

KÖMÜR KARIŞIMLARININ KOKLAŞTIRILMASINDA BİLEŞENLER ARASI ETKİLEŞİMLER

Interactions Between Components in Coking of Coal Blends

Mevlüt KEMAL⁰
Vedat ARSLAN¹⁾
Hakan CENGİZLER⁰

ÖZET

Bu çalışma koklaşma işleminde, kömür karışımlarını oluşturan bileşenler arasındaki etkileşimin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, koklaşma özelliği olan Zonguldak taşkömürüne (ZK) havada kurutulmuş (TK), 550°C'de (TK550) ve 900°C'de (TK900) karbonize edilmiş sert Tunçbielik kömürleri karıştırılarak karışımlar hazırlanmıştır. Bu karışımların plastikleşme, dilatasyon, büzülme özellikleri ve bu karışımlardan üretilen kokların sağlamlıkları belirlenmiştir.

Elde edilen deneysel veriler değerlendirilmiş ve linyit kömürü 500 °C civarında karbonize edildiğinde, kimyasal parçalanmasını tamamlayarak gaz çıkışını ve büzülmesini kaybettiği, yüzey ıslanma özelliğinin arttığı ve dolayısıyla da koklaşan kömüre karıştırmak için en uygun özelliği kazandığı tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Koklaşma, Koklaşmada Bağlanma Mekanizması, Plastometre, Dilatometre

ABSTRACT

This study has been carried out for the purpose of determination of interactions among the components in coal blends during the coking process. For this purpose, the blends of cokable Zonguldak coal (ZK) with air-dried (TK), semicoked both at 550°C (TK550) and 900°C (TK900) Tunçbielik lignite were prepared. The plasticity, dilatation, contraction of these blends and the strength of the cokes produced from these blends were determined.

The experimental data obtained were evaluated and it was determined that the lignite, when carbonised at about 500 °C, completes its chemical breakdown, terminates the evolution of its volatile matter and contraction process, improves its surface wetting behavior and thus exhibits the most favorable properties as far as the cokability of coal blend is concerned.

Keywords: Coking, Bonding Mechanism in Coking, Plastometer, Dilatometer

¹⁾ Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh.Fak., Maden Müh. Bölümü, Bornova, İzmir, mevlut.kemal@deu.edu.tr

²⁾ Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh.Fak., Maden Müh. Bölümü, Bornova, İzmir

⁰⁾ Yrd.Doç.Dr., Celal Bayar Üniversitesi, Turgutlu Meslek Yüksek Okulu, Turgutlu, Manisa

1. GİRİŞ

Koklaşma özelliği olan kömürler oksijensiz ortamda ısıtıldıklarında 350-500 °C arasında plastikleşmekte ve akışkan bir kütle haline gelmektedir. Kömür molekülünün termik parçalanması esnasında termobitüm oluştuğu ve bu bitümün oluş hızı, parçalanma hızından daha büyük olan kömürlerde bitüm birikimi meydana geldiği ve bunun da kendini plastikleşme olarak gösterdiği kabul edilmektedir (Van Krevelen 1961). Kömür yapısını oluşturan vitrinit ve eksinit grubu maserallerin belirli kömürleşme aralığında plastikleşmesi ve plastik kütlelerin kimyasal parçalanma sonucu oluşan gazın basıncı ile inert tanelere doğru bastırılarak, taneler arası kütleli bağ kurduğu ve toz halindeki kömürün bütünleşerek parça haline geldiği ve bu olgunun da metalurjik kok oluşumunun ilk aşamasını teşkil ettiği bilinen bir gerçektir. Bütünleşme mekanizması sonrasında plastik kütle parçalanarak gaz ve katı maddeye ayrılmakta (-500 °C) ve sonuçta geride parça halinde semikok kalmaktadır. Semikok ısıtmaya devam edildiğinde, kimyasal parçalanma devam etmekte ve kütleli azalmaya bağlı olarak büzülme ortaya çıkmaktadır (Abel, 1965). Kimyasal parçalanma ve büzülme olayları 1000 °C'ın üzerinde bir sıcaklığa kadar devam etmektedir ve semikok ısıtmaya devam edildiğinde sağlamlığı artmakta ve yer yer büzülme çatlakları oluşmaktadır.

Yukarıda belirtildiği gibi, koklaştırmada bütünleşme mekanizmasının temelini, 350-500 °C arasında koklaşma özelliği olan kömürün oluşturduğu plastik kütlelerin inert tanelere yapışma kapasitesi (plastik kütlelerin yüzey gerilimi) ve inert tane yüzeyinin ıslanma özelliği (bitümsü maddelerle) oluşturmaktadır. Bütünleşen kütlelerden sağlam parça halinde kok oluşması ise karışımdaki kömürlerin, yumuşama ve tekrar katılaşma sıcaklıkları ve akışkanlık dereceleri gibi koklaşma özellikleri ile kömürleşme dereceleri ve tekrar katılaşma sonrasındaki büzülme miktar ve hızlarına bağlıdır.

Bu çalışmada %32,7 uçucu madde (saf kömürde) içeren ve koklaşma özelliği olan Zonguldak taşkömürüne, parlak sert linyit olan Tunçbilek kömürü ve bu kömürden 550 ve 900 °C'lerde elde edilen semikok ve kok tozu karıştırılarak normal karışım halinde ve biriktelenerek, Jenkner retortunda kok üretilmiş ve elde edilen kokların sağlamlıkları ile

yoğunlukları tespit edilmiştir. Koklaşma sürecinde bütünleşme mekanizmasını ve kok sağlamlığını etkileyen faktörleri belirgin bir şekilde ortaya çıkarabilmek amacıyla, o karışımların plastikleşme ve dilatasyon özellikleri ile 500 °C'dan sonraki büzülme miktarları ölçülmüştür.

Deneyler sonucu elde edilen veriler değerlendirilerek, sağlam kok üretebilmek için karışım bileşimlerinde aranması gereken özelliklerin ortaya çıkarılmasına çalışılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE KULLANILAN NUMUNELER

2.1 Numuneler

Deneylerde, koklaşan kömür olarak Zonguldak taşkömürü, inert kömür olarak parlak sert linyit olan Tunçbilek kömürü ve briketlemede bağlayıcı olarak ta zift kullanılmıştır.

Orijinal haldeki kullanımı yanında Zonguldak kömürünün bir miktarı, bu kömürün 500 °C üzerindeki sıcaklıklarda büzülme miktar ve özelliğini ölçebilmek için, 400 °C'de karbonize edilmiş ve bir numune daha hazırlanmıştır.

Deneylerde kullanılan diğer kömür olan Tunçbilek kömüründen, kurutarak (%11,8 nem) ve 550° ve 900 °C'lerde karbonize ederek, 3 ayrı numune hazırlanmıştır. Bunların kısa analiz değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Briketlemede kullanılan ziftin yumuşama sıcaklığı 60 °C'dir. Diğer bazı özellikleri de Çizelge 1'de görülmektedir.

Kullanım kolaylığı açısından, numuneler, daha önce de kullanıldığı gibi, bundan sonra aşağıda verilen kısaltmalarla ifade edilecektir:

ZK	: Zonguldak kömürü
ZK400	: 400 °C'da karbonize edilmiş Zonguldak kömürü semikoku
TK	: Tunçbilek kömürü
TK550	: 550 °C'da karbonize edilmiş Tunçbilek semikoku
TK900	: 900 °C'da karbonize edilmiş Tunçbilek koku

Numuneler kırma işlemine tabi tutulmuş ve kullanım alanına göre belirli tane iriliğine indirilmiştir. Koklaştırmada, 2,8 ve 0,5 mm altına

kırılan 2 farklı numune kullanılmıştır. Plastometre deneylerinde kullanılan numuneler 0,5 mm ve dilatometre deneylerinde kullanılanlar ise, 0,25 mm altına kırılmıştır. Bu numunelerin tane dağılımları Çizelge 2 de görülmektedir.

2.2 Deney ve Testlerin Yapılışı

2.2.1 Koklaştırma Deneyleri

Tunçbilek kömürü, Jenkner retortunda 550° ve 900 °C sıcaklıklarda karbonize edilerek TK550 ve TK900 numuneleri hazırlanmıştır. Havada kurutulan ve 20 mm altına kırılan 1,2 kg Tunçbilek kömürü Jenkner retortuna doldurulmuş ve öngörülen sıcaklığa kadar ısıtılan fırına yerleştirilerek karbonize edilmiştir. Toplam karbonizasyon süresi 210 dakika olarak alınmış ve soğutma işleminden sonra kullanılacak tane iriliğine kırılmıştır.

Zonguldak kömürüne değişik oranlarda Tunçbilek kömürü ve kok tozları karıştırılarak, karışımların koklaştırılması ve aynı komponentlerin karışımlarına zift ilave edilerek biriketlenmesi ve biriketlerin koklaştırılması olmak üzere 2 farklı grupta koklaştırma deneyleri yapılmıştır.

Karışımların koklaştırmasında, karışım komponentleri öngörülen oranlarda toplam 1,2 kg (kuru bazda) olacak şekilde katı karıştırıcısına doldurulmuş ve su ilave edilerek nem oranı %8'e ayarlanmıştır. Karışım 15 dakika karıştırıldıktan sonra yığın yoğunluğu 0,8 g/cm³ olacak şekilde Jenkner retortuna doldurulmuş ve retort fırın içine oturtularak koklaştırma işlemi başlatılmıştır (Jenkner, 1934; De Vries, 1967). Retort ortasındaki sıcaklık 950° C'ye ulaştığında ısıtma durdurulmuş ve kok dolu retort fırın içinde soğumaya bırakılmıştır. Toplam koklaştırma süresi 210 dakika olarak sabit tutulmuştur. Soğuma sonrası retorttan alınan kok, elenmiş ve sağlamlık, yoğunluk, reaktivite gibi bazı özellikleri tespit edilmiştir.

Formkok üretiminde ise, %8 zift ilave edilen karışımlar, 80 °C 'a kadar ısıtılmış ve 600 kg/cm² basınçla hidrolik preste biriketlenmiştir. Her karışım için 20 biriket üretilmiş ve bunlardan 10 adedi tambur testinde, 6 adedi de kırılma sağlamlığı testinde kullanılmıştır. Geri kalan 4 adedi de diğer testler için ayrılmıştır. Biriket ve formkok yoğunlukları ise, koklaştırma ve kırma testi öncesinde biriket ve formkoklarda tespit edilmiştir. Biriketlerin koklaştırmasında da, karışımlarda uygulanan yöntem kullanılmıştır.

Çizelge 1. Deneylerde Kullanılan Kömür Ve Kok Numunelerinin Analiz Değerleri.

	ZK	TK	TK550	TK900	Zift
Nem (%)	1,6	11,8	2,8	6,2	-
Kül* (%)	12,3	14,4	21,3	26,5	0,5
Uçucu Madde*** (%)	32,7	44,0	19,4	2,5	74,8
Toplam Kükürt (%)	0,42	3,56	3,53	3,64	0,32
Alt Isı Değeri(kcal/kg)	7032	5062	5747	5251	
Benzende Çözülen (%)					87
Yumuşama Sıcaklığı (°C)					60

Kuru kömürde, ** Saf kömürde, Diğerleri orijinal kömürde

Çizelge 2. Koklaştırma Deneylerinde Kullanılan Kömür Ve Kok Tozlarının Elek Analiz Değerleri

Tane İriliği mm	0-2,8 mm Tane İriliğindeki Numunelerde				Tane İriliği mm	0-0,5 mm Tane İriliğindeki Numunelerde			
	ZK (%)	TK (%)	TK550 (%)	TK900 (%)		ZK (%)	TK (%)	TK550 (%)	TK900 (%)
-2,8 + 2,0	19,5	7,6	--	4,4	8,0	-2,8 + 2,0	-	-	
-2,0+1,0	32,2	16,7		4,8	9,1	-2,0+ 1,0	-	-	-
-1,0 + 0,5	19,4	29,9		18,4	26,8	-1,0 + 0,5	6,3	2,5	1,6
-0,5 + 0,212	14,5	20,8		35,5	24,4	-0,5 + 0,212	33,5	33,0	34,3
-0,212	14,4	25,0		36,9	31,7	-0,212 + 0,106	34,6	43,0	23,5
						-0,106	25,6	21,5	40,6
									24,3
									45,4

2.2.2 Kok Sağlamlığı Testleri

Kok sağlamlığı, içinde 60 mm genişliğinde ve 90 derece aralıklarla yerleştirilmiş kanatçıklar bulunan ve çapı 500 mm, genişliği 200 mm olan bir tamburda test edilmiştir. Tambur içine +50 mm boyutunda koyulan kok, 30 devir/dakika hızla 5 dakika tamburlanmıştır. Tamburlama sonrası, 40 ve 10 mm eleklerde elenerek, 40 mm üstünde kalan ve 10 mm altına geçen kok oranları tespit edilmiştir.

Formkok kırılma sağlamlığı ise, silindirik biriketlerin hidrolik preste parçalandığı basıncın, biriket yüzey alanına bölünmesiyle bulunmuştur.

2.2.3 Plastometre ve Dilatometre Testleri

Plastometre deneyleri Gieseler plastometresinde yapılmıştır (ASTM D 2639-74). Numuneler 0.5 mm altına kırıldıktan sonra istenilen oranda karıştırılmış ve homojen hale getirilen karışımdan 18 gram tartılarak plastometrenin çelik retortuna doldurulmuştur. Retort kapağı belirli bir tork ile sıkıştırıldıktan sonra retort önceden 340 °C'ye ısıtılan fırına indirilmiş ve 3 °C/dakika hızla ısıtmaya devam edilerek ölçüm tamamlanmıştır.

Dilatometre testlerinde 1000 °C'a kadar ısıtılabilen Chevenard-Joumier (Habermehl, 1981) dilatometresi kullanılmıştır. Burada, kömürler 0,25 mm altına kırılmış ve nemlendirilerek 10 mm çap ve 10 mm uzunluğu olan silindirik biriketler elde edilmiştir. Biriketler dilatometre kovanına yerleştirilerek 300 °C'a ısıtılmış fırına indirilmiş ve 300-500 °C'lar arasında 1,5 °C/dak, 500-1000 °C'ler arasında da 2,5 °C/dak hızla ısıtılarak dilatasyon ve büzülme değerleri tespit edilmiştir.

2.2.4 Özgül Yüzey Alanı, Hardgrove İndeksi ve Reaktivite Ölçümleri

Kok tozlarının özgül yüzey alanları, BET metoduna göre azot gazı ile sıvı azot gazı sıcaklığında ölçülmüştür.

Hardgrove indeksi ise' standart değirmende yapılmıştır.

Reaktivite ölçümü kütle kaybı esasına göre yapılmıştır. Bunun için, 50 mm çapı ve 400 mm uzunluğu olan bir çelik reaktör kullanılmıştır. Reaktörün alt kısmında gaz dağıtıcı bir ızgara bulunmaktadır. ızgara üzerine, tane iriliği 19-21 mm arasında olan 200 gram kok koyulmuş ve reaktör bir tüp fırın içine yerleştirilmiştir. Sisteme

azot gazı verilerek, reaktör 1000 C'a kadar ısıtıldıktan sonra, azot gazı kesilmiş ve CO₂ gazı (5 litre/dakika) beslenmeye başlanmıştır. CO₂ verme işlemi 120 dakika sürmüştür ve sistem yine azot gazı atmosferinde soğutulmuştur. İşlem esnasında kokun uğradığı kütle kaybının başlangıç ağırlığına oranı, reaktivite değeri olarak alınmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI

3.1 Koklaştırma Deneyleri

Değişik karışımlardan elde edilen kokların özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde, %100 ZK'dan elde edilen kokun sağlamlık değerlerinden M40'ın %86,2 ve M10'unda %9,6 olduğu görülmektedir. Burada ölçülen M40 değeri, Karabük Demir Çelik İşletmeleri kok fabrikasında, aynı kül oranına sahip %100 ZK kullanılarak üretilen kokun M40 değerinden (~%70) oldukça yüksektir (Firma arşivi, 1990). Beklendiği gibi, laboratuvar şartlarında elde edilen kokun özellikleri ve uygulanan testlerin sonuçları, endüstriyel ölçekte elde edilen kok özelliklerinden ve test değerlerinden farklıdır. Ancak bu durum, karışımdaki komponentlerin kok sağlamlığına etkilerini görmek açısından bir mahzur teşkil etmemektedir.

Koklaşan ZK'ya, değişik oranlarda 2,8 mm altına kırılan TK ve TK900 kok tozları karıştırıldığında, karışımdaki oranlarının artışına bağlı olarak elde edilen kokların parçalanma M40 ve ufalanma M10 sağlamlık değerleri düşmektedir. Sağlamlıktaki düşüş en fazla TK900 ilave edilen koklarda görülmektedir. Örneğin %100 ZK ile elde edilen kokun M40 ve M10 değerleri sırasıyla %86,2 ve %9,6 iken, %10 TK900 ilave edildiğinde bile M40 değeri %79,4'e düşmekte ve M10 değeri de %20,6'ya yükselmektedir. Kok sağlamlığını düşürmede TK numunesi ikinci sırada yer almış, %10 TK ilaveli kokun M40 değeri %83,8, M10 değeri de %13,8 olmuştur. TK550 semikoku ilave edilen koklarda ise, %10 ilavede M40 değerinin artarak %90,1'e yükseldiği, TK550'nin karışımdaki oranı %20 ve %30'a çıktığında ise %87,8 ve %87,1'lik değerlerle, %100 ZK kokunun M40 değeri ile aynı seviyede kaldığı görülmektedir. TK550 ilaveli kokların M10 değerlerine gelince, %10'luk karışımda, %100 ZK kokunun M10 değeri olan %9,6'lık bir ufalanma değeri tespit edilmiştir. Karışımdaki TK550 ilavesi %20 ve %30'lara

çıkarıldığında, M10 değerleri %12,2 ve %12,4'e yükselmekte, TK ve TK900 ilaveli koklara göre çok daha az artmaktadır.

Koklaşan ZK kömürü tane iriliği sabit tutularak (-2,8 mm), inert komponentlerin tane irilikleri 0.5 mm altına indirildiğinde, TK ve TK900, ilave edildikleri kokun M10 ufalanma değerini, -2,8 mm irilikteki ilaveye göre daha az etkilemektedir. TK550 semikokunun daha ince ilavesinde ise, M10 ufalanma değerinde bir farklılık ortaya çıkmamaktadır.

Parçalanma sağlamlığı M40 değerine gelince, inert komponentlerden TK kömürü, iri ve ince ilavede, sağlamlığı eşit ölçüde etkilerken, TK550 semikoku ilaveli koklarda tane iriliği incelmesinin M40 değerini düşürdüğü ve TK900 ilaveli koklarda ise, düşüşün iri tane ilaveli karışımdan elde edilen koklara göre daha az olduğu görülmektedir.

Kokların görünür yoğunluk değerleri, 0,770 ile 0,896 g/cm³ arasında değişmekte ve normal metalurjik kok yoğunluğuna göre (-0,9 g/cm³), düşük kalmaktadır (Çizelge 4). En yüksek yoğunluğa sahip koklar, 0,5 mm altına kırılmış TK ve TK550 ilaveli, en düşük yoğunluklular ise, TK900 ilaveli karışımlardan elde edilmiştir. İri olarak (-2,8 mm) ilave edilen TK550 karışımlarının kokları da düşük yoğunluğa sahip koklardandır.

Koklaşan ZK kömürüne TK, TK550 ve TK900 kok tozları ve zift ilave edilerek üretilen biriketlerin koklaştırılması ile elde edilen formkokların kırılma ve ufalanma sağlamlıkları incelendiğinde ise (Çizelge 4), kırılma sağlamlığı açısından en sağlam formkokun %80 TK900 ilaveli karışımdan elde edildiği ve kırılma sağlamlığının 140 kg/cm²'ye ulaştığı görülmektedir. TK550 semikok ilaveli formkoklarda optimal karışım oranının %70 ve bu karışıma ait formkokun kırılma sağlamlığının 114 kg/cm² olarak gerçekleştiği, TK ilaveli formkoklarda ise en yüksek kırılma sağlamlığının 54 kg/cm²'ile %65 TK oranında elde edildiği ve optimal karışım oranının daha da düşük olduğu tespit edilmiştir.

Ufalanma , sağlamlığı M10 değerleri incelendiğinde, en düşük ufalanmanın %65 TK550 semikok ilaveli formkoklarda ölçüldüğü (%6,3), ilave oranı %75'e kadar arttırıldığında, ufalanmanında lineer olarak arttığı, ancak daha sonraki artışın üstsel büyüklük kazandığı tespit

edilmektedir. TK900 ilaveli formkokların kırılma sağlamlıkları yüksek olmasına rağmen, ufalanmaları da yüksek çıkmış, yani yapısal sağlamlıkları yeterli düzeyde kalmamıştır. En yüksek kırılma sağlamlığı gösteren %80 TK900 ilaveli formkokun %15,8 gibi yüksek bir değerde ufalanmaya uğradığı tespit edilmiştir. TK ilaveli formkokların ufalanma sağlamlıkları, kırılma sağlamlıklarında olduğu gibi çok düşüktür.

Çizelge 4'de koklaştırma öncesi biriketlerin ve koklaştırma sonrası formkokların görünür yoğunlukları ile biriketlerin koklaşma esnasında uğradıkları büzülme oranları verilmiştir. Biriket yoğunlukları incelendiğinde, TK900 kok tozu ile elde edilen biriketlerin 1,226-1,250 g/cm³ arasında değişen değerlerle, en büyük yoğunluğa sahip oldukları, onları 1,150-1,185 g/cm³ arasındaki değerlerle TK550 semi kok ilaveli biriketlerin takip ettiği ve 1,129-1,152 g/cm³ arasındaki değerlerle de TK ilaveli biriketlerin en düşük yoğunluğa sahip oldukları görülmektedir. Karbonizasyon sıcaklığı ile hakiki yoğunluğun artışı burada etkili olmuştur.

Formkok yoğunluklarına gelince, hepsinde biriket yoğunluk değerlerinden daha düşük değerler tespit edilmiştir. TK900 ve TK550 ilaveli formkoklarda, sırasıyla 1,019-1,128 g/cm³ ve 1,035-1,116 g/cm³ arasındaki yoğunluk değerleri ile, birbirlerine yakın yoğunluklar ölçülürken, TK ilaveli formkokların yoğunlukları 0,959-1,010 g/cm³ arasında kalmıştır.

Biriketlerin büzülme oranları, biriket bileşiminde ana komponent olan TK, TK550 ve TK900 numunelerinin büzülme oranları ile paralellik göstermektedir. Örneğin, TK numunesi 475°-1000 °C arasında %14 oranında büzülme (Çizelge 4). TK ilaveli biriketlerin büzülme oranları da, karışım oranına bağlı olarak, %13,2 ile %13,8 arasında ölçülmüştür. ZK kömürü 475°-1000 °C arasında %10,4 oranında büzüldüğünden, birikette TK oranının azalmasıyla büzülme az da olsa düşmüştür.

TK550 numunesinin 475-1000 °C arasındaki büzülme oranı %7,3'tür ve büzülme olayı 550°C'dan sonra başlamaktadır. Bu numune ile elde edilen biriketlerin büzülme oranları da, 6,1 ile 7,1 arasında gerçekleşmiştir. 900 °C'a kadar büzülmeyen TK900 koku ile yapılan biriketler ise, 2,3 ile 2,7 arasında büzülmüşlerdir. Buradaki büzülmenin ana kaynağı ise, ZK kömürüdür.

Çizelge 3. Zonguldak Kömürüne Değişik Oranlarda Tunçbilek Komuru Ve Kök Tozları Karıştırılarak Elde Edilen Kokların Sağlamlık Ve Yoğunluk Değerleri. (Karışım nemi: %8, yığın yoğunluğu: 0.8 g/cm³, miktarı: 1,2 kg, Koklaştırma süresi: 210 dakika, plastikleşme bölgesi ısıtma hızı: 4-5 °C/dakika)

Karışım komponent ve oranları				Elde edilen kokun özellikleri			
Tane iriliği : ZK= 0-2,8 mm, TK = 0-2,8 mm, TK550 = 0-2,8 mm ve TK900 = 0-2,8 mm							
ZK (%)	TK (%)	TK550 (%)	TK900 (%)	M40 (%)	M10 (%)	Yoğunluk g/cm ³	Reaktivite (%)
100	-	-	-	86,2	9,6	0,862	36,7
90	10	-	-	83,8	13,8	0,840	
85	15	-	-	77,7	17,0	0,784	
80	20	-	-	76,6	18,6	0,848	
70	30	-	-	68,2	23,1	0,819	
90	-	10	-	90,1	9,6	0,782	41,6
80	-	20	-	87,8	12,2	0,789	
70	-	30	-	87,1	12,4	0,783	51,6
95	-	-	5	82,8	14,7	0,775	
10	-	-	10	79,4	20,6	0,840	
80	-	-	20	58,4	36,3	0,798	
Tane iriliği : ZK= 0-2,8 mm,, TK = 0-0,5 mm, TK550 = 0-0,5 mm ve TK900 = 0-0,5 mm							
95	5	-	-	79,4	12,1	0,797	
90	10	-	-	83,1	12,9	0,870	
85	15	-	-	77,1	14,1	0,877	
90	-	10	-	70,6	10,6	0,871	
85	-	15	-	77,7	10,9	0,844	
80	-	20	-	74,0	12,5	0,877	
70	-	30	-	45,3	14,2	0,896	
95	-	-	5	82,5	11,7	0,808	
90	-	-	10	84,8	13,6	0,816	
85	-	-	15	84,8	14,7	0,770	
80	-	-	20	78,0	21,1	0,792	

Çizelge 4. Tunçbilek Kömürü Ve Koktozlan + Zonguldak Kömürü + Zift Karışımı Biriketlerden Elde Edilen Formkokların, Sağlamlık, Yoğunluk Ve Büzülme Özelliklerinin, Karışım Oranlarıyla Değişimi. (Biriketleme sıcaklığı: 80 °C, Biriketleme basıncı: 600 kg/cm², Koklaştırma sıcaklığı: 900 °C, Koklaştırma süresi: 210 dakika)

Karışım komponent ve oranları					Formkok sağlamlığı	Yoğunluklar	Büzülme	Reaktivite		
Zift (%)	ZK (%)	TK (%)	TK550 (%)	TK900 (%)	0*kınlma kg/cm ²	M10 (%)	Ybiriket g/cm ³	Ykok g/cm ³	Boyut, (%)	%
8	12	80	-	-	23	89,0	1,133	0,995	13,8	
8	17	75	-	-	24	56,5	1,129	1,010	13,5	
8	22	70	-	-	37	29,7	1,129	1,000	13,5	
8	27	65	-	-	54	17,3	1,152	0,959	13,2	
8	12	-	80	-	50	33,5	1,157	1,111	6,7	
8	17	-	75	-	89	13,9	1,185	1,112	7,1	49,0'
8	22	-	70	-	114	9,6	1,162	1,116	6,7	43,5
8	27	-	65	-	95	6,3	1,150	1,035	6,1	44,9
8	7	-	-	85	131	21,1	1,238	1,117	2,5	
8	12	-	-	80	140	15,8	1,250	1,128	2,7	56,2
8	17	-	-	75	125	17,9	1,226	1,085	2,7	
8	22	-	-	70	51	18,1	1,230	1,019	2,3	
-	-	-	-	100	-	-	-	1,288	-	55,9

3.2 Plastometre ve Dilatometre Deneyleri Sonuçları

Koklaşan ZK kömürüne, değişik oranlarda TK, TK550 ve TK900 numunleri karıştırılarak yapılan plastometre ve dilatometre deneylerinin sonuçları

Çizelge 5-7'de verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde aşağıdaki hususlar tespit edilmektedir:

- Plastometre deneylerinde, karışımda TK, TK550 ve TK900 oranlarının artışı ile,

karışımın yumuşama sıcaklığı (T_y) artmakta, tekrar katılma sıcaklığı (T_k) ise düşmektedir ve dolayısıyla plastikleşme aralığı (AT) daralmaktadır.

Dilatometre deneylerinde ise, karışımda TK, TK550 ve TK900 oranlarının artışı, yumuşama sıcaklığı yanında, tekrar katılma sıcaklığını da artırmakta ve katılma sıcaklığı artışı daha fazla olduğu için, plastometre deneylerinin aksine, plastikleşme aralığını da artırmaktadır.

Plastometre deneylerinde ölçülen maksimal akışkanlık (A_{max}) değerini en fazla etkileyen TK numunesi olmuştur. TK900 numunesinin etkisi TK550'ye göre biraz daha fazla olmakla beraber, aralarında çok az bir fark vardır.

Dilatometre deneylerinde ölçülen toplam dilatasyon değerini (D_t) en fazla etkileyen komponent, burada yine TK numunesidir. TK900 ve TK550 numunelerinin etkileri burada da birbirlerine yakın olmakla beraber, maksimal akışkanlıktakinin aksine TK900 numunesi en az etkiyi göstermektedir.

Dilatasyon ölçümü sırasında ortaya çıkan kontraksiyon değerlerine (K) gelince, tüm

karışımlarda, %23,4 ile %26 arasında bir kontraksiyon ölçülmüştür. Çok dar alanda kalan bu değişiklik için herhangi bir bağıntı tespit edilememiştir.

- Numunelerin ve değişik oranlardaki karışımların 0, 475, 500, 600, 700, 800 ve 900-1000 °C sıcaklık aralıklarındaki büzülme oranları Çizelge 7'de verilmiştir. Çizelge'de görüldüğü gibi, %100 TK numunesi 0-1000 °C arasında % 19,7 büzülme gösterirken, TK550 %7,3 oranında büzülmektedir. Beklendiği gibi, TK550 numunesi, 550 °C'tan sonra tekrar büzülmeye başlamıştır. Bu nedenle de TK900 numunesinin büzülme durumu ölçülmemiştir.

3.2 Özgül Yüzey Alanı, Hardgrove İndeksi ve Kok Reaktivite Ölçümü Deney Sonuçları

Özgül yüzey alanı ve Hardgrove indeksi ölçümleri, Tunçbilek kömürü gibi parlak sert linyit olan Soma kömürü kok tozları üzerinde yapılmıştır. Bunun için Soma kömürü; 500, 600, 700, 800 ve 900 °C sıcaklıklarda karbonize edilmiş ve istenilen özellikte numuneler hazırlanarak ölçümler yapılmıştır.

Çizelge 5. Zonguldak Kömürü Plastikleşme Özelliğinin, Tunçbilek Kömürü Ve Kok Tozları İlavesi İle Değişimi .

Karışım komponent ve oranları				Gieseler plastometresinde ölçülen değerler				
ZK	TK	TK550	TK900	$T_y^{(1)}$	$T_{max}^{(2)}$	$T_k^{(3)}$	$\Delta T^{(4)}$	$A_{max}^{(5)}$
100	-	-	-	420	468	501	80	1080
90	10	-	-	424	470	500	76	320
80	20	-	-	426	478	500	74	103
70	30	-	-	437	474	494	57	16
90	-	10	-	430	475	502	72	780
80	-	20	-	430	472	500	70	360
70	-	30	-	432	470	500	68	159
60	-	40	-	436	468	495	59	43
90	-	-	10	425	470	500	75	565
80	-	-	20	434	472	498	64	315
70	-	-	30	434	471	497	63	137

⁽¹⁾ Yumuşama sıcaklığı (°C), ⁽²⁾ Maksimal akışkanlık sıcaklığı (°C), ⁽³⁾ Tekrar katılma sıcaklığı (°C), ⁽⁴⁾ Plastikleşme aralığı, ⁽⁵⁾ Maksimal akışkanlık (açısal derece/dakika).

Çizelge 6 Zonguldak Kömürü Dilatasyon Değerlerinin, Tunçbilek Kömürü Ve Kok Tozu İlavesi İle Değişimi

Karışım komponent ve oranları				Chevenard-Journier dilatometresinde ölçülen değerler					
ZK	TK	TK550	TK900	$T_y^{(1)}$	$T_{db}^{(2)}$	$T_k^{(3)}$	$\Delta T^{(4)}$	K ⁽⁵⁾	$D_t^{(6)}$
100	-	-	-	380	430	462	82	23,8	30,3
90	10	-	-	400	475	495	95	25,0	12,5
85	15	-	-	410	480	513	103	26,0	4,1
90	-	10	-	388	440	470	82	25,5	21,5
85	-	15	-	380	456	465	85	23,5	14,5
10	-	-	10	398	446	482	84	23,4	22,6
85	-	-	15	385	468	490	105	24,2	18,4
75	-	-	25	410	484	512	102	25,0	7,0

⁽¹⁾ Yumuşama sıcaklığı (°C), ⁽²⁾ Dilatasyon başlangıç sıcaklığı (°C), ⁽³⁾ Tekrar katılma sıcaklığı (°C), ⁽⁴⁾ Plastikleşme aralığı, ⁽⁵⁾ Kontraksiyon (%), ⁽⁶⁾ Toplam Dilatasyon (%).

Çizelge 7 Zonguldak Kömürünün Sıcaklıkla Büzülme Değerlerinin, Tunçbilek Kömürü Ve Kok Tozları ilavesi İle Değişimi

ZK	Karışım komponent ve oranları%				Büzülme oranlarının ölçüldüğü sıcaklık aralıkları (°C)							
	ZK400	TK	TK550	TK900	0-1000	475-1000	500-1000	600-1000	700-1000	800-1000	900-1000	
-	100	-	-	-	27	10	8,1	7,1	5,3	3,1	1,1	
-	-	100	-	-	19,7	10,6	9,1	7,0	5,0	2,8	1,1	
-	-	-	100	-	7,3	7,3	7,3	7,3	5,3	2,8	0,9	
75	-	25	-	-			14,2	7,3	5,3	3,3	0,8	
75	-	-	25	-			7,8	5,0	4,6	3,4	1,3	
75	-	-	-	25			5,6	2,1	1,5	0,7	0	
50	-	50	-	-			13,1	7,2	5,6	3,1	1,0	
50	-	-	50	-			7,6	6,3	5,6	3,4	1,4	
50	-	-	-	50			4,0	0,4	0,2	0,1	0	

Çizelge 8. Değişik Sıcaklıklarda, Soma Parlak Sert Linyit Kömüründen Elde Edilen Kok Tozlarının Hardgrove Endeksi Ve Özgül Yüzey Alanı Değerleri (Kemal, 1974)

Kok tozu elde edilmiş sıcaklığı (°C)	Hardgrove indeksi değerleri (%)	Özgül yüzey alanı m ² /gr
500	46,5	10,7
600	49,0	23,4
700	51,7	41,0
800	49,7	40,7
900	48,5	32,3

Çizelge 8'de, değişik sıcaklıklarda elde edilen kok tozlarının Hardgrove indeksi ve özgül yüzey alanı değerleri verilmiştir. Veriler incelendiğinde, 500 °C'da elde edilen semikokun 46,5 Hardgrove indeksi değeri ile zor öğütülebilir kok tozu olduğu, semikok elde edilmiş sıcaklığı 700 °C'a kadar artırıldığında, öğütülebilirliğin az da olsa arttığı, ancak 700 °C'tan sonra ise, Hardgrove endeksinin tekrar düşmeye başladığı tespit edilmektedir.

Özgül yüzey alanına, gelince, 500 °C'da elde edilen semikok özgül yüzey alanı 10,7 m²/gr ölçülmüştür. Kok elde edilmiş sıcaklığı artışı ile, özgül yüzey alanı da artmakta ve 700 °C'da 41,0 m²/gr ile maksimal değere ulaşmaktadır. Bu sıcaklıktan sonra özgül yüzey alanı tekrar düşmeye başlamakta ve 900 °C da elde edilen kok tozunun özgül yüzey alanı 32,3'e inmektedir.

Kok reaktivite değerlerine gelince, %100 ZK kokunun reaktivitesi %36,7 ve %100 TK900 kokunun reaktivitesi ise %55,9 olarak ölçülmüştür. Beklendiği gibi, linyit koku reaktivitesi, taşkömürü koku reaktivitesinden oldukça yüksektir. Karışımlardan elde edilen kokların reaktiviteleri ise, komponentlerin reaktivite değerleri arasında kalmıştır. Örneğin, sağlıklı, %T00 ZK kömürü kokuna göre daha

yüksek olan %10 TK550 + %90 ZK karışımı kokunun reaktivite değeri %41,6'ya yükselmiş ve ufalanma değeri %12,4 olan %30TK550 + %70 ZK kokunun reaktivitesi ise %51,6 olarak tespit edilmiştir. Formkokların reaktivite değerleri de, benzer eğilim göstermiştir (Çizelge 3 ve 4).

4. SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Giriş Bölümünde de vurgulandığı gibi, koklaştırmada kömür tanelerinin bütünleşerek parça halinde kok oluşturması 350-500 °C arasında kömür reaktif maserallerinin oluşturduğu plastik kütlelerin inert taneleri bağlaması ile gerçekleşmektedir. Plastik kütlelerin, inert taneleri optimal düzeyde bağlayabilmesi için bağlayıcı rolündeki plastik kütlelerin tüm inert taneleri bağlayacak miktarda olması dolayısıyla kömür karışımının optimal düzeyde koklaşma kapasitesine sahip olması gerekir. Koklaşma kapasitesi az olduğunda plastik kütle tüm taneleri yeterince bağlayamamakta, fazla olduğunda ise, süngerimsi yapıda sağlamlığı düşük kok elde edilmektedir. Bu nedenle, ZK kömürüne, inert özelliğe sahip numuneler ilave edildiğinde, karışımının koklaşma kapasitesinin optimal düzeyden uzaklaşması ile elde edilecek kok sağlamlığının düşmesi beklenen bir sonuçtur.

Burada, incelenmek istenen husus ise, komponentler arası etkileşim ile, kok sağlamlığında ilave bir artış veya düşüş olup olmadığıdır.

Komponentler arası etkileşimleri ve bunların kok sağlamlığına etkilerini daha yakından görebilmek için sonuçların irdelenmesine, karışımların plastometre ve dilatometre verileri ile başlamakta fayda vardır.

ZK'nın maksimal akışkanlık değeri 1080 açısız derece/dakika ve dilatasyon değeri ise %30,3 olarak ölçülmüştür. Maksimal akışkanlık değerinin yüksek, dilatasyon değerinin düşük ölçülmesi, dilatasyon ölçümlerinde ısıtma hızının 3 °C/dakika yerine 1,5 °C/dakika olarak alınması yanında, dilatometrenin yapısal özelliğine de bağlıdır. Dilatasyon eğrisi maksimal değerden sonra kontraksiyon yapıyor gibi tekrar aşağıya doğru inmiştir ve bu durumun akışkanlık kazanan kömürün dilatasyon çubuğu ile dilatasyon kovarı arasına girmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. ZK kömürünün ortalama refleksiyon değeri $R_0 \approx 1,0$ olarak ölçülmüştür (Kemal,1990) ve bu refleksiyon değerine sahip vitrinit grubu maseraller de en fazla inert madde bağlama özelliğine sahiptir (Neavel, 1981).

ZK kömürünün maksimal akışkanlık ve dilatasyon değerlerini en fazla etkileyen numune TK kömürü olmuştur. Bir inert maddenin koklaşan kömürün akışkanlık ve dilatasyon değerlerini daha fazla etkilemesi için, aşağıda sıralanan özelliklerden bir veya birkaçına sahip olması gerekir:

- Özgül yüzey alanının büyük olması,
- Yüzey ıslanma özelliğinin çok iyi olması ve plastik kütlelerin inert madde yüzeyine iyice yayılmasıyla ortamda serbest bitümsü maddenin azalması,
- Kömür koklaşma özelliğini olumsuz yönde etkilemesi.

Soma kömürü üzerinde yapılan özgül yüzey alanı ölçümünden de görüldüğü gibi (Çizelge 8), linyit kömürü özgül yüzey alanı, karbonizasyon sıcaklığı ile artmaktadır, yani TK'nın özgül yüzey alanı, semikok ve kokundan daha küçüktür. O halde, TK'nın akışkanlık ve dilatasyonu TK550 ve TK900'e göre daha fazla etkilemesinde, özgül yüzey alanı etkili değildir.

Aşağıda kısaca özetlenen araştırma sonuçlarına göre, yüzey ıslanabilirliğinin daha yüksek olması,

dolayısıyla plastik kütlelerin TK numunesi yüzeyine daha fazla yayılması ile, akışkanlık ve dilatasyonun daha fazla etkilenmesi durumu da, burada geçerli değildir.

Kemal (1989), linyit kömürünü havada kurutarak ve 200 °C aralıklarla 980 °C'a kadar 5 ayrı sıcaklıkta karbonize ederek plaka halinde numuneler hazırlamış ve bu numuneler üzerine ergime sıcaklığı 74 °C olan zift koyarak ısıtmalı mikroskopta, sıcaklığa bağlı olarak, ziftin numune ile yaptığı temas açılarını ve numune üzerine yayılma sıcaklığını ölçmüştür. Ölçümler sonunda, 900 °C'ın altında elde edilen semikok ve kok numunelerinde, 105 °C civarında ziftin ergiyerek damla şeklini aldığı ve numune ile 140°'lik temas açısı yaptığı ve artan sıcaklıkla temas açısının küçüldüğü ve 160 °C civarında da sıfırlandığı tespit edilmiştir, yani zift numune üzerine tamamen yayılmıştır.⁵ 900 °C veya üzerindeki bir sıcaklıkta karbonize edilen numunelerde ise, ziftin yine 105,°C civarında damla şeklini aldığı ve numune $\theta > 140^\circ$ 'lik temas açısı yaptığı, ancak 220 °C'a kadar 140°'lik temas açısının korunduğu ; ve ondan sonra azalarak 250 °C civarında sıfırlandığı saptanmıştır. Bu durum, linyit kömürü ve semikoklarının yüzey ıslanma özelliğinin aynı seviyelerde olduğunu, ancak 900 °C'ın üzerinde elde edilen linyit koklarında, yüzey ıslanma özelliğinin zayıfladığını göstermektedir. Diğer taraftan, Cengizler(2003), TK kömürü ve kok tozlarına sadece zift ilave ederek yaptığı plastometre ölçümleri ile, TK'nın-yüzey ıslanma özelliğinin semikoklarına göre daha düşük olduğunu tespit etmiştir.

Yapılan, kısa açıklamalar* > akışkanlık ve dilatasyon değerlerinin en fazla TK tarafından etkilenmesinde, özgül yüzey alanı ve yüzey ıslanma özelliği parametrelerinin devre dışı kaldığını göstermektedir. O halde, burada üçüncü parametre olarak verilen "TK'nın kömür koklaşma özelliğini olumsuz yönde etkilemesi" seçeneği etkili parametre olarak kalmaktadır. Koklaşma özelliğinin olumsuz yönde etkilenmesi de, TK'nın çıkardığı karbonizasyon gazlarının ZK'yı oksitlemesinden ileri gelmektedir.

Yukarıda bahsedildiği gibi, plastik kütlelerin inert madde yüzeyine yayılma derecesi de, maksimal akışkanlık ve dilatasyon değerlerini etkilemektedir. Dilatasyon değerlerinin TK550 semikoku tarafından, TK900 kokuna göre biraz daha fazla düşürülmesini, TK550 semikoku yüzey ıslanma özelliğinin, TK900 kokuna göre

daha iyi olması ile izah edebiliriz (Kemal, 1989; Cengizler, 2003). Maksimal akışkanlık değerlerinde, dilatasyon değerlerinin tersine, TK900 kokunun TK550 semikokuna göre daha etkili olması bu açıklamaya ters düşüyor gibi görünse de, plastometre ölçümlerinde karıştırma işlemi ile plastik kütle inert yüzeylere bastırılmakta ve zoraki olarak yüzeye yayılmaktadır. Bu nedenle de yüzey ıslanabilirliğindeki küçük farklılık ölçüme yansımamaktadır.

ZK koklaşan taşkömürüne, TK kömürü, TK550 ve TK900 kok tozları ilave edilerek elde edilen kokların ve yine aynı komponentlerin zift ilavesi ile biriketlenmesi ve biriketlerin koklaştırılması sonucu üretilen formkokların sağlamlık değerleri incelendiğinde, en sağlam kok ve formkokun TK550 semikoku ilaveli karışımlardan elde edildiği tespit edilmiştir. Kok sağlamlığı, reaktif komponentlerin oluşturduğu plastik kütle, inert komponentleri bağlama derecesine, plastik kütle reolojik özellikleri ve plastikleşme esnasındaki gaz çıkış hızına bağlı olarak oluşan kok yapısına ve tekrar katılma sonrasında komponentlerin birbirleri ile uyumlu bir büzülme göstermesine bağlıdır.

Bu tarif çerçevesinde, TK550 semikokunun plastometre ve dilatometre ölçümleri ile tespit edilen ve yukarıda ayrıntılı olarak verilen özellikleri incelendiğinde;

- Karışımda inert oranının artması dışında, ZK'nın koklaşma özelliğini etkilememektedir.
- İyi bir yüzey ıslanma özelliğine sahiptir ve ZK'nın oluşturduğu plastik kütle ile yeterli derecede bağlanabilmektedir.
- ZK'nın plastikleşmesi ve şişmesi evresinde büzülmeyle, iyi bir bağlanmaya zemin yaratmaktadır.
- ZK tekrar katılma sıcaklığından sonra %10 oranında büzülme göstermektedir. TK550 semikoku da %7,3 büzülme oranı ile, ZK'nın büzülme oranına yakın bir büzülme göstermekte ve kütle içinde büzülmeyle ilgili gerilim oluşturmamaktadır.

Sayılan bu hususlar, TK550'nin koklaşan kömüre karıştırmak veya formkok üretiminde kullanmak için uygun özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Ancak burada şu hususu da vurgulamakta fayda vardır. Linyit kokunun mikro sağlamlığı düşük, reaktivitesi ise yüksektir. Bu tür yüksek fırınlar, reaktivitesi düşük ve çok sağlam kok istediklerinden, karışımın koklaşma

kapasitesini ayarlamak için bile olsa, linyit semikoku yerine düşük uçucu maddeli taşkömürü veya metalurjik kok tozu kullanmayı tercih etmektedirler.

TK ve TK900 kok tozu ilave edilerek elde edilen, gerek karışım kok ve gerekse de formkokların düşük sağlamlık göstermeleri, bu numunelerin karışım içinde uyumsuz davranışlarından ileri gelmektedir. TK numunesi, yukarıda da vurgulandığı gibi, ZK'nın koklaşma özelliğini düşürmesi yanında, ZK'nın plastikleşmesi öncesinde ve esnasında büyük oranda (%9,1) büzülerek, kütle içinde boşluklar yaratmakta ve akışkanlığın azalmasına bağlı olarak azalan şişme ve bağlanma mekanizmasını daha da kötüleştirmektedir. TK tane iriliğinin, 2.8 mm'den 0.5 mm altına indirilmesi ile, kok yoğunluğunun artmasını ve ufalanmanın azalmasını da, incelen TK tanelerinin göreceli büzülme miktarlarında meydana gelen küçülme ile, plastik kütle-TK taneleri arasındaki uzaklaşmanın azalmasına bağlamak mümkündür. Diğer taraftan, formkoklarda, ana komponent TK, TK550 veya TK900 olduğu için, bu durum belirgin olarak ortaya çıkmakta ve TK ilave edilen formkoklarda en düşük sağlamlık değerleri ölçülmektedir.

TK900 kok tozunun özelliklerine gelince, bu numunenin yüzey ıslanma özelliği TK550 semikokuna göre düşüktür. Buna bağlı olarak, koklaşan kömürün oluşturduğu ve belirli akışkanlığı olan plastik kütle TK900 tanelerini bağlama derecesi, TK550 tanelerinin bağlanma derecelerinden daha zayıf olarak gerçekleşmektedir. Bağlanma mekanizmasını iyileştirmek için, koklaşan kömür yüzey gerilimi daha düşük plastik kütle, yani daha akışkan plastik kütle oluşturmalıdır.

Diğer taraftan, TK900 numunesinin büzülme özelliği, 900 °C'a kadar yok edilmiş durumdadır. Bu numune ile elde edilen karışım kok ve formkoklarda, ZK kömürü tekrar katılmasından sonra %10 oranında büzülürken, TK900'ün boyutunu koruması, kok içinde büzülme gerilimleri oluşturmaktadır. Şayet kok içindeki komponentlerin kendi mikro sağlamlıkları ve plastik kütle oluşturduğu bağlar çok kuvvetli ise, bu gerilimler kok sağlamlığını fazla etkilememektedir. Ancak, komponentlerden birinin sağlamlığı düşük ise, o komponentte çatlaklar ve dolayısıyla zayıf noktalar meydana gelmektedir. Linyit semikok ve koklarının mikro sağlamlığı düşüktür ve büyük miktarlardaki büzülme - gerilimlerine dayanamayarak

parçalanmaktadır. Yumuşak linyit kok tozu ile yapılan benzer bir çalışmada, formkokun yapısı mikroskop altında incelenmiş ve linyit kokunda çatlaklar ve zayıf noktalar tespit edilmiştir (Kemal, 1974). Karışımın koklaşma kapasitesi düşürülmeden, koklaşan kömüre taşkömürü kok tozu ilave edildiğinde, kok sağlamlığında düşüş olmamasının nedenlerinden biri de, taşkömürü koku mikro sağlamlığının yüksek olmasıdır

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, koklaşan kömüre, değişik özellikte inert madde karıştırıldığında, karışımın koklaşma kapasitesi, plastikleşme ve büzülme özellikleri ile, komponentlerin birbirlerini etkileme durumları ve dolayısıyla da bu karışımlardan elde edilen kokların sağlamlıkları incelenmiştir. Koklaşan kömür olarak, yüksek uçucu madde içeren (%32,7 saf kömürde) Zonguldak taşkömürü (ZK) ve inert madde olarak parlak sert linyit kömürü olan Tunçbilek kömüründen, kurutularak (TK), karbonize edilerek 550 °C'ta (TK550) ve 900 °C'ta (TK900) elde edilen numuneler kullanılmıştır. Araştırma sonunda aşağıda sıralanan hususlar tespit edilmiştir:

- ZK kömürünün maksimal akışkanlık ve dilatasyon değerlerini, en fazla etkileyen numune TK kömürü olmuştur. Bu olgunun, TK'nın çıkardığı karbonizasyon gazlarının ZK'yı oksitleyerek koklaşma özelliğini düşürmesinden kaynaklandığı kanaatine varılmıştır.
- TK550 ve TK900 numunelerinin etkileri birbirlerine yakın olmakla beraber, dilatasyon değeri TK550 ve maksimal akışkanlık değeri ise, TK900 tarafından daha fazla etkilenmiştir. Bu durum ise, TK550 semikoku yüzey ıslanma özelliğinin, TK900 kokuna göre daha iyi olmasından kaynaklanmaktadır. Daha iyi ıslanma özelliği dolayısıyla, plastik kütle TK550 taneleri yüzeyine daha fazla yayılmakta ve ortamdaki serbest miktar azalmaktadır. Maksimal akışkanlık değerlerinde, TK900 kokunun TK550 semikokuna göre daha etkili olması, bu yoruma ters düşüyor gibi görünse de, plastometre ölçümlerinde karıştırma işlemi ile plastik kütle inert yüzeylere bastırılmakta ve zoraki olarak yüzeye yayılmaktadır. Bu nedenle de, yüzey ıslanabilirliğindeki küçük farklılık ölçüme yansımamaktadır.
- ZK koklaşan taşkömürüne, TK kömürü, TK550 ve TK900 kok tozları ilave edilerek elde edilen

kokların ve yine aynı komponentlerin zift ilavesi ile biriketlenmesi ve biriketlerin koklaştırılması sonucu üretilen formkokların sağlamlık değerleri incelendiğinde, en sağlam kok ve formkokun TK550 semikoku ilaveli karışımlardan elde edildiği tespit edilmiştir. İyi bir yüzey ıslanma özelliğine sahip olması ve ZK'nın plastikleşmesi ve şişmesi evresinde büzülmeyerek, şişen plastik kütle ile sıkı temas kurabilmesi ve ZK'nın tekrar katılmasından sonraki evrede ona yakın büzülme oranı ile, kütle içinde büzülmeye bağlı büyük gerilimler oluşturmaması, TK550'nin koklaşan kömüre karıştırmak için uygun özelliklere sahip olduğunu göstermiştir.

- TK numunesi, ZK'nın koklaşma özelliğini düşürmesi yanında, ZK'nın plastikleşmesi öncesinde ve esnasında büyük oranda (% 9,1) büzülerek, kütle içinde boşluklar yarattığı ve akışkanlığın azalmasına bağlı olarak azalan şişme ve bağlanma mekanizmasını daha da zayıflattığı için, TK ilaveli kok ve formkokların sağlamlıkları çok düşük olmuştur.
- TK900 kok tozu kötü yüzey ıslanma özelliği ile, plastik kütle tarafından daha zayıf bağlanabilmektedir. Ayrıca, ZK kömürü tekrar katılmasından sonra %10 oranında büzülürken, TK900 koku 900 °C'ye kadar büzülmeyerek boyutunu korumaktadır. Bu durum, kok içinde büzülme gerilimleri oluşturmakta ve zaten zayıf olan TK900 kokunun bu gerilimlere dayanamayarak kopmasına, dolayısıyla zayıf kok ve formkok oluşmasına neden olmaktadır.
- Linyit kokunun reaktivitesi oldukça yüksektir. Karışımındaki linyit kömürü veya koku oranına ve elde edilen kokta, linyitin taşkömürü tarafından bağlanma ve sarılma durumuna bağlı olarak, linyit karışımı kokun reaktivitesi de artmaktadır.

KAYNAKLAR

Abel O., 1965; "Untersuchungen zum Vergleich des Entgasungs- Schumpf- und Brikettierverhaltens von Braunkohlen", Habilitationsschrift, Bergakademie Clausthal-Technische Hochschule.

Cengizler H., Kemal M., 2003; "Ziftin Kömür Akışkanlığına Etkisi ve Kömür Yüzeyi Islanma Özelliğinin Karbonizasyon Sıcaklığı ile Değişimi", Geosound, 43, (12), 217-230.

De Vries H.A.W., Dormans H.N.M., Bokhoven C., 1967; "Laboratoriumsuntersuchungen über

das Einbindevermögen von Kohlen verschiedenen inkohlungsgrades", Brennstoff-Chemie 48, 289-296.

Firma Arşivi, 1990; "Karabük Demir-Çelik İşletmeleri".

Habermehl D., Orywal F., Beyer H-D., 1981; "Plastic Properties of Coal, Chemistry of Coal Utilization", Edited by M.A. Elliott, John Wiley and Sons, New York.

Jenkner A* Kuhlwein F.L., Hoffmann E., 1934; "Prüfung der Verkokungseignung von Kohlen im Laboratorium", Glückauf 70, 473-481.

Kemal M., ve Diğerleri, 1990; "Demir-Çelik Üretiminde Kok Özellikleri ve Sıvı Demir Üretiminin Optimizasyonu", Araştırma Raporu, İzmir.

Kemal M., Klose W., Yıldırım K.E., 1989; "Einfluss der Schweltemperatur auf das Benetzungsverhalten der Braunkohlenoberfläche", Braunkohle Tagebautechnik, 41, 200-204.

Kemal M., 1974; "Herstellung von Formkoks für Metallurgische Prozesse aus feinkörnigen Schwelkoxen erdiger Braunkohlen", Diss., TU Clausthal.

Neavel R.C., 1981; "Origin, Petrography and Classification of Coal", Chemistry of Coal Utilization, Edited by M.A. Elliott, John Wiley and Sons, New York.

Van Krevelen D.W., 1961; Coal, Amsterdam.