

SOĞUK BAĞLAYICILI KÖMÜR BİRİKETLEME - KÜKÜRTDİOKSİT TUTMA**COLD BOND COAL BRIQUETTING - SULFURDIOXIDE EMISSION**

Yıldırım İ. TOSUN *
Lütfullah GÜNDÜZ **
Ahmet ŞENTÜRK **

ÖZET

Yüksek ve orta kükürtlü kömürlerin temizlenerek çevre dostu ve daha temiz yakıtlar şeklinde piyasaya sunulması çevre bilincinin geliştiği toplumlarda istenmektedir. Temiz ve kaliteli katı yakıt rezervlerinin günümüzde giderek azalması, diğer kalitesiz enerji kaynaklarının da kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu makalede SDÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Kömür Teknolojisi laboratuvarlarında soğuk bağlayıcı maddelerin birikeme teknolojisi ile çevre dostu biriket üretimini amaçlayan teknik bir araştırmanın bulguları özetlenmektedir. Çeşitli türdeki soğuk bağlayıcı maddeler ile farklı oranlarda Tunçbilek linyit kömürleri karıştırılarak biriketler üretilmiş ve elde edilen biriketlerin kaliteleri ve yanma esnasında kükürt tutma oranları belirlenmiştir.

ABSTRACT

Cleaning of high sulfur and medium sulfur coals is significantly necessary in the societies concerned environmental issues. Due to the lack of high quality coal deposits in the world, man should use efficiently the other type of low quality energy resources. In this paper, as an alternative method to evaluate high and medium sulfur coals, *cold bond briquetting* technique was investigated in the laboratories of Coal Technology in Süleyman Demirel University, and briefly defined. The qualities of produced environmental coal briquettes from the Tunçbilek coal samples and different cold binding materials and sulfur hold-up properties were determined.

(*) Y. Doç. Dr., SDÜ Maden Mühendisliği Bölümü, ISPARTA

(**) Doç. Dr., SDÜ Maden Mühendisliği Bölümü, ISPARTA

1. GİRİŞ

Toz kömürler, çimento ve seramik endüstrisinin pişirme ve kalsinasyon fırınlarında, ayrıca termik santrallerin pulverize yakma sistemlerinde enerji gereksinimi için değerlendirilebilmektedir. Ülke içinde bu tür toz kömürlerin ısı enerjisi üretiminde daha yaygın ve pratik olarak kullanımı, toz yakıtların bütünleştirilerek piyasaya sunulması ile sağlanabilir. Büyük rezervlere sahip olan orta ve yüksek kükürlü linyit kömürlerinin belediye sınırları içindeki satışı sınırlanmaktadır. Kalitesiz kömürlerin bu yüzden çevre dostu ve daha kaliteli üretilmesi ülke ekonomisi açısından son derece önemlidir. Yıkılmış temiz toz kömürlerin ve diğer toz boyuttaki katı yakıtların biriktelenerek ve torbalanarak satışı daha kolay ve çevre dostu olmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bir bütünleştirme yöntemi olan sıcak bağlayıcı birikeltme yönteminde 60°C de yumuşayabilen zift ve asfalt gibi çeşitli bağlayıcı maddeler kullanılmaktadır. Ancak biriketlerin içerdiği zift, petrol zifti ve asfalt gibi bağlayıcı maddeler çevreye zararlı olduğundan çevre halkının tepkilerine neden olmaktadır.

Maksimum 6mm tane boyutundaki toz kömürlerin bütünleştirilmesi günümüzde bağlayıcı ve bağlayıcısız olarak yapılabilmektedir. Bağlayıcısız biriketlemede bağlayıcı eleman kullanılmadan belirli plastik özellik gösteren Afşin Elbistan linyit kömürü gibi yumuşak linyitler basınç altında sıkıştırılarak bütünleştirilmektedir. Basınç altında elastik özellik göstererek, yük kaldırıldıktan sonra genişleyen kömürler bağlayıcısız biriketlenememektedir. Ancak yumuşak linyit türü kömürler bu şekilde biriketlenebilmesine rağmen bu biriketlerin suya ve atmosfer koşullarına dayanımı oldukça zayıftır. Bunların yüzeylerinin hidrofob reaktifler ile kaplanması ve biriketlerin torbalanması gerekmektedir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan biriketleme yöntemi bağlayıcı biriketleme olmaktadır. Bu biriketleme yönteminde bağlayıcı eleman olarak genellikle zift, asfalt, ataktik polipropilen, melas gibi organik malzemeler kullanılmaktadır. Elde edilen biriketlerin belirli mekanik sağlamlığa sahip, suya dayanımları yüksek ve ateşe dayanımlı olmaları gerekmektedir. Bu şekilde üretilen biriketler, yakma koşullarına uygun yeterli fiziksel özelliğe sahip olmalarına rağmen bünyelerindeki zift türü sıcak bağlayıcı maddeler ile çevreye zararlı olan is, kükürdioksit, hidrokarbonlar gibi toksin gazları çevreye salmaktadırlar. Bu nedenle bazı ülkelerde zift ve zift türü bağlayıcı elemanların kullanımı çevre standartları açısından yasaklanmıştır. Bu sorunu gidermek için biriketlemede kullanılan zift miktarı diğer tür bağlayıcılar ile azaltılmaktadır. Ancak, zift, melas ve kireçin belirli oranlarda birlikte bağlayıcı olarak kullanıldığı kömür biriketlerinde melas ve kireç miktarına bağlı olarak suya dayanımlar azalmaktadır. Bu tür biriketlerin

dayanımları kısa süreli piroliz işlemi ile artırılmaktadır. Ancak, piroliz prosesi ile birikeme maliyeti yükselmektedir.

Böyle bir durumda sıcak bağlayıcı birikeme yöntemine karşı bir alternatif olarak soğuk bağlayıcı birikeme yönteminin geliştirilmesi ve tesislerinin kurulması teknolojik olarak gerekmektedir. Soğuk bağlayıcı birikemenin çevresel açıdan olumlu yanları şöyle sıralanabilir:(2)

- Elde edilen birikelerde soğuk bağlayıcı malzeme olarak zift, katran veya asfalt gibi maddeler kullanılmadığı gibi kömürün bünyesindeki yanabilen kükürdün yanması sonucu açığa çıkan kükürtdioksit soğuk bağlayıcı elamanlar tarafından tutulabilmektedir.

- Soğuk bağlayıcı malzeme aynı zamanda gözenekli yüzey yapısıyla toksin gazları bünyesinde adsorbe edebilmektedir.

Soğuk bağlayıcının bu çevresel avantajlarına ilaveten kömürdeki kül değerini artırması gibi olumsuz yanıda bulunmaktadır. Soğuk bağlayıcı birikeme yönteminde bağlayıcı eleman olarak çimento, yüksek fırın cürufu ve kireç gibi malzemeler kullanılabilmektedir. Kömürün yanması sonucu oluşan kükürtdioksitin, kükürttrioksite oranı günümüzdeki yakma sistemlerinde 40/1 ile 80/1 oranında değişmektedir. Baca gazında toplam SO_x emisyonunun %98'i SO_2 ve kalanıda SO_3 olduğu kabul edilmektedir.

Birikeme teknolojisinde yeni bir yöntem olan soğuk bağlayıcı kömür birikeme çevre sorununa bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.(1,2) Bu yöntem ile diğer birikeme yöntemlerinde değerlendirilemeyen daha iri boyutlu toz kömürler ufalamaya gerek duymadan bütünleştirilebilmektedir. Ayrıca birikeme işleminde zift veya katran gibi bağlayıcı maddeler kullanılmadığı için üretilen biriketlerin çevre dostu olduğu görülmektedir.

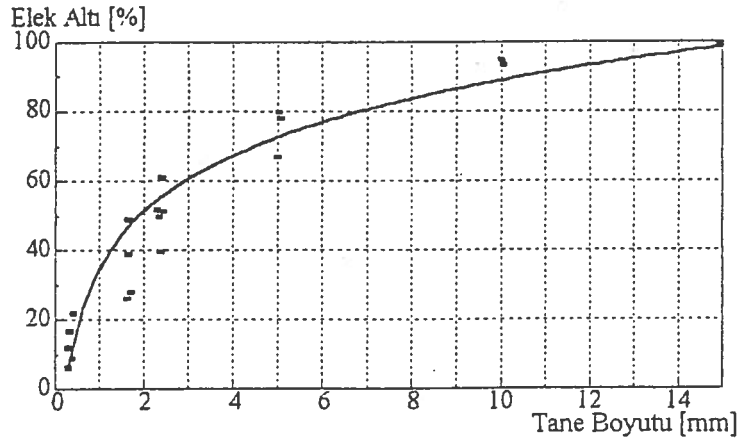
Bu çalışmada soğuk bağlayıcı birikeme yönteminin avantaj ve dezavantajları ayrıntılı olarak tanımlanmış, üretilen biriketlerin kaliteleri ve kimyasal özellikleri belirlenerek irdelenmiştir. Ayrıca biriketler yandıktan sonra oluşan külde kalan kükürt miktarları tesbit edilerek soğuk bağlayıcı birikeme işleminin çevresel avantajı irdelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada, Tunçbilek linyit kömür numuneleri kontrollü olarak 10 mm'nin altına ufolandıktan sonra biriketleme testlerine tabi tutulmuştur. Deneylerde kullanılan Tunçbilek linyit kömürünün kısa analiz sonuçları Çizelge 1 de verilmiş olup, biriketleme işleminde önemli bir parametre olan tane boyutunun etkisini incelemek için kullanılan numunenin elek analizi Şekil 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Tunçbilek kömürünün kısa analizi.

Kül (nemsiz), %	25.6
Nem (Orijinal), %	14.6
Uçuçu Madde Oranı, %	38.2
Sabit Karbon, %	61.8
Toplam Kükürt (nemsiz), %	3.9
Yanabilir Kükürt (nemsiz), %	3.2



Şekil 1. Tunçbilek linyitinin elek analizi

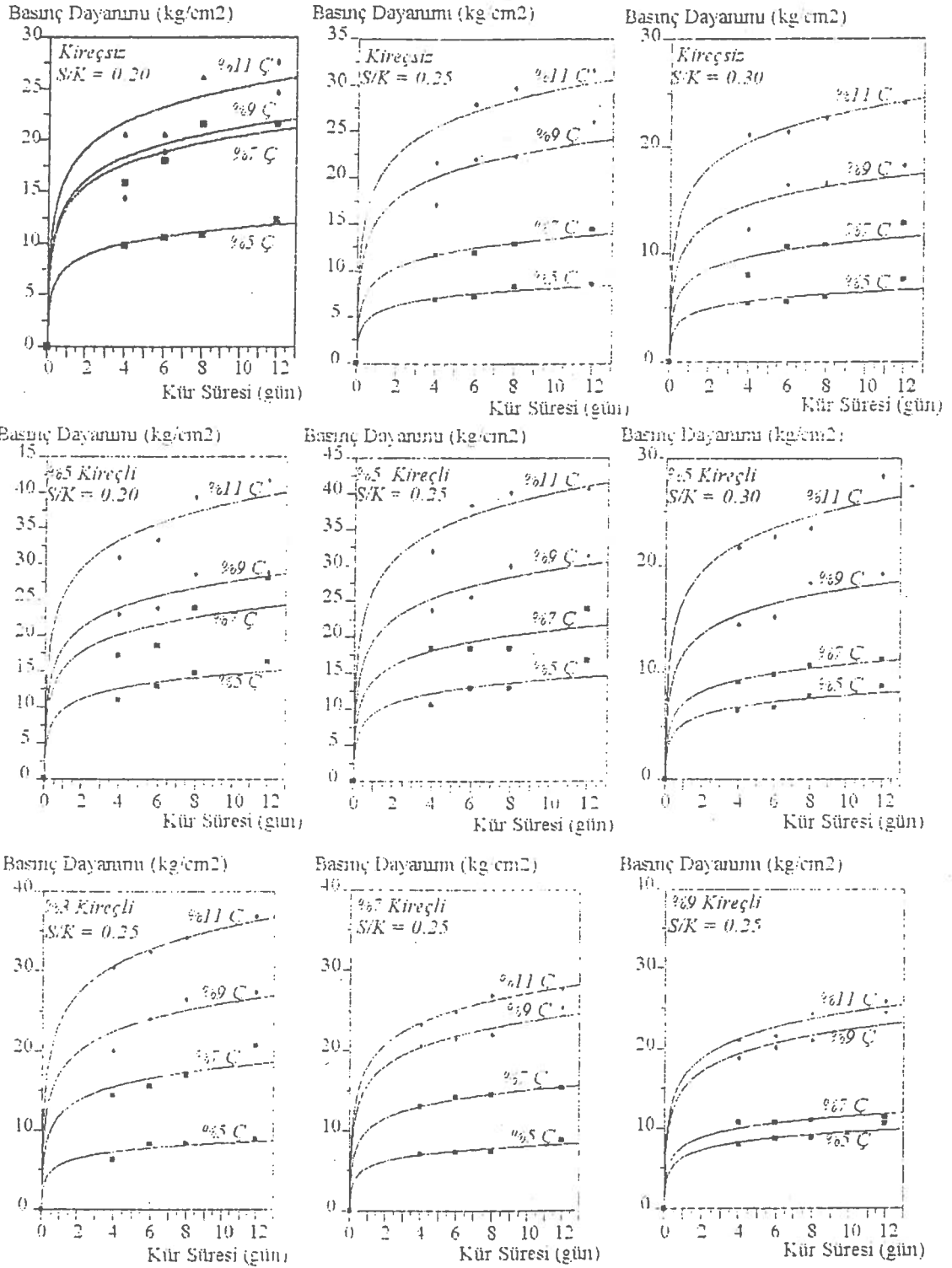
2.1 Soğuk Bağlı Biriketleme - Tekno Mekanik Analizi

Çimento bağlı biriket üretimi için laboratuvar çalışmalarında -10mm boyutundaki Tunçbilek linyit kömürü kullanılmıştır. Katı yakıtların soğuk bağlama tekniği ile bütünleştirilmesinde önemli olan faktörler, kömür tane boyutu ve dağılımı sabit alınarak laboratuvar çalışmalarında irdelenmiştir. Üretilen biriketlerin standartlara uygunluğu ve kullanılabilirliği irdelenmiştir. Çimento bağlı biriketlerin optimum bir şekilde üretimi için basınç dayanım karakteristiği, dinamik elastisite özelliği, su emme özelliği, Shatter dayanım gibi tekno mekanik parametreler analiz edilerek irdelenmesi gerekmektedir. Ayrıca, biriket teknolojisine yeni bir boyut kazandırmak için, üretilen biriketlerin Schmidt

darbe çekici ile yüzey sertlik endeksleri belirlenerek, basınç dayanımlarının pratik kestirimi mümkün olabilmektedir. Karışım parametreleri olarak; su/katı oranı, su/çimento oranı, katı malzeme boyut dağılımı, ilave bağlayıcı eleman türü ve kullanım oranı, kür süresi gibi değişkenler en etkin parametreler olarak belirlenmektedir.

Kömür Teknolojisi / Kaya mekaniği laboratuvarında farklı kompozisyonlarda -10mm toz kömür ile hazırlanan çimento+katı ve çimento+ilave bağlayıcı eleman+katı karışımları üzerinde bir dizi tekno-mekanik analizler yapılmıştır. Analizlerde Afyon Çimento Fabrikası KPÇ 325 Katkılı Portland Çimentosu kullanılmıştır. Deneylerde KPÇ 325 çimento karışımları için hacimce %5, %7, %9 ve %11 oranları kullanılmıştır. Soğuk bağı karışımlarda 0.20 - 0.30 su/katı (S/K) oranları kullanılmıştır. Soğuk bağı katı yakıtlarda gerek kükürt tutma ve gerekse ilave bağlayıcı eleman özelliği göstermesi bakımından toz halinde kireç %3-%9 oranlarında kullanılmıştır. Hazırlanan numuneler ise nominal boy/çap (h/d) oranı 2:1 olacak şekilde 100mmx50mm boyutlu silindirik kalıp numuneleri hazırlanmış (3) ve testler normal oda sıcaklığında 2, 4, 6, 8, 12, 20, 24, 28 ve 32 günlük kür sürelerinde yapılmıştır. Biriketlenmiş katı yakıtların günlük hayatta kullanılabilirliğini belirleyen temel parametrelerden biri, biriketinin basınç dayanım değeridir. Basınç dayanım değerine göre, biriketinin ne kadar uzun zaman sürecinde dağılmadan kullanılabilirliği, depolanabilirliği ve taşınabilirliği gibi işlevler irdelenebilmektedir. Laboratuvarında ELE marka 300 tonluk preste TS 699'a uygun olarak gerçekleştirilen analiz bulguları, basınç dayanımının artması ile birlikte basınç direncinde arttığını göstermiştir. Analiz bulgularına göre soğuk bağı katı yakıt biriketlerinin basınç dayanım karakteristiklikleri, kür süresi, su/katı oran değişimi, bağlayıcı eleman oran değişimine bağımlı olarak Şekil 2 de verilmiştir. % 20 sıvı/katı oranında üretilen kömür biriketlerinde basınç dayanımları 14 günlük kür sürelerinde çimento ilavesine bağılı olarak 10 kg/cm² ile 25 kg/cm² arasında değişmiştir. %25 ve %30 sıvı/katı oranlarında ve benzer özellikteki biriketlerin dayanımları belirgin olarak değişmemektedir. Kireç ilave edilmeden yalnız çimento ilavesi ile üretilen biriketlerin dayanımları maksimum 25 kg/cm² olurken %5 kireç ilaveli biriketlerde basınç dayanımları 40kg/cm² ye ulaşabilmiştir. Kireç ilavesi daha da artırıldığında bu değerler 25kg/cm²ye düşmüştür. Yüksek miktarda kireç ilavesi soğuk bağlayıcılı biriketlerin dayanımlarını azaltabilmektedir.

Soğuk bağı biriketlerinin, biriket sağlamlılığını geçerli olarak tanımlayan Shatter dayanım değerleri, aşınmaya karşı direncin bir ölçüsüdür. En az 20 adet olmak üzere, biriketler 1.8 m yükseklikten çelik bir levha üzerine ardışık olarak 4 kez düşürülmekte ve test sonunda elde edilen ürün 18 mm lik elekte elenerek elek üstü ağırlık yüzdesi belirlenerek Shatter dayanım değeri bulunmaktadır.



Şekil 2. Çimento bağı katı yakıtların basınç dayanım karakteristiklikleri.

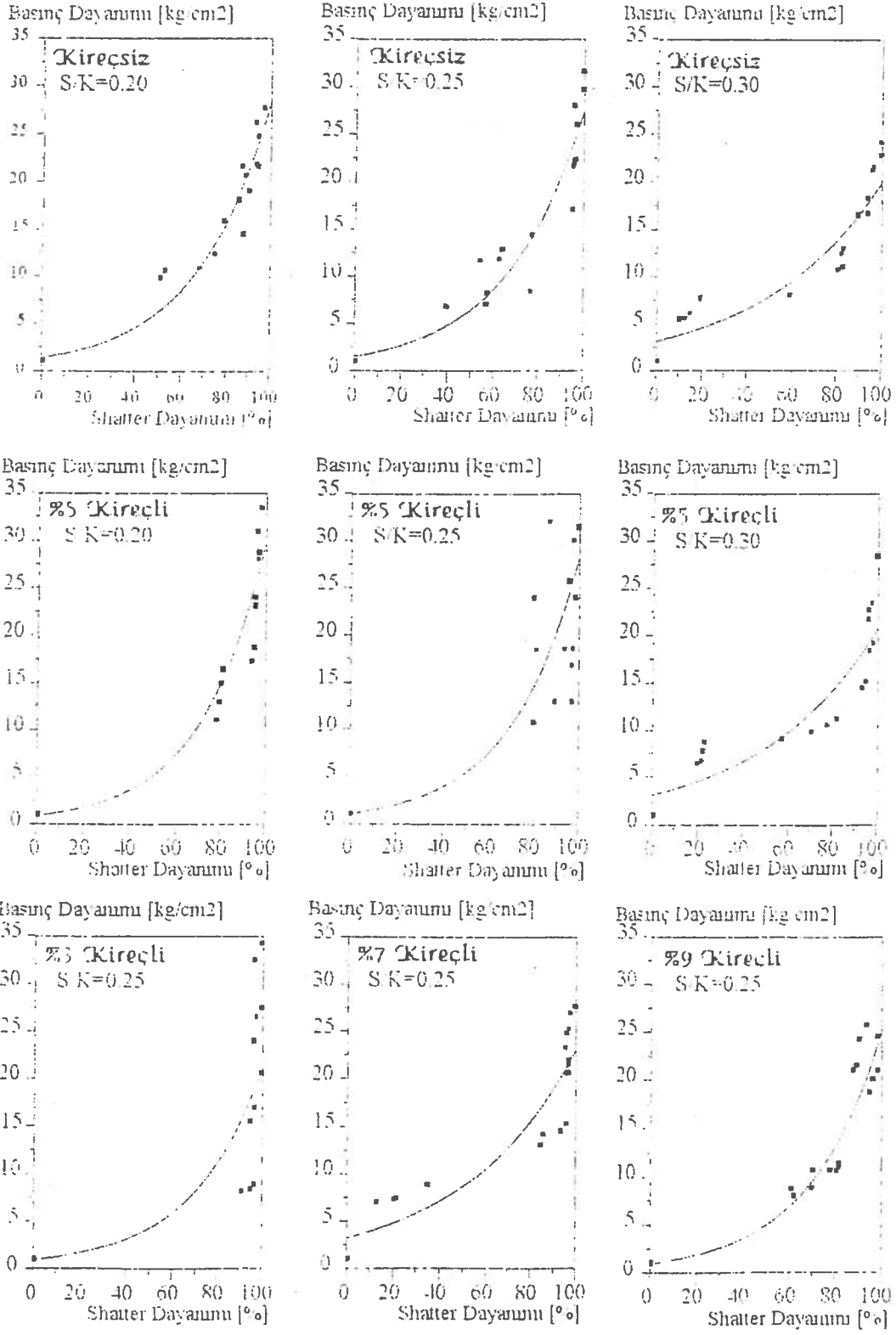
Biriketlerin Shatter dayanımları basınç dayanımlarındaki artış ile orantılı olarak iyileşmekte olduğu gözlenmiştir. Çimento bağı kömür biriketleri üzerine yapılan analiz bulguları Şekil 3 de verilmiştir.

Shatter dayanımları ile basınç dayanımları arasındaki ilişkilerden soğuk bağlayıcı biriketlerde yüksek korelasyon katsayılarında elde edildiği görülmektedir. Fonksiyonel ilişkilerden, shatter dayanımının yüksek olduğu değerlerde biriketler için basınç dayanımının yaklaşık olarak $25-30 \text{ kg/cm}^2$ olduğu belirlenmiştir.

Soğuk bağlayıcı biriketlerin yeterli sağlamlığa sahip kömür biriketleri şeklinde üretimi standartlara göre mümkündür. Biriketlerin basınç dayanımları $30-40 \text{ kg/cm}^2$ lik değerler arasına ulaşabilmesi ve ayrıca üretilen biriketlerin shatter dayanımlarının %90-100 arasında değişmesi biriketlerin endüstride kullanıma uygun olduğunu belirtmektedir. Ancak bu şekilde üretilen biriketlerin soğuk bağlayıcı madde miktarı %10 seviyesine çıktığı için biriketlerin ısı değerleri azalmakta ve kül oranı artmaktadır.

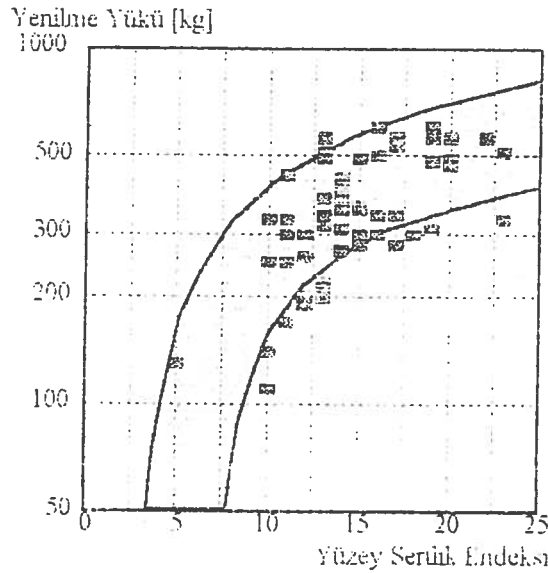
Basınç dayanımları ile shatter dayanımları arasında üstel fonksiyonel ilişkiler elde edilebilmektedir. Yüksek korelasyon katsayılarındaki bu ilişkiler ile pratik olarak biriketlerin shatter dayanımlarından yararlanılarak basınç dayanımları kestirilebilmektedir.

Biriketleri mekanik özellikleri içersinde, biriket sağlamlığını en geçerli olarak tanımlayan Shatter dayanım değerleri, aşınmaya karşı direncin bir ölçüsüdür. En az 20 adet olmak şartıyla, biriketler 1.8 m yükseklikten çelik bir levha üzerine ardışık olarak 4 kez düşürülmekte ve test sonunda ekle edilen ürün 18 mm lik elekte elenerek elek üstü ağırlık yüzdesi belirlenerek Shatter dayanım değeri bulunmaktadır. Biriketlerin Shatter dayanımları basınç dayanımlarındaki artış ile orantılı olarak iyileşmektedir. Çimento bağı kömür biriketleri üzerine yapılan analiz bulguları Şekil 3 de verilmiştir. Shatter dayanımları ile basınç dayanımları arasındaki ilişkilerden soğuk bağlayıcı biriketlerde yüksek korelasyon katsayılarında elde edildiği görülmektedir. Fonksiyonel ilişkilerden, shatter dayanımının yüksek olduğu değerlerde biriketler için basınç dayanımının yaklaşık olarak $25-30 \text{ kg/cm}^2$ olduğu belirlenmiştir. Soğuk bağlayıcı biriketlerin yeterli sağlamlığa sahip kömür biriketleri şeklinde üretimi standartlara göre mümkündür. Biriketlerin basınç dayanımları $30-40$ lk değerler arasına ulaşabilmesi ve ayrıca üretilen biriketlerin shatter dayanımlarının %90-100 arasında değişmesi biriketlerin endüstride kullanıma uygun olduğunu belirtmektedir. Ancak bu şekilde üretilen biriketlerin soğuk bağlayıcı madde miktarı %10 seviyesine çıktığı için biriketlerin ısı değerleri azalmaktadır.



Şekil 3. Çimento bağlı katkı yakıtların basınç dayanımı ile Shatter dayanımları ilişkisi.

Basınç dayanımları ile shatter dayanımları arasında üstel fonksiyonel ilişkiler elde edilebilmektedir. Yüksek korelasyon katsayılarındaki bu ilişkiler ile pratik olarak biriketlerin shatter dayanımlarından yararlanılarak basınç dayanımları kestirilebilmektedir. Şekil 3 irdelendiğinde, katı yakıt biriketlerin basınç dayanımları ile Shatter dayanımları arasında çimento, kireç ve su kullanım miktarına bağımlı olarak fonksiyonel ilişkiler belirlenebilmektedir. Benzer şekilde, üretilen biriketlerin genel olarak yüzey sertlik endeksleri belirlenerek basınç dayanımları ile bu değerler arasında ilişkiler araştırılmış ve böylelikle her iki dayanım özelliği yerine yüzey sertlik endeksinin belirlenmesi ile pratik olarak biriketlerin mekanik dayanımları hakkında fikir edinmek mümkün olabilmektedir. Üretilen kömür biriketlerinin yüzey sertlik endeksleri, basınç dayanımlarına karşı istatistiksel olarak değerlendirildiğinde Şekil 4 de sembolize edilen sınır değerler tesbit edilmiştir. Bu sınır değerler içindeki yüzey sertlik endeks verilerine bağlı olarak biriketlerin hem basınç dayanımları hemde aşınma dayanımları kestirilebilecektir.



Şekil 4. Soğuk bağı katı yakıtların basınç karakteristiği ile yüzey sertlik endeksi ilişkisi.

2.2 Soğuk Bağı Biriketlemede Kükürdioksit Tutma

Soğuk bağlayıcı biriketlerin kükürt tutma oranını artırmak için sönmüş kireç kullanılmıştır. Değişik oranlarda katılan çimento miktarlarında üretilen kömür biriketlerinin kül, nem, toplam kükürt miktarları ve yanma sonrası külde kalan kükürt oranları belirlenmiştir. Bu çalışmada çimento oranı %5 ten %11'e kadar artırılmıştır. Elde edilen biriketlerin özellikleri Çizelge 2 de verilmiştir. Artan çimento miktarı, doğal olarak biriket külünü doğrusal bir ilişki ile artırmıştır. Şekil 5 den görüldüğü gibi çimento miktarının

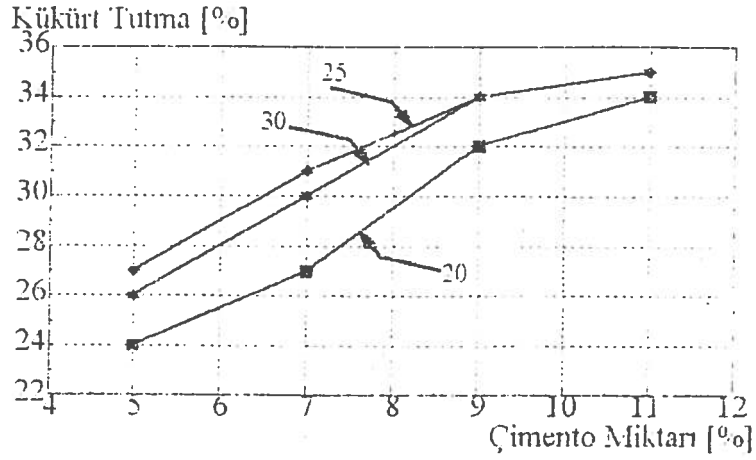
arttırılması kükürt tutma oranlarını pek değiştirmemiştir. Ancak artan imento oranı daha yüksek miktarda kalsiyum hidroksit üreterek kükürt tutmada avantaj sağlamaktadır.

Biriketlere ayrıca bağlayıcı eleman olarak %5 sönmüş kireç ilave ederek soğuk bağlayıcılı biriketleme işlemi, imento oranı %5-%11 arasında değiştirilerek biriketler üretilmiş ve biriketlerin nem, kül, kükürt ve küldeki kükürt tutma oranları belirlenmiştir. Bu testlerin analiz sonuçları izelge 3 te verilmiştir. %5 oranındaki kireç ilavesi biriketlerin su emme miktarını ve porozitelerini artırmıştır. Ayrıca dayanımları yüksek olan biriketlerin kül miktarı da kireç ilavesine bağlı olarak yükselmiştir. Kireç ilavesi biriketlerin kalitesini iyileştirdiği gibi kükürt tutma oranlarını da artırmıştır(şekil 6).

Sönmüş kireç miktarını kükürt tutma oranına etkisini belirlemek için %3-%9 arasında sönmüş kireç ilave edilmiş kömür tozları %5-%11 oranlarında soğuk bağlayıcı olarak imento ile biriketlenmiştir. Elde edilen biriketlerin nem, kül, kükürt ve külde kükürt tutma oranları izelge 4 te verilmiştir. %5 in üzerindeki miktarlarda ilave edilen kireç biriketlerin porozitesini önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir. Ayrıca biriketlerin kül oranları önemli miktarlarda artmıştır. Ancak, artan kireç miktarı biriketlerde kükürt tutma oranlarını yükseltmiştir(şekil 7).

Çizelge 2. Kireçsiz soğuk bağlayıcılı biriketlerin özellikleri.

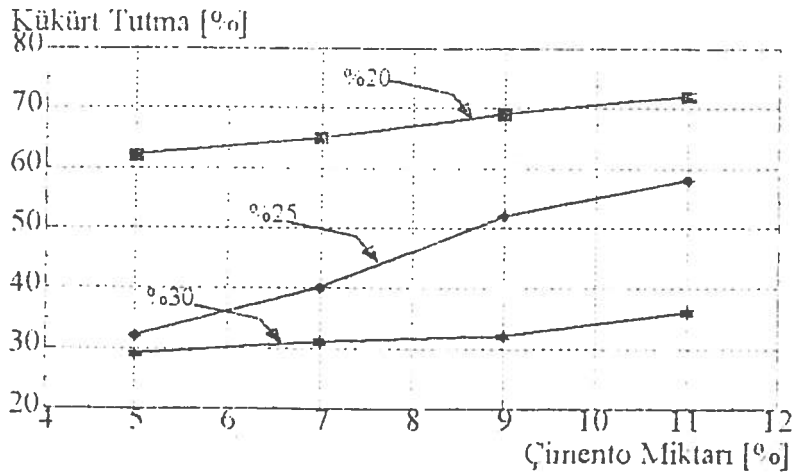
Su Oranı %	imento Oranı %	Nem %	Kül %	Toplam Kükürt %	Küldeki Kükürt %	Külde Kükürt Tutma %
20	5	5	30.7	3.36	0.82	24.40
	7	5	32.9	3.25	0.90	27.69
	9	5	34.5	3.17	1.03	32.49
	11	5	36.4	3.08	1.07	34.74
25	5	5	30.6	3.36	0.90	26.79
	7	5	32.8	3.25	1.03	31.69
	9	5	34.5	3.17	1.08	34.07
	11	5	36.9	3.06	1.08	35.29
30	5	5	30.9	3.35	0.89	26.57
	7	5	32.8	3.25	0.99	30.46
	9	5	35.0	3.15	1.08	34.28
	11	5	37.5	3.03	1.08	35.64



Şekil 5. Çimento miktarının kükürt tutma oranına etkisi.

Çizelge 3. %5 Kireç oranında soğuk bağlayıcı birikmelerin özellikleri.

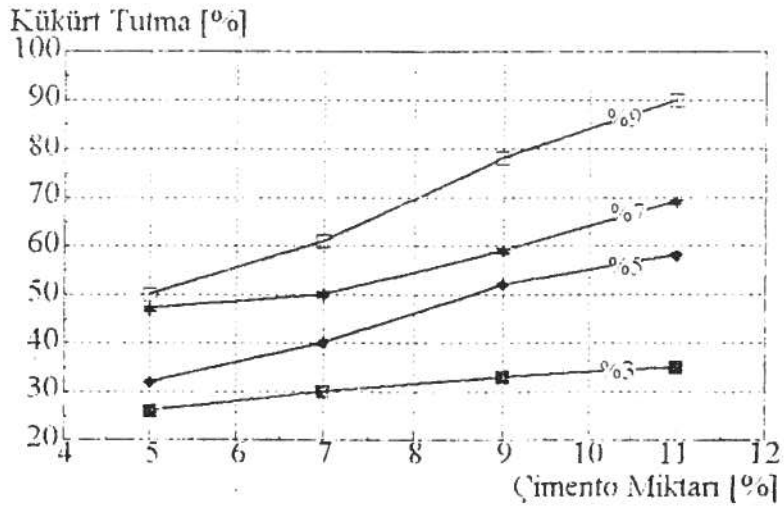
Su Oranı %	Çimento Oranı %	Nem %	Kül %	Toplam Kükürt %	Küldeki Kükürt %	Külde Kükürt Tutma, %o
20	5	5	35.8	3.11	1.93	62.06
	7	5	37.6	3.02	1.96	64.90
	9	5	39.3	2.94	2.04	69.39
	11	5	41.7	2.82	2.04	72.34
25	5	5	35.6	3.12	0.99	31.73
	7	5	37.8	3.01	1.22	40.53
	9	5	39.9	2.91	1.52	52.23
	11	5	41.7	2.82	1.63	57.80
30	5	5	35.8	3.11	0.89	28.62
	7	5	37.3	3.04	0.93	30.59
	9	5	39.6	2.93	0.94	32.08
	11	5	41.7	2.82	1.01	35.82



Şekil 6. %5 kireç ilavesinin kükürt tutma oranına etkisi.

Çizelge 4. %25 Su-katı oranında ve değişik miktarlarda kireç ilaveli soğuk bağlayıcı biriketlerin özellikleri.

Kireç Oranı %	Çimento Oranı %	Nem %	Kül %	Toplam Kükürt %	Küldeki Kükürt %	Külde Kükürt Tutma, %
3	5	5	33.2	3.23	0.85	26.31
	7	5	35.4	3.13	0.95	30.35
	9	5	37.6	3.02	0.99	32.78
	11	5	39.2	2.94	1.04	35.37
5	5	5	35.6	3.12	0.99	31.73
	7	5	37.8	3.01	1.22	40.53
	9	5	39.9	2.91	1.52	52.23
	11	5	41.7	2.82	1.63	57.80
7	5	5	37.1	3.04	1.42	46.71
	7	5	39.4	2.94	1.45	49.49
	9	5	41.5	2.83	1.69	59.72
	11	5	43.9	2.72	1.89	69.49
9	5	5	39.3	2.94	1.47	50.00
	7	5	41.3	2.84	1.73	60.92
	9	5	43.7	2.73	2.14	78.39
	11	5	45.4	2.64	2.39	90.53



Şekil 7. Kireç ilavesinin kükürt tutma oranına etkisi.

3. SONUÇLAR

Su katı oranının %20 den %30'a artırılması ile soğuk bağlayıcı biriketlerin nem değerlerinin değişmediği ve bu nem değerinin bütün biriketlerde %5 olduğu gözlenmiştir. Çimento oranının artırılması ve soğuk bağlayıcı eleman olarak çimentonun kullanılması ile kömürdeki kükürdün bir kısmı tutulabilmektedir. Çimento oranı %5 olduğunda kükürt tutma oranı %24 iken çimento oranı %11'e çıkarıldığında bu değer yaklaşık olarak %35 olduğu belirlenmiştir. Su katı oranının %20 den %30'a çıkarılması nemi değiştirmedeği gibi biriketlerin kül ve kükürü tutma yüzdelerini de çimento oranına göre değiştirmemiştir. %20-30 su katı oranında %11 çimentolu biriketlerde yaklaşık olarak %35 kükürt tutma verimi elde edilirken bu değer %25 ve %30 su katı oranlarında %11 çimentolu biriketlerde aynı değerde kalmıştır.

Çizelge 3 de görüldüğü üzere, %5 sönmüş kireç ilavesi ve %20, %25 su katı oranlarında üretilen biriketlerden yüksek kükürt tutma verimleri elde edilmektedir. %20 su katı oranında, %5 sönmüş kireç ve çimento ile üretilen biriketlerde kükürt tutma verimi yaklaşık olarak %62 olarak belirlenmiştir. Bu biriketlerdeki çimento oranı %11'e çıkarıldığında kükürt tutma veriminin %72 olduğu gözlenmiştir. %5 sönmüş kireç ilavesinin biriketlerin külünü %5 oranında artırdığı tesbit edilmiştir. Bu testlerde su katı oranı arttıkça kükürt tutma veriminin düştüğü görülmektedir.

Çizelge 4 de verildiği gibi soğuk bağlayıcı biriketlerde sönmüş kireç ilavesinin %3 den %9'a artırıldığında biriketlerin külleri çimento ve kireç ilavesi ile artmış aynı zamanda hem çimento hemde kireç ilavesi ile kükürt tutma oranlarının arttığı gözlenmiştir. %3 sönmüş kireç ve %11 çimentolu biriketlerin külü %39.2 den, %9 sönmüş kireçli ve %11 çimentolu biriketlerde %45.4'e yükselmiş ve kükürt tutma oranı ise %35 den %90'a yükselmiştir. Ancak %9 sönmüş kireç ve %11 çimentolu biriketlerin külü orjinal kömürün kül değerinin iki katına çıkmıştır. Bu kömürün ısı değerini düşüreceğini göz önüne alındığında bu yüksek kükürt tutma oranının ancak yüksek kükürtlü ve kalorili kömürler için tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmadan Kömür Teknolojisi laboratuvarlarında yapılan testlerde gözlenebilen ve irdelenebilen sonuçlara göre %5 sönmüş kireç ilaveli %20 su katı oranında yeterli kalitede, çevre dostu, çimentolu kömür biriketleri üretilebilmiştir. Katı yakıtlara örnek olacak bu soğuk bağlayıcı biriketleme tekniğinin ülkemiz açısından önemli olduğu düşünülmekte olup bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Tosun Y.I., 1995, Reduction of Sulfurdioxide Emissions by Solid Basic Filters after Coal Burning, 4th Int. Symp. on Burning, 19-21 July, Bursa.
2. Göksel M.A., 1977, Fundamentals of Cold Bond Agglomeration Processes, Agglomeration 77, AIME, Vol.2, pp 877-901.
3. Van Vlack L.H., 1964, Physical Ceramics for Engineers, Addisa-Wesley Publishing Co., London.