

MERMER İŞLEME TESİSİ ATIK SU ARITIMINDA KULLANILAN FLOKÜLANTLARIN TANITIMI

Bahri ERSOY*

* AKÜ, Teknoloji Ar-Ge ve Eğitim Merkezi (TAGEM). AFYON -
bersoy@aku.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, genel anlamda herhangi bir su veya atık su içerisinde askıda duran katı tanelerin, özel anlamda ise bir mermer işleme tesisi atık suyunda bulunan mermer tozlarının çöktürülmesinde kullanılan flokülantların (polimerlerin) geniş bir çerçevede tamunu yapılmakta ve ayrıca flokülant seçiminde ve dolayısıyla flokülasyon işleminde etkili olan parametreler ele alınmaktadır.

Anah'ar Kelimeler: Mermer tozu, flokülant, atık su arıtımı

DESCRIPTION OF FLOCCULANTS USED IN CLEANING OF WASTE WATER OF MARBLE PROCESSING PLANT

ABSTRACT

In this work, flocculants used for settling of suspended particles in any water or wastewater and especially suspended marble powders present in a wastewater of marble processing plant are presented. In addition, parameters which may influence flocculation process and the selection of the flocculant are evaluated.

Key Words: Marble powder, flocculant, waste water cleaning

1. Giriş

MTA raporlarına göre Türkiye 5 milyar metreküp mermer rezervi (Görünür + Muhtemel + Mümkün) ile dünya mermer potansiyelinin yaklaşık %40'ına sahiptir ve Afyon'daki mermer potansiyelinin Türkiye'deki payı ise %12.2'dir [1]. Afyon bölgesinde yaklaşık 50 si büyük çaplı entegre tesis olmak üzere toplam 400 civarında mermer işleme tesisi vardır [2]. Afyon bölgesindeki işletmelerde mermer blok ve plakalarının kesilmesi ve parlatılması sırasında ortaya çıkan mermer tozu miktarı yılda yaklaşık 150.000 ton civarında olduğu tahmin edilmektedir [3], Önenç (2001)'in

çalışmasına göre 1 m³*lük (yaklaşık 3 ton ağırlığında) bir blokun işlenmesi sırasında açığa çıkan toz miktarı, bloktan elde edilecek plaka kalınlığına bağlı olarak, blok ağırlığının %30-40' ı arasında değişmektedir [4],

Mermer işletmelerinde ince boyutlu toz atıklar katrak veya S/T gibi blok mermer kesiminden, yan kesme ve baş kesme makinalarının kullanımından ve bunun yanında silme ve cilalama işlemlerinden ortaya çıkmaktadır [4]. Meydana gelen bu tozların iri boyutlu olanları (0.1-2 mm) atık havuzuna giderken kanallarda yerçekimi (gravitasyon) kuvvetiyle kendiliğinden çökmektedir. Daha ince boyutlu (-0.1 mm) olanlar ise su içerisinde askıda kalmaktadır. Askıda kalan bu ince boyutlu mermer tozları ise genelde çöktürme tankında flokülant ilavesiyle çöktürülebilmekte ve böylece katı tanelerden arındırılmış veya askıda katı miktarı en aza indirilmiş temiz su elde edilebilmektedir. Bu su ise yeniden mermer işlenmesinde kullanılabilir.

Yapılan araştırmaya göre Afyon bölgesinde arıtma sistemi olan 30'a yakın mermer işleme tesisi bulunmakta ve farklı tür mermer tozlarının (Traverten, Afyon beyaz, Akşehir siyah mermer vb.) işlendiği bu tesislerde, genelde yüksek molekül ağırlıklı orta anyonik (anyoniklik derecesi %20 civarında) flokülant kullanılmaktadır [5]. Bu çalışmanın temel amacı mermer sektöründe atık su arıtma işlemleriyle ilgilenenlere flokülantlar ve dolayısıyla flokülasyon (serbest tanelerin bir araya getirilerek kümeleştirilmesi) hakkında temel bilgiler vermek ve bu sayede onların daha verimli ve bilinçli çalışmasına katkı sağlamaktır.

2. Flokülantlar

2.1. Flokülantların Tanımı ve Özellikleri

Flokülantlar organik esaslı polimerler veya polielektrolitlerdir. En önemli özellikleri çok yüksek molekül ağırlıklarına sahip olmalarıdır (molekül ağırlıkları 20.000.000 g/mol'a kadar çıkabilmektedir). Flokülantları en genel manada sentetik ve doğal flokülantlar olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Doğal flokülantlar nişasta, reçine, aljinat (deniz yosunu) veya çeşitli bitki ve sebze tohumlarından elde edilen doğal organik maddelerdir [6]. Fakat bunların molekül ağırlıkları sentetik flokülantlara göre çok düşük ve flokülasyon kabiliyeti daha zayıftır. Bu yüzden pratikte en çok kullanılanlar sentetik flokülantlardır. Sentetik flokülantlar sıvı, emülsiyon veya katı (granül) olarak üç farklı fiziksel formda üretilmektedir

Mermer atık su arıtımında genelde katı granüî haldeki sentetik flokülantlar kullanılmaktadır.

Sentetik Flokülantlar: Sentetik olarak elde edilen en önemli ve en yaygın flokülant poliakrilamid (PAA) ve onun türevleridir (Şekil 2.1, 2.2 ve 2.3). PAA akrilamidin sulu polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Poliakrilamid esas itibarıyla iyonik olmayan (non iyonik) bir flokülant olup poliakrilamidin bazı amid gruplarının (-NH₂) bazik ortamda (mesela NaOH ile) hidroliziyle veya akrilikasit (CH₂=CHOOH) ile kopolimerizasyonu (birarada polimerleşmesi) sonucu anyonik poliakrilamid (mesela sodyum poliakrilat) elde edilebilmektedir (Şekil 2.2). Mermer tozlarının flokülasyonunda kullanılanlar ise genellikle bu tür anyonik flokülantlardır. Gerek hidroliz ve gerekse kopolimerizasyon reaksiyonları kontrol edilebilmekte olup, bu sayede istenilen anyoniklik derecesinde (negatif yük yoğunluğunda) ve istenilen molekül ağırlığında flokülant elde edilebilmektedir [6]. Poliakrilamid'den anyonik flokülant türetildiği gibi uygun bir katyonik monomer (genellikle dimetil-aminoetil akrilat veya metil akrilat gibi akrilamidin amin türevleri) ile kopolimerizasyonu sonucu katyonik PAA yani katyonik tür flokülant elde edilebilir. Flokülantın yapısına giren bu amin türevleri polimerizasyon sonucu kuaterner amin formuna dönüşmektedir. Katyonik bir PAA'nın açık kimyasal formülü Şekil 2.3'de verilmiştir. Anyonik PAA de olduğu gibi karboniklerde de polimerizasyon reaksiyonları kontrol edilerek istenilen katyoniklik derecesinde ve molekül ağırlığında PAA elde edilebilir.

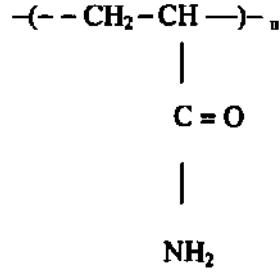
Yukarıda anlatılan PAA esaslı bu flokülantlardan başka kullanılacak diğer tür flokülantlar da vardır [6]. Bunlar; I) Noniyonikler: Polivinil alkol (PVA), Polietilen oksit (PEO); II) Anyonikler: Sodyum poliestren sülfonat, 2-AkriJamido-metilpropan ile sülfonik asitin kopolimerizasyonundan elde edilen ürünler, III) Katyonikler: Polietilen amin, Polidaiydimetilamonyum klorit (Catfloc).

Flokülantların Sınıflandırılması: Flokülantlar 2 ana sınıflandırmaya tabi tutulabilir. Birincisi iyonik veya iyonik olmayan (non-iyonik) formlarına göre yapılan sınıflandırma (Tablo 1) ve ikincisi ise molekül ağırlıklarına göre yapılan sınıflandırmadır (Tablo 2). Flokülantların yük yoğunlukları diğer ifadeyle anyoniklik veya katyoniklik derecesi gözönüne alındığında Tablo 1 içerisinde de yeniden bir alt sınıflandırma yapmak mümkündür. Mesela zayıf anyonik, orta anyonik ve güçlü anyonik gibi. Burada zayıf anyonik polimer zincirindeki anyonik mer yani grup (mesela Na-akrilat)

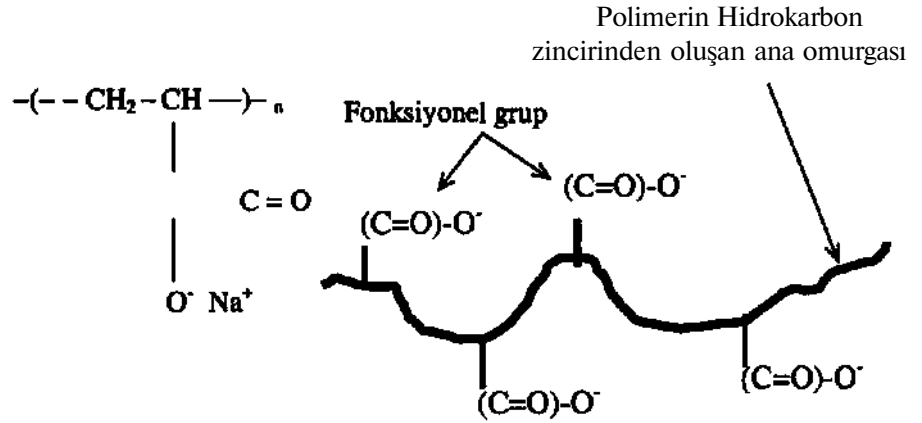
sayısının az olmasını ifade eder ve bu sayının artışına göre orta ve güçlü anyonik flokülant olarak isimlendirilir.

2.2 Flokülantların Kullanım Amacı: Flokülasyon

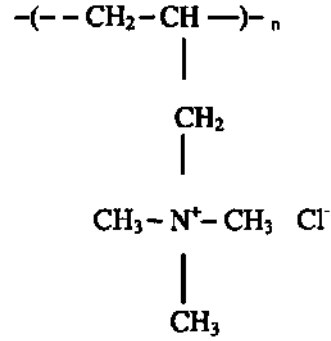
Flokülantların mermer atık sularının arıtımında kullanımının temel amacı sulu atık havuzlarında veya tankında çökmeden askıda duran mermer



Şekil 2.1. Poliakrilamid (PAA) esaslı non-iyonik flokülantın yapısı.



Şekil 2.2. PAA esaslı anyonik flokülant (Na-Poliakrilat)'ın yapısı (Mermer tozu flokülasyonunda kullanılan).



Şekil 2.3. PAA esaslı katyonik bir flokülant olan Kuaterneraminli Poliakrilamid'in yapısı.

tanelerini bir araya getirip gravitasyon kuvvetini artırarak çökelmesini sağlamak ve böylece katı tanelerden arındırılmış veya askıda katı miktarı en aza indirilmiş temiz su elde edebilmektedir.

Tablo 1: Flokülantların iyonik/non-iyonik formlarına göre sınıflandırılması.

Flokülant Tipi	İyoniklik Derecesi
<i>Noniyonik</i>	
<i>Anyonik</i>	Zayıf Anyonik, Orta Anyonik, Güçlü Anyonik
<i>Katyonik</i>	Zayıf Katyonik, Orta Katyonik, Güçlü Katyonik

Tablo 2 : Flokülantların molekül ağırlıklarına göre sınıflandırılması.

Molekül Ağırlığı (g/mol)	Genel Tanımlama
10 milyon ve üstü	Çok yüksek
1-10 milyon	Yüksek
200.000 -1 milyon	Orta
100.000-200.000	Düşük
50.000-100.000	Çok düşük
50.000'den az	Çok çok düşük

Bir sıvı içerisindeki disperse katı tanelerinin bir araya getirilmesi (topaklanma, salkımlaşma veya floklaşma) ortama katılan yüksek molekül ağırlıklı (uzun hidrokarbon zincirli) organik polimerler veya polielektrolitlerin taneler arasında bir köprü oluşturmasıyla (Şekil 2.4) veya iyonik (anyonik veya katyonik) polimerlerin "elektrostatik yük yamama (electrostatic charge patch)" yöntemiyle (Şekil 2.5) diğer bir ifadeyle yük nötralizasyonu ile gerçekleştiriliyorsa buna flokülasyon denir [6].

Flokülasyonda iki mekanizmadan söz etmek mümkündür I) Polimer köprü teşekkülü ile flokülasyon (köprülenme flokülasyonu) ve II) Elektrostatik yük yamama (electrostatic charge patch) yöntemiyle flokülasyon. Mermer atık su arıtımında kullanılan yüksek molekül ağırlıklı anyonik flokülantlar gözönüne alındığında, flokülasyon işleminin ağırlıklı olarak polimer köprü teşekkülü mekanizmasıyla gerçekleşebileceği söylenebilir.

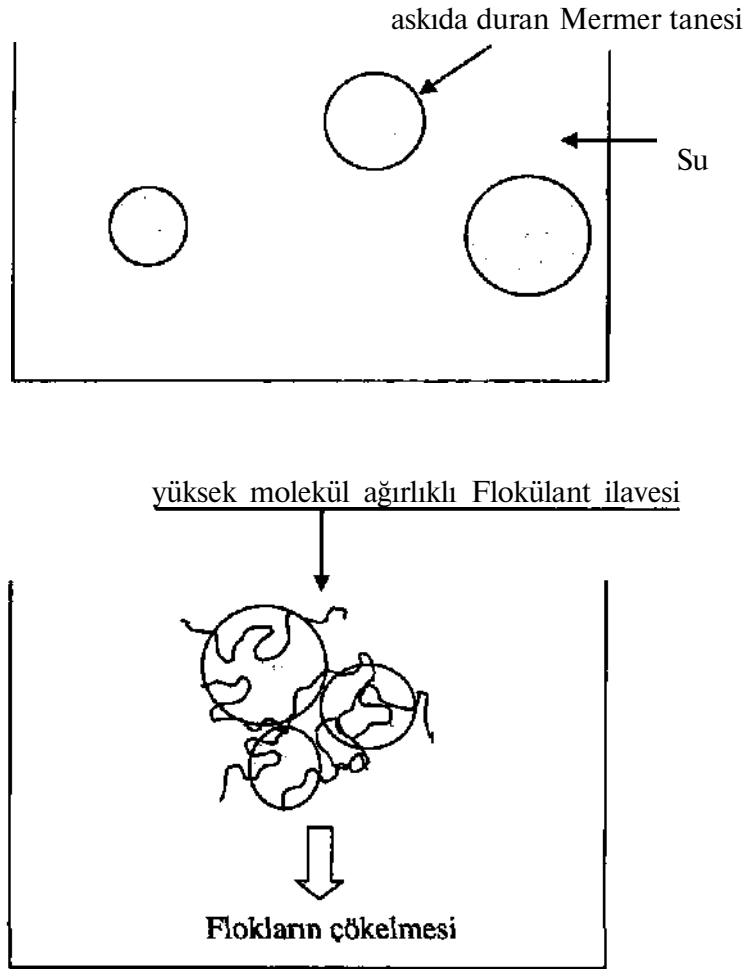
Polimer Köprü Teşekkülü ile Flokülasyon: Uzun zincirli (yüksek molekül ağırlıklı) polimerler bu zincirleri sayesinde birden fazla tane üzerine adsorplanabilmekte ve böylece taneler arasında bir köprü teşekkül ederek taneler birbirlerine bağlanmakta yani flok oluşturmaktadır (Şekil 2.4). Flokülasyonda Polimer köprüsü teşekkülü fikri ilk kez 1952 yılında Ruehrwein ve Ward (1952) [7] tarafından ortaya atılmış ve bu tarihten sonra da büyük kabul görmüştür. Köprü teşekkülü ile flokülasyon oluşumu için polimerlerin oldukça yüksek molekül ağırlıklarında (genellikle birkaç milyon g/mol değerinde) olmaları gerekir [6]. Bu yüksek molekül ağırlığı sebebiyle bir tane üzerine birkaç noktadan adsorplanabilmektedir. Bu yöntemle elde edilen floklar büyük boyutlu olup çökelme hızları yüksektir. Gerek literatürde, kalsit mineralinin flokülasyonu konusunda yapılan çalışmalardan ve gerekse bu makalenin de bir bölümünü teşkil ettiği proje çalışmasından elde edilen sonuçlara göre şu değerlendirmeyi yapmak mümkündür[13,17,18]; süspansiyon pH sınırı 6'dan büyük olduğu şartlarda hem mermer tozunun ve hem de yüksek molekül ağırlıklı anyonik polimerlerin aynı yüzey yüküne sahip olmasına rağmen iyi bir flokülasyon meydana gelmekte olup bu durum polimer köprü teşekkülü ile flokülasyon mekanizmasının sistemde etkin bir rol oynadığını göstermektedir (Şekil 2.4).

Elektrostatik Yük Yamama (Electrostatic Charge Patch) Mekanizması ile Flokülasyon: Polimerlerin kullanıldığı flokülasyon proseslerinde yukarıda açıklanan polimer teşekkülü ile flokülasyondan başka bir yöntem daha ortaya konmuş ve buna da "Elektrostatik Yük Yamama (Electrostatic Charge Patch)" yöntemi denilmiştir [8]. Bir süspansiyonda ortamda mesela negatif yüzey yüküne sahip katı taneler ile ona zıt yüklü kuvvetli katyonik polimer molekülleri olduğunu düşünelim. Bu yöntemle göre katyonik polimer elektrostatik çekim kuvvetleriyle tane yüzeyinin sadece bir bölümü üzerine adsorplanarak (yani tane üzerine adeta yamanmış olarak) o kısmın yüzey yükünü tersine çevirir ve pozitif yapar. Sonra tanenin bu pozitif kısmı ile bir başka tanenin negatif kısmı arasındaki elektrostatik çekim kuvvetiyle taneler biraraya gelerek flok oluştururlar (Şekil 2.5).

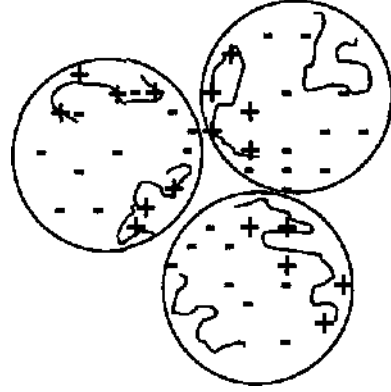
2.3 Flokülant (Polimer) ile Katı Tane Arasındaki Etkileşim Mekanizmaları

Bir polimer molekülünün süspansiyondaki herhangi bir katı yüzeyine adsorpsiyonu şartlara bağlı olarak şu üç bağ yapma mekanizmasından biri veya birkaçı ile gerçekleşmektedir [6,9,101; I) Elektrostatik bağ, II) Hidrojen bağı ve III) Kovalent bağı.

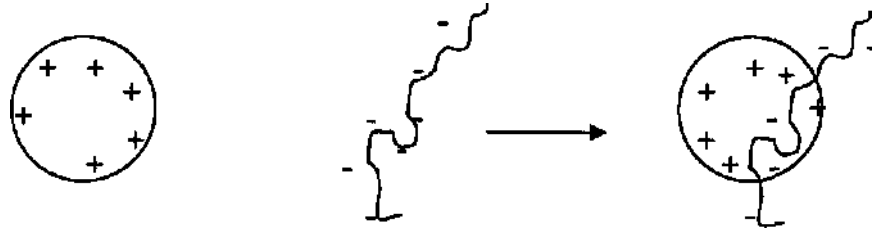
Elektrostatik Bağ: Özellikle iyonik (katyonik veya anyonik) polimerin kendisine zıt yüklü taneler arasındaki elektrostatik çekim kuvvetleri aracılığıyla meydana gelen bir bağ türüdür (Şekil 2.6). Bunun yanında süspansiyon pH'sına bağlı olarak (düşük ve yüksek pH'larda) iyonik olmayan (non iyonik) polimerlerin yapısında da, hidroliz reaksiyonları sonucu iyonizasyon meydana gelebilmektedir [6,11]. Bu sebeple orijinal haliyle non iyonik formdaki polimer ile tane yüzeyi arasında da elektrostatik etkileşim mümkündür.



Şekil 2.4: Poümer Köprü Teşekkülü ile mermer tozlarının flokülasyonu ve ardından çöktürülmesi.



Şekil 2.5: Elektrostatik yük yamaması (Electrostatic charge patch) yöntemiyle flokülasyon.



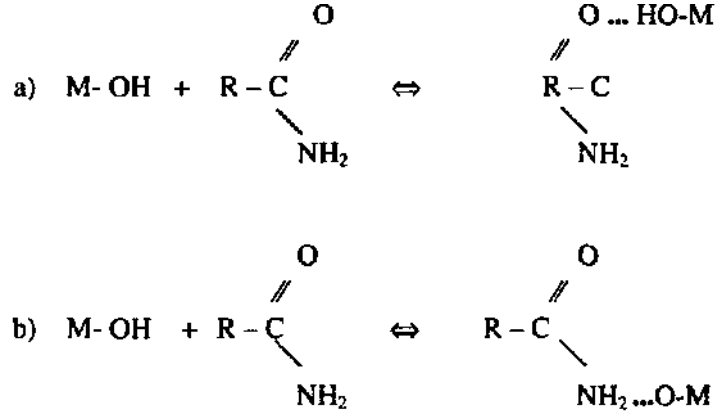
Şekil 2.6: Anyonik flokülantın pozitif yüklü katı yüzeyine elektrostatik çekim kuvvetleri yardımıyla adsorplanması.

Literatürde genel anlamda, bir flokülasyon işleminde elektrostatik kuvvetlerin ihmal edilemeyeceği ifade edilmiştir [10].

Hidrojen Bağı: Polimer molekülü ve mineral yüzeyi arasında oluşan hidrojen bağı (H-bağı) iki şekilde gerçekleşebilir [9,11,12].

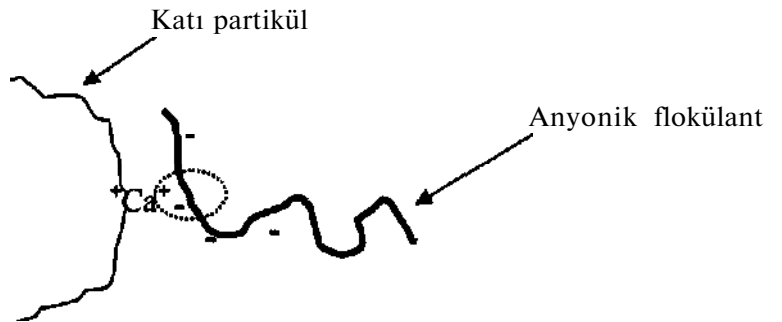
- Polimerin karbonil ($-C = O$) grubundaki oksijen ile mineralin yüzey hidroksilleri (OH) veya yüzeydeki su molekülleri arasında oluşan H bağıdır (Şekil 2.7 a).
- Polimerin " $-NH_2$ " (amid) grubundaki H ile mineral yüzeyindeki oksijenler arasında oluşan H bağıdır (Şekil 2.7 b).

Hidrojen bağı özellikle non iyonik polimerlerin adsorbsiyonunda ve polimer-tane arasındaki elektrostatik itme kuvvetlerinin çok yüksek olmadığı ortamlarda daha etkin olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.7: Polimer molekülü ile mineral arasında H-bağı oluşumu.

Kovalent Bağ: Mineral (veya katı tane) yüzeyindeki çok valanslı metal iyonları mesela Ca^{+2} ile polimer zincirindeki negatif yüke sahip aktif gruplar arasında güçlü bir kovalent bağı oluşumuyla polimer adsorbsiyonu gerçekleşebilir [9-10]. Literatürde özellikle kaolenitin poliakrilamid (PAA) ile flokülasyonunun izahatında PAA ile kaolenit yüzeyindeki Ca^{+2} iyonları arasında böyle bir bağ oluşumu ifade edilmektedir [9]. Bu tür bağ oluşumunun yine CaCO_3 ile anyonik flokülantlar arasında da gerçekleştiği ifade edilmektedir [13].

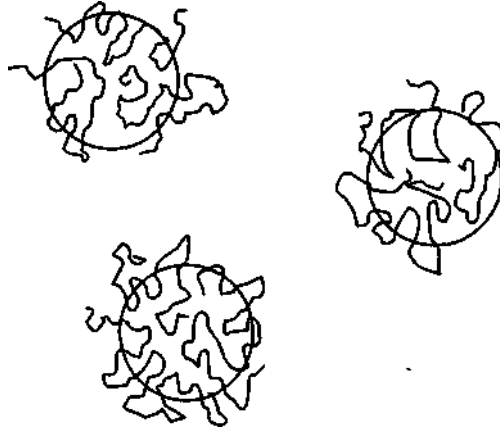


Şekil 2.8: Süspansiyondaki katı partikül (mineral) yüzeyindeki Ca^{+2} iyonu ile anyonik flokülant arasındaki kovalent bağ (katyonik köprü) oluşumu.

2.4. Flokülasyon İşleminde Etkili Olan Parametreler

Flokülant Dozajı: Literatürde bir süspansiyondaki disperse olmuş katı partiküllerin en iyi şekilde flokülasyonunu sağlamak için gerekli flokülant dozajının (optimum dozaj), katının yüzey alanının yarısını kaplayacak miktardaki dozaj olduğu ifade edilmektedir [10]. Şayet ortama bu dozajdan daha fazla miktarda flokülant verilirse yani taneler üzerine fazla miktarda flokülant adsorplanırsa o zaman taneler arasında köprü oluşumu engellenir. Çünkü aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere (Şekil 2.9) tanelerin yüzeyinde, bir başka tane yüzeyine adsorblanmış flokülant zincirinin bir kısmının bu tane üzerine de tutunabilmesi (adsorblanabilmesi) için yeterince boşluk kalmamakta ve bu da flokülasyonu engellemektedir. Bu durum flokülantların aşırı dozajda sterik engeli olarak da bilinmektedir. Diğer yandan süspansiyona optimum dozajdan daha düşük miktarda flokülant verilmesi flokülasyon işlemini olumsuz yönde etkileyecektir.

Karıştırma Süresi: En uygun karıştırma süresi optimum flokülant dozajının elde edilebilmesi için, diğer bir ifade ile tane yüzey alanının yarısının flokülant ile kaplanabilmesi için gerekli olan süredir. Bu sürenin fazla tutulması flokülantların tane yüzeyinde artmasını ve dolayısıyla sterik engel nedeniyle flokülasyonu engellemektedir [10]. Bu sürenin gereğinden az olması da flokülant moleküllerinin süspansiyondaki tüm katı tanelerine ulaşabilme şansını azaltacağından flokülasyonu olumsuz yönde etkileyecektir.



Şekil 2.9 : Aşırı flokülant dozajında tanelerin yeniden disperse hale gelmesi (Flokülantların sterik engel oluşturması).

Karıştırma Hızı ve Kesme Kuvveti: Yüksek karıştırma hızı ve bunun sonucunda ortaya çıkan güçlü kesme kuvvetleri, oluşmuş floklar üzerinde olumsuz etki yapmakta ve flokların parçalanarak küçülmesine neden olmaktadır. Parçalanan bu flokların ise yeniden bir araya gelmesi daha zor olmaktadır. Bu sebeple floklar üzerinde olumsuz etki yapmayacak optimum bir karıştırma hızının uygulanması gerekir.

Süspansiyon pH'sı ve Sıcaklığı: Süspansiyon pH'sının iki yönden büyük önemi vardır. Birincisi, pH flokülantın ortamdaki aktivasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi non iyonik formdaki bir polimer bile asidik ve bazik pH'larda + veya - yükler kazanabilir. Yani iyonik (yükü) forma dönüşebilir [6,11]. Bu da polimer ile katı tane arasında elektrostatik etkileşimi artırır. İkincisi pH süspansiyondaki katı tanelerin yüzey elektrik yükü kazanıp kazanmayacağı üzerinde doğrudan belirleyicidir (denklem 1). Süspansiyon sıcaklığı flokülant molekülünün aktivasyonunu etkilemekte ve ayrıca flokülantların her sıcaklıkta sıvıda meydana getirdiği vizkozite farklı olmaktadır [16]. Diğer yandan polimerin katı tane üzerine adsorpsiyonu sırasında ortam sıcaklığı bazen olumlu bazen de olumsuz etki yaptığı ifade edilmektedir [11].



Flokülantın Molekül Ağırlığı ve Yük Yoğunluktan: Molekül ağırlığı yüksek (polimer zincir uzunluğu fazla olan) flokülantlar daha büyük boyutlu fakat daha poroz yapıda flokların oluşmasını sağlarken, düşük molekül ağırlıklı flokülantlar nispeten daha küçük boyutlu fakat daha sağlam (daha az poroz) floklar oluşturur [6,14]. İyonik flokülantlar için sahip oldukları anyoniklik ve katyoniklik dereceleri yani yük yoğunlukları dolaylı olarak flokülantların aktivasyonunda önemli rol oynamaktadır. Örneğin non iyonik formdaki bir polimer ortamda daha yumaklaşmış kıvrımlı halde bulunurken iyoniklik derecesi arttığında polimerler daha düz ve uzun bir hal almaktadır (Şekil 2.10). Bu durum ise taneler arasında köprü oluşumunu kolaylaştırmaktadır[9].



Şekil 2.10: Flokülantın iyoniklik derecesinin flokülant yapısına etkisi.

Katı Tane Boyutu ve Şekli : Süspansiyondaki katıların tane boyutu ne kadar küçük ve porozite oranı ne kadar yüksek olursa yüzey alanları da o oranda artacağından bu durum doğrudan flokülant tüketimini de etkileyecektir. Dolayısıyla optimum flokülant dozajı belirlenirken katının tane boyut veya spesifik yüzey alanı analizinin de bilinmesi gereklidir[FLO].

2.5. Flokülant Seçiminde Gözönünde Bulundurulması Gereken Faktörler

Floküle etme gücü (Flokülasyon performansı): Flokülantların kendi karakteristiğine ve süspansiyonun özelliğine bağlı olarak ortaya çıkan flokülasyon kabiliyeti her zaman gözönüne alınması gereken bir faktördür. Özellikle maliyet unsurunun ikinci planda olduğu bilimsel amaçlı çalışmalarda bu faktör daha ön plana çıkmaktadır.

Birim Maliyeti: Bir ton katı için kullanılması gereken flokülant miktarının parasal karşılığıdır. Flokülantlar üretim kolaylıklarına ve molekül ağırlıklarına göre fiyatlandırılmaktadır [15]. Dolayısıyla bazen pahalı bir flokülantın yerine aynı flokülasyon performansına sahip daha ucuz fiyatlı iki ayrı flokülant kullanmak daha ekonomik olabilir.

Kullanım Kolaylığı: Flokülantlar katı granül, sıvı veya emülsiyon olmak üzere 3 farklı formda üretilebilmektedir. Kullanım yerlerine göre hangi formdaki flokülantın daha pratik ve/veya avantajlı olduğu tesbit edilmesi gerekir. Mermer atık su arıtımında ve diğer bir çok atık su arıtımında genelde granule haldeki flokülantlar kullanılmaktadır. Bundan başka flokülantların su içerisindeki çözünme hızlarının nisbeten yüksek olması da avantaj sağlamaktadır. Flokülantların kullanım açısından rahat ve kolay kullanılabilir olması ekonomik açıdan da fayda sağlamaktadır [12].

Diğer Faktörler: Diğer faktörler üretici firmalarla ilgili olanlardır. Bu firmaların sahalarında deneyimli ve tanınmış olmaları, yeterli teknik yardım hizmeti verebilecek seviyede olması ve üretim kapasitesi açısından yeterli ve gerekli teknik alt yapıya sahip olmaları dikkate alınmalıdır.

3.Sonuç

Gerek Madencilik (Mermer, Kömür, Metal Madenleri vb.) sektöründe ve gerekse Kimya, Seramik vb. sektörlerde ortaya çıkan atık suların arıtılmasında flokülasyon yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Flokülasyon işleminin başarıyla ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilebilmesi ve böylece yeniden işletmelerde kullanılacak temiz

su elde edilebilmesi için flokülant seçiminin çok iyi yapılması gerekmektedir. Bunun yapılabilmesi için de süspansiyondaki katıların (mermer tozu vb) ve suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tam olarak tesbit edilmesi gerekmektedir.

4. Katkı

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen "Afyon Bölgesinde Bulunan Mermer İşleme Tesisi Atık Sularının Flokülasyon Tekniği ile Arıtılması ve Atık Sudaki Mermer Partiküllerinin Çökeltme Karakteristiklerinin İncelenmesi" adlı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

1. Uyanık, T. Doğal Taşlar Dış Pazar Araştırması, T.C. Başbakanlık, Dış Ticaret Müsteşarlığı, ihracatı Geliştirme Etüd Merkezi, Ankara. (2001)
2. Kavas, T., Kibici, Y., Afyon Bölgesi Mermer Atıklarının Portland Kompoze Çimentosu Üretiminde Katkı Madde Olarak Kullanım Olanaklarının araştırılması" Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 327-335 (2001).
3. Yurter, M. (2003), kişisel görüşme, Afyon Ticaret Odası Başkanlığı.
4. öneç, D.I., Tozlaşan Bloklar ve Umutlar, Mermer, yıl 7 (30), 66-68 (2001).
5. Yalçın, A., Kişisel Görüşme, Süperkim Ltd Şti, İzmir (2003).
6. Gregory, J., Fundamental of Flocculation, Critical Reviews in Environmental Controls. 19(3), 185-230(1989).
7. Ruerhwein, R.A., Ward, A., Mechanism of Clay Aggregation by Polyelectrolytes, Soil Sei., 73,485-492 (1952).
8. Gregory, J., Rates of Flocculation of Latex Particles By Cationic Polymer, J.Colloid Interface Sei., 42,448-459 (1973).
9. Stutzmann, Th., Siffert, B., Contribution to the Adsorption Mechanism of Acetamide and Polacrylamide on to Clays, Clays and Clay Min., 25,392-406 (1997).
10. Somasundaran, P. and Das, K. K., Flocculation and Selective Flocculation - An overview, Innovations in Mineral and Coal Processing, S. Atak, G. önal and M. S. Çelik (eds), A.A. Balkema /Rotterdam /Brookfield (1998).
11. Ateşok, G., Adsorption of Polymers, Bull. Tech. Univ. Istanbul, vol. 41, 13-32 (1988).
12. Werneke, M.C., Application of Synthetic Polymers in Coal Preparation, Society of Mining Eng. of AIME, Reprint number 79-106, 1-11(1979).
13. Yarar, B., Evaluation of Flocculation and Filtration Procedures Applied to WSRC Sludge. Report no: DE-AC09-96SR18500, Colarado School of Mines 34 s. (2001).
14. Hogg, R., Flocculation and Dewatering, Int J. Miner. Process. 58, 223-236 (2000).
15. Zete-Meter Inc., Everything You Want to Know About Coagulation & Flocculation, Zeta-Meter Inc., Fourth Edition, Virginia (1993).
16. Ciba Specialty Chemicals , Waste Water Specialities, (2003)
17. Friend, J.P. and Kitchener, J.A. Some Physico-chemical Aspects of the Separation of Finely Divided Minerlas By Selective Flocculation, Chem.Eng.Sci., 28, 1071-1080 (1973)
18. Ersoy, B (Proje Yürütücüsü). Afyon Bölgesinde Bulunan Mermer İşleme Tesisi Atık Sularının Flokülasyon Tekniği ile Arıtılması ve Atık Sudaki Mermer Partiküllerinin Çökeltme Karakteristiklerinin İncelenmesi, AKÜ-Bilimsel Araştırma Projesi (2003-).