,48 ağırlığında ve % 18,84 küllü kaba temiz kömür elde edilmiştir. Ayrıca yapılan temizleme flotasyonunda nihai temiz kömür % 36,43 ağırlık oranında, %12,78 külde elde edilmiştir.

Determination of Optimum Flotation Parameters of Zonguldak Fine Hard Coal by Using Efficiency Index

Abstract

Keywords

Efficiency Index,
Coal flotation,
Collector, Frother

According to the improvement of coal mining mechanization techniques, the proportion of fine coal has been regularly increased. Flotation is still the most effective method of fine coal beneficiation in the present case. Clean coal ash and combustible recovery are commonly used flotation evaluation parameters. Coal cleaning performance can be evaluated by a simple index called efficiency index. This index is a useful parameter to compare the relative performances of the cleaning operation under the various operating conditions. In this study, the optimal flotation parameters of Zonguldak- Kozlu fine hard coal having 46.10% ash content were determined by using efficiency index. It was determined optimal particle size, collector type and dosage, frother type and dosage and depressant dosage. As a result, the rougher clean coal having 55.48% by weight and 18.84% ash content were obtained. Moreover, the clean coal having 36.43% by weight and 12.78% ash content were obtained in the cleaning flotation stage.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Kömür suya karşı hidrofob bir maddedir. Bu bakımdan, flotasyonla kömür yüzdürülmesi kolaydır. Buna rağmen, değişik kömür cinsleri ve türleri farklı flotasyon özelliği göstermektedir.

Koklaşma özelliği olan orta uçuculu kömürler, en iyi flotasyon özelliğine sahiptir. Yüksek uçucu madde içeren taşkömürleri, düşük uçucu madde içerenlere göre daha zor flote edilirler. Antrasitler ise, yüksek uçuculu taşkömürlerine göre daha da

zor flote edilirler. En zor flote edilen kömürler ise linyitlerdir (Kemal ve Arslan 2010).

Yüksek dereceli kömürler için reaktif tüketimi kömürün doğal yüzeyliliği nedeniyle azdır (Jia et al. 2003; Laskowski et al. 1984). Kömür flotasyonunda kullanılan en önemli toplayıcılar mazot ve gazyağıdır (Aplan, 1976; Chavez et al. 2009). Bazı özel durumlarda, fuel oil, kömür katranı, kreozot ve uzun zincirli aminler (okside kömürler için) kullanılır (Chavez et al. 2009). Kömür flotasyonunda, mono-hidrojen alifatik alkoller ve mono-karboksilik asitler iyi köpürtücülerdir.

Hidrokarbonradikali 5 ile 8 karbon atomu içeren ve özellikle en uygunu 8 olan köpürtücüler iyi köpürtücülerdir. Köpürtücü olarak amil, heksil, heptil ve oktil alkoller sayılabilir. Metil izobütil karbinol (MIBC) de sıklıkla kullanılan bir alifatik alkol olup aynı zamanda toplayıcı özelliğe de sahiptir. Read ve Rapp (1989) tarafından yapılan bir çalışmada, bu köpürtücünün ince tane boyutunda daha etkili olduğu belirtilmektedir. Yüksek kil, silikat ve özellikle kuvars içeren şamlarda bastırıcı olarak sodyum silikat, sodyum hegzametafosfat, lignin, polimerik sülfonatlar, quebrecho ve tanin kullanılır (Öney, 1993).

Tane boyutu flotasyonu etkileyen önemli bir faktördür (Cheng et al. 2013; Ata, 2005; Tao, 2004). Ma (1992) tarafından yapılan bir çalışmada kömür flotasyonunda en uygun tane boyutunun -0,5 mm olduğu belirtilmiştir. Xie ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada tane boyutu dört faktör arasında (tane boyutu, katı oranı, reaktif miktarı ve reaktif oranı) en önemli faktördür.

Flotasyon işleminin değerlendirilmesinde genellikle temiz kömür külü ve yanabilir verim kullanılır (Cheng et al. 2013; Wang, 1990; Kuang, 1991). Kömür yıkama performansı verimlilik indeksi olarak adlandırılan basit bir indeks ile de değerlendirilebilir. Bu indeks çeşitli işletme koşulları altında zenginleştirme performansının karşılaştırılması için kullanılan bir parametredir. En uygun işletme parametreleri verimlilik indeksinin en yüksek olması ile belirlenmektedir. Verimlilik indeksi değeri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Vanangamudi, 1981).

$$\text{Verimlilik İndeksi (E)} = \frac{\text{Yanabilir verim} \times \text{Artık külü}}{\text{Temiz kömür külü}} \quad (1)$$

Ülkemizde en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak Havzasında bulunmaktadır. Havzada bugüne kadar yapılan rezerv arama çalışmalarında, -1200 m derinliğe kadar tespit edilmiş toplam jeolojik rezerv 1,31 Milyar ton olup, bunun % 39'u (yaklaşık 514 Milyon ton) görünür rezerv olarak Kozlu, Üzümlü ve Karadon bölgelerinde yer almaktadır. Koklaşabilir taşkömürü rezervlerinin toplam rezervler içerisindeki payı yaklaşık % 67'dir (TTK, 2015).

Kozlu Bölgesi taşkömürleri uluslararası taşkömürü sınıflandırılmasına göre 533 kodu ile belirtilmekte olup uçucu madde oranı % 28-33 arasında ve şişme indeksi 4,5-9 arasında olan ve orta koklaşır özelliklerine sahip kömürler sınıfındadır (TTK, 2015). Ancak bu bölgede üretilen -0,5 mm boyutundaki taşkömürleri zenginleştirme işlemine tabi tutulmadan susuzlandırılarak yüksek küllü (%47) santral yakıtı elde edilmektedir. Flotasyon metodu ile kolay zenginleştirilebilen bu kömürlerin ağır ortam siklonlarından elde edilen 0-10 mm boyutunda metalurjik kömüre karıştırılarak demir-çelik sektöründe kullanımı daha uygun olacaktır.

Bu çalışmada Zonguldak-Kozlu bölgesi ince taşkömürlerinin en uygun kaba flotasyon parametrelerinin saptanmasında amacıyla deneyler yapılmıştır. Deneylerde tane boyutu, toplayıcı cinsi ve miktarı, köpürtücü cinsi ve miktarı ile bastırıcı miktarı verimlilik indeksi kullanılarak belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan numuneler Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Kozlu Taşkömürü Müessese Müdürlüğü Kozlu Lavvarı filtrasyon tesisine besleme ünitesinden alınmıştır. Besleme malı elek analizi ve kül analizi sonuçları Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Filtrasyon besleme malı elek analiz sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık	Kül	Kümülatif Elek Üstü		Kümülatif Elek Altı	
	(%)	(%)	Ağ. (%)	Kül (%)	Ağ. (%)	Kül (%)
1,18-0,850	10,58	46,96	10,58	48,95	100,00	48,27
0,85-0,600	12,26	46,46	22,84	48,69	89,42	48,19
0,600-0,425	11,34	46,85	34,18	48,80	77,16	48,14
0,425-0,300	8,58	49,01	42,76	49,24	65,82	47,99
0,300-0,212	14,77	49,60	57,52	50,11	57,24	47,54
0,212-0,150	9,02	48,47	66,54	50,16	42,48	45,78
0,150-0,106	11,19	44,62	77,73	49,65	33,46	44,51
0,106-0,075	14,87	41,52	92,59	48,66	22,27	43,46
-0,075	7,41	41,33	100,00	48,27	7,41	43,33
Toplam	100,00	46,10				

Besleme malı boyut dağılımı ve kül içeriği açısından incelendiğinde; besleme malının tamamı 1,18 mm altında olup kül oranı % 46,10 dur. Tane boyutu azaldıkça kül oranı 0,212 mm tane boyutuna kadar artmakta daha sonra hızlı bir şekilde azalmaktadır. 1,18-0,85 mm tane boyutunda kül oranı % 46,96 iken -0,075 mm tane boyutundaki kül oranı % 41,33 olmaktadır.

Kozlu lavvarı şlam numunesi üzerinde yapılan analiz sonuçları Tablo 2'de verilmektedir. Numunenin havada kuru analizine göre nem oranı % 0,4, uçucu madde oranı % 20,01 ve sabit karbon % 33,49 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Kozlu lavvarı şlam numunesi analizi

		Havada kuru	Kuru
Nem	(%)	0,4	--
Kül	(%)	46,1	46,29
Uçucu Madde	(%)	20,01	20,09
Sabit Karbon	(%)	33,49	33,62
Toplam		100	100

2.2 Metot

Zonguldak-Kozlu bölgesi taşkömürlerinin kaba flotasyon parametrelerinin tespit edilmesi amacıyla deneyler yapılmıştır. Bu amaçla en uygun tane boyutu, köpürtücü cinsi ve miktarı, toplayıcı cinsi ve

miktarı ile bastırıcı miktarı verimlilik indeksi ile değerlendirilmiştir.

Bu indeks ile en uygun koşullarda elde edilen kaba flotasyon ürünlerine tek kademeli temizleme işlemi uygulanmıştır.

Flotasyon deneyleri; Denver tipi flotasyon makinesi ile 1,2 L'lik flotasyon selülünde, 1400 dev/dk karışma hızında, doğal pH (7,8) ortamında ve % 11 katı oranında yapılmıştır. Deneylerde bastırıcı olarak sodyum silikat (Na_2SiO_3), toplayıcı olarak gazyağı, mazot, sodyum diizobütil ditiyofosfat (Aero3477) ve n-dodecane, köpürtücü olarak metil izobütil carbinol (MIBC), izooktanol, tri propilenglikol butil eter kullanılmış ve her bir reaktif ilave edildikten sonra 3 dakika kondisyonlama yapılmıştır. 3 dakikalık köpük toplama işlemi sonrasında elde edilen temiz kömür ve artık vakum pompasında susuzlandırıldıktan sonra etüvde kurutulmuştur.

3. Bulgular

3.1 En uygun tane boyutunun belirlenmesi çalışmaları

Elek analizi sonuçlarına göre besleme malının % 34,18'i 0,6 mm üzerindedir. Bu nedenle en uygun tane boyutunun belirlenmesi amacıyla numuneler orijinal (-1,170mm) ve -0,850 mm, -0,600 mm, -

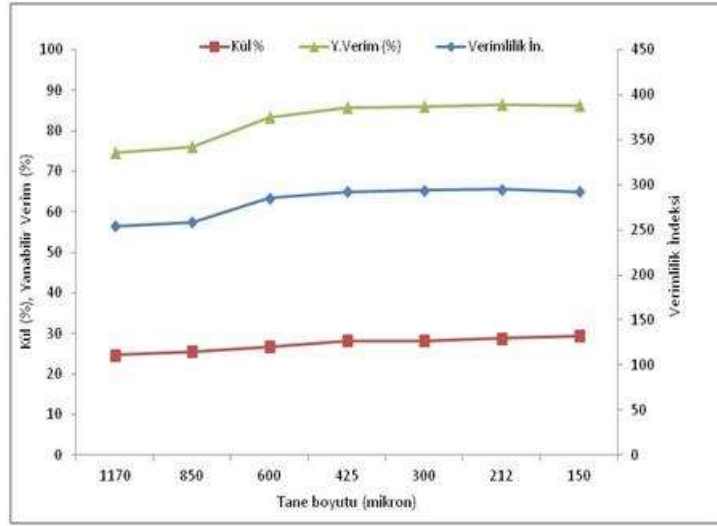
0,425 mm, -0,300 mm, -0,212 mm ve -0,150 mm boyutlarına öğütülmüştür. Bu fraksiyonlar ile yapılan deney sonuçları Tablo 3 ve Şekil 1'de verilmektedir.

Tablo 3. En uygun tane boyutu çalışmaları (İzooktanol: 100 g/t, gazyağı: 400 g/t, devir: 1400 dev/dk, katı oranı : %11)

Tane boyutu (mikron)		Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Verimlilik İndeksi
1170	Kaba temiz kömür	57,52	24,67	81,56	254,41
	Artık	42,48	76,95	18,44	
	Toplam	100,00	46,88	100,00	
850	Kaba temiz kömür	60,11	25,54	83,98	258,41
	Artık	39,89	78,59	16,02	
	Toplam	100,00	46,70	100,00	
600	Kaba temiz kömür	65,28	26,78	90,06	285,17
	Artık	34,72	84,80	9,94	
	Toplam	100,00	46,92	100,00	
425	Kaba temiz kömür	69,27	28,09	93,18	292,34
	Artık	30,73	88,13	6,82	
	Toplam	100,00	46,54	100,00	
300	Kaba temiz kömür	70,07	28,12	93,52	293,80
	Artık	29,93	88,34	6,48	
	Toplam	100,00	46,14	100,00	
212	Kaba temiz kömür	71,31	28,78	94,54	294,93
	Artık	28,69	89,78	5,46	
	Toplam	100,00	46,28	100,00	
150	Kaba temiz kömür	73,63	29,41	95,30	292,55
	Artık	26,37	90,28	4,70	
	Toplam	100,00	45,46	100,00	

Deney sonuçlarına göre tane boyutu azaldıkça kaba temiz kömür kül oranı ve yanabilir verim artmaktadır. Verimlilik indeksine göre değerlendirme yapıldığında -1,170 mm tane boyutunda verimlilik indeksi 254,41 iken bu değer

tane boyutu azaldıkça hızla artmakta ve -0,425 mm tane boyutunda 292,34 değerine ulaşmaktadır. Bu boyuttan sonra yaklaşık olarak aynı kalmaktadır. Bu nedenle diğer flotasyon aşamalarında en uygun tane boyutu -0,425 mm olarak saptanmıştır.



Şekil 1. En uygun tane boyutu deneyleri (izooktanol: 100 g/t, gazyağı: 400 g/t, 1400 dev/dk, katı oranı : %11)

3.2 En uygun toplayıcı ve miktarının belirlenmesi çalışmaları

En uygun toplayıcı cinsi ve miktarını belirlemek amacıyla gazyağı, mazot, aero3477 ve n- dodecane olmak üzere 4 farklı toplayıcı kullanılmıştır. Bu

toplayıcılarla 100 g/t, 300 g/t ve 500 g/t miktarlarında deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 4 ve Şekil 2'de verilmektedir.

Tablo 4. En uygun toplayıcı tespiti için yapılan deney sonuçları (izooktanol: 75 g/t, devir: 1400 dev/dk, katı oranı : %11)

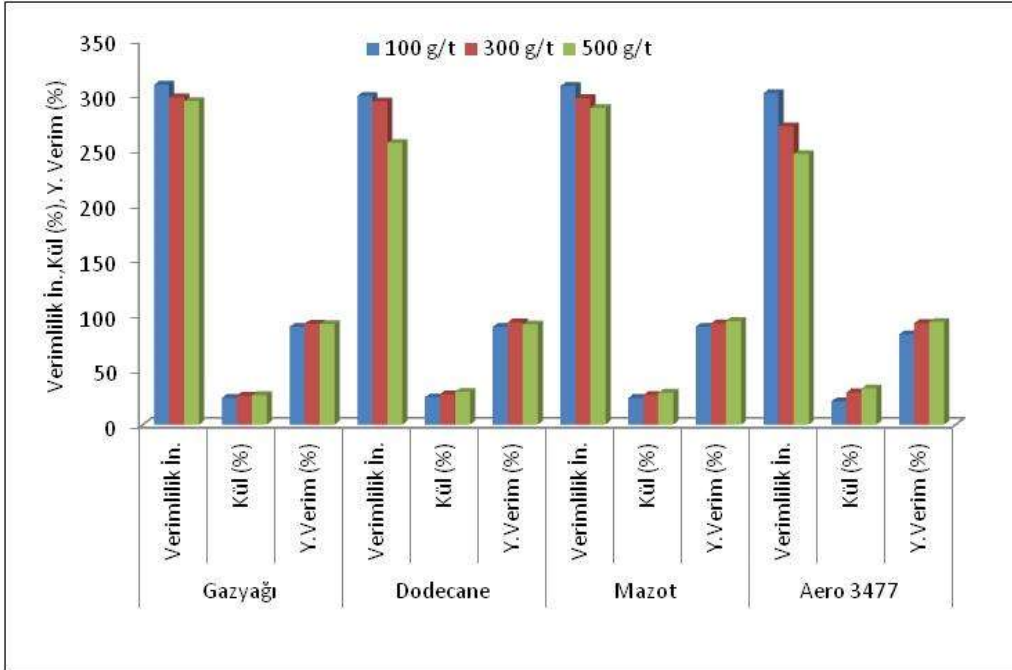
Toplayıcı cinsi	Toplayıcı Miktarı (g/t)		Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir verim (%)	Verimlilik İndeksi
Gazyağı	100	Kaba temiz kömür	62,75	24,24	89,03	309,51
		Artık	37,25	84,27	10,97	
		Toplam	100,00	46,60	100,00	
	300	Kaba temiz kömür	68,39	26,37	91,74	297,96
		Artık	31,61	85,65	8,26	
		Toplam	100,00	45,11	100,00	
	500	Kaba temiz kömür	67,12	26,78	91,52	294,47
		Artık	32,88	86,16	8,48	
		Toplam	100,00	46,30	100,00	
N-Dodecane	100	Kaba temiz kömür	64,50	24,78	89,07	299,17
		Artık	35,50	83,23	10,93	
		Toplam	100,00	45,53	100,00	
	300	Kaba temiz kömür	70,27	27,63	93,09	294,16
		Artık	29,73	87,31	6,91	
		Toplam	100,00	45,37	100,00	
	500	Kaba temiz kömür	70,65	29,76	91,20	256,47
		Artık	29,35	83,69	8,80	
		Toplam	100,00	45,59	100,00	
Aero 3477	100	Kaba temiz kömür	56,71	21,11	82,15	301,80
		Artık	43,29	77,55	17,85	
		Toplam	100,00	45,54	100,00	
	300	Temiz Kömür	70,27	29,29	92,34	271,59
		Artık	29,73	86,14	7,66	

		Toplam	100,00	46,19	100,00	
		Kaba temiz kömür	74,34	32,83	93,50	
	500	Artık	25,66	86,47	6,50	246,26
		Toplam	100,00	46,60	100,00	
		Kaba temiz kömür	63,43	24,27	89,12	
	100	Artık	36,57	83,97	10,88	308,35
		Toplam	100,00	46,10	100,00	
		Kaba temiz kömür	68,34	26,86	92,18	
Mazot	300	Artık	31,66	86,61	7,82	297,22
		Toplam	100,00	45,78	100,00	
		Kaba temiz kömür	72,26	28,98	94,23	
	500	Artık	27,74	88,67	5,77	288,33
		Toplam	100,00	45,54	100,00	

miktarlarında bu indeks değeri sırasıyla 297,96 ve 294,47 olmuştur.

Toplayıcı miktarı arttıkça kaba temiz kömür miktarı ve kül oranı artmakta buna karşılık verimlilik indeksi azalmaktadır. Gazyağı kullanılarak yapılan deneylerde, 100 g/t gazyağı miktarında verimlilik indeksi 309,51 iken 300 g/t ve 500 g/t gazyağı

Diğer toplayıcılar ile yapılan deneylerde daha yüksek oranlarda kaba temiz kömür külü ve daha düşük verimlilik indeksi değerleri elde edilmiştir. Bu nedenle en uygun toplayıcı olarak gazyağı seçilmiştir.

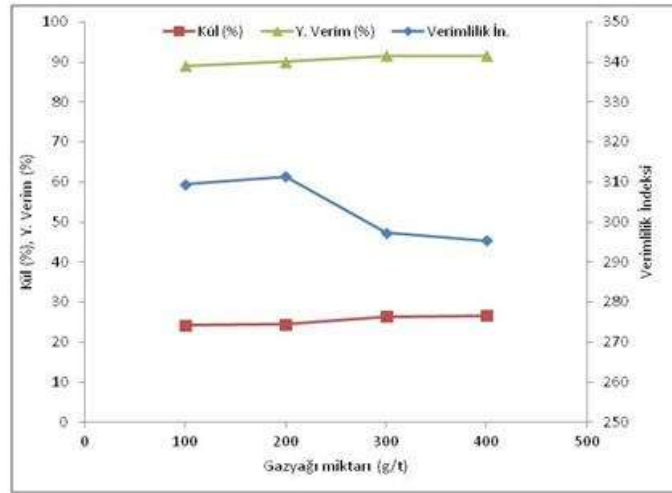


Şekil 2. En uygun toplayıcı tespiti için yapılan deney sonuçları (İzooktanol: 75 g/t, devir: 1400 dev/dk, katı oranı : %11)

En uygun gazyağı miktarının tespit edilmesi amacıyla daha önce yapılan çalışmalara ilave olarak 200 g/t ve 400 g/t miktarlarında flotasyon deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları Şekil 3'de

verilmektedir. 200 g/t gazyağı kullanılarak yapılan deneylerde verimlilik indeksi değeri 311,40 olarak hesaplanmıştır. 400 g/t gazyağı kullanılarak yapılan deneylerde verimlilik indeksi değeri 295,35 olmuştur. Bu nedenle en uygun gazyağı miktarı 200

g/t olarak tespit edilmiş ve bundan sonraki gazyağı kullanılmıştır. parametrelerin tespit edilmesinde bu miktardaki



Şekil 3. En uygun gazyağı miktarı için yapılan deney sonuçları (Oktanöl: 75 g/t, devir: 1400 dev/dk, katı oranı : %11) kullanılarak deneyler yapılmıştır. Bu amaçla 50 g/t, 75 g/t, 100 g/t ve 125 g/t köpürtücü miktarlarında deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 5 ve Şekil 4'de verilmektedir.

3.3 En uygun köpürtücü ve miktarının belirlenmesi çalışmaları

Toplayıcı cinsinin ve miktarının tespit edilmesinden sonra 3 farklı tipte köpürtücü (Metil izobutil carbinol, Tripropilen glikol butil eter ve izooktanöl)

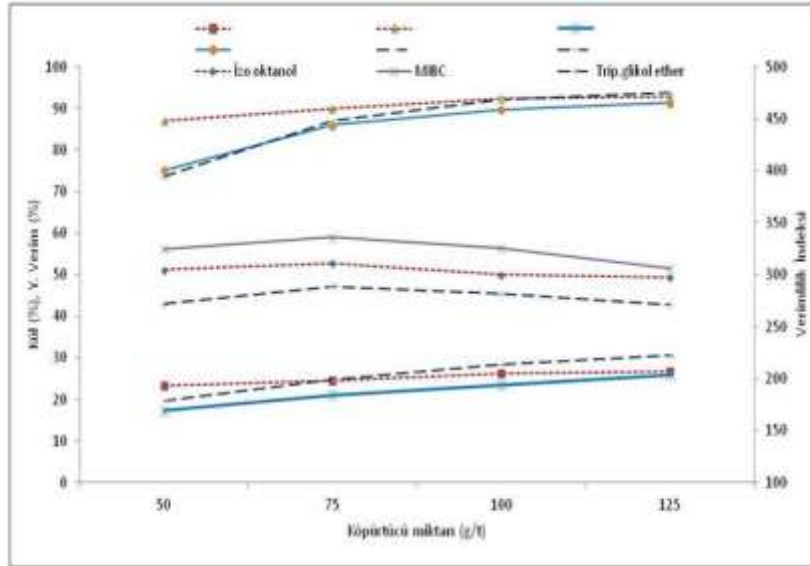
Tablo 5. En uygun köpürtücü tespiti için yapılan deney sonuçları (Gazyağı: 200 g/t, devir: 1400 dev/dk, katı oranı : %11)

Köpürtücü	Köpürtücü Miktarı (g/t)		Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir verim (%)	Verimlilik İndeksi
Oktanöl	50	Kaba temiz kömür	61,61	23,36	87,10	304,93
		Artık	38,39	81,78	12,90	
		Toplam	100,00	45,79	100,00	
	75	Kaba temiz kömür	64,63	24,52	90,06	311,40
		Artık	35,37	84,78	9,94	
		Toplam	100,00	45,83	100,00	
	100	Kaba temiz kömür	70,21	26,37	92,36	299,99
		Artık	29,79	85,65	7,64	
		Toplam	100,00	44,03	100,00	
	125	Kaba temiz kömür	71,10	26,78	92,78	297,87
		Artık	28,90	85,98	7,22	
		Toplam	100,00	43,89	100,00	
MIBC	50	Kaba temiz kömür	47,86	17,31	75,11	324,75
		Artık	52,14	74,85	24,89	
		Toplam	100,00	47,32	100,00	
	75	Kaba temiz kömür	57,80	21,11	86,01	335,89
		Artık	42,20	82,42	13,99	
		Toplam	100,00	46,98	100,00	
	100	Kaba temiz kömür	62,23	23,55	89,68	325,61
		Artık	37,77	85,50	10,32	

		Toplam	100,00	46,95	100,00	
		Kaba temiz kömür	64,66	25,98	91,33	
125		Artık	35,34	87,14	8,67	306,34
		Toplam	100,00	47,59	100,00	
		Kaba temiz kömür	48,57	19,68	73,55	
50		Artık	51,43	72,72	26,45	271,74
		Toplam	100,00	46,96	100,00	
		Kaba temiz kömür	61,42	24,76	86,99	
75		Artık	38,58	82,09	13,01	288,42
		Toplam	100,00	46,88	100,00	
		Kaba temiz kömür	68,09	28,45	92,21	
100		Artık	31,91	87,09	7,79	282,31
		Toplam	100,00	47,16	100,00	
		Kaba temiz kömür	71,14	30,64	93,74	
125		Artık	28,86	88,58	6,26	270,99
		Toplam	100,00	47,36	100,00	

Kaba flotasyon deneylerinde en yüksek verimlilik indeksi değerleri MIBC ile yapılan deneylerde elde edilmiştir. 50 g/t MIBC miktarında bu indeks 324,75 iken 75 g/t miktarında 335,89 ile en yüksek değerdedir. Tripropilen glikol butil eter ile yapılan deneylerde diğer iki köpürtücüye göre daha düşük verimlilik indeksi elde edilmiştir.

Sonuçta köpürtücü cinsinin belirlenmesi çalışmalarında en uygun sonuçlar MIBC ile elde edilmiş olup en uygun miktar 75 g/t olarak tespit edilmiştir



Şekil 4. En uygun köpürtücü tespiti için yapılan deney sonuçları (Gazyağı: 200 g/t, devir: 1400 dev/dk, Katı oranı : %11)

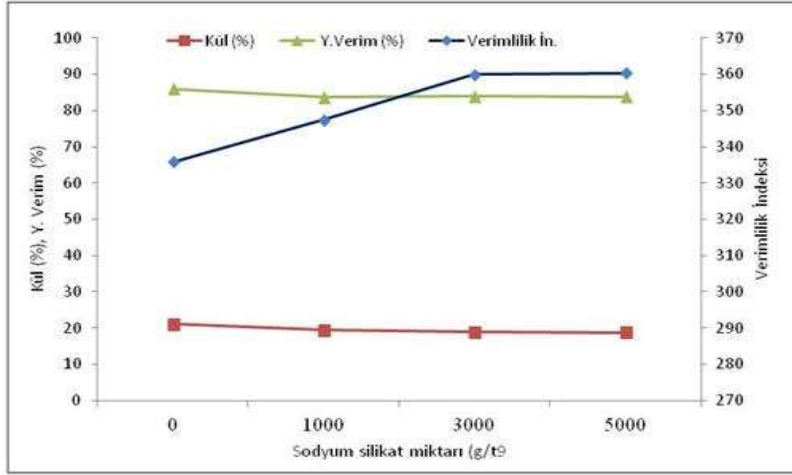
3.4 Bastırıcı miktarının belirlenmesi çalışmaları

Deneylerde bastırıcı olarak sodyum silikat kullanılmıştır. 1000 g/t, 3000 g/t ve 5000 g/t miktarında deneyler yapılmış olup sonuçlar Şekil 5'de verilmektedir. Bastırıcı kullanılmadan yapılan deneylerde % 21,11 küllü kaba temiz kömür

% 86,05 yanabilir verimle elde edilmiştir. 1000 g/t bastırıcı miktarında % 19,41 küllü kaba temiz kömür % 83,73 yanabilir verimle elde edilmiştir. Verimlilik indeksi ise 347,36'dır. 3000 g/t bastırıcı miktarında yapılan deneylerde % 18,84 küllü kaba temiz kömür % 84 yanabilir verimle elde edilmiş

olup verimlilik indeksi 360'a yükselmiştir.5000 g/t ile yapılan deneylerde ise kaba temiz kömür külü, yanabilir verim ve verimlilik indeksi değerleri 3000 g/t ile elde edilen değerlere oldukça yakındır

(360,33). Bu nedenle en uygun bastırıcı miktarı olarak 3000 g/t tespit edilmiştir.

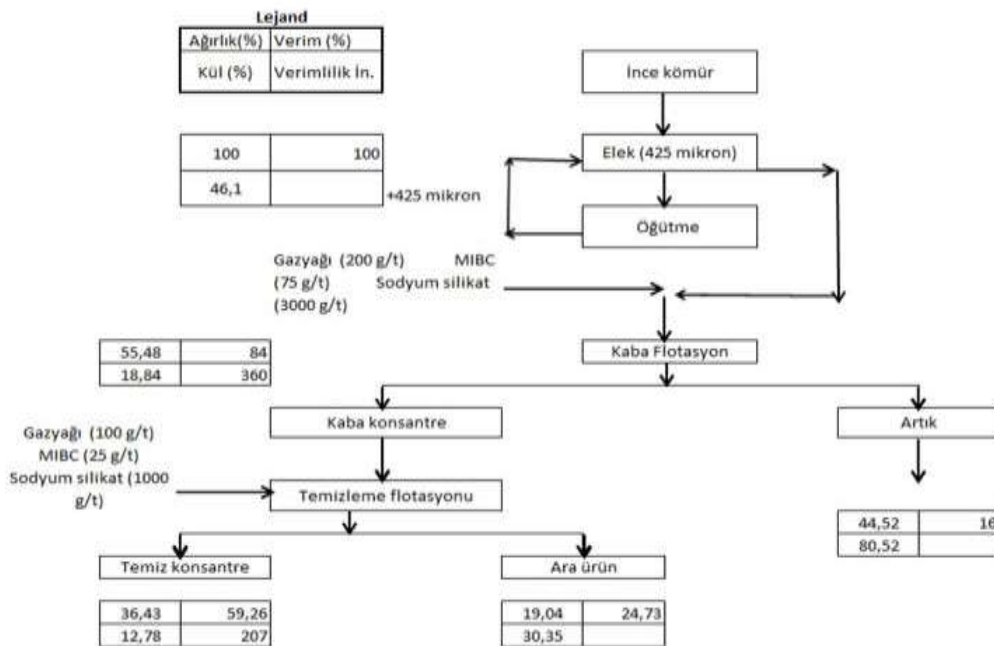


Şekil 5. En uygun sodyum silikat miktarı için yapılan deney sonuçları (izooktanol: 75 g/t, gazyağı: 200 g/t, devir: 1400 dev/dk, katı oranı : %11)

3.5 Deneysel akım şeması

Deneysel sonuçunda oluşturulan akım şeması Şekil 6'da verilmektedir. İnce kömürler 425 mikronluk elekten elenmekte, elek altı doğrudan flotasyon ünitesine beslenirken elek üstü öğütme işlemine tabii tutulmaktadır Kaba flotasyon devresinde 200 g/t gazyağı, 75 g/t MIBC ve 3000 g/t sodyum silikat kullanılmış ve diğer flotasyon parametreleri sabit (devir:1400 dev/k, pH: 7,8, katı oranı:% 11)

tutulmuştur. Bu devrede ağırlıkça % 55,48 oranında kaba temiz kömür % 18,84 küllü olarak elde edilirken, % 44,52 oranında artık % 80,52 küllü olarak elde edilerek atık olarak değerlendirilmektedir. Temizleme kademesinde 100 g/t mazot, 25 g/t MIBC ve 1000 g/t sodyum silikat kullanılmıştır. Tek kademeli temizleme flotasyonu sonunda % 36,43 oranında temiz kömür % 12,78 külda elde edilmiştir.



Şekil 6. Deneysel akım şeması

4. Tartışma ve Sonuç

Kaba flotasyonda -1,170 mm tane boyutunda verimlilik indeksi 254,41 iken, -0,425 mm tane boyutunda 292,34'e yükselmiştir. Bu nedenle en uygun tane boyutu -0,425 mm olarak saptanmıştır.

Toplayıcı miktarı arttıkça kaba temiz kömür kül oranı ve yanabilir verim artmakta, verimlilik indeksi ise azalmaktadır. En yüksek verimlilik değerleri gazyağı kullanılarak elde edilmiştir. Gazyağı ile (200 g/t) yapılan deneylerde, % 64,63 ağırlıksal oranda ve % 24,52 küllü kaba temiz kömür % 90,06 yanabilir verimle elde edilmiştir.

MIBC ile (75 g/t) yapılan deneylerde, % 57,80 ağırlıksal oranda ve % 21,11 küllü kaba temiz kömür % 86,01 yanabilir verimle elde edilmiştir.

Sodyum silikat ile (3000 g/t) yapılan deneylerde % 55,48 ağırlıksal oranda ve % 18,84 küllü kaba temiz kömür % 84 yanabilir verimle elde edilmiştir.

Sonuçta; temizleme flotasyonunda ağırlıkça % 36,43 oranında temiz kömür % 12,78 küllü edilmiş olup verimlilik indeks değeri de 207 olarak hesaplanmıştır.

Mevcut durumu ile Çatalağzı Termik santrali özelleştirilmiş olup kurum ile özel sektör arasında santral yakıtının temininde daha katı kurallar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle TTK'nın ince boyutlu toz kömürlerin (-0,5 mm) demir-çelik endüstrisi başta olmak üzere kullanımına yönelik çalışmalar yapması kaçınılmaz görünmektedir. Halen TTK tarafından -10+0,5 mm boyutunda % 8-10 küllü koklaşabilir kömürler demir-çelik fabrikalarına satılmaktadır. Yapılan çalışmada elde edilen % 12,78 küllü temiz kömürün, söz konusu -10+0,5 mm boyutuna ilave edilmek suretiyle elde edilen koklaşabilir ürün miktarında artış sağlanabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Aplan, F. F. 1976, Coal flotation, Gaudin Memorial Volume (M.C.Fuerstenau, Ed.) SME, Littleton, CO, 2, 1235–1264.
- Ata, S. 2005, The formation of bubble clusters in flotation cells. *International Journal of Mineral Processing*, 76 (1–2), 123–139.

- Chavez, A. P. and Ruiz, A. S. 2009, Considerations on the kinetics of froth flotation of ultrafine coal contained in tailings, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 29, 289–297.
- Cheng, G., Liu, J.T., Cao, Y.J. Wang, Y.T., Li,S.L and Yuan,C. 2013, Comparison of the flotation performance between wide and narrow particle size ranges of coal, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 33, 290–299.
- Jia, R., Harris G.H. and Fuerstenau , D.W. 2002 , Chemical reagents for enhanced coal flotation, *Coal Preparation*, 22, 123–149.
- Kemal, M., Aslan, V. 2010, Kömür Teknolojisi, Genişletilmiş 5. Baskı, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Kuang, Y. L., and Z. S. Wang. 1991, Research into methods of evaluating coal flotation efficiency. *Journal of China University of Mining &Technology*, 20 (1), 51–59.
- Laskowski, J. S. and Miller, J. D. 1984, New Reagents in Coal Flotation, Reagents in the Mineral Industry (M. J. Jones and R. Oblatt, Eds.) *The Institute of Mining and Metallurgy*, 145–154.
- Ma, X. M. 1992, Effect and optimization of coal particle size on flotation technology. *Jiangsu Coal* 17 (4), 37–39,
- Öney, Ö. 1993, The enrichment of Zonguldak fine coal by flotation, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Read, R.B. ve Rapp, D.M. 1989, The influence of reagent type on the kinetics of ultrafine coal flotation, *Powder Technology*, 59 (3), 153-162.
- Tao, D. 2004, Role of bubble size in flotation of coarse and fine particles, *Separation Science and Technology* ,39 (4), 741–760.
- TTK Genel Müdürlüğü, 2015, Taşkömürü Sektör Raporu, Zonguldak.
- Vanangamudi,M., Pillai,K.J and Rao,T.C. 1981, Effect of some operating variables on the efficiency index of a coal flotation operation, *International Journal of Mineral Processing*, 8 (1),1-7.

Wang, Z. S. 1990, A new slant on evaluating slurry flotation effects. *Journal of China University of Mining & Technology* 19 (2), 26–32.

Xie, G. Y., L. Wu, Z. S. Ou, X. P. Zhang, and W. P. Wang. 2005, Research on fine coal classified flotation flowsheet, *Journal of China University of Mining & Technology*, 51 (6), 756.