



KÖMÜRLERDE KÜL ORANININ 2- μ ve DEMİR DÜZELTME YÖNTEMİ İLE ÖLÇÜLMESİ

(MEASUREMENT OF ASH CONTENT OF COALS BY USING 2- μ AND
IRON COMPENSATION METHOD)

Sevil BAYBURT*, Güngör YENER**

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada iki ayrı yöntemle Türkiye’de üretilen çeşitli linyit ve taşkömürlerinin kül içerikleri ölçüldü.

2- μ Tekniği adı ile anılan ilk yöntemde iki ayrı enerjili X-ışını kullanılarak kömürlerin toplam kütle soğurma katsayıları ölçüldü. Mineral maddenin değişken Fe içeriğinin etkisi demir düzeltme yöntemi ile ortadan kaldırıldı. Ölçülen toplam kütle soğurma katsayıları, demir mineral madde ve kömür maddesinin kütle soğurma katsayıları ile birlikte kullanılarak örneklerin kül içerikleri tayin edildi.

İkinci yöntemle kömürler yakılarak kül içerikleri kimyasal yoldan belirlendi ve nükleer teknikle bulunan değerler %1 sapma ile çok iyi uygunluk içinde olduğu gözlemlendi.

Ash contents of several lignite and bituminous coals produced in Turkey have been measured by means of two different techniques.

In the first technique called 2- μ method, total mass absorption coefficients of the coals were measured using X-ray of two different energies. The effect of variable content of Fe in mineral matter was removed by iron compensation method. The measured total mass absorption coefficients were used together with the mass absorption coefficients of coal matter and iron to determine the ash content of samples.

In the second technique ash concentrations of coals were measured by a chemical method based on burning the samples. The results were compared with those of nuclear method.

The values obtained in two methods were found to be in a very good agreement with accuracy of 1 % .The results were also consistent with the ash levels given in the literature for the same samples.

ANAHTAR KELİMELELER / KEY WORDS

Kömür, Kül, Demir etkisi yok etme
Coals, Ash, Iron compensation

*DEÜ Müh. Fak., Makine Müh. Böl., Bornova, İZMİR

**EÜ Nükleer Bilimler Enstitüsü, Bornova, İZMİR

1. GİRİŞ

1.1. Kömürün Genel Özellikleri

Yeterli miktarda yanıcı organik bileşikler ihtiva eden doğal halde veya bazı değişimlerden sonra yakacak olarak kullanılabilen kayalara mineral yakıtlar adı verilir. Mineral yakıtların ortak özellikleri organik kökenli olmaları, belirli oranlarda C, H, O ve N içermeleridir. Bu yakıtlar farklı jeolojik devirlerde bitkisel ve hayvansal canlı organizmaların ölümüyle oluşmuşlardır. Bozunan canlı organizma bitkisel ise linyit veya taşkömürü, hayvansal ise genellikle petrol oluşmuştur. Bazı kömürler hem bitkisel hem de hayvansal bozunma ürünleri içerirler. Oluşum yaşına ve jeolojik etmenlere göre oksijen, hidrojen ve karbon içeriği bakımından farklılıklar gösteren kömürler oluşur. Kömürleşmede zamanın dışında biyolojik faktörler, hidroliz, oksidasyon, yer kabuğu katmanlarının basıncı ve sıcaklık önemli rol oynar.

Kömürleşme derecesine göre türleri şöyledir:

- Antrasit, % 87-94 karbon içerir ve yandığında 9000-9500 kcal/kg ısı verir,
- Taş kömürü, % 75-87 karbon içerir ve yandığında 7000-9000 kcal/kg ısı verir,
- Linyit, % 55-75 karbon içermektedir ve yandığında 4000-7000 kcal/kg ısı verir (TSE, 1971).

Katı mineral bir yakıt olan kömürün yapısında çeşitli minerallerden oluşan inorganik maddeler yer alır. Kömür külü kömürün yanması sonucu oluşan oksitlenmiş yanmayan artıktır ve mineral madde içeriği ile yakından ilişkilidir.

Kömürlerdeki kül içeriğini saptamak amacıyla çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan en önemlileri: X-ışını Transmisyon, X-ışını Geri Saçılma Yöntemi, Demir Etkisi yok etme, X-ışını Floresansla Multi-Element Analizi, Atomik Absorbsiyon Yöntemi, Kimyasal Yöntem (Yakma Yöntemi).

Bu çalışmada, kömürlerin kül içeriğinin tayininde radyoizotop yöntemlerin kullanılması, geliştirilmesi ve Ülkemizde üretilen bazı linyit ve taşkömürü türlerine uygulanarak sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada, Demir Etkisi yok etme ve Kimyasal (Yakma) olmak üzere iki yöntem kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. 2- μ ve Demir Etkisi Yok Etme Yöntemi

Bu yöntemde iki farklı enerjide X-ışını için kömürlerin toplam kütle soğurma katsayıları μ_1 ve μ_2 deneysel olarak ölçülür. Toplam kütle soğurma katsayılarının teorik bağıntıları, demir hariç mineral madde, demir ve kömür maddesinin kütle soğurma katsayıları μ_{m-x} , μ_x ve μ_c ile bunlara ait konsantrasyonlar C_{m-x} , C_x ve C_c cinsinden iki ayrı enerji için yazılır. Bu bağıntılar konsantrasyonlar arasındaki ilişkileri

$$C_m = C_{m-x} + C_x \quad (1)$$

$$C_m + C_c = 1 \quad (2)$$

ile birlikte kullanılarak ve demir konsantrasyonu C_x yok edilerek kül konsantrasyonu C_c 'yi veren eşitlik aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$C_c = \frac{1/\mu_{m-x_1} - \mu_{c_1}}{1 - \frac{\mu_{m-x_1} - \mu_{x_1}/\mu_{m-x_1} - \mu_{c_1}}{\mu_{m-x_2} - \mu_{x_2}/\mu_{m-x_2} - \mu_{c_2}}} \mu_1 + \frac{1/\mu_{m-x_2} - \mu_{c_2}}{1 - \frac{\mu_{m-x_2} - \mu_{x_2}/\mu_{m-x_2} - \mu_{c_2}}{\mu_{m-x_1} - \mu_{x_1}/\mu_{m-x_1} - \mu_{c_1}}} \mu_2 +$$

$$\frac{\mu_{c_1}/\mu_{c_1} - \mu_{m-x_1}}{1 - \frac{\mu_{m-x_1} - \mu_{x_1}/\mu_{m-x_1} - \mu_{c_1}}{\mu_{m-x_2} - \mu_{x_2}/\mu_{m-x_2} - \mu_{c_2}}} + \frac{\mu_{c_2}/\mu_{c_2} - \mu_{m-x_2}}{1 - \frac{\mu_{m-x_2} - \mu_{x_2}/\mu_{m-x_2} - \mu_{c_2}}{\mu_{m-x_1} - \mu_{x_1}/\mu_{m-x_1} - \mu_{c_1}}} \quad (3)$$

Eşitlikte 1 ve 2'nin indisleri birinci ve ikinci X-ışını ile ilgili terimlere işaret etmektedir.

DeneySEL olarak ölçülen μ_1 ve μ_2 'ler Eşitlik 1'de kullanılarak örneklerin kül içerikleri bulunur. Bu yöntem X-ışını transmisyonu ve μ ölçümlerinde en önemli hata kaynağı olan değişken demir oranı etkisinin ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır.

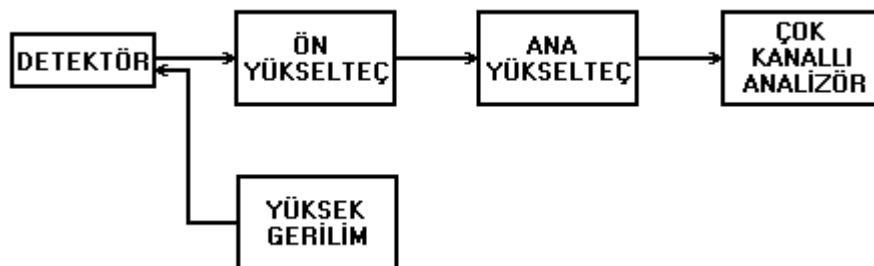
3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Örneklerin Hazırlanması

Beş ayrı ocaktan alınan yıkanmamış linyit ve taşkömürü örnekleri kullanıldı. Zonguldak havzasındaki üç ayrı ocaktan alınan taşkömürleriyle, Seyitömer ve Soma havzasından alınan linyit kömürleri öğütülüp elendikten sonra 6 atmosfer basınç altında 3 cm çaplı ve çeşitli kalınlıklarda peletler hazırlandı. Bu peletler çeşitli kombinasyonlarda kullanılarak her bir örnekte 15 farklı kalınlık için ölçümler alındı.

3.2. Deney Düzenegi

Deneyde kullanılan düşük enerji gama spektrometresi ince Be pencereci 1,5"x 0,8" NaI(Tl) kristali ile ilgili elektronik aksesuar ve 4096 kanallı analizörden oluşmaktadır (Şekil 1). Kristal-fototüp-preamplifikatör üçlüsü 5 cm kalınlığında 15 cm iç çaplı silindirik kurşun zırh içinde korunmuştur. Dar ışın demeti geometrisi için detektör ile kaynak arasında kurşun kolimatör kullanılmıştır (Şekil 2).

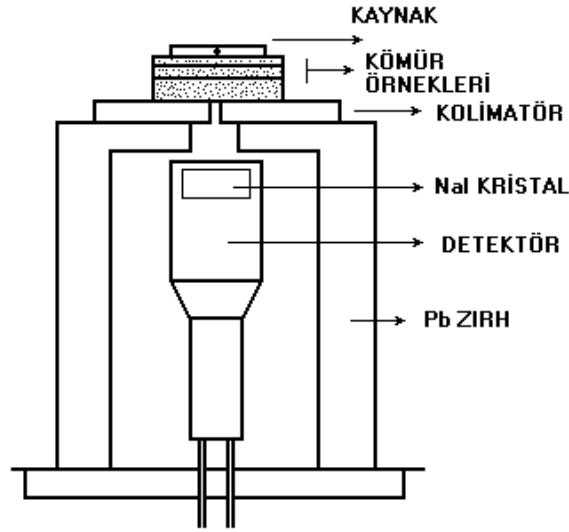


Şekil 1. Spektrometre sisteminin blok şeması

3.3. Deneysel Çalışma

Am-241 noktasal kaynağının 59,6 keV enerjili, Eu-152'nin de 40 keV enerjili gamaları kullanıldı. Ölçümlerde geometrinin düzgün olması ve kaynakların birbirlerini engellememeleri amacı ile kaynaklarla ayrı ayrı ölçümler yapıldı.

Çeşitli kömür kalınlıkları için alınan X-ışını spektrumlarında, seçilen X-ışını piki altında kalan toplam sayımlar I değerleri olarak kullanıldı. Dolu ve boş spektrumlar için ayrı ayrı fon sayımları önceki pik alanlarından çıkartılarak I_0 ve I değerleri elde edildi. Art ortam sayımlarının etkisi % 0,01-0,001 mertebesinde olduğundan hesaplanan sonuçları değiştirmedeği gözlemlendi. Her bir kömür örneği için 15 farklı kalınlıkta dolu spektrum ve fon sayımlarının farklı iki kaynakla alınması sonucu en az 90 tane, 5 bölgeden alınan kömür örnekleri için ise toplam en az 450 tane ölçüm alınmıştır. Çizelge 1'de Seyitömer kömürü ile alınan farklı iki enerjideki I_0 ve I şiddetleri görülmektedir.



Şekil 2. Deneysel düzenek

Çizelge 1. x kalınlıklarına bağlı olarak farklı iki enerjide alınan I ve I_0 değerleri

Kalınlık (cm)	40 keV		59,6 keV	
	I	I_0	I	I_0
0.6	2434642	3021639	1508292	1784213
1.0	1502761	2153951	1191160	1576059
1.4	947416	1568285	835297	1236187
1.7	644055	1189469	647443	1043800
2.2	343697	758596	374742	693837
2.8	244959	671416	229639	504517
3.2	155630	494324	171700	420613
3.6	115513	423509	127586	350075
3.9	73934	301018	100994	300985
4.2	61822	281065	86541	281430
4.7	40747	221269	56092	209137
5.2	31007	201537	40399	173530
5.9	20041	167633	27018	140963
6.3	16628	160627	17037	99632
6.9	12353	148439	10913	75730

4. SONUÇLAR

4.1. Demir Etkisi Yok Etme Yöntemi Sonuçları

Her bir örnek kalınlığında örnekli (dolu) ve örneksiz (boş) spektrumlar alındı. Seçilen pik altındaki alanlardan ard ortam sayımları çıkartılarak dolu boş spektrumlarda I ve I₀ değerleri elde edildi. Çizelge 1’de Armutçuk kömürüne ait iki farklı enerjide alınan I ve I₀ şiddet değerleri görülmektedir. $I=I_0 \exp(\mu_1 x)$ bağıntısından çizilen grafiklerle örneklere ait lineer soğurma katsayıları μ 'ler ölçüldü (Çizelge 2). Grafikler bilgisayar yardımıyla regresyon-korelasyon yöntemi ile çizildi. Peletlerin tartılıp, hacimlerinin ölçülmesi suretiyle kömür yoğunluğu bulundu ve $\mu = \mu_1 / \rho$ olduğundan deneysel kütle soğurma katsayıları elde edildi (Çizelge 3).

Çizelge 2. İki enerjide kütle soğurma katsayıları

Enerji	μ_{mm-x}	μ_x	μ_{cm}
40 keV	$0,3619 \pm 0,0015$	3,6417	$0,2572 \pm 0,0010$
59,6 keV	$0,1997 \pm 0,0012$	1,2105	$0,2174 \pm 0,0009$

Çizelge 3. Ölçüm sonuçları

Örnek	ρ	$\mu=\mu_1/\rho$ (40 keV)	$\mu=\mu_1/\rho$ (60 keV)	C _{kül} (%)
Seyitömer	1,3322	0,2716	0,2107	$21,85 \pm 0,016$
Zonguldak II	1,0576	0,1821	0,1163	$4,55 \pm 0,002$
Soma	1,0905	0,2634	0,2081	$35,57 \pm 0,027$
Zonguldak I	1,2628	0,2142	0,1995	$8,08 \pm 0,004$
Armutçuk	1,0927	0,2165	0,1661	$29,41 \pm 0,022$

Çizelge 4. Armutçuk kömürlerine ait atomik absorpsiyon ile elde edilen mineral madde analiz sonuçları

Bileşik	% Ağırlık
SiO ₂	58,26
Al ₂ O ₃	13,38
Fe ₂ O ₃	13,78
MgO	6,43
CaO	6,04
Na ₂ O	Eser
K ₂ O	1,33
TiO ₂	0,55

Fe hariç mineral maddeye ait kütle soğurma katsayısı μ_{m-x} için bu mineral maddenin etkin Z değerine ait soğurma katsayısı kullanılabilir. Bu kullanımın yaklaşıklık derecesini test etmek için örneklerin mineral madde bileşimi Atomik Absorpsiyon ile saptandı (Çizelge 4). Bu yoldan bulunan μ_{m-x} ile, etkin Z ile belirlenen μ_{m-x} değerlerinin uygunluk içinde olduğu gözlemlendi.

μ_{m-x} 'ler, kömür maddesini oluşturan elementlerin μ 'lerinden belirlenen μ_c ve μ_{m-x} 'ler

Eşitlik 3 ile birlikte kullanılarak kömür örneklerindeki kül konsantrasyonları belirlendi. Sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

4.2. Kimyasal Yöntemle Kömürde Kül Analizi

Çalışmada önceki iki yöntemde bulunan kül miktarlarının doğruluğunu incelemek için yakma standartlarına göre aynı örneklerin kül içerikleri saptanmış ve iki yöntemin sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir (TSE, 1971).

Çizelge 5. İki yöntemle bulunan (%) kül konsantrasyonları

Örnek	Demir Etkisi yok etme	Yakma
Zonguldak II	4,55 ± 0,002	4.69
Seyitömer	21,85 ± 0,016	20.16
Soma	35,57 ± 0,027	36.47
Zonguldak I	8,08 ± 0,004	8.24
Armutçuk	29,41 ± 0,022	29.09

5. TARTIŞMA

Çalışmada bir tanesi 2-μ ve demir etkisi yok etme diğeri ise yakma esasına dayanan kimyasal yöntem olmak üzere iki deneysel teknik kullanıldı. 5 ayrı ocaktan alınan iki linyit ve üç taşkömürü örneklerinde kütle soğurma katsayıları ölçülerek kül içeriği tayinleri yapıldı. Bu iki deney sonucunda elde edilen kül konsantrasyonu bulguları karşılaştırıldı ve birbirleriyle çok iyi uygunluk içinde olduğu gözlemlendi.

Çalışmada kullanılan izotropik yöntemler yalnızca seçilen tek bir kalınlıkta ölçüm almak suretiyle uygulanabilirdi. Ancak örneklerin toplam kütle soğurma katsayılarının daha incelikli ölçülebilmesi amacıyla her örnek türü için 15 ayrı kalınlıkta ölçümler ve hesaplamalar tekrarlandı, gerçekten de hassasiyetin arttığı gözlemlendi.

6. KAYNAKLAR

- Akçağlar S., Yener G. (1990): "E.Ü.Rektörlüğü Araştırma Fonu Projesi", Proje N. 89 NBE 005 Proje Raporu.
- Fookes R.A., Gravitis V.L., Watt J.S., Campbell C.E., Steffner E. (1983): "Feasibility Studies of Low Energy X-Ray Techniques for On-Line Determination of Ash Content of Coal on Conveyors", mt. J. Appi. Radiat.Isot. V. 34, N. 1, p. 37-44.
- Stocfjolski A., Dziunikowski B. (1984): "Determination of the Ash content of Coal by Multi-Element X-Ray Fluorescence Analysis X-Ray Spectromery", V.13, No 4.
- Türk Standartları Enstitüsü (1971): "Maden Kömüründe Kül tayini", Ankara.
- Yener G., Mersinoğlu Ö. (1989): "Experimental Determination of Effective-Z from the Measurements of Gama-Ray Buildup Factors", Spectroscopy Letters 22(2), 197-210.
- Nakoman. E. (1971): Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayını, Ankara.
- Türkiye Linyit Envanteri (1986): Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.