

GELENEKSEL VE UMA (UNIQUE MOLECULAR ARCHITECTURE) TEKNOLOJİSİ POLİMERLERİN FLOKÜLASYON PERFORMANSLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

A Study on the Flocculation Performance of Conventional and UMA (Unique Molecular Architecture) Technology Polymers

İsmail CENGİZ⁰
Eyüb SABAH¹
Z.Ebru ERKAN⁰

ÖZET

Bu çalışmada, kömür hazırlama tesisi atıksuyunun katı-sıvı ayırımı işlemine tabî tutulmasında, yeni nesil UMA (Unique Molecular Architecture) teknolojisi bir flokülant ile geleneksel bir flokülantın flokülasyon performansları araştırılmış, performans kriterleri olarak çökelme hızı ve bulanıklık (türbidite) değerleri esas alınmıştır. Hem Hydrofloc 7170 hem de Magnafloc 4240 için en yüksek çökelme hızı ve en kötü bulanıklık değerleri süspansiyonun doğal pH'sı civarında elde edilmiştir. Her iki flokülantla 30 sn'nin altındaki karıştırma sürelerinde yüksek çökelme hızları elde edilmiş, buna karşın bulanıklık değerleri yükselmiştir. 100 dev/dak üzerindeki karıştırma hızlarında çökelme hızı azalırken bulanıklık değerlerinde belirgin bir iyileşme meydana gelmiştir. 300 mm/dak optimum çökelme hızına ulaşmak için ton başına tüketilen Hydrofloc 7170 miktarı 42,74 g/ton-katı, bulanıklık değerlerinde az bir kötüleşmeyle harcanan Magnafloc 4240 miktarı ise 34,2 g/ton-katı'dır. Laboratuvar ölçeğinde yapılan çalışmalar, Hydrofloc 7170 yerine UMA teknolojisi Magnafloc 4240 kullanıldığında yıllık flokülant tüketiminde %54 oranında bir azalmanın ve 24000 €'luk bir kazancın olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Kömür Atık Suyu, Flokülasyon, Fayda-Maliyet, Çökelme Hızı, Bulanıklık.

ABSTRACT

In this study, flocculation performance of a new generation UMA (Unique Molecular Architecture) flocculant and a conventional flocculant has been investigated in dewatering of coal preparation plant tailings. Settling rate and turbidity values have been considered as the performance criterions. The highest settling rate and the lowest turbidity values for both Hydrofloc 7170 and Magnafloc 4240 were obtained at natural pH of the suspension. At mixing times less than 30 seconds, for both flocculants high settling rates have been obtained at the expense of increased turbidity values. At mixing rates above 100 rpm, while the settling rates increased, the turbidity values decreased. An optimum settling rate of 300 mm/min was attained at 42.74 g/ton-solid Hydrofloc 7170, despite a little increase in turbidity value, the same rate was achieved at 34.2 g/ton-solid Magnafloc 4240. By using this technology the annual flocculant consumption cost was decreased by 54% with annual savings of approximately 24,000 €.

Keywords: Coal Slurry, Flocculation, Cost-Benefit, Settling Rate, Turbidity.

⁰ Araş.Gör., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Mühendislik Fakültesi, AFYON, icengiz@aku.edu.tr

^(**) Doç.Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Mühendislik Fakültesi, AFYON

^(***) Araş.Gör., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Mühendislik Fakültesi, AFYON

1. GİRİŞ

Evsel ve endüstriyel atık suların arıtılması, susuzlaştırma teknikleri ile içerdikleri tanelerin uzaklaştırılması, her geçen gün artan çevre bilincine bağlı aktüel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Arıtma ve/veya susuzlaştırma prosesleri; içme ve kullanım sularının temizlenmesi, metalürjik, hidrometalürjik ve kimyasal süreçler sonucunda açığa çıkan atık sulardaki toksik ve ağır metallerin uzaklaştırılması, tuz, şeker ve kâğıt endüstrisi atıklarının susuzlaştırılması işlemlerinde olduğu gibi cevher ve kömür hazırlama prosesleri sonucunda açığa çıkan konsantre ve artıkların katı-sıvı ayırımına tabi tutulması işlemlerinde de önemli ve tamamlayıcı bir süreçtir.

Literatürde bir çok flokülasyon teorisi ve modeli mevcuttur. Flokülasyon mekanizmasında çok karmaşık olaylar etken olmasına rağmen mekanizmanın anlaşılmasına yönelik çalışmalar hem yüzey kimyası hem de hidrodinamik açıdan devam etmektedir. Flokülasyon, dağılmış ince boyutlu tanelerin polimerik flokülantlar ile agrega hale getirilme işlemidir. Flokülasyon proseslerinin başarısı, katıların fiziksel, kimyasal ve elektro kinetik özelliklerinin çok iyi bilinmesi, yöntemle ilişkin bazı parametrelerin iyileştirilmesi ve yöntemin uygulanış biçimi, kullanılan polimerik flokülantların tipi ve miktarı ile doğrudan ilişkilidir.

Akrilik kimyasına dayalı polimer flokülantlar, son 40 yıldır susuzlaştırma verimini artırmak ve çevreye zarar vermeyen atıklar elde etmek için birçok endüstri dalında geniş ölçüde kullanılmaktadır (Weir ve Moody, 2001; Mohammed vd, 2000; Pearse, 2000). Bunlar, katı-sıvı ayırımı proseslerinde süspansiyonun kararlılığının bozulmasında ve flok oluşumunda ve gelişiminde etkin rol oynarlar ve katı-sıvı ayırma proseslerinin verimini arttırlar.

Yaklaşık yarım asırdır kullanılan geleneksel flokülantların yanı sıra son yıllarda yeni nesil flokülantlar üretilmeye ve bazıları kömür ve diğer sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan birisi de UMA teknolojisi olarak adlandırılan yeni nesil bir flokülant tipidir. UMA kavramı, moleküler kütle dağılımı ve yapının değiştirilmesindeki çeşitli teknikleri kapsamakta ve UMA teknolojisi ile üretilen flokülantların üç boyutlu, geleneksel flokülantların ise iki boyutlu bir model olduğu ileri sürülmektedir (Pearse, 2000).

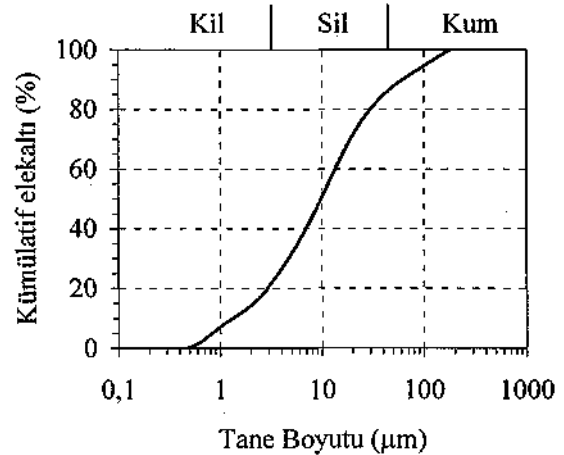
Pearse ve arkadaşları (2001), UMA teknolojisi ile üretilen Magnafloc 4240'ın Çin kili içeren süspansiyonlarda optimum bir çökelme hızı için düşük bulanıklık ve yüksek çökelek hacmi değerleri verdiğini, karıştırma hızı ve flokülant konsantrasyonundaki değişmelere karşı daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı flokülant kullanılarak kömür hazırlama tesisi atığının susuzlaştırılması için yapılan bir başka çalışmada, flokülant tüketiminde Magnafloc 1011'e göre %20 tasarruf sağlandığı, daha az gözenekli katı ve daha berrak süspansiyonlar elde edildiği tespit edilmiştir (Ciba Specialty Chemicals,....).

Bu çalışmada; Tunçbilek Kömür Hazırlama Tesisi atık suyunun flokülasyon tekniği ile katı-sıvı ayırımı işlemine tabi tutulmasında, yeni nesil UMA teknolojisi Magnafloc 4240 ile geleneksel flokülant Hydrofloc 7170'in flokülasyon performansı üzerine etkileri araştırılmış, deneylerin tamamında Tunçbilek Kömür Hazırlama Tesisi'nden getirilen orijinal atık su kullanılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzeme

Deneylerde kullanılan tesis atık suyu, Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Tunçbilek Kömür Hazırlama Tesisi koyulaştırma tankı girişinden alınmıştır. Tesis atık suyundaki katı malzemenin tane boyutu 0,180 mm altında olup, Malvern Mastersizer cihazı ile yapılan tane boyu analizi Şekil 1 'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Tesis atık suyu kil içerikli mineral maddelerin tane boyu dağılımı.

Çizelge 1. Orijinal Atığın Kimyasal Bileşimi.

Bileşim	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	A.Z.
%-Miktar	Ö3Ö	2^48	15,04	40,75	2^28	2fiÖ	ÖJÖ	6-4Ö	30,05

Çizelge 2. Flokülantların Özellikleri.

Ticari İsmi	Şarj Tipi	İyon Aktivitesi	Flokülasyon Derecesi (%)	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Fiyatı (Euro/kg)
Magnafloc 4240	Anyonik	Orta	40	15-20 milyon	2\$
Hydrofloc7170	Anyonik	Orta	35	12-15 milyon	3,5'

* Pazarlama işini üstlenen firmalardan temin edilmiştir.

XRD analizleri, atığın başlıca kaolenit, illit, kuvars, muskovit, ve kömür içerdiğini göstermiştir. Optik mikroskop incelemelerinde, kil minerallerinin irili ufaklı topaklaşmış agregatlar halinde olduğu ve kuvars mineralinin de bunlara eşlik ettiği tespit edilmiş, içerisinde yer yer sülfürlü metalik minerallere de rastlanmıştır. Bu minerallerin başlıcası pirittir.

Kömüre eşlik eden mineral maddeler XRD analiziyle belirlendikten sonra XRF yöntemiyle bu minerallerin kimyasal bileşimleri tayin edilmiş ve sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Atığın ateş zayılatı değerinin yüksek çıkması atıkta önemli miktarda organik madde olduğunu göstermektedir. Al₂O₃ ve demir oksit miktarları ise atığın mineralojik bileşiminde kil minerallerinin bulunduğunu teyit etmektedir. Mineralojik analiz sonuçları da dikkate alındığında, %15,04-16,14 Al₂O₃ kaolinit ve illitin, %2,28-2,62 K₂O ise muskovitin varlığına işaret etmektedir. CaO ve MgO oranlarının düşük çıkması, atıkta çok az miktarda karbonat mineralleri olduğunu göstermektedir.

Atıkların flokülasyon yöntemiyle katı-sıvı ayırımına tabi tutulmasında çöktürücü kimyasal olarak yeni nesil UMA teknolojisi Magnafloc 4240 ile geleneksel flokülantlardan Hydrofloc 7170 kullanılmıştır. Adı geçen flokülantların ayrıntılı özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Flokülasyon testlerinde pH ayarlamaları, HCl ve kireç sütü ile yapılmış; pH ölçümleri WTW pH 526 model pH-Metre ile gerçekleştirilmiştir.

2.2. Yöntem

Flokülasyon deneyleri, aynı anda 4 beher ile çalışma imkanı sağlayan, hız ve zaman ayarlı Velp JLT4 marka Jar-Test cihazında gerçekleştirilmiştir. Testlerde, üzeri milimetrik olarak işaretlenmiş 800 ml'lik beherler kullanılmıştır. Flokülasyon deneylerine geçilmeden önce her flokülant için %0,1'lik stok çözelti hazırlanmış, daha sonra bu stok çözeltiden değişik konsantrasyonlarda standart çözeltiler türetilmiştir. Flokülasyon testleri için;

- Kömür hazırlama tesisinden getirilen ve katı oranı % 5,85 olan 200 kg atık su, Şekil 2'de verilen karıştırma tankında 5 dakika süre ile karıştırılmıştır. Her deney öncesi gerçekleştirilen bu işlemi müteakip tankın vanası açılarak 800 ml'lik behere, flokülasyon deneyi için gerekli olan, 500 ml numune alınmıştır.

- Beher, jar-test cihazına yerleştirildikten sonra, homojen bir dağılım için 150 dev/dak hızda 2 dakika süreyle ön karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra süspansiyona uygun dozajda standart flokülant çözeltisi ilave edilmiş ve optimum bir karıştırma süresinden sonra karıştırma işlemine son verilerek milimetrik olarak işaretlenmiş beherin üzerinde iki sabit nokta referans alınmak suretiyle arayüzey yüksekliğinin zamana bağlı değişimi, belirli zaman aralıklarında kaydedilmiştir. Çökme hızı, arayüzey yüksekliğinin zamana bağlı olarak değişimini gösteren doğrunun eğiminden bulunmuştur (DIN 23007, 1985).



Şekil 2. 250 lt'lik karıştırma tankı.

- Flokülasyon deneyi tamamlandıktan sonra 15 dakikalık bir bekleme süresini müteakip, yüzeyden yaklaşık 3 cm derinlikten otomatik pipet ile yeterli miktarda aiikot alınarak bulanıklık değerleri ölçülmüştür. Bulanıklık ölçümleri, Velp 115 türbidimetre cihazında gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kömür hazırlama tesisi atık sularındaki katı tanelerin flokülasyon tekniği ile çöktürülmesinde genellikle yüksek molekül ağırlığına ve zayıf veya orta düzeyde polimerizasyon derecesine (%15-40) sahip anyonik flokülantlar kullanılmaktadır (Kaiser, 1993). Tunçbilek Kömür Hazırlama Tesisi sulu atığının efektif ve ekonomik bir şekilde katı-sıvı ayırımına tabi tutulabilmesi için gerçekleştirilen optimizasyon testlerinde, yeni nesil UMA teknolojisi Magnafloc 4240 ile halen tesiste kullanılan Hydrofloc 7170'in flokülasyon performansı üzerine etkileri araştırılmış ve birbirlerine olan üstünlükleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Bulguların değerlendirilmesinde, performans kriterleri olarak, çökme hızı ve bulanıklık (türbidite) değerleri esas alınmıştır.

3.1. Karıştırma Süresinin Etkisi

Süspansiyondaki tanelerin flokülasyonu için en uygun karıştırma süresi, partikül yüzey alanının yarısının flokülant ile kaplanabilmesi için gerekli olan süredir ve yüksek çökme hızları ancak büyük floklarla elde edilebilmektedir.

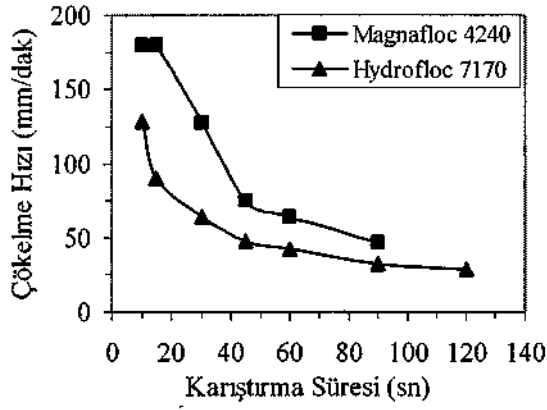
Şekil 3, Hydrofloc 7170 ve Magnafloc 4240 ile yapılan flokülasyon testlerinde çökme hızı ve bulanıklığa karıştırma süresinin etkisini göstermektedir. Her iki flokülantla 30 sn'nin altındaki sürelerde yüksek çökme hızları elde edilmiş; ancak Magnafloc 4240 ile partiküller daha kısa sürede çökerken aynı zamanda düşük bulanıklık değerleri elde edilmiştir. Bu durum Magnafloc 4240'ın fonksiyonel grupları ile partikül etkileşimlerinin daha hızlı gerçekleştiğini ve polimer moleküllerinin kısa zamanda partikül üzerine adsorplandığını göstermektedir. Karıştırma süresi artışına bağlı olarak çökme ve bulanıklık eğrilerinin sergilediği eğilim her iki flokülant tipi için de benzerlik arz etmektedir. Buna göre çökme hızı ve bulanıklık değerleri hızla düşmekte ve 40 sn'nin üzerinde karıştırma sürelerinde flokların duraylılığı bozulmaktadır. Buradan, Magnafloc 4240'ın flok oluşturma kabiliyetinin daha güçlü ve oluşan flokların daha duraylı olduğunu söylemek mümkündür.

10 sn gibi çok düşük karıştırma sürelerinde yüksek çökme hızları elde edilmesine karşın bulanıklık değerlerinde görülen yükselme süspansiyondaki kil esaslı kolloidlerin kısa sürede floküle olamaması ile açıklanabilir. Ancak bu durumda da Magnafloc 4240'ın diğerine göre daha etkili olduğu görülmektedir.

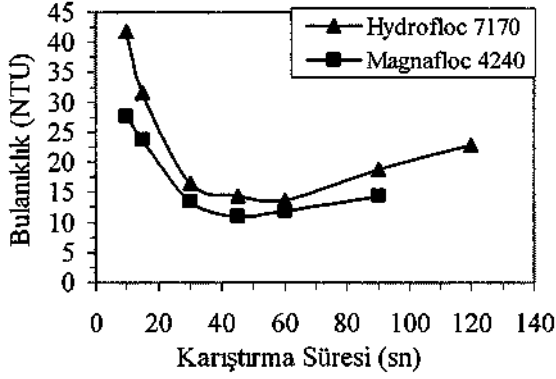
Her iki performans kriteri de gözönüne alınarak uygun bir çökme hızı ve bulanıklık değeri için optimum karıştırma süresi 30 sn olarak alınmıştır.

3.2. Karıştırma Hızının Etkisi

Karıştırma hızı ve kesme kuvvetleri flokülasyon performansını etkileyen en önemli parametrelerdendir. Karıştırma, süspansiyondaki tanelerin homojen bir şekilde dağılmasını ve süspansiyona ilave edilen flokülantın bütün partiküller ile temasını sağlayarak uygun boyutta floklar oluşmasında etkindir. Oluşan bu flokların bozulması veya kırılması yine karıştırma hızıyla ilgili bir husustur. Süspansiyona ilave edilen doğal veya sentetik flokülantlar ile partiküller arasındaki etkileşim sonucu meydana gelen floklar, fazla ve/veya yüksek hızlarda karıştırma sonucunda ortaya çıkan kesme kuvvetleri nedeniyle parçalanabilir ve bundan sonra da tekrar floküle olamazlar. Süspansiyonda iri boyutlu taneciklerin bulunması durumunda karıştırma hızı, çok düşük kesme kuvvetlerinde bile belirleyicidir (Hogg, 2000).



(a)



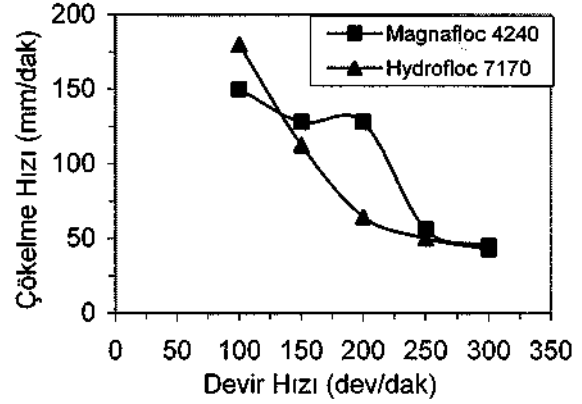
(b)

Şekil 3. Hydrofloc 7170 ve Magnafloc 4240 ile yapılan flokülasyon testlerinde karıştırma süresinin çökeltme hızına (a) ve bulanıklığa (b) etkisi (Dozaj: 25,64 g/ton-katı; Karıştırma hızı: 200 dev/dak; pH=8,3).

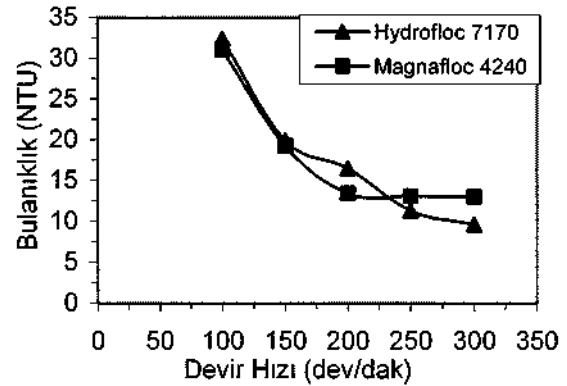
Şekil 4. Doğal pH'da Hydrofloc 7170 ve Magnafloc 4240 ile yapılan flokülasyon testleri için, karıştırma hızının süspansiyondaki tanelerin çökeltme hızına ve bulanıklığa olan etkisini göstermektedir. Her iki flokülantı da kapsayan flokülasyon testlerinde karıştırma işlemine 100 dev/dak gibi bir karıştırma hızıyla başlanılmasının nedeni, daha düşük karıştırma hızlarında yer çekimi kuvvetinin etkisinin üstün gelerek süspansiyondaki katının (daha karıştırma işlemi sırasında) çökme eğilimi göstermesidir.

Şekil 4'den görüldüğü gibi, hem Hydrofloc 7170 hem de Magnafloc 4240 için çökeltme hızının maksimuma ulaştığı ve bulanıklığın en yüksek olduğu karıştırma hızı 100 dev/dak'dır. Yüksek moleküler ağırlığa sahip flokülantlar; düşük katı konsantrasyonuna sahip süspansiyonlarda büyük boyutlu floklar oluşturduklarından,

karıştırma hızının artışıyla bağlı kesme kuvvetleri nedeniyle flokların yapısı bozulmakta ve çökeltme şartları bundan olumsuz etkilenerek hız düşmektedir. Ancak benzer bir durum bulanıklıkta görülmemekte, aksine, artan karıştırma hızlarında suyun bulanıklığında bir azalma gözlenmektedir. Bunun nedeni, süspansiyonda kömür ve kuvarsa eşlik eden ve bulanıklığa neden olan koloidal kil tanelerinin oluşturduğu küçük boyutlu flokların daha duraylı ve sağlam olmasıdır. Küçük boyutlu sıkı floklar, büyük boyutlu gevşek floklara göre kesme kuvvetlerinden daha az etkilenirler ve hemen deforme olmazlar. Burada optimize edilen karıştırma hızı, her iki flokülantı için de 150 dev/dak olup, buna karşılık gelen çökeltme hızı ve bulanıklık değerleri Hydrofloc 7170 için 112,5 mm/dak ve 19,9 NTU'dur.



(a)



(b)

Şekil 4. Doğal pH'da Hydrofloc 7170 ve Magnafloc 4240 ile yapılan testlerde karıştırma hızının çökeltme hızına (a) ve bulanıklığa (b) etkisi (Dozaj: : 25,64 g/ton-katı; Karıştırma süresi: 30 sn; pH: 8,3).

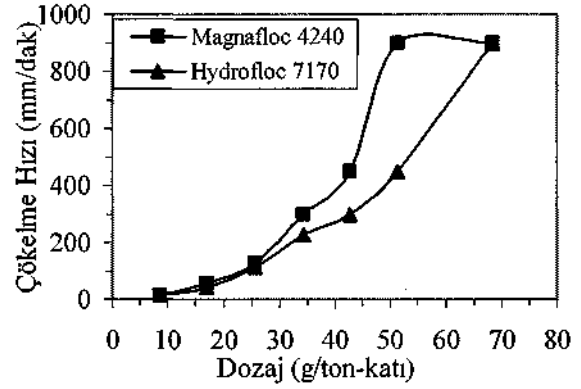
3.3. Flokülant Konsantrasyonunun Etkisi

Süspansiyon veya kolloidal sıvıların fiokülasyonunda flokülant dozajının kontrolü kritik bir durumdur. Dozajın yüksek tutulması, maliyeti artırıcı etkinin yanında taneler arasında köprü yoluyla flok oluşumunu engeller. Optimum flokülant dozajı, katı yüzeyinin yarısını kaplayacak miktardaki dozajı ifade eder (Somasundaran ve Das, 1998). Bu dozajda, tane yüzeylerinin minimum potansiyele ulaşması ve büyük boyutlu flokların oluşması istenir. Yüksek moleküler ağırlığa sahip anyonik flokülantlar, sahip oldukları uzun hidrokarbon zincirleri vasıtasıyla tanelere tutunarak taneler arası köprü oluşturmak suretiyle flok meydana getirirler; kaolinit tipi kil minerallerinin bulunduğu sistemlerde ise yüzeylere hidrojen bağı ile tutunarak duraylı haldeki kolloidal taneciklerin duraysız olmasını sağlarlar.

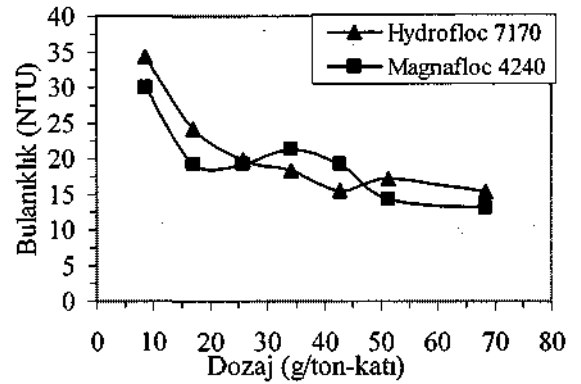
Şekil 5, doğal pH'da süspansiyona eklenen flokülant miktarlarının, tanelerin çökme hızına ve suyun bulanıklığına olan etkisini göstermektedir. Her iki flokülanta ait çökme hızı eğrileri, yüksek dozajlar hariç birbirine benzer bir eğilim göstermektedir. Ancak, Magnafloc 4240 için yüksek flokülant dozajlarında (51,28 g/ton-katı), yüzeylerde meydana gelen aşırı anyon soğurumu ve buna bağlı elektriksel çift tabaka artışı nedeniyle (sterik engel) süspansiyonun çökme hızında bir değişme olmazken, Hydrofloc 7170 için yüksek dozajlarda benzer bir eğilim gözlenmemiştir. 68,38 g/ton-katı'nın üzerindeki dozajlarda yapılan ölçümler hassasiyetini yitirdiğinden doygunluk noktası tespit edilememiştir. Tesis atık suyu ince tane oranı yüksek katı içermesine rağmen, düşük dozajlarda yüksek çökme hızı ve düşük bulanıklık değerleri elde edilmiştir. Buna göre ton başına 42,74 g Hydrofloc 7170 tüketilerek oldukça yüksek bir çökme hızı (300 mm/dakika) ve 15,5 NTU'luk düşük bir bulanıklık elde edilirken, aynı çökme hızına daha düşük miktarda (34,2 g/ton-katı) Magnafloc 4240 ile rahatlıkla ulaşılmıştır. Yeni nesil flokülant Magnafloc 4240 ile bu dozajda elde edilen bulanıklık değeri ise 21,3 NTU'dur.

3.4. pH'nın Etkisi

Süspansiyonun pH değeri, tanelerin duraylılığını büyük ölçüde değiştirdiğinden ve flokülantların iyonlaşma, hidroliz ve süspansiyonda bulunuş düzeni ile yakından ilişkili olduğundan, flokülasyon işleminde çok büyük bir önem taşımaktadır.



(a)



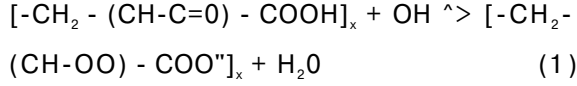
(b)

Şekil 5. Doğal pH'da Hydrofloc 7170 ve Magnafloc 4240 ile yapılan testlerde dozajın çökme hızına (a) ve bulanıklığa (b) etkisi (Karıştırma hızı: 150 dev/dak; Karıştırma süresi: 30 sn; pH= 8,3).

Hydrofloc 7170 ve Magnafloc 4240 varlığında pH'ya bağlı çökme hızı ve bulanıklık eğrileri Şekil 6'de verilmiştir. Her iki flokülant tipi için en yüksek çökme hızı ve en kötü bulanıklık değerleri süspansiyonun doğal pH'sı civarında elde edilmiştir. Bu tip flokülantların fonksiyonel gruplarının etkin olduğu pH aralığı 6 ile 13 arasında değiştiğinden, pH 6'nın altında ve pH 13'ün üzerinde anyonik grupları iyonize olamamakta ve flokülant performansı hızla düşmektedir.

Her iki flokülantın da etkin olmadığı ve çökme hızının hemen hemen sıfıra yaklaştığı pH 2 civarında bulanıklıkta bir iyileşmenin gözlenmesi; kolloidal boyuttaki kil minerallerinin kenar-yüzey (edge-face) etkileşimlerinin meydana getirdiği geniş agregalar (Szynkarczuk vd, 1994; Kunsong ve Pierre, 1999; Johnson vd, 2000; Taylor vd,

2002) ve kömür ve kuvars tanelerinin bu pH civarındaki yüklerinin çok düşük ve hatta sıfır olması dolayısıyla, Van der Waals kuvvetlerinin de etkisiyle, partiküller arası etkileşimin artması nedeniyledir. Çökeltme hızı, nötr ve hafif alkali pH'larda partiküller ile yüksek moleküler ağırlığa sahip anyonik polimer arasında köprü oluşumunun başlaması ve bu yolla büyük flokların oluşması ile artmaktadır. pH artışı ile

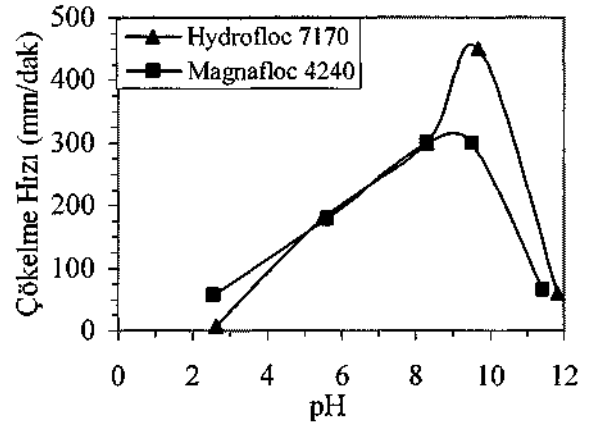


Eşitlik 1 gereğince, anyonik flokülantların karboksilik asit bazlı aktif gruplarının anyonik karakteri arttığından (Yarar, 2001) ve bu yolla süspansiyon daha güçlü bir şekilde iyonize olduğundan her iki polimerin anyonik grupları ile negatif yüklü mineral taneleri arasında meydana gelen elektrostatik itme kuvvetleri, tanelerin çökeltme hızını yavaşlatmaktadır. Yine, ortam pH'sının kireç sütü ile ayarlanması dolayısıyla yüksek pH'larda bol miktarda iki değerlikli Ca^{+2} iyonlarının bulunması, polimer molekülü ile taneler arasındaki etkileşimi kısmen ortadan kaldırmakta (Hogg, 1999; Rattanakawin ve Hogg, 2001), koagülasyon şartlarının ortamda hakim olmasıyla çökeltme hızı düşerken bulanıklık değerlerinde belirgin bir iyileşme sağlanmaktadır. Katı yüzeyinin önemli bir kısmının iki değerlikli kationlarla sarıldığı ve her iki anyonik flokülantın da etkisinin zayıfladığı bu sistemde hakim mekanizma şarj nötralizasyonu olup (Foschee vd, 1982), oluşan flokların boyutları küçük, çökeltme hızları yavaş ve süspansiyonun bulanıklık değeri düşüktür.

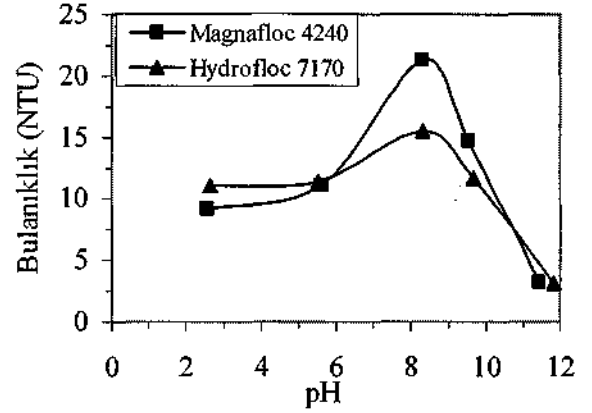
3.5. Fayda-Maliyet Analizi

Fayda-maliyet analizlerinde her bir flokülant için belirlenen dozajlara ait flokülant tüketim maliyetleri, aşağıda verilen bağıntıya göre hesaplanmıştır. Bu bağıntıda verilen tesis fiili çalışma süresi, atık su deşarjı, pülp yoğunluğu ve pülpde katı oranı gibi parametreler işletme parametreleri olup sabit olarak kabul edilmiştir. Değişken parametreler ise flokülant dozajı ve flokülant fiyatlarıdır.

Flokülant olarak Hydrofloc 7170 kullanılması durumunda 42,74 g/ton-katı'lık bir tüketimle elde edilen 300 mm/dak çökeltme hızı ve 15,5 NTU bulanıklık değeri için gerekli olan yıllık flokülant tüketim maliyeti 44509 €'dur. Bununla tanelerin çökeltme hızı 53 kat artmış ve bulanıklık



(a)



(b)

4 6
pH
(b)

Şekil 6. Hydrofloc 7170 ve Magnafloc 4240 ile yapılan testlerde pH'nın çökeltme hızına (a) ve bulanıklığa (b) etkisi. Aynı flokülant ile aynı iyileşme sağlanmıştır. Söz konusu tüketim rakamları ve maliyetler, yeni nesil UMA teknolojisi orta anyonik Magnafloc 4240 ile karşılaştırıldığında aynı çökeltme hızı ve yaklaşık aynı bulanıklık değeri için ihtiyaç duyulan flokülant miktarı 34,19 g/ton-katı olup, bu değer geleneksel orta anyonik flokülant Hydrofloc 7170'den %25 daha az ve işletmeye yıllık maliyeti 20346 € civarındadır (Çizelge 3). UMA teknolojisi orta anyonik Magnafloc 4240 kullanımı ile yıllık flokülant tüketim maliyeti %54 oranında azalmış olacaktır.

Sonuç olarak, aynı çökeltme hızı ve yaklaşık bir bulanıklık değeri için çöktürücü kimyasal olarak yüksek moleküler ağırlığa sahip, iyonizasyon derecesi %35 olan Hydrofloc 7170'in yerine iyonizasyon derecesi %40 olan yeni nesil UMA teknolojisi Magnafloc 4240 flokülantını

Flokülant tüketim maliyeti (€/yıl):

Tesis fiili çalışma x Atık su deşarjı x Pülp yoğunluğu x Pülp te katı oranı x Flokülant dozajı x Flokülant fiyatı
(saat/yıl) (m³/saat) (ton/m³) (%) (g/ton-katı) (€/kg)
7000 700 1,038 5,85

Çizelge 3. Dozaja Bağlı Flokülant Tüketim Maliyetleri ve Flokülant Performansları

	Çökeltme hızı (mm/dakika) Bulanıklık (NTU) Flokülant tüketim maliyeti (€/yıl)						
Dozajlar (g/ton-katı)	8,55	17,09	25,64	34,19	42,74	51,28	68,38
Orta anyonik "Hydrofloc 7170"	15 34,3 8904	43 24,2 17798	113 19,9 26701	225 184 35605	300 15,5 44509	450 17,1 53403	900 15,4 71210
Orta anyonik "Magnafloc 4240"	15 30 5087	56 10,3 10170	128 10,2 15258	300 21,3 20346	450 192 25434	900 14,4 30516	900 13,1 40692

kullanmak, işletme maliyetleri açısından, tesise yılda yaklaşık 24.000 €'luk bir kazanç sağlayabilir. Laboratuvar ölçekte elde edilen verilere göre yapılan bu hesaplamalar bir öngörü mahiyetindedir. Kesin değerlere ancak tesis ölçekte denemeler yaparak ulaşmak mümkündür.

4. SONUÇLAR

Karıştırma süresinin optimizasyonu için yapılan testlerde en uygun karıştırma süresi her iki flokülant için de 30 sn olarak alınmış, bu süre sonunda Hydrofloc 7170 için çökeltme hızı 64,29 mm/dak ve bulanıklık değeri 16,5 NTU; Magnafloc 4240 için ise çökeltme hızı 128,57 mm/dak ve bulanıklık değeri 13,4 NTU olarak tespit edilmiştir.

Her iki flokülant tipi için optimum karıştırma hızı 150 dev/dak alınmış, daha yüksek karıştırma hızlarında çökeltme hızlarında azalma meydana gelmiş, ancak bulanıklık değerlerinde çok büyük düşüşler meydana gelmiştir.

En yüksek çökeltme hızlarına doğal pH 8,3'da ulaşılmış ancak türbidite yükselmiştir. Düşük ve yüksek pH'larda berrak süspansiyonlar elde edilmiş, bu defa çökeltme hızları düşmüştür.

Tesis atık suyu ince tane oranı yüksek katı içermesine rağmen, düşük dozajlarda yüksek çökeltme hızı ve düşük bulanıklık değerlerine ulaşılmıştır. Buna göre ton başına 42,74 g Hydrofloc 7170 tüketilerek oldukça yüksek bir

çökeltme hızı (300 mm/dakika) ve 15,5 NTU'luk düşük bir bulanıklık elde edilirken, aynı çökeltme hızı (türbiditede meydana gelen az bir kötleşmeyle) daha düşük miktarda (34,2 g/ton-katı) Magnafloc 4240 ile rahatlıkla sağlanmıştır. Yeni nesil flokülant Magnafloc 4240 ile bu dozajda 21,3 NTU'luk bir bulanıklık değeri elde edilmiştir.

Söz konusu tüketim rakamları ve maliyetler -aynı çökeltme hızı ve yaklaşık aynı bulanıklık değerleri esas alındığında- etkin ve ekonomik bir arıtma işlemi için yeni nesil UMA teknolojisi Magnafloc 4240'ın daha uygun olduğunu göstermiş, aynı çökeltme hızı ve yaklaşık aynı bulanıklık değeri için ihtiyaç duyulan flokülant miktarı 34,19 g/ton-katı olup, bu değer geleneksel orta anyonik flokülant Hydrofloc 7170'den %25 daha az ve işletmeye yıllık maliyeti 20346 € civarındadır. UMA teknolojisi orta anyonik Magnafloc 4240 kullanımı ile yıllık flokülant tüketim maliyeti %54 oranında azalmış olacaktır. Laboratuvar ölçekte elde edilen bu veriler, numunelerin alındığı Müessesenin yetkili birimlerine ayrıntılı bir rapor halinde sunulmuş ve aynı çalışmanın, sözkonusu tüketim değerleri esas alınarak, tesis ölçekte de yapılmasının işletmeye ekonomik fayda sağlayabileceği bildirilmiştir.

KAYNAKLAR

Ciba Specialty Chemicals,; "Case Study 1- Coal Preparation Plant", Case Studies with UMA Technology, Ciba, England.

- Deutsche Industrie Norm, 1985; "Flockungsmittel für Betriebswasser", DIN 23007, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin.
- Foshee, W.C., Swan, M.J. ve Klimpel, R.R., 1982; "Improvement in Coal Preparation-Water Clarification through Polymer Flocculation", *Mining Engineering*, 34, (3), 293-297.
- Hogg, R., 1999; "The Role of Polymer Adsorption Kinetics in Flocculation", *Colloids and Surfaces A*, **146**, 253-263.
- Hogg, R., 2000; "Flocculation and Dewatering", *International Journal of Mineral Processing*, 58, 223-236.
- Johnson, S.B., Franks, G.V., Scales, P.J., Boger, D.V. ve Healy, T.W., 2000; "Surface Chemistry-Rheology Relationships in Concentrated Mineral Suspensions", *International Journal of Mineral Processing*, 58, 267-304.
- Kaiser, M., 1993; "Application of Combined Flocculation for Solid/Liquid Separation in Coal Preparation", *Aufbereitungs-Technik*, 34, (1), 18-26.
- Kunsong M. ve Pierre, A.C., 1999; "Clay Sediment-structure Formation in Aqueous Kaolinite Suspensions", *Clays and Clay Minerals*, **47**, (4), 522-526.
- Mohammed, A., Weir, S. ve Moody, G., 2000; "Flocculants: Development Trends", *Filtration+Separation*, 37, (8), 24-27.
- Pearse, M.J., 2000; "Flocculant Performance is Enhanced by the Unique Molecular Architecture™ Approach", *World Mining Equipment*, **24**, (9), 60.
- Pearse, M.J., Weir, S., Adkins, S.J. ve Moody, G.M., 2001; "Advances in Mineral Flocculation", *Minerals Engineering*, **14**, (11), 1505-1551.
- Rattanakawin, C. ve Hogg, R., 2001; "Aggregate Size Distribution in Flocculation", *Colloids and Surfaces A*, **177**, 87-98.
- Somasundaran, S. ve Das K. K., 1998; "Flocculation and Selective Flocculation-An Overview", *Innovations in Mineral and Coal Processing*, Ed. S. Atak, G. Önal and M.S. Çelik, 81-91.
- Szynkarczuk, J., Kan, T., Hassan, A.T. ve Donini, J.C., 1994; "Electrochemical Coagulation of Clay Suspensions", *Clays and Clay Minerals*, **42**, (6), 667-673.
- Taylor, M.L., Morris, G.E., Self, P.G. ve Smart, R.St.C., 2002; "Kinetics of adsorption of high molecular weight anionic polyacrylamide onto kaolinite: The Flocculation Process", *Journal of Colloid and Interface Science*, **250**, 28-36.
- Weir, S. ve Moody, G.M., 2001; "Trends in the Development of Flocculants as Aids to Solid/Liquid Separation", *J. Filt. Soc.*, 1, (4), 11-12.
- Yarar, B., 2001; "Evaluation of Flocculation and Filtration Procedures Applied to WSCR Sludge", A Report from B. Yarar, WSRC-TR-20000213, US. Department of Commerce, National Technical Information Service, Springfield, 34.

5.ENDÜSTRİYEL HAMMADDELER SEMPOZYUMU

13-14 MAYIS 2004

İZMİR



TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI,
İZMİR ŞUBESİ



DOKUZ EYLÜL
ÜNİVERSİTESİ

YAZIŞMA ADRESİ:

TMMOB Maden Mühendisleri Odası
İzmir Şubesi
154.Sok.No:6/1 Ufuk Apt. 35040 Bornova/İZMİR
Tel: (0.232) 388 05 20 – 339 40 64 Faks: (0.232) 339 40 64
E-Posta :maden.mo.izmir@superonline.com

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI ZONGULDAK ŞUBESİ TÜRKİYE 14. KÖMÜR KONGRESİ 2-4 HAZİRAN 2004 ZONGULDAK

YAZIŞMA ADRESİ:

Türkiye 14. Kömür Kongresi Sekreterliği
TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Zonguldak Şubesi
Liman Cad.No:9 67020 ZONGULDAK
Tel: (0.372) 251 13 55 – 259 53 81 Faks: (0.372) 253 10 80
E-Posta: madenmod@ttnet.net.tr Web Sayfası: www.maden.org.tr

II. 23-25 EYLÜL 2004 ULUSLARARASI BOR SEMPOZYUMU

ESKİŞEHİR



OSMANGAZI
ÜNİVERSİTESİ



TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI



ETİ
HOLDİNG A.Ş.

YAZIŞMA ADRESİ:

II.ULUSLARARASI BOR SEMPOZYUMU
OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MEŞELİK YERLEŞKESİ
26480 ESKİŞEHİR

TEL: 0222 239 37 50/3433
FAKS: 0222 229 05 35
WEB: www.maden.org.tr/bor2004
E-Posta: bor2004@maden.org.tr