

FARKLI YAPIDAKİ TÜRK KÖMÜRLERİNİN KÖMÜR-SU KARIŞIMLARI TEKNOLOJİSİNDE ATOMİZASYON ÖZELLİKLERİ

Atomization Properties of Turkish Coal Having Different Structures in Coal-Water Slurry
Technology

Feridun BOYLU^(*)
Gündüz ATEŞOK^(**)

ÖZET

Yapılan çalışma kapsamında; Zonguldak bitümlü kömürü, Soma yaribitümlü kömürü ve İstanbul-Yeniköy linyit kömürleri ile hazırlanan kömür-su karışımlarının (KSK) atomizasyon özellikleri incelenmiştir.

Dispersan olarak %0.3 PSS (Sodyum polistiren sülfonat) ve stabilizör olarak da %0.01 CMC (Karboksimetil selüloz) kullanılarak hazırlanan kömür-su karışımlarının atomizasyon testlerinde; kömür cinsi, atomize edici hava basıncı, atomize edici hava miktarı/karışım miktarı ve kömür boyutunun atomizasyon kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Pilot ölçekte yapılan çalışmalar sonucunda; atomize edici hava basıncının, hava/yakıt oranının, kömür tane boyutunun kalitesi üzerinde önemli etkilerinin olduğu saptanmıştır. Kömür-su karışımı besleme miktarının ise, atomizasyon kalitesi üzerinde önemli etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kömür, kömür-su karışımı, yakma, atomizasyon.

ABSTRACT

In this study, atomization properties of coal-water slurries (CWS) prepared with Zonguldak bituminous coal, Soma sub-bituminous coal and İstanbul-Yeniköy brown coal were investigated.

At the atomization tests of coal-water slurries prepared using 0.3% PSS (Sodium Polystyrene Sulphonate) as dispersant and 0.01% CMC (Carboxymethyl Cellulose) as stabilizer, coal type, atomized air pressure, atomized air volume/mixture amount and coal particle size were investigated on atomization quality.

The results of pilot scale experiments showed that the important effects were determined on atomization quality by variation of atomized air pressure, atomized air volume/mixture amount, coal particle size and coal type effect to atomization quality. Although, atomization quality is not effected by feed amount of coal-water mixture.

Keywords: Coal, coal-water slurry, combustion, atomization.

^(*)Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fak., Maden Müh. Bölümü, Maslak, İstanbul, guneyali@itu.edu.tr

^(**)Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, Maslak, İstanbul

1. GİRİŞ

Enerji tüketiminin hızla arttığı günümüz koşullarında, yenilenmeyen bir enerji kaynağı olan linyitlerimizin en iyi şekilde değerlendirilmesi yanı sıra, çeşitli proseslerde oluşan toz kömürünün de değerlendirilmesi gerekmektedir. Kömür tozlarının değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen yöntemler arasında kömür-su karışımları (KSK) teknolojisi de yer almaktadır. Kömür-su karışımı yakıtların kullanılması ile petrole olan bağımlılığın azaltılması hedeflenmektedir.

Günümüzde kömür-su yakıt teknolojisi, çoğunlukla bitümlü kömürlerden yüksek enerjili sıvı yakıt hazırlamak üzere geliştirilmiştir. İçeriği yüksek miktardaki kül, kükürt ve bünye nemi nedeniyle kömür-su yakıt teknolojisinde tercih edilmeyen linyitlerde, özellikle son 10-15 yıl içerisinde ince boyutlu kömürlerin zenginleştirilmesinde geliştirilen teknolojiler sayesinde gündeme gelmiştir.

Kömür-su karışımları ile ilgili ilk çalışmalar, yaklaşık yüzyıl önce, kömür-fuel oil karışımlarının endüstriyel bir yakıt olarak kullanılması ile başlamıştır. İlk temel araştırmalar, I. ve II. Dünya savaşları esnasında yapılmıştır. Akışkanlaştırıcı ortam olarak, başlangıçta, fuel oil kullanılmıştır. Petrol tüketimine olan talebi tamamen ortadan kaldırmak için yapılan çalışmalarda, kömür-su karışımları yakıtında akışkanlaştırıcı ortam olarak su kullanımı gündeme gelmiş ve kömür-su karışımı, 1980 yılından sonra bu konu ile ilgili araştırmaların odak noktasını oluşturmuştur.

Tipik bir kömür-su karışımı %70-75 kömür, %25-30 su ve yaklaşık %1 kimyasal katkı maddesi içermektedir. Kullanılan kömürün tane boyutunun genel olarak %70-80'i 74 mikronun altında olması gerekmektedir. Kömür-su karışımlarının hazırlanması ve yakılması, maliyetlerin yükselmesine neden olmakla birlikte, kararlı, depolanabilir ve taşınabilir olması, yakıcıya besleme kolaylığı, temizliği gibi özellikler yakıt maliyetlerindeki artışı dengeleyebilmektedir. Uygun bir karışım hazırlanması, çeşitli değişkenlerin birlikte göz önüne alınmasını gerektiren karmaşık bir işlemdir. Uygun bir karışım tanımından, maksimum bir kömür yüklenmesi yapılmış, en fazla ağır fuel oilinkine eş değer bir viskoziteye sahip, belirli depolama ve işletme koşullarında sorun yaratmayan (kömür taneciklerinin çökmesi, viskozitedeki ani değişimler gibi) bir karışım anlaşılmaktadır

(NEDO, 1997). Bir KSK için, endüstride beklenen, ancak kesin olmayan hedefler: Brookfield viskozitesinin, 100 rpm'de 1000cp olması ve çalkanma olmaksızın, bir hafta sonunda, alt kısımda oluşan sert birikimin, KSK hacminin %5'inden daha az olmasıdır (Ateşok ve diğ., 2002a-2002b; Boylu ve Ateşok, 1999; Hashimoto, 1999; Laskowski, 1999-2001; Yavuz, 1996).

Karışımların tanımlanmasında ve değerlendirilmesinde etkin olan reoloji (akış özellikleri, viskozite ve stabilite) ve yanma özellikleri büyük ölçüde kömürleşme derecesine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kömür-su karışımlarında, yüksek kömürleşme derecesine sahip kömürlerin kullanımı, gerek karışımların hazırlanması gerekse karışımların ısı değerinin yüksek olması açısından daha uygun görünmektedir. Kömürleşme derecesi yüksek olan kömürlerin, yapılarındaki inorganik madde içeriğinin az olması ve yüksek karbon içeriğinden dolayı, ısı değerleri diğer kömürlere oranla çok daha yüksektir. Bununla birlikte, bu tür kömürlerin nem çekme özellikleri ve poroziteleri kömürleşme derecesi düşük olan kömürlere oranla çok daha az olduğundan, belirli viskozite değerleri için karışım içerisindeki miktarları çok daha fazla olmaktadır (Boylu ve diğ., 2001-2004; Boylu, 2003; Dinçer ve diğ., 2002a-2002b; Zang ve diğ., 1993; Kaji ve diğ., 1985).

Atomizasyon işlemi, kömür-su karışımlarının verimli yakılmasında oldukça önemlidir. KSK yakıtının atomizasyonu ile ilgili çalışmalar, KSK alanında, son yıllarda, üzerinde en çok çalışılan konulardan birisi olmuştur (Tsai ve Viers, 1990; Marcono ve Williams, 1991; NEDO, 1997).

Atomizasyon kalitesinin, tutuşma kararlılığı ile karbonun yanmasını önemli ölçüde etkilediği tesbit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda; karışımdaki kömürün tanecik boyutunun ve dağılımının, kömürün derişiminin, kömür rankının, suyun yüzey geriliminin ve kullanılan katkı maddelerinin atomizasyonu etkilediği saptanmıştır.

Yapılan çalışma kapsamında; Zonguldak bitümlü kömürü, Soma yaribitümlü kömürü ve İstanbul-Yeniköy linyit kömürleri ile hazırlanan kömür-su karışımlarının (KSK) atomizasyon özellikleri incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Deneysel Malzemeler

Farklı Türk kömürlerinin kömür-su karışımları (KSK) teknolojisine uygunluğunun incelendiği araştırma kapsamında, bitümlü, yarı bitümlü ve linyit kömürlerini temsil eden, sırasıyla; ZB (Zonguldak-Armutçuk), SYB (Soma) ve İstanbul-Yeniköy (İSL) kömürleri kullanılmıştır. Bu kömürler üzerinde yapılan standart ve elementel kömür analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Atomizasyon testlerinde kullanılacak olan uygun boyuttaki kömür numuneleri, 30.5 cm çapında ve 30.5 cm uzunluğunda bilyalı değirmen kullanılarak hazırlanmıştır.

Atomizasyon testlerinde kullanılan kömür numuneleri ve bu numunelerle hazırlanan karışımların özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Kömür-su karışımlarının hazırlanmasında ağırlık bazında %0.3 PSS (sodyum polistiren sülfonat-

dispersan) ve %0.01 CMC (Karboksimetil selüloz-stabilizör) kullanılmıştır.

Atomizasyon testlerinde, Pennsylvania Devlet Üniversitesi, Enerji Enstitüsü yakma laboratuvarı bünyesinde bulunan Atomizasyon test düzeneği kullanılmıştır. Atomizasyon Test düzeneği Şekil 1'de verilmiştir.

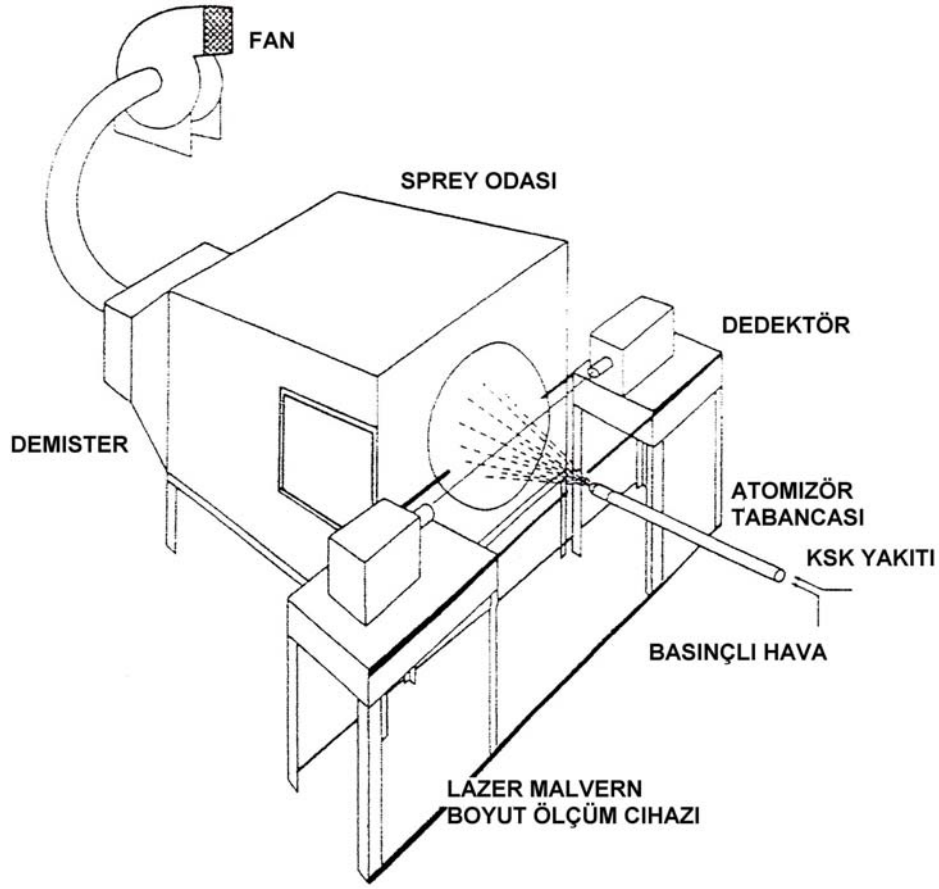
Atomizasyon test düzeneği; karışımların depolandığı, ısıtma düzenekli 12 lt hacimli bekletme kabı, karışımların bekletme kabından atomizasyona nakledildiği 5.45–54.5 litre/saat kapasiteli Moyno Çamur Pompası, karışımların atomize edildiği atomizör tabancası, Delevan marka içten karışmalı (karışım ve onu atomize eden hava nozle içerisinde karışıyor) nozle ve atomizasyonun yapıldığı atomizasyon odacığından ibarettir. Atomizasyon test düzeneğinde, atomizasyon edici hava basıncı ve hava akış miktarı, karışım besleme hızları, karışım sıcaklığı kontrolü ilgili yardımcı ekipmanlarla yapılmakta ve atomizasyon test düzeneği kontrol paneline kurulu bilgisayar donanımı ile desteklenmektedir.

Çizelge 1. ZB, SYB ve İSL kömürleri analiz sonuçları (Kuru Baza Göre)

	ÖZELLİKLER	ZB	SYB	İSL
Standart	Nem, %	1,20	18,42	35,50
	Kül, %	12,61	15,31	40,36
	Uçucu Madde, %	30,33	42,37	43,60
	Sabit Karbon, %	57,06	42,32	16,04
	Toplam Sülfür, %	0,61	0,69	1,20
	Üst Kalorifik Değer, Kcal/kg	7086	4608	3677
Elementel	C, %	74,86	60,78	58,10
	N, %	1,08	1,09	0,87
	O, %	6,21	17,83	16,91
	H, %	4,63	4,30	4,8
	Porozite, %	9.7	11.8	18.3

Çizelge 2. Atomizasyon testlerinde kullanılan karışımların özellikleri

NUMUNE	BOYUT D50 mikron	PKO %	VİSKOZİTE MPa.s	BESLEME ORANI Kg/dak:	TOPLAM KALORİFİK DEĞER Kcal/saat
ZB 1	23,95	65,78	600	18,80	193000
ZB 2	20,85	63,98	605	19,32	193000
ZB 3	16,36	63,11	605	19.59	193000
SYB	24,12	60,70	580	31,55	193000
İSL	24,29	58,81	580	40,51	193000



Şekil 1. Atomizasyon Test Düzeneği

Atomizasyon sırasında oluşan spray paternindeki damlacık boyut dağılımları, atomizasyon test düzeneğine yerleştirilmiş olan, laser okumalı, Malvern Particle Size Analyser cihazı kullanılarak saptanmıştır. Malvern parça boyut ölçme cihazı, ışık gönderici ve ışık alıcı iki bölümden oluşmaktadır. Boyutu ölçülmek istenen karışım bu iki bölüm arasına yerleştirilmiş olan kısımdan geçer ve ışık gönderici tarafından gelen laser ışını, karışım içerisindeki tane boyutuna bağlı olarak yansır ve ışın alıcısı tarafından algılanır. Laser ışınında görülen yansıma açısına göre tane boyutu belirlenir.

2.2. Atomizasyon Ölçüm Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

Atomizasyon testlerinde;

- Kömür cinsi
- Atomize edici hava basıncı (1.4-2.8-4.2-5.6-7.0 kg/cm²)

- A/F (Atomize edici hava miktarı / karışım miktarı)

parametrelerinin karışımların atomizasyon kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Atomizasyon çalışmalarında;

- Kömür boyutları (24 mikron, d_{50})
- Viskoziteleri (580-600 mPa.s)

sabit tutulmuş, Pülp te katı oranları ve atomizöre besleme oranları ise belirli bir yakma oranı için sabit tutularak (193.000 Kcal/saat) ayarlanmıştır. Karışımların atomizasyonundan önce her bir karışım numunesi için hesaplanmış olan karışım besleme oranlarında su atomizasyonu yapılmış ve yapılan su atomizasyonu sonuçları baz olarak alınmıştır. Atomizasyon sırasında oluşan spray paterni içerisindeki damlacık boyutları Malvern particle size analyser cihazı kullanılarak saptanmış ve atomizasyon sonuçları atomize

edici hava basıncı-A/F-damlacık boyutları baz alınarak değerlendirilmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

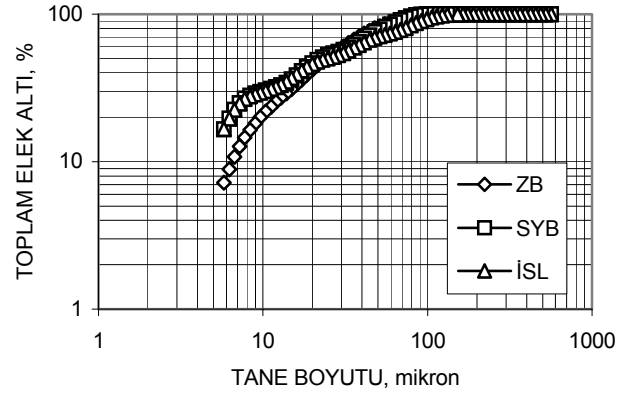
Kömür-su karışımlarının yakılmasında, en önemli etkenlerden biri, karışımların yakıcı içerisine uygun atomizasyonudur. Atomizasyon sonucu oluşan sprey içerisindeki damlacıkların boyutu, karbon yanmasını dolayısıyla yanma etkinliğini direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle, atomizasyon sonucu oluşan sprey içerisindeki damlacık boyutunun inceliği *atomizasyon kalitesini* belirleyen en önemli unsurdur.

Atomizasyon testlerinde, 3 farklı kömür numunesi olan ZB, SYB ve İSL kömür numuneleri ile hazırlanan karışımlar, aynı deneysel çalışma şartları altında test edilmiştir. Bu amaçla, atomizasyon testlerinde kullanılacak olan karışımların besleme oranları; yakıcının (Down-fired Coal combustor) yakma oranı (166.000-220.000 Kcal/saat), kullanılacak olan kömürlerin kalorifik değerleri ve karışım içindeki PKO'ları (belirli bir viskozite ve boyut için) baz alınarak hesaplanmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan kömür-su karışımlarının atomizasyon kalitelerinin karşılaştırılması için, kömür tane boyutları (d_{50} : 24 mikron) ve viskozite değerleri(600 mPa.s) sabit olarak alınmıştır.

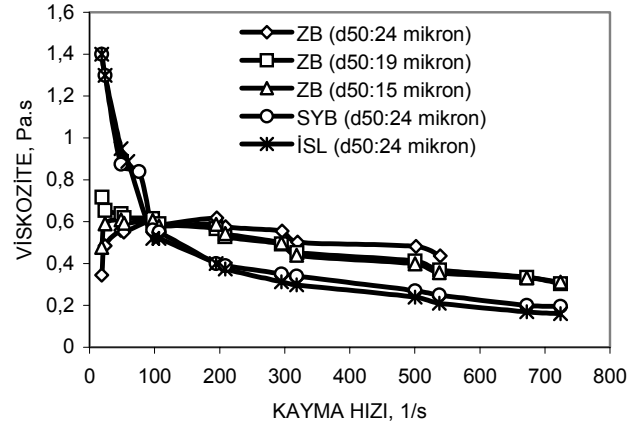
Ayrıca, sadece ZB kömürü ile, farklı d_{50} boyutlarında (d_{50} : 24, 19 ve 15 mikron) atomizasyon testleri gerçekleştirilmiş ve kömür tane boyutu değişiminin atomizasyon kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Besleme miktarları, sabit viskozite değeri (600 mPa.s) ve yakma oranına (193.000 Kcal/saat) karşılık gelen PKO ve kalorifik değerler baz alınarak hesaplanmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan kömür numunelerinin boyut dağılımları Şekil 2, Viskoziteleri Şekil 3 ve reolojik davranışları ise Şekil 4'te verilmiştir.

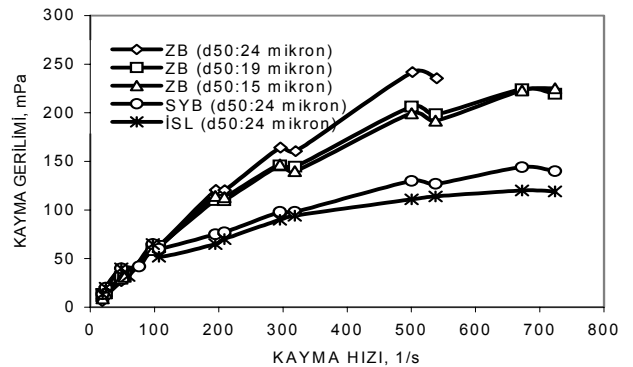
Şekil 2'de izleneceği üzere, atomizasyon testlerinde kullanılan ZB, SYB ve İSL kömür-su karışımları içerisindeki d_{50} kömür boyutlarının 24 mikron civarında olduğu ve tane boyut dağılımlarının birbirlerine göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Karışımların atomizasyonlarında gözlemlenen farklılığın genel olarak karışımların yüksek kayma hızlarındaki viskozitelerinin değişiminden kaynaklandığı bundan önce yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Bu sebeple,



Şekil 2. Atomizasyon testlerinde kullanılan karışımların boyut dağılımları



Şekil 3. Atomizasyon testlerinde kullanılan karışımların farklı kayma hızlarında saptanan viskoziteleri

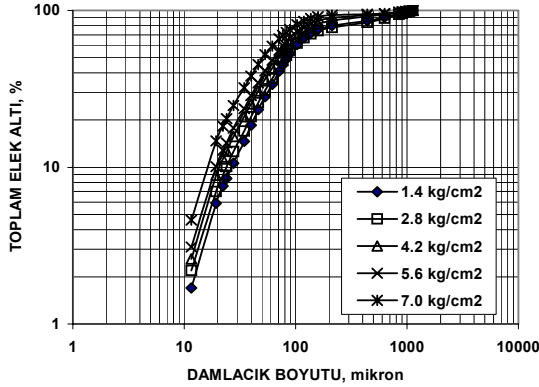


Şekil 4. Atomizasyon testlerinde kullanılan karışımların reolojik davranışları

deneySEL çalışmalarda kullanılan karışımların viskoziteleri ve reolojileri ölçülmüş ve Şekil 3-4'te verilmiştir. Şekil 3 ve 4'ten izleneceği gibi, karışımların görünür viskozitelerinin 600 mPa.s civarında olduğu ve karışımların genel olarak psödoplastik akış davranış gösterdiklerini tespit edilmiştir. Dolayısıyla, aynı d_{50} boyutuna getirilerek hazırlanmış karışımların, viskoziteleri ve reolojik özellikleri de benzer tutulmuş ve sabit deneysel çalışma şartları oluşturulmuştur.

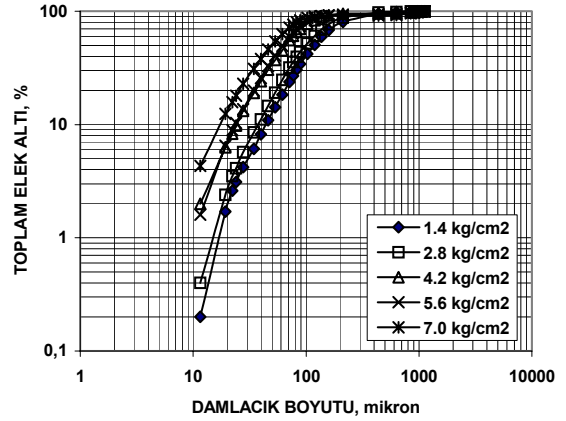
3.1. Atomize Edici Hava Basıncının (AEHB) Karışımların Atomizasyon Kalitesi Üzerindeki Etkisi

ZB, SYB ve İSL kömürleri ile hazırlanmış karışımların atomizasyon çalışmalarında ilk olarak Atomize Edici Hava Basıncının (AEHB) etkisi incelenmiştir. AEHB 1.4-7.0 kg/cm² arasında değiştirilerek AEHB'nın sprey damlacık boyut dağılımina etkisi incelenmiş ve sonuçlar üç kömür cinsi açısından sırasıyla Şekil 5, 6 ve 7'de verilmiştir.

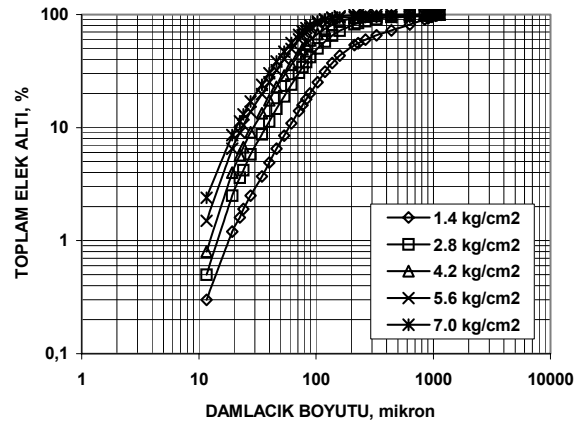


Şekil 5. AEHB'nın ZB kömürü ile hazırlanmış karışımların atomizasyonu üzerindeki etkisi

Şekil 5, 6 ve 7 incelendiğinde; genel olarak her üç kömür numunesi ile hazırlanmış karışımların atomizasyonunda; atomize edici hava basıncı arttıkça atomizasyon sonucu elde edilen sprey damlacık boyutlarının küçüldüğu ve atomizasyon kalitesinin arttığı görülmektedir. Atomize edici hava basıncının 1.4 kg/cm²'den 7.0 kg/cm²'ye artırılması ile, ZB, SYB ve İSL kömürleri ile hazırlanmış karışımların atomizasyon sonucu elde edilen sprey damlacık boyutları sırasıyla 100 mikrondan 50 mikrona, 150 mikrondan 50 mikrona ve 200 mikrondan 50 mikrona düştüğu saptanmıştır. Her üç kömür-su karışımı için, en



Şekil 6. AEHB'nın, SYB kömürü ile hazırlanmış karışımların atomizasyonu üzerindeki etkisi



Şekil 7. AEHB'nın, İSL kömürü ile hazırlanmış karışımların atomizasyonu üzerindeki etkisi

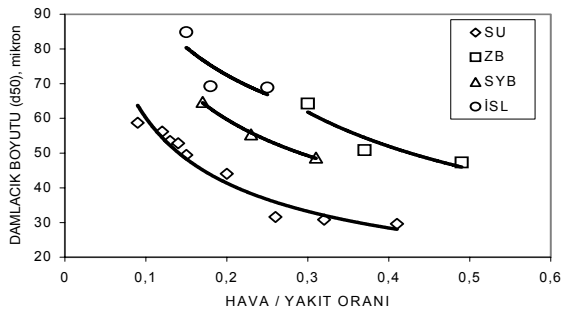
uygun atomizasyon koşullarının elde edildiği AEHB olan 7.0 kg/cm² değeri baz olarak kabul edilmiş ve bundan sonraki aşamalarda incelenecek olan parametrelerde bu değer sabit değer olarak alınmıştır.

Ayrıca yapılan elek analizleri ile ön atomizasyon çalışmalarından, atomizasyon sırasında, karışımların hazırlanmasında kullanılan orijinal kömür boyutunun (pülverize kömür) atomizasyon sırasında genel olarak 2-4 kat arttığı tespit edilmiştir.

3.2. Hava/Yakıt Oranının Karışımların Atomizasyon Kalitesi Üzerindeki Etkisi

Kömür-su karışımlarının atomizasyonunda, gerçekteştirilen atomizasyonun kalitesine ait

yorumlar genellikle hava/yakıt oranı baz alınarak değerlendirilmektedir. Karışımlar atomize edilirken, atomizasyon silahına beslenen karışım ve karışımı atomize edecek olan hava miktarı karışımların atomizasyonunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sebeple ZB, SYB ve İSL kömür-su karışımlarının atomizasyonunda, hava/yakıt oranının atomizasyon üzerindeki etkileri her üç kömür için incelenmiş ve sonuçlar Şekil 8'de d_{50} boyutları açısından değerlendirilmiştir.



Şekil 8. Farklı hava/yakıt oranlarında elde edilen spray damlacık boyutları (d_{50}) (AEHB: 7.0 kg/cm²)

Şekil 8 incelendiğinde, hava /yakıt oranına bağlı olarak spray içerisindeki damlacık boyutunun ve atomizasyon kalitesinin değiştiği gözlenmektedir. Hava/yakıt oranının artışı nedeniyle, birim miktarda karışımı atomize eden hava miktarının artışı ile daha ince boyutlu damlacık boyutlarına, dolayısıyla daha iyi atomizasyon şartlarına ulaşılmaktadır. Ancak, karışımların atomize edilmesi için aşırı miktarda atomize edici hava kullanılması daha sonraki yakma prosesini, NOx emisyonları açısından muhtemelen olumsuz etkileyecektir.

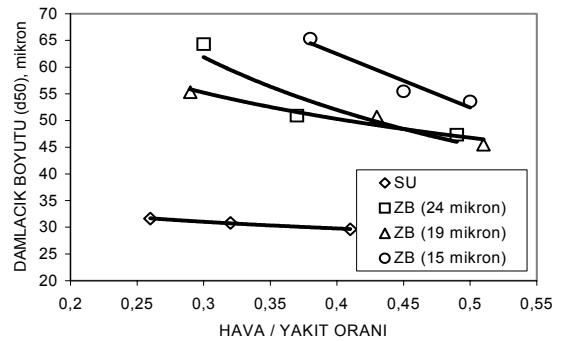
Kömür cinsinin atomizasyona olan etkisi üzerinde yapılacak olan yorumlar tamamıyla karışımların hidrofobitesi ve dolayısıyla reolojik özellikleri ile ilgili olmaktadır. Yüksek oranda hidrofob olan kömürlerin plastik özelliği fazla olup, bu tür kömürlerle hazırlanan karışımların atomizasyonu zor olmaktadır. Nitekim Şekil 8'den görülebileceği üzere; aynı d_{50} boyutuna sahip olan kömürler içerisinde SYB kömürü ve ZB (Hidrofob) kömürü ile hazırlanmış karışımların atomizasyonunda en uygun şartlarda hemen hemen aynı spray damlacık boyutu elde edilmiştir. Ancak, ZB kömürü ile hazırlanan karışımların uygun atomizasyonu için yüksek

hava/yakıt oranı gerekmektedir. İSL kömürü ile hazırlanan karışımların atomizasyon kalitesindeki değişim ise tamamen bu kömürün tane şekli ile ilgili olmaktadır. ZB ve SYB kömürlerinin küresellik oranı İSL kömürüne göre yüksektir. İSL kömürünün boyut küçültme esnasında tabakamsı tane şekilleri vermesi, bu tür kömürlerle hazırlanan karışımların atomizasyonunda diğer karışımlara göre daha yüksek (iri) spray damlacık boyutlarına ulaşılmasına sebep olmuştur.

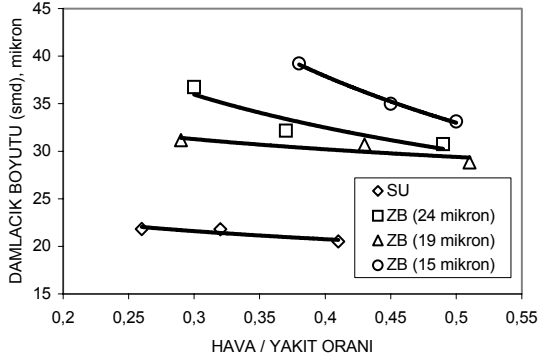
Aynı zamanda, tabakamsı iki tanenin arasında bulunan az miktarda sıvının yarattığı kapiler kuvvet, atomizasyon sırasında karışım içerisindeki taneciklerin spreyleneşmesini ve dağıtılmasını zorlaştırmaktadır.

3.3. Karışım İçerisindeki Kömür Tane Boyutunun Karışımları Atomizasyon Kalitesi Üzerindeki Etkisi

Atomizasyon kalitesi tamamıyla atomizasyon sonucu oluşan spray içerisindeki damlacık boyutunun inceliği ile ilgilidir. Bu nedenle karışım içerisindeki kömür taneciklerinin boyutunun küçültülmesiyle daha ince atomizasyon koşullarına ulaşılabilir. Bu amaçla sadece ZB kömürü ile farklı boyutlara (d_{50} : 24, 19 ve 15 mikron) getirilmiş kömürlerle hazırlanan karışımlar üzerinde atomizasyon çalışmaları yapılmış ve kömür tane boyutunun atomizasyon kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışma sonuçları (AEHB: 7.0 kg/cm²) gerek d_{50} , gerekse d_{32} boyutu için Şekil 9 ve 10'da verilmiştir.



Şekil 9. Farklı d_{50} boyutlarındaki ZB kömürü ile hazırlanan karışımlar için hava/yakıt oranındaki değişimin atomizasyon üzerindeki etkisi

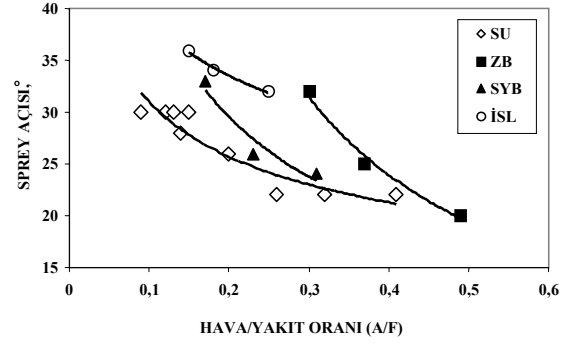


Şekil 10. Farklı d_{32} (smd) boyutlarındaki ZB kömürü ile hazırlanan karışımlar için hava/yakıt oranındaki değişimin atomizasyon üzerindeki etkisi

Şekil 9 ve 10 incelendiğinde, karışım içerisindeki kömür tane boyutunun küçülmesi ile daha iyi atomizasyon şartlarına ulaşıldığı görülmektedir. Ancak, çok küçük boyutlu (ultrafine) kömürlerle hazırlanan karışımların uygun atomizasyonu mümkün olmamaktadır. Boyut küçüldükçe artan özgül yüzey alanı ve yüzey enerjisi taneler arasındaki çekim kuvvetlerini artırarak tanelerin aglomerasyonuna sebep olmakta ve atomizasyon ile oluşan aglomeratlar yeterli derecede dağıtılamamaktadır.

3.4. Sprey Açısı Ölçümleri

Etkin yanma açısından karışımların tamamıyla yakma ortamı içerisine atomize edilmesi gerekmektedir. Karışımların atomizasyonu sırasında oluşan sprej paterni açısı, atomizasyon sırasında karışımların yakıcı duvarlarına çarpması ihtimali yönünden önemli olmaktadır. Genellikle, yakıcı dizaynına uygun sprej açısı veren atomizörler seçilmektedir. Yakıcı dizaynına uygun olarak seçilmeyen büyük açılı sprejler oluşturan atomizörler, karışımları geniş açılı sprejleyerek karışımın bir kısmını yakıcı duvarlarına püskürtür. Yanma ortamı dışında kalan karışımların etkin yanması ise mümkün olmamaktadır. Ancak sprej açısı atomizörün yapısal özellikleri dışında, kullanılan karışımların özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple, AEHB ve karışım besleme hızlarının incelendiği atomizasyon çalışmalarında oluşan sprej paternlerinin sabit uzaklık ve açıdan dijital kamera vasıtasıyla resimleri çekilerek sprej açıları ölçülmüş ve Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11 Sabit şartlarda (d_{50} : 24 mikron, AEHB: 7.0 kg/cm²) gerçekleştirilen atomizasyon çalışmalarında, kömürleşme derecesine bağlı olarak elde edilen sprej açıları

Şekil 11 incelendiğinde, yapısal özelliklerinden dolayı, suyun sprejlenmesinde en küçük sprej açıları elde edilmiştir. Genel olarak Kömürleşme derecesine bağlı olarak, karışımların atomizasyonu sonucu elde edilen sprej açılarının değiştiği saptanmıştır. Kömürleşme derecesine bağlı olarak değişen kömür yapısı, tane boyut dağılımı ve şekli, karışımların atomizasyonu sonucu elde edilen sprej açılarını önemli derecede etkilemektedir. Genel olarak, genç kömür-su karışımlarının atomizasyonunda daha düşük sprej açılarına ulaşıldığı saptanmıştır; 7.0 kg/cm²AEHB'nda, 0.3 Hava/yakıt oranı için, ZB kömür-su karışımı ile 33 derecelik sprej açısı aynı şartlarda SYB kömür-su karışımı için 25 derece olarak ölçülmüştür.

Ancak, özellikle tane şekil faktörü ve küresellik oranının atomizasyon sonucu elde edilen sprej açıları üzerinde büyük etkileri olduğu, özellikle küresel olan tanelere sahip kömürlerle hazırlanan karışımların atomizasyonunda daha düşük açılı sprejlerin elde edilebildiği yapılan deneysel çalışmalar sonucunda saptanmıştır. İSL, boyut küçültme işlemleri sonrasında asiküler (iğne şekilli) ve lata şekilli taneler vermektedir. Bu sebeple, İSL kömürü genç kömür olmasına karşın, bu kömürlerle hazırlanan karışımların atomizasyonunda, ZB ve İSL kömürlerine nazaran daha geniş açılı sprejler elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR

- ZB, SYB ve İSL kömürleri üzerinde yapılan atomizasyon testlerinde, karışım besleme miktarının, atomizasyon sonucu oluşan sprej

içerisindeki damlacık boyutu üzerindeki etkisinin incelendiği deneysel çalışmalar sonucunda, karışım besleme miktarının atomizasyon kalitesi (sprey damlacık boyutunun inceliği) üzerinde önemli etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

- Atomize edici hava basıncının, atomizasyon kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği atomizasyon deneylerinde ise, atomize edici hava basıncının atomizasyon kalitesi üzerinde önemli etkisinin olduğu tespit edilmiş; atomize edici hava basıncının 20 psi'den 100 psi'ye çıkarılması ile, ZB kömürü için sprej damlacık boyutu (d_{90}) 100 mikrondan 50 mikrona, SYB kömürü için sprej damlacık boyutu (d_{90}) 150 mikrondan 50 mikrona ve İSL kömürü için sprej damlacık boyutu (d_{90}) 200 mikrondan 50 mikrona düşmüştür.
- Hava/yakıt oranının atomizasyon kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği deneyler sonucunda, hava/yakıt oranı arttıkça atomizasyon kalitesinin arttığı tespit edilmiştir.
- ZB kömürü ile hazırlanmış karışımlar ile gerçekleştirilen, karışım içerisindeki kömür tane boyutunun karışımların atomizasyonu üzerindeki etkisinin incelendiği atomizasyon testleri sonucunda, karışım içerisindeki kömür tanecik boyutu küçüldükçe atomizasyon kalitesinin arttığı ve daha ince damlacık boyutlu sprejler elde edildiği saptanmıştır.
- ZB, SYB ve İSL kömür-su karışımlarının atomizasyonu sırasında ölçülen sprej açılarının değerlendirilmesi sonucunda, karışım içerisindeki kömürlerin kömürleşme derecesine bağlı olarak (tane şekli ve özgül ağırlık), sprej açısının değiştiği tespit edilmiştir. Belirli bir hava/yakıt oranında gerçekleştirilen atomizasyon çalışmaları ölçülen sprej açıları kömürleşme derecesi düşük olan kömürlerde daha düşük olarak ölçülmüştür. Kömürleşme derecesi yüksek olan kömürlerin (ZB) plastik özelliğinden dolayı, düşük hava/yakıt oranlarında uygun olmayan atomizasyonu, çok daha yüksek sprej açıları vermiştir.

5. KAYNAKLAR

Allen, J. W, Rennie, A. G. & Welbourne, M. C., 1985. Atomization of coal water mixtures, *Proceedings of 7th Int. Symp. On Coal Slurry*

Fuels preparation and Utilization, Louisiana, USA, May, 392-391.

Ateşok, G., Boylu, F., Sirkeci, A. A. & Dinçer, H., 2002, The effect of coal properties of coal-water slurries, *Fuel*, **81**, 1855-1858.

Ateşok, G., Boylu, F., Sirkeci, A. A., 2002. Rheological behaviour of low rank turkish coal-water slurries, *Proceedings of IXth Int. Mineral Processing Symp.*, Kapodakya, Türkiye, 208-210.

Boylu, F. & Ateşok, G., 1999. Çevre dostu yeni bir enerji hammaddesi: kömür-su karışımları, *Türkiye'de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Teknolojileri Sempozyumu*, 21-22 Ekim, Ankara, 154-161.

Boylu, F. & Ateşok, G., Acarkan, N. & Koçak, E., 2001. Determining properties of some turkish lignites for the coal water slurry technology, *Proceedings of The 9th Balkan Mineral Processing Congress*, İstanbul, Türkiye, 395-400.

Boylu, F., Dinçer, H. & Ateşok, G., 2004. Effect of coal particle size distribution, volume fraction and rank on the rheology of coal-water slurries, *Fuel Processing Technology*, **85**, March, 241-250.

Boylu, F., 2003. Kömür-su karışımları teknolojisi ve bu teknolojinin Türk kömürlerine uygulanabilirliği, Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü

Dinçer, H., Boylu, F. & Ateşok, G., 2002a. Stabilization of coal water slurries and its standartization, *Proceedings of 19th Int. Pittsburgh Coal Conference*, Pittsburgh-USA. ISBN I-890977-19-5.

Dinçer, H., Boylu, F., Sirkeci, A. A. & Ateşok, G., 2002b. The effect of chemicals on the viscosity and stability of coal-water slurries", *Int. Journal Of Mineral Processing*, **70**, 41-51.

Hamieh, T., Siffert, B., 1993. Rheological properties of coal-water highly concentrated suspensions, *Proceedings of the 18th Int. Technical Conference on Coal Utilization and Fuel systems*, Clearwater, Florida, USA, 809-820.

Hashimoto, N., 1999. CWM: Its Past, Present and Future, *Coal Preparation*, 21.

Kaji, R., Muranaka, Y., Oztuka, K. & Hishinuma, Y., 1985. Effect of ions on the rheology of CWM, *Proceedings of 7th Int. Symp. On Coal Slurry Fuels preparation and Utilization*, May, Louisiana, USA, 16-23.

Laskowski, J. S., 1999. Does it matter how coals are cleaned for CWS", *Coal Preparation*, 21, 105-123.

Laskowski, J. S., 2001. *Coal Flotation and Fine Coal Utilization*, published by Elsevier.

NEDO (New energy and Industrial Technology Development Organization), 1997. CWM in Japan, International Cooperation Project for Coal Utilization Technology, March.

Yavuz, R., 1996. Linyit-su karışımlarının incelenmesi, *Doktora tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

Zang, Z., Zhang, L., Fu, X., & Jiang, L., 1993. Additive for coal-water slurry made from weak slurriability Coal, *18th Int. Tech. Conference on Coal Utilization & Fuel Systems*, Florida, USA, 61-367.