

## FİLTASYON İŞLEMLERİNDE SÜZME HIZININ ARTTIRILMASI YÖNTEMLERİ

### TECHNIQUES TO INCREASE RATE OF FILTRATION

O. ŞAN

Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya.

Ç. HOSTEN

ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara.

**ÖZET:** Bu çalışmada, filtrasyon işlemlerinde süzme hızını arttırmak için uygulanan flokülasyon, elektrofiltrasyon ve kesintili süzen gravite-ters-akım yıkamalı filtrasyon teknikleri karşılaştırılmıştır. Filtrasyon numunesi olarak ince boyutlu kaolen süspansiyonu kullanılmıştır. Deney sonuçları, kesintili süzen gravite-ters-akım yıkamalı filtrasyon tekniğinin, süzme kapasitesinin artırılmasında diğer yöntemlere göre daha başarılı olduğunu göstermiştir. Kısa aralıklarla yapılan geri yıkamalarda süzme ortamı her defasında temizlenmiş ve böylece sabit kapasitede süzme sağlanmıştır. Flok filtrasyonu ve elektrofiltrasyon deneylerinde kek içerisinde hidrolik basınç değişimleri ölçülerek, bu uygulamaların kek-süzme ortamı ara yüzey özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Elektrofiltrasyonda elektroforetik kuvvetin etkisiyle süzme ortamı üzerindeki basınç gradyanı azalmış, buna bağlı olarak daha geçirgen süzme ortamı sağlanmış, dolayısıyla da süzme kapasitesi artmıştır. Flok filtrasyonunda ise flokların deformasyonuna bağlı olarak süzme ortamı üzerindeki basınç gradyanı yükselmiş, süzme ortamı geçirgenliği düşmüştür. Bu sonuçlar, modern filtrasyon teorisinde öngörüldüğü gibi, kek-süzme ortamı arayüzey özelliklerinin süzme hızını kontrol ettiğini göstermektedir.

**ABSTRACT:** In this study, the filtration capacity of flocculation, electrofiltration and interrupted counter-gravity-flow filtration techniques are compared. Fine kaolin suspensions were used as filtration test feeds. The experimental results showed that the filtration capacity was higher with the interrupted counter-gravity-flow filtration. The filter medium was washed after each cycle of interruption thus providing a constant filtration capacity. In flocculation and electrofiltration experiments, the hydraulic pressure variation in the filter cake was measured to investigate the influence of these techniques on the cake-filter medium interface. In electrofiltration, the electrophoretic force decreased the pressure gradient at cake-filter medium interface thus more permeable filter medium was obtained, resulting in a higher filtration capacity. However, in flocculation, the pressure gradient increased with the deformation of flocs and in turn the filter medium permeability decreased. These results showed that the rate of filtration was controlled by the property of cake-filter medium interface as predicted by the modern filtration theory.

### 1.GİRİŞ

Madencilik, seramik, kimyasal prosesler, kağıt, tekstil, cam, gıda, ilaç, şeker, otomotiv, plastik, enerji ve nükleer santraller ile endüstriyel atık suların arıtımında kau-sıvı ayırımına ihtiyaç duyulur. Bu amaçla yapılan ayırma işlemlerinin son aşaması genellikle filtrasyondur. Temiz süzüntü ve büyük oranda susuzlaştırılmış katı sağlayan filtrasyon işleminde süzme hızı, kek ve süzme ortamı özellikleri tarafından belirlenir. Filtrasyon işleminin başlangıç aşamasında süzme hızı oldukça yüksektir. Bu aşamada süzüntü akışı filtre ortamının orijinal geçirgenliği ile tespit edilir. Kek süzme ortamı ara yüzey oluşumu ve bu ara yüzeye küçük tanelerin taşınması sonucunda süzgeç gözenekleri tıkanmaya

başlar, dolayısıyla filtrasyon hızı düşer. Filtrasyon süreci ilerledikçe filtre kekinden kek-süzme ortamı ara yüzeyine taşınan ince boyutlu tane miktarı artar. Ayrıca, buradaki tanelere etki eden sıkıştırma kuvveti de yükselir, bu faktörlere bağlı olarak süzme ortamı geçirgenliği azalır. Buradaki yapılanma bazen süzme işlemini imkansız hale getirebilir. Özellikle ince boyutlu kıl veya kıl içeren mineral süspansiyonlarının süzülmesinde bu türlü sorunlarla daha fazla karşılaşılır.

İnce boyutlu mineral süspansiyonlarının filtrasyonunda süzme hızını arttırmak için ön hazırlama teknikleri kullanılır, örneğin, koagülasyon ve flokülasyon. Bu teknikler ile mineral süspansiyonundaki ince boyutlu taneler

topaklandığından süzme ortamının tıkanması azalmaktadır (Karlsruhe, 1986; Şan, 1991) Fakat, buradaki floklar kek-süzme ortamı ara yüzeyinde uzun süre yapılarını koruyamazlar ve kırılırlar, bu da süzünü akış hızını azaltır. Diğer bir teknik ise filtre yardımcı madde kullanımınıdır, özellikle ön kaplama tekniği ile süzme ortamı korunmaktadır (Gordon, 1977; Shou, 1980). Burada karşılaşılan temel sorun filtre yardımcı madde gözeneklerinin zamanla dolmasıdır. Son zamanlarda ince boyutlu kıl veya kıl içerikli mineral süspansiyonlarının süzülmesinde çapraz akım filtrasyonu (Henry, 1977, Moes 1986; Mackley ve Sherman 1994) ve elektrofiltrasyon (Yukowa, 1979; Freeman, 1982; Bollinger, 1984) alternatif teknikler olarak uygulanmaktadır Ayrıca, bu iki tekniğin birleştirildiği çalışmalar da yapılmaktadır (Lee, 1980; Wakeman, 1987). Burada amaç kek oluşumunu azaltmaktır, böylece süzme ortamı gözenekleri de daha az tıkanır. Çapraz akım tekniğinde taneler süzme ortamına teğet olarak harekete zorlanır, dolayısıyla süzme ünitesine giren yem süspansiyon daha önce oluşmuş keki filtreden dışarıya atmaya çalışır Elektrofiltrasyon işlemi ise ortama uygun şiddette ve polantede D C akımı uygulanarak mineral tanelerine elektroforetik hareket kazandırılır. Bu hareketin yönü taneyi süzme ortamından uzaklaştıracak şekildedir Burada, zamanla süzme ortamı üzerinde binken katı tanelerini uzaklaştırmak için, süzme işlemi kesintiye uğratarak filtre ortamından tersten temiz su geçirilir. Diğer uygulamalarda kek dönen bıçaklar ile kazınır veya bir meme yardımıyla buradan emilerek alınır Burada, tıkanan süzme ortamı gözeneklerim açmada hiçbir yöntem ters akım uygulaması kadar başarılı değildir. Şan ve Hosten (1994) filtre sistemlerinde ters akım uygulamasında yeni hız yöntem ortaya koymuşlardır Buna göre filtre keki yerçekimine ters yönde oluşturulmakta ve süzme işlemi kısa süreli kesintiye uğratılmaktadır Bu sırada süzuntunun hidrostatik basınç etkisiyle süzme ortamından tersten geçmesi kekin buradan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır Ayrıca, süzme ortamı ıı/cnndeki bu fm akımı tıkanan süzme otları gözeneklerim de açmakladu

liu çalışmada ince boyutlu kaolen süspansiyonları kullanarak ilok illiasynnu, elektmliltiasyon ve kesintili *suen* gTavne-teis-akım yıkamalı filtrasyon deneylen yapılmış ve bu tekniklcııı :ıı/me hızını aillumadaki işln'len ıdelcmnışlr

#### MAI.ZHMH VI' YONIH M

fK-iiL-yed çalışmalında l/nın Akmaı'm \ lj "ık-ıı lri'ı.,ı a' 'It'i "ıı'ıO'lt itııUttu / |tm .ıı'ııKıı nkın

kaolen numunesi kullanılmıştır. Süzme ortamı olarak 0.2 um gözenek çaplı membran filtre, flokülant olarak Superfloc 84 seçilmiştir Kesintili süzme yapan filtrasyon deney düzenleğinde filtre ünitesi boyutları 5 cm çapında ve 10 cm yüksekliktedir. Bu sistemde filtre keki yerçekimine ters yönde oluşturulmakta ve süzme işlemi kısa süreli kesintiye uğratılmaktadır. Bu sırada süzuntünün hidrostatik basınç etkisiyle süzme ortamından tersten geçmesi, kekin buradan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, süzme ortamı üzerindeki bu ters akım tıkanan gözenekleri de açmaktadır (Şan ve Hosten, 1994). Diğer süzme deneylerinde kullanılan filtre ünitesinin boyutları 10.8 cm çapında ve 10 cm yüksekliktedir. Bu deneylerde filtre keki filtre ünitesinin tabanında oluşturulmuştur

Yapılan deneylerde filtrasyon basıncı (PH) sabit tutularak, süzünü miktarı (V) ve kek kalınlığı (L) süzme süresince (t) her 2.5 dakikada bir kaydedilmiştir Ayrıca, süzme ortamına 0.4 mm mesafeden (x) cam bir boru ile hidrolik basınç değişimleri (P<sub>1</sub>) ölçülmüştür. Basınç ölçümlerinde 0-100 kPa aralığında ±%0 5 hassasiyete sahip basınç manometreleri kullanılmıştır, Filtrasyon parametreleri ve hesaplama yöntemleri Tablo 1 'de verilmiştir.

Tablo 1. Filtrasyon parametreleri ve hesaplamaları.		
Parametre	Denklem	Hesaplama metodu
Süzünü hızı, q	dV/dt	Zamana göre süzünü miktarı ölçümünden
Filtrasyon direnci, R	Pn/uq	Direkt ölçümlerden
Ölçülen süzme ortamı direnci, R <sub>m</sub>	Pi/Hq	Pj-q ölçümüne 2. dereceden polinom uyarlanmıştır
Kek direnci.	R-Rm	Direkt hesaplama
Ortalama kek porozitesi, $\epsilon = \frac{V}{V_0}$	L-GV	L ile V arasındaki eğim değeri G kullanılarak hesaplanmıştır
Kek-süzme ortamı ata yüzey basınç gradyanı, J <sub>s</sub>	$J_0 C - \frac{1}{-d}$	(P* Pi/Pu) ile [x 1,(ı)] ölçümlerine 3 dereceden polinom uyarlanarak hesaplanmıştır
Ata yit/cy geçit yenliği, K <sub>s</sub>	$\frac{m}{1}$	Direkt hesaplama

$G = sp/A[p, (1 - \langle G \rangle)(1 - s) - sp \langle e \rangle]$   
 $AP_c = P[rP_1, A \text{ kek kesit alan}]$   
 $p$  suyun özgül ağırlığı  
 $p$ , katı tanelerin özgül ağırlığı  
 $s$  katı tanelerin süspansiyondaki oranı

### 3 BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 2 kaolen süspansiyonunun suluzulmesinde uygulanan filtrasyon tekniklerini ve bunlardan sağlanan suzuntu miktarlarını göstermektedir. İnce boyutlu kıl süspansiyonlarının suluzulmesinde alternatif bir teknik olarak araştırılan elektrofiltrasyon yöntemi, 75 dakikalık bir süzme işlemi sonunda 15 kPa basınç ve 555 volt/m D C elektriksel alan şiddeti uygulandığında %12 suzuntu artışı sağlarken, basınç 30 kPa'a çıkartıldığında bu artış %24'e düşmektedir. Diğer taraftan, kaolen süspansiyonunun flokulasyonu yapılarak suluzulmesinden %152 oranına varan suzuntu artışı sağlanmıştır (15 kPa basınç ve 6 ppm Superfloc 84). Bu yöntemde de filtrasyon basıncı 30 kPa'a çıkartıldığında suzuntu artışı düşmüştür (%101 oranında artış sağlanmıştır). Bu çalışmada uygulanan filtrasyon teknikleri içerisinde en fazla suzuntu sağlayan ve filtrasyon basıncı artışından olumsuz yönde etkilenmeyen teknik ise kesintili süzme yapan gravite-ters-akım yıkamalı sistemdir. Bu yöntem ile %175-195 arasında suzuntu artışı sağlanmıştır.

Şekil 1'de kaolen süspansiyonunun suluzulmesi için uygulanan filtrasyon tekniklerinde, sağlanan suzuntu miktarının zamana göre değişimi görülmektedir. Süspansiyonun flokule edilmesi ile filtrasyonun başlangıç aşamasında yüksek süzme kapasitesi elde edilmiştir, ancak daha sonraları süzme kapasitesi hızlı bir şekilde düşmüştür. Süspansiyonun flokulasyonu ile ince boyutlu taneler toplanmış ve süzme ortamı tıkanması azaltılmıştır, oluşan filtre keki ise daha gevşek yapıdadır. Burada floklar deformasyona uğramadığı sürece süzme hızı yüksek olacaktır, ancak oluşturulan floklar uygulanan filtrasyon basıncı ve meydana gelen yüksek akış hızına dayanacak sağlamlıkta değildir, dolayısıyla filtrasyon süresi ilerledikçe flokların deformasyonu meydana gelmiş ve suzuntu akış hızı azalmıştır. Buna karşılık, Şan ve Hosten (1994) tarafından tasarımı yapılan kesintili süzme gravite-ters-akım yıkamalı filtrasyon sistemi ile sabit ve yüksek kapasiteli süzme yapılabilir. 15 kPa basınç altında 2,5 dakika aralıklı yapılan filtrasyon ile  $0,51 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  sabit kapasiteli süzme sağlanmıştır. Filtrasyonda 5 dakikada bir kesinti yapıldığı zaman ise süzme kapasitesi  $0,31 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  miktarına düşmüştür. Her 2,5 dakikada bir yapılan gen yıkamalar ile filtrasyon işlemine daha sık ara

verilmiş ve daha fazla suzuntu gen yıkama için kullanılmıştır, ancak bu kayıplar suzuntu miktarında sağlanan artış yanında ihmal edilebilecek boyutlarda kalmaktadır. Suluzulmesi zor süspansiyonlar için alternatif bir teknik olarak görülen bu sistem, herhangi bir kimyasal reaktif ihtiyacı duyulmadan süzme kapasitesini artırması yönüyle de önem taşımaktadır.

Modern filtrasyon teorisine göre filtrasyonda en geçimsiz bölge kek-süzme ortamı ara yüzeyinde oluşmakta ve suzuntu akışı bu ara yüzey tarafından

Tablo 2 Flokulasyon, elektrofiltrasyon ve kesintili süzme gravite-ters-akım yıkamalı filtrasyon tekniklerinin süzme kapasitelerinin karşılaştırılması

FİLTASYON TEKNİĞİ	Süzüntü miktarı* $\times 10^2, \text{ m}^3/\text{!!!}$	
	Basınç 15kPa	Basınç 30kPa
Normal filtrasyon	21 56	27 98
<b>Elektrofiltrasyon</b>		
(i) E = 273 volt/m	23 24	28 01
(ii) E = 555 volt/m	24 17	28 65
<b>Flokulasyon</b>		
(i) flok kons 1 5 ppm	49 96	51 62
(ii) flok kons 6 ppm	54 43	56 17
<b>Kesintili filtrasyon</b>		
(i) 5-dakika aralıklı	38 28	49 05
(ii) 2 5-dakika aralıklı	63 68	56 17

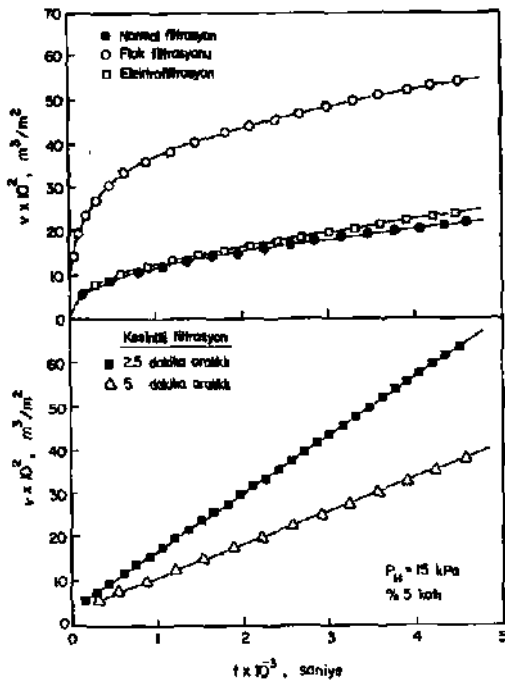
\* süzme süresi 75 dakika

\*\*elektriksel alan şiddeti

belirlenmektedir. Klasik filtrasyon teorisine göre ise suzuntu hızı filtre keki özellikle tarafından belirlenmektedir. Filtrasyon mekanizmasına farklı görüş getiren bu iki teorisin de deneysel olarak araştırılmasına ihtiyaç vardır. Elektrofiltrasyon ve flokulasyon deney sonuçlarının klasik filtrasyon teorisine göre değerlendirildiği çizimler sırasıyla Şekil 2-a ve Şekil 3-a'da görülmektedir. Buna göre, toplam filtrasyon basıncı (R)-kek miktarı ( $w_c$ ) çiziminden elde edilen doğrunun eğiminden özgül kek direnci ve düşey ekseni kesim noktasından ise süzme ortamı direnci hesaplanmaktadır. Burada  $w_c$  süzülen kuru katı miktarını göstermektedir. Der-

sonuçlarına göre  $R-w_c$  çizimlerinden elde edilen doğrular düşey eksende negatif kesişim vermektedir, dolayısıyla buradan süzme ortamı direnci bulma imkanı yoktur. Bu sonuç, klasik filtrasyon teorisinin filtrasyon mekanizmasını açıklamada yetersiz kaldığını göstermektedir.

Bu çalışmada ayrıca, kek içerisinde süzme ortamına 0.4 mm mesafede hidrolik basınç değişimleri ölçülerek (i) Ohm kanununa göre direnç analizi yapılmıştır, süzme ortamı ve üzerinde bulunan 0.4 mm kalınlığa sahip filtre kekinin toplam dirençleri ( $R_e$ ) hesaplanmıştır, bu dirence "ölçülen süzme ortamı direnci" ismi verilmiştir; (ii) kek-süzme ortamı ara yüzündeki basınç gradyanı ( $J_{,}$ ) tespit edilmiş ve modern filtrasyon teorisine göre süzme ortamı geçirgenliği bulunmuştur Burada kek üzerindeki basınç düşmesi:  $AP_c = PH-PL$  olduğu kabul edilmiştir, diğer bir deyişle, süzme ortamı üzerinde bulunan 0.4 mm kalınlıktaki filtre keki ihmal

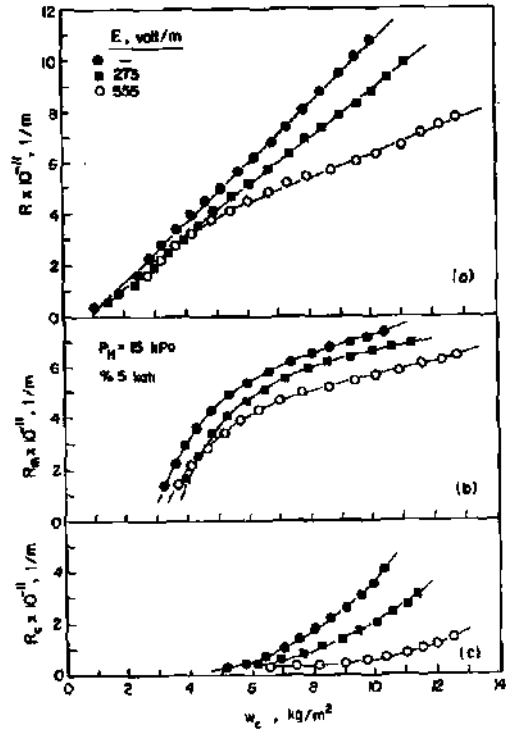


Şekil 1. Normal filtrasyon, flok filtrasyonu (6 ppm Superfloc 84), elektrofiltrasyon (555 volt/m) ve kesintili süzen gravite-ters-akım yıkamalı filtrasyon teknikleri ile sağlanan süzme miktarının ( $v$ ) süzme süresi ( $t$ ) ile değişimi.

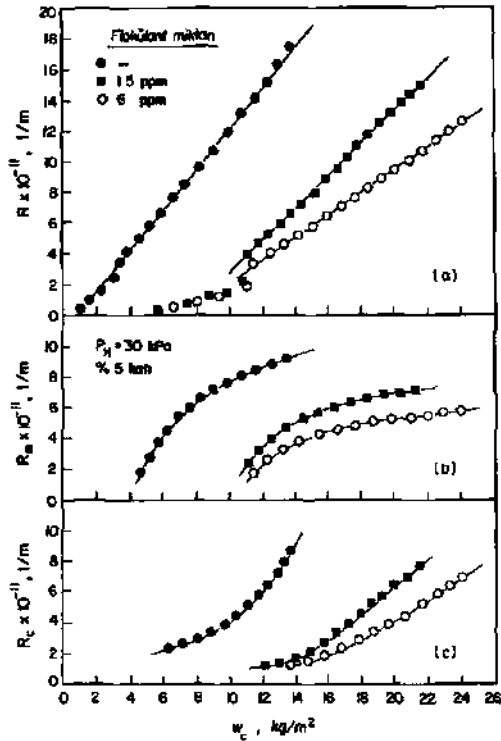
edilmiştir. İhmal edilen bu kek kalınlığı toplam filtre kekinin %1.8-2.6'lık bir kısmını oluşturmaktadır.

Şekil 2, elektriksel alan uygulamasının filtrasyon direnci (a), filtre keki direnci (b), ve ölçülen süzme ortamı direncine (c) etkisini göstermektedir. Buna göre ölçülen süzme ortamı direnci ile direkt olarak hesaplanan kek direnci değerleri, uygulanan elektriksel alan şiddeti ile azalmaktadır. Bilindiği gibi, filtre kekine elektriksel alan uygulandığında ince boyutlu tanelerin süzme ortamına taşınması azaltılmakta ve taneler elektriksel alan doğrultusunda yönlendirilerek filtre kekinden su akışını kolaylaştırmaktadır.

Şekil 3, kaolin süspansiyonunun flokülasyonu yapılarak sürülmesinin filtrasyon direnci (a), ölçülen süzme ortamı direnci (b), ve kek direnci (c) üzerindeki etkisini göstermektedir. Buna göre flokülasyon miktarına bağlı olarak süspansiyonda tane büyümesi sağlanmış, böylece ölçülen süzme ortamı direnci ve kek direnci azalmıştır



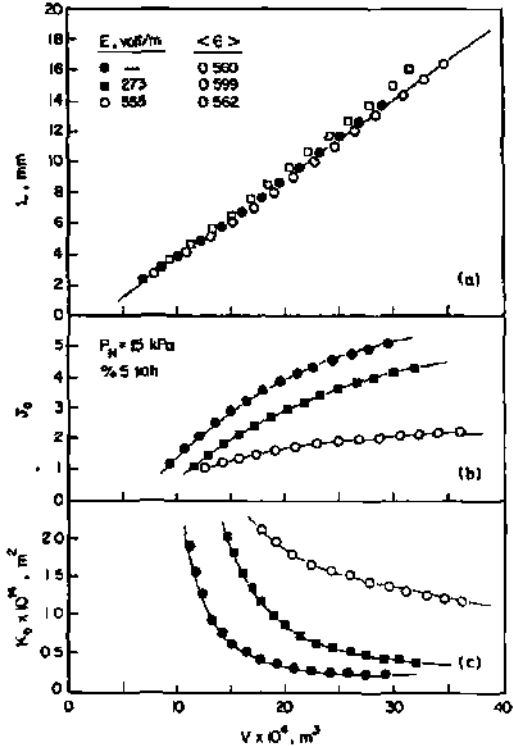
Şekil 2. Elektrofiltrasyonda toplam filtrasyon direnci ( $R$ ), kek-süzme ortamı ara yüzey direnci ( $R_m$ ) ve kek direncinin ( $R_c$ ) kek miktarı ile değişimi



Şekil 3 Flok filtrasyonunda toplam filtrasyon direnci (R), kek-süzme ortamı ara yüzey direnci (Rm) ve kek direncinin (Rc) kek miktarı ile değişimi

Şekil 4, filtre keleme elektknksel alan uygulamasının kek büyümesi (a), kek-süzme ortamı ara yüzeyi basınç gradyanı (b), ve süzme ortamı geçirgenliğine (c) olan etkisini göstermektedir Buna göre elektknksel alan uygulamasının kek büyümesi, dolayısıyla kek porozitesi uzennde belirgin bir etkisi yoktur Ancak, elektknksel alan şiddetine bağlı olarak kek-süzme ortamındaki basınç gradyanı azalmakta, dolayısıyla süzme ortamı geçirgenliği de artmaktadır Diğer bir deyişle, elektknksel alan uygulaması ile süzme ortamı gozeneklenm tıkanması azalmakta ve daha geçirgen bir süzme ortamı de süzme yapılmaktadır

Şekil 5, flok filtrasyon un kek büyümesi (a) kek-süzme ortamı ara yüzeyi basınç gradyanı (b), ve süzme ortamı geçirgenliğine (c) etkisini göstermektedir Buna göre süspansiyona katılan flokulant miktarı arttın! diğın da in boyutlu floklar oluşmuş bunların daha Fa/la deformasyona uğramaları sonucunda ise daha dusuk poro/iteli filtre



Şekil 4 Elektrofıltrasyonda kek kalınlığı (L), kek-süzme ortamı ara yüzeyindeki basınç gradyanı (Jm) ve süzme ortamı geçirgenliğinin (Ko) toplam süzuntu miktar (V) ile değişimi

keki meydana gelmiştir Flok deformasyonu kek-süzme ortamı ara yüzeyindeki basınç gradyanını dayukseltmiş, buna bağlı olarak süzme ortamı geçirgenliği hızlı bir şekilde düşmüştür Diğer bir deyişle daha in floklar ile sağlanması gereken yüksek süzme hızı, kek-süzme ortamında flok deformasyonu ile azalmaktadır Burada süzme ortamı uzennde yayılan floklar bu ortamın gozeneklerini tıkamaktadır Bu deney sonuçları, süzme hızını, modern filtrasyon teorisinde öngörüldüğü gibi kek-süzme ortamı ara yüzey özelliklerinin belirlediğim göstermektedir

#### 4 SONUÇLAR

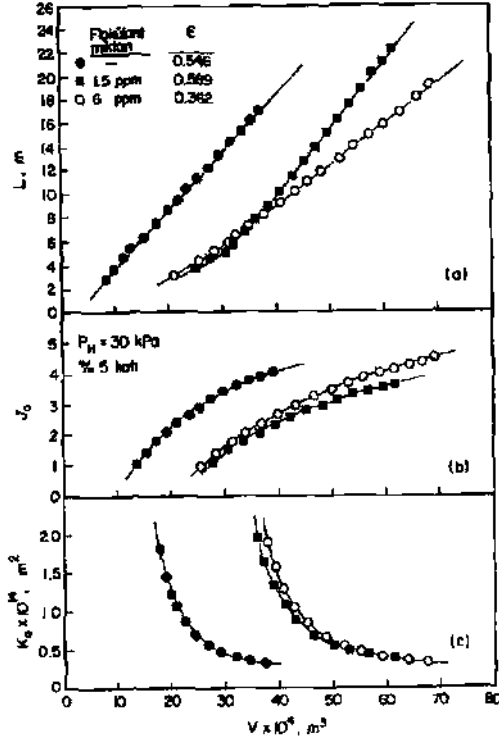
Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir

Kaolin süspansiyonunun flokulasyonu ile yüksek süzme hızı sağlanmaktadır ancak filtrasyon sürecinin ilerlemesiyle flokların kek-süzme ortamı

ara yüzeyinde defonnasyona uğramaları süzütü akışını azaltmaktadır

Elektrofiltrasyon ile süzme hızının artırılması oldukça sınırlı kalmaktadır, filtrasyon basıncının artırılması ile bu yöntemin sağladığı süzütü artışı düşmektedir.

Süzülmesi zor olan ince boyutlu kil süspansiyonlarının süzülmesinde, kesintili süzen gravite-ters-akım yıkamalı filtrasyon tekniği, herhangi bir katkı maddesine ihtiyaç duymadan sabit ve yüksek kapasiteli süzütü sağlaması yönüyle alternatif bir filtrasyon tekniği olmaktadır. Deney sonuçları, modern filtrasyon teorisinde öngörüldüğü gibi, süzütü akışını kontrol eden esas parametrenin kek-süzme ortamı ara yüzey özellikleri olduğunu göstermektedir



Şekil 5 Flok filtrasyonunda kek kalınlığı (L), kek-süzme ortamı ara yüzeyindeki basınç gradyanı (Jo) ve süzme ortamı geçirgenliğinin (Ko) toplam süzütü miktarı (V) ile değişimi

#### KAYNAKLAR

Bollinger, J M ve Adams, R J 1984 Electrofiltration of Ultrafine Aqueous Dispersions. *Chem Engng Progress*, (Mayıs 14)54-70.

Freeman, M P. 1982. Vacuum Electrofiltration *Chem Engng Progress* 74-79

Gordon, R.S 1977 How to Use Rotary, Vacuum, Precoat Fillers. What the Filterman Needs to Know About Filtration, (Editor Wells Shoemaker), *A IChE.Eng Sempostum Series*, 73, 171. 91-97

Henry, J D., Lawler, L F. ve Alex Kuo, C. H. 1977. A Solid/Liquid Separation Process Based on Cross Flow and Electrofiltration *AIChE Journal* 23; 6- 851-859.

Karlsruhe, R B. 1986 Coagulation in Slurries with a High Fines Content. *Aufbereitungs-Technik* 11:616-627

Lee. C. H., Gidaspow, D ve Wasan, D. T. 1980 Cross-Flow Electrofilter for Nonaqueous Slurries. *Ind. Eng Chem. Fundam* 19,2 166-174

Mackley, M R. ve Sherman, N E 1994. Cross-flow filtration with and without cake formation *Chemical Engineering Science* 49,2' 171-178.

Mocs, H 1986. Tangential Flow Membrane Filtration in Biotechnology Separations. *Chemical Processing* 2 62-70

Shou, J K., Collins, D J, Do, D. M ve ScharfT, R. P, 1980. Precoat Filtration of Coal Liquid Feasibility Study of Bottom Ash Precoat *Separation Science and Technology*. 15,3 201-221

Şan, O. 1991 *Analysis of the constant pressure filtration and electrofiltration behavior of kaolin slurries*. Unpublished Ph.D Thesis METU Ankara

Şan, O ve Hosten, Ç 1994 Filtration of ceramics factory wastewater with membrane and ceramic type filter media *Proceeding of 5th International Mineral Processing Symposium Cappadocia/Turkey* 6-8 September, 509-512

Wakman, R J ve Tarleton, E S 1987 Membrane Fouling Prevention in Crossflow Microfiltration by the Use of Electric Fields *Chemical Engineering Science*. 42:4 829-842

Willis, M S ve Tosun, İ 1980, A Rigorous Cake Filtration Theory. *Chem Engng Sci*. 35 2427-2438,

Yukowa, H , Kobayashi, K ve Hakoda, M 1980 Study On Performance of Electrokinetic Filtration Using Rotary Drum Vacuum Filter *J. Chem Eng.Japan*. 13; 5 390-396