

ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ İSTANBUL-YENİKÖY YÖRESİ KÖMÜRLERİNİN YÜKSEK ALAN ŞİDDETLİ KURU MANYETİK AYIRICI İLE KÜL VE KÜKÜRT İÇERİĞİNİN DÜŞÜRÜLMESİ

**DECREASING OF ASH AND SULFUR CONTENTS OF İSTANBUL-
YENİKÖY REGION SEMICOKED LIGNITE BY HIGH INTENSITY
DRY MAGNETIC SEPARATOR.**

Gündüz ATEŞOK, (İTÜ Maden Fak., Cevher ve Kömür Haz. A.B.Dalı, İstanbul)

K.Tahsin PEREK, (İTÜ Maden Fak., Cevher ve Kömür Haz. A.B.Dalı, İstanbul)

L.Burak ÜNAL, (İTÜ Maden Fak., Cevher ve Kömür Haz. A.B.Dalı, İstanbul)

ÖZET

Bu çalışmada, ilk kademede İstanbul-Yeniköy yöresi kömürünün kükürt kaynağı olan Piyit'in ısı ile daha manyetik hale getirilmesi ile birlikte kükürt giderimi, ikinci kademede ise Yüksek Alan Şiddetli Kum Manyetik Ayırıcı olan PERMROLL ile Kükürt ve Külün Kömürden uzaklaştırılma çalışmaları yapılmıştır. Tamamı 9 mm altında olan kömürün 600°C'da ve 120 dakikalık ısı ile işlem sonunda elde edilen yarıkok ürününü PERMROLL'dan geçirilmesiyle, toplam kükürtte % 89 ve külden % 57'lik bir azalma olduğu ve kömürün ısı değerinin % 40'luk bir artışla 6347 Kcal/kg'a çıktığı saptanmıştır.

ABSTRACT

In this study, two procedures were applied to İstanbul-Yeniköy region lignites. At first, in order to decrease sulphur content of the coal, pyrite has been magnetised by heat treatment. Secondly, eliminating the ash and sulphur content of the coal by the high intensity dry magnetic separator (Permiroll) tests were achieved. In the tests done by methods of magnetic separation following heat treatment of 120 minutes at 600°C for the coal at -9mm, reductions by 89 % and 57 % in total sulphur and ash has been achieved respectively. It is determined that in the calorific value of the coal was increased 6347 kcal/kg by 40 % increment.

I.GİRİŞ

Dünya'daki kömür rezervlerinin büyük bir kısmı yüksek oranda çeşitli safsızlıklar içermektedir. Türkiye'de de yüksek kül, kükürt, uçucu madde ve nem içerikleri ile karakterize olmuş düşük kaliteli linyitler geniş rezervlere sahiptir. Bu kömürlerin hemen hepsinin gerek ısınmada gerekse enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi için muhakkak surette temizlenmeleri gerekmektedir. Günümüzde Türkiye temiz kömür kullanımı zorunluluğu içerisinde olup, bu konuların acilen yeni teknolojiler ile çözümlenmesi gerekmektedir.

Düşük kaliteli linyitlerde önemli miktarlarda mevcut olan ve hava kirliliğinde önemli bir yeri olan kükürt, kömürün yanma öncesi bazı fiziksel yöntemlerle temizlenebilmektedir. Ancak bu sadece inorganik kökenli kükürtler için geçerlidir. Organik kökenli kükürt fiziksel yöntemlerle temizlenememektedir. Kaldığı, fiziksel yöntemlerle de inorganik kükürdün maksimum % 50-60'ı azaltılabilmektedir(Ateşok 1986, Önal ve Ateşok 1991).

Günümüzde kimyasal ve biokimyasal gibi kömürden kükürdü büyük bir oranda giderebilen yöntemler bilinse bile, bu yöntemlerin pahalı olması ve uygulamadaki zorlukları nedeniyle şimdilik kömürden kükürdün giderilme işleminde kullanılmamaktadır. Son yıllarda kömürün yan karbonizasyonu ile çevre kirliliğine neden olan uçucu madde içeriğinin azaltılması ile temiz kömür elde edimi sıkça kullanılan (dumansız yakıt) bir teknoloji olmuştur. Ayrıca kömürdeki kükürt nedeninin pirit'ten kaynaklandığı kömürlerde, uygulanan ısı işlemlerin piriti daha manyetik yapması nedeni ile ikinci bir aşamada uygulanacak bir fiziksel yöntemle kömürdeki kükürdün büyük bir miktarının azaltılabileceği ortaya çıkmıştır (Abramov 1993, önal ve Ateşok 1991, Sondreal 1995, Yıldırım ve Ark. 1996).

Bu çalışmada, kömürün kükürt kaynağı olan pirit'in birinci kademedeki ısı işlemi oksitlenerek daha manyetik duruma getirilmesi ve ikinci kademedeki PERMROLL ile kömürden ayrılması çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Deneylere esas olan Numunenin Özellikleri

İstanbul-Yeniköy bölgesinden alınan ve tamamı 60 mm altında olan 200 kg numune, 9 mm altına kırılarak numune alma esasları çerçevesinde azaltılarak deney numuneleri hazırlanmıştır. Tamamı 9 mm altında olan tuvenan kömürün standart kimyasal analizleri Çizelge.1'de ve elek analizi ile elek fraksiyonlarındaki nem, kül ve kükürt analizleri ise Çizelge.2'de verilmiştir. Çizelge.2'de aynı zamanda ısı deneylerinde kullanılan -9 +0.5 mm boyut aralığındaki kömürün standart kimyasal analizi verilmiştir. Yapılan mikroskopik incelemelerde Yeniköy kömürlerinin kükürt kaynağının büyük bir çoğunlukla piritten kaynaklandığı ve pirit'inde kömürde genelde ince dağılımlı olarak bulunduğu tesbit edilmiştir.

Çizelge 1. Tamamı 9 mm altında ve-9 0 +0.5 mm aralığında olan tuvenan kömürün Standart Analiz Sonucu

Analiz, %	Tuvenan Kömür -9 mm	Tuvenan Kömür - 9 +0.5 mm
Nem	20.50	20.30
Toplam Kükürt	3.70	3.38
Kül	13.20	11.90
Uçucu Madde	48.55	47.00
Isıl Değer, Kcal/kg	4821	4537

Çizelge 2. Tamamı 9 mm altında olan tuvenan kömürün elek analizi ve elek fraksiyonlarındaki nem, kül ve kükürt analiz sonuçları.

Boyut Aralığı (mm)	Miktar %	Nem %	Kül %	Kükürt %
+9.0	5.5	21.1	12.43	2.65
-9.0 +6.0	6.5	21.8	11.48	2.69
-6.0 +3.36	52.5	20.6	12.47	3.17
-3.36 +1.0	20.3	21.4	10.10	4.12
-1.0 +.05	7.2	19.3	16.33	3.51
-0.5	8.0	17.4	24.88	7.79
TOPLAM	100.0	20.5	13.20	3.70

2.2. Isıl İşlem Deneyleri

Isıl işlem deneylerinde -9.0 +0.5 mm boyutundaki ve Çizelge 1. 'deki özelliklere sahip Yeniköy kömür numunesi kullanılmıştır. Bu deneylerde sıcaklığın ve zamanın etkisi araştırılarak; kül, uçucu madde ve kükürt içeriğinin değişimi incelenmiştir.

Isıl işlem deneylerinde sabit yataklı ME-120 model Nüve fırın kullanılmıştır. Kullanılan fırın içinde paslanmaz çelikten yapılmış 15x20x2 cm boyutunda silindirik bir retort vardır. Boşalan gazlar bir kanal kapağı yoluyla dışarı verilmektedir. Retort içine konulan numune, fırın istenilen sıcaklığa getirildikten ve belirli bir süre bekletildikten sonra numune retorttan çıkarılmıştır. Retorttan çıkarılan ve soğutulan numune tartılmış ve yankok numune üzerinde gereken analizler yapılmıştır.

Isıl işlem deneylerinde; sıcaklığın(400, 500, 600, 700 ve 900 °C) ve sürenin(30,60, ve 120 dakika) etkileri incelenmiştir. Isıl işlem ve Permroll manyetik ayırma deneylerinde kükürt giderimi gösterim parametresi "Uzaklaştırılmış Toplam Kükürt" miktardan ile değerlendirilmiştir.

$$\text{Uzaklaştırılan Toplam Kükürt \%} = \frac{a b - c d}{a b} \times 100$$

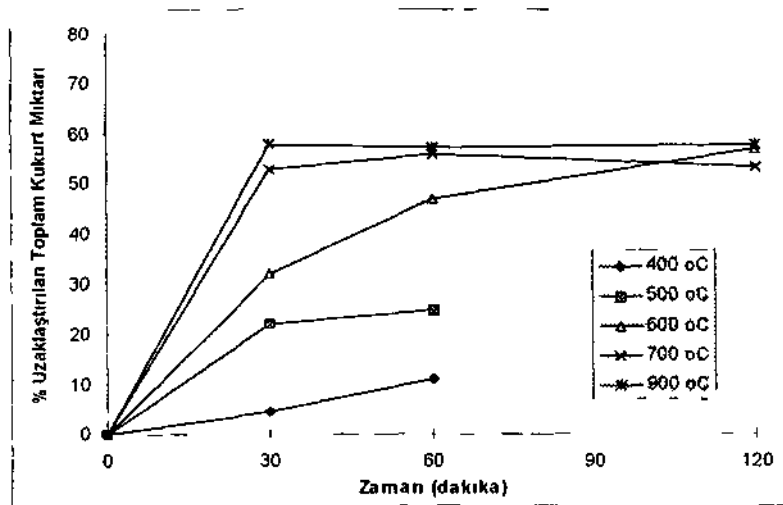
[1]

- a Beslenen miktar
- b Beslenen numunedeki toplam kükürt içeriği
- c işlem sonundaki miktar
- d işlem sonunda elde edilen ürünün toplam kükürt içeriği

Değişik sıcaklıklarda ve zaman aralıklarında yapılan ısı işlem deneylerinde elde edilen sonuçlar Şekil 1'de toplu halde verilmiştir. Şekil 1'den izleneceği üzere, optimum sonuç 600 °C'da ve 120 dakikada gerçekleştirilen ısı deneyinde elde edilmiştir. Optimum şartlarda toplam kükürdün yaklaşık % 57'si uzaklaştırılmıştır.

Çizelge 3 Farklı süre ve sıcaklıklarda yapılan ısı işlem deneylerinden sonra elde edilen ürünlerin d_{50} ve d^*_{90} boyutları

Süre (dakika)	Orinal Komur d_{50} (mm)	400 °C d_{50} (mm)	500 °C d_{50} (mm)	600 °C d_{50} (mm)	700 °C d_{50} (mm)	900 °C d_{50} (mm)
10	55	51	52	50	50	51
60	55	46	45	42	40	40
120	55			41	41	41
	d_{90} (mm)	d^*_{90} (mm)	d_{50} (mm)	d_{50} (mm)	d_{50} (mm)	d^*_{90} (mm)
30	42	40	40	36	35	37
60	42	34	34	32	30	29
120	42			32	31	30



Şekil 1 Değişik sıcaklıklarda ve zaman aralıklarında yapılan ısı deneylerinden elde edilen sonuçların toplu gösterimi

Çizelge 3.'de, farklı sıcaklık ve sürelerde yapılan ısı işlem deneylerinden elde edilen ürünlerin d_{50} ve d_{90} boyutları verilmiştir. Orijinal Kömür numunesinin $d_{50}= 5.5$ mm ve $d_{90}= 4.2$ mm iken, optimum şartlarda yapılan ısı deney sonucunda bu değerler $d_{50}^{\wedge} 4.1$ mm ve $d_{90}= 3.2$ mm'e düşmektedir.

2.3. Manyetik Ayırma Deneyleri

Manyetik ayırma deneyleri için; 600 °C'de, 120 dakikalık ısı işlem sonunda elde edilen Yeniköy kömür numunesi kullanılmıştır. Numune -9.0 +3.36 mm ve -3.36 +0.5 mm boyutlarına ayrılmıştır. Bu iki boyut grubundaki yan kok kömür ayrı ayrı olmak üzere yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcı olan PermrolP'den; değişik parametrelerde kül ve kükürt miktarları incelenmek üzere geçirilmiştir. Çalışmalarda, besleme, ön bıçak, arka bıçak ve bant hızı ayarları incelenmiş ve bu parametreler farklı değerlerde deneyerek optimum koşullar her iki boyut grubu içinde tesbit edilmiştir. Manyetik ayırma deneylerinde kullanılan numunenin elek analiz sonuçları Çizelge 4.'de verilmiştir.

Çizelge 4. Manyetik ayırma deneylerinde kullanılan numunenin elek analiz sonuçları

Boyut Aralığı, (mm)	Miktar, %	Kül, %	Kükürt, %
-9.0 +3.36	47.9	25.7	3.21
-3.36+0.5	49.7	25.9	3.18
-0.5	2.4	29.9	3.36
TOPLAM	100.0	25.9	3.19

2.3.1. Besleme Ayarının İncelenmesi

-9.0 +3.36 mm ve -3.36 +0.5 mm boyutlarındaki yan kok ürünleri, 250, 500 ve 750 g/min besleme değerlerinde PermrolP'den geçirilmiştir. Diğer parametreler sabit tutulmuştur. Elde edilen deney sonuçlarının kül ve toplam kükürt değişimleri temiz kömür bazında Şekil 2 ve 3'de verilmiştir.

2.3.2. Ön Bıçak Ayarının İncelenmesi

-9.0 +3.36 mm ve -3.36 +0.5 mm boyutlarındaki yan kok ürünleri, diğer parametreler sabit kalmak üzere ön bıçak ayarı 80, 100 ve 120 ° değerlerinde PermrolP'den geçirilmiştir. Elde edilen deney sonuçları temiz kömür bazında kül ve toplam kükürt değişimleri Şekil 4 ve 5'de verilmiştir.

2.3.3. Arka Bıçak Ayarının İncelenmesi

-9.0 +3.36 mm ve -3.36 +0.5 mm boyutlarındaki yan kok ürünleri, diğer parametreler sabit kalmak üzere 80, 100 ve 120° arka bıçak ayarı değerlerinde PermrolP'den geçirilmiştir. Elde edilen deney sonuçları temiz kömür bazında kül ve toplam kükürt değişimleri Şekil 6 ve 7'de verilmiştir.

2.3.4. Bant Hızı Ayarının İncelenmesi

-9.0 +3.36 mm ve -3.36 +0.5 mm boyutlarındaki yankok ürünler, diğer parametreler sabit kalmak üzere 60, 80 ve 100 d/d bant hızı ayarlarında PermroH'den geçirilmiştir. Elde edilen deney sonuçları temiz kömür bazında olmak üzere kül ve toplam kükürt değişimleri Şekil 8 ve 9'da verilmiştir.

2.3.5. Optimum Deney Koşullarında Yapılan Manyetik Ayırma Deneyi

Çeşitli parametrelerin denendiği permroll deneylerinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesiyle her iki boyut grubu için aşağıdaki değerler optimum koşullar olarak tesbit edilmiştir:

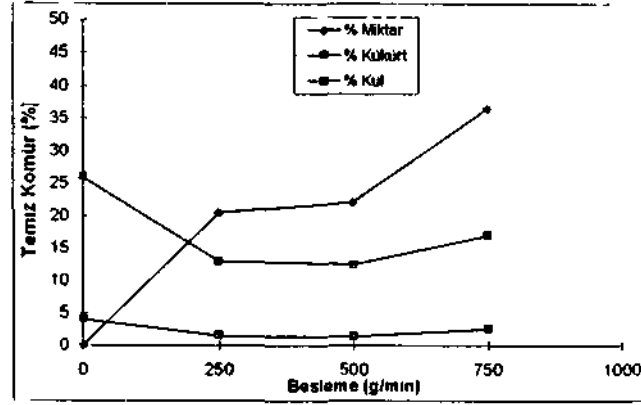
Besleme: 500 g/min, ön bıçak : 100 °, Arka bıçak : 120 °, Bant hızı: 80 d/d

Optimum koşullarda yapılan Permroll Deneylerinden elde edilen neticeler Çizelge 5.'de toplu halde verilmiştir.

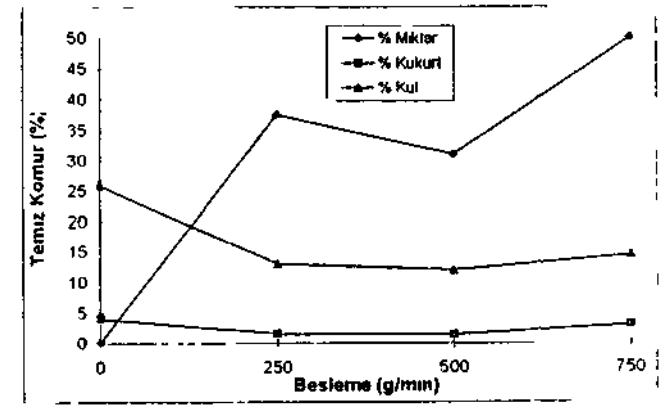
Çizelge 5. Optimum koşullarda Permroll manyetik ayırıcısında elde edilen sonuçların toplu halde gösterimi

Boyut Aralığı (mm)	Ürünler	Miktar (%)		Kül (%)	
		Deneye Göre	Girene Göre	Deneye Göre	Girene Göre
-9.0 +3.36	Temiz Kömür	18.0	8.6	11.4	1.43
	Ara Ürün	82.0	39.3	28.8	3.60
	Beslenen	100.0	47.9	25.7	3.21
-3.36+0.5	Temiz Kömür	35.5	17.7	10.8	1.39
	Ara Ürün	64.5	32.0	34.2	4.17
	Beslenen	100.0	49.7	25.9	3.18
-0.5		—	2.4	29.9	3.36
Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	26.3		11.2	1.40
	Ara Ürün	71.3		31.2	3.84
	-0.5	2.4		29.9	3.36
	TOPLAM	100.0		25.9	3.19

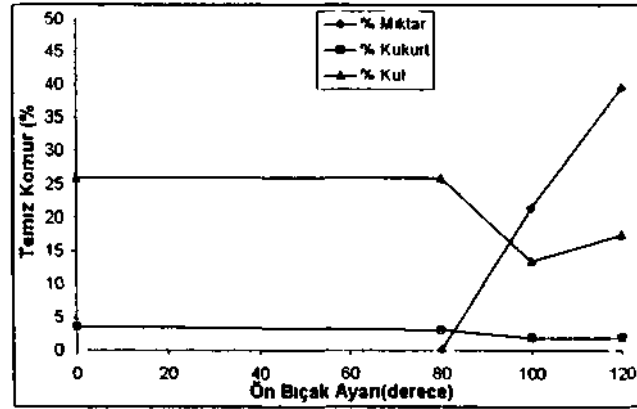
Çizelge 6.'da ise, herhangi bir ısı işlem uygulanmayan Yeniköy Tuvenan kömürünün optimum koşullarda PermroH'den geçirilmesiyle elde edilen sonuçların toplu gösterimi verilmiştir. Çizelge 6.'dan izleneceği üzere; ısı işlem uygulanmayan Yeniköy kömürünün Permroll ile zenginleştirilmesinde gerek kül gerekse toplam kükürt değerinde önemli bir azalma tesbit edilememektedir. Halbuki, Çizelge 5'den de izleneceği üzere; ısı işlem görmüş kömürün Permroll ile zenginleştirilmesi sonucu, % 11.02 kül ve %1.40 kükürt içeren temiz bir kömür %26.3 oranında üretilmektedir. Yeniköy tuvenan kömürünün içindeki kül ve kükürt değerleri gözönüne alındığında (% 25.9 kül ve % 3.19 Kükürt); kül değerinde yaklaşık % 57'lik bir azalma olmuştur. Üretilen temiz kömürdeki toplam kükürdün ise yaklaşık % 90'i kömürden arındırılmıştır.



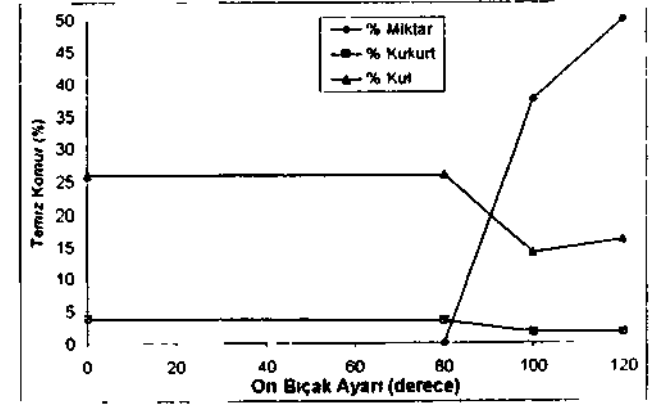
Şekil 2 -9.0 +3 16 mm Boyul grubunda pennroll denemelerinde besleme »Van parametresinin incelenmesi ile elde edilen sonuçların temiz kömür bazında gösterimi



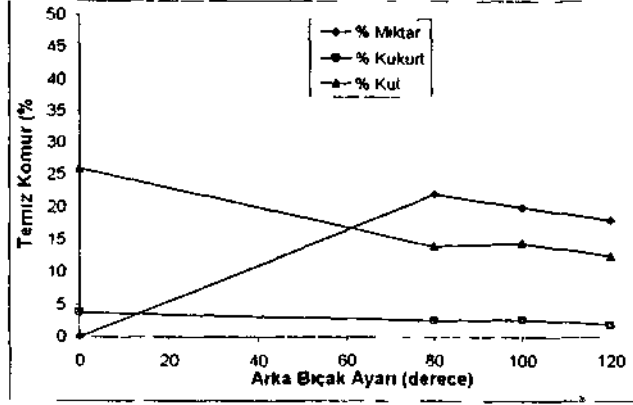
Şekil 3 -1 V> H) 5 mm Ho%ut grubunda pennroll deneylerinde besleme parametresinin incelenmesi ile elde edilen sonuçların temiz kömür bazında gösterimi



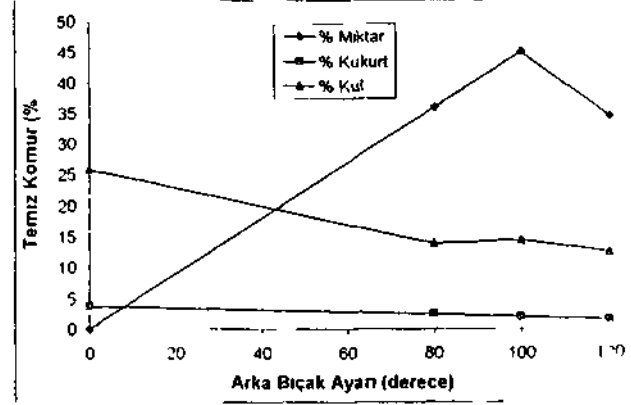
Şekil 4 -9 I) t-3 36 mm Boyul grubunda yapılan pennroll deneyinde ön bıçak ayarı parametresinin incelenmesi ile elde edilen sonuçların temiz kömür bazında gösterimi



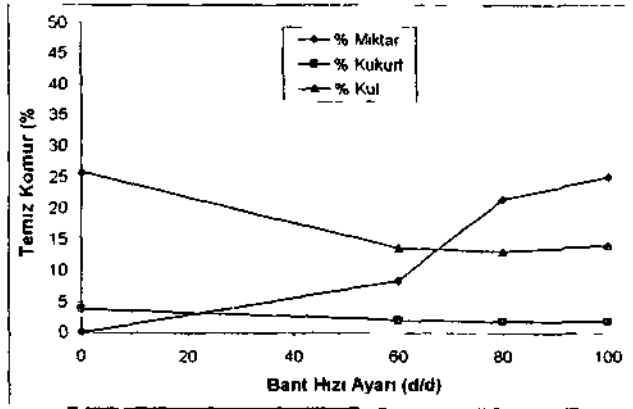
Şekil 5 -1 V> H) 5 mm Ho%ut grubunda yapılan pennroll deneyinde ön bıçak ayarı parametresinin incelenmesi ile elde edilen sonuçların temiz kömür bazında gösterimi



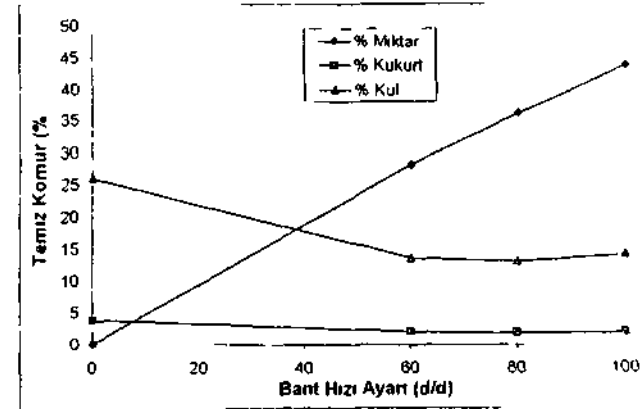
*>ekil 6 - 1) H 100 mm HİOMİ grubunda yapılan Permiel deneğinde arka bıçak ayar parametresinin incelenmesi ile elde edilen sonuçların temiz kömür bazında gösterimi



*>ekil 7 - 1) H 100 mm HİOMİ grubunda yapılan Permiel deneğinde arka bıçak ayar parametresinin incelenmesi ile elde edilen sonuçların temiz kömür bazında gösterimi



*>ekil 8 - 1) H 100 mm HİOMİ grubunda yapılan Permiel deneğinde bant hızı ayar parametresinin incelenmesi ile elde edilen sonuçların temiz kömür bazında gösterimi



*>ekil 9 - 1) H 100 mm HİOMİ grubunda yapılan Permiel deneğinde bant hızı ayar parametresinin incelenmesi ile elde edilen sonuçların temiz kömür bazında gösterimi

Çizelge 6. Isıl işlem uygulanmayan tuvenan kömürün direkt olarak elde edilen optimum koşullarda Permroll'den geçirilmesiyle bulunan deney sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	Ürünler	Miktar (%)		Kül (%)	
		Deneye Göre	Girene Göre	Deneye Göre	Girene Göre
-9.0+3.36	Temiz Kömür	95.0	59.3	11.8	3.06
	Ara Ürün	5.0	3.1	13.9	4.06
	Artık	—	—	—	—
	Beslenen	100.0	62.4	12.9	3.11
-3.36+0.5	Temiz Kömür	84.5	24.6	11.9	2.08
	Ara ürün	15.5	4.5	12.1	7.56
	Artık	—	—	—	—
	Beslenen	100.0	29.1	11.7	3.70
-0.5		—	8.5	24.9	7.80
Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	83.9		11.8	3.03
	Ara Ürün	7.6		12.8	6.13
	Artık	—		—	—
	-0.5	8.5		24.9	7.80
	TOPLAM	100.0		13.0	3.67

% 11.2 kül ve % 1.40 kükürt içeren temiz kömürün ısı değeri 6347 kcal/kg olarak tesbit edilmiştir. Isıl değerdeki bu artış, tuvenan kömürün ısı değerine göre yaklaşık %40'lık bir artışa tekabül etmektedir.

3. SONUÇLAR

- Yapılan çalışmada kullanılan İstanbul-Yeniköy linyit kömürünün kuru esasa göre % 13.8 kül, % 4.10 toplam kükürt, % 48.55 uçucu madde içerdiği saptanmıştır. Isıl işlem ve Permroll deneylerinde kullanılan ve -9.0 +0.5 mm boyut grubunda bulunan yeniköy linyit kömürünün ise kuru esasa göre % 11.9 kül, % 3.38 kükürt, % 47.0 uçucu madde içerdiği ve ısı değerinin 4537 Kcal/kg olduğu tesbit edilmiştir.
- 9.0 +0.5 mm boyut grubunda yapılan ısı işlem deneylerinde, sıcaklığın ve zamanın etkisi araştırılarak kül ve kükürt içeriğinin değişimi incelenmiştir. Değişik sıcaklık ve zaman aralıklarında yapılan ısı işlem deneylerinde; optimum sonuçlar 600°C'da ve 120 dakikada alınmıştır. Optimum şartlarda gerçekleştirilen deneyde, toplam kömürün yaklaşık % 57'si uzaklaştırılmıştır.
- 0.9 +3.36 ve -3.36 +0.5 mm boyut gruplarında olmak üzere iki boyut grubunda gerçekleştirilen Permroll manyetik ayırma deneylerinde, 600°C'da ve 120 dakikalık ısı işlem sonunda elde edilen kömür numunesi kullanılmıştır.

- Permroll manyetik ayırma deneylerinde ; besleme, ön bıçak , arka bıçak ve bant hızı değişimleri incelenmiş olup, her iki boyut grubu içinde aşağıda verilen değerler optimum koşullar olarak saptamıştır:

Besleme: 500 g/min, ön bıçak : 100 °, Arka bıçak : 120 °, Bant hızı:80 d/d

- Permroll manyetik ayırıcıda tesbit edilen optimum koşullarda gerçekleştirilen deneylerde; % 25.9 kül ve % 3.19 kükürt içeren tuvenan kömürden % 11.2 kül ve % 1.40 kükürt içeren bir temiz kömür % 26.3 oranında üretilebilmektedir. Isıl işlem+Permroll manyetik ayırıcısı beraberliği ile gerçekleştirilen zenginleştirme çalışmasında: tuvenan kömürde mevcut külün % 57'si ve toplam kükürdün ise yaklaşık % 90'ı üretilen temiz kömür ürününden uzaklaştırılmıştır. Elde edilen temiz kömürün ısıl değeri 4537kcal/kg'dan yaklaşık % 40'lık bir artışla 6347 kcal/kg değerine yükselmiştir.
- -9.0 +3.36 mm ve -3.36 +0.5 mm boyut aralıklarında ayrı ayrı yapılan manyetik ayırma deneylerinde; -3.36 +0.5 mm boyut grubunda, -9.0 +3.36 mm boyut grubuna nazaran iki katı oranında temiz kömür elde edilmiştir.

-3.36 +0.5 mm Boyutu ; %35.5 miktarında temiz kömür % 10.8 kül ve %1.39 kükürt içerikli, -9.0 +3.36 mm .Boyutu; %18.0 miktarında temiz kömür % 11.4 kül ve % 1.43 kükürt içerikli,

Tane boyutuna bağlı olarak üretilen temiz kömür miktarları gözönünde tutulduğunda ve kükürt kaynağının en büyük- nedeni olan pirit'in kömür içerisinde ince dağılımlı olarak bulunması dikkate alındığında, İstanbul-Yeniköy linyit kömürlerinin daha ince boyutlara kırılarak ısıl işlem + manyetik ayırma beraberliği işleminin daha olumlu neticeler verebileceği kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır.

4. KAYNAKLAR

1. **Abramov »A.A.** (1993), Rusya'daki linyit Teknolojisi ve Kullanımı, *Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri II, Didim-Aydın, Ekim*, pp 61-80
2. **Ateşok G.** (1986), *Kömür Hazırlama*, Kurtiş Matbaası, İstanbul.
3. **Önal G. ve Ateşok G.** (Editörler), (1991), *Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri I, Didim-Aydın, Ekim*, 330 p.
4. **Sondreal, A.A.**(1995), Temiz Kömür Teknolojilerinin Linyitlere Uygulanması, *Kömür Kullanımı ve Teknolojisi Semineri III, Çayırhan-:Ankara*, Ekim, pp: 145-179
5. **Yıldırım, İ, Dinçer, H., Önal G., Çalik, M.S.** (1996), *Upgrading of Low-rank Semicoked Lignite by High Intensity Dry Magnetic Separator*, 6th Int. Mineral Proc Symps. Kuşadası-İzmir, pp: 137-142.