

Kömür-su karışımlarının stabilizasyonunda, Karboksimetil Selüloz'un (CMC-Na) etkisi

Feridun BOYLU*, **Gündüz ATEŞOK**

İTÜ Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Bu çalışmada, kömür-su karışımlarının hazırlanmasında, stabilizör madde olarak kullanılan CMC'nin (Carboxymethyl Cellulose), farklı kömürleşme derecesine sahip kömürlerle hazırlanan karışımların stabilizasyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmalarda, Soma ve İstanbul linyit kömürleri ve orta uçuculu, bitümlü Zonguldak kömürü (termal kod No. 434) kullanılmıştır. Farklı kömürleşme derecesine sahip Türk kömürleri ile değişik CMC-Na konsantrasyonlarda karışımlar hazırlanmış ve karışım stabilite, penetrasyon deneyleri gerçekleştirilerek saptanmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda, anyonik karakterli polimer olan CMC'nin, kömürleşme derecesi yüksek olan kömürlerle hazırlanan karışımların stabilizasyonunda daha etkili olduğu, linyit kömürleri ile hazırlanan karışımların stabilizasyon özelliğini ise değiştirmedeği saptanmıştır. Bununla birlikte, kömürleşme derecesi nispeten düşük olan kömürlerde bulunan inorganik maddenin, hidrofilik yapısından dolayı stabilizasyon üzerinde olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kömür-su karışımları, sedimantasyon, stabilize, kömür cinsi.

The effect of CMC-Na on the stability of coal-water slurries

Abstract

Coal-water slurries (CWS) has been investigating as an alternative fuel to petroleum. In coal-water slurry technology, the rheological and stability properties of slurries has been trying to be fixed equal to petroleum. For the rheology of the slurries, the viscosities of the slurries under 1000 mPa.s and the stability of 21 days are found to be suitable for its transportation and storage processes. To control the rheology and stability of slurries, generally some chemicals such as dispersants (viscosity decreasing agent) and stabilizers (chemicals or natural minerals such as attapulgite) are used. However, the chemicals and their effects on stability of the slurries may change depending on coal type and coal properties. In this study, the effect of carboxymethyl cellulose (CMC) used as stabilizer in the preparation of coal-water slurries on the stability has been investigated. Experiments have been carried out on the coal samples which different in rank. Besides two different Turkish Lignites (Soma and İstanbul) also a bituminous coal (Thermal Code No. 434) of Turkish origin (Zonguldak) with medium volatile matter has been used. The results of the experiments showed that polymeric anionic CMC agent has much greater effect on the stability of CWS prepared from bituminous coal. Also, we found that inorganic mineral matters were able to be used as a stabilizer for preventing the sedimentation and separation of CWS.

Keywords: Coal-water slurries, sedimentation, stability, coal rank.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Feridun BOYLU. boylu@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 68 86.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Maden Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Kömür-su karışımları teknolojisi ve bu teknolojinin Türk kömürlerine uygulanabilirliği" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 08.12.2003 tarihinde dergiye ulaşmış, 14.01.2004 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.06.2004 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Kömür-su karışımları (KSK), ince boyutlu kömür ve sudan meydana gelmiş ve yüksek oranda kömür içeren süspansiyonlardır. Tipik bir KSK, yapısında % 50-75 kömür, % 25-49 su ve % 1 kimyasal katkı maddesi içermektedir. Uygun kömür-su karışımları tanımından, maksimum kömür yüklemesi yapılmış, en fazla fuel oilin viskozitesine eşdeğer bir viskoziteye sahip, belirli depolama ve nakil koşullarında sorun yaratmayan karışımlar anlaşılmaktadır (Yavuz, 1996).

Kömür-su karışımlarının hazırlanmasında, karışım viskozitesi ve stabilitesi, karışımların reolojisi üzerinde belirleyici özelliklerdir. Karışımlar hazırlanırken, viskozitelerinin 1000 mPa.s değerine eşit ya da daha az olması ve stabilitelerinin 21 gün civarında olması istenmektedir. 21 gün depolama süresi sonunda, karışımlarda görülen çökeltinin hacimce % 20 ya da daha az olması arzu edilen bir özelliktir (Çelik vd., 1993; Morrison vd., 1993; NEDO, 1997; Boylu ve Ateşok, 2000;).

Karışımların stabilitesi, yani çökmeden uzun süre homojen halde kalması; karışım içerisindeki kömür taneciklerinin dispersiyonu, kömür tane boyutu ve dağılımı, kullanılan kimyasal katkı maddesi ve miktarı gibi bir çok değişkene bağlı olarak farklılık göstermektedir. Ancak bu faktörlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin net bir şekilde açıklanması mümkün olmamakla birlikte, bu faktörlerin, karışım reolojisi ile korelasyonu yapılabilmektedir (Yavuz, 1996; NEDO, 1997; Dinçer vd., 2003).

Kömürleşme derecesine bağlı olarak, kömür-su karışımlarının reolojisi üzerinde, geçmişte yapılmış bir çok araştırma mevcuttur. Kaji ve diğerleri (1983), 15 farklı kömür numunesi üzerinde karışım hazırlama çalışmaları yapmışlar ve kömür yapısındaki O/C atomik oranı, denge nemi ve kömür yükleme oranlarının, karışım reolojisinde belirleyici özellikler olduğunu vurgulamışlardır. Diğer bir çalışmada, düşük kömürleşme derecesine sahip kömürlerin, kimyasal ilavesine gerek göstermeden, kabul edilebilir viskozite-kömür yükleme oranlarını sağladıkları saptanmıştır (Wang vd., 1993). Grimanis ve Breault (1992) ise, düşük kömürleşme derecesine sahip kömür-

lerle daha stabil karışımlar elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Pawlik vd., 1997, karışım viskozitelerinin düşürülmesinde kullanılan kimyasal katkı maddelerinin genel özelliklerini açıklamışlar ve kömür yüzeylerini hidrofil yapmak için kullanılan kimyasal maddeler içinde en uygun olanlarının non-iyonik ve anyonik özellikli olan kimyasal katkı maddeleri olduğunu belirtmişlerdir. Ancak noniyonik karakterdeki kimyasal katkı maddeleri karışım stabilizasyonuna olumlu cevap verirken, anyonik kimyasallar stabilitenin yanı sıra, kömür yüzeylerinin negativitesini arttırarak karışımları disperse etmekte ve bu şekilde gerek elektrostatik gerekse sterik stabilizasyonun oluşmasına olanak sağlamaktadırlar. Geçmişte, karışım viskozitesinin ve stabilitesinin sağlanması için; yüzey aktif maddeler, ko-polimerler ve polimerler kullanılmış ve bunların içinde en uygun olanının polimer yapısındaki kimyasal katkı maddeleri olduğu belirtilmiştir (Dinçer vd., 2003). Polimerik yapıda olan kimyasal maddeler daha önce belirtilen, elektrostatik ve sterik stabilizasyonun sağlanmasında diğer kimyasal katkı maddelerine göre daha etkili olmaktadır.

Bu çalışmada anyonik özellikli polimer olan CMC-Na (Carboxymethyl Cellulose, sodyum tuzu) kullanılmış ve CMC-Na'un farklı kömürleşme derecesine sahip kömürlerle hazırlanan karışımların stabilizasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Deneysel çalışmalar

Malzeme ve yöntem

Bu çalışmada, kömürleşme derecesi birbirinden farklı olan Türk kömürlerini temsil eden; Zonguldak-Armutçuk bitümlü, Soma yarı bitümlü ve İstanbul-Yeniköy linyit numuneleri kullanılmıştır. Kullanılan kömür numunelerinin elementel ve standart analizleri Tablo 1'de boyut dağılımları ise Tablo 2'de verilmiştir.

Karışımların hazırlanmasında stabilizör madde olarak, suda çözünebilir yapıda olan CMC-Na kullanılmıştır. Kullanılan stabilizörün kimyasal yapısı Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'den izleneceği üzere CMC-Na, anyonik özelliği olan bir polimer olup molekül ağırlığı 8.104 tür.

Tablo 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kömür numunelerinin standart ve elementel analizleri

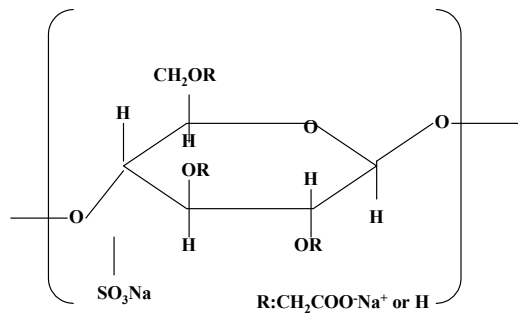
İçerik		Kömür tipi		
		Zonguldak (bitümlü)	Soma (yarı bitümlü)	İstanbul (linyit)
Standart Analiz	Kül, %	12.61	15.31	40.10
	Toplam sülfür, %	0.61	0.69	1.20
	Uçucu madde, %	30.33	42.37	43.60
	Sabit karbon, %	57.06	42.32	16.30
	Toplam nem, %	1.20	18.42	35.50
Elementel analiz	Üst ısı değer, Kcal/kg	7086	4608	3677
	C, %	74.86	60.78	60.29
	H, %	4.63	4.30	4.80
	O, %	6.21	17.83	16.91
	N, %	1.08	1.09	0.87
	S, %	0.60	0.72	1.21
	Piritik sülfür, %	0.33	0.36	0.58
	Oksidasyon derecesi*	0.0054	0.0315	0.0294
O/C	0.083	0.29	0.28	

*Oksidasyon derecesi: $(\%O + \%N + \%S - \%H) / (8X\%C)$

Tablo 2. Deneysel çalışmalarda kullanılan kömür numunelerinin boyut dağılımları

Kömür Tipi	Tane Boyut Dağılımı, mikron		
	D(v, 0.9) ^a	D(v, 0.5) ^b	D(v, 0.1) ^c
Zonguldak	102	39	10.5
	63	24	6.5
	52	22	6.6
	38	19	6.2
Soma	134	57	13.5
	116	49	10.1
	82	34	7.0
	63	26	6.3
İstanbul	147	60	13.3
	11	45	10.0
	63	27	6.2

*Tane boyut dağılımları Malvern Droplet and Particle Size Analyzer cihazı kullanılarak ölçülmüştür
D(v, 0.9): Malzemenin % 90'ının geçtiği elek boyutu, D(v, 0.5): Malzemenin % 50'sinin geçtiği elek boyutu,
D(v, 0.1): Malzemenin % 10'unun geçtiği elek boyutu

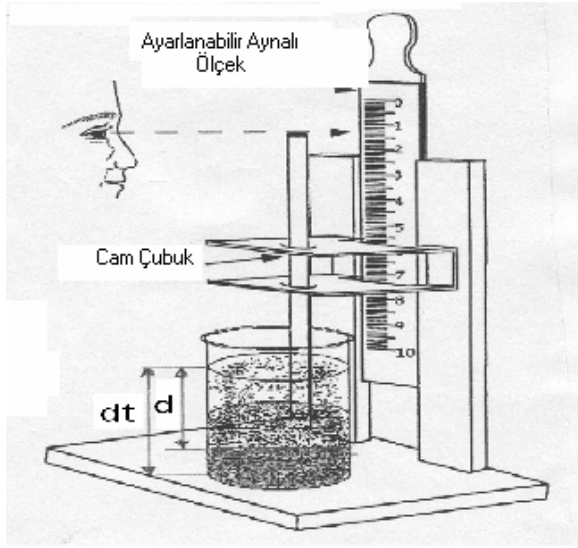


Şekil 1. CMC-Na'un kimyasal yapısı

Stabilite ölçümleri, Şekil 2’de verilen, penetrasyon test düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan karışımlar 600 ml hacimli, kapaklı kavanozlar kullanılarak muhafaza edilmiş ve belirli depolama süresi sonunda, karışımlar içerisinde, Şekil 2’de gösterilen 30 cm uzunluğunda ve 6 mm çapında cam çubuk daldırılarak, cam çubuğun karışım içerisindeki aldığı mesafe yani penetrasyonu belirlenmiştir. Penetrasyon derecesi ise aşağıda verilen eşitlikten yararlanılarak saptanmıştır.

$$\text{Penetrasyon, \%} = \frac{H_1}{H_0} \times 100 \quad (1)$$

Burada, H_1 , cam çubuğun karışım içerisinde aldığı mesafe, cm, H_0 ise cam çubuğun karışım içerisindeki alması gereken mesafeyi (karışım yüksekliği, cm), ifade etmektedir.



Şekil 2. Penetrasyon test düzeneği

Yapılan penetrasyon ölçümlerinde, % 80 ve üstündeki penetrasyon yüzdelerine sahip olan karışımlar, stabil karışım olarak değerlendirilmiştir ve % 80 penetrasyon veren bekletme süreleri, ideal depolanabilme süresi olarak belirlenmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalarda, penetrasyon ve depolama süreleri, farklı CMC-Na konsantrasyonları ve kömür boyutları için saptanmış ve ölçüm sonuçları kömürleşme derecesi, tane boyut dağılımı, CMC-Na konsantrasyonu, penetrasyon

yüzdeleri ve ideal depolama süreleri baz alınarak karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar

Bu çalışmada farklı Türk kömürlerinin, kömür-su karışımlarında kullanılabilirliği, stabilizasyon özellikleri açısından araştırılmıştır.

Stabilizör olarak CMC-Na’un kullanıldığı deneysel çalışmaların ilk aşamasında, farklı boyutlara öğütülmüş kömür numuneleriyle hazırlanan karışımlarda, stabilizör konsantrasyonunun penetrasyona etkisi incelenmiştir.

Farklı ranklı olan Zonguldak, Soma ve İstanbul kömürleri ile daha önce bu konuda yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara bağlı olarak, sırasıyla, % 61, % 55 ve % 52 optimum kömür yükleme değerlerinde, karışımlar hazırlanmıştır (Ateşok vd., 2002).

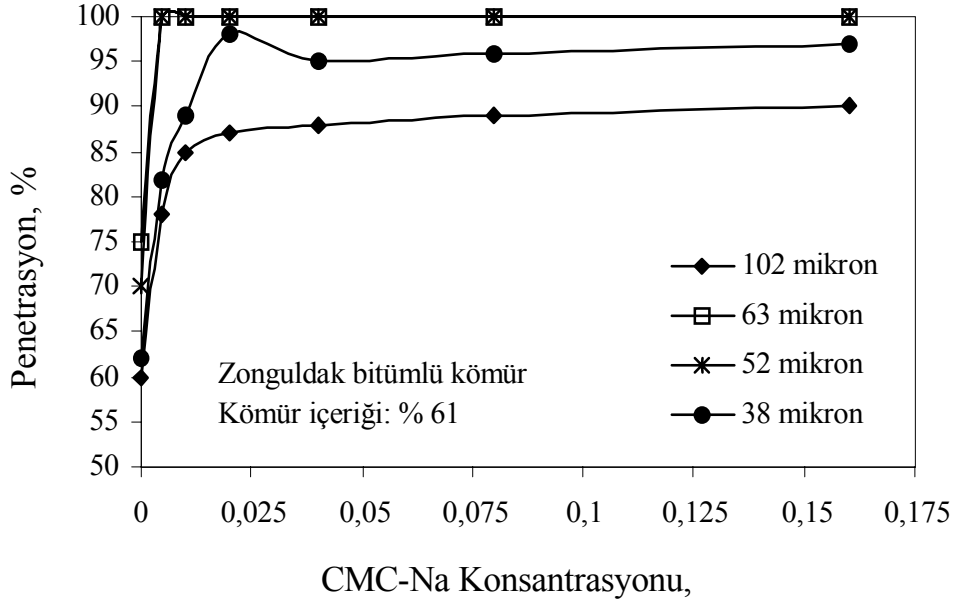
Zonguldak kömürünün tamamı, 102, 63, 52 ve 38 mikron altında olacak şekilde dört farklı boyuta öğütülerek, kömür-su karışımları hazırlanmış ve stabilizör olarak kullanılan CMC konsantrasyonu değişimlerinin, penetrasyonlara ve depolama sürelerine olan etkisi araştırılmıştır. CMC konsantrasyonu değişiminin, karışımların stabiliteyi üzerindeki etkisi, farklı boyutlarda, Zonguldak, Soma ve İstanbul kömürleri ile hazırlanmış karışımlar için sırasıyla; Şekil 3-5’te verilmiştir. Şekil 3’te, Zonguldak kömürü ile farklı CMC konsantrasyonlarında hazırlanan karışımların 7. gün sonundaki penetrasyon değerleri verilmektedir. Şekil 3’ten izleneceği üzere; en düşük CMC konsantrasyonlarında bile (% 0.010), penetrasyon değerleri % 80’in üzerine çıkmaktadır. Ancak elde edilen penetrasyon değerleri karışım içerisindeki kömür tane boyutuna bağlı olarak değerlendirildiğinde; 102 mikron altına öğütülen kömürlerle hazırlanan karışımlar % 88 penetrasyon gösterirken, daha ince boyutlara öğütülen kömürlerle hazırlanan karışımlar % 100 penetrasyona ulaşmaktadır.

Farklı boyutlara öğütülen Soma (134, 116, 82 ve 63 mikron) ve İstanbul (147, 111, 63 mikron) kömürleri ile hazırlanan karışımların, 7. gün sonundaki penetrasyonlarının verildiği Şekil 4-5’te

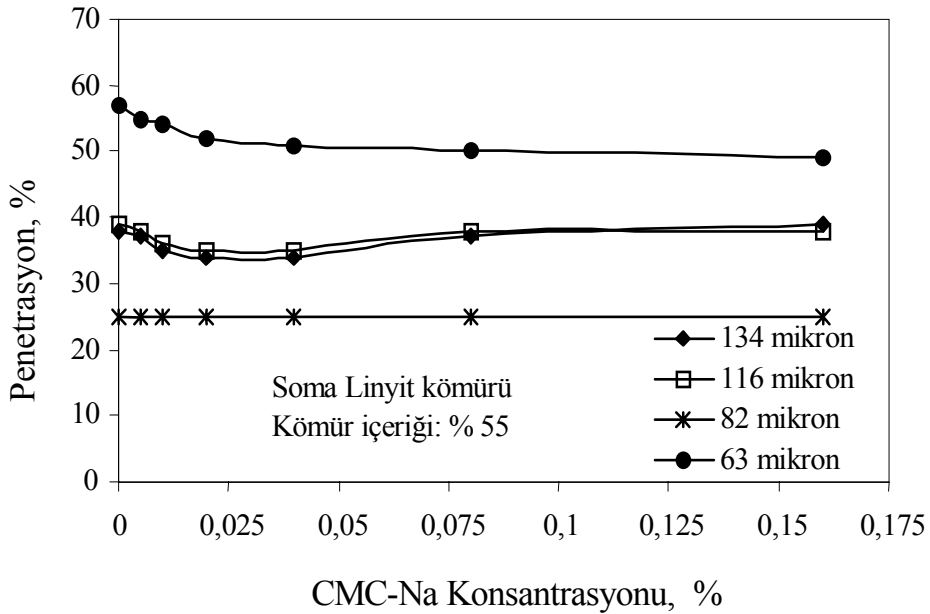
ise, CMC-Na konsantrasyonundaki artışın, her iki kömürle hazırlanmış karışımların penetrasyonunda da önemli etkisinin olmadığı gösterilmektedir.

Her iki kömür için de penetrasyon % 80'in altında kalmaktadır. Bununla birlikte, Soma ve

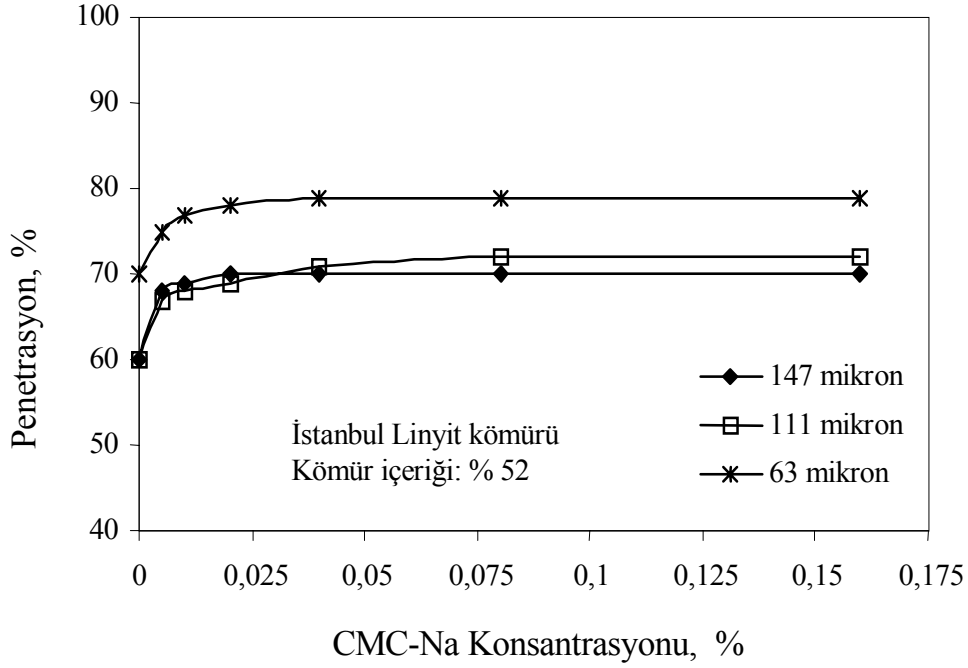
İstanbul kömürlerinde öğütme boyutu incelidikçe, penetrasyonun arttığı görülmektedir. Tablo 2'den görüldüğü gibi, kömürleşme derecesi daha düşük olan % 40.36 kül içeren İstanbul kömürü, % 15.3 küllü Soma kömürü ile karşılaştırıldığında, daha yüksek penetrasyon göstermektedir.



Şekil 3. 7 gün depolama süresi sonunda, farklı boyutlarda Zonguldak kömürü ile hazırlanmış karışımlar için, CMC-Na konsantrasyonu-penetrasyon ilişkisi



Şekil 4. 7 gün depolama süresi sonunda, farklı boyutlarda Soma kömürü ile hazırlanmış karışımlar için, CMC-Na konsantrasyonu-penetrasyon ilişkisi



Şekil 5. 7 gün depolama süresi sonunda, farklı boyutlarda İstanbul kömürü ile hazırlanmış karışımlar için, CMC-Na konsantrasyonu-penetrasyon ilişkisi

Şekil 6'da, üç farklı kömürün tane boyut dağılımına bağlı olarak penetrasyon değişimi toplu halde verilmiştir. Şekilden anlaşılacağı gibi, her üç kömürde de 63 mikron altına öğütülen malzeme ile hazırlanan karışımların penetrasyonu % 100 iken İstanbul ve Soma kömürlerinde bu değer % 78 ve % 55 olarak saptanmaktadır.

Üç farklı kömürde de tane boyutu arttıkça, penetrasyonun azaldığı görülmektedir. Tüm boyut gruplarında, bitümlü kömür olan Zonguldak kömürü ile hazırlanan karışımlar, diğer linyit kömürlerine nazaran, yüksek penetrasyon değerleri vermektedir. Benzer, O/C oranına sahip linyit kömürlerinden daha yüksek kül içeriği olan İstanbul kömürü, soma kömürüne göre tüm boyut gruplarında daha yüksek penetrasyon özelliği göstermektedir.

Farklı boyutlara öğütülen Zonguldak, Soma ve İstanbul kömürleri ve % 0.010 CMC ilavesi ile hazırlanan karışımların süreye bağlı olarak penetrasyon değişimleri incelenmiş ve sonuçlar Şekil 7-9'da verilmiştir.

Zonguldak bitümlü kömürü ile çeşitli boyutlara öğütülen numunelerle hazırlanan karışımların 9

güne kadar % 80'in üzerinde penetrasyon gösterdiği Şekil 7'de görülmektedir.

Farklı boyutlara öğütülen Soma kömürü ile hazırlanan karışımların süreye bağlı penetrasyon değişimleri Şekil 8'de verilmiştir. Buna göre 63 mikron altına öğütülen malzeme ile hazırlanan karışım 5 gün boyunca % 80'in üzerinde penetrasyon verirken, karışımdaki kömürün tane boyutu arttıkça (82 ve 116 mikron) kabul edilebilir penetrasyon süresi 4 güne düşmektedir.

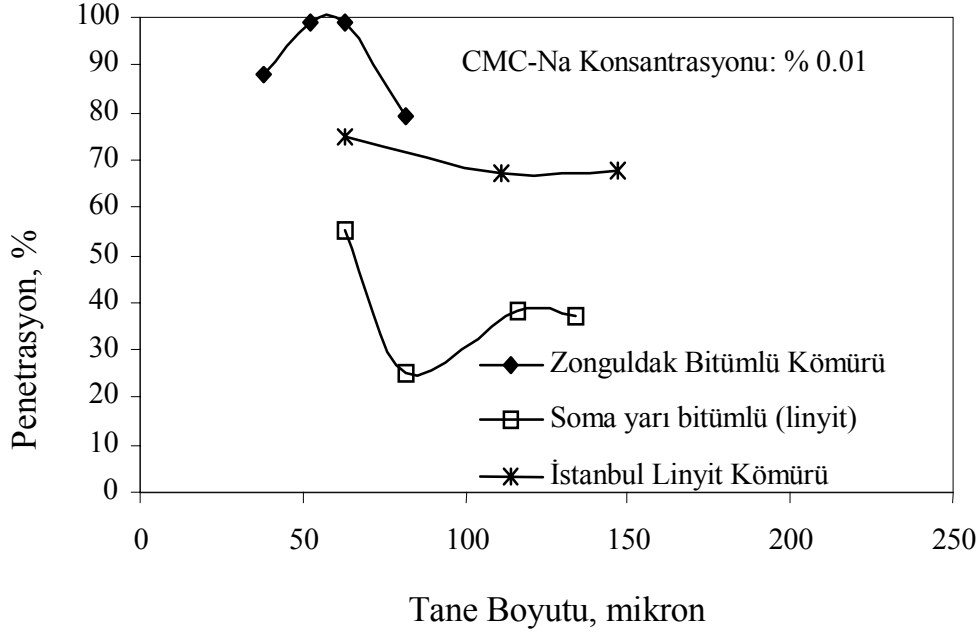
İstanbul kömürünün farklı boyutlara öğütülmesi ile hazırlanan karışımların 6.5 güne kadar % 80 ve üzeri penetrasyon verdiği, 7. günden sonra penetrasyonun % 80'in altına düştüğü Şekil 9'da verilmektedir.

Değerlendirme

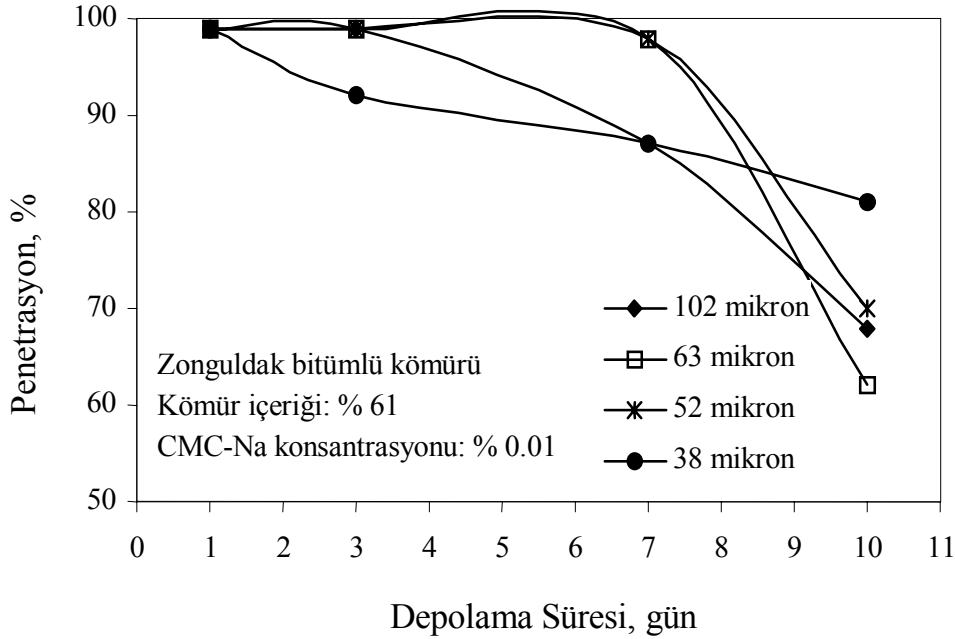
Taşıdığı karboksilik gruplar nedeniyle anyonik özellik gösteren, polimerik yapıdaki CMC'nin, hidrofilik yüzey özelliği bulunan linyit kömürü ile hazırlanan, kömür-su karışımlarının stabilizasyonunda önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Hidrofob yüzey özelliği olan bitümlü kömürlerle hazırlanan kömür-su karışımlarında

ise, stabilizasyon oldukça etkilidir. 7. gün sonunda yapılan penetrasyon ölçümlerinde, % 0.01 CMC ile hazırlanan karışımların penetrasyon değerleri % 60'dan % 100 değerine ulaşmaktadır. Bitümlü kömür ile hazırlanan karışımlarda, CMC stabilizör konsantrasyonu değerinin optimum % 0.01 olduğu

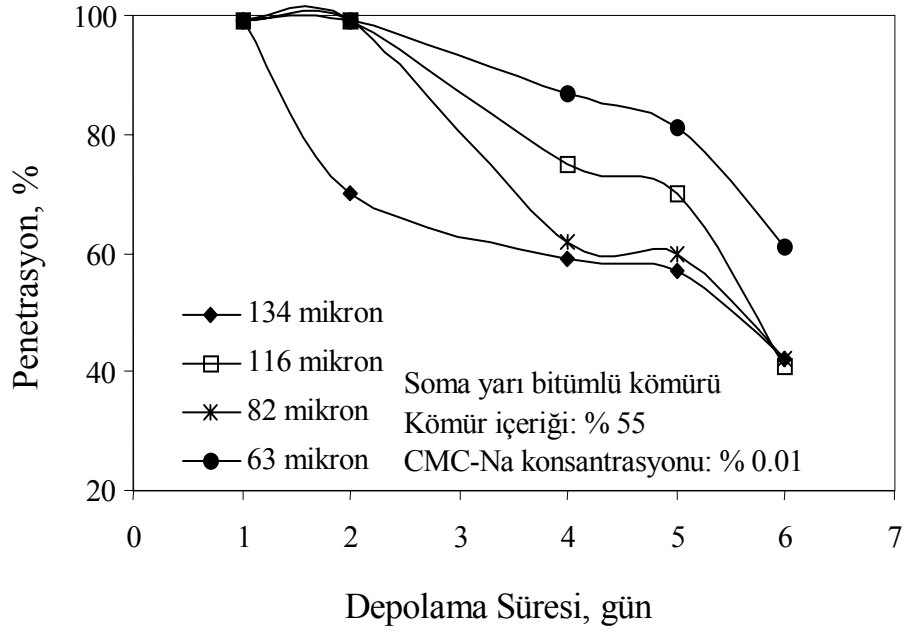
saptanmıştır. Türk linyitleri ile oluşturulan kömür-su karışımlarında, 7. gün sonunda gerçekleştirilen penetrasyon ölçümleri, kabul edilebilir penetrasyon sınır değeri olan % 80'in altında kalmıştır.



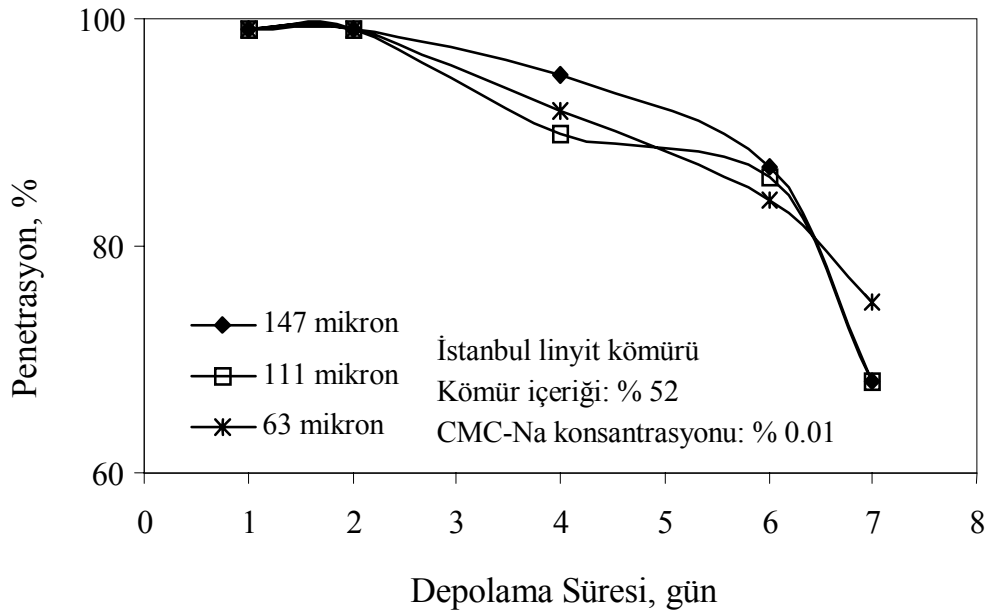
Şekil 6. Farklı kömürleşme derecesine sahip kömürlerle hazırlanan karışımların stabilizasyonunda, kömür tane boyutuna bağlı olarak penetrasyon değişimleri



Şekil 7. Farklı boyutlarda Zonguldak bitümlü kömürü ile hazırlanan karışımlarda, depolama süresine bağlı olarak penetrasyon değişimleri



Şekil 8. Farklı boyutlarda Soma yarı bitümlü kömürü ile hazırlanan karışımlarda, depolama süresine bağlı olarak penetrasyon değişimleri



Şekil 9. Farklı boyutlarda İstanbul linyit kömürü ile hazırlanan karışımlarda, depolama süresine bağlı olarak penetrasyon değişimleri

Hidrofilik yüzey özelliği taşıyan soma ve İstanbul linyitleri % 0.01 CMC konsantrasyonu değerinde, kabul edilebilir stabilizasyon (% 80 ve üzeri penetrasyon) süreleri sırasıyla yaklaşık 4.5 ve 6.5 gün olarak tespit edilmiştir. Bu sürelerin sonunda, linyit kömürleriyle hazırlanan karışımların stabilizasyonu düşmektedir.

Özellikle Japon araştırmacılar tarafından kömür-su karışımlarında, stabilizör olarak kullanılması tavsiye edilen CMC'nin (1), bitümlü kömür olan Zonguldak kömürü ile hazırlanan karışımlarda bile, maksimum 9 gün içerisinde % 80'in üzerinde penetrasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Yaklaşık 9 gün sonunda, karışımın stabilizasyonu bozul-

maya başlamaktadır. Endüstriyel uygulamalar için bu stabilizasyon süresi yeterli olmamaktadır (Kaji vd., 1985).

Şimdiye kadar yapılan yayınlarda, CMC-Na'un kömür-su karışımlarındaki, stabilizör olarak etkisini ortaya koyan hiçbir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma ile anyonik yapıdaki CMC-Na'un gerek hidrofobik gerekse hidrofilik yüzey özelliği gösteren, Türk bitümlü ve linyit kömürleri ile hazırlanan kömür-su karışımlarında, stabilizör olarak davranım özelliği ortaya konmuştur.

Kömür-su karışımlarının stabilizasyonunda, kömürde bulunan inorganik malzeme miktarının da önemli olduğu, daha önce yapılan çalışmalarda tespit edildiği gibi, bu çalışma ile de bir daha vurgulanmaktadır (Ateşok vd., 2002; Yavuz, 1996). Benzer O/C oranına sahip Soma ve İstanbul linyitlerinden hazırlanan kömür-su karışımlarında, 7. gün sonunda hiçbir stabilizör ilave edilmeksizin gerçekleştirilen penetrasyon ölçümlerinde, % 40 küllü istanbul kömürü % 15 küllü Soma kömürüne nazaran daha yüksek penetrasyon vermektedir. Tamamı 63 mikron altında olan ve benzer tane boyut dağılımı gösteren kömür numuneleri ile gerçekleştirilen deneylerde, İstanbul kömürü ile hazırlanan karışımların penetrasyonu % 70 iken, Soma kömür-su karışımının penetrasyonu % 55 civarındadır. Kömür-su karışımlarında, hidrofilik yüzey özelliği taşıyan inorganik malzeme, stabilizör olarak görev yapmakta ve sedimantasyonu engellemektedir. Suda dağılmış olan hidrofobik özellikli tanecikler, hidrofobik çekim etkilerinden dolayı aglomere olma eğilimi göstermektedir. İstanbul kömürü ile gerçekleştirilen deneylerde, kabul edilebilir penetrasyon süresinin, Soma kömürü ile hazırlanan karışımlara nazaran iki gün daha fazla olmasının nedeni de, İstanbul kömüründe bulunan yüksek miktardaki inorganik malzemedir.

Kaynaklar

Ateşok, G., Boylu, F., Sirkeci, A. A., (2002). Rheological Behaviour of Low Rank Turkish Coal-Water Slurries., *IX.th International Mineral Processing Symposium*, Sept. 18-20, 208-210, Kapadokya.

- Ateşok, G., Boylu, F., Sirkeci, A. A., Dinçer, H., (2002). The Effect of Coal Properties on the Viscosity of Coal-Water Slurries, *Fuel*, **81**, 1855-1858.
- Boylu, F. ve Ateşok, G., (2000). Coal-Water Mixtures and Their Technologies, *V. Coal Utilisation and Technology Symposium*, 195-212, Ankara.
- Çelik, M. S., Ateşok, G., Seyhan, K., (1993). Preparation and Combustion of Coal-Water Slurries. *Proceedings of Coal Utilization Conference*, 137-157 (In Turkish), Didim.
- Dinçer, H., Boylu, F., Sirkeci, A. A., Ateşok, G., (2003). The Effects of Chemicals on the Viscosity and Stability of Coal-Water Slurries, *International Journal of Mineral Processing*, **70**, 41-51.
- Grimanis, M. P. ve Breault R. W., (1992). Effect of Coal Type and Beneficiation Process on Storage and Handling, *Proceedings of 17th International Conference Coal Utilization and Slurry Technology*, 19-30, Clearwater, Florida.
- Kaji, R., Muranaka, Y., Osaka, K., Hishinuma, Y., Kawamura, T., Murata, M., Takahashi, Y., Arikawa, Y., Kikkawa, H., Igarashi, T. ve Higuchi, H., (1983). Effects of coal type, surfactant, and coal cleaning on the rheological properties of coal water mixture, *Proceedings of 5th International Symposium on Coal Slurry Combustion and Technology*, **1**, 151-175, Tampa, Florida.
- Kaji, R., Muranaka, Y., Otsuka, K. ve Hishinuma, Y., (1985). Effect of Ions on the Rheology of CWM, *Proceedings of 7th International Symposium on Coal Slurry Fuels Preparation and Utilization*, 16-23, New Orleans.
- Morrison, J. L., Bruce, M., Scaroni, A. W., (1993). Preparing and Handling Coal-Water Slurry Fuels: Potential Problems and Solutions. *18th International Technical Conference on Coal Utilization and Fuel Systems*, 361-368, April 26-29, Florida, USA.
- NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organisation), (1997). CWM in Japan, NEDO International Committee.
- Pawlik, M., Laskowski, J. S. ve Liu, H., (1997). Effect of Humic Acids and Coal Surface Properties on Rheology of Coal-Water Slurries, *Coal Preparation*, **18**, sf.129.
- Wang, Z., Zhang, R., Jiang, Z., Jiang, S., (1993). Preparation of Coal-water Fuels from Coal Preparation Plant Fines, *Proceedings of the 6th Australian Coal Preparation Conference*. Australian Coal Preparation Society, J. J. Davis (ed), Mackay, 418-427.
- Yavuz, R., (1996). Investigation of Lignite-Water Mixtures, *PhD Thesis*, Istanbul Technical University, İstanbul.