

*Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 May 2000, Zonguldak-Kdz.Ereğli, Türkiye
Proceedings of the 12^h Turkish Coal Congress, 23-26 May 2000, Zonguldak-Kdz.Ereğli, Türkiye*

BİTÜMLÜ KÖMÜR VE LİNYİTİN YAĞ AGLOMERASYONU

OIL AGGLOMERATION OF BITUMINOUS COAL AND LIGNITE

İlkay ÜNAL, Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Kimya Müh., 58140 Sivas
Zeki AKTAŞ ve Aral OLCAY, Ankara Ü. Fen Fak., Kimya Müh., 06100 Ankara

ÖZET

Yüksek kül içeriğine sahip (% 18,47) Zonguldak kömüründen yağ aglomerasyonu ile mineral maddelerin uzaklaştırılma olasılığı incelenmiştir. Yağ aglomerasyonu yöntemi ile elde edilen sonuçlar, ağır ortam ayırmasından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bağlayıcı yağ olarak gazyağı, dizel yağı ve Kerkük ham petrolü kullanılmıştır. Yağ aglomerasyonuna yağ miktarı, katı içeriği, karıştırma hızı ve süresi, parçacık boyutu ve yıkama suyu miktarının etkisi araştırılmış, uygun koşulların belirlenmesinde bağlayıcı yağ olarak gazyağı kullanılmıştır. Gazyağı miktarı kullanılan toplam kömürün %15'i olarak alındığında, aglomeratın geri kazanımı %98,99 ve kül içeriği %8,32 olmuştur. Gazyağı, dizel yağı ve Kerkük ham petrolünün Zonguldak kömürünün aglomerasyonu için iyi bağlayıcı yağ olduğu ve bağlayıcı yağ miktarının en önemli parametre olduğu saptanmıştır.

ABSTRACT

An investigation was performed to reduce the high ash content (18,47%) of Zonguldak coal using oil agglomeration technique. Primarily, heavy media separation of the coal was conducted to compare with the results obtained from the agglomeration. As bridging oils, kerosene, diesel oil and Kirkuk crude oil were used. The effects of amounts of oil, solid content, mixing rate and time, particle size and amount of washing water were studied on the agglomeration performance. In order to determine optimum conditions, only kerosene was used as bridging material. While the initial loading of kerosene was 15% of initial coal feed, the ash content and recovery of agglomerates were 8,32% and 98,99% respectively. It was found that kerosene, diesel oil and Kirkuk crude oil were perfect bridging hydrocarbons for Zonguldak coal and suggested that the amount of bridging oil was a crucial parameter for the agglomeration.

1. GİRİŞ

'Kömür temizleme' işlemi, ham kömürden inert mineral maddenin uzaklaştırılmasıdır. Mineral maddeleri kömürden ayırmak için, ilk adım olarak bir öğütme işlemi ile mineral maddeler serbest hale getirilir. Öğütülmüş yığındaki mineral maddelerin ayrılması, genellikle fiziksel yöntemlerle gerçekleştirilir. Köpük flotasyonu, ağır ortam ve yağ aglomerasyonu tekniği en yaygın ayırma yöntemleridir. Mineral maddenin yoğunluğu saf kömürün yoğunluğundan daha yüksek olduğundan, kömürün içerdiği mineral maddenin büyük bir kısmı, kömürün ağır ortamda santrifüjlenmesiyle yoğunluk farkından dolayı ayrılabilir (Abbott and Miles, 1991, Aktaş, 1993, Özbayoğlu and Mamurekli, 1994, Aktaş and Woodburn, 1995, Aktaş et al., 1998). Yağ aglomerasyonu organik ve mineral parçacıkların yüzey özelliklerindeki farka dayandırılarak yapılan ayırma tekniğidir. Bu teknik su içinde ince Öğütülmüş kömür taneciklerinin bir yağ ile yüksek hızda etkileştirilmesine dayanır. Böylece hidrofobik kömür taneciklerinin kül yapıcı maddelerden ayrılması sağlanır. (Capes and Germain, 1982, Slaghuis and Ferreira, 1987, Petela et al., 1995, Shrauti and Arnold, 1995, Garcia et al., 1998). Bu çalışmada, yüksek kül içerikli Zonguldak kömürünün yağ aglomerasyonu yapılmış ve aglomerasyondan elde edilen sonuçlar, ağır ortam ayırmasından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Deneysel Kullanılan Kömür Örneğinin Özellikleri

Zonguldak kömür örnekleri kırma, öğütme ve eleme işlemleri sonunda -63 um parçacık boyutuna indirilmiştir. Parçacık boyutunun aglomerasyona etkisini belirlemek için, -63 um parçacık boyutundaki örneklerin tekrar öğütülmesinden, -38, -45 ve -53 um parçacık boyutunda örnekler hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan Zonguldak kömürünün kısa analizi Çizelge 1 'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan Zonguldak kömürünün kısa analizi

Kömür	(% havada kurutulmuş temel)				(% kuru temel)			(% kuru külsüz temel)	
	Nem	Kül	UM	SC	Kül	UM	SC	UM	SC
Zonguldak	0,77	18,33	22,80	58,10	18,47	22,97	58,55	28,18	71,81

UM: uçucu madde SC: sabit karbon

2.2. Ağır Ortam Ayırması

Ağır ortam sıvısı olarak izopropil alkol ve karbontetraklorür (IPA+CCU) karışımı kullanılarak değişik yoğunluklarda ağır ortamlar hazırlanmıştır. Tüm ağır ortam işlemlerinde kömür-sıvı karışımı içindeki kömür miktarı %6 olarak seçilmiştir. Santrifüj lerne süresi 15 dakika ve hızı 5 000 rpm olarak belirlenmiştir. Yüzen fraksiyonların kuru miktar tartım ve kül içeriklerinden kalite (grade) ve geri kazanım (recovery) değerleri saptanmıştır. Geri kazanım ve kalite değerleri (1) ve (2) nolu eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir. Bu eşitliklerde; M_y ve M_b yüzen fraksiyonun ve orijinal beslenen kömürün kuru külsüz kömür (g) içeriği, X_b ve X_y orijinal beslenen ve yüzen fraksiyonun % kül içeriğidir. Geri kazanım kuru külsüz orijinal kömürün ne kadarının yüzdüğünü, kalite ise uzaklaştırılan mineral madde mertebesini göstermektedir.

$$\text{Gerikazanım} = \frac{\text{Yüzen (kkt)}}{\text{Orijinal (kkt)}} \times 100 = \frac{M_y}{M_b} \times 100 \quad [1]$$

$$\text{Kalite} = \frac{\% \text{Kül orijinal} - \% \text{Kül yüzen}}{\% \text{Kül orijinal}} = \frac{X_b - X_y}{X_b} \quad [2]$$

2.3. Yağ Aglomerasyonu

Yağ aglomerasyon işlemi, silindirik paslanmaz çelikten yapılmış 1 000 ml hacimli ve içinde dört adet engel bulunan karıştırma kabında yapılmıştır. Karıştırma kabında katı içeriği %10 olan süspansiyon hazırlanmış, 3 000 rpm hızda bağlayıcı yağ ilavesiyle aglomerasyona tabi tutulmuştur. Aglomere olmuş hidrofobik tanecikler ve aglomere olmamış mineral ve mineralce zengin tanecikleri içeren kap içindeki karışım, 150 µm gözenek açıklı elek üzerine dökülmüş ve 500 ml damıtık su ile yıkanmıştır. Yıkanmış aglomeratlar açık havada kurutulmuş, atıkların bulunduğu süspansiyondaki su buharlaştırılmış, toplam atık ve aglomerat miktarı hesaplanmıştır. Aglomerattaki ve varsa atıktaki bağlayıcı yağın uzaklaştırılması için örnekler asetonla yıkanmış ve kurutulmuştur. Kurutulmuş ürün ve mineralce zengin (atık) fraksiyonun kül içerikleri belirlenmiştir.

2.4. Kullanılan Bağlayıcı Yağlar

Araştırmada bağlayıcı yağ olarak gazyağı, dizel yağı ve Kerkük ham petrolü kullanılmış ve bağlayıcı yağların bağıl yoğunluktan 20 °C/20 °C'da (gazyağı; 0,7912, dizel yağı; 0,8237 ve ham petrol; 0,8459) tayin edilmiştir. Yağ aglomerasyonunu etkileyen parametreler ve deneylerde kullanılan parametre değerleri ise Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Yağ aglomerasyon metodunda incelenen parametre ve kullanılan değerler

Parametre	Deneylerde kullanılan değerler
Yağ tipi	Gazyağı, Dizel yağı, Ham petrol
Yağ miktarı (kömürün %'si)	5, 10, 15, 20, 25, 30
Karıştırma süresi (dk)	1, 3, 5, 10, 15, 20
Karıştırma hızı (rpm)	1500, 1760, 2060, 2490, 2960, 3630, 4240
Katı içeriği (karışımın %'si)	5, 10, 15, 20, 25, 30
Parçacık boyutu (µm)	-38, -45, -53, -63
Kömür tipi	Zonguldak kömürü ve Manisa Soma Sankaya linyiti
Yıkama suyu (g)	0, 250, 500, 650, 1000, 1500, 2000

3. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA

3.1. Ağır Ortam Ayırma Sonuçları

Ağır ortam ayırma işleminde maksimum uzaklaştırılabilecek mineral madde miktarını (ulaşılabilir maksimum kalite) belirlemek için, 1,40-1,45-1,50 yoğunluklarındaki izopropil alkol+karbontetraklorür (IPA+CCl₄) karışımları hazırlanmıştır. Ortam yoğunluğunun artmasıyla yüzen fraksiyonun miktar artmış ve kalite değeri düşmüştür (Çizelge 3). Zonguldak kömürü için ulaşılabilir maksimum kalite, yoğunluğu 1,40 g/cm³ olan ağır ortam sıvısı kullanılarak yapılan ağır ortam ayırması sonucu 0,767

olmuştur. İnce öğütmenin, mineralleri serbest hale getirmek için gerekli bir işlem olduğu bilindiğinden (Capes and Germain, 1982), -63 um'den daha küçük parçacık boyutundaki numunelerle deneyler yapılarak, parçacık boyutunun kalite ve geri kazanıma etkileri araştırılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 3. Ortam yoğunluğunun Zonguldak kömürünün kalite ve geri kazanımına etkisi

Zonguldak	Yoğunluk (g/cm ³)	Yüzen		Çöken		Kalite	Geri kazanım %
		% miktar	% kül	% miktar	% kül		
Nem (% 0,77)	1,40	74,52	4,29	25,47	57,25	0,767	85,91
	1,45	78,81	4,57	21,19	66,58	0,752	90,72
Kül (% 18,47)	1,50	81,39	5,83	18,61	69,37	0,684	92,22

Santrifüj lerne süresi : 15 dk Kuru kömür : 5,3584 g
Santrifüjleme hızı : 5000 devir/ dk % katı içeriği : 6

Çizelge 4. Parçacık boyutunun Zonguldak kömür örneklerinin ağır ortamda kalite ve geri kazanıma etkisi (Nem : % 0,77, Kül : % 18,47)

Parçacık boyutu (um)	Yoğunluk (g/cm ³)	Yüzen		Çöken		Kalite	Geri kazanım %
		% miktar	% kül	% miktar	% kül		
-38	1,40	73,27	4,29	26,72	57,92	0,774	85,53
-45	1,40	73,86	4,46	26,13	56,55	0,760	86,06
-53	1,40	74,54	4,21	25,45	58,52	0,772	87,32
-63	1,40	74,52	4,29	25,47	57,25	0,767	85,91

Santrifüjleme süresi : 15dk Kuru kömür : 5,3584 g
Santrifüjleme hızı : 5000devir/dk Ağır ortam yoğunluğu : 1,40 g/cm³(CCl₄+IPA)

Görüldüğü gibi parçacık boyutunun küçülmesi gerek kaliteyi gerekse geri kazanımı önemli ölçüde etkilememiştir. Buradan -63 um boyut Zonguldak kömüründeki minerallerin yeterince serbest hale geldiği sonucu çıkarılabilir.

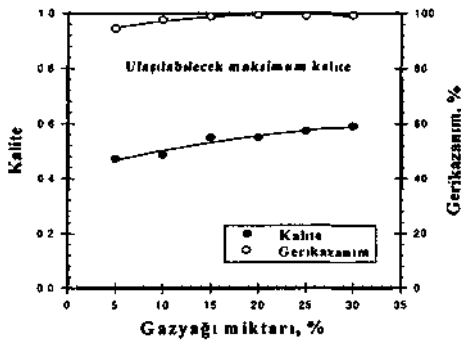
3.2. Aglomerasyon Sonuçları

Bazı araştırmacılar (Flynn and Woodburn, 1987, Stockton, 1989, Aktaş, 1993, Aktaş and Woodburn, 1995), uygun koşullarda ağır ortam ayırması sonucu elde edilen yüzen fraksiyonun kül içeriğinin, kömürün kalıcı (uzaklaştırılmayan, inherent) mineral içeriğine yakın olabileceğini kabul etmişlerdir. Kalite, 'ulaşılabilir maksimum kalite' olarak tanımlanmıştır. Ağır ortam ayırması sonucu elde edilen yüzen fraksiyonun kül içeriği, maksimum uzaklaştırılabilen mineral maddenin ölçüsü kabul edildiğinden, şekillerde ulaşılabilir maksimum kalite değerinin de gösterilmesi uygun görülmüştür.

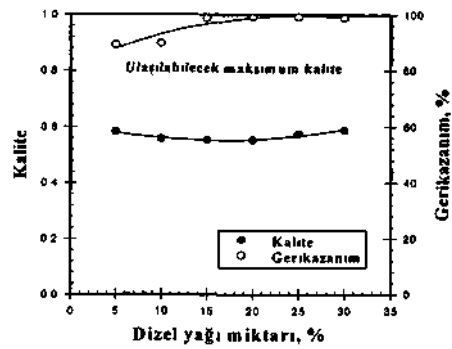
3.2.1. Yağ miktarının etkisi

Bağlayıcı yağın miktarı, %5'ten %30'a kadar değiştirilerek kalite ve geri kazanım etkisi incelenmiştir (Şekil 1, 2 ve 3). Bağlayıcı yağ olarak gazyağı, dizel yağı ve ham petrol kullanıldığında, yüksek yağ miktarlarında her üç yağ ile elde edilen geri kazanım değerleri aynı iken, yağ miktarları azaldıkça geri kazanımda farklar görülmüştür. En yüksek geri kazanım gazyağında, daha sonra dizel yağı ve en düşük geri kazanım ise ham petrol ile elde edilmiştir. Ham petrol, gazyağı ve dizel yağından daha aromatik olmasına karşın geri kazanım düşüktür. Oysa ham petrol ile kalitenin en düşük, geri kazanımının en yüksek olması beklenirdi (Constantin et al., 1982). Ancak yağın

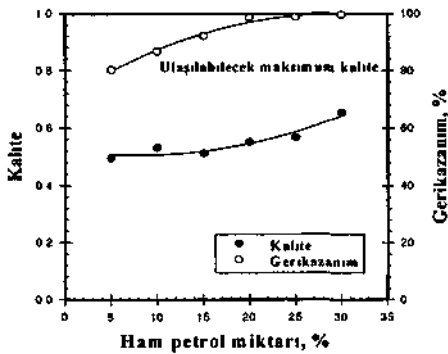
aromatikliği arttıkça, N, O ve S'lü fonksiyonel grup içeriği de artabilir. Yağ moleküllerindeki bu fonksiyonel gruplar, mineral maddelerin yüzeyine de adsorplandığından bunları hidrofobik yaparak aglomeratların kül içeriğini artırdığı ileri sürülmüştür (Capes and Germain, 1982, Petela et al., 1995). Farklı yağların miktarlarının, kalite ve geri kazanıma etkisi şekil 4.'te toplu halde verilmiştir.



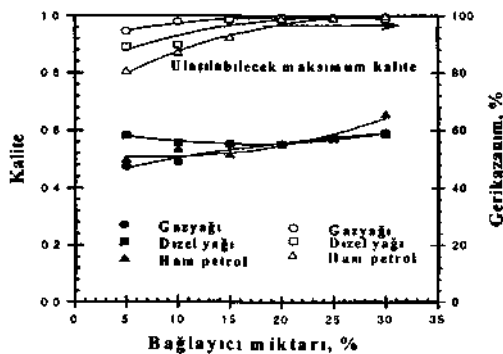
Şekil 1. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda kalite ve geri kazanımın gazyağı miktarı ile değişimi



Şekil 2. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda kalite ve geri kazanımın dizel yağı miktarı ile değişimi



Şekil 3. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda kalite ve geri kazanımın ham petrol miktarı ile değişimi



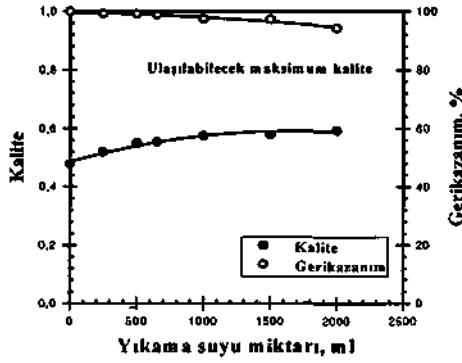
Şekil 4. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda kalite ve geri kazanımın farklı yağların miktarları ile değişimi

3.2.2. Yıkama suyu miktarının etkisi

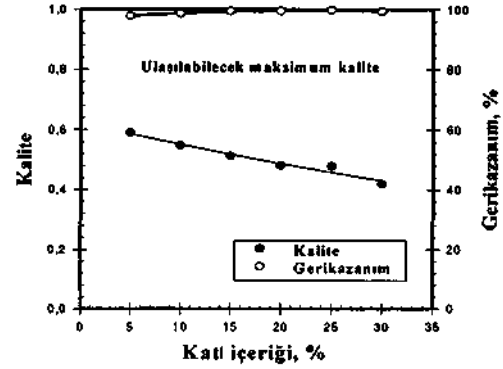
Yıkama ile kalitenin daha da artması sağlanabilir (Constantin et al., 1982). Ürünün kalitesi yıkama suyu miktarının artmasıyla artmıştır. Yıkama suyunun miktar arttığında kalitede iyileşme, buna karşın geri kazanımda düşme gözlenmiştir (şekil 5). Yıkama ile ürünün kül içeriğinin düşmesi yani kalitenin yükselmesi, serbest haldeki minerallerin aglomeratlara fiziksel olarak yapışık olduklarını veya gözenekli aglomeratların büyük oyuklarında tutunmuş olduklarını gösterir.

3.2.3. Katı içeriğinin etkisi

Bağlayıcı yağ olarak katı miktarının %15'i oranında gazyağı kullanılmış, katı içeriği süspansiyonun %5'inden %30'una kadar artırılmıştır (şekil 6.). Geri kazanımda dikkate değer bir değişim gözlenmezken, kalite değerleri, süspansiyondaki katı içeriği arttıkça azalmıştır. Buna sebep olarak; yüksek katı derişimlerinde parçacıklar arası uzaklığın kısılması, hidrofobik parçacıkların bağlayıcı yağ ile aglomerasyonu sırasında bazı mineral parçacıkların aralarda ve boşluklarda kalmış olması ileri sürülebilir.



Şekil 5. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda kalite ve geri kazanımın yıkama suyu miktarı ile değişimi



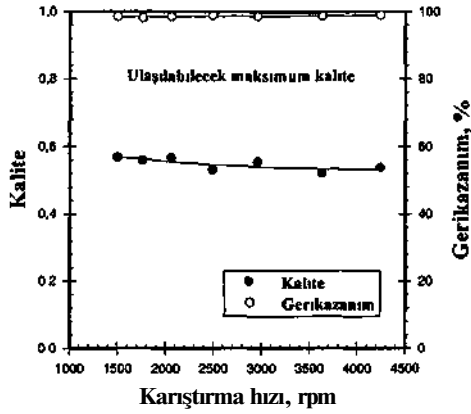
Şekil 6. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda kalite ve geri kazanımın katı miktarı ile değişimi.

3.2.4. Karıştırma hızı ve süresinin etkisi

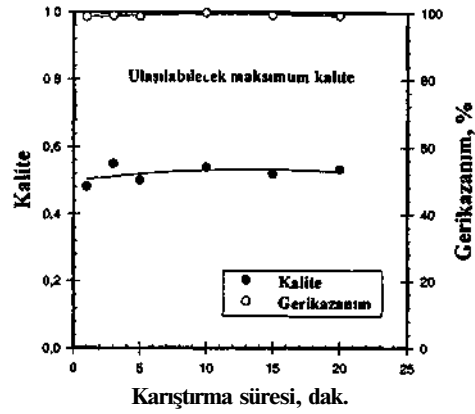
Aglomerasyonda, kömür parçacıklarının bağlayıcı yağ ile kaplanabilmesi için etkin bir şekilde karıştırma gereklidir. Karıştırmanın aglomerasyona etkisi Şekil 7'de gösterilmiştir. Karıştırma hızı arttıkça kalite düşme eğilimindeyken geri kazanım değişmemektedir. Aglomerasyon süresi olarak 1-20 dakika arasında değişen toplam 6 (Şekil 8) deney yapılmıştır. Üç dakikalık karıştırma süresinden sonra gerek geri kazanım, gerekse kalite değerlerinde dikkate değer değişim gözlenmemiştir. Bu nedenle tüm deneylerde 3 dakikalık karıştırma süresi uygulanmıştır.

3.2.5. Parçacık boyutunun etkisi

Zonguldak kömürünün dört farklı elek-altı (-38, -45, -53 ve -63 um) numunesi, kullanılan numunenin %15 ve %30'u kadar bağlayıcı yağ kullanılarak aglomere edilmiştir (Çizelge 5). Bağlayıcı yağ miktarı %15'ten %30'a artırıldığında kalite değerleri artmış parçacık boyutu küçüldükçe, kalite değerleri küçülmüştür. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda parçacık boyutu küçüldükçe mineral maddelerin aglomerat içinde tutuklanma (hapsolma) olasılığı artmıştır. Ayrıca çok küçük boyuttaki mineral maddeler hidrofobik özellik gösterdiklerinden aglomere olabilmektedir. Bu nedenle Zonguldak kömüründe parçacık boyutu küçüldükçe kalite düşmüştür.



Şekil 7. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda kalite ve geri kazanımın karıştırma hızı ile değişimi.



Şekil 8. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda kalite ve geri kazanımın karıştırma süresi ile değişimi.

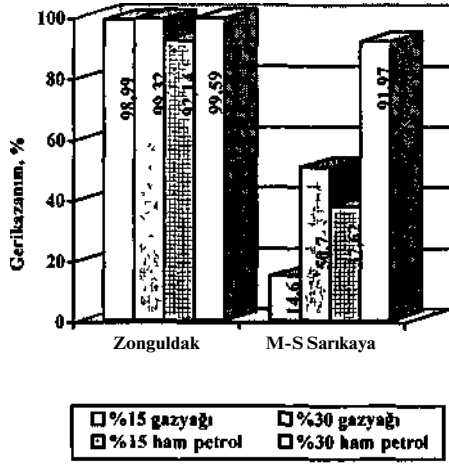
Çizelge 5. Zonguldak kömürünün aglomerasyonunda parçacık boyutunun kalite ve geri kazanıma etkisi

Yağ mik. (%)	Parçacık boyutu (um)	Aglomerat (g)	Atık (g)	Atıkta kül (%)	Yağsız aglomeratta kül (%)	Kalite	Geri kazanım (%)
15	-38	27,00	3,27	82,37	9,98	0,475	98,91
30	-38	28,25	3,67	88,77	8,69	0,543	98,83
15	-45	26,35	4,05	77,32	8,83	0,525	96,76
30	-45	28,75	3,49	87,90	8,50	0,543	99,23
15	-53	26,65	3,64	84,82	8,78	0,526	98,28
30	-53	28,30	3,75	88,50	7,93	0,572	98,78
15	-63	27,02	3,56	88,04	8,32	0,550	98,99
30	-63	28,04	3,70	88,40	7,55	0,591	99,32

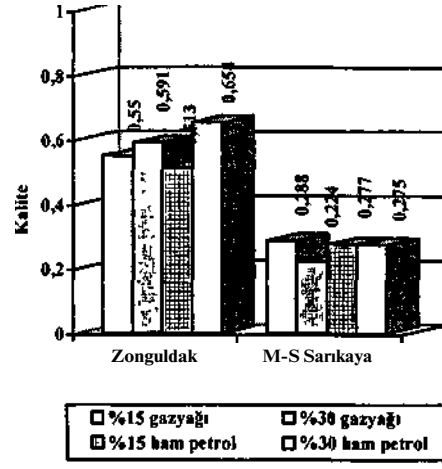
3.2.6. Kömür tipinin etkisi

Zonguldak kömürü ve Manisa Soma Sarıkaya linyitinin (%nem: 9,68, kuru temel bazında %kül: 20,84) aglomerasyonunda bağlayıcı yağ olarak gazyağı ve ham petrol kullanılarak, ayırma etkinliğinin kömür tipi ve kullanılan bağlayıcı yağ ve yağ miktarı ile değişimi incelenmiştir (Şekil 9 ve 10). Zonguldak kömüründe gazyağı miktarı %15'ten %30'a artırıldığında geri kazanım yaklaşık aynı iken, kalite artmıştır.

M-S Sarıkaya linyitinde gazyağı miktarı artırıldığında geri kazanım artarken, kalite düşmüştür. Gazyağı, Zonguldak kömürünün, M-S Sarıkaya linyitine kıyasla daha iyi aglomere olmasını sağlamıştır. Ham petrol miktarındaki artış, M-S Sarıkaya linyitinin aglomerasyonunda geri kazanımın önemli ölçüde artmasını sağlamıştır. Ham petrolün M-S Sarıkaya linyitinin aglomerasyonunda daha etkili olması, beklenen bir sonuçtur. Linyitlerin yüzeyi içerdiği oksijenli fonksiyonel gruplar nedeniyle daha hidrofilik yapıya sahip olduğundan ham petrolün bileşiminde bulunan hidrofilik bileşiklerle etkileşmiştir.



Şekil 9. Zonguldak ve M-S Sarıkaya linyitinin aglomerasyonunda geri kazanımın yağ tipi ve miktarı ile değişimi



Şekil 10. Zonguldak ve M-S Sarıkaya linyitinin aglomerasyonunda kalitenin yağ tipi ve miktarı ile değişimi.

M-S Sarıkaya linyitinde gazyağı miktarı artırıldığında geri kazanım artarken, kalite düşmüştür. Gazyağı, Zonguldak kömürünün, M-S Sarıkaya linyitine kıyasla daha iyi aglomere olmasını sağlamıştır. Ham petrol miktarındaki artış, M-S Sarıkaya linyitinin aglomerasyonunda geri kazanımın önemli ölçüde artmasını sağlamıştır. Ham petrolün M-S Sarıkaya linyitinin aglomerasyonunda daha etkili olması, beklenen bir sonuçtur. Linyitlerin yüzeyi içerdiği oksijenli fonksiyonel gruplar nedeniyle daha hidrofilik yapıya sahip olduğundan ham petrolün bileşiminde bulunan hidrofilik bileşiklerle etkileşmiştir.

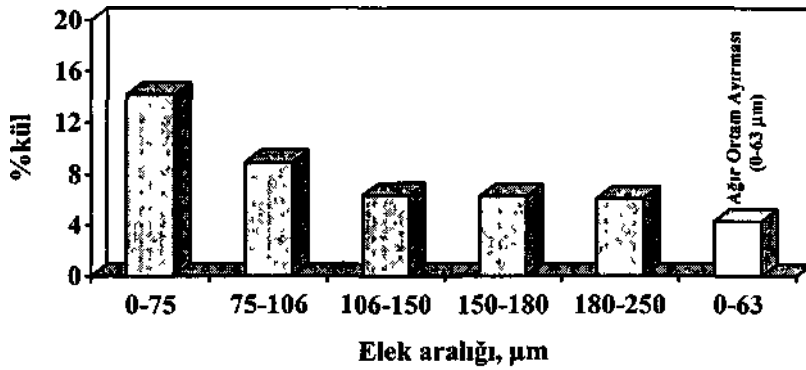
3.3. Oluşan Aglomeratların Kül İçeriğinin Aglomerat Boyutu ile Değişimi

Aglomerat boyutu ve içerdiği kül miktarı arasındaki ilişkiyi belirlemek için, katı içeriği %10 ve bağlayıcı yağ miktarı (gazyağı) %15 alınarak Zonguldak kömürü aglomere edilmiştir. Açık havada kurutulan aglomerat farklı elek aralıklarında sınıflandırılmıştır. Kullanılan elek boyutları sırasıyla 250, 180, 150, 106 ve 75 µm'dir. Eleme süresi 10 dk olarak belirlenmiş ve tüm fraksiyonların miktarları belirlenip, asetonla yıkanarak bağlayıcı yağ uzaklaştırılmıştır. Fraksiyonlar kurutulduktan sonra kül analizleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 6. Zonguldak kömürünün aglomeratının kül içeriğinin boyutla değişimi

Elek aralığı (µm)	Aglomerat (%)	Yağsız aglomeratta kül (%)
180-250	4,56	6,08
150-180	9,12	6,29
106-150	30,04	6,36
75-106	37,26	8,91
0-75	19,02	14,18

Her bir fraksiyonun elek boyut aralığına karşı % kül içerikleri grafiğe geçirilmiştir (Şekil 11). Aynı şekilde, orijinal Zonguldak kömürünün ağır ortam ayırması sonucu elde edilen yüzen fraksiyonun kül içeriği de gösterilmiştir. Aglomerat boyutu küçüldükçe içerdiği mineral miktarı artmıştır. Büyük boyutlu aglomeratların mineral maddesi tamamen veya büyük bir kısmı uzaklaştırılmış mineral maddesiz kömür taneciklerinden meydana geldiği ileri sürülebilir.



Şekil 11. Farklı boyuttaki Zonguldak kömür aglomeratının kül içerikleri

Mineral maddesiz kömür parçacıklarının fazla olması, bağlayıcı yağ tarafından daha sıkı bağlanmalarına ve boyutlarının daha büyük olmasına neden olmaktadır. Örneğin; 180-250 µm boyut fraksiyonunun kül içeriği, ağır ortam ayırması sonucu elde edilen fraksiyonun kül içeriğine oldukça yakındır. Aglomerat boyutu küçüldükçe kül içeriklerinin artması, büyük bir olasılıkla kömür parçacıklarındaki mineral maddelerin tamamen serbest hale gelememiş olmasından veya aralara giren küçük hidrofilik mineral parçacıklarından kaynaklanabilir. Hidrofilik mineral parçacıklardan dolayı parçacıklararası bağlanma daha zayıf olduğundan, aglomeratların büyümesi sınırlanmaktadır. Örnekte bulunabilecek çok ince boyuttaki mineraller, yüzey özellikleri değişerek hidrofobik bir karakter gösterdiğinden, doğrudan aglomere olabilmektedir. 0-75 µm fraksiyonun kül içeriğinin keskin bir şekilde artması bu fraksiyonda çok ince parçacık oranının yüksek olduğunu gösterebilir.

4. SONUÇLAR

1. Zonguldak kömürünün ağır ortam ayırmasında, ağır ortam yoğunluğunun artmasıyla geri kazanım artmış, kalite azalmıştır. -63 µm parçacık boyutundaki numunelerde minerallerin büyük bir kısmı serbest hale geçtiğinden Zonguldak kömüründe parçacık boyutu küçüldükçe kalite pek fazla değişmemiştir.
2. Gazyağı, dizel yağı ve Kerkük ham petrolünün Zonguldak kömürünün aglomerasyonu için iyi bağlayıcı yağ olduğu belirlenmiş ve bağlayıcı yağ miktarının en önemli parametre olduğu ileri sürülmüştür. En yüksek geri kazanım gazyağında, daha sonra dizel yağı ve en düşük geri kazanım ise ham petrol ile elde edilmiştir. Bunun nedeni, gazyağın parafinik, dizel yağının daha yüksek moleküllü parafinik, ham petrolün ise parafinik, naftenik ve aromatik yapıda olmasıdır.
3. Karıştırma hızı ve süresinin aglomerasyonda dikkate değer bir etkisi olmamıştır.

4. Süspansiyondaki katı içeriğinin artması kaliteyi düşürmüştür.
5. Aglomeratların yıkanmasında kullanılan su miktarı önemli olduğundan elde edilen ürünün kalitesi yükseltilebilmektedir.
6. Zonguldak kömürünün yağ aglomerasyonunda parçacık boyutu küçüldükçe kalite düşmüştür.
7. Gazyağı, Zonguldak kömürünün, M-S Sankaya linyitine kıyasla daha iyi aglomere olmasını sağlamıştır. Ham petrol miktarındaki artış, M-S Sankaya linyitinin aglomerasyonunda geri kazanımın önemli ölçüde artmasını sağlamıştır. Bu nedenle kömür tipine göre seçilen bağlayıcı yağ ve miktarının aglomerasyonda oldukça önemli rol oynadığı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Abbott, J. and Miles, N.J.**, (1991) Smoothing and interpolation of float/sink data for coals. *Minerals Eng.*, Vol.4, No.(3/4), pp. 511-524.
- Aktaş, Z.**, (1993) The absorption behavior of non-ionic reagent on two low rank British coals and their influence on the froth structure and flotation performance. Ph.D.thesis, Victoria U. of Manchester, UK.
- Aktaş, Z. and Woodburn, E. T.**, (1995) The effect of non-ionic reagent adsorption on the froth structure and flotation performance of two low rank British coals. *Powder Technology*, Vol. 83, pp. 149-158.
- Aktaş, Z., Karacan, F. and Olcay, A.**, (1998) Centrifugal float-sink separation of fine Turkish coals in dense media. *Fuel Processing Tech.*, Vol. 55 pp. 235-250.
- Capes, C. E. and Germain, R. J.**, (1982) Selective oil agglomeration in fine coal beneficiation, in: physical cleaning of coal: present and developing methods. Liu, Y.A. (Ed.), Marcel Dekker Inc., N.Y., pp. 293-351, New York.
- Constantin, E., Trivett, G. S., Mackay, D., Hancock, H. A. and Al Taweel, A. M.**, (1982) Deashing of low-quality Nova Scotia coals by spherical agglomeration. *Coal, Proceedings 64th CIC Coal Symposium*. Al Taweel, A. M. (Ed.), C. S. Ch. E., Ottawa.
- Flynn, S. A. and Woodburn, E. T.**, (1987) A froth ultra-fine model for the selective separation of coal from mineral in a dispersed air flotation cell. *Powder Tech.*, Vol. 49, pp. 127-142.
- Garcia, A. B., Tarazona, M. R. M., Vega, J. M. G. and Wheelock, T. D.**, (1998) On the role of oil wetting in the cleaning of high rank coals by agglomeration. *Fuel*, Vol. 77, No.5, pp. 387-392.
- Özbayoğlu, G. and Mamurekli, M.**, (1994) Super-clean coal production from Turkish bituminous coal, *Fuel*, Vol. 73, pp. 1221-1223.
- Petela, R., Ignasiak, B. and Pawlak, W.**, (1995) Selective agglomeration of coal: analysis of laboratory batch test results. *Fuel*, Vol. 74, No. 8, pp. 1200-1210.
- Shrauti, S. M. and Arnold, D. W.**, (1995) Recovery of waste fine coal by oil agglomeration. *Fuel*, Vol. 74, No. 3, pp. 459-465.
- Slaghuis, J. H. and Ferreira, L.C.**, (1987) Selective spherical agglomeration of coal. *Fuel*, Vol. 66, pp. 1427-1430.
- Stockton, J.B.**, (1989) The effect of froth structures on flotation kinetics and selectivity, Ph.D. thesis, Victoria University of Manchester (UMIST, Chem. Eng. Dep.), Manchester, UK.