

Türkiye 16. Madencilik Kongresi / 16^h Mining Congress of Turkey, 1999, ISBN 975-395-310-0

KÖMÜRÜN SUSUZLANDIRILMASINDA POLİMERLERLE DİĞER BAZI REAKTİFLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISION OF POLYMERS AND SOME OTHER REAGENTS FOR COAL DEWATERING

Ü. AKDEMİR , S. AYDOĞAN, M. CANBAZOĞLU, A. ÖZKAN

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas

ÖZET: İnce taneli kömürün susuzlandırılmasında (Flokülasyon ve filtrasyon) yaygın olarak kullanılan polimerik yapıdaki flokülantlarla, kireç ve gazyağının etkileri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Polimerik flokülantların en hızlı çökelmeyi ve filtrasyonu sağlamasına karşın, filtrasyonda filtre kekinin nemini arttırdıkları görülmüştür. Flokülasyonda hiç etkili olmayan gazyağı ise, filtrasyon hızını önemli ölçüde arttırarak filtre keki nemini düşürmektedir.

ABSTRACT: The effects of polymeric flocculants which are most commonly used reagents for fine coal dewatering (flocculation and filtration) and lime and kerosene were investigated and compared. Polymeric flocculants were found to increase the filter cake moisture although they provided maximum settling and filtration rate. Kerosene, on the other hand, decreases the moisture with significant improvement in filtration rate.

1. GİRİŞ

Katı-sıvı ayırımının verimliliği ince kömür hazırlamada önemli bir rol oynamaktadır. Temiz kömürdeki nem miktarının artması, taşıma maliyetini artırdığı gibi, donma problemlerine ve kömürün kalorifik değerinin azalmasına neden olmaktadır (Meenan, 1988; Mishra, 1988).

Son zamanlarda üretilen ince boyutlu kömür miktarının artmasıyla kömürün susuzlandırılmasında daha etkili ve ekonomik yöntemler üzerinde çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Filtre tipi, besleme miktarı, katı yoğunluğu, flokülant tipi ve miktarı gibi parametrelerin araştırıldığı bu çalışmalarda, flokülant tipi özellikle önem kazanmaktadır (Hamza vd., 1988; Pearsevd., 1993).

Genellikle flotasyon konsantrisinin direk olarak vakum filtrelere gönderilmesiyle gerçekleşen susuzlandırmada flokülantlar filtrasyon hızını artırdığı için tercih edilmektedir. Yüksek molekül ağırlıklı flokülantlar endüstriyel uygulamalarda en yaygın olarak kullanılan reaktiflerdir. Bu reaktifler kek geçirgenliğini değiştirmekte ayrıca filtre keki nemini de etkilemektedir (Mishra, 1973; Nicol vd., 1980). Bir çok araştırmada filtrasyon hızı çok büyük oranlarda artarken, filtre keki nemi de belirli oranlarda artmaktadır (Kitchener, 1972). Mishra (1973)'nın çalışmalarına göre ise, bu oran belirli bir polimer konsantrasyonuna kadar azalmakta ancak bunun ötesinde artmaktadır.

Susuzlandırmada polimerik reaktiflerden başka, kireç, alüminyum sülfat gibi inorganik tuzlar, nişasta gibi doğal polimerler ve sülfonatlar gibi yüzey-aktif maddeler de kullanılabilir (Sandy, 1968; Kitchener, 1972). Ancak son zamanlarda yağların filtrasyon hızını ve nihai nem oranını düşürdüğü için kullanımı bir çok çalışmada daha avantajlı gibi görülmektedir (Meenan, 1988; Nicol vd., 1980). Şiddetli karıştırma ortamında kömür tanecikleri apolar yağlarla kondisyon landığında mikro-aglomeratlar oluşmakta, ayrıca taneler hidrofob yapıldığından kek geçirgenliği dolayısıyla filtrasyon hızı artmaktadır. -500 um'lik bir kömür numunesiyle yapılan bir çalışmada gazyağı kullanıldığında, filtrasyon hızının %80-90 arttığı belirlenmiştir. Aynı malzemenin anyonik flokülantlarla susuzlandırılması ise daha yüksek filtrasyon hızı sağlanmasına karşın, filtre keki nemini %22'den %25'e yükseltmiştir (Meenan, 1988).

Farklı miktarlarda gazyağı kullanarak yapılan bir başka çalışmada ise, gazyağı miktarı arttıkça nemin azaldığı belirlenmiştir. Hiç gazyağı kullanılmadığında %27 olan nem, %3 gazyağı ilavesiyle %10'a düşmüştür (Nicol vd., 1980).

Flokülantların çökeltme (floküasyon) ve filtrasyondaki etkinliklerinin farklı olabileceği gösterilmiştir (Hamza vd., 1988). Örneğin filtrasyonda en iyi sonuçlara katyonik flokülantlarla ulaşıırken, en hızlı çökeltme anyonik flokülantlarla gerçekleşmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, farklı reaktiflerin ince taneli kömürün floküasyon ve filtrasyon davranışlarına etkilerinin belirlenmesidir. Bu nedenle gazyağı, kireç ve farklı polimerik flokülantların (anyonik, non-iyonik ve katyonik) kömürün çökeltmesine etkileri farklı katı konsantrasyonları ve pH'larda incelendikten sonra, bu reaktiflerin filtrasyon hızı ve filtre keki nemini ne şekilde değiştirdiği belirlenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Deneylerde Zonguldak'tan alınan ve %2.47 kül içerecek şekilde hazırlanan bir kömür numunesi kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin tane boyutu dağılımı ise %98.16'sı -100 um ve %83.23'ü -74 um'dir.

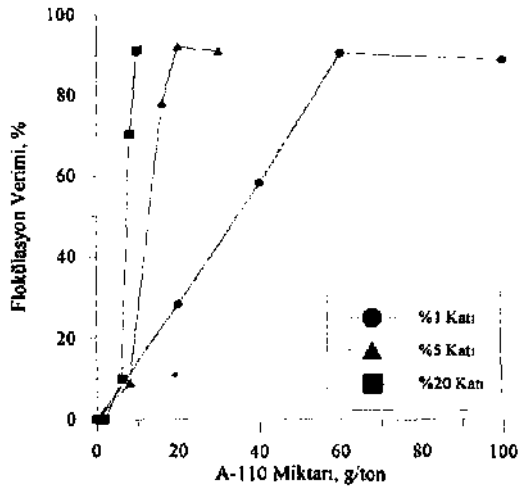
Floküasyon deneyleri 1 litrelik mezürde, 10 g/L (%1) 50 g/L (%5) ve 200 g/L (%20) katı konsantrasyonunda yapılmıştır. Her deneyden önce ve sonra üst kısımlardan alınan numunenin bulanıklıkları Jenway Model 6035 Türbidimetre ile belirlenmiş ve bulanıklıktaki azalma (%) floküasyon verimi olarak gösterilmiştir. pH ayarlaması HCl veya kireç kullanılarak yapılmıştır. 800 rpm'de 5 dakika süreyle karıştırılan pülpe, gerekli miktarda reaktif eklendikten sonra 3 dakika süreyle 400 rpm'de karıştırma uygulanmıştır. 2 dakika bekleme sonunda pülpen üst kısmından numune alınarak bulanıklık belirlenmiştir. Flokülant olarak kullanılan reaktifler, Cyanamid A-110 (anyonik), Cyanamid N-300 (non-iyonik), Cyanamid C-521 (katyonik), kireç (Carlo Erba) ve gazyağıdır.

Filtrasyon deneyleri ise, Büchner hunisine bağlı laboratuvar tipi vakum pompasıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda 500 mL olarak hazırlanan pülpe 800 rpm'de 5 dakika süreyle karıştırılmış, daha sonra reaktif eklenerek 400 rpm'de 3 dakika kondisyonlanma uygulanmıştır. Deney sonunda, tüm malzemenin süzülmesi için gerekli süre ve filtre keki nemini belirlenmiştir. Bütün deneylerde, 0.1 atmosferik sabit vakum uygulanmıştır.

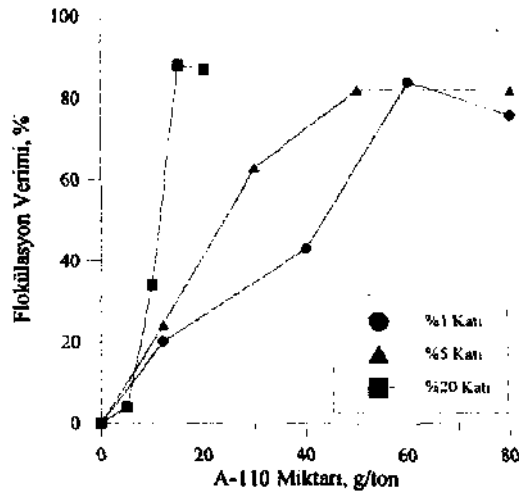
3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Flokülasyon Deneyleri

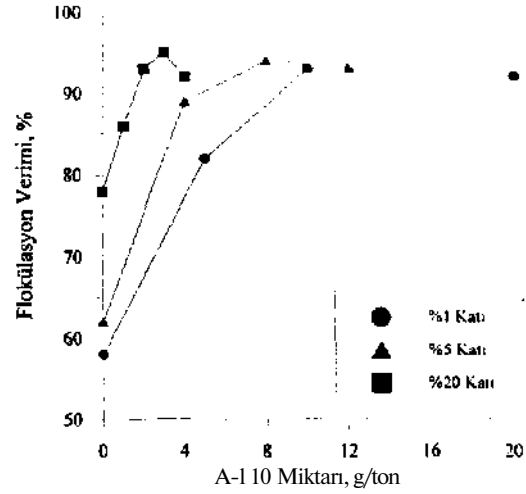
A-110 ile farklı katı konsantrasyonları ve farklı pH'lardaki flokülasyon deney sonuçları Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kömürün pH 7'de ve farklı katı konsantrasyonlarında A-110 ile flokülasyonu

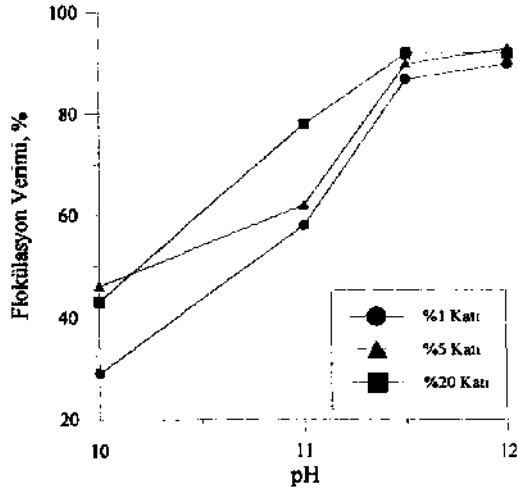


Şekil 2. Kömürün pH 3'de ve farklı katı konsantrasyonlarında A-110 ile flokülasyonu



Şekil 3. Kömürün pH 11'de ve farklı katı konsantrasyonlarında A-110 ile flokülasyonu

Yukarıdaki sonuçlar genel olarak yorumlandığında, A-110 ile flokülasyonun bütün pH'larda mümkün olduğu görülmektedir. Ancak pH 7'de ve özellikle de pH 11'de asit ortama göre çok daha etkili bir flokülasyon gözlenmektedir. Hatta pH 11'de hiç flokülant kullanılmadığında bile, %60-75'lik verimlere ulaşılabilir. Bu durum kirecin kömür tanelerinin sal kurtlaşmasında oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Kireç miktar artırıldığında (pH yükseltildiğinde) ise flokülasyon verimi daha da artmış ve katı konsantrasyonuna bağlı olarak %90-95'e ulaşmıştır. Tek başına kireç kullanarak yapılan deney sonuçları Şekil 4'deki gibidir.



Şekil 4. Kömürün tek başına kireç kullanarak elde edilen değişik pH'larda flokülasyonu.

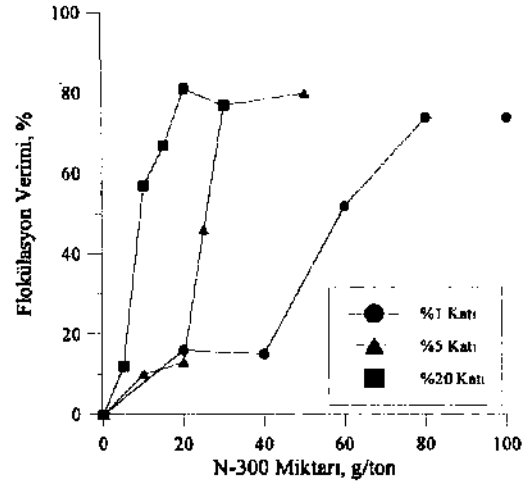
Şekil 4'de görüldüğü gibi, tek başına kireçle bile %90-95 gibi yüksek verimlerle flokülasyon görülebilmekte, katı oranı arttıkça gerekli kireç miktarı (pH) azalmaktadır. Katı oranının salkımlanmadaki önemli rolü Şekil 1, 2 ve 3'de gözlenebilir. PH 7'de %1 katı oranında optimum flokülant miktarı (A-110) 60 g/ton iken, konsantrasyon %20 katıya çıktığında bu değer 10 g/ton'a düşmektedir.

Şekil 1 ve 2'nin kıyaslanması, asit ortamda salkımlanmanın, nötr ve bazik ortamlara göre daha zayıf olduğunu göstermektedir, örneğin pH 7'de %89-91 olan verim, pH 3'de A-110 miktarı 2-3 katına çıkarıldığında bile %75-85 olmaktadır.

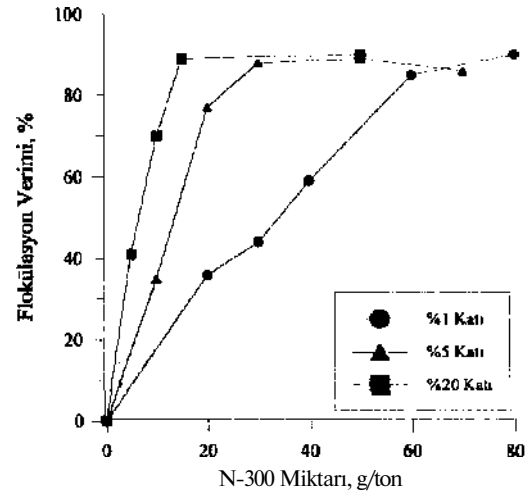
A-110 ile düşük pH'larda flokülasyonun daha zayıf olması, flokülant-tanecik etkileşiminde elektrostatik çekim kuvvetleri dışındaki kuvvetlerin daha etkili olduğunu (örneğin hidrojen bağı) göstermektedir. Polimerlerin NH₂ veya OH grupları tanecik yüzeyindeki oksijen içeren gruplarla hidrojen bağı oluşmaktadır (Gebhardt ve Fuerstenau, 1982). Ayrıca pH 11'de kirecin etkisi de

düşünülebilir. Ca²⁺ İyonları negatif yüklü yüzeyle aynı yüklü polimer iyonları arasında elektrostatik bir "köprü" oluşturmaktadır.

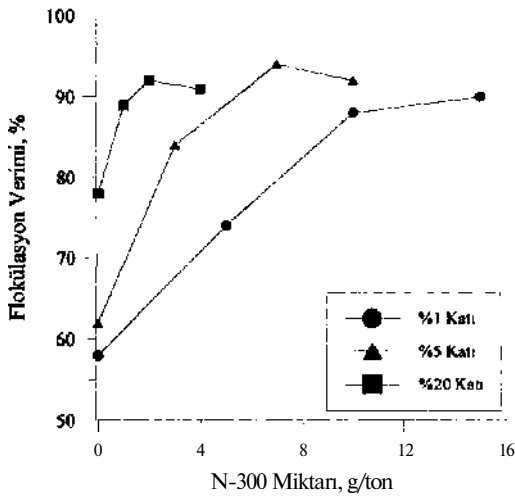
Non-iyonik N-300 ile farklı pH ve katı konsantrasyonlarında yapılan çalışmalar Şekil 5, 6 ve 7'de gösterilmektedir.



Şekil 5. PH 3'de ve farklı katı konsantrasyonlarında tanelerin N-300 ile flokülasyonu



Şekil 6. PH 7'de ve farklı katı konsantrasyonlarında tanelerin N-300 ile flokülasyonu



Şekil 7. PH 11'de ve farklı katı konsantrasyonlarında tanelerin N-300 ile flokülasyonu.

Şekil 5, 6 ve 7'den de görülebileceği gibi, non-iyonik yapıdaki N-300 ile anyonik A-110'a benzer sonuçlar alınmıştır. En iyi sonuçlara pH 7 ve 11'de ulaşıırken, katı oranının artması optimum flokülant dozajını düşürmüştür. Örneğin pH 7'de ve %1 katı oranında %90 verime ancak 80 g/ton N-300 konsantrasyonunda ulaşıırken, %20 katı oranında bu verime ulaşmak 15 g/ton flokülantla mümkündür. N-300'ün taneciklere adsorpsiyonu, tane yüzeyindeki oksijen atomlarıyla polimerlerin hidrojen atomları arasında oluşan hidrojen bağıyla açıklanabilir (Sivamohan, 1990; Cebeci, 1995).

Katyonik yapıdaki C-521 ve gazyağı ile yapılan flokülasyon çalışmalarında ise, çok yüksek konsantrasyonlarda bile olumlu sonuçlar alınamamıştır.

3.2. Filtrasyon Deneyleri

Filtrasyon deneylerinde, flokülasyonda olumlu sonuçlar veren A-110, N-300 ve kireç ile tanelerin çökmesini etkilememesine karşın filtrasyonda etkili olabileceği düşüncesiyle C-521 ve gazyağı kullanılmıştır. Bu reaktifler kullanılarak yapılan deney sonuçları Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1 dikkatle incelendiğinde, flokülasyonda olumlu sonuçlar veren A-110'un ancak düşük konsantrasyonlarda filtrasyon hızını artırdığı buna karşılık filtre keki neminin de A-110 miktarıyla arttığı görülebilir. N-300 hız açısından en iyi sonuçları vermesine karşın, filtre keki nemini arttırmaktadır. Kireç nemi %39.20'ye kadar düşürmekle birlikte filtrasyon hızında ancak kısmi bir artış sağlamaktadır. Gazyağı ise hem hız hem de düşük nem açısından olumlu sonuçlar vermiştir. Özellikle yüksek konsantrasyonlarda (>7 kg/ton) nem miktarı önemli denilebilecek derecede azalmış ayrıca filtrasyon hızı da %60-65 oranında artmıştır. Filtrasyon hızındaki bu artış mikro-aglomeratların oluşumu ve artan kek geçirgenliği ile açıklanabilir. 20 kg/ton gazyağı kullanarak farklı katı konsantrasyonlarında yapılan deney sonuçları Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi katı oranı %1'den %20'ye artırıldığında bile filtrasyon hızında bir azalma olmamaktadır. Katı miktarı baz alınarak yapılan hesaplamalarda ise, yüksek konsantrasyonların kapasite açısından çok daha verimli olduğu açıkça görülmektedir. %1 katı oranında, 10 ton/m²/saat olan birim kapasite %20 katı oranında 200 ton/m²/saat'e ulaşmaktadır.

Tablo 1. Farklı reaktiflenn filtrasyon hızı ve filtre keki nemine etkileri

Reaktif	Konsantrasyo n	Fİltrasyon Süresi (sn)	Nem (%)
-	-	240	41.8
A-110	2 g/ton	145	41.9
	10 g/ton	195	42.7
	20 g/ton	219	42.5
	40 g/ton	392	43.6
N-300	10 g/ton.	160	41.6
	30 g/ton	142	43.3
	50 g/ton	117	43.7
	80 g/ton	110	44.5
	150 g/ton	189	45.0
C-521	10 g/ton	238	41.7
	20 g/ton	230	42.1
	40 g/ton	285	44.3
	80 g/ton	317	44.9
Kireç	0.5 kg/ton	236	41.4
	2 kg/ton	178	40.1
	6 kg/ton	235	39.2
	20 kg/ton	250	41.3
*	0.60 kg/ton	225	42.4
Gazyağ	2.40 kg/ton	173	42.6
	7.20 kg/ton	156	39.8
	20 kg/ton	160	38.1

Tablo 2. Farklı katı konsantrasyonlannda gazyağmm filtrasyon hızı ve filtre keki nemine etkisi

Katı Oranı (%)	Fİltrasyon süresi (sn)	Nem (%)
1	160	38.1
5	148	38.3
20	154	37.7

4. SONUÇLAR

İnce boyutlu kömürün klasik polimerlerle ve kireç, gazyağı gibi diğer reaktiflerle yapılan çökeltme ve filtrasyon çalışmalarında aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

1) Anyonik ve non-iyonik polimerler flokülasyonda oldukça etkili olurken, katyonik yapıdaki C-521'in hiçbir etkisi görülmemiştir.

2) Flokülasyon alkali ve nötr ortamlarda oldukça kuvvetli, asit ortamda ise daha zayıftır. Tek başına kireç kullanımında da etkili bir çökeltme sağlanabilmektedir.

3) Katı oranı kömür tanelerinin flokülasyonunda Önemli bir parametredir. Bu oran arttıkça optimum flokülant konsantrasyonu (g/ton) azalmaktadır.

4) Non-iyonik ve anyonik flokülantlar filtrasyon hızını %70-120 oranında artırırken, filtre keki nemini de artırmaktadır.

5) Gazyağı filtrasyonda hızı yaklaşık %60 artırırken, elde edilen nihai malzemelerin nemini önemli oranda düşürmektedir. Bu nedenle kömürün susuzlandırılmasında polimerlere göre daha avantajlı gibi görünmektedir. Ancak bu konuda farklı malzemelerle ve farklı koşullarda yapılabilecek araştırmalar konuya daha iyi ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR

- Cebeci, Y., 1995. *Linyit Kömürü Artıklarının Flokülasyonunda Bazı İşletme Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi*. Geosound, 27:181-189.
- Gebhart, J.E. ve Fuerstanau, D.W. 1982. *The Adsorption of Polymers on Oxides*, Interfacial Phenomena in Mineral Processing. Ed. Yazar, B., Spottiswood, D.J., P:287-302.

- Hamza, H.A., Mo, A.W. ve Frenette, R., 1988. *Chemical Reagents for Mechanical Dewatering*. Ind. Prac. Of Fine Coal Processing, Ed Klimpel, R.R., Luckie, P.T.:231-237.
- Kitchener, J.A., 1972. *Principles of Action by Polymeric Flocculants*. Br. Plym. J. 4:217.
- Meenan, G.F., 1988. *Fine Coal Dewatering Equipment*, ind. Prac. Of Fine Coal Processing. Ed Klimpel, R.R., Luckie, P.T.:223-229.
- Mishra, S.K., 1973. *Effect of Flocculation on Moisture Reduction of Fine Coal*. Coal Mining and Processing, (Ekim):56.
- Mishra, S.K., 1988. *Principles of Dewatering*, Ind. Prac. Of Fine Coal Processing. Ed. Klimpel, R.R., Luckie, P.T.:213-221.
- Nicol, S.K., Day, J.C. ve Swanson, A.R., 1980. *Oil Assisted Dewatering of Fine Coat*. Fine Particles Processing, Ed. Somasundaran, P.: 1661 -1675.
- Pearse, M.J. ve Allen, A.P., 1993. *The Use of Flocculants and Surfactants in the Filtration of Mineral Slurries*. Filtration and Separation,: 22-27.
- Sandy, E.J., 1968. *Mechanical Dewatering*. Coal Preparation, Ed. Leonard , J.W., Mitchell, D.R.: 12.3-12.66.
- Sivamohan, R., 1990. *The Problems of Recovering very Fine Particles in Mineral Processing-A Review*. Int. J. Min. Processing, 28:247-288.

