

Kısmi Ergiyik Kostik Liç Yöntemi İle Türk Linyitlerinin Kükürtsüzleştirilmesi- Mermer Atık Tozu Kullanımı

Yıldırım İsmail TOSUN*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

Alınış Tarihi:08.02.2012, Kabul Tarihi:24.04.2012

Özet :Yüksek kaliteli katı yakıtların ve özellikle kömürlerin enerji gereksinimi için değerlendirilmesi dünyada olduğu kadar ülkemizde de çevre açısından önemli olmaktadır. Rezerv olarak tükenmekte olan yüksek kaliteli kömürlerin yerine daha düşük kaliteli kömürlerin ülkemizde üretilerek tüketime sunulması çeşitli sorunlara neden olabilmektedir. Kükürtlü ve küllü kömürlerimizin fiziksel ve kimyasal yöntemlerle temizlenerek daha temiz yakıtlar haline getirilerek değerlendirilmesi daha yararlı olacaktır. Linyitlerimizin ve taş kömürlerimizin fiziksel yöntemler ile temizlenememesi, ülke açısından en ekonomik ve pratik olan kimyasal yöntemlerin kullanımını gerektirmektedir. Bu çalışmada kömürlerin kükürdünden ve külünden arındırılması için pratik olarak kullanılan Ergiyik Kostik Liç yöntemi kömürlerimiz için irdelenmiştir. Mermer Atık Tozu ilavesi ile yapılan kısmi ergiyik kostik liç deneylerinde kullanılan linyit kömürlerinden Bolu, Aydın ve Soma kömürlerinde maksimum kükürt tutma 350 °C de gerçekleşmiştir ve kükürt tutma oranları 350 °C sırasıyla bu linyitlerde %42, %54 ve %63 oranlarında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca NaCl, KCl gibi tuzların kısmi ergiyik liçte mermer atık tozu kadar etkili olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kömürlerin Kükürtsüzleştirilmesi, Ergiyik Kostik Liçi, Kısmi Ergiyik Kostik Liç

Desulfurization of Turkish Lignites by Semi-Molten Caustic Leaching- Use Marble Waste Fine

Abstract :Beneficiation from clean fuels, particularly from coals, in energy production is greatly significant in our country as well as in the world. Instead of beneficiation from high quality coals due to lack of the deposits, production of low quality coals and consumption in our country may create some the environmental issues. Our coals with high ash and sulfur should be processed by the physical and chemical methods and later beneficiated. It has been fundamentally needed that the use of most feasible chemical methods for desulfurization and deashing of the lignites and hard coals since they might not be cleaned by physical methods. In this research, the one effectively used among various chemical methods, semi-molten caustic leaching of coals, for desulfurization and deashing was investigated for our various types of coals. The semi-fused caustic leaching of Bolu, Aydın ve Soma lignites with marble waste fine efficiently desulfurized at 350°C and provided max. 42%, 54% and 63%, respectively. Additionally, it was ascertained that the salts such as NaCl and KCl could not be efficient as the marble waste fine in desulfurization by the semi-molten leaching of Turkish lignites.

Keywords: Desulfurization of Coals, Molten Caustic Leaching, Semi-fused Caustic Leaching

Giriş

Dünyada enerji üretiminde kömür türü katı yakıtların tüketimi artmaktadır. Düşük kaliteli kömürlerin tüketimindeki artış belirli fiziksel ve kimyasal işlemleri, hatta yüksek maliyetli ileri hazırlamayı ve geliştirilmiş yakma sistemleri içeren teknolojileri ihtiyaç duymaktadır. Yüksek ve orta kükürtlü kömürlerin (% 2' nin üzerinde yanabilen S), yüksek küllü kömürlerin (%10 kül üstünde kül içeren) Türkiye de çevresel düzenlemelerden ötürü enerji üretiminde tüketimi sınırlandırılmaktadır. 35 milyon tonluk linyit üretiminin yaklaşık %80' ilik büyük bir kısmı olan 28 milyon tonu 2009 yılında Türkiye nin enerji üretiminde kullanılmıştır (Anonim 2009).

Fiziksel yöntemler kömür temizleme tesislerinde yaygın olarak kül içeriğini düşürmüştür. Ancak %3' ün üzerinde yüksek kükürt içeren bazı Türk linyitleri kömür termik santrallerinde değerlendirilebilmesi için yeni teknolojilere ve ileri kimyasal işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Fiziksel yöntemler kömürün külünü önemli ölçüde giderse de kükürt içeriği bünyede kalmaktadır (Tosun vd., 1994; Özbayoğlu ve Mamurekli, 2002).

Biyolojik olarak kömürün temizlenmesi test edilmiş yüksek miktarda kükürt giderimi yüksek kükürtlü

kömürlerde sağlanmıştır (Gürü vd, 2006; Bayram vd., 2002; Durusoy vd., 1992; Aytar vd., 2008). Biyolojik ortamın korunması ve çevresel etkileri yörel olarak daha büyük emniyet tedbirlerini almaları gerekmektedir (Tosun vd.,1994).

Kömürün yanmasından sonra uçucu baca gazından farklı yöntemlerle yüksek miktarda kükürt giderimi sağlanmıştır (Tosun vd.,1996; Tosun,1996; Tosun, 1997; Tosun, 2007, Karatepe, 2000; Rongfang vd., 2007; Garcia ve Moinela 1991). Üstelik yanma sonrasında farklı sorbentler ile baca gazı işlenerek kükürt giderimi incelenmiş ve reaktif sorbentlerle sulfid ve sülfat çözeltilerinde kükürt tutulmuştur (Demirbaş ve Balat, 2004; Wheelock, 1979; Qi vd., 2004; Karaca, 2003, Gürü vd.; 2008). Kükürt gidermek için yapılan testlerde sönmemiş kireç kullanılmış ve %7 oranında kömüre sönmemiş kireç ilavesi yapılarak yanabilir kükürt içeriği yanma esnasında yüksek oranda giderebilmiştir.(Özbaş vd., 2002; Altun vd., 2006)

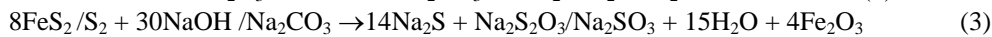
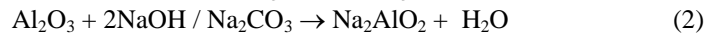
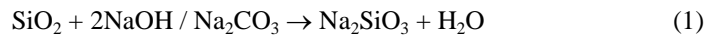
Kömürlerin kimyasal olarak asitlerle liçi test edilmiştir. (Rubio ve Mastral, 1989) Aşkale kömürünün 0.3M nitrik asit çözeltileri ile liçinde kömürün yanabilir sülfür

*yildirimtosun@sdu.edu.tr

seviyesini ferrik klorürle yüksek miktarda giderilebilmiştir. (Gürü, 2007) Ayrıca diğer bir çalışmada Anadolu asfaltitlerinin ferrik demir liçinde yüksek oranda kükürt giderilebilmiştir. (Hamamcı vd., 1997) Kömürlerin otoklavda kostik liçi yapılarak %10 kostik çözeltiler içerisinde 4-6 saatlik reaksiyon sürelerinde yanabilir kükürt yüksek miktarda giderilebilmiştir. (Yoon, 1991; Brooks vd., 2006; Çulfaz vd., 1996)

Ergiyik kostik liç yöntemi ile önemli ölçüde kömürün kükürt içeriğini düşürmüş ve hatta kısa reaksiyon sürelerinde fiziksel yapısını bozmadan giderebilmiştir. (Yoon, 1991; Tosun ve Çiçek, 1997) Ergiyik kostik liçin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ergiyik kostik liç yönteminde kullanılan reaktifler



Kömürlerin kostik liç ve ardından asit liçi yapılarak hem kül hem de kükürt giderimi sağlanmıştır. (Sharma ve Gihar 1991, Nabeel vd., 2009, Chriswell vd., 1994, Çulfaz vd., 1996, Mukherjee ve Borthaku, 2003) Ancak uygulanan iki aşamalı liç yöntemi ve asit reaktif tüketimi uygunluğunu sınırlandırmaktadır. Kısmi ergiyik kostik liç yönteminde ergimeyen doğal ucuz alkali kaynaklar değerlendirilerek kükürt ve kül giderimi sağlanabilmektedir. Kısmi ergiyik kostik çözeltme işleminde 400 °C ulaşabilen belirli bir ısıl işlemin kullanılması yöntemin ekonomikliğini azaltmaktadır.

Bu maksatla yöntemin uygulanabilirliği kömürlerimizin temizlenmesi için araştırılmıştır. Bu çalışmada Aydın

- ve sorbentler kostik soda, soda külü ve daha farklı ucuz alkali yerel doğal kaynaklar olması ve bunların geri kazanılabilirliği ve tekrar değerlendirilebilir,
- Yanabilir kükürt ile beraber organik kükürtünde giderebilir,
- İnce boyutlarda fiziksel niteliklerin bozulmamasıdır,
- Kükürt giderimi sırasında elde edilen temiz ürün termo-briktlemeye tabi tutulabilir,
- Kül ve uçucu giderimi sağlanabilir ve kısmi dumansız yakıt semi-kok elde edilebilir.

Uygulanan bu yöntemde kükürt ve kül gideriminde etkili olan reaksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanır:

Şahinali, Kütahya Gediz, Denizli Çivril, Bolu Mengen, Tunçbilek, Soma Kısırakdere linyitleri ergiyik kostik liçe ve mermer atık tozları ile kısmi ergiyik kostik liçe tabi tutulmuş ve yapılan testlerden optimum ergiyik kostik liç yöntemi belirlenmiş ve üretilen temiz kömürlerin kaliteleri irdelenmiştir.

Metot

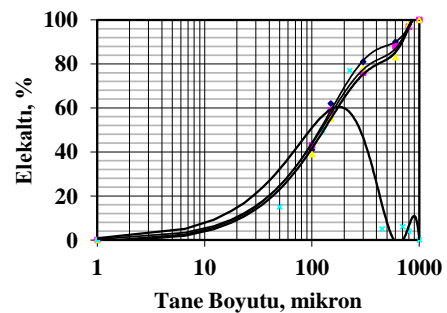
Deneylerde taşkömürleri olarak temsili linyit kömürlerinden Aydın Şahinali, Kütahya Gediz, Denizli Çivril, Bolu Mengen, Tunçbilek, Soma Kısırakdere kömürleri kullanılmıştır. Kullanılan kömürlerin kısa analizleri aşağıdaki Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan kömürlerin kısa analizleri. (HKB:Havada Kuru Baz, KB:Kuru Baz, SKB:Saf Karbon Baz)

Kömür Türü	Kül,%HKB	Nem,%HKB	Toplam S,%DB	Uçucu Madde,%SKB
Aydın Şahinali	29.3	8.1	1.1	52.6
Kütahya Gediz	22.0	11.7	3.6	42.7
Denizli Çivril	15.2	12.7	3.0	45.2
Bolu Mengen	35.1	15.3	4.1	67.3
Tunçbilek	25.7	10.7	3.9	38.2
Soma Kısırakdere	13.8	14.0	2.2	40.4

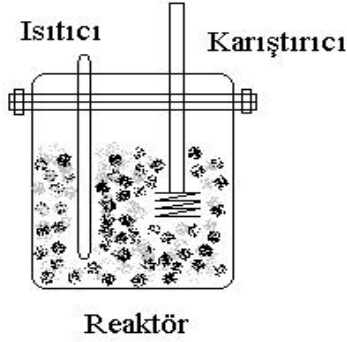
Deneylerde kullanılan linyitlerin kırılarak öğütülmesi sonucu temsili numuneler alınarak elek analizleri yapılmıştır. Deneylerde kullanılan linyitlerin elek analiz verileri Şekil 2 de gösterilmiştir. Linyit kömürleri daha fazla kükürt içermeleri ve koklaşma özelliklerinin olmayışından ötürü daha fazla öğütmeye tabi tutulabilmiştir. Linyitlerin ortalama elek analizi sonucundan da görüleceği gibi kömürlerin % 80 'i 0.3 mm nin altındaki bir boyuttur. Şekil 2 de kullanılan linyit numunelerinin boyut dağılımının 100 mikronun altında olduğu ve boyut yığılmasının 700 mikron da ikincil dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca özgül yüzey alanı 1600 cm²/gr olarak belirlenmiştir.

Deneylerde kullanılan öğütülmüş temsili kömür numuneleri karıştırılmalı bir reaksiyon tankında 50 gr'lık



Şekil 1. Deneylerde Kullanılan Türk Linyit Kömürlerinin Elek Analizi.

kömür numuneleri kostik tuz ile karışım halinde ısıtılarak aşağıdaki şekilde görülen bir laboratuvar düzeneğinde kısmi ergiyik kostik liç işlemine tabi tutulmuştur. Kısmi ergiyik kostik liç testleri sıcaklık ayarı 2 °C hassasiyetli değiştirilebilen basıncın azot tüpüyle 40 bara kadar çıkabildiği 2lt lik otoklav liç kabında gerçekleştirilmiştir. Temiz kömür ürünlerin kül ve kükürt analizleri ASTM 3173-77 standartlarına göre yapılmıştır.



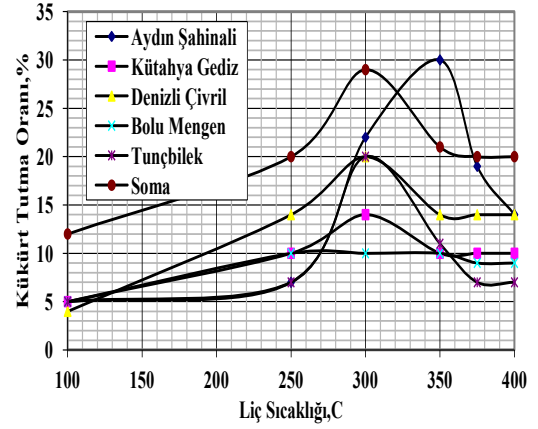
Şekil 2. Deneylerde Kullanılan Liç Reaktörü.

Bulgular ve Tartışma

Linyit kömürleriyle yapılan kısmi ergiyik kostik liç testleri farklı sıcaklıklarda 30 dk sürede atmosfer basıncında gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda elde edilen temiz kömürlerin ve çözeltilerin analizleri yapılarak kömürlerden kükürt giderme oranları tespit edilmiştir. Kükürt giderme oranları temiz kömür ürünlerin toplam kükürt içeriklerinin orijinal numunelerdeki içeriklerine % oranı olarak belirlenmiştir. Deneylerde yalnız kostik soda ile birlikte kömür numuneleri karıştırılarak sabit liç sıcaklıklarında 30 dk bekletilmiştir. Bu ergiyik kostik liç testlerinin kükürt tutmadaki etkinliği linyit kömürlerimiz için Şekil 3 de gösterilmiştir.

Yalnız kostik ilavesi ile yapılan ergiyik kostik liç deneylerinde kullanılan linyit kömürlerinden Kütahya, Bolu, Tunçbilek ve Soma kömürlerinde tüm kömürler için maksimum kükürt tutma 350 °C de gerçekleşmiştir. 250 °C sıcaklıkta ergiyik kostik liçinin etkisi belirgin oranda başlarken kükürt tutma oranları 350 °C de maksimum %20-30 oranına artış göstermiştir. Kütahya Gediz ve Bolu Mengen linyit kömürlerinde diğerlerinden farklı olarak kükürt tutma oranı pek belirgin olarak artmamış ve %10 seviyesinde kaldığı gözlenmiştir. 350 °C den 400°C ye arttırılan ergiyik kostik liç sıcaklığı kükürt tutmayı engellediği gözlenmiştir. 375°C ve 400°C deki liç testlerinde kükürt tutma oranları %20 ve %15 seviyelerine düşmüştür.

Deneylerde kullanılan linyit kömürlerinden Tunçbilek ve Soma kömürlerinde maksimum kükürt tutma 300°C de gerçekleşmiştir. 250 °C sıcaklıkta ergiyik kostik liçinin etkisi belirgin oranda başlarken kükürt tutma oranları %10-15 oranına artış göstermiştir. Aydın Şahinali linyit kömüründe diğerlerinden farklı olarak kükürt tutma oranı 350°C de maksimum %30'luk değere ulaşmıştır.

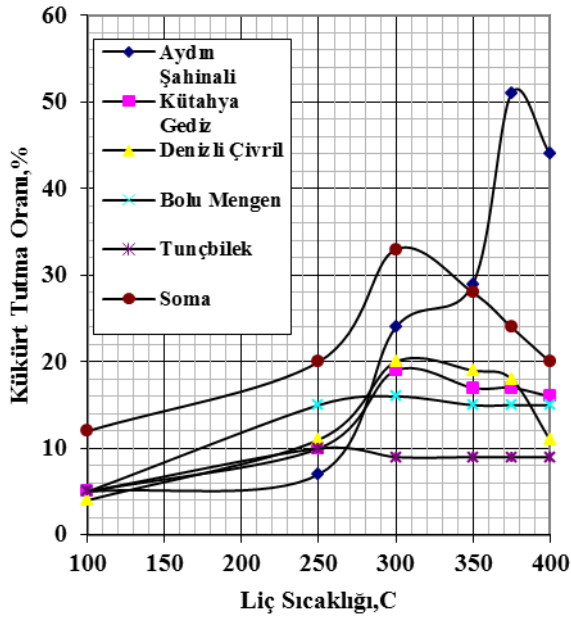


Şekil 3. Linyitlerin Kostik ile Ergiyik Kostik Liçinde Kükürt Tutma Oranları.

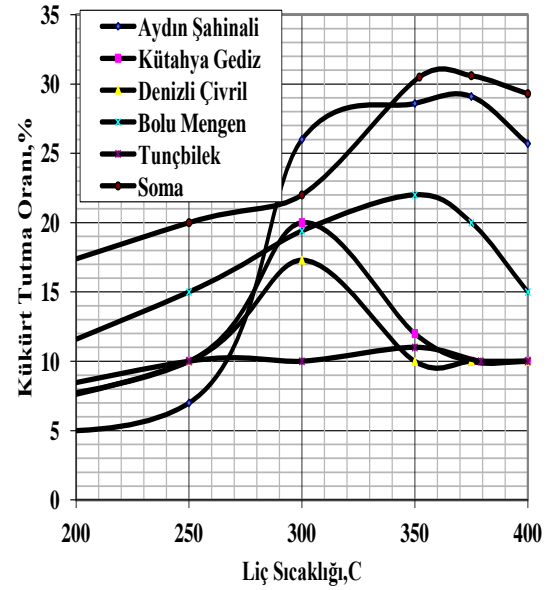
Kireç ilavesi ile yapılan kısmi ergiyik kostik liç deneylerinde (Şekil 4) kullanılan linyit kömürlerinden Denizli Çivril, Bolu Mengen ve Soma kömürlerinde maksimum kükürt tutma 300 °C de gerçekleşmiştir. 250 °C sıcaklıkta ergiyik kostik liçinin etkisi belirgin oranda başlarken kükürt tutma oranları %20-50 oranına artış göstermiştir. Aydın Şahinali linyit kömüründe diğerlerinden farklı olarak kükürt tutma oranı 350°C de sırasıyla %29 ve maksimum %52 değerine ulaşmıştır.

Sönmüş Kireç ilavesi ile yapılan kısmi ergiyik kostik liç deneylerinde (Şekil 5) kullanılan linyit kömürlerinden Soma Aydın Şahinali ve Bolu Mengen kömürlerinde maksimum kükürt tutma 350 °C de gerçekleşmiştir ve sırasıyla kükürt tutma oranları %89, %84 ve %72 olarak belirlenmiştir. Diğer linyitlerde 250 °C sıcaklıkta kısmi ergiyik kostik liçinin etkisi belirgin oranda başlarken kükürt tutma oranları yaklaşık 350 ve 375 °C sıcaklıkları aralığında %20-50 oranına artış gösterebilmiştir. Denizli Çivril kömüründe 300 °C nin üzerinde kükürt tutma oranı azalmıştır. Denizli Çivril ve Tunçbilek kömürlerinde diğer kömürlerde olduğu gibi yüksek kükürt tutma gerçekleşmemiştir. Kükürt tutma oranları Soma, Aydın Şahinali ve Bolu Mengen linyitlerinde sırasıyla 350°C de maksimum %89, %84 ve %72 değerlerine ulaşmıştır.

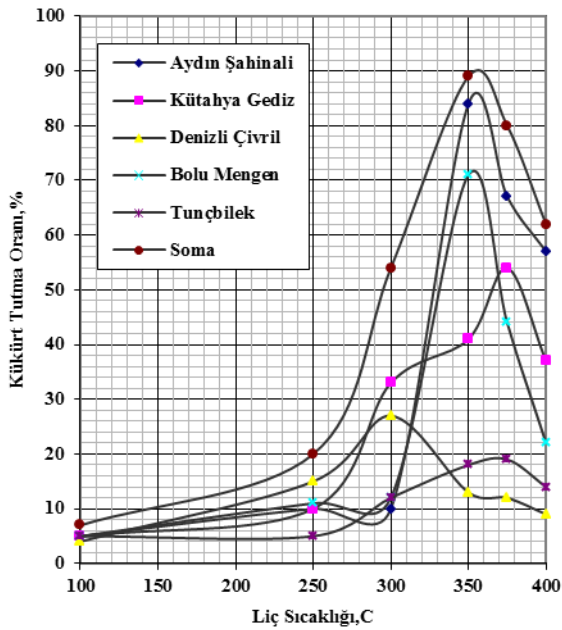
Dolomitik Mermer Tozu ilavesi ile yapılan kısmi ergiyik kostik liç deneylerinde (Şekil6) kullanılan linyit kömürlerinden Bolu, Soma, ve Aydın kömürlerinde maksimum kükürt tutma 350 °C de gerçekleşmiştir. 250 °C sıcaklıkta kısmi ergiyik kostik liçinin etkisi belirgin oranda başlarken kükürt tutma oranları 350 °C bu linyit numunelerinde sırasıyla %22, 28 ve %32 oranlarına artış göstermiştir. Soma ve Şahinali linyit kömüründe diğerlerinden farklı olarak kükürt tutma oranı 375 °C de 350 °C'e benzer sırasıyla %29 ve %32 değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 4. Linyitlerin Kireç ve Kostik ile Kısmi Ergiyik Kostik Liçinde Kükürt Tutma Oranları.



Şekil 6. Linyitlerin Dolomitik mermer tozu ve Kostik ile Kısmi Ergiyik Kostik Liçinde Kükürt Tutma Oranı.

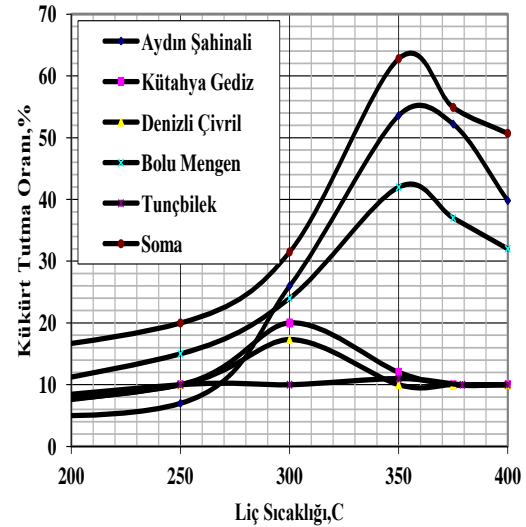


Şekil 5. Linyitlerin Sönmüş Kireç ve Kostik ile Kısmi Ergiyik Kostik Liçinde Kükürt Tutma Oranları.

Mermer Atık Tozu ilavesi ile yapılan kısmi ergiyik kostik liç deneylerinde (Şekil 7) kullanılan linyit kömürlerinden Bolu, Aydın ve Soma kömürlerinde maksimum kükürt tutma 350 °C de gerçekleşmiştir. 250 °C sıcaklıkta ergiyik kostik liçinin etkisi belirgin oranda başlarken kükürt tutma oranları 350 °C sırasıyla bu linyitlerde %42, %54 ve %63 oranlarına artış göstermiştir.

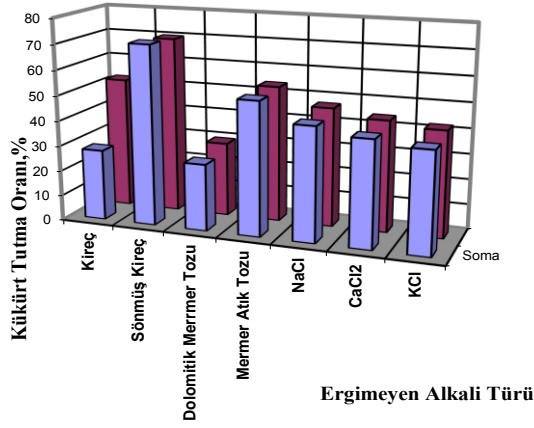
Test sonuçlarından da görüleceği üzere Soma ve Aydın Şahinali ve Bolu Mengen iniyitlerinin mermer atık tozu ile kısmi ergiyik kostik liçi irdelendiğinde kükürtsüzleştirilmenin sıcaklık 350 °C de maksimuma

ulaştığı gözlenmiştir. Mermer atık tozu bünyesindeki kalsiyum oksit ve magnezyum oksit kükürt gideriminde etkili olmuştur.



Şekil 7. Linyitlerin Mermer Atık Tozu ve Kostik ile Kısmi Ergiyik Kostik Liçinde Kükürt Tutma Oranı.

Değişik tür alkali reaktiflerin, özellikle NaCl KCl ve CaCl₂ ilavesi ile 350 °C yapılan kısmi ergiyik kostik liç deneyleri Soma ve Aydın Şahinali linyit kömürleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları diğer kısmi ergiyik kostik liç sonuçlarıyla mukayese edilmiştir. Şekil 8 de görüldüğü gibi en yüksek kükürt tutma değerleri Sönmüş Kireç için sırasıyla Soma ve Aydın Şahinali linyitlerinde %68 ve %69 oranında belirlenmiştir. Mermer atık tozunda ise yaklaşık olarak bu kükürt tutma oranları sırasıyla %53 ve %50 olarak gözlenmiştir.



Şekil 8. Soma ve Şahinalı Linyitlerinin Ergimeyen Alkali Türleri ve Mermer Atık Tozu ile Kısmi Ergiyik Kostik Liçinde Kükürt Tutma Oranları.

Sonuçlar

Linyitlerimizin kısmi ergiyik kostik liç yöntemi ile kükürtsüzleştirilebildiği açıkça anlaşılmaktadır. Kükürtsüzleştirme işleminde yanabilir kükürdün tamamına yakın bir kısmı ve toplam kükürdün büyük kısmı yaklaşık olarak % 90'a varan oranlarda giderilebilmiştir.

Linyitlerimizin toplam kükürdü mermer atık tozu ile 350°C de yapılan kısmi ergiyik kostik liçi ile yaklaşık olarak % 50-52 oranında (Soma ve Aydın Şahinalı linyitlerinde) giderilebilmektedir. Bu, linyit kömüründe kükürt gazının 300 °C ve daha yüksek sıcaklıklarda çıkışından kaynaklanmaktadır.

Ayrıca kömürlerin kısmi ergiyik kostik liç sonrasında yapılan kül ve uçucu madde oranı analizlerine göre az da olsa belirgin miktarlarında azalma görülmektedir. Yaklaşık olarak 300 °C lik kısmi ergiyik kostik liç işleminde %5-10 arasında kül oranları azaldığı gözlenmiştir.

Kısmi ergiyik kostik liç işleminde değişik alkali kaynaklar değerlendirilebilir. Özellikle mermer fabrikalarının 10 mikron boyutunun altındaki mermer atık tozunu içeren fabrika çamur atığı önemli bir kükürt arındırma sorbenti olarak değerlendirilebilir.

Ergiyik kostik ile katı alkali sorbentlerin kömürden yıkanması liç işlemi sonrasında herhangi bir sorun teşkil etmediği gibi bunların geri tekrar kullanımı da mümkündür. Ayrıca NaCl, KCl gibi tuzların kısmi ergiyik liçte mermer atık tozu kadar etkili olmadığı belirlenmiştir. Özellikle 350 °C lik sıcaklıkta uygulanan kısmi ergiyik kostik liçi etkili kükürt tutmayı sağladığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Anonim, 2009. TKİ Lignite Report 2009, TC Energy Ministry Reports, Ankara, Türkiye.
- Altun NE, Hiçyılmaz C., Bağcı A.S., 2006. Retention of SO₂ Emission of Coal Combustion by Using Lime in Briquetting. Energy Sources, Part A., 28, 469-478.
- Aytar, P., Sam M. Cabuk A., 2008. Microbial desulphurization of Turkish lignites by White Rot Fungi. Energy Fuels, 22 (2), 1196-1199.
- Bayram, Z., Bozdemir, T., Durusoy T., Yürüm, Y., 2002. Biodesulfurization of Mengen Lignite with Rhodococcus rhodochrous: Effects of Lignite Concentration and Retreatment. Energy Sources, 24, 625-631.
- Brooks P., Waugh, B., Clark, N., Weir, S.B., 2006. US Patent 20060096166, USA Patent Office, USA.
- Chriswell, C.D., Markuszewski, R., Jewell, D.V., 1994. Improved Caustic Coal Desulfurization by a float-sink/leaching process Employing 50% Aqueous NaOH Solutions. Fuel Processing Technology, 37, 19-32.
- Culfaz, M., Ahmet, M., Gürkan, S., 1996. Removal of Mineral Matter and Sulfur from Lignites by Alkali Treatment. Fuel Processing Technology, 47, 99-109.
- Demirbaş, A., Balat M., 2004. Coal Desulfurization via Different Methods. Energy Sources, 26, 541-550.
- Durusoy, T., Ozbas T., Toplic B., Yurum Y., 1992. Biodesulfurization of some Turkish lignites by sulfobolus solfataricus. Energy Fuels, 6, 804-808.
- Garcia, R., Moinela S.R., 1991. Pyrolytic desulfurization of some high sulfur coals. Energy Fuels, 5, 582-586.
- Gürü, M., 2007. Oxidative Desulfurization of Askale Coal by Nitric Acid Solution. Energy Sources, Part A, 29, 463-469.
- Gürü, M., Sarioz B. V. Çakanyıldırım, Ç., 2008. Oxidative Desulfurization of Tufanbeyli Coal by Hydrogen Peroxide Solution. Energy Sources Part A., 30, 981-987.
- Gürü M, Cubuk M. Dursun S Demirbas A., 2006. Biodesulfurization of Çayırhan lignites. Energy Sources Part A., 28, 559-565.

- Hamamci C, Kahraman F, Düz M.Z, 1997. Desulphurisation of Southeastern Anatolian Asphaltites by Meyers Method. *Fuel Processing Technology*, 50, 171-177.
- Karaca, S., 2003. Desulfurization of a Turkish lignite at various gas atmospheres by pyrolysis effect of mineral matter. *Fuel*, 82 (12), 1509-1516.
- Karatepe, N., 2000. A comparison of flue gas desulfurization process. *Energy Sources Part A*, 22, 197-206.
- Kumar, M., Shankar,R.H., 2000. Removal of Ash from Assam Coking Coal Using Sodium Hydroxide and Acid Solutions. *Energy Sources*, 22, 187-196.
- Mukherjee S., Borthaku P.C., 2003. Effect of leaching high sulphur subbituminous coal by potassium hydroxide and acid on removal of mineral matter and sulphur. *Fuel*, 82, 783-788.
- Nabeel A.,Khan T.A., Sharma D:K., 2009. Studies on the Production of Ultra Clean Coal by Alkali-acid Leaching of Low-grade Coals. *Energy Sources Part A.*, 31, 594-601.
- Ozbas, K. E., Hicyilmaz, C., Kok, M. V., 2002. The Effect of Lime Addition on the Combustion Properties and Sulfur Contents of Three Different Coals. *Energy Sources*, 24, 643–652.
- Ozbayoğlu G, Mamurekli M., 2002. Super-clean coal production from Turkish Bituminous Coal. *Fuel*, 72 (7), 1221-1223.
- Qi Y., I W, Chen H.,Li B., 2004. Desulfurization of coal through pyrolysis in a fluidized bed reactor under nitrogen and 0.6% O₂-N₂ atmosphere. *Fuel*, 83 (6), 705-712.
- Rongfang Z., Shufeng Y., Yusheng X., Yunfa C., 2007. Characteristics and Reactivities of Solid wastes sorbent for medium temperature flue gas desulfurization. *Energy Sources PartA.*, 29,769-780.
- Rubio B, Mastral A.M. 1989. Sulphur removal from Spanish low rank coals by acid catalyzed depolymerization. *Fuel Processing Technology*, 21(3) 223-230.
- Sharma D.K., Gihar S., 1991. Chemical Cleaning of Low Grade Coals through Alkali-acid Leaching Employing Mild Conditions under Ambient Pressure. *Fuel*, 70, 663-665.
- Tosun Y.I., 1996. Use of Marble Wastes Against Pollution. 1st International Symposium on Mine Environmental Engineering, Dumlupınar University, Kütahya, Turkey.
- Tosun Y.I., 1997. Silicate bonded Coal in Coal Briquetting. 15th Turkish Mining Congress, Ankara, Turkey, TMMOB Turkish Mining Chamber.
- Tosun, Y.I., 2007. Clean Fuel-Magnesia bonded Coal Briquetting. *Fuel Processing Technology*, 88, 971-977.
- Tosun, Y.I., Rowson N.A., Veasey T.J., 1994. Bio-column flotation of Coal for Desulfurization and Comparison with Conventional and Column Flotation. 5th Int. Conf. of Mineral Processing, Nevşehir, 465-471.
- Tosun, Y.I., Cicek, F., Cekirge M.H., 1997. Desulfurization of Coals by Molten Caustic Leaching. *Turkish Mining Journal*, Ankara, Turkey, TMMOB Turkish Mining Chamber., 36 (4), 5-13.
- Tosun, Y.I., Gündüz, L, Senturk A.,,1996. Cold bonded Coal Briquetting- Desulfurization. 10th Coal Congress, TMMOB Turkish Mining Chamber, Zonguldak, Turkey.
- Wheelock T.D., 1979. Chemical Cleaning. Pp 20-29-49. J. W. Leonard K.K. Humphrey (Eds) *Coal Preparation (4th Edt.)*, AIME, NewYork.
- Yoon, R.H.,1991. Advanced Coal Cleaning, Part2. J. W. Leonard and B. C. Hardinge (Eds) *Coal Preparation (5th Edt.)*, SME-AIME, Colorado.