

Farklı Anyonik, Katyonik ve Noniyonik Flokülantların İnce Boyutlu Lavvar Tesisi Atıklarının Çökme Davranışlarına Etkileri

Hasan ÇİFTÇİ^{*1}, Serhat IŞIK²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

²İMBAT Madencilik A.Ş., Eynez, Soma, Manisa

(Alınış / Received: 25.03.2016, Kabul / Accepted: 25.07.2016, Online Yayınlanma / Published Online: 22.08.2016)

Anahtar Kelimeler

Kömür atığı,
Susuzlandırma,
Tikiner,
Flokülant,
Çöktürme

Özet: Bu çalışmada, Dereköy Lavvar Tesisi (Soma, Manisa) tikiner girişinden alınan numune üzerinde anyonik (Akkim Akua 5220, Brentag Brentamer A 2030, Brentag Brentamer A 2530, Bifloc An 254, Minefloc Lot X 4119, 3F Sedifloc 750 AHM), katyonik (Snf 5980 Sl ve 3f Sedifloc 408 C) ve noniyonik (Snf Fa 920) flokülantlar kullanarak katıların çökme davranışları incelenmiştir. Flokülasyon deneyleri altı pervaneli jar test cihazında yapılmıştır. Çökme testlerinde flokülant tipi ve flokülant miktarının lavvar tesisi ince boyutlu artıkların flokülasyonu üzerine etkileri belirlenmiştir. Flokülasyon etkinliği ölçütü olarak çökme hızı ve bulanıklık değerleri dikkate alınmıştır. Anyonik flokülantların özellikle düşük polimer konsantrasyonlarında daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Minefloc Lot X 4119 anyonik flokülant, çökme hızı ve bulanıklık açısından diğer flokülantlara göre daha iyi bir flokülasyon performansı göstermiştir.

The Effects of Different Anionic, Cationic and Non-ionic Flocculants on the Settling Characteristics of the Coal Preparation Fine Tailings

Keywords

Coal tailing,
Dewatering,
Thickener,
Flocculant,
Settling

Abstract: This study investigates settling characteristics of the samples taken from the thickener feed of Dereköy Coal Preparation Plant (Soma, Manisa) using anionic (Akkim Akua 5220, Brentag Brentamer A 2030, Brentag Brentamer A 2530, Bifloc An 254, Minefloc Lot X 4119, 3F Sedifloc 750 AHM), cationic (Snf 5980 Sl, 3f Sedifloc 408 C) and non-ionic (Snf Fa 920) flocculants. Flocculation tests were carried out at jar test apparatus with six mixing paddles. In the settling experiments, the effects of flocculant type and dosage on flocculation of the fine tailings of coal preparation operation were determined. The settling rate and turbidity values were considered as the flocculation performance criteria. It is shown that the anionic flocculants were more effective especially at low flocculant dosages. Minefloc Lot X 4119 anionic polymer showed a better flocculation performance compared to other flocculants from the point of the settling rate and turbidity.

1. Giriş

Katı-sıvı ayırımı, cevher ve kömür hazırlama tesislerinde önemli ve tamamlayıcı bir süreçtir. Pek çok cevher ve kömür hazırlama işlemi sulu ortamda gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, zenginleştirme işlemleri sonrası elde edilen ürünlerden suyun kısmen veya tamamen uzaklaştırılması gerekmekte ve bu işlem katı-sıvı ayırımı yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir.

İnce taneli, özellikle 50 µm tane boyutunun altındaki katı tanelerin katı-sıvı ayırımında yüksek çökme hızı ve dolayısıyla yüksek katı oranı elde etmek

açısından normal sedimantasyon yöntemleri istenilen başarıyı göstermemektedir. Bunun nedenleri ise katı oranı, tane şekli, yüzey özellikleri ve yoğunluk gibi katının özellikleri ile sıvının viskozitesi ve yoğunluğudur [1, 2]. Böyle sorunların çözümünde koagülasyon ve flokülasyon başarılı şekilde kullanılabilir.

Kömür hazırlama tesislerinde katı-sıvı ayırımı çöktürme tanklarında (tikiner) gerçekleştirilir. Burada amaç tekrar kullanılmak üzere berrak bir sıvı ve yoğunluğu yüksek bir çamur elde etmektir. Ancak işlem karmaşık ve sorunludur. Bu durumun nedenleri

arasında süspansiyon içerisinde farklı boyut, şekil ve ağırlıktaki katı taneciklerin varlığı, tanelerin farklı kolloidal davranışları, ortam ile ilgili değişkenler, çözeltiye geçen iyonlar ve bütün bunların birbiriyle olan etkileşimleri sayılabilir [3].

Kolloidal sistemlerde askıda bulunan taneciklerin yüzey yükleri ve zeta potansiyelleri taneciklerin davranış biçimlerini etkilemektedir. Kolloidal boyutlu tanecikler, buldukları sıvı içinde daima elektriksel bir yüzey yüküne sahip olduklarından, taneciğin yüzey yüküne zıt yüklü iyonlar tanecik çevresinde birikir ve tanecik yüzeyinde zıt iyonların derişimi en büyüktür. Yüzeyden uzaklaştıkça zıt iyon derişimi azalır. Tanenin zeta potansiyeli arttıkça taneler arası itme kuvveti artmakta ve daha dengeli bir çözelti olmaktadır. Koloidal taneler ancak kararsız olduğu durumda birleşebilir [4, 5].

Katı-sıvı ayırımının verimli ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesi; flokülasyon tekniği ile ilgili flokülant tipi, flokülant miktarı, süspansiyon pH'sı gibi parametrelerin belirlenmesine ve minerallerin karakterizasyonuna bağlıdır [6-8]. Tesis atıkları içindeki çok ince taneli süspansiyonların, özellikle kil içerikli malzemenin, katı-sıvı ayırımında en çok kullanılan yöntem flokülasyon tekniğidir [9, 10]. Bir süspansiyondaki katı tanelerin en iyi şekilde flokülasyonunu sağlamak için gerekli flokülant miktarı, katının yüzey alanının yarısını kaplayacak miktardaki dozaj olduğu belirtilmektedir. Ortama bu dozajdan fazla flokülant verilirse yani tanelerin yüzeyine fazla miktarda flokülant adsorplanırsa o zaman taneler arası köprü oluşumu engellenmektedir [11]. Bu durum flokülasyon başarısını olumsuz yönde etkilemektedir.

İnce boyutlu katı taneleri içeren süspansiyonlar söz konusu olduğunda, katı-sıvı ayırımı amacıyla katıların tikinerlerde çökmesi çok yavaş olmaktadır. Bu da gerekli tikiner boyutlarını artırmakta veya mevcut kapasitenin azalmasıyla sonuçlanmaktadır. Çökeltme işlemine yardımcı olarak, işlem sırasında polimerik flokülantların kullanılması çöktürme işleminin etkinliğini artırmakta ve böylelikle ince boyutlu taneler için daha verimli bir katı-sıvı ayırımı sağlanabilmektedir.

İnce boyutlu lavvar tesisi atık sularının flokülasyonu ve çökeltme davranışlarıyla ilgili hem yurtiçi hem de yurtdışında yapılmış çalışmalar mevcut olup, yurt içinde yapılan çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Akdemir vd. [12], ince taneli kömürün susuzlandırılmasında (flokülasyon ve filtrasyon) yaygın olarak kullanılan polimerik yapıdaki flokülantla kireç ve gazyağının etkilerini incelemişlerdir. Sabah ve Cengiz [13] tarafından yapılan bir çalışmada; kömür, kaolinit, ilit, muskovit, kuvars gibi mineral maddelerden oluşan kömür hazırlama tesisi atığının çökeltme davranışına poliakrilamitlerin iyonik gruplarının etkisi

incelenmiştir. GLİ Tunçbilek-Ömerler lavvarı tikiner girişinden alınan numune üzerinde, 4 farklı tipte anyonik flokülant ve Na^+ , K^+ , Ca^{+2} elektrolitleri kullanılarak katıların çökeltme davranışlarını belirlenmiştir [3]. Öner [14] tarafından yapılan çalışmada, Konya-İlgın kömürünün flokülasyon özellikleri anyonik (A-130 ve A-150), katyonik (C-521 ve C-577) ve iyonik olmayan (N-100) polimerler kullanılarak araştırılmıştır.

Bu çalışmada, Çiftay-Özdoğanlar A.Ş. Dereköy Lavvar Tesisi tikinere beslenen ince boyutlu tesis atığının susuzlandırılmasında çöktürme performansını artırmak amacıyla farklı anyonik, katyonik ve noniyonik flokülantlar ile flokülasyon testleri gerçekleştirilmiş, süspansiyondaki katı tanelerin çökeltme hızları ve süspansiyonun bulanıklık değişimi incelenmiştir. Ticari ölçekte kullanılan farklı anyonik, katyonik ve non-iyonik flokülantlardan lavvar tesisi atık suyun doğal pH'sında katı taneleri en iyi çöktürme performansı gösteren flokülant belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Numune

Deneyel çalışmalarda kullanılan numune, Çiftay-Özdoğanlar A.Ş. Dereköy Kömür Lavvar Tesisi (Soma, Manisa) tikiner girişinden 4 gün boyunca belirli aralıklarla temsili olarak alınmıştır. İnce boyutlu atık kömür numunesinin özelliklerini belirlemek amacıyla kimyasal ve mineralojik testler gerçekleştirilmiştir. Numunenin kimyasal ve mineralojik testleri, akreditasyon sertifikasına sahip MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Atık kömür numunesinin kuru baza göre fiziksel ve kimyasal analiz değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tikiner girişi kömür atık numunesinin yaş elek analiz sonucu Tablo 2'de gösterilmiştir. Tikiner girişi atık numunesinin d_{80} ve d_{50} tane boyutunun sırasıyla 70 μm ve 20 μm altında olduğu görülmektedir (Tablo 2). Atık numunesinin mineralojik bileşimini belirlemek için, temsili alınan numuneye X-Işınları Difraktometre (XRD) analizi yapılmıştır. XRD analizi sonucunda numunenin kömür ile birlikte kuvars (SiO_2), kalsit (CaCO_3), klorit ($(\text{Mg,Fe,Al})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$), mikroklin (KAlSi_3O_8) ve beidellit ($(\text{Na}0.5\text{Al}_2(\text{Si}_3.5\text{Al}_{0.5})\text{O}_{10}(\text{OH})_{2.n}(\text{H}_2\text{O}))$) içerdiği belirlenmiştir (Şekil 1).

2.2. Yöntem

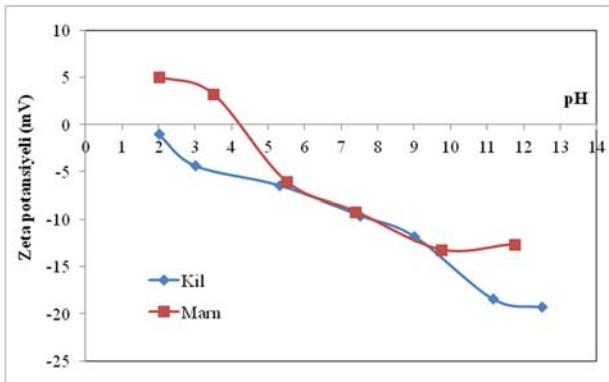
Flokülasyon deneylerinde ticari olarak kullanılan 9 farklı flokülant test edilmiştir. Bunlardan 6 tanesi anyonik (Minefloc Lot X 4119, Brentamer A 2030, Brentamer A 2530, BIFLOC AN 254, Akkim Akua END 5220, Sedifloc 750 AHM), 2 tanesi katyonik (Sedifloc 408 C, Snf 5980 SL) ve 1 tanesi de non-iyonik (Snf FA 920 PwG) flokülanttır (Tablo 3).

Tablo 3. Deneysel çalışmalarda kullanılan flokülantlar ve özellikleri

Ticari adı	Şarj tipi	İyon aktivitesi	Molekül ağırlığı	Etkin pH aralığı
Minefloc Lot X 4119	Anyonik	Orta	Yüksek	6.0-8.0
AKUA END 5220	Anyonik	Orta	Yüksek	6.0-8.0
Bifloc AN 254	Anyonik	Orta	Yüksek	6.0-8.0
Brentamer A 2030	Anyonik	Orta	Yüksek	6.0-8.0
Brentamer A 2530	Anyonik	Orta	Yüksek	6.0-8.0
Sedifloc 750 AHM	Anyonik	Orta	Yüksek	4.0-13.0
Snf 5980 SL	Katyonik	Orta	Yüksek	2.5-4.5
Sedifloc 408 C	Katyonik	Orta	Orta	4.0-13.0
Snf FA 920 PwG	Non-iyonik	-	Çok yüksek	6.0-8.0

3. Bulgular ve Tartışma

Dereköy lavvar tesisi tikiner girişinden alınan numune içerisinde yer alan marn ve kil minerallerinin zeta potansiyel eğrileri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Tikiner atık numunesinde bulunan kil ve marnın pH'ya göre zeta potansiyel eğrileri

Marn pH 4.2'ye kadar pozitif yük ve bu pH değerinden sonra negatif zeta potansiyeline sahiptir. Ancak kil minerali ölçülebilen bütün pH değerlerinde negatif yüzey yükü taşımaktadır (Şekil 2). Bu bakımdan marnın sıfır yük noktası pH 4.2 iken, kil mineralinde ise sıfır yük noktası görülmemektedir.

Soma bölgesi kömürüyle yapılan çalışmalarda zeta potansiyeli ölçümlerinde, ölçülebilen pH 3-11 aralığında kömürün negatif bir zeta potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir. Tüm pH değerlerinde yüzey yükünün -19 mV ile -45 mV arasında değiştiği ifade edilmektedir [15].

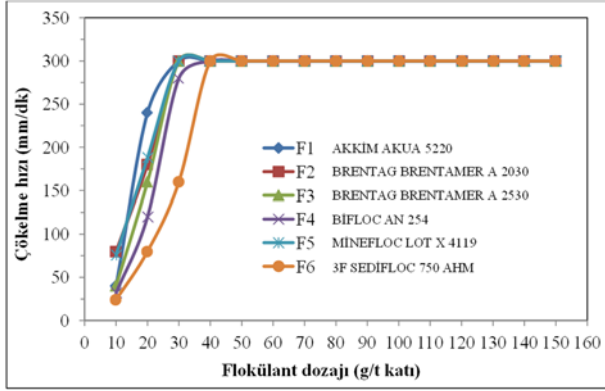
Literatürde ayrıca linyit kömürünün zeta potansiyeli ölçümlerinde, ölçülebilen pH 3-11 aralığında kömürün negatif bir zeta potansiyeline sahip olduğu ve artan pH ile kömürün negatif potansiyeli de arttığı belirtilmiştir. Kömür yüzeyi hidroksil ve karboksil grupları ile kaplı olmasından dolayı bu gruplar suda negatif yük taşıdıklarından kömür yüzeyi de negatif zeta potansiyeline sahiptir ve ortama hidroksil adsorplanmasından dolayı kömür yüzeyindeki negatif yük de artmaktadır [16]. Ayrıca kömür lavvarı (Tunçbilek-Ömerler) killeriyle daha önce yapılmış çalışmalarda, tüm pH değerlerinde yüzey yükünün -25 mV ile -32 mV arasında değiştiği ve denge pH'sının 8-8.5 civarında olduğu ölçülmüştür [17, 18].

Lavvar tesisi tikiner girişi şlam numunesinin çeşitli anyonik, katyonik ve non-iyonik flokülantlar ile flokülasyonu üzerine anyonik karakterli flokülantlar Akkim Akua 5220 (F1), Brentag Brentamer A 2030 (F2), Brentag Brentamer A 2530 (F3), Bifloc AN 254 (F4), Minefloc Lot X 4119 (F5), 3F Sedifloc 750 AHM (F6), katyonik karakterli flokülantlar Snf 5980 SL (F7) ve 3F Sedifloc 408 C (F8) ve non-iyonik (iyonik olmayan) flokülant Snf FA 920 PwG (F9) kullanılarak flokülasyon deneyleri gerçekleştirilmiş ve deneylerde çökeltme hızları ve bulanıklık değerlerinin değişimi gözlenmiştir (Şekil 3-8). Bu testler numunenin orijinal pH değeri olan 7.9'da yapılmıştır. Flokülasyon deneylerinin gerçekleştirildiği pH 7.9'da şlam numunesinde bulunan kömür, kil, kuvars minerallerinin ve anyonik polimerlerin aynı yüzey yüküne sahip olmalarına karşın, bu minerallerin yüzeyine adsorplanmış bazı metal iyonları (Ca^{+2} , Mg^{+2} vb.) ile anyonik polimer zincirindeki negatif aktif gruplar (karbonil, $-COO^-$) arasında bir kovalent bağ (katyonik köprü) oluşumu ile polimer adsorpsiyonu gerçekleştiği söylenebilir. Literatürde özellikle kaolenitin poliakrilamid esaslı anyonik flokülant ile flokülasyonunda poliakrilamid (PAA) ile kaolenit yüzeyindeki Ca^{+2} iyonları arasında böyle bir bağ oluşumu ifade edilmektedir [19].

Anyonik flokülantlar ile yapılan deneylerde 30 g/t katı dozajına kadar çökeltme hızları artmış, bu dozaj değerinden sonra ise çökeltme hızları sabit kalmış ve bir artış gözlenmemiştir (Şekil 3). Çökeltme hızlarının 30 g/t katı dozajından sonra sabit kalması ve ayrıca bulanıklık değerlerinin de bu dozajdan sonra bir miktar artış göstermesi açısından anyonik flokülantlar için optimum dozajın 30 g/t katı olduğu söylenebilir. Yüksek molekül ağırlığına sahip anyonik flokülantlar, sahip oldukları uzun hidrokarbon zincirleri vasıtasıyla tanelere tutunarak taneler arası köprü oluşturmak suretiyle flokül meydana getirmektedirler. Kaolinit tipi kil minerallerinin bulunduğu sistemlerde ise yüzeylere hidrojen bağı ile tutunarak duraylı haldeki koloidal taneciklerin duraysız olmasını sağlarlar [19, 20].

Katının yüzey alanının yarısını kaplayacak şekilde ilave edilen flokülant dozajı, optimum dozaj olarak ifade edilmektedir [21]. Optimum dozajdan daha yüksek dozajlarda tanelerin yüzeyinde flokülantların tutunabilmesi için hiç boşluk kalmamaktadır. Bu durum köprü teşekkülü ile flokülasyonu olumsuz yönde etkilemektedir [10]. Bu durum flokülantların

aşırı dozajda sterik engeli olarak da bilinmektedir [22, 23].



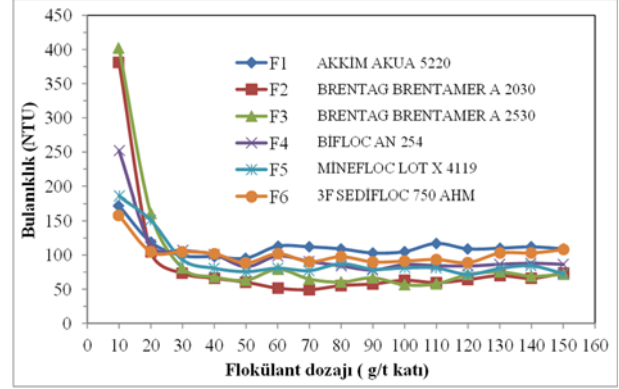
Şekil 3. Farklı anyonik flokülantlar varlığında flokülant dozajına bağlı elde edilen çökeltme hızı eğrileri (Kati oranı: %5, pH: 7.9, Sıcaklık: 25 °C, Karıştırma hızı: 100 d/dk)

Deneysel olarak anyonik flokülant dozajının artmasıyla bulanıklıkta azalma meydana gelmiş, fakat çökeltme hızı açısından optimum dozaj olarak belirlenen 30 g/t katı'dan daha yüksek dozajlarda süspansiyonun bulanıklığının azalmadığı gözlemlenmiş ve birbirine yakın değerlerde ölçülmüştür. Genel olarak anyonik flokülantların tamamında en düşük bulanıklık değerleri 50 g/t katı flokülant dozajında 68-97.7 NTU aralığında gerçekleşmiştir (Şekil 4). Brentag Brentamer A 2030 (F2) ve Brentag Brentamer A 2530 (F3) flokülantların varlığında 10 g/t katı dozajında diğer flokülantlara göre katı tanelerin daha yüksek çökeltme hızı göstermesine karşın, bulanıklık değerleri bu dozaj değerinde diğer flokülantlara göre oldukça yüksek elde edilmiştir.

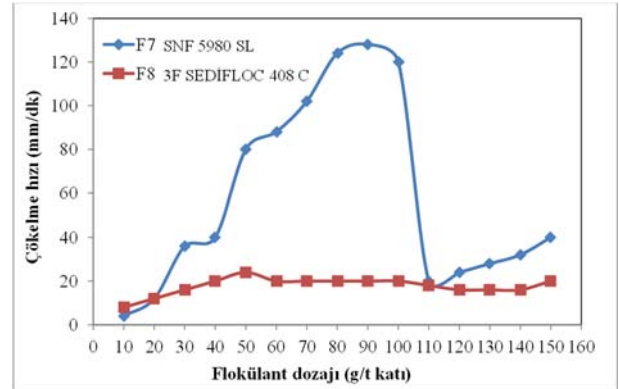
Snf 5980 SL (F7) ve 3F Sedifloc 408 C (F8) katyonik flokülantlarının anyonik flokülantlara göre çökeltme hızlarının daha yavaş olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3 ve 5). Bunun nedeni olarak katyonik flokülantlar ile oluşan flokların boyutunun anyonik flokülantlarla oluşan floklara göre daha küçük olmasından kaynaklandığı söylenebilir. 3F Sedifloc 408 C (F8) flokülantta dozaj miktarının 150 g/t katı'ya kadar artırılmasına rağmen, çökeltme hızı 25 mm/dk'yı geçmediği görülmüştür. Snf 5980 SL (F7) flokülant ile 90 g/t katı dozajında en yüksek çökeltme hızına (128 mm/dk) ulaşıldıktan sonra, dozaj değeri artırıldığında çökeltme hızında büyük bir düşüş gözlemlenmiştir (Şekil 5). Ancak Snf 5980 SL (F7) ile yapılan flokülasyon testinde elde edilen bulanıklık değerleri diğer katyonik flokülanta (F8) ve anyonik flokülantlara göre oldukça düşüktür (Şekil 6).

Pozitif şarj taşıyan Snf 5980 SL (F7) ve 3F Sedifloc 408 C (F8) polimerlerinin negatif şarj taşıyan kömür yüzeylerine adsorpsiyonu bakımından elektrostatik ilişkinin bir avantaj sağlayabileceği düşünülse de, bunun ikincil bir öneme sahip olduğu elde edilen sonuçlardan anlaşılmaktadır. Katyonik flokülantlarla yapılan flokülasyonda belli bir dozaja kadar çökeltme hızı artmış, daha sonra sabit kalmış ve daha yüksek dozajlarda da çökeltme hızı azalmıştır. Katyonik

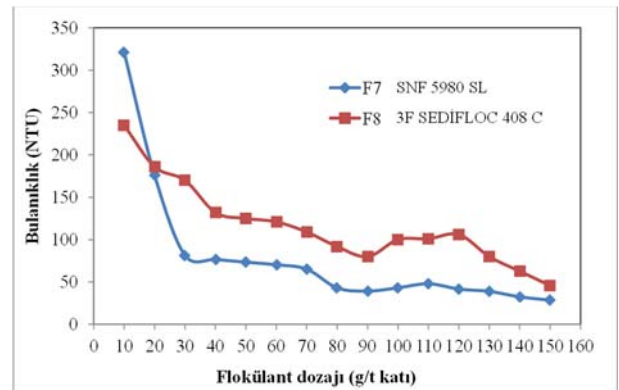
polimerler ile flokülasyonun daha çok elektrostatik yük yamama yöntemiyle gerçekleştiği söylenebilir. Bu mekanizmanın polimer köprü teşekkülü mekanizmasına göre flokülasyon üzerine etkisi daha azdır [22]. Buna dayanarak katyonik flokülantların flokülasyon performansı anyonik flokülantlara göre daha düşük olup, yeni oluşan flokların çökeltme hızı düşüktür (Şekil 5).



Şekil 4. Farklı anyonik flokülantlar varlığında flokülant dozajına bağlı elde edilen bulanıklık eğrileri (Kati oranı: %5, pH: 7.9, Sıcaklık: 25 °C, Karıştırma hızı: 100 d/dk)



Şekil 5. Farklı katyonik flokülantlar varlığında flokülant dozajına bağlı elde edilen çökeltme hızı eğrileri (Kati oranı: %5, pH: 7.9, Sıcaklık: 25 °C, Karıştırma hızı: 100 d/dk)



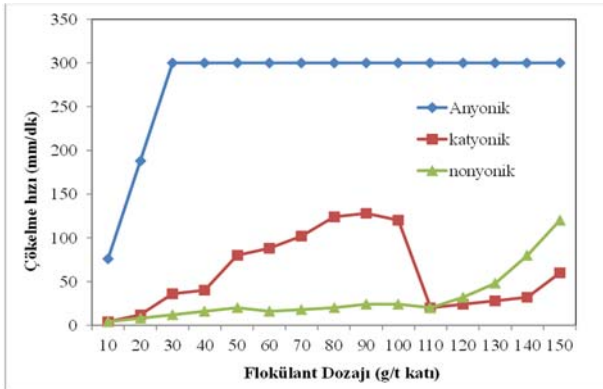
Şekil 6. Farklı katyonik flokülantlar varlığında flokülant dozajına bağlı elde edilen bulanıklık eğrileri (Kati oranı: %5, pH: 7.9, Sıcaklık: 25 °C, Karıştırma hızı: 100 d/dk)

Snf 5980 SL (F7) flokülantı ile yapılan deneylerde katyonik 3F Sedifloc 408 C (F8) ve anyonik flokülantlara göre bulanıklık değerleri daha düşüktür. Özellikle 80 g/t katı'dan daha yüksek flokülant

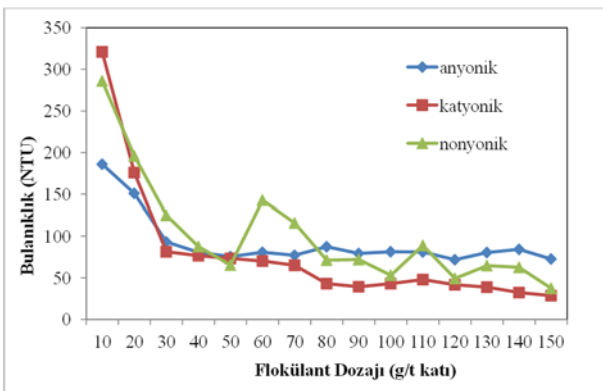
dozajlarında bulanıklık değeri 50 NTU'nun altındadır (Şekil 6).

Non-iyonik flokülant olan Snf FA 920 PwG (F9) marka flokülantın düşük dozajlarda etkisi oldukça az olduğu ve yüksek dozajlarda bile anyonik flokülantlara göre çökeltme hızının yavaş olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). Non-iyonik flokülantın varlığında düşük bulanıklık değerleri ancak yüksek flokülant dozajlarında gözlemlenmiştir (Şekil 8). Non-iyonik flokülantla yapılan deneylerde düşük dozajlarda flokülasyon performansının düşük olmasının sebebi non-iyonik formdaki polimer zincir yapısından kaynaklanmaktadır. Non-iyonik flokülantın yumaklaşan kıvrımlı yapısı taneler arasında köprü oluşumunu zorlaştırmaktadır, dolayısıyla flokülasyonu olumsuz etkilemektedir [6].

Non-iyonik flokülant kullanıldığında ancak yüksek dozajlarda çökeltme hızının yüksek olduğu görülmüştür. Ancak Snf FA 920 PwG (F9) ile yüksek dozajlarda elde edilen çökeltme hızları anyonik flokülantlar varlığında düşük dozajlarda ulaşılan çökeltme hızlarından oldukça düşüktür (Şekil 3 ve 7).



Şekil 7. Anyonik flokülant (Minefloc Lot X 4119), katyonik flokülant (Snf 5980 SL) ve non-iyonik flokülant (Snf FA 920 PwG) ile elde edilen çökeltme hızlarının karşılaştırılması (Kati oranı: %5, pH: 7.9, Sıcaklık: 25 °C, Karıştırma hızı: 100 d/dk)



Şekil 8. Anyonik flokülant (Minefloc Lot X 4119), katyonik flokülant (Snf 5980 SL) ve non-iyonik flokülant (Snf FA 920 PwG) ile elde edilen bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması (Kati oranı: %5, pH: 7.9, Sıcaklık: 25 °C, Karıştırma hızı: 100 d/dk)

Flokülasyon deneylerinde en iyi sonuç elde edilen anyonik flokülant (Minefloc Lot X 4119), katyonik flokülant (Snf 5980 SL) ve noniyonik flokülant (Snf FA 920 PwG) kullanılarak elde edilen çökeltme hızları ve bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması Şekil 7 ve 8'de gösterilmiştir. Anyonik flokülant varlığında katyonik ve non-iyonik flokülantlara göre düşük dozajlarda bile yüksek çökeltme hızı ve düşük bulanıklık değerleri elde edilmiştir (Şekil 7 ve 8).

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Dereköy Lavvar Tesisi (Soma, Manisa) tikiner girişinden alınan numune üzerinde anyonik (Akkim Akua 5220 (F1), Brentag Brentamer A 2030 (F2), Brentag Brentamer A 2530 (F3), Bifloc AN 254 (F4), Minefloc Lot X 4119 (F5), 3F Sedifloc 750 AHM (F6)), katyonik (Snf 5980 SL (F7) ve 3F Sedifloc 408 C (F8)) ve non-iyonik (Snf FA 920 PwG (F9)) flokülantlar kullanarak katıların çökeltme davranışları incelenmiştir. Çökeltme testlerinde flokülant tipi ve flokülant miktarının lavvar tesisi ince boyutlu atıkların flokülasyonu üzerine etkileri ortaya konmuştur.

Flokülasyon deneyleri sonucunda, süspansiyonun doğal pH'sında anyonik flokülantların varlığında, katyonik ve non-iyonik flokülantlara göre çökeltme hızları yüksek olup, düşük dozajlarda (30 g/t katı) bile etkili bir şekilde flokülasyon gerçekleşmiştir.

Minefloc Lot X 4119 anyonik flokülant ile yapılan deneylerde bulanıklık değerlerinin düşük ve çökeltme hızının yüksek olması açısından ve ayrıca birim fiyatının (2,25€/kg) diğer flokülantlara (2,4–2,8€/kg) göre daha ucuz olmasından dolayı, lavvar tesisi atık suyunun flokülasyonu için en uygun flokülant olduğu belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmayı, 3413-YL1-13 no'lu proje ile destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Svarovsky, L. 1981. Characterization of particles suspended in liquids. Solid-Liquid Separation, 2nd edition, London: Butterworth & Co (Publishers) Ltd., 9-32.
- [2] Mpofu, P., Mensah, J.A., Ralston, J. 2005. Interfacial Chemistry, Particle Interactions and Improved Dewatering Behaviour of Smectite Clay Dispersions. Int. J. Min. Procc., 75, 155-171.
- [3] Bentli, İ. 2010. Kömür Lavvar Tesisi Atıkların Flokülasyonunda İnorganik Elektrolitlerin Etkisi. Ekoloji, 19(76), 71-77.

- [4] Ballice, L., Yüksel, M., Sağlam, M. 1997. Kolloidal Sistemli Su Kirliliklerinin Giderilmesinde Kimyasal Çöktürme (Yumaklaştırma) İşleminin Uygulanması. *Ekoloji*, 7(25), 3-6.
- [5] Bajza, Z., Hitrec, P., Muzic, M. 2005. Influence of Different Concentrations of $Al_2(SO_4)_3$ and Anionic Polyelectrolytes on Tannery Wastewater Flocculation. *Desalination*, 171, 13-21.
- [6] Hogg, R. 2000. Flocculation and Dewatering. *International Journal Mineral Processing*, 58, 223-236.
- [7] Sarioğlu, M., Cebeci, Y., Beyazit, N. 2002. Investigation of the Effects of Some Operating Parameters Using Anionic and Cationic Flocculants for Removing Solid Material in the Lignite. *Asian Journal Chemistry*, 14(1), 388-394.
- [8] Mpofo, P., Mensah, J.A., Ralston, J. 2003. Investigation of the Effect of the Polymer Structure Type on Flocculation, Rheology and Dewatering Behaviour of Kaolinite Dispersions. *Int. J. Min. Procc.*, 71, 247-268.
- [9] Sivamohan, R. 1990. The Problems of Recovering Very Fine Particles in Mineral Processing - A Review. *International Journal Mineral Processing*, 28, 247-288.
- [10] Somasundaran, P., Das, K.K. 1998. Flocculation and selective flocculation - an overview. *Innovation in Mineral and Coal Processing*, Atak S, Önal G, Çelik MS (eds), A.A. Balkema Publishers, 81-91, Rotterdam.
- [11] Ersoy, B. 2003. Mermer İşleme Tesisi Atık Su Arıtımında Kullanılan Flokülantların Tanımı. *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM'2003)*, 18-19 Aralık, Afyonkarahisar, 449-462.
- [12] Akdemir, Ü., Aydoğan, S., Canbazoğlu, M., Özkan, A. 1999. Kömürün Susuzlandırılmasında Polimerlerle Diğer Bazı Reaktiflerin Karşılaştırılması. *Türkiye 16. Madencilik Kongresi*, 15-18 Haziran, Ankara, 411-417.
- [13] Sabah, E., Cengiz, İ. 2004. Poliakrilamidlerin İyonik Grupların Kömür Hazırlama Tesisi Atıklarının Çökeltme Davranışına Etkisi. *Türkiye 14. Kömür Kongresi*, 02-04 Haziran, Zonguldak, 133-140.
- [14] Öner, B. 2011. Konga-İlgün kömürün polimerik flokülasyonu. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 44 s., Konya.
- [15] Boylu, F., Ateşok, G., Özer, M. 2005. Farklı Türdeki Türk Kömürlerinin Kömür - Su Teknolojisinde Viskozite Özellikleri. *Türkiye 19. Uluslar arası Madencilik Kongresi*, İstanbul, 305-312.
- [16] Lekili, M. 1985. Okside Kömürün Karakteristikleri ve Kömür Hazırlama Tesisi Performansına Etkisi. *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 9. Kongresi*, Ankara, 315-323.
- [17] Malayoğlu, U., Akar, A., Seyrenkaya, A. 1998. Developing Sedimentation Criteria for Silimes of Ömerler Coal Washing Plant by Flocculation. In: Atak S., Önal G., Çelik M.S. (eds), *Innovation in Mineral and Coal Processing*, A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, 195-200.
- [18] Sabah, E., Erkan, Z.E. 2006. Interaction Mechanism of Flocculants With Coal Waste Slurry. *Fuel*, 85, 350-359.
- [19] Stutzmann, Th., Siffert, B. 1977. Contribution to the Adsorption Mechanism of Acetamide and Polacrylamide on to Clays. *Clays and Clay Min.*, 25, 392-406.
- [20] Cengiz, İ., Sabah, E., Erkan, Z.E. 2004. Geleneksel ve UMA (unique molecular architecture) Teknolojisi Polimerlerin Flokülasyon Performansları Üzerine Bir Araştırma. *Madencilik*, 43(1), 15-23.
- [21] Alptekin, A.M. 2006. Doğal taş atık sularının flokülasyon/koagülasyon yöntemiyle arıtılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 77 s., Afyonkarahisar.
- [22] Gregory, J. 1989. Fundamental of Flocculation. *Critical Reviews in Environmental Controls*, 19(3), 185-230.
- [23] Yazar, B. 2001. Evaluation of Flocculation and Filtration Procedures Applied to WSCR Sludge. A Report from B. Yazar, WSRC-TR-20000213, US. Department of Commerce, National Technical Information Service, Springfield, 34.