

ÜLKEMİZ KÖMÜR YATAKLARININ KURU ZENGİNLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK HAVALI AYIRICI TASARIMI

Murat Kademli^{1*}, Özcan Y. Gülsoy²

¹Hacettepe Üniversitesi Hacettepe Meslek Yüksekokulu, Beytepe -Ankara –Türkiye

²Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe-Ankara-Türkiye

Özet

Bu çalışmada, kuru kömür zenginleştirme yöntemlerinden biri olan tabla türü havalı ayırıcı tasarımı ve bu tasarımın Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilecek kömür numunelerine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, laboratuvar ölçekli tabla türü havalı ayırıcı deney düzeneği tasarlanmış ve Yeniköy linyit yatağı ile Zonguldak taş kömürü yatağından elde edilen kömür numuneleri ile test edilmiştir. Linyit numunesi ile yapılan testlerde elde edilen kalori ve kül değerleri ele alındığında termik santral için gerekli olan nitelikte linyit üretilebildiği gözlemlenmiştir. Taş kömürü numunesinde ise linyit numunesine göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, nihai ürün olarak yeterince düşük kül içerikli temiz kömür üretilmemesi nedeniyle ön temizleme ünitesi olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: kömür, havalı ayırıcı tasarımı, kuru zenginleştirme

DESIGN OF AIR SEPARATOR FOR DRY CONCENTRATION OF OUR COUNTRY COAL

Abstract

This investigation basically concern about design of table type air separator which is the one of dry coal concentration techniques and it's applicability on coal samples from different districts of Turkey. In order to do this, table type air separator was designed and tested on coal samples which were supplied from Yeniköy lignite deposit and Zonguldak hard coal deposit. It is observed that, calorific values and ash contents of Yeniköy lignite sample test results were adequate to production of clean coal for thermal powerhouse. On the other hand, results of Zonguldak hard coal sample were more favourable than Yeniköy lignite sample; however, it cannot be used as final production stage of hard coal because of high ash contents. it can be used as pre-concentrator unit.

Key Words: Coal, Design of Air Separator, Dry Concentration

* E-posta: kademli@hacettepe.edu.tr

1. Giriş

Günümüzde su kaynaklarının azalması, kömür yataklarının bulunduğu bölgelerin birçoğunun su kaynakları bakımından zengin olmayışı, kış aylarında kömür kurutma işlemlerinin zorluğu ve maliyetinin yüksek oluşu, atık suyun çevreye verdiği zararlar gibi dezavantajlarından dolayı, yaş kömür zenginleştirme yöntemlerine alternatif olarak kuru kömür zenginleştirme teknikleri geliştirilmektedir.

Bu çalışmada, ülkemiz kömürleri üzerinde, sınırlı denemeler yapılmış olan kuru kömür zenginleştirme yönteminin denenebilmesi için tabla türü havalı ayırıcı tasarlanması ve böylece iri boyutta kömür içerisinde bulunan yan taşın uzaklaştırılarak, kömür kalitesinin artırılması hedeflenmiştir. Günümüzde çok yaygın olmamakla birlikte endüstriyel olarak uygulanan kuru kömür zenginleştirme yöntemleri ve kullanılan ayırıcılar; elle ayıklama (triyaj), akışkan yatak sistemleri, havalı masalar, havalı jigler ve FGX kuru ayırıcı olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca manyetik ayırma, elektrostatik ayırma, optik ayırma gibi kuru kömür zenginleştirme yöntemlerinin pilot ölçekli veya demo şeklinde uygulamaları mevcuttur.

Bu yöntemler arasında yalnızca elle ayırma ülkemizde kullanılmaktadır. Bu yöntemde, elekten elenmiş kömür insanın seçebileceği boyutlarda, iki tarafına ayıklama elemanları yerleştirilmiş düzgün bir bant üzerinden akıtılmaktadır. Kömür, bant üzerinde işçilerin önünden geçerken, işçiler tarafından fark edilen yan taşlar elle seçilerek bir başka banda dökülmektedir.

Manyetik ayırmanın bütün kömürlere uygulanması mümkün olmamaktadır. Çünkü yan taş çoğunlukla manyetik özellik göstermemektedir. Bazı özel durumlarda kömürün içerdiği demir sülfür yapısı ısı ile değiştirilerek manyetik alınganlığı artırılmakta ve manyetik ayırma ile ayrılabilir hale getirilmektedir[1][2][3].

Elektrostatik ayırma ise daha çok yakma işlemi sonunda çıkan baca gazlarından toz tutma amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bunun dışında, 3 mm'nin altında kömürün yan taştan ayrılması amacıyla da bazı uygulamalar bulmuştur. Bu tür bir uygulama için kömürün nem içeriğinin de %9'dan az olması gerekmektedir[4][5][6].

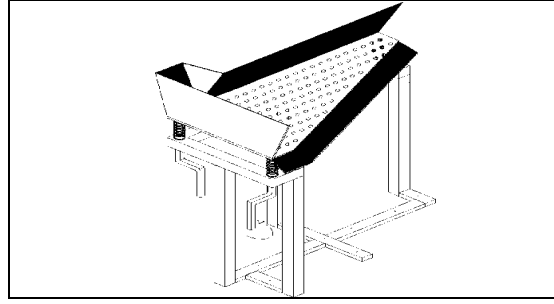
Akışkan yatak uygulamalarında, ince öğütülmüş malzemenin kapalı bir sistem içinde alttan hava verilerek askıya alınması yani bir akışkan yatak oluşturulması sayesinde ayırım yapılmaktadır[7][8][9][11].

Kuru zenginleştirme yöntemlerinde sisteme su sağlanması, tesisten çıkan kirli suyun atılması ve geri kazanım gereksinimi yoktur. Bu yüzden, ince ve sulu tesis atıkları için atık havuzları gereksinimi ortadan kalkmaktadır. Kuru ayırma işlemi sırasında kömür nem oranı artmaz. Kuru yöntemlerde elde edilen üründe tozlaşma, ufalanma görülmez. Su olmayan bölgelerde tesis kurulmasına imkân yaratır. Kış günlerinde yaş yöntemlerde görülen donma problemleri yaşanmaz. Ancak, ayırma verimleri yaş yöntemlere kıyasla düşüktür. Özellikle ince boyutlarda kuru kömürün elenmesi problem yaratabilir. Kıрма, eleme ve diğer ayırma işlemlerinde toz oluşmakta ve bu nedenle sistemlerin kapalı yapılması ve toz giderme ünitesi gerektirmektedir[3].

2. Malzeme ve Yöntem

Ayırıcının Özellikleri

Literatür taraması sonucunda kömür ve yan taşın birbirinden kuru zenginleştirme ile ayrılabilmesi için kullanılmakta olan yöntemler içerisinde tabla türü havalı ayırıcı seçilmiş, laboratuvar koşullarına uygun olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Tasarım aşamasında FGX ayırıcıdan esinlenilmiştir. Ayırıcıda herhangi bir ağır ortam gerektirmemesi ve işletiminin son derece kolay olması nedeniyle tabla türü havalı ayırıcı tercih edilmiştir. Ayırıcı yüzeyinde akışı sağlayacak şekilde titreşim veren ve iki özdeş vibratör motordan oluşan tahrik mekanizması bulunmaktadır. Akışkan yatağın oluşturulması amacıyla sisteme, hava taşıyıcı kanallar kullanılarak fan bağlanmıştır. Tasarlanan ayırıcı, 112 cm boyunda, 76 cm ve 30 cm olan iki karşılıklı kenara sahip dörtgen bir yamuk yüzey ve bu yüzey üzerinde 3 mm çapında hava geçişine imkân sağlayan eşit dağıtılmış delikler mevcuttur. Şekil 1'de ayırıcının teknik çizimi verilmektedir.



Şekil 1. Tabla Türü Havalı Zenginleştirici Teknik Çizim

Ayrıca, tabla yüzeyinin eğimini ayarlayabilmek ve verilecek tahrik'in yüze aktarılabilmesi için tabla altına yerleştirilmiş, amortisörler mevcuttur. Yüze uygulanan tahrikin sistemi etkilememesi ve ayırıcının sabitlenmesi için çelik profillerden oluşan bir gövde imal ettirilmiş ve yere sabitlenmesi sağlanmıştır. Tahrik sisteminin gücü ve masa frekansı ile genliğinin kontrol edilebilmesi için bir elektronik motor frekans kontrol modülü, tahrik sistemine monte edilmiştir. Tabla yüzeyine fan tarafından sağlanacak havanın miktarının ayarlanabilmesi ve hesaplanabilmesi için ise fan motorunu kontrol edebilecek başka bir elektronik frekans kontrol modülü daha eklenmiştir. Numunelerin tabla yüzeyindeki hareketlerinin kontrol edilebilmesi amacıyla numune yönlendirici bariyerler eklenmiştir. Bu bariyerlerin boyutları ve yüksekliklerinin değiştirilebilmesi için değişik yükseklik ve uzunluklarda yaptırılmıştır. Deneylerde gerekli olan besleme tonajı ve süresi hesaplanarak, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan hız kontrollü titreşimli besleyici, düzeneğe besleme sağlayacak şekilde yerleştirilmiştir. Düzeneğin ayrıntılı fotoğrafları Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5' de verilmektedir.



Şekil 2. Tabla Türü Havalı Zenginleştirici Deney Düzeneği Genel Görünüm



Şekil 3. Tabla Türü Havalı Zenginleştirici Deney Düzeneği Tabla Yüzeyi



Şekil 4. Tabla Türü Havalı Zenginleştirici Deney Düzeneği Kontrol Sistemi



Şekil 5. Tabla Türü Havalı Zenginleştirici Deney Düzeneği Besleme Sistemi

Ayırıcının Test Edilmesi

Ayırıcının kurulumunun ardından, ön deneyler yapılması amacıyla, farklı tane boylarında numuneler hazırlanmış ve ön deneyler yapılmıştır. Ön deneyler esnasında işlem parametreleri optimize edilmeye çalışılmış, değişik tane boyları, tabla eğimleri, tahrik gücü, frekansı, yüzey delik çapları değiştirilerek deneyler tekrarlanmış, işlem değişkenlerinin verim üzerine etkileri gözlenmeye çalışılmıştır. Ayırıcının çalışır duruma getirilmesi ve işlem değişkenlerinin tanımlanabilmesi için deney yöntemleri ve incelenecek parametreler belirlenmiştir. Ön deneyler yapılmadan önce zenginleştirme işlemine etkisi olması beklenen parametreler; tabla eğimi, hava akış miktarı, masa frekansı, bariyer yüksekliği, tane boyu ve besleme hızı olarak belirlenmiştir. Yukarıda belirtilen 6 ayrı parametrenin zenginleştirme verimine etkisi ve aynı anda birbirleri arasında iç etkileşimi olası görülmüştür. Zenginleştirme işleminde kullanılacak olan ayırıcıda, işlem değişkenlerinin ayırıcı performansı üzerine etkisini ortaya koymak ve optimizasyonun da kullanmak amacıyla yapılan ön deneyler çalışma kapsamında incelenmesi gerekli olan parametrelerin aşağıdaki şekilde düzenlenmesini gerektirmiştir. Düşük tane boyunun ayırım performansını olumsuz etkilemesi söz konusu olduğundan, literatürde başarılı sonuçlar elde edilen çalışmalarda belirtilen tane boyu dağılımları referans alınarak, tane boyu dağılımı 38 ile 6 mm arasında belirlenmiştir. Deneylerde ayırıcı çalışma koşullarının test edilmesi ve tasarım aksaklıklarını görmek amacıyla Yeniköy yatağından getirilen linyit numuneleri kullanılmıştır. Sonuçların gözlemlenmesini kolaylaştırması açısından, orijinal numune yerine, içerisinde elle seçilen 40 kg kömür numunesi ile 40 kg yan taş karıştırılmış ve özel bir deney numunesi elde edilmiştir. Ön deney koşulları Çizelge 1 ve sonuçları Çizelge 2’de verilmektedir. Elde edilen ürün ve atık içinden, kömür ve yan taş elle ayrılıp tartılmak suretiyle analiz edilmiştir.

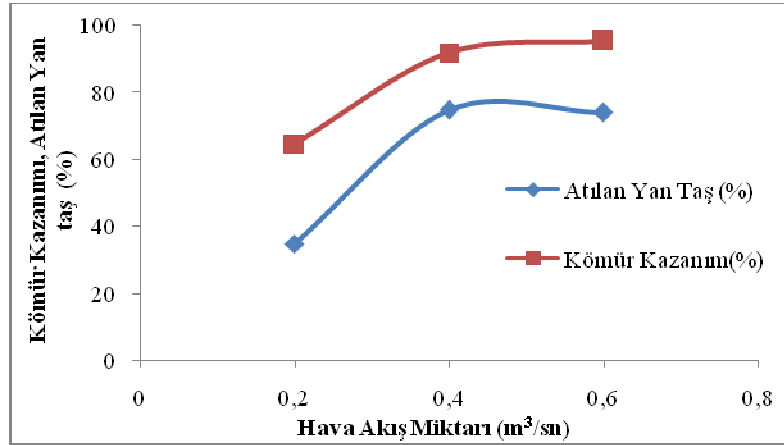
Çizelge 1. Ön Deneş Koşulları

D.No	Hava Akış Miktarı (m ³ /sa)	Eğim	Besleme Hızı (ton /sa-m ²)	Frekans (Hz)	Tane Boyu (mm)
1	0,2	0,21	2	45	-38 + 6
2	0,4	(11,8 ⁰)			
3	0,6				

Çizelge 2. Ön Deneş Sonuçları

Deneş No	Temiz kömür (%)			Ara Ürün (%)			Atık (%)			Besleme (%)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Yan Taş Oranı	20,8	20	51	22,6	23	47,4	94	87,7	51,3	50,2	50,3	51,1
Kömür Oranı	79,2	80	49	77,4	77	52,6	6	12,3	48,7	49,8	49,7	48,9
Ağırlık Dağılımı (%)	29,2	29,2	30,1	31,5	27,2	35,4	39,3	43,6	34,5	100	100	100
Kömür Kazanım (%)	46,4	47	31	49	42,2	33,7	4,6	10,8	35,3	100	100	100

Ön deneşlerde hava akış miktarı dışındaki parametreler sabit tutulmuştur. Hava akış miktarındaki değişimin yan taş uzaklaştırma verimine ve kömür kazanımına etkisi son derece fazladır. Ancak, ayırma etkisinde belli bir eşik seviyesinin olduğu bu eşik seviyesinin aşılmasından itibaren ayırım gerçekteştiği daha alt seviyelerdeki değerlerde kömür kazanım değeri ve yan taş uzaklaştırma veriminde keskin bir düşüş olduğu gözlemlenmektedir. Buradan hareketle, hava akış miktarı 0,6 m³/sn olarak sabit tutulmuştur. Şekil 6.'da hava akış miktarına karşı kömür kazanımı ve toplam atılan yan taş oranı verilmektedir.



Şekil 6. Hava Akış Miktarı Etkisi

Ön deneşler sonucunda ayırım performansı ve optimizasyon çalışmalarında test edilmesi gereken işlem parametreleri; tabla eğimi, tabla frekansı, besleme hızı ve bariyer yüksekliği olarak belirlenmiştir.

Deneşler

Tüm parametrelerin birbirleri ve zenginleştirme işlemi ile ilişkilerini ortaya koymak amacıyla her bir parametrenin en az 3 değişik kademede incelenmesi ön görülmüştür. Bu durumda parametrelerin incelenecekleri aralıklar Çizelge 3'de gösterildiği şekilde düzenlenmiştir. Kademelerin belirlenmesinde ön deneşler sırasında gözlemlenen ayırıcı çalışma aralıkları ve sınır değerler dikkate alınmıştır.

Çizelge 3. Deney Parametreleri

	45	42	39
Masa Frekansı (Hz)			
Tabla Eğimi	0,26	0,21	0,15
Besleme Hızı (ton/sa-m ²)	1,32	1,68	2
Bariyer Yüksekliği (cm)	1,5	2	2,5

Dört ayrı test parametresinin üç ayrı kademede test edilebilmesi ve iç etkileşimlerinin de ortaya konulması açısından 81 ayrı test koşulu tasarlanmıştır. Tüm test koşullarında Yeniköy linyit numunesi kullanılmıştır. Numune hazırlama aşamasında, her bir test koşulunda kullanılacak olan beslemenin özelliklerinin farklılık göstermemesi için kullanılacak olan 450 kg numune tek bir seferde kırılmış, boyut dağılımı 38 ile 6 mm arasında olacak şekilde elenmiş ve 12 parçaya bölünmüştür. 12 parçaya bölünen numunenin bir parçası ikiye bölünerek, tane boyu analizi ve yıkanabilirlik testine tabii tutulmuştur. 9 parça numunenin her biri ile 9 adet test yapılmıştır. Son 2 parça ise eksilen deney numunelerini tamamlamak için kullanılmıştır. Ayırıcının besleme nem içeriğine duyarlı olduğu bilindiğinden, numune öncelikle uzun süreli bekletilmiş ve nem oranının düşmesi sağlanmıştır(%6,7). Ayırıcı yeni tasarlandığından ve ilk çalışmalar olması nedeni ile besleme nem içeriğinin olumsuz etkisinin öncelikle ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Yeniköy linyit numunesi ile yapılan testler sonucunda, elde edilen kalori, kül içeriği, yanabilir verim ve ağırlık verimi değerleri göz önüne alınarak, eğim ve bariyer yüksekliği, sırasıyla 0,15 eğim ve 1,5 cm bariyer yüksekliği olmak üzere optimum koşullarda sabit tutulmuş ve en başarılı test koşulları Zonguldak taşkömürü numuneleri üzerinde tekrarlanmıştır. Ayrıca, testler tamamlandıktan sonra en yüksek yanabilir verim, kalori ve ağırlık verimleri ile en düşük kül içeriğinin elde edildiği test koşulu için tromp eğrileri çizilerek performans analizleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Zonguldak taşkömürü üzerinde tekrarlanan test koşulları Çizelge 4.'de verilmektedir.

Çizelge 4. Zonguldak Taşkömürü Numunesi ile Tekrarlanan Test Koşulları

Test No	Bariyer Yüksekliği (cm)	Masa Eğimi	Besleme Hızı (ton/sa-m ²)	Tabla Frekansı (Hz)
55-63	1,5	0,15	1,32	45/42/39
			1,68	45/42/39
			2	45/42/39

Deney Numuneleri

Yeniköy Linyit Numunesi

Yeniköy numunesi, ayırıcı test parametrelerinin tespiti için yapılan ön deneyler sonucunda, en başarılı çalışma koşullarının tespit edilebilmesi açısından uygun görülmüş ve test parametrelerinin öncelikle bu numune üzerinde denenmesine karar verilmiştir. Yeniköy linyit numunesine ait tam analiz sonuçları Çizelge 5'de verilmektedir.

Çizelge 5. Yeniköy Linyit Numunesi Tam Analizi

Test Tipi	Orijinal Baz	Kuru Baz	Test Standartı
*Toplam Nem	6,7	-----	ASTM D 3302
%, Kül	42,56	45,75	ASTM D 5142/3174
%, Uçucu Madde	37,79	40,41	ASTM D 5142/3175
%, Toplam Kükürt	2,54	2,73	ASTM D 4239
Üst Isıl Değer (Kkal/kg)	1666	1791	ASTM D 5865
Alt Isıl Değer (Kkal/kg)	1474	1630	ISO 1928

*Kömür özellikle bekletilmiş kurumuş kömürdür.

Zonguldak Taşkömürü Numunesi

Zonguldak taşkömürü numunesi, belirlenen test koşullarının tekrar denenmesinde kullanılmıştır. Numuneye ait tam analiz sonuçları Çizelge 6.'da verilmektedir.

Çizelge 6. Zonguldak Taşkömürü Numunesi Tam Analizi

Test Tipi	Orijinal Baz	Kuru Baz	Test Standartı
Toplam Nem	1,59	-----	ASTM D 3302
%, Kül	47,32	48,08	ASTM D 5142/3174
%, Uçucu Madde	20,04	20,36	ASTM D 5142/3175
%, Toplam Kükürt	0,52	0,53	ASTM D 4239
Üst Isıl Değer (Kkal/kg)	3898	3961	ASTM D 5865
Alt Isıl Değer (Kkal/kg)	3737	3807	ISO 1928

3. Bulgular ve Analizler

Hazırlanan kömür numuneleri titreşimli besleyici yardımı ile daha önceden belirlenen parametrelere uygun olarak tabla yüzeyine beslenmiş ve tabla yüzeyinden dökülen numuneler ön deneyler sırasında belirlenen bölümlerden temiz kömür ve atık olarak iki parça halinde alınmıştır. Elde edilen tüm temiz kömür ve atık numunelerine nem, kül ve kalori analizleri uygulanmıştır. Şekil 7.'de Yeniköy numunesi ile 60 no'lu test koşulunda elde edilen temiz kömür ve atık numuneleri gösterilmektedir.



Şekil 7. Yeniköy 60 No'lu Test Koşulu Temiz kömür ve Atık

Yeniköy linyit numunesi ile yapılan tüm testlerin tamamlanması, numune alınması, öğütülüp, analiz edilmesinden sonra elde edilen en başarılı sonuçlar Çizelge 7.' de ve Zonguldak taş kömürü numunesi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 8.'de verilmektedir.

Çizelge 7. Yeniköy Linyit Numunesi En Başarılı Testlerin Analiz Sonuçları

S.N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
o	Bar. Yük	Eğim	Bes.	Frekans	Kons. Kalori	% Mkon	% KKül	% Akül	%Yan .Verim	%Top. At. Kül	Atık Kalori
55				45	3391	55,4	38,04	51,40	61,30	52,10	786
56			1,32	42	3305	59,8	36,25	52,53	68,08	47,99	642
57	1,5	0,15		39	3196	62,5	36,31	53,82	71,08	45,87	606
58				45	3383	60,5	37,41	52,09	67,62	46,76	702
59			1,68	42	3018	64,9	37,94	53,20	71,92	42,44	686
60				39	2809	66,9	38,83	52,45	73,08	39,46	696

61		45	3016	65,1	38,03	53,14	72,04	42,15	622
62	2	42	2772	69,7	38,74	54,10	76,25	37,26	611
63		39	2728	73,8	39,41	54,93	79,85	32,71	589

Çizelge 8. Zonguldak Taşkömürü Numunesi Analiz Sonuçları

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
S.No	Bar. Yük	Eğim	Bes.	Frekan s	Kons. Kalori	% Mkon	% KKül	% Akül	%Yan .Verim	%Top. At. Kül	Atık Kalori
55				45	5032	54,2	33,27	71,92	69,55	68,62	1308
56			1,32	42	4886	61,1	33,70	74,32	77,90	60,23	1198
57				39	4602	64,3	35,12	74,73	80,23	55,58	1186
58				45	4992	59,6	33,97	73,65	75,68	61,99	1258
59	1,5	0,15	1,68	42	4554	62,1	35,71	70,83	76,78	55,93	1381
60				39	4329	65,8	36,02	73,97	80,96	52,71	1225
61				45	4812	61,5	33,98	74,42	78,08	59,69	1159
62			2	42	4516	65,9	35,92	74,86	81,21	53,18	1112
63				39	4196	66,2	36,86	75,50	80,38	53,16	1086

* Bu numunenin nem oranı %1,59'dur.

Çizelge 7 ve 8' de kullanılan;

- 1) Bariyer Yüksekliği (cm)
- 2) Eğim
- 3) Besleme Hızı (ton/sa-m²)
- 4) Tabla Frekansı (Hz)
- 5) Temiz kömür Alt Isıl Kalori Değeri (Kkal/kg)
- 6) Temiz kömür Ağırlığı (%)
- 7) Temiz kömür Kül Oranı (%)
- 8) Atık Kül Oranı (%)
- 9) Yanabilir Verim (%)
- 10) Toplam Atılan Kül Oranı (%)
- 11) Atık Alt Isıl Kalori Değeri (Kkal/kg)

İfade etmektedir.

Performans Analizleri

Deneylede kullanılan Yeniköy linyit numunesi ve Zonguldak taşkömürü numunesi ile yapılan testler sonucunda, en başarılı sonuçların elde edildiği test koşullarında, temiz kömür numunelerine yüzme – batma testi uygulanmıştır. Yüzme – batma testlerinden elde edilen sonuçlarla, her bir deney numunesinin beslemesine ait yüzme – batma test sonuçları kullanılarak, tromp eğrileri çizilmiş ve Ep değerleri ile ayırım yoğunlukları (d₅₀) hesaplanmıştır. Performans analizlerinde kullanılan test koşulu çizelge 9.'da verilmektedir. Yeniköy linyit numunesine ve Zonguldak taşkömürü numunesine ait tromp eğrileri ise şekil 8 ve 9 da sırasıyla verilmektedir.

Çizelge 9. Performans Analizlerinde Kullanılan Test Koşulu

Test No	Bariyer Yüksekliği (cm)	Masa Eğimi	Besleme Hızı (ton/sa-m ²)	Tabla Frekansı (Hz)
55	1,5	0,15	1,32	45

Ep değerleri eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E_p = \frac{(d_{75} - d_{25})}{2} \quad (3)$$

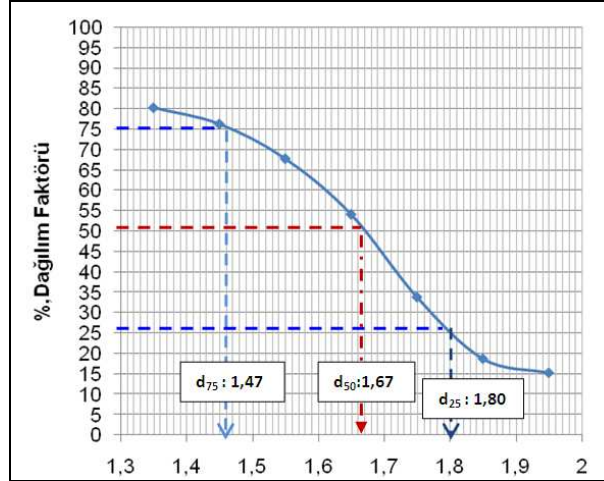
Burada;

E_p = Hata Faktörü

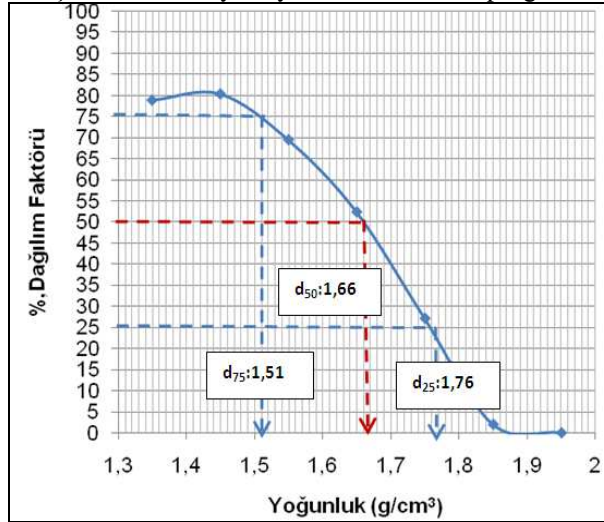
d_{25} = % 25, Dağılım faktörüne karşılık gelen yoğunluk

d_{75} = % 75, Dağılım faktörüne karşılık gelen yoğunluk

d_{50} = Ayırım Yoğunluğunu ifade etmektedir.



Şekil 8. Yeniköy Linyit Numunesi Tromp Eğrisi



Şekil 9. Zonguldak Taş Kömürü Numunesi Tromp Eğrisi

Yeniköy linyit numunesi ile yapılan testler sonucunda elde edilen en yüksek kalori değeri 3391 Kkal/kg, ağırlık verimi % 55,4 ve yanabilir verim % 61,30 olarak gerçekleşmiştir. Ancak 3000 Kkal/kg ile 3300 Kkal/kg alt ısı değerler aralığının da %75 ile %63 oranlarında yanabilir verim ve %70 ile %55 oranlarında ağırlık verimi elde edilebilmektedir. Buna karşılık elde edilen atığın kül oranı %32,71 ile %52,10 arasında ve alt ısı kalori değerleri ise 786 Kkal/kg ile 589 Kkal/kg arasında değişmektedir. Besleme numunesinin kalori değerinin 1630 Kkal/kg olduğu göz önüne alındığında, bölgede bulunan termik santrale uygun özelliklerde ürün elde edilmiştir.

Zonguldak taşkömürü numunesi ile elde edilen en yüksek kalori değeri 5032 Kkal/kg, ağırlık verimi % 54,2 ve yanabilir verim % 69,55 ile sağlanmıştır. Testler incelendiğinde 5032 Kkal/kg ile 4200 Kkal/kg alt ısı değerler aralığında %80 ile %69 oranlarında yanabilir verim ve %65 ile %52 oranlarında ağırlık verimi elde edilebildiği görülmektedir. Buna karşılık, elde edilen atığın kül oranları % 69,55 ile % 81,21 arasında alt ısı kalori değerleri ise 1086 Kkal/kg ile 1381 Kkal/kg arasında kalmaktadır. Besleme alt ısı kalori değerinin 3807 Kkal/kg olduğu göz önüne alındığında belirgin bir ayırımdan söz etmek mümkündür. Ayrıca her iki numune ile yapılan çalışmalarda elde

edilen d_{50} ve Ep değerleri benzer kuru kömür zenginleştirme yöntemlerine göre daha başarılı sonuçlara ulaşıldığını göstermektedir. Ep değerleri ve Ayırım yoğunlukları Çizelge 10.'da verilmektedir.

Çizelge 10. Ep Değerleri ve Ayırım Yoğunlukları (d_{50})

Numune	Ep Değerleri	d_{50} , Ayırım Yoğunluğu (g/cm^3)
Yeniköy Linyit	0,16	1,67
Zonguldak Taşkömürü	0,12	1,66

4. Sonuçlar

Ep değerleri ve elde edilen kalori değerleri göz önüne alındığında ayırım performansı yaş yöntemlere göre düşüktür. Ancak, kömür ve yan taş arasında yoğunluk farkının yüksek olduğu durumlarda, ayırımın beklendiği gibi daha kolay olduğu ve ayırıcı performansının da bu yönde davrandığı görülmektedir. Ep değerleri özellikle yaş yöntemler düşünüldüğünde oldukça yüksek olmasına rağmen, uygulanan mevcut kuru zenginleştirme yöntemleri; havalı jigler ve havalı masalar gibi, dikkate alındığında Ep değerlerinin düşük olduğu görülmektedir.

Ayırıcının özellikle 38 mm'nin altındaki boyutlarda, kömürün temizlenmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir. İnce boydaki ağır mineraller (yan taş) genellikle temiz ürüne kaçabilmektedir. İri boyda taşlar son derece başarılı olarak ayrılmaktadır. Tabla türü havalı ayırıcı ile yapılan deneyler sonucunda, linyit numunesinde iri boydaki yan taşın ayırımında oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir. İnce tane boyunda ki yan taşların temiz kömür ile karışmasına rağmen kaba bir ayırım yapılarak yakma ünitesinin ihtiyaçları doğrultusunda kullanılabileceği görülmüştür.

Taş kömürü numunesinde ise linyit numunesine göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiş olmasına rağmen, nihai ürün olarak yeterince düşük kül içerikli temiz kömür üretilmemesi nedeniyle ön temizleme ünitesi olarak kullanılması düşünülebilir. Bu durum nihai ürün üretimi için kurulacak yıkama tesisinin kapasitesinin düşük tutulmasına ve dolayısıyla önemli bir ekonomik kazanç sağlanmasına olanak tanıyacaktır.

Kaynaklar

- [1] Liu, Y.A. and Lin, C.J., "Assessment of Sulfur and Ash Removal from Coals by Magnetic Separation", *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol: MAG – 12 No.5, September (1976)
- [2] De Jong, T.P.R., Mesina, M.B. ve Kuilman, W., "Electromagnetic De-Shaling Of Coal", *Physical Separation in Science and Engineering*, Vol: 12-4, 223–236 (2003)
- [3] Arslan, V., "Kuru Kömür Hazırlama Yöntemleri" *Madencilik Dergisi*, Cilt 45., Sayı 3. Sf:9-18 Eylül (2006)
- [4] Donnelly, J., "Potential Revival of Dry Cleaning of Coal" *The Australian Coal Review*, October (1999)
- [5] Maoming, F., Qingru, C., Yuemin, Z., Zuenfu, L., Xinxi, Z., Xiuxiang, T., Guohua, Y., "Fine coal dry classification and separation", *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection*, 3-2, 196 – 201 (2003)
- [6] Trigwell, S., Tennal, K. B., Mazumder, M. K. And Lindquist, D. A., "Precombustion Cleaning of Coal by Triboelectric Separation of Minerals" *Particulate Science and Technology*, 21, 353-364 (2003)
- [7] Fan, M., Chen, Q., Zhao, Y., Luo, Z. And Guan, Y., "Fundamentals of Magnetically Stabilized Fluidized Bed for Coal Separation", *Coal Preparation*, 23, 47-55. (2003)
- [8] Xu, S. and Guan, Y., "Numerical Simulation and Experimental Validation of Magnetic Medium Performance in Air-Dense Medium Fluidized Bed (ADMFB)", *Coal Preparation*, 23, 57-65 (2003)
- [9] Chen, Q. and Yang, Y., "Development of Dry Beneficiation of Coal in China", *Coal Preparation* 23, 3 -12 (2003)
- [10] Zhenfu, L., and Qingru, C., "Dry beneficiation technology of coal with an air dense-medium fluidized bed" *International Journal of Mineral Processing*, Vol. 63, No. 3, pp. 167-175 (2001)
- [11] Zhenfu L., et al., "Density – dependent separation of dry fine coal in vibrated fluidized bed" *Powder Technology*, Vol. 187 pp. 119 -123 (2008)