

MAGNEZYUM, KURŞUN VE MANGANEZ İYONLARININ BENTONİT SÜSPANSİYONLARININ JELLEŞME KARAKTERİSTİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Influence of Magnesium, Lead and Manganese Ions on the Gelling Characteristics of Bentonite Suspensions

Abdullah OBUT^(*)
İsmail GİRĞİN^(**)

ÖZET

MgO, MgCl₂·6H₂O, PbCl₂ ve MnCl₂·2H₂O inorganik katkı maddelerinin bentonitin jelleşme özellikleri üzerindeki etkileri jelleşme katsayısı testleri, çökelti hacmi oranı testleri ve elektroforetik hareketlilik ölçümleri ile belirlenmiştir. Bu bileşikler, 1,5x10⁻³ M derişimde bentonit süspansiyona ilave edildiklerinde, maksimum derişimde MOH⁺ tipinde iyonlarının (PbOH⁺, MnOH⁺ ve MgOH⁺) oluştuğu pH değerlerinde (sırasıyla pH=8, 9 ve 10) bentonite en yüksek jelleşme katsayısı ve çökelti hacmi oranı değerlerini kazandırmaktadırlar. Bentonitin jelleşme özelliği Pb<Mn<Mg sırasına göre iyileştirilmiş ve bentonitin jelleşme katsayısı değerlerinde sırasıyla %11,5, %20,1 ve %30,1'lik artışlar elde edilmiştir. Bu artışlar ise süspansiyon içerisinde katyon tipine göre belirli pH değerlerinde oluşan MOH⁺ tipindeki katyonların pozitif yüklü kenar yüzeyleri oluşturması ile açıklanabilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Bentonit, Jelleşme, Montmorillonit, Şişme.

ABSTRACT

Effects of MgO, MgCl₂·6H₂O, PbCl₂ and MnCl₂·2H₂O as inorganic additives on gelling property of a bentonite were determined with gelling coefficient tests, sedimentation volume ratio tests and electrophoretic mobility measurements. These compounds when added into the bentonite suspension at concentrations of 1.5x10⁻³ M were found to give maximum gelling coefficient and sedimentation volume ratio values corresponding to pH values (pH=8, 9 ve 10) of maximum MOH⁺ type (PbOH⁺, MnOH⁺ and MgOH⁺, respectively) complex formation. The gelling property was improved in the order Pb<Mn<Mg causing 11.5%, 20.1% and 30.1% increases in the gelling coefficient values of the sample. This increase was assigned to the formation of positively charged edge surfaces due to adsorption of MOH⁺ type cations that form at specific pH values in the suspension with respect to the type of cation.

Keywords: Bentonite, Gelling, Montmorillonite, Swelling.

^(*) Arş.Gör., Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, aobut@hacettepe.edu.tr

^(**) Prof.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara

1. GİRİŞ

Bentonit süspansiyonlarının koagülasyon, tiksotropi ve jelleşme özellikleri teknolojik olarak oldukça yüksek bir öneme sahiptir. Örneğin; sondaj işlemlerinde yaşanan herhangi bir durma sırasında, su bazlı sondaj çamurlarına bentonitin kazandırdığı tiksotropik ve viskozite artırıcı özellik sondaj çamuru içerisinde ilerleme ile ortaya çıkan kırıntı parçaların ve yoğunlaştırıcı malzeme baritin çamur içinde süspansiyonda kalması sağlanmakta ve kuyu dibine çok hızlı bir biçimde çökmesi engellenmektedir. Bu yolla daha verimli ve sürekli bir sondaj işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca, bentonit kuyu duraylılığını artırmakta, kuyudan sıvı kaybını engellemekte ve kesici ucun yağlanmasına da yardım etmektedir. Sondaj işlemi dışında su bazlı boyalara da yine bentonit ilavesinin kazandırdığı viskozite artışı ve tiksotropik özellik ile boya yüzeye uygulandıktan hemen sonra oluşan akma gerilmesi, boyanın sürüldüğü yüzeyden kolayca akmasını ve damlamasını engelleyerek daha kaliteli bir boyama işlemi yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, bentonitin boyalara ilavesinin diğer bir avantajı ise boyaların depolanması sırasında boya kabının dibinde gevşek bir çökelti oluşmasını sağlayarak uzun süre dahi bekleyen boyaların kullanılmadan önce kısa sürede kolayca karıştırılarak homojen hale getirilmesine imkan vermesidir (van Olphen, 1963). Hem yağ bazlı sondaj çamurlarında hem de yağ bazlı boyalarda ise aynı görev organik olarak işlenmiş bentonitler tarafından yapılmaktadır.

Tabaka şekilli taneciklere sahip olan ve bahsedilen bu gibi teknolojik öneme sahip kullanımlara sahip olan bentonitin koagülasyon, tiksotropi ve jelleşme özelliği ile mekanizması birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Tabaka şekilli tanelerden oluşan bir kil süspansiyonunda kil derişimi artırıldığında, koagülasyon ve bunun sonucu olarak jel yapısı oluşmaktadır. Brown hareketi etkisi altındaki kil taneleri birbirlerine karşı minimum enerjili pozisyonları olarak yavaş bir biçimde jel yapısını oluştururlar (Luckham ve Rossi, 1999). Jel yapısında, kenar-kenar (KK) ve kenar-yüzey (KY) etkileşimlerinin baskın olduğu ve yüzey-yüzey (YY) tipindeki etkileşimlerin ise tane etkileşimleri için gerekli serbest yüzey alanını azaltması nedeniyle jel dayanımı ve viskoziteyi düşürdüğü bilinmektedir (Güven, 1992a). Bununla birlikte, kil tabakalarının yüzey ve kenarları üzerindeki elektriksel yüklerin işareti ve

şiddeti süspansiyonun pH'ına, eklenen elektrolit tipi-derişimine ve bazı kompleks oluşturucu iyonların varlığına göre değişmektedir (van Olphen, 1963; Heath ve Tadros, 1983).

Jelleşme mekanizmasının nasıl olduğunu ortaya çıkarmak için birçok araştırmacı pH, NaCl, Na-hegzametafosfat, HCl ve bazı organik asitler gibi elektrolitlerin hem tane etkileşimleri hem de bentonit süspansiyonlarının reolojisi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir (Norrish, 1954; van Olphen, 1963; Rand vd., 1980; Heath ve Tadros, 1983; Brandenburg ve Lagaly, 1988; Stawiński vd., 1990; Permien ve Lagaly, 1994; Benna vd., 1999; Yıldız vd., 1999; Durán vd., 2000). Bu çalışmalarda yaklaşık olarak nötr pH değerleri dışındaki pH değerlerinde jelleşme özelliklerinin iyiye doğru gittiği belirlenmiştir. KY etkileşimlerinin asidik pH değerlerinde ve uzun mesafeli itme etkileşimlerinin bazik pH değerlerinde baskın olduğu belirlenmiştir.

Elektrokinetik özelliklerin montmorillonit taneciklerinin birlikteliği üzerindeki etkileri üzerine literatürde yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bar On (1970), kile ait değişebilir katyon tipinin elektroforetik hareketliliği etkilediği ve kalsiyum montmorillonitin sodyum montmorillonitten daha pozitif hareketlilik değerlerine sahip olduğunu belirlemiştir. Heath ve Tadros (1983) yaptığı çalışmada montmorillonit tanelerinin hareketliliğinin pH 4-10 aralığında pratik olarak değişmediğini, buna karşılık Benna vd. (1999) ise pH 2-12 aralığında hareketliliğin pH'a bağımlı bir davranım sergilediğini belirlemiştir. Bununla birlikte, Thomas vd. (1999), düşük ve yüksek yüke sahip smektitlerin pH'a bağımlı, ancak orta derecede yüke sahip smektitlerin pH'tan bağımsız elektroforetik hareketliliğe sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalar dikkate alındığında ilgili literatürde bentonite ait pH'a bağımlı tanımlayıcı bir elektroforetik hareketlilik davranımı bulunmamaktadır. Huang ve Fuerstenau (2001) yaptıkları çalışmada, kurşun ve kadmiyum katyonlarının talk ve kuvarın elektroforetik hareketliliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Süspansiyon içerisinde $PbOH^+$ ve $CdOH^+$ türlerinin maksimum derişimde olduğu pH değerinde, talk ve kuvarın hareketliliği negatif değerlerden pozitif değerlere yükselmektedir. Ayrıca, kullanılan metal katyonlarının yine aynı pH değerlerinde katı tarafından maksimum miktarda adsorplandığı diğer birçok benzer adsorpsiyon çalışmasında olduğu gibi (Fuerstenau vd.,

1970; Palmer vd., 1975a,1975b; Kinniburgh vd., 1976; Schulthess ve Huang, 1990; Barbier vd., 2000) belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Küçükhacıbey-Eldivan-Çankırı betonitinin jelleşme özelliğinin inorganik katkı maddeleri kullanılarak daha iyi hale getirilmesine ve buna ilişkin jelleşme mekanizmasının aydınlatılmasına çalışılmıştır. Jelleşme özelliği, katkı tipi ve süspansiyon pH'ına bağlı olacak biçimde, jelleşme katsayısı testleri, çökelti hacmi oranı testleri ve elektroforetik hareketlilik ölçümleri ile izlenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Tüm deneylerde, Karakaya Bentonit A.Ş. tarafından döküm kumu bağlayıcısı olarak pazarlanan bentonit numunesinin sedimantasyon ile ayrılan <2µm'lik fraksiyonu kullanılmıştır. XRF (Philips PW 1480), FT-IR (Nicolet 520), TG/DTA (Rigaku Ver2.22E2) ve XRD (Philips PW 1140) analizleri [normal-glikollü-fırınlanmış ve lityum 250°C yöntemi ile işlenmiş (Lim ve Jackson, 1986)] kullanılarak numunenin, yaklaşık olarak %80 oranında Na/Ca tipi demirce zengin beidellitik karakterde montmorillonit olduğu, yaklaşık olarak %8'inin illit ve geri kalan kısmın ise feldispat, kuvars ve dolomit olduğu belirlenmiştir. Kullanılan numunenin kimyasal analiz sonucu ve bazı fiziksel-kimyasal özellikleri sırasıyla Çizelge 1 ve 2'de verilmektedir.

Deneylerde kullanılan MgCl₂·6H₂O, MgO, PbCl₂, MnCl₂·2H₂O, HCl ve NaOH kimyasal maddeleri Merck kalitesindedir. 4 g kil, 190 ml saf suya (~%2 ağı/hacim) ilave edilmiş ve 5 dakikalık şiddetli karıştırma ile kil numunesi olabildiğince dağıtılmıştır. Daha sonra çalışılacak pH değeri, karıştırma devam ederken, hızlı bir biçimde derişimleri 0,005 ile 0,1 M aralığında değişen HCl veya NaOH ile ayarlanmış ve gerekli

miktardaki anorganik katkı maddesi ilave edilmiştir. Ayarlanan pH değerinde yapılan 1 saatlik karıştırma işleminde sonra süspansiyon Whatman 42 kağıdından filtre edilmiş ve oda sıcaklığında kurutulmuştur. Deneylerde ayarlanan pH değerleri magnezyum için 8 - 9 - 10 - 10,5 - 11 - 12, kurşun (II) için 7 - 7,5 - 8 - 8,5 - 9,5 - 10,5 - 11 ve manganez (II) için 8 - 9 - 9,5 - 10 - 10,5 - 11'dir. İşlenen kil numuneleri üzerinde çökelti hacmi oranı (CHO) ve jelleşme katsayısı (JK) testleri yapılmıştır. Orijinal ve işlenmiş numunelerin elektroforetik hareketlilikleri Zeta-Meter cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Tüm CHO, JK ve elektroforetik hareketlilik ölçümleri en az üç defa tekrar edilmiş ve ortalama değerler verilmiştir.

Çizelge 1. Bentonitin Kimyasal Bileşimi

Eleman	%	Eleman	%
SiO ₂	51,64	Na ₂ O	2,11
Al ₂ O ₃	17,30	K ₂ O	2,17
Fe ₂ O ₃	7,51	TiO ₂	0,77
MnO	0,08	P ₂ O ₅	0,13
MgO	3,82	Cr	0,02
CaO	2,73	A.K.	10,83

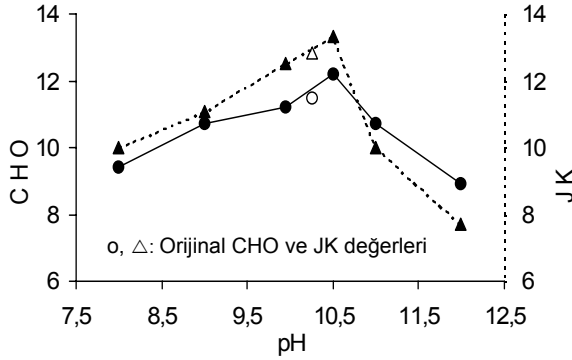
Çökelti hacmi oranı testlerinde, yığın hacmi bilinen 1,4 g bentonit numunesi 100 ml suya azar azar ilave edilip 48 saat bekledikten sonra şişmiş kilin hacmi orijinal yığın hacmine bölünerek çökelti hacmi oranı belirlenir. Jelleşme katsayısı testinde ise minimum miktarda jelleşmeye neden olan kil miktarı dikkate alınmakta ve TS 5360 (1996)'a göre jelleşme katsayısı hesaplanmaktadır. Bu testlerden CHO yüksek ise jelleşme katsayısı da yüksek olacaktır (Marshall, 1949). Bu testler dikkate alındığında, rakamsal olarak kaydedilen 0,5 birimlik bir artış anlamlı olmaktadır.

Çizelge 2. Bentonitin Bazı Fiziksel-Kimyasal Özellikleri

Özellik	Değeri
pH (%3 ağı/hacim)	10,89
MgCl ₂ ·6H ₂ O ile kritik koagülasyon derişimi (%3 ağı/hacim)	1,95 meg/litre
Kasyon değişim kapasitesi, Na ⁺ /NH ₄ ⁺ değişimi (Bain ve Smith, 1994)	72,4 meg/100 g kil
Metilen mavisi indeksi (ASTM C 837-81, 1992)	73,7 meg/100 g kil
Ölçülmüş gliserol yüzey alanı (Jackson, 1964)	482 m ² /g
Teorik gliserol yüzey alanı (Güven, 1992b)	762 m ² /g
Çökelti hacmi oranı (1,4 g numune/100 ml su)	11,5
Jelleşme katsayısı (TS 5360, 1996)	12,82

3. DENEY SONUÇLARI

İşlenmemiş bentonit numunesinin $<2\mu\text{m}$ 'luk fraksiyonunun (doğal pH değeri 10,25) çökelti hacmi oranı ve jelleşme katsayısı değerleri sırasıyla yaklaşık olarak 11,5 ve 12,8'dir. pH'ın işlenmemiş $<2\mu\text{m}$ 'luk bentonit numunesinin CHO ve JK değerleri üzerindeki etkisi Şekil 1'de verilmektedir.

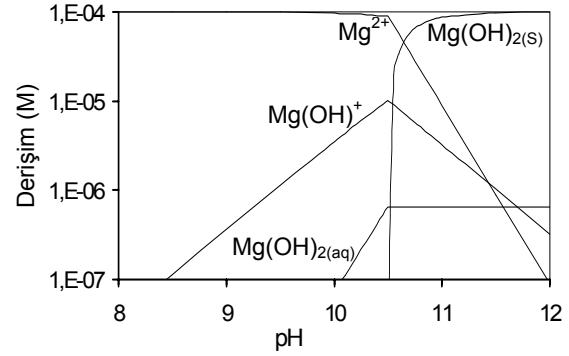


Şekil 1. Orijinal kilin CHO (kesiksiz çizgi) ve JK (kesikli çizgi) değerlerinin pH'a bağımlı olarak değişimi

Şekil 1'den görüldüğü üzere kilin doğal pH değerinin altındaki pH'larda CHO ve JK değerleri azalmakta, pH=10,5'te maksimum olmakta ve daha sonra tekrar azalmaktadırlar. İlk bakışta, pH'ın 10,25'ten 10,5'e yükselmesi ile CHO ve JK değerlerinin yükselişi, pH ayarlaması nedeniyle süspansiyona eklenen NaOH'tan gelen sodyum iyonlarından kaynaklanıyor gibi görünse de bu durum daha yüksek pH değerlerinde CHO ve JK'nın azalışını açıklamamaktadır. pH=10,5'te CHO ve JK değerlerinin maksimuma ulaşmasına kil yapısından ayrılan magnezyumun neden olması daha olasıdır. Sulu süspansiyonlarda kil yapısından magnezyum ayrılmasına ilişkin çeşitli çalışmalar literatürde bulunmaktadır (Frenkel ve Suarez, 1977; Chen vd., 1990). Kil yapısından yaklaşık olarak $1,0 \cdot 10^{-4}$ M magnezyum ayrıldığı dikkate alınır ve bu derişime göre bir logaritmik derişim grafiği (Şekil 2) çizilirse, pH=10,5'te MgOH^+ türünün maksimum derişimde olduğu görülür. Bu durumda, pH=10,5'te orijinal kilin maksimum CHO ve JK değerlerine sahip oluşu süspansiyon içerisinde oluşan MgOH^+ katyonlarından kaynaklanmaktadır.

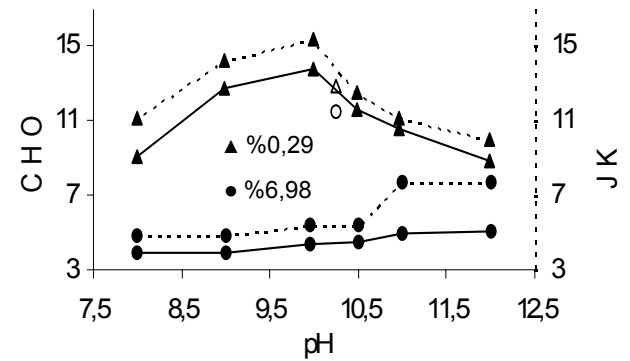
Bu düşüncüyü test etmek için, magnezyum oksit (MgO) ve magnezyum klorür ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) inorganik katkılarının kullanımı yoluna gidilmiştir. Kullanılacak minimum ve maksimum miktarlar,

sırasıyla, magnezyum oksit in sudaki çözünürlüğü ($0,0080\text{g}/100\text{ml}$) ve magnezyum klorür ile kritik koagülasyon değeri ($1,95$ meg/litre) dikkate alınarak belirlenmiştir. Hesaplanan minimum ve maksimum katkı miktarlarına göre yapılan deneylere ilişkin sonuçlar Şekil 3 ve 4'te verilmektedir.

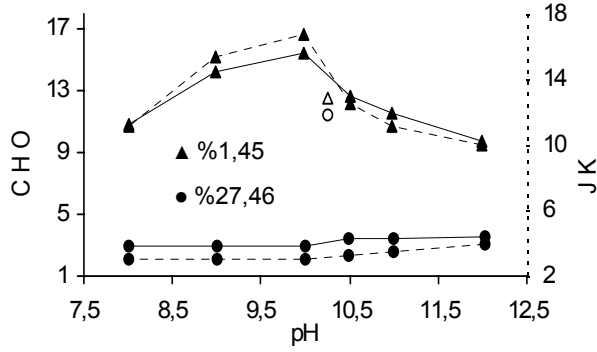


Şekil 2. Toplam $1,0 \cdot 10^{-4}$ M Mg^{2+} için pH-logaritmik derişim grafiği (veriler Butler (1964) ve Baes ve Mesmer (1976)'den alınmıştır)

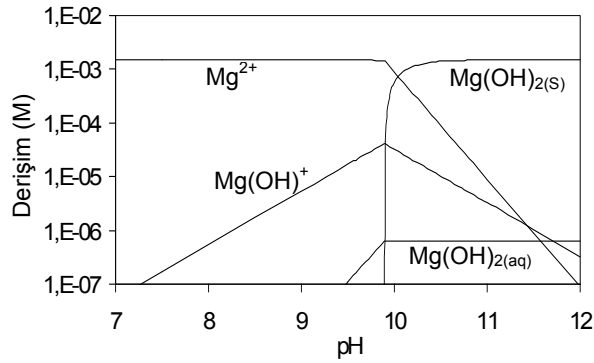
Süspansiyondaki kil miktarına göre %0,29 MgO ve %1,45 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ilaveleri $1,5 \cdot 10^{-3}$ M'lik magnezyum derişimine karşılık gelmekte ve bu derişime ilişkin pH-logaritmik derişim grafiği ise Şekil 5'te verilmektedir. Şekil 3-4 ve Şekil 5 kıyaslandığında sadece pH=10 değerinde CHO ve JK değerlerinin maksimuma ulaştıkları ve aynı zamanda MgOH^+ derişiminin de maksimuma ulaştığı gözlenmektedir ki bu durum da CHO ve JK değerlerindeki artışların MgOH^+ türünden kaynaklandığı düşüncesini desteklemektedir.



Şekil 3. %0,29 ve %6,98 MgO ile işlenen numunelerin CHO ve JK değerleri (CHO: kesiksiz çizgiler; JK: kesikli çizgiler)



Şekil 4. %1,45 ve %27,46 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ile işlenen numunelerin CHO ve JK değerleri (CHO: kesiksiz çizgiler; JK: kesikli çizgiler)

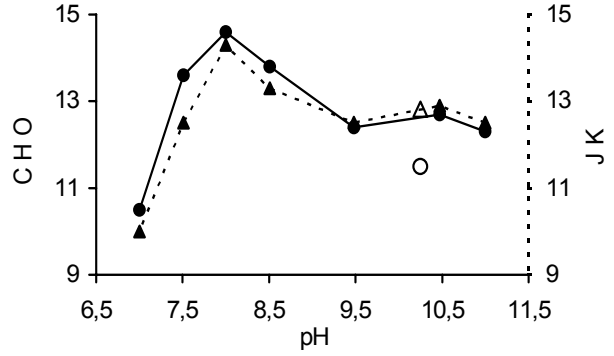


Şekil 5. Toplam $1,5 \cdot 10^{-3} M Mg^{2+}$ için pH-logaritmik derişim grafiği

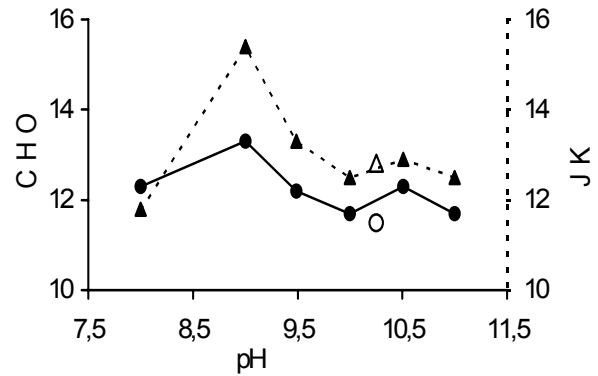
Magnezyum katyonu dikkate alındığında elde edilen maksimum CHO-JK değerleri MgO ve $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ için sırasıyla 13,8-15,4 ve 15,4-16,7'dir. Magnezyum dışında, MOH^+ tipinde, $PbOH^+$ ve $MnOH^+$ kompleks katyonlarını oluşturan $PbCl_2$ ve $MnCl_2 \cdot 2H_2O$ inorganik katkı maddeleri de test edilmiştir.

$1,5 \cdot 10^{-3} M$ toplam Pb^{+2} ve Mn^{+2} derişimlerini sağlayacak miktarda kurşun klorür ve mangan klorür ilaveleri sonucunda elde edilen CHO ve JK değerleri sırasıyla Şekil 6 ve 7'de verilmektedir. Bu derişime ilişkin pH-logaritmik derişim grafikleri ise kurşun ve mangan için sırasıyla Şekil 8 ve 9'da verilmektedir. %1,96 $PbCl_2$ kullanımı ile maksimum CHO ve JK değerleri sırasıyla 14,6 ve 14,3 olarak $PbOH^+$ katyonunun maksimum derişimde olduğu $pH=8$ değerinde elde edilmektedir. Benzer olarak, mangan (II) katyonu için de $MnOH^+$ derişiminin maksimumuna ulaştığı $pH=9$ değerinde, CHO ve JK değerleri maksimum olarak 13,3 ve 15,4 değerlerine ulaşmaktadır. Şekil 6 ve 7'den görüldüğü gibi pH

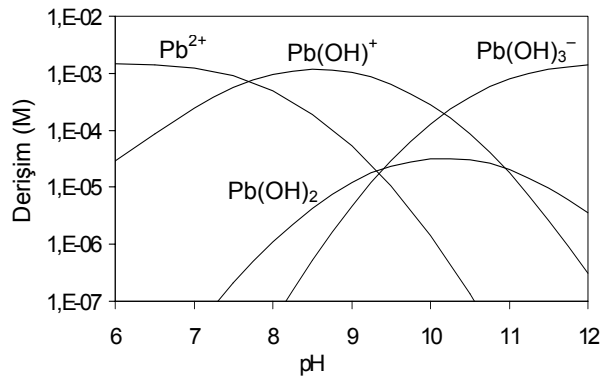
10,5'te gözlenen artış Şekil 1'de olduğu gibi kil yapısından ayrılan magnezyumdan kaynaklanmaktadır.



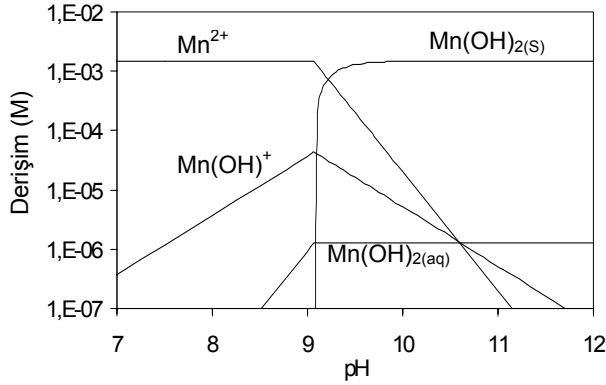
Şekil 6. %1,96 $PbCl_2$ ile işlenen numunelerin CHO ve JK değerleri (CHO: kesiksiz çizgiler; JK: kesikli çizgiler)



Şekil 7. %1,144 $MnCl_2 \cdot 2H_2O$ ile işlenen numunelerin CHO ve JK değerleri (CHO: kesiksiz çizgiler; JK: kesikli çizgiler)



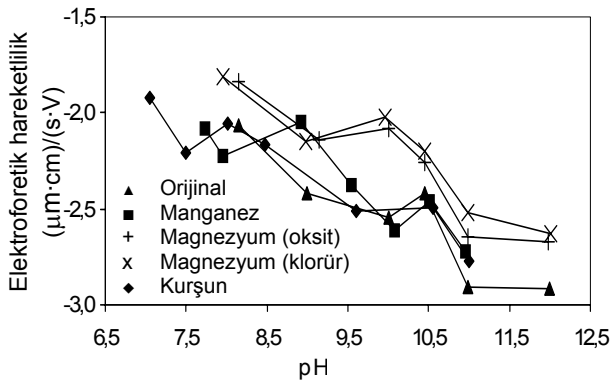
Şekil 8. Toplam $1,5 \cdot 10^{-3} M Pb^{+2}$ için pH-logaritmik derişim grafiği



Şekil 9. Toplam $1,5 \cdot 10^{-3}$ M Mn^{2+} için pH-logaritmik derişim grafiği

CHO ve JK değerlerinde elde edilen artış veya azalmalar tane yüzeylerindeki yüklerle de ilişkili olduğundan $1,5 \cdot 10^{-3}$ M Mg^{+2} , Pb^{+2} ve Mn^{+2} iyonları ile işlenmiş numunelerin belirlenen elektroforetik hareketlilikleri Şekil 10'da verilmektedir.

Elektroforetik hareketlilik değerlerinden de gözlemlendiği üzere, hareketlilik pH 10 ve 9 değerlerinde $\sim 0,47$ ($\mu m \cdot cm$)/(s·V) ve pH 8 değerlerinde $\sim 0,39$ ($\mu m \cdot cm$)/(s·V) doğal trendinden daha pozitif değerler almakta ve bu da $MgOH^+$, $MnOH^+$ ve $PbOH^+$ türlerinin kil tabakalarının kenarlarına adsorplanarak kenarları pozitif yüklü hale getirmesinden kaynaklanmaktadır. Hareketlilik değerleri talk mineralinde olduğu gibi (Huang ve Fuerstenau, 2001) büyük alana sahip montmorillonit tabakalarının yüzeylerinde bulunan fazla miktardaki yük nedeniyle tamamıyla tersine dönmemekte sadece daha pozitif değerlere kaymaktadır.



Şekil 10. Orijinal ve farklı katyonlarla işlenmiş numunelerin pH-elektroforetik hareketlilikleri

4. TARTIşMA VE SONUÇLAR

Kil tabakalarının kenarları, yüzeyleri ile kıyaslandığında oldukça küçük alana sahip olup çoğunlukla Si-OH ve Si-O⁻ grupları içerdiğinden az miktardaki spesifik olarak adsorplanan MOH^+ katyonları ile tabaka kenarlarının yükü negatiften pozitifte döndürülebilmekte ve bu da bazik pH değerlerinde KY ve KK birlikteliklerinin oluşumunu destekleyerek jelleşme özelliklerinin iyileşmesini sağlamaktadır.

İnorganik katkı maddesi ilavesi sonucunda bentonit süspansiyonunda oluşan MOH^+ tipindeki katyonların, yukarıda belirtildiği gibi, kuvars veya kil üzerine spesifik olarak adsorplandığı bugüne kadar yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur (Fuerstenau vd., 1970; Palmer vd., 1975a,b; Fuerstenau vd., 1985; Barbier vd., 2000; Huang ve Fuerstenau, 2001). Katyonun hidroliz olma özelliğine göre pH'ın daha da artırılması $M(OH)_{2(s)}$ veya $M(OH)_3^-$ tipinde türlerin oluşmasına neden olmaktadır (Fuerstenau vd., 1985). Magnezyum ve manganez $M(OH)_{2(s)}$ tipinde katyon oluşturmakta iken kurşun $Pb(OH)_3^-$ tipinde anyonik tür oluşturmaktadır. Her iki durumda da deneysel sonuçlardan görüldüğu gibi CHO ve JK değerleri azalmaktadır. Xeidakis (1996) tarafından yapılan çalışmada katyon değişimi ile tümüyle magnezyumlu hale getirilen bentonitin iç ve dış yüzeylerine pH'ın artırılması neticesinde magnezyum hidroksitin çöktüğu, bu durumun da klorit tipinde bir yapı oluşturduğu, metilen mavisi değerini %98 oranında azalttığı ve şişme özelliğini de çok fazla miktarda kötüleştirdiği belirtilmektedir.

Yapısında izomorfik yerdeğiştirme göstermeyen talk mineralinin zeta potansiyelinin $PbOH^+$ katyonu varlığında 40-50 mV artarak pozitif değerlere çıktığı Fuerstenau vd. (1970) tarafından gösterilmiştir. Yükselen ve Kaya (2003) tarafından da talk mineraline benzer olan kaolinitin 10^{-3} M $Pb(NO_3)_2$ derişiminde ve pH 8 - 8,5 aralığında zeta potansiyelinin negatiften pozitifte döndürülebildiği ortaya konmuştur. Yapılan bu çalışmada, talk ve kaolinitte olduğu gibi elektroforetik hareketliliklerde tam bir pozitifte dönüş, büyük yüzey alanına sahip tabaka yüzeylerinde yüksek miktarda bulunan negatif yük nedeniyle gerçekteleşmemektedir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, literatür bilgilerine de dayanılarak süspansiyon içerisinde oluşan MOH^+ ($MgOH^+$,

MnOH⁺, PbOH⁺ vb.) tipindeki katyonların tabaka kenarlarına spesifik olarak adsorplanarak kenar yüzeylerini bazik pH değerlerinde pozitif hale getirdiği söylenebilir. Bu durum, KY ve KK birlikteliklerinin oluşumunu sağladığından, deneysel sonuçlardan da görüldüğü gibi, bentonitin jelleşme özellikleri bu tip katyonlar kullanılarak iyileştirilebilmektedir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan katyonlardan, çevresel etkileri en az olan ve daha kolay bulunabilir olan magnezyumun bu tip bir iyileştirmede kullanılması daha uygun görünmektedir.

KAYNAKLAR

- ASTM C 837-81, 1992; "Standart Test Method for Methylene Blue Index of Clay". The American Society for Testing Materials. 267-268.
- Baes, C.F.Jr. ve Mesmer, R.E., 1976; "The Hydrolysis of Cations", John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Bain, D.C. ve Smith, B.F.L., 1994; "Chemical Analysis", In Clay mineralogy: Spectroscopic and Chemical Determinative Methods, M.J. Wilson (ed.), Chapman & Hall, New York, 300-332.
- Bar On, P., Shainberg, I. ve Michaeli, I., 1970; "Electrophoretic Mobility of Montmorillonite Particles Saturated With Na/Ca Ions", J. Coll. Inter. Sci, **33**, 471-472.
- Barbier, F., Duc, G. ve Petit-Ramel. M., 2000; "Adsorption of Lead and Cadmium Ions From Aqueous Solution to Montmorillonite/Water Interface", Soll. Surf. A., **166**, 153-159.
- Benna, M., Kbir-Arighuib, N., Magnin, A. ve Bergaya, F., 1999; "Effect of pH on Rheological Properties of Purified Sodium Bentonite Suspensions", J. Coll. Inter. sci, **218**, 442-455.
- Brandenburg, U. ve Lagaly, G., 1988; "Rheological Properties of Sodium Montmorillonite Dispersions", Appl. Clay sci, **3**, 263-279.
- Butler, J.N., 1964; "Ionic Equilibrium", Addison-Wesley, Massachusetts.
- Chen, J.S., Cushman, J.H. ve Low, P.F., 1990; "Rheological Behavior of Na-montmorillonite Suspensions at Low Electrolyte Concentration", Clays Clay Miner, **38**, 57-62.
- Durán, J.D.G., Ramos-Tejada, M.M., Arroyo, F.J. ve González-Caballero, F., 2000; "Rheological and Electrokinetic Properties of Sodium Montmorillonite Suspensions: I. Rheological Properties and Interparticle Energy of Interaction", J. Coll. Inter. Sci, **229**, 107-117.
- Frenkel, H. ve Suarez, D.L., 1977; "Hydrolysis and Decomposition of Calcium Montmorillonite", Soil Sci. Soc. Am. J., **41**, 887-891.
- Fuerstenau, M.C., Elgillani, D.A. ve Miller, J.D., 1970; "Adsorption Mechanisms in Nonmetallic Activation Systems", Trans. SME/AIME., **247**, 11-14.
- Fuerstenau, M.C., Miller, J.D. ve Kuhn, M.C., 1985; "Chemistry of Flotation", SME/AIME, New York.
- Güven, N., 1992a; "Rheological Aspects of Aqueous Smectite Suspensions", In Clay-water Interface and Its Rheological Implications, N. Güven and R.M. Pollastro (eds.), The Clay Minerals Society, Colorado, 82-125.
- Güven, N., 1992b; "Molecular Aspects of Clay-Water Interactions", In Clay-Water Interface and Its Rheological Implications, N. Güven and R.M. Pollastro (eds.), The Clay Minerals Society, Colorado, 2-79
- Heath, D. ve Tadros, Th.F., 1983; "Influence of pH, Electrolyte, and Poly (vinyl alcohol) Addition on the Rheological Characteristics of Aqueous Dispersions of Sodium Montmorillonite", J. Coll. Inter. Sci, **93**, 307-319.
- Huang, P. ve Fuerstenau, D.W., 2001; "The Effect of the Adsorption of Lead and Cadmium Ions on the Interfacial Behavior of Quartz and Talc", Coll. Surf. A., **177**, 147-156.
- Jackson, M.L., 1964; "Soil Clay Mineralogical Analysis" In Soil Clay Mineralogy-A Symposium, C.I. Rich and G.W. Kunze (eds.), The University of North Carolina Press, 245-294.
- Kinniburgh, D.G., Jackson, M.L. ve Syers, J.K., 1976; "Adsorption of Alkaline Earth, Transition, and Heavy Metal Cations by Hydrous Oxide Gels of Iron and Aluminum", Soil Sci. Soc. Am. J., **40**, 796-799.

- Lim, C.H. ve Jackson, M.L., 1986; "Expandable Phyllosilicate Reactions With Lithium on Heating", *Clays Clay Miner.*, **34**, 346-352.
- Luckham, P.F. ve Rossi, S., 1999; "The Colloidal and Rheological Properties of Bentonite Suspensions", *Adv. Coll. Inter. Sci.*, **82**, 43-92.
- Marshall, C.E., 1949; "The Colloid Chemistry of the Silicate Minerals", Vol 1, Academic Press, New York, 152-65.
- Norrish, K., 1954; "The Swelling of Montmorillonite", *Faraday Soc. Discuss.*, **18**, 120-134.
- Palmer, B.R., Fuerstenau, M.C. ve Aplan, F.F., 1975a; "Mechanism Involved in the Flotation of Oxides and Silicates With Anionic Collectors: Part II.", *Trans. SME/AIME*, **258**, 261-264.
- Palmer, B.R., Gutierrez G.B. ve Fuerstenau, M.C., 1975b; "Mechanism Involved in the Flotation of Oxides and Silicates With Anionic Collectors: Part I.", *Trans. SME/AIME*, **258**, 257-260.
- Permien, T. ve Lagaly, G., 1994; "The Rheological and Colloidal Properties of Bentonites in the Presence of Organic Compounds. IV. Sodium Montmorillonite in the Presence of Acids", *Appl. Clay Sci*, **9**, 256-263.
- Rand, B., Pekenć, E., Goodwin, J.W. ve Smith, R.W., 1980; "Investigation into the Existence of Edge-face Coagulated Structures in Na-Montmorillonite Suspensions", *J. Chem. Soc. Faraday Trans. I.*, **76**, 225-235.
- Schulthess, C.P. ve Huang, C.P., 1990; "Adsorption of Heavy Metals by Silicon and Aluminum Oxide Surfaces on Clay Minerals", *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **54**, 679-688.
- Stawiński, J., Wierzchoś, J. ve Garcia-Gonzalez, M.T., 1990; "Influence of Calcium and Sodium Concentration on the Microstructure of Bentonite and Kaolin", *Clays Clay Miner.*, **38**, 617-622.
- Thomas, F., Michot, L.J., Vantelon, D., Montargès, E., Prélot, B., Cruchaudet, M. ve Delon, J.F., 1999; "Layer Charge and Electrophoretic Mobility of Smectites", *Coll. Surf. A.*, **159**, 351-358.
- TS 5360, 1996; "Foundry Bentonite", Turkish Standards Institute, 1-17.
- van Olphen, H., 1963; "An Introduction to Clay Colloid Chemistry", Interscience Publ., New York.
- Xeidakis, G.S., 1996; "Stabilization of Swelling Clays by Mg(OH)₂-Changes in Clay Properties After Addition of Mg-hydroxide", *Eng. Geology.*, **44**, 107-120.
- Yıldız, N., Sarıkaya, Y. ve Çalimli, A., 1999; "The Effect of the Electrolyte Concentration and pH on the Rheological Properties of the Original and the Na₂CO₃-activated Kütahya Bentonite", *Appl. Clay Sci*, **14**, 319-327.
- Yükselen Y. ve Kaya, A., 2003; "Zeta Potential of Kaolinite in the Presence of Alkali, Alkaline Earth and Hydrolyzable Metal Ions", *Water, Air, and Soil Pollution*, **145**, 155-168.