

Anyonik toplayıcılar varlığında huntitin ($Mg_3Ca(CO_3)_4$), flotasyon davranışı

M. Olgaç KANGAL*, Ali GÜNEY

İTÜ Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Bu çalışmada, KOI ve Flotınor FS-2 gibi anyonik toplayıcılar varlığında, huntitin flotasyon davranışı ve elektrokinetik özellikleri belirlenerek; Mg^{+2} ve Ca^{+2} gibi ortak iyonların etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, huntitin yüzey özelliklerinde $Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$, CMC gibi kontrol reaktiflerinin ve pH'nın etkisi incelenmiştir. Elektrokinetik ölçümler, huntitin eş elektrik noktasının 8.0 olduğunu göstermektedir. 10^{-2} M $MgCl_2$ ve $CaCl_2$ kullanıldığında, huntitin yüzey yükü pozitif olmaktadır. KOI, Flotınor FS-2 ile karşılaştırıldığında daha etkili olduğu, Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonlarının huntitin yüzebilirliği üzerinde yeterli bir etki yaratmamıştır. $Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$, huntitin yüzebilirliğinde belirgin bir etkisi yoktur. CMC ile yapılan flotasyon deneyleri, huntit üzerinde büyük bir bastırıcı etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Huntit, anyonik toplayıcılar, eş elektrik noktası, mikroflotasyon.

Flotation behaviour of huntite ($Mg_3Ca(CO_3)_4$) with anionic collectors

Abstract

In this study, flotation properties of huntite as unusual carbonate mineral and the effects of modifying reagents on huntite were determined. Flotation behaviour and electrokinetic properties of huntite were determined in the presence of potassium oleate and Flotınor FS-2. The effects of common ions that are expected in flotation pulps such as, Mg^{2+} and Ca^{2+} were studied. The influences of pH and modifying reagents like sodium silicate and carboxymethyl cellulose on surface properties of huntite were also examined. Electrokinetic measurements showed that huntite mineral were performed against pH in the presence of various NaCl concentrations. According to test results, iso-electric point of huntite was found to be around 8.0. Indifferent electrolytes are not expected to change the iso-electric point, however, as concentration increases the change in the magnitude of the zeta potential is attributed to the compression of the electrical double layer. Surface charge of huntite becomes positive in the presence of 10^{-2} M of $MgCl_2$ and $CaCl_2$ at all pH values. According to micro flotation test results, potassium oleate is more efficient than Flotınor FS-2. Mg^{2+} and Ca^{2+} ions have negative effect on the floatabilities of huntite. Sodium silicate was seen to have no significant effect on the flotability of huntite. Flotation experiments with CMC indicated that it acts as a depressant on huntite.

Keywords: Huntite, anionic collectors, iso-electric point, microflotation.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: M. Olgaç KANGAL. kangal@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 68 86.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Maden Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Göller Bölgesi huntit cevherlerinin zenginleştirilmesi ve alev geciktirici hammadde üretimine yönelik kullanılması" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 09.04.2004 tarihinde dergiye ulaşmış, 03.06.2004 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.10.2005 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Alev geciktirici hammaddesi olarak kullanılan huntitin flotasyon özellikleri bugüne kadar araştırılmamıştır. Birçok karbonat esaslı mineral benzer kristal ve kimyasal özellik sergilediğinden dolayı, karbonatların seçimli olarak flotasyon yöntemiyle ayrılmasında modifiye edici reaktiflerin önemi oldukça fazladır. Huntitin dışında kalan birçok karbonat esaslı minerallerin flotasyon özellikleri daha önceki araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir (Brandao vd., 1982; Gallios vd., 1989; Matis vd., 1989; Gence vd., 1995).

Çok fazla tanınmayan bir karbonatlı mineral olan huntit ($Mg_3Ca(CO_3)_4$) ilk olarak 1943 yılında keşfedilmiştir. Huntit, dolomit ve manyezit içeren kayaçların yüzey bozuşması ve alterasyonu sonucu oluşmuştur (Faust, 1953). Dana Sınıflandırması'na göre, huntit, susuz bir karbonat minerali olup, $A_2^+B_2^{++}(CO_3)_4$ formülüne sahiptir. Bu formülde, A, Mg iyonu, B ise Ca iyonunu göstermektedir. Huntit dilinim göstermeyen, mat beyaz renkli ve 2.969 yoğunluğa sahip bir mineraldir. Sertliği Mohs Sertlik Sınıflandırması'na göre 1-2 arasındadır (Dollase ve Reeder, 1986).

Fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak huntit; kağıt kaplama, boya emülsiyonlarında, alev geciktirici hammadde üretiminde ve polimerlerin dayanımını artırıcı katkı maddesi üretiminde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

Huntitin en önemli kullanım alanı, alev geciktirici endüstrisidir. Alev geciktirici katkı maddeleri, yanmayı gerçekleştiren veya arttıran ortam ve koşulları kontrol etme yönünde işlev görürler. Alev geciktirici katkı maddeleri ortamdaki oksijeni yok ederek alevi söndürmekte veya ısıyı absorblayıp su buharı açığa çıkararak sıcaklığı düşürmektedirler. Alev geciktirici katkı maddeleri sinerjik etkilerinden dolayı kombinasyon halinde kullanılmaktadırlar. Alev geciktirici katkı malzemelerinin gündelik yaşamda kullanılmaları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Plastik malzemelerin neredeyse tamamı hidrokarbon esaslı olup yanma özelliğine sahiptirler. Günümüzde birçok eşyanın yapımında

polimerlerin kullanımını arttığı için katkı malzemesi olarak kullanılan alev geciktirici malzemelerin de önemi artmaktadır. Tekstil, yapı, elektrik-elektronik ve otomotiv gibi güvenliğin gerektiği bir çok alanda kullanılan polimerlere katılan alev geciktiriciler, bu alanlardaki güvenliğin artmasına yardımcı olmaktadır (Toure vd., 1996; Bolger, 1996; Schmidt, 1999; O'Driscoll, 1994).

Huntitin mineral esaslı alev geciktirici katkı maddesi olarak kullanılmasının birçok avantajı vardır. Alev geciktirici performansı, alüminyum ve magnezyum hidroksitler gibi diğer alev geciktirici katkı maddelerine göre oldukça fazladır. Ayrıca, alüminyum hidroksitle karşılaştırıldığında, ısı stabilitesi oldukça fazladır (Kirschbaum, 2001).

Huntit, hidromanyezitle birlikte kullanıldığında etkili bir alev geciktirici hammadde olarak göze çarpmaktadır. Huntit ve hidromanyezit ısıtıldığında bir seri bozunma reaksiyonu vermektedir. Bu reaksiyon sonucunda, CO_2 ve H_2O açığa çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, yanma işlemi boyunca kuvvetli karbon içeriğine sahip kül şeklindeki karbonlu kömürümsü bir maddeye dönüşmektedir. Bu madde ısının polimere geri dönmesini engelleyerek daha sonraları tekrar yanmasını engellemektedir. Bu kömürümsü maddede oluşan Ca ve Mg oksitler de polimeri koruyucu bir izolasyon tabakası oluşturmaktadırlar (Microfine Minerals Limited Report, 2000; Kirschbaum, 2001).

Alev geciktirici hammadde olarak kullanılan huntitin, %37-39 MgO, %7-9 CaO, mak. %0.5 SiO_2 , mak. %0.05 Fe_2O_3 , mak. %0.1 TiO_2 içermesi ve $1000^\circ C$ 'deki kızdırma kaybının %52-54 olması gerekmektedir.

Huntit stabil olmayan karbonatlı bir mineral olduğu için, doğada manyezit ve dolomit gibi fazla bulunmamaktadır. Çünkü huntit, manyezit ve dolomit arasında kalan bir geçiş minerali olup, genellikle dolomit, manyezit veya hidromanyezitle beraber bulunmaktadır. Huntitin içinde saçılım halde bulunduğu diğer stabil olan karbonat esaslı minerallerden ayrılması önemli

bir sorundur. İnce taneli minerallerin birbirlerinden ayrılması için en önemli tekniklerden biri olan flotasyon yöntemi, huntitin diğer karbonat esaslı minerallerden ayrılması için de en etkin yöntem olarak bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, huntitin flotasyon özelliklerinin tesbit edilerek, diğer karbonat esaslı minerallerden en etkin ayrılma koşullarını belirlenmesidir.

Deneysel çalışmalar

Malzeme ve yöntem

Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler, Isparta İli sınırları içinde yer alan Eğirdir Gölü'nün kuzeydoğu kıyısındaki eski maden ocakları civarından alınmıştır. Seramik bilyalı değirmende 0.2 mm altına öğütülen numune üzerinde gerçekleştirilen XRD çalışmaları, numunenin %95 saflıkta olduğunu göstermektedir. Kimyasal ve XRD analiz sonuçları sırasıyla Tablo 1 ve Şekil 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Huntit numunesinin kimyasal analizi

Bileşen	İçerik, %	Bileşen	İçerik, %
SiO ₂	0.39	Cr ₂ O ₃	0.003
Al ₂ O ₃	0.08	LOI	45.90
Fe ₂ O ₃	0.08	Total C	13.30
MgO	34.52	Total S	0.01
CaO	14.65	Ba (ppm)	84
Na ₂ O	0.15	Ni (ppm)	<20
K ₂ O	<0.02	Sr (ppm)	561
TiO ₂	0.01	Zr (ppm)	<10
P ₂ O ₅	0.05	Y (ppm)	<10
MnO	0.01	Nb (ppm)	<10

Mikroskobik incelemeler, numunenin esas minerali huntit, ikincil mineral olarak da manyezit içerdiğini göstermiştir. Serpantin, talk, dolomit ve kil mineralleri ise numune içerisinde eser miktarda bulunmaktadır. Huntitin serbestleşme boyutu -20 mikron olarak görülmekte ve şekilleri ise küresel ve elipsoid olarak izlenmektedir.

Coulter Multisizer AccuComp 1.19 tane boyut ölçüm cihazı ile gerçekleştirilen numunenin tane boyutunun dağılımına göre, huntit numunesinin boyut dağılımı -200 mikron olarak tesbit edilmiştir. Sonuçlar Şekil 2'de sunulmaktadır.

Huntitin alev geciktirici hammadde olarak yangın esnasındaki davranışının öneminden dolayı,

huntit numunesi üzerinde diferansiyel termal analiz (DTA) ve termal gravimetrik analiz (TGA) gerçekleştirilmiştir. DTA ve TGA eğrileri Şekil 3'de verilmektedir.

Şekil 3'te görüldüğü üzere, numunenin toplam ağırlık kaybı, 400-600°C'de %31.3, 600-850°C'de ise %13.4'tür. 75°C'de dehidrasyon gerçekleşirken; 602.1 ve 622.1°C'de iki dereceli bir bozunma oluşmaktadır. 829°C'de ise ikinci bir bozunma izlenmektedir.

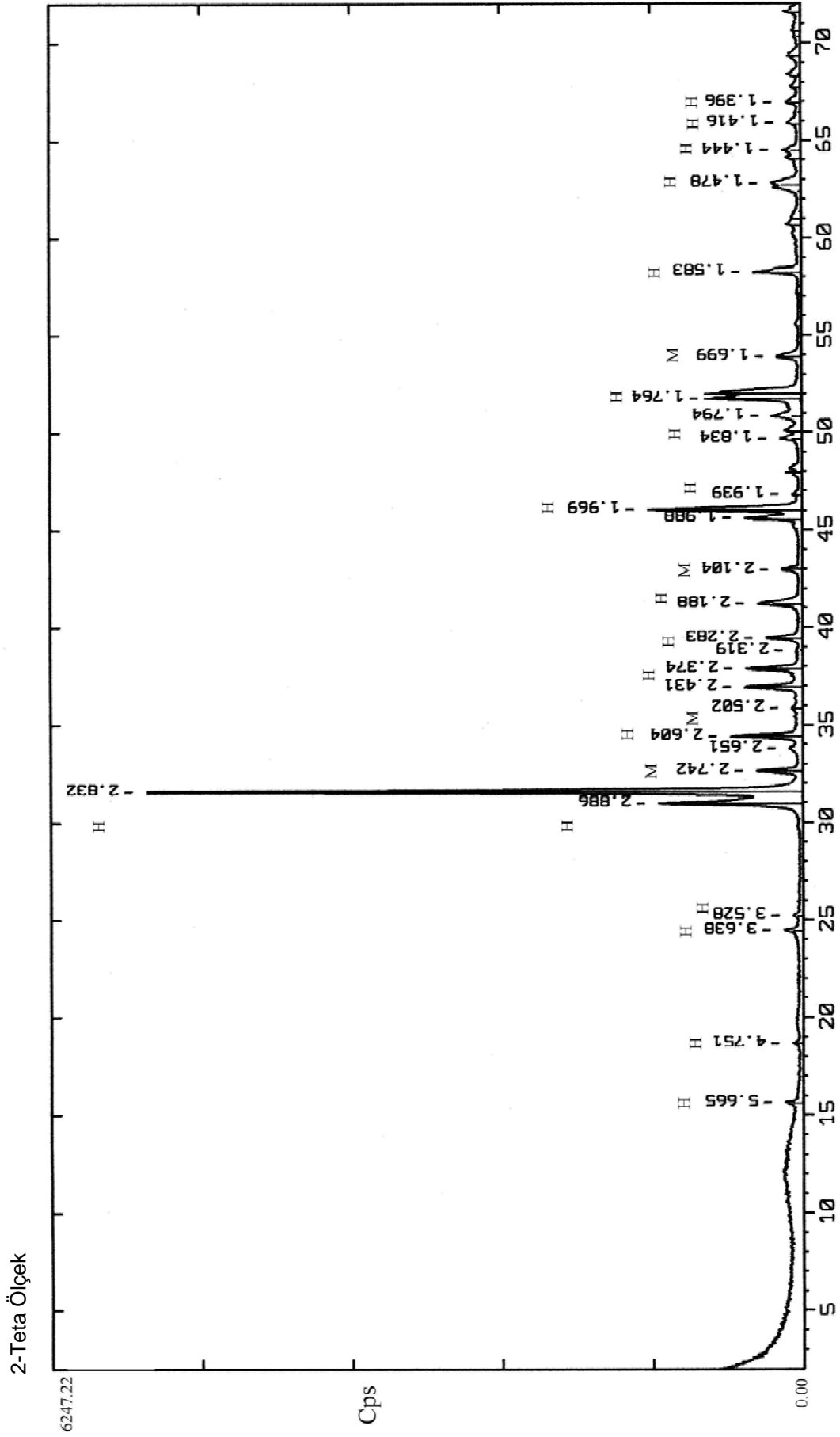
Huntitin flotasyon davranışını incelemek için yapılan deneysel çalışmalar 170 ml hacimli Hallimond tipi mikro flotasyon hücresiyle gerçekleştirilmiştir. Deneylerde toplayıcı cinsi ve miktarı, pH ve modifiye edici reaktiflerin etkisi sistematik olarak incelenmiştir.

1 gram numune istenilen miktarda reaktifle hazırlanmış 170 ml'lik çözelti içinde 5 dakika boyunca kıvamlandırılmış ve sonra 70 cm³/dakika azot gazı kullanılarak 2 dakika boyunca flotasyona tabi tutulmuştur. Yüzen kısım kurutularak tartılmış ve yüzebilirlik verimi hesaplanmıştır. Mikro flotasyon deneyleri toplayıcı olarak potasyum oleat ve Flotiner FS-2, pH ayarlayıcı olarak sodyum hidroksit ve bastırıcı olarak da MgCl₂, CaCl₂, Na₂SiO₃.5H₂O ve CMC kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fluka Chemika firmasından temin edilen, potasyum oleat (C₁₈H₃₃KO₂), oleik yağ asitlerinin potasyum tuzudur. Clariant firmasından sağlanan Flotiner FS-2 ise doymuş ve doymamış karboksilik asitlerin bir karışımıdır. Potasyum oleat ve Flotiner FS-2 toplayıcılarının köpürtücü özelliklerinin de bulunmasından dolayı deneylerde köpürtücüye gereksinim duyulmamıştır.

Sonuçlar ve tartışma

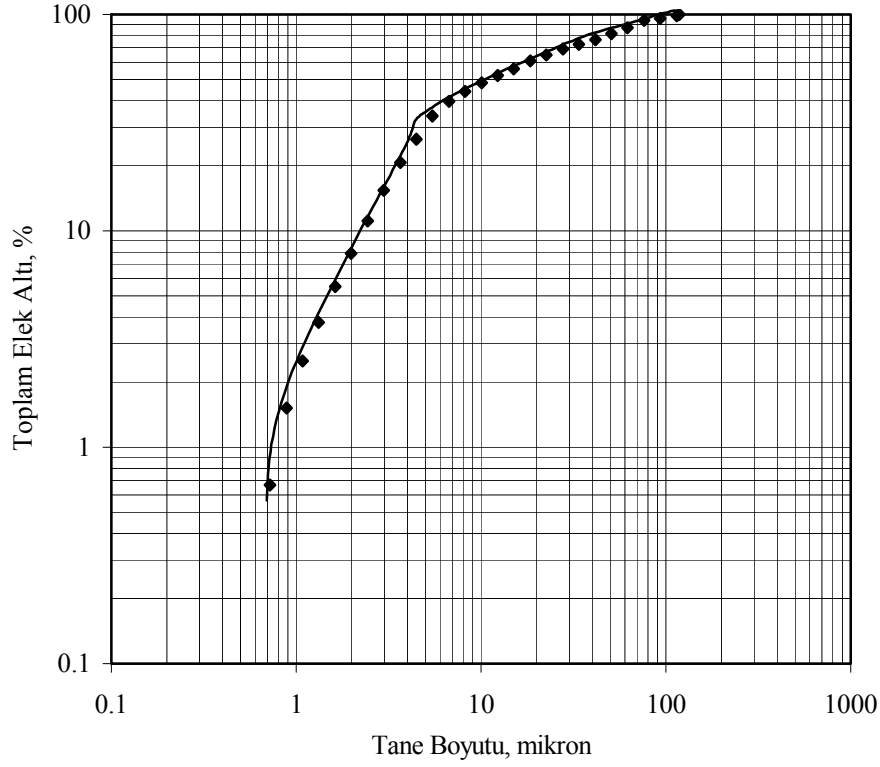
Elektrokinetik ölçümler

Elektrokinetik ölçümler, doğrudan zeta potansiyeli hesaplayan mikro işlemcili Zeta Meter 3.0 cihazında gerçekleştirilmiştir. 0.2 gram huntit numunesi 50 ml'lik çözeltide 10 dakika boyunca kıvamlandırılarak ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerde tek değerlikli (Na⁺) ve çok değerlikli iyonların (Mg⁺² ve Ca⁺²) huntitin yüzey yüküne etkisi incelenmiştir. Sonuçlar sırasıyla Şekil 4, 5 ve 6'da verilmektedir.

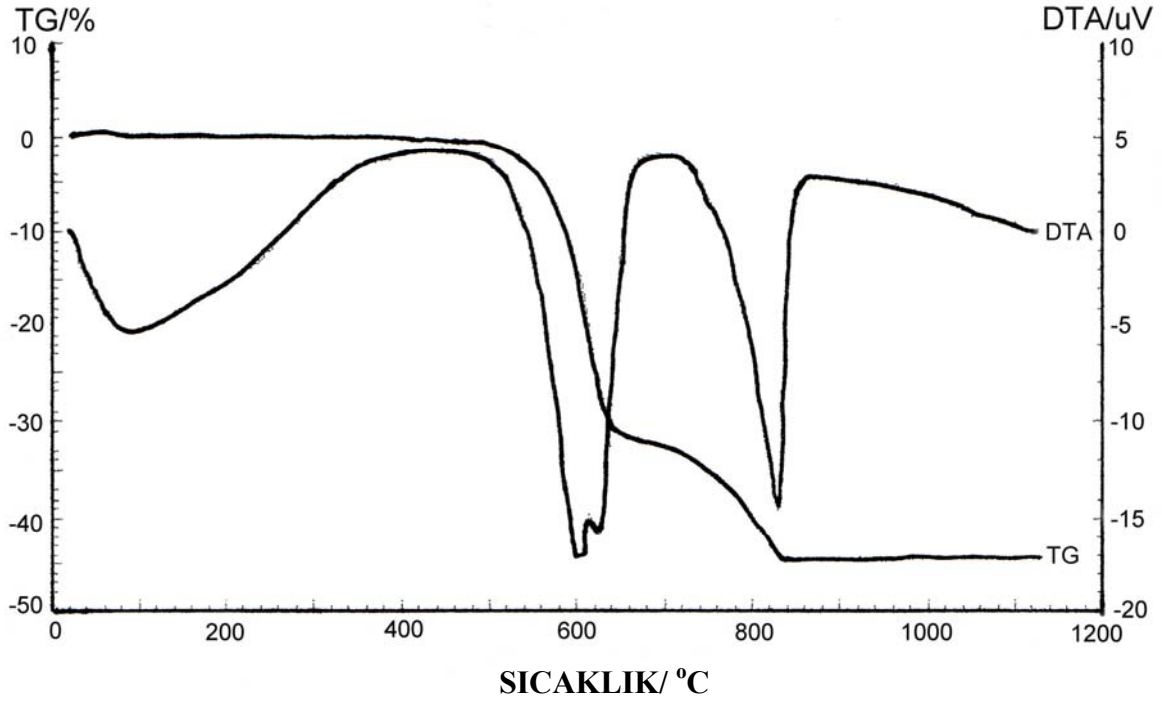


Şekil 1. Huntitin XRD sonuçları (H: huntit, M: manyezit)

Huntitin flotasyon davranışı



Şekil 2. 200 mikron altına öğütülmüş huntit numunesinin toplam elek altı eğrisi



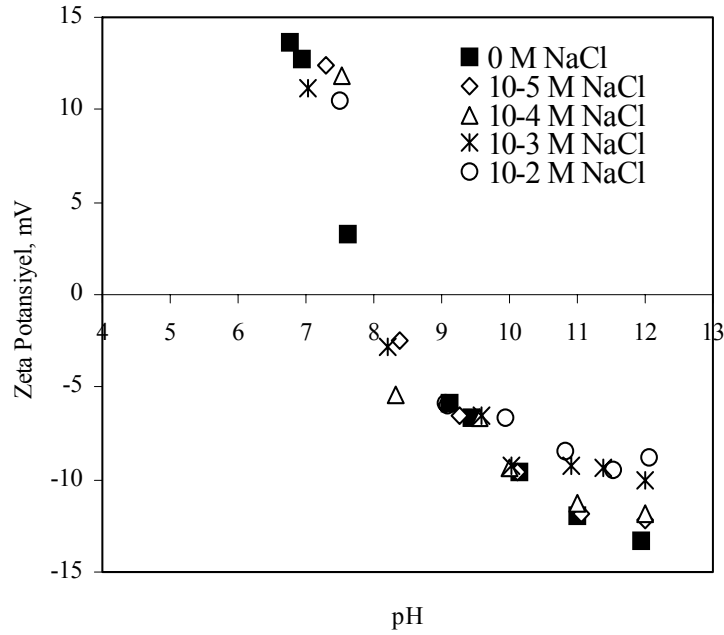
Şekil 3. Huntit mineralinin DTA ve TGA eğrileri

10^{-2} M, 10^{-3} M, 10^{-4} M ve 10^{-5} M NaCl konsantrasyonlarında ve pH'ya bağlı olarak gerçekleştirilen elektrokinetik ölçümler sonucunda, huntitin eş elektrik noktası 8.0 civarında bulunmuş-

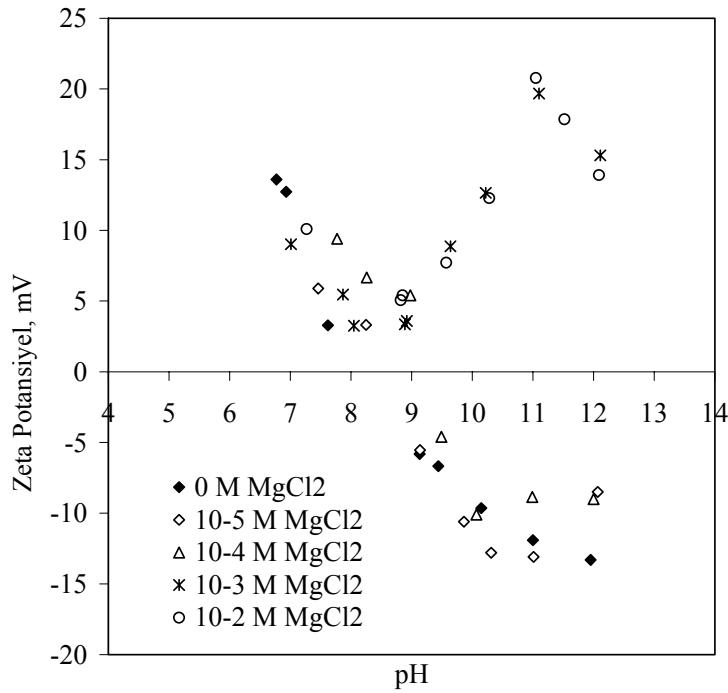
tur. Şekil 4'ten de görüleceği üzere farklı konsantrasyonlardaki sodyum klorürün huntitin yüzey yükü üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı; ancak elektriksel çift tabakayı sıkıştırma etkisin-

den dolayı, ölçümlerin daha hassas yapılmasına yol açtığı görülmüştür. Karbonatlı cevherler üzerinde daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonlarının bu tip mineraller üzerinde potansiyeli tayin eden iyonlardan olduğu açıklanmıştır (Brandao vd., 1982; Gence vd., 1995). Aynı şekilde Şekil 5 ve 6'dan görüldüğü üzere ortamdaki Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonlarının kon-

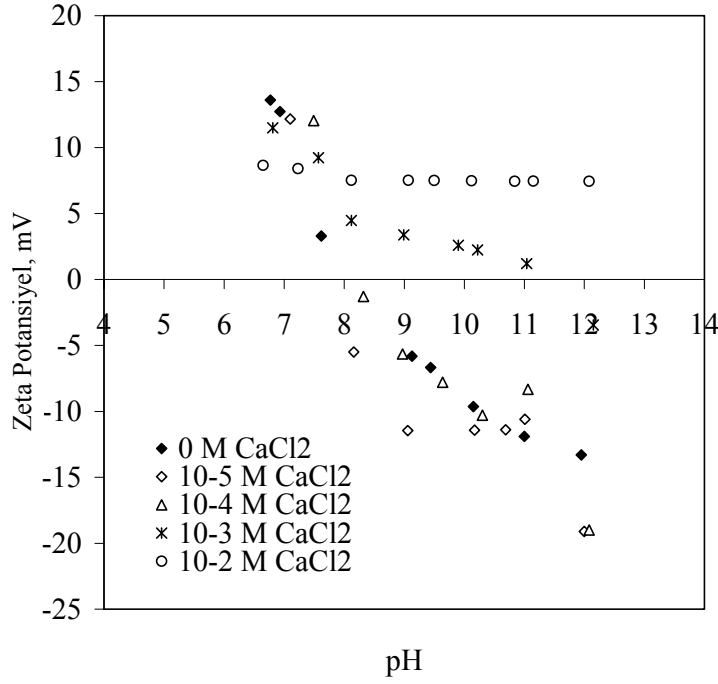
santrasyonu arttıkça huntitin yüzey yükü pozitif kaymaktadır. Eş elektrik noktası 8.0 civarında olan huntit mineralinin 10^{-2} M $MgCl_2$ ve $CaCl_2$ konsantrasyonunda bütün pH değerlerinde yüzey yükü pozitif olmaktadır. Sonuç olarak, Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonlarının huntit minerali için potansiyeli tayin eden iyonlardan olduğu görülmektedir.



Şekil 4. NaCl varlığındaki zeta potansiyel ölçümleri



Şekil 5. $MgCl_2$ varlığındaki zeta potansiyel ölçümleri



Şekil 6. CaCl₂ varlığında zeta potansiyel ölçümleri

Mikro flotasyon deneyleri

Mikro flotasyon deneylerinde, toplayıcı cinsi ve miktarı, pH, MgCl₂, CaCl₂, Na₂SiO₃.5H₂O ve CMC konsantrasyonlarının etkisi sistematik olarak incelenmiştir. Bu parametrelerin değişim değerleri Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Mikro flotasyon deneylerinde incelenen parametreler

Parametreler	Değerler
Toplayıcı cinsi	KOl, Flotiner FS-2
Toplayıcı Kons.	25-1000 mg/l
pH	7-12
MgCl ₂ Kons.	10 ⁻⁵ -10 ⁻² M
CaCl ₂ Kons.	10 ⁻⁵ -10 ⁻² M
Na ₂ SiO ₃ .5H ₂ O Kons.	1x10 ⁻⁴ -5x10 ⁻³ M
CMC Kons.	25-1000 mg/l

Toplayıcı cinsinin etkisi

Toplayıcı cinsinin ve konsantrasyonun etkisinin incelendiği deneylerde, 25-1000 mg/l arasında değişen konsantrasyonlarda KOl ve Flotiner FS-2’nin huntitin yüzebilirliği üzerindeki etkisi incelenmiş ve sonuçlar Şekil 7’de verilmiştir.

Şekil 7’den görüldüğü gibi, potasyum oleat, Flotiner FS-2 ile karşılaştırıldığında, daha yüksek yüzebilirlik verimleri sağlamaktadır. Huntit

verimi, 200 mg/l potasyum oleat konsantrasyonunda maksimum seviyeye (%80) ulaşmaktadır. Bu yüzden, 200 mg/l potasyum oleat, 600 mg/l Flotiner FS-2 deneysel çalışmanın bu bölümü için optimize edilip; daha sonraki deneylerde bu toplayıcı miktarları kullanılmıştır.

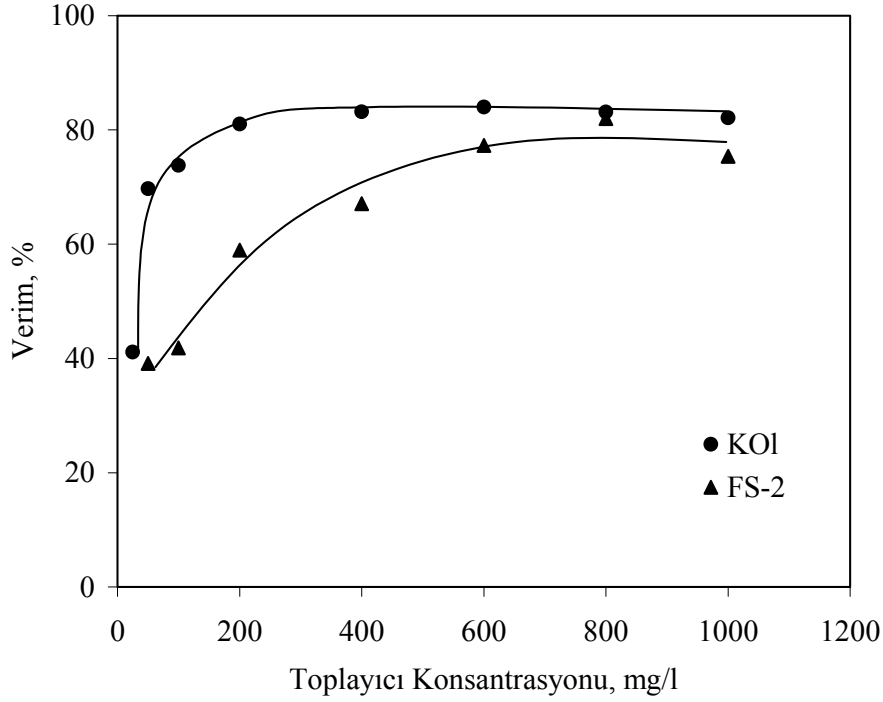
pH’nin etkisi

200 mg/l KOl ve 600 mg/l Flotiner FS-2 kullanılarak yapılan pH’nin etkisinin incelendiği deneylerin sonuçları Şekil 8’de görülmektedir.

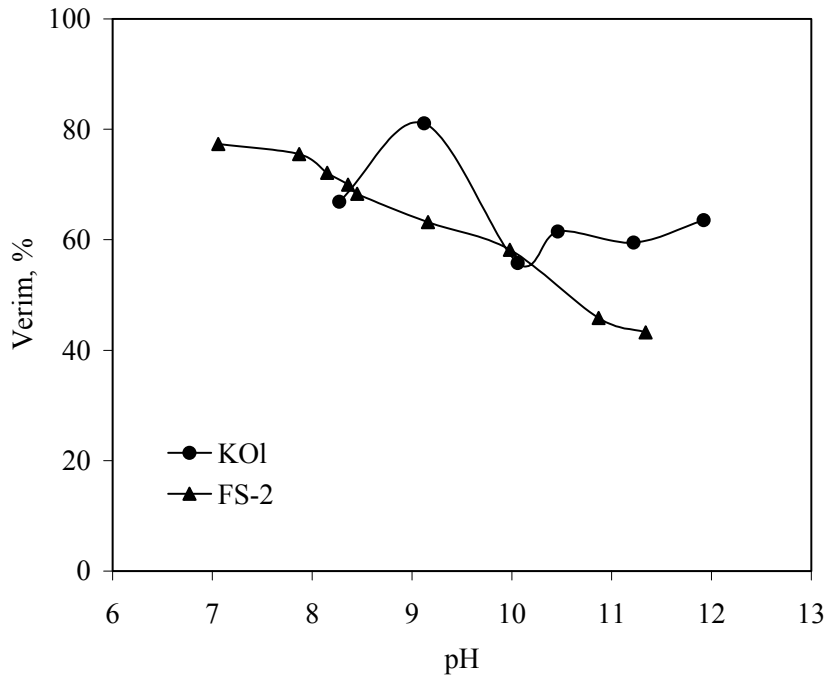
Karbonatlı minerallerin yüzey yükü üzerinde çözelti pH değerinin etkisi farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Matis vd., 1989; Potapenko vd., 1985; Gallios vd., 1989; Gence vd., 1995). Yağ asitleri, sulu çözeltilerde toplayıcı konsantrasyonu ve pH değerine bağlı olarak farklı formlara dönüşmektedirler. Bazı durumlarda çözelti içinde çökmeye neden olan toplayıcılarla, çözülmüş Ca²⁺ ve Mg²⁺ iyonları tepkimeye girerler. Potapenko ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmaya göre, flotasyonun optimum pH değeri MeOH oluşumuna bağlıdır. Bununla birlikte Ca⁺², Mg⁺² ve MgOH⁺ iyonları çözeltide baskın olarak bulunmalıdırlar. Potasyum oleat, alkali pH değerlerinde RCOO⁻ biçiminde bulunmaktadır. Şekil 8’den izleneceği üzere, potas-

yum oleatın etkin olduğu değer olan pH: 9 ve Flotınor FS-2'nin etkin olduğu değer olan pH: 7-8 değerlerinde, maksimum verim görülmektedir. Bu değerler, potasyum oleat ve Flotınor FS-2'nin varlığında huntit içeren çözeltinin doğal pH değeridir. Deney sonuçları, en iyi

ayrılmanın bu pH değerlerinde gerçekleştiğini göstermektedir. Asidik pH değerlerinde huntitin çözünmesinden dolayı pH: 7 değerinden düşük değerlerde çalışılmamıştır. Daha sonraki deneylerde pH değeri, 7-8 (Doğal pH) olarak sabit tutulmuştur.



Şekil 7. Huntitin yüzebilirliği üzerinde toplayıcı konsantrasyonunun etkisi (pH: ~8-9)



Şekil 8. Huntitin yüzebilirliği üzerinde pH'nın etkisi

MgCl₂ ve CaCl₂ konsantrasyonunun etkisi

Magnezyum ve kalsiyum iyonlarının huntitin yüzebilirliği üzerindeki etkisini görmek için 10⁻² ve 10⁻⁵ M arasında değişen MgCl₂ ve CaCl₂ konsantrasyonlarında deneyler yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 9 ve 10'da verilmektedir.

Şekil 9'dan da anlaşılacağı üzere, yüzey yükünü tayin eden iyonlardan olan magnezyum iyonunun ortama ilave edilmesiyle huntitin yüzebilirliğini belirli ölçüde azaltmaktadır. Ortamda magnezyum iyon konsantrasyonu arttıkça, huntit mineralinin yüzebilirliğinin %80'lerden %45 düzeylerine gerilediği gözlemlenmiştir. Şekil 10'dan, yüzey yükünü tayin eden iyonlardan bir diğeri olan kalsiyum iyonunun ortama ilave edilmesiyle huntitin yüzebilirliğinin %80'ler mertebesinden %30 civarına gerilediği görülmektedir.

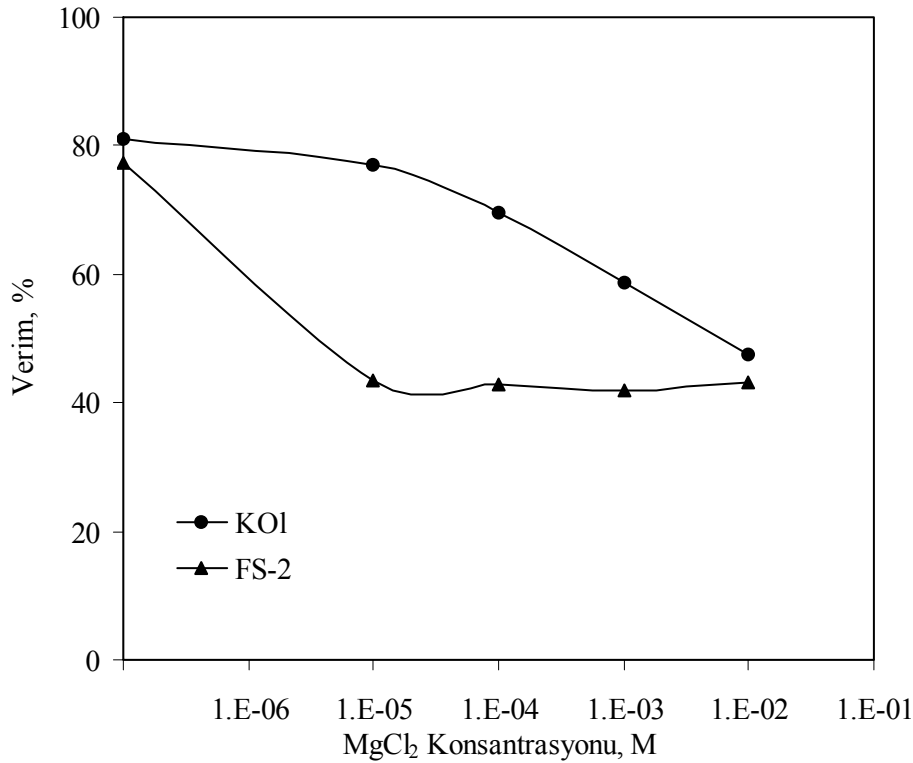
Na₂SiO₃.5H₂O konsantrasyonunun etkisi

Sodyum silikatın karbonatlı mineraller için özellikle dolomit ve kalsitte bastırıcı özelliği daha önceki çalışmalarda açıklanmaktadır (Matis vd.,

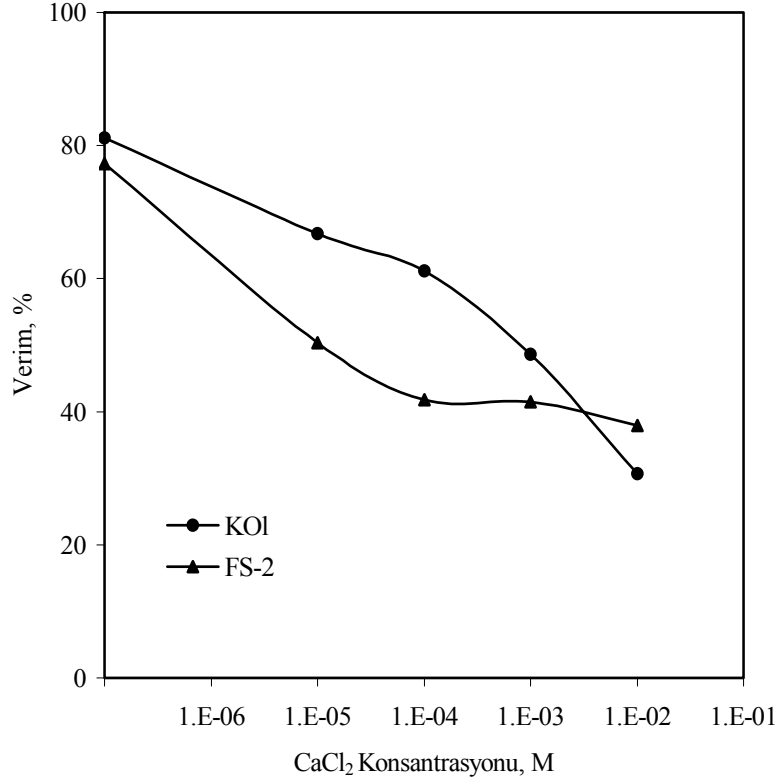
1989; Potapenko vd., 1985; Gallios vd, 1989). Bunun için sodyum silikatın huntit için de bir bastırıcı özelliği taşıyıp taşımadığını belirlemek amacıyla yapılan deneylerde, Flotiner FS-2 konsantrasyonu 600 mg/l ve doğal pH ile potasyum oleat konsantrasyonu 200 mg/l ve doğal pH sabit tutularak ortama 50, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 mg/l konsantrasyonlarında Na₂SiO₃.5H₂O eklenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 11'de verilmektedir.

Silikat iyonları negatif yüklü iyonlardır. Bu yüzden doğal pH değerlerinde [SiO(OH)₃⁻] iyonları, pozitif yüklü yüzeylerin bastırılmasında önemli bir rol oynamaktadırlar. Silikat iyonları pozitif yüklü yüzeylerin olduğu pH değerlerinde, mineral yüzeyine adsorblanmaktadır (Matis vd., 1989; Gallios vd., 1989).

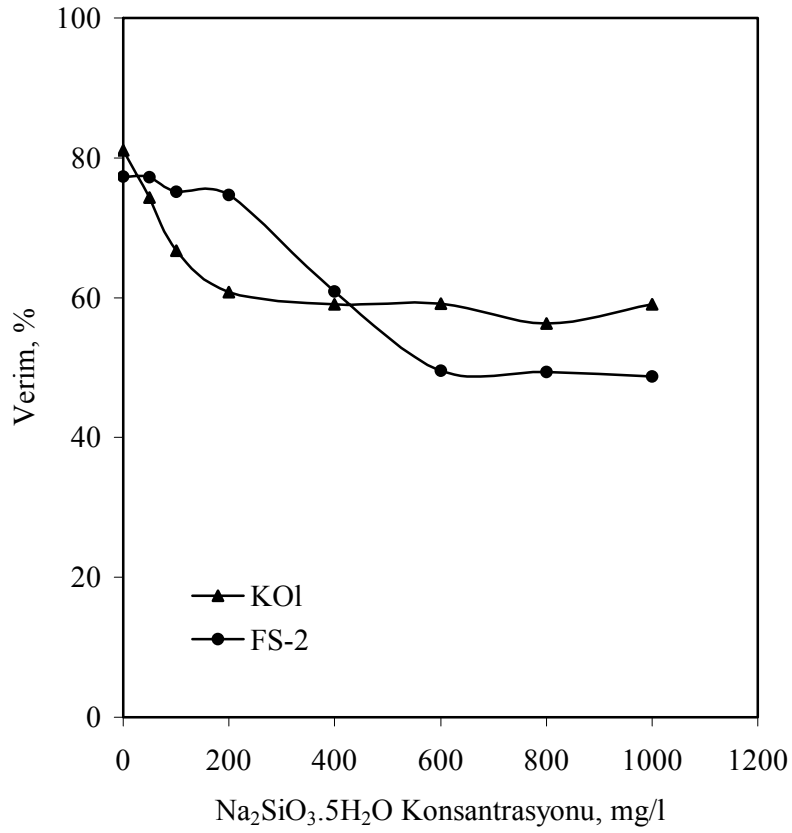
Şekil 11'den de görüldüğü gibi sodyum silikat huntit minerali için gerek Flotiner FS-2 gerekse potasyum oleat varlığında %80'ler civarında olan huntit yüzebilirliğini, %50 mertebesine kadar düşürmektedir.



Şekil 9. Huntitin yüzebilirliği üzerinde MgCl₂ konsantrasyonunun etkisi



Şekil 10. Huntitin yüzebilirliği üzerinde CaCl_2 konsantrasyonunun etkisi



Şekil 11. Huntitin yüzebilirliği üzerinde $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ konsantrasyonunun etkisi

CMC konsantrasyonunun etkisi

Karboksümetil Selüloz (CMC) organik polimerlerin sodyum tuzudur. Alkali çözeltilerde, karboksümetil selülozun (CMC) polimerik tuzunun organik halkası tamamen iyonlarına ayrılmaktadır. Böylece pozitif yüklü yüzeylerle tepkimeye girmektedir. Bu yüzden, mineral yüzeyini daha negatif yapmaktadır (Potapenko vd., 1985). Karboksümetil selülozün bilinen bu özelliği doğrultusunda, deneysel çalışmalarda huntit minerali üzerindeki etkisini görmek üzere karboksümetil selülozla bir seri deney gerçekleştirilmiştir. Deneylerde Flotiner FS-2 konsantrasyonu 600 mg/l ve doğal pH ile potasyum oleat konsantrasyonu 200 mg/l ve doğal pH sabit tutularak ortama 25, 50, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 mg/l konsantrasyonlarda huntit içeren çözeltiliye karboksümetil selüloz katılarak etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 12’de gösterilmektedir.

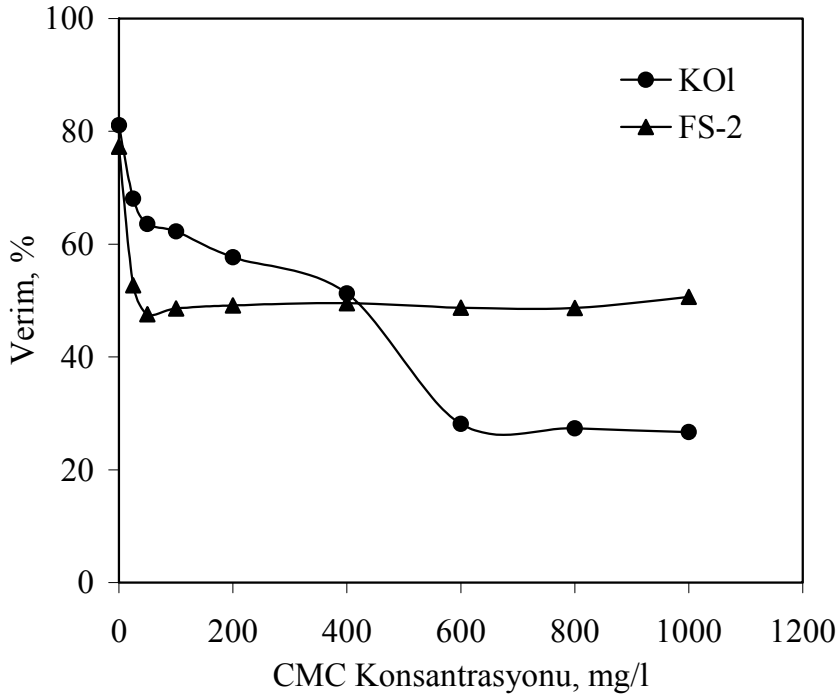
Gallios ve arkadaşları (1989) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ortamdaki $[Mg^{2+}]$ iyonlarından dolayı, CMC’nin manyezit yüzeyine adsorbe olarak, toplayıcı adsorpsiyonunun kısmen engellendiği tesbit edilmiştir (Gallios vd., 1989). Alkali pH değerlerinde huntitin bastırılmasında

da muhtemelen benzer bir mekanizma gerçekleşmektedir. Karboksümetil selüloz asidik pH değerlerinde moleküler formda bulunduğu için, adsorpsiyonu oldukça düşüktür.

Şekil 12’den görüldüğü üzere, CMC Flotiner FS-2 varlığında huntit minerali üzerinde %50 oranında bir bastırıcılık özelliğine sahipken; potasyum oleat toplayıcısı ile kullanılması durumunda, daha fazla bastırıcı özellik göstermektedir. CMC konsantrasyonu arttıkça huntitin yüzebilirliği de azalmaktadır. Ortamda CMC olmadan verim %80’ler düzeyinde iken, 1000 mg/l CMC katıldığında verim %25’lere kadar düşmektedir.

Değerlendirme

1. Huntit mineralinin elektrokinetik ölçümleri farklı pH değerlerinde NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçlara göre, huntitin eş elektrik noktası yaklaşık 8.0 olarak bulunmuştur. Farklı elektrolitlerin eş elektrik noktasını değiştirmede düşüldüğünde, zeta potansiyelin şiddetindeki artışın elektriksel çift tabakanın sıkışmasından kaynaklandığı belirlenmiştir.



Şekil 12. Huntitin yüzebilirliği üzerinde CMC konsantrasyonunun etkisi

2. Zeta potansiyel çalışmaları, farklı konsantrasyonlardaki $MgCl_2$ ve $CaCl_2$ ile gerçekleştirilmiştir. Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyon konsantrasyonları arttıkça, alkali pH değerlerinde huntitin yüzey yükü pozitif olmaktadır. Bu sonuçlara göre, Mg^{+2} ve Ca^{+2} iyonlarının her ikisi de huntitin yüzeyine adsorbe olarak yüzey yükünü pozitif yapmaktadır. Bu yüzden magnezyum ve kalsiyum iyonlarının huntit için potansiyeli tayin eden iyonlar olduğu söylenebilmektedir.

3. Deneysel çalışmalar, $CaCl_2$ and $MgCl_2$ 'ün flotasyon esnasında benzer etkilerinin olduğunu göstermiştir. 10^{-2} M $CaCl_2$ ve $MgCl_2$ konsantrasyonlarında, huntitin yüzebilirliği %80'lerden 30-40%'lara kadar azalmıştır.

4. Sodyum silikatın ($Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$) bastırıcı etkisi, $CaCl_2$ ve $MgCl_2$ ile karşılaştırıldığında oldukça az oranda olmaktadır. %80 olan huntit yüzebilirliği, sodium silikat ilavesiyle %50-60'a düşmektedir.

5. Karboksimetil selüloz (CMC), potasyum oleat varlığında, huntit üzerinde önemli bir bastırıcı etkiye (%80'den %25'e) sahiptir.

6. Bu çalışmada elde edilen sonuçların ışığı altında, huntitin birlikte bulunduğu manyezit mineralinden flotasyon yöntemi ile ayrılmasında, huntitin yüzdürülmesinden çok bastırılmasına yönelik olmalıdır.

Kaynaklar

Bolger, R., (1996). Flame retardant minerals, industrial minerals, January, 29-39.
Brandao, R. P. G., Poling, G. W., (1982). Anionic flotation of magnesite, *Canadian Metallurgical Quarterly*, **21**, 211-220.

Dollase, W. A., Reeder, R. J., (1986). Crystal structure refinement of huntite, $CaMg_3(CO_3)_4$, with X-Ray Powder Data, *American Mineralogist*, **71**, 163-166.

Faust, G. T., (1953). Huntite, $CaMg_3(CO_3)_4$, a new mineral, *American Mineralogist*, **38**, 4-23.

Gallios, G. P., Matis, K. A., (1989). Flotability of magnesium carbonates by sodium oleate in the presence of modifiers, *Separation Science and Technology*, **24**, 182, 129-143.

Gence, N., Özdağ, H., (1995). Surface properties of magnesite and surfactant adsorption mechanism, *International Journal of Mineral Processing*, **43**, 37-47.

Kirschbaum, G., (2001). Minerals on fire, flame retardants look to mineral solutions, *Industrial Minerals*, September, 61-67.

Matis, K. A., Gallios, G. P., Stalidis, G. A., Hollick, C. T., (1989). Flotation of magnesite and dolomite by fatty acids, *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy Section C*, **98**, C99-105, May-Aug.

Microfine Minerals Limited Report, (2000). Ultracarb.

O'Driscoll, M., (1994). Caustic Magnesia Markets, Playing with Fire, *Industrial Minerals*, March, 23-45.

Potapenko, V. E., Suvorova, D. I., Tyuryukhanov, L. G., (1985). Optimizing the reagent schedule for flotation of satkinsk magnesite using returned water, *Refractories*, **26**, 7, 353-358, July.

Schmidt, R., (1999). In the line of fire, flame retardants overview, *Industrial Minerals*, February, 37-41.

Toure, B., Cuesta, J. L., Gaudon, P., Benhassaine, A., Crespy, A., (1996). Fire resistance and mechanical properties of a huntite / hydromagnesite / antimony trioxide / decabromodiphenyl oxide filled pp-pe copolymer, *Polymer Degradation and Stability*, **53**, 371-379.