

POTASYUM FELDİSPAT KUVARIS FLOTASYONUNDA TOPLAYICI OLARAK METAL TUZLARI İLE BİRLİKTE Na-OLEAT KULLANIMI

The Use of Na-Oleate with metal salts as a Collector in K-Feldspar Quartz Flotation

Özcan Y. GÜLSOY^(*)
Feyza ŞAHİN KILAVUZ^(M)

ÖZET

Bu çalışmada, zeta potansiyel ölçümleri ve flotasyon testleri yapılarak oleatla seçimli feldispat kuvars flotasyonunda metal iyonlarının (Al^{+3} , Ba^{+2} , Mg^{+2} , Pb^{+2} and Sn^{+2}) kullanılabilirliği araştırılmıştır. Zeta potansiyel ölçümleri çalışılan pH aralığında, kuvars ve feldispatın yüzey yüklerinin hemen hemen aynı olduğunu göstermektedir. Buna rağmen kurşun ve oleatın birlikte kullanıldığı ölçümlerde bu iki mineralin zeta potansiyelleri arasında bir farklılık gözlemlenmiştir.

Laboratuvarında potasyum feldispat ve kuvarısı ayırmak için flotasyon testleri yapılmıştır. Bu testler feldispatın kurşun ve oleat varlığında flotasyonla seçimli olarak ayrılabilirliğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Feldispat, Kuvars, Flotasyon, Yüzey Yükü, HF, Na-oleat

ABSTRACT

in this study the possibility of usage of the metal ions (Al^{+3} , Ba^{+2} , Mg^{+2} , Pb^{+2} and Sn^{+2}) in the selective oleate flotation of K-feldspar from quartz by zeta potential measurements and flotation tests. Zeta potential measurements showed that, within the pH range studied, the surface charges of quartz and K-feldspar were almost same. However, a slight difference was observed on the surface charges of both minerals when oleate was used after conditioning with lead ions.

Laboratory flotation tests using Na-oleate and metal salts were also carried out to separate feldspar from quartz. Flotation tests verified that there was a selective oleate adsorption to the K-feldspar surface in the presence of lead ions.

Keywords: K-feldspar, Quartz, Flotation, Surface Charge, HF, Na-oleate.

TJoç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Maden Müh. Böl., 06532, Beytepe-Ankara
*Maden Y. Mühendisi, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara

İ.GİRİŞ

Feldispatlar, cam, seramik ve porselen üretiminde kullanılan çok önemli bir endüstriyel hammadde grubudur. Feldispat konsantresi üretimi, başlıca pegmatit ve granitlerden, feldispatm kuvars, mika ve diğer demirli safsızlıklardan flotasyon ve manyetik ayırma yöntemleriyle ayrılmasıyla gerçekleşir. Kırma, öğütme ve genellikle zorunlu olan şlam atma işlemlerinden geçildikten sonra cevherde bulunan renk verici içerikler (turmalin, hornblend, ilmenit, mika vs.), özelliklerine bağlı olarak ya manyetik ayırma ya da flotasyon ile ayrılabilir. Feldispat-kuvars ayırımı ise ancak flotasyon ile yapılabilir.

Feldispatların kuvars içerikleri hammaddenin kalitesini düşürmektedir. Dolayısıyla feldispat konsantresinden renk verici içeriklerin yamsıra kuvarsın da ayrılması, hem kalitenin artması hem de endüstride talep edilen bir ürün üretmek için zorunlu olmaktadır. Feldispat kuvars ayırımında geleneksel olarak HF (hidroflorik asit) kullanılan amin flotasyonu uygulanmaktadır. Bu yöntemde cevherdeki renk verici bileşenler uzaklaştırıldıktan sonra HF kullanılarak ortama yeterli miktarda florür iyonu verilmekte, pH 2.5-3 aralığında, uzun zincirli bir aminin tuzu ve uygun bir köpürtücü ile feldispatm yüzmesi sağlanmaktadır. Bu konu ile ilgili yapılmış olan çalışmaların genel bir değerlendirmesini yapan Ütine (1987) tarafından feldispat kuvars seçimliliği "florür içermeyen asit ortamlarda amin toplayıcı kullanarak yapılacak yüzdürme, feldispat yüzeylerinin uyumsuz çözünmeye uğrayıp silis benzeri bir yapı kazanması ve dolayısı ile ayrılacak kuvars benzer bir yüzey elektriksel yükü kazanması nedeniyle yeterince seçimli olmayacaktır" diye tanımlanmaktadır.

1930'lu yılların ortalarında geliştirilen HF/Amin yöntemi hem yüksek verim hem de seçimli ve kolay ayırım imkanı verdiği için yakın zamana kadar tercih edilmiştir. Flotasyonla feldispat kuvars ayırımında önemli miktarda kullanılması gereken HF'in çevresel etkileri yanında aşındırıcı etkileri de bulunmaktadır. Son yıllarda çevresel zararı çok daha az olan farklı reaktifler ile feldispat kuvars ayırımını sağlayabilecek alternatif yöntemler araştırılmıştır. Gelişen çevre bilinci ile bu çalışmalar daha da hız kazanmıştır.

HF'li yöntemin geliştirildiği yıllarda HF kullanılmadan feldispat kuvars ayırımı üzerine yapılan bir çalışmada, Iverson (1932) Pb(N03)2 (kurşun nitrat) ile birlikte toplayıcı olarak Na-oleatın feldispatm kuvarstan seçimli olarak ayrılmasını sağlayacağını ileri sürmüştür. Ancak HF/Amin yönteminin kullanılmaya başladığı yıllara rastlayan bu çalışma HF/Amin yönteminin hızlı ve etkili ayırım sağlaması nedeniyle ileriki çalışmalar ile desteklenmemiştir.

Literatürde metal iyonları kullanılarak kuvarsın aktive edilmesine ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Fuerstenau ve Atak, 1965; Fuerstenau vd., 1965., Fuerstenau vd., 1985). El-Salmawy vd. (1992; 1993), bazı çok değerlikli metal katyonlarının varlığında sodyum dodesil sülfonat ile kuvarsın ve feldispatm flotasyonu üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada kuvarsın feldispattan ayrılması için yüksek, pH'larda canlandırıcı olarak Ca^{+2} , Ba^{+2} ve Sr^{+2} gibi toprak alkali metallerin kullanılabileceği belirtilmektedir. Burada kuvarsın canlanma mekanizması hemimisel oluşumuna ve $Ca(OH)RSO_3$ gibi nötr katyon sülfonat kompleksinin yüzeyde çökmesine, feldispatm bastırılması ise yüksek bazik ortamda feldispat yüzeyinde oluşan hidrate olmuş tabakaya bağlanmıştır.

HF kullanılmadan yapılan feldispat kuvars ayırımı çalışmaları incelendiğinde bunların dört ana başlık altında toplanabileceği belirlenmiştir. Bunlar anyonik-katyonik toplayıcı karışımları kullanılarak (Hanumantha ve Forsberg, 1993; Liu vd., 1993; Shehu ve Speziani, 1999), katyonik toplayıcı kullanılarak (Malghan, 1981; El-Salmawy vd., 1995), anyonik toplayıcı kullanılarak (Iverson, 1932; El-Salmawy vd., 1993) ve iyonik olmayan toplayıcı kullanılarak (El-Salmawy vd., 1993; El-Salmawy, 1997) yapılan feldispat kuvars ayırımı çalışmalarıdır.

Literatürde yeralan feldispat kuvars ayırımı ile ilgili yöntemler, gerek karmaşık yapıları gerekse de kontrol zorlukları nedeniyle genel olarak laboratuvar çalışması olarak kalmış ve bunların tesis uygulamaları hakkında literatürde yeterince veriye rastlanamamıştır. Bunlar arasında anyonik/katyonik toplayıcı karışımlarından bazıları (örneğin sülfonat ve alifatik amin tuzu

karışımı) ve bu amaca yönelik kullanılabilceği öne sürülen toplayıcı türlerinin (örneğin Brij 58 "cetyleteretilen" ve Duomeen TDO "diamindioleat") feldispat kuvars ayırımında oldukça başarılı sonuçlar verdiği açıklanmaktadır. Fakat, Duomeen TDO ile feldispat/kuvars ayırımında seçimliliğin pH 3'ün üstüne çıktığında tamamen kaybolduğu ve pH'nın 2 civarında tutulması gerekliliği vurgulanmaktadır. Brij 58 ise pahalı bir kimyasaldır. Bununla birlikte, özellikle düşük alkali içerikli numunelerde (toplam alkali %1-3) anyonik-kasyonik toplayıcıların birlikte kullanımı ile feldispat kuvars ayırımında başarılı sonuçlar alındığı bilinmektedir (Özkan, 2001).

Bu çalışmanın amacı oleatla feldispat kuvars ayırımında, kurşun (Iverson, 1932) ve kurşun dışındaki bazı metal katyonlarının flotasyona olan etkilerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla alüminyum, baryum, kurşun, kalay ve magnezyum iyonlarının (bu metallerin tuzları kullanılarak) feldispat ve kuvarsın yüzeyine oleatın seçimli soğrulmasındaki etkileri yüzey yükü ölçümleri ile incelenmiş ve buna bağlı olarak da feldispat ve kuvarsın flotasyonla seçimli olarak ayrılabilirliği araştırılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında, deneyler iki aşamada yürütülmüştür. Birinci adımda sahadan (Manisa-Demirci Gördes yöresi) elle toplanan, özel olarak hazırlanmış saf feldispat ve kuvars mineralleri kullanılarak, incelenen metal iyonları ve toplayıcının (Na-oleat), kuvars ve feldispat yüzeyine soğurum özelliklerinin ortaya konulması ve seçimliliğin olup olmadığının araştırılması amacıyla zeta potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. İkinci adımda ise, elde edilen verilere dayanılarak ayırımın mümkün olabileceği koşullarda flotasyon testleri yapılarak metal iyonlarının feldispat-kuvars ayırımında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2.1. Zeta Potansiyel Ölçümlerinde Kullanılan Test Numuneleri

Zeta potansiyel ölçümlerinde Manisa-Demirci Gördes yöresinden alınan K-feldispat numunesi

içinden elle seçilmiş saf K-feldispat kristalleri kullanılmıştır. Bu numune daha önce yapılmış bir çalışmada HF/amin sistemine iyi cevap verdiği için tercih edilmiştir (Bayraktar vd, 1999, 2001). Feldispat numunesinin kimyasal analizi Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Feldispat Numunesinin Kimyasal Analizi

İçerik	(%)	İçerik	(%)
SiO ₂	65,28	TiO ₂	0,03
K ₂ O	13,50	MgO	0,09
Na ₂ O	3,05	CaO	0,89
Al ₂ O ₃	16,9	K.K.	0,19
Fe ₂ O ₃	0,05		

Zeta potansiyel ölçümlerinde kullanılan feldispat kristalleri önce çeneli kırıcıdan, sonra da merdaneli kırıcıdan geçirilmiştir. Boyut küçültme işleminden sonra numune agat havanda öğütülmüştür. Zeta potansiyel ölçümlerinde kullanılacak malzemenin tane boyunun -25+10 um olması istendiğinden öğütülen numune dekantasyon işlemine tabi tutulmuştur. Önce numune içerisindeki -10 um tane boyundaki malzeme ayrılmıştır. Daha sonra -25 um tane boyundaki numune de dekantasyonla ayrılarak istenilen tane boyundaki malzeme elde edilmiştir. -25+10 um tane boyuna sahip numune saf su ile birkaç kez yıkandıktan sonra kurumaya bırakılmıştır.

Zeta potansiyel ölçümlerinde kullanılan kuvars numunesi de aynı bölgeden temin edilmiştir. Elle özel olarak seçilmiş saf görünümlü kristaller alınarak kimyasal analizi yapılmıştır. Kuvars numunesinin kimyasal analizi Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Kuvars Numunesinin Kimyasal Analiz Sonuçları

İçerik	(%)
SiO ₂	98,50
Al ₂ O ₃	0,80
Fe ₂ O ₃	0,04
MgO	0,13

Kuvars numunesi için de feldispat için uygulanan işlemler tekrar edildikten sonra numune %10'luk HCl çözeltisi içinde yaklaşık yarım saat bekletilmiştir. Böylece kuvars yüzeyleri temizlendikten sonra numune saf su ile birkaç kez yıkanmış ve sonra kurutulmuş zeta potansiyel ölçümlerinde kullanılmıştır.

2.1. Flotasyon Deneylerinde Kullanılan Numuneler

Flotasyon deney numuneleri Manisa-Demirci-Gördes yöresinden temin edilmiş olan kuvars içeriği yüksek ortoklazca zengin feldispat numunesidir. Deneylerde kullanılmak üzere numune, şlam oluşumunu en düşük seviyede tutmak amacıyla aşamalı olarak 500 jim'nin altına laboratuvar ölçekli merdaneli kırıcı ile kırılmış ve yaş eleme ile -74 jim elenerek ayrılmıştır. Numune kurutulduktan sonra içerisindeki demirli bileşenleri uzaklaştırmak için Perroll yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcıdan iki kez geçirilmiştir. Bu haliyle 1200°C de parlak beyaz pişme rengi veren numune daha sonra -300 jim'nin altına indirilmiştir. Elde edilen numunenin kimyasal analiz sonucu Çizelge 3'de verilmektedir. Flotasyon deneylerine başlanmadan önce, -300 um'ye öğütme sırasında oluşan -25 um tane boyundaki şlam dekante edilerek atılmıştır.

Çizelge 3. Flotasyon Numunesinin Kimyasal Analizi

İçerik	(%)	İçerik	(%)
SiO ₂	75,37	TiO ₂	0,04
K ₂ O	7,51	MgO	0,12
Na ₂ O	2,50	CaO	0,61
Al ₂ O ₃	13,60	K.K.	0,23
Fe ₂ O ₃	0,02		

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

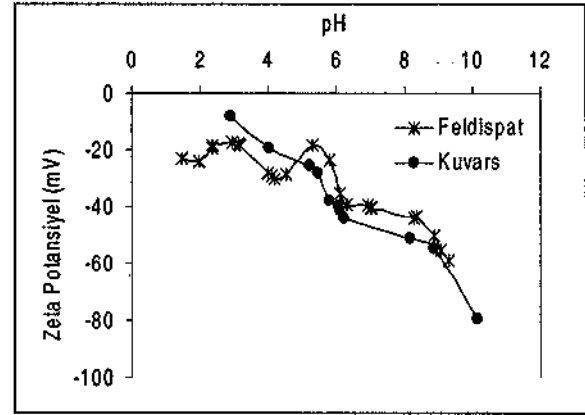
3.1. Zeta Potansiyel Ölçümleri

Zeta potansiyelin mikroeletroforez yöntemi ile ölçümlerinde Zeta-meter firmasının aynı adlı cihazı kullanılmıştır. Zeta potansiyel ölçümlerinde 100 ppm'lik süspansiyon

hazırlanmış ve süspansiyonların katı içeriği tüm zeta potansiyel ölçümlerinde sabit tutulmuştur. Zeta potansiyel deneylerinde deiyonize saf su kullanılmış ve ortam pH'sı asidik bölgede H₂SO₄, bazik bölgede ise NaOH kullanılarak ayarlanmıştır. Reaktif ilavelerinden sonra ve koşullandırma sırasında manyetik karıştırıcı kullanılmıştır.

3.1.1. Saf Mineraller ile Yapılan Zeta Potansiyel Ölçümleri

Şekil 1'de feldispat ve kuvars minerallerinin saf su içerisinde zeta potansiyellerinin pH'a bağlı değişimleri gösterilmiştir. Feldispat ve kuvars mineralleri 10 dk pH'sı ayarlanmış suda koşullandırıldıktan sonra zeta potansiyel ölçümleri yapılmıştır.



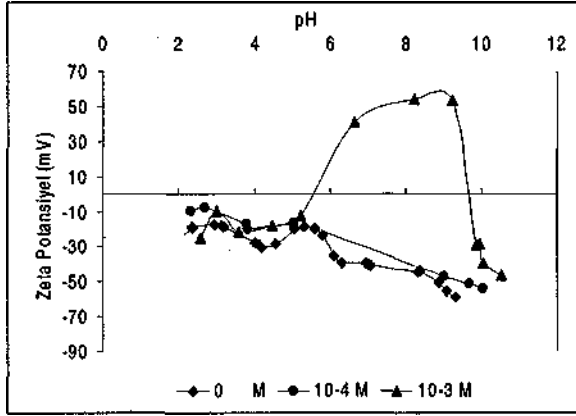
Şekil 1. Feldispat ve kuvarsın zeta potansiyellerinin pH'ya bağlı değişimi

Feldispatın ve kuvarsın zeta potansiyeli pH~2 ile pH~10 arasında incelenmiş ve zeta potansiyeli değerlerinin bu aralıkta negatif olduğu görülmüştür. Şekil 1'de görüldüğü gibi feldispat ve kuvarsın zeta potansiyel değerleri pH arttıkça eksi yönde artmaktadır.

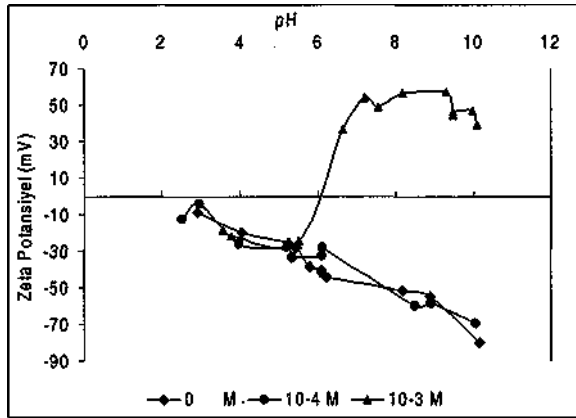
3.1.2. PbCl₂ ve Pb(NO₃)₂ Kullanılarak Yapılan Zeta Potansiyel Ölçümleri

Laboratuvarda yapılmış olan ön deneylerin sonuçlarına bağlı olarak, öncelikle kurşun aktive edici olarak kullanılmış ve işlem parametrelerinin etkisi kurşun tuzları kullanılarak araştırılmıştır. Deneylerde farklı tuz türlerinin etkisini belirlemek için PbCl₂ ve Pb(NO₃)₂

kullanılmıştır. Şekil 2 ve 3'de kurşunsuz, 10^{-3} M ve 10^{-5} M $PbCl_2$ derişimlerinde sırasıyla feldispat ve kuvarşın pH'ya bağlı zeta potansiyeli değişimleri verilmektedir.



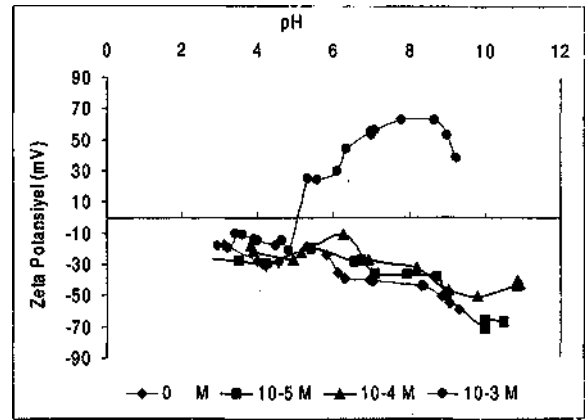
Şekil 2. Feldispatın zeta potansiyeli üzerinde $PbCl_2$ derişiminin etkisi



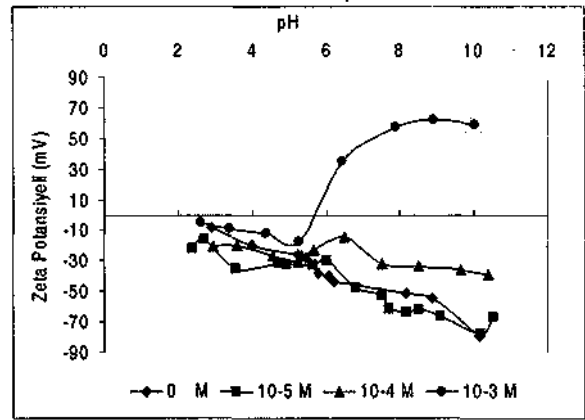
Şekil 3. Kuvarşın zeta potansiyeli üzerinde $PbCl_2$ derişiminin etkisi

Şekil 4 ve 5'de kurşunsuz, 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} M $Pb(NO_3)_2$ derişimlerinde sırasıyla feldispat ve kuvarşın pH'ya bağlı zeta potansiyel değişimleri verilmektedir.

Feldispat ve kuvarşın zeta potansiyellerinin hem $PbCl_2$ hem de $Pb(NO_3)_2$ kullanıldığında birbirine çok yakın olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara dayanılarak, kurşunun farklı tuz türlerinin kullanımının feldispat ve kuvarşın zeta potansiyellerinin değişimi üzerinde bir farklılık



Şekil 4. Feldispatın zeta potansiyeli üzerinde $Pb(NO_3)_2$ derişiminin etkisi *



Şekil 5. Kuvarşın zeta potansiyeli üzerinde $Pb(NO_3)_2$ derişiminin etkisi

yaratmadığını söylemek mümkündür. Ancak $Pb(NO_3)_2$ 'm suda çözünürlüğünün daha fazla olması nedeniyle zeta potansiyel ölçümlerinin devamında ve flotasyon deneylerinde aktive edici olarak $Pb(NO_3)_2$ kullanılmıştır.

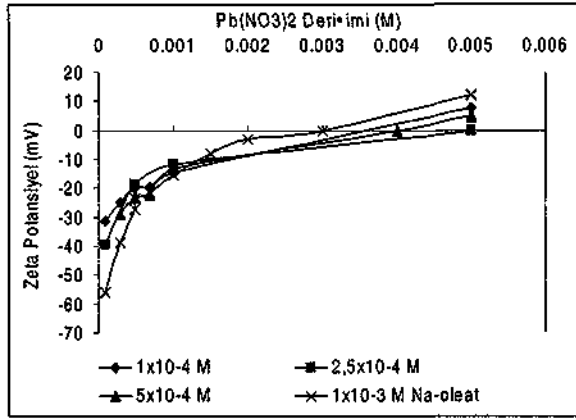
3.1.3. Na-oleat'ın Aktive Edici Reaktifler ile Birlikte Kullanıldığı Zeta Potansiyel Ölçümleri

Aktive edici olarak kurşun, alüminyum, baryum, kalay ve magnezyum tuzları, toplayıcı olarak da Na-oleat kullanılarak feldispat ve kuvarşın zeta potansiyel ölçümleri yapılmıştır. Deneylerde deiyonize saf su kullanılmış ve reaktif ilavelerinden sonra pH kendiliğinden değişmiştir. Zeta potansiyel ölçümleri çözeltide pH ayarlaması yapılmadan ölçülen pH değerlerinde

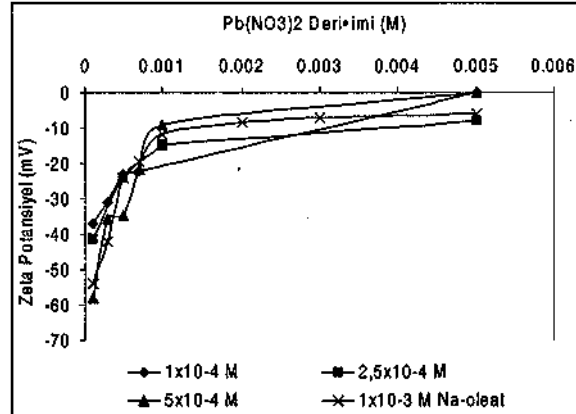
yapılmıştır. Ölçümlerde aktive edici reaktif ile 1 dk koşullandırma yapıldıktan sonra Na-oleat ile de 3 dk koşullandırma işlemi yapılmıştır.

Pb(NO₃)₂

Şekil 6 ve 7'de feldispat ve kuvarşın 1x10⁻⁴, 2,5x10⁻⁴, 5x10⁻⁴ ve 1x10⁻³ M Na-oleat derişimlerinde, Pb(NO₃)₂ derişimine bağlı zeta potansiyel değerlerinin değişimleri verilmektedir.



Şekil 6. Farklı Na-oleat derişiminde feldispatın zeta potansiyelinin Pb(NO₃)₂ derişimine bağlı değişimi



Şekil 7. Farklı Na-oleat derişiminde kuvarşın zeta potansiyelinin Pb(NO₃)₂ derişimine bağlı değişimi

Şekil 6 ve 7'de görüldüğü gibi ortamda oleat varken de feldispatın ve kuvarşın zeta potansiyel değerleri Pb(NO₃)₂ derişimi arttıkça pozitif tarafa

yaklaşmaktadır. Zeta potansiyel deneylerinde feldispat ve kuvarşın incelenen koşullarda düşük Pb(NO₃)₂ derişimlerinde birbirlerine benzer davranım gösterdikleri belirlenmiştir.

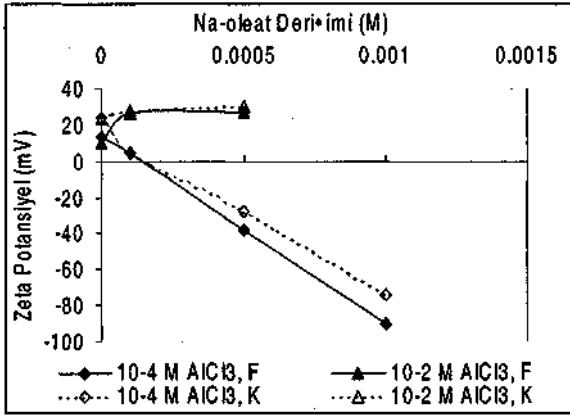
Pb(NO₃)₂ ve Na-oleat kullanılarak yapılan zeta potansiyel deneylerinde reaktif ilavelerinden sonra pH kendiliğinden değişmektedir. Ortama Pb(NO₃)₂ eklenmesi pH'yı düşürmektedir. Na-oleat ise pH'yı artırıcı yönde etki etmektedir. Ancak bu artış düşük Pb(NO₃)₂ derişiminde daha fazla olmaktadır. 1x10⁻⁴ M Pb(NO₃)₂ eklendiğinde ortamın oluşan doğal pH değeri, ilave edilen Na-oleat derişimine bağlı olarak değişmekle beraber 4,3-4,8 arasında olmaktadır. 1x10⁻³ M derişimde ise 4,0-4,4 arasında olmaktadır.

Zeta potansiyel deneylerinde, incelenen Pb(NO₃)₂ ve Na-oleat derişimlerinden daha yüksek Pb(NO₃)₂ ve Na-oleat derişimlerinde ölçüm yapılamamıştır. Ortama Na-oleat eklendiğinde süspansiyon bulanık bir görüntü almaktadır. Ortamdaki Pb(NO₃)₂, Na-oleat derişimi ve/veya pH artırıldığında taneler mikroskopta görülememektedirler. Buna rağmen ölçüm yapılabilen en uç sınırdaki Şekil 6'da görüldüğü gibi feldispatın zeta potansiyeli çok az da olsa pozitif, Şekil 7'de görüldüğü gibi kuvarşın zeta potansiyelinin ise negatif değerler aldığı belirlenmiştir. Bu sonuç grafiklerden de görüldüğü gibi sadece bir deneyin sonucu değil aynı noktada farklı dozajlarda yapılan dört deney için de aynı olmuştur. Böylece feldispat ve kuvarşın zeta potansiyellerinde gözlenebilen küçük bir farklılık oluştuğu ve ölçüm yapılamayan üst dozajlarda bu farkın büyüyebileceği öngörülmüştür.

AlCl₃.6H₂O

Şekil 8'de feldispat ve kuvarşın 10⁻⁴ ve 10⁻² M sabit AlCl₃.6H₂O derişimlerinde zeta potansiyellerinin Na-oleat miktarına bağlı değişimleri verilmektedir. 10⁻² M ile çalışılırken ortam pH'sı 3,6-3,9 ve 10⁻⁴ M ile çalışılırken ortam pH'sı 5,5-6 olarak ölçülmüştür.

10⁻² M AlCl₃.6H₂O derişiminde zeta potansiyel, araştırılan tüm Na-oleat derişimlerinde pozitif değerdedir. 10⁻⁴ M derişimde ise ortamda oleat

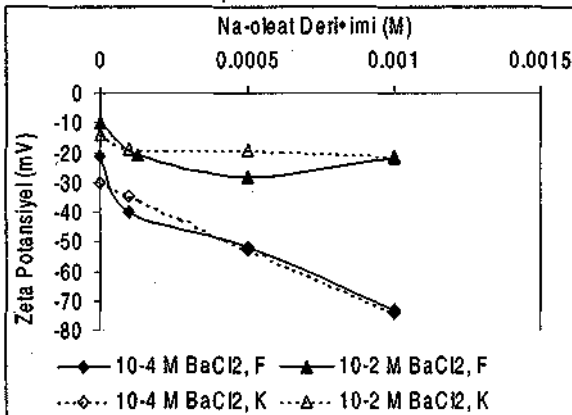


Şekil 8. Farklı $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ derişiminde feldispat ve kuvarşın zeta potansiyellerinin Na-oleat derişimine bağlı değişimi

yokken, hem feldispat hem de kuvarşın pozitif zeta potansiyeline sahip olmakta, ortama oleat eklenip derişimi artırılmca yüzey yükleri negatif olmaktadır. Her iki $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ derişiminde de feldispat ile kuvarşın benzer davranış göstermektedir.

$BaCl_2 \cdot 2H_2O$

Şekil 9'da feldispat ve kuvarşın 10^{-4} ve 10^{-2} M sabit $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ derişimlerinde zeta potansiyellerinin Na-oleat miktarına bağlı değişimleri verilmektedir. 10^{-2} M ile çalışılırken ortam pH'sı 5.5-6 ve 10^{-4} M ile çalışılırken 6.5-7.4 arasında değerler almıştır.

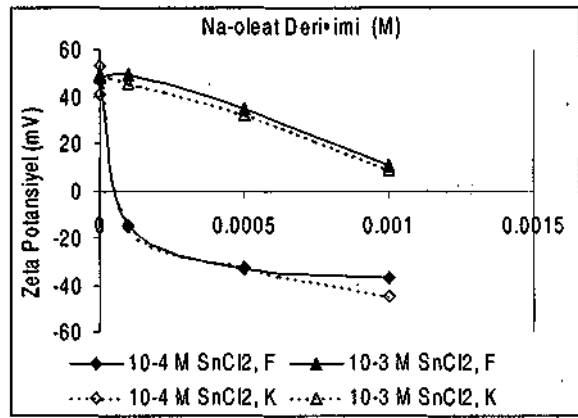


Şekil 9. Farklı $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ derişiminde feldispat ve kuvarşın zeta potansiyellerinin Na-oleat derişimine bağlı değişimi

$BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 'ün her iki derişiminde de araştırılan tüm oleat derişimleri için hem feldispatın hem de kuvarşın yüzey yükleri negatiftir. $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ derişimi artırılmca feldispat ve kuvarşın zeta potansiyeli pozitif tarafa doğru yaklaşmaktadır.

$SnCl_2 \cdot 2H_2O$

Şekil 10'da feldispat ve kuvarşın 10^{-4} ve 10^{-3} M sabit $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ derişimlerinde zeta potansiyellerinin Na-oleat miktarına bağlı değişimleri verilmektedir. 10^{-3} M ile çalışılırken ortam pH'sı 2.7-2.9, 10^{-4} M ile çalışılırken 3.3-5.1 aralığında ölçülmüştür.

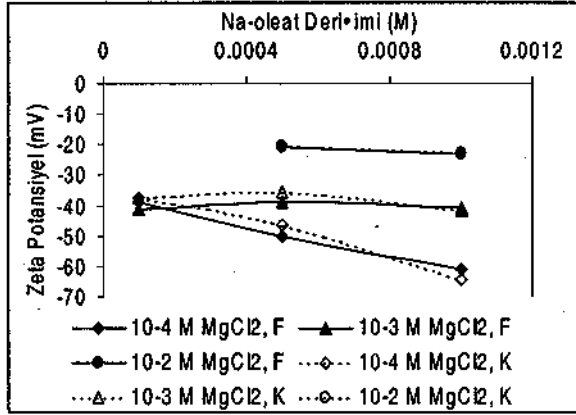


Şekil 10. Farklı $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ derişiminde feldispat ve kuvarşın zeta potansiyellerinin Na-oleat derişimine bağlı değişimi

$SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 'ün 10^{-3} M' derişiminde her iki mineral için zeta potansiyel, araştırılan tüm Na-oleat derişimlerinde pozitif değerdedir. Ancak oleat miktarı arttıkça zeta potansiyel değeri azalmaya başlamıştır. 10^{-4} M derişimde ise ortamda oleat yokken hem feldispat hem de kuvarşın pozitif zeta potansiyeline sahip olmakta, ortama oleat eklenince ölçülen değerler negatif olmaktadır.

$MgCl_2 \cdot 6H_2O$

Şekil 11'de feldispat ve kuvarşın 10^{-4} ve 10^{-3} ve 10^{-2} M sabit $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ derişimlerinde zeta potansiyellerinin Na-oleat miktarına bağlı değişimi verilmektedir. 10^{-4} ve 10^{-3} ve 10^{-2} M derişimlerde ölçülen ortam pH'sı sırasıyla 6.6-8, 6.7-7.7 ve 6.7-7 aralığında ölçülmüştür.



Şekil 11. Farklı $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ derişiminde feldispat ve kuvarsın zeta potansiyellerinin Na-oleat derişimine bağlı değişimi

Araştırılan tüm $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ derişimlerinde feldispatın zeta potansiyeli negatif değerler almıştır. Kuvars da feldispat ile benzer davranış göstermektedir. $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ derişimi arttıkça zeta potansiyel değerleri pozitif tarafa yaklaşmaktadır.

3.2. Flotasyon Deneyleri

Rotasyon deneyleri Denver D-12 laboratuvar tipi flotasyon makinasında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 500 gr numune ile çalışılmış ve katı içeriği deneyler boyunca sabit tutulmuştur. Deneyler sırasında 1.5 litrelik pleksiglastan yapılmış hücre kullanılmıştır.

Flotasyon deneylerindeki koşullar Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4. Flotasyon Deney Koşulları

Parametreler	Koşullar
Tane boyu	-300+25 μ m
Toplayıcı tipi	Na-oleat
Köpürtücü miktarı ve tipi	30gr/tMIBC
Rotor hızı	1680 devir/dk
Koşullandırma palp yoğunluğu	%55
Flotasyonda palp yoğunluğu	%40
Köpük sıyırma süresi	3dk

Farklı metal kationlarının feldispat ile kuvarsın seçimli flotasyonuna etkisinin incelendiği deneylerde 300 gr/t metal tuzu (eriyik halde) ve 2000 gr/t Na-oleat kullanılmıştır. 1 dk söz konusu metal tuzu ile, 3 dk Na-oleat ile koşullandırma yapılmıştır. Flotasyon deneylerinde canlandırıcı olarak $AlCl_3 \cdot 6H_2O$, $BaCl_2 \cdot 2H_2O$, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, $Pb(NO_3)_2$ ve $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ kullanılmıştır. Metal iyonunun kullanıldığı ilk deneylerde ortam pH'sına müdahale edilmemiştir. Ortam pH'sı eklenen reaktifte bağlı olarak bir miktar değişim göstermektedir. Bu değişimler her deneyde ölçülerek kaydedilmiştir. Ayrıca literatürde metal kationlarının aktivasyon mekanizmasının metal iyonlarının hidroksil kompleksleri olduğu ileri sürüldüğünden, metal kationlarının herbiri ile kendi metal hidroksitlerinin çözeltide yüksek düzeyde olduğu pH'larda deneyler tekrarlanmıştır. $Pb(NO_3)_2$ ile yapılan deneyde ortamın doğal pH değeri 7.6 olarak ölçülmüştür. Pb için metal hidroksitlerinin maksimum seviyede olduğu pH aralığı ise 7-9 olduğundan bu metal iyonu için farklı bir pH'da deney tekrarlanmamıştır. $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ ile pH 4.2'de, $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ile pH 10.5'de, $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ ile pH 4.0'da, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ile pH 10.5'de deneyler tekrarlanmıştır. pH'nın değiştirildiği deneylerde diğer flotasyon test koşulları sabit tutulmuştur. Farklı metal kationları ile yapılan flotasyon testlerinin sonuçları Çizelge 5'de verilmektedir.

$SnCl_2 \cdot 2H_2O$ kullanılarak pH 4'de yapılan deneyde yüzme olmamıştır. Bu nedenle $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 'nin metal hidroksitlerinin yüksek seviyede olduğu bu pH değerinde yapılan flotasyon deneyinin sonuçları Çizelge 5'de verilememiştir. Flotasyon sonuçları incelendiğinde Çizelge 5 'de görüldüğu gibi, kurşun nitrat hariç reaktiflerin hiçbirinin metal hidroksitlerinin yüksek düzeyde olduğu pH'lar da dahil olmak üzere feldispat ve kuvarsı seçimli olarak birbirinden incelenen aralıklarda ayıramadığı belirlenmiştir.

İşlem değişkenlerinin ayırım üzerine olan etkisi aynı çalışmada incelenmiş ve sonuçlar detaylı olarak daha önce yayınlanmıştır (Kılavuz ve Gülsoy, 2000). Bu sonuçlara bağlı olarak en iyi ayırımın elde edildiği deney koşulları Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 5. Metal İyonlarının Feldispat-kuvars Ayırımı Üzerine Etkileri

Reaktif	Ürün	pH	Ağırlık	% K ₂ O		% Na ₂ O	
			(%)	Tenör	Verim	Tenör	Verim
AlCl ₃ .6H ₂ O	Konsantre	6,49	99,42	7,50	99,27	2,49	98,81
	Artık		0,58	9,48	0,73	5,17	1,19
	Konsantre	4,20	5,02	6,27	4,19	2,58	5,15
	Artık		94,98	7,58	95,81	2,51	94,85
BaCl ₂ .2H ₂ O	Konsantre	7,53	6,41	9,36	7,99	2,37	6,05
	Artık		93,59	7,38	92,01	2,52	93,95
	Konsantre	10,50	42,26	8,19	46,11	2,73	45,94
	Artık		57,74	7,01	53,89	2,35	54,06
MgCl ₂ .6H ₂ O	Konsantre	7,51	4,47	7,59	4,51	2,09	3,72
	Artık		95,53	7,51	95,49	2,53	96,28
	Konsantre	10,50	6,07	4,67	3,77	1,38	3,33
	Artık		93,93	7,69	96,23	2,58	96,67
SnCl ₂ .2H ₂ O	Konsantre	7,19	16,28	8,36	18,12	1,66	10,76
	Artık		83,72	7,35	81,88	2,67	89,24
Pb(NO ₃) ₂	Konsantre	7,57	54,27	10,42	75,27	2,69	58,17
	Artık		45,73	4,06	24,73	2,30	41,83

Çizelge 6. Ayırımın En İyi Şekilde Sağlandığı Flotasyon Koşulları

Flotasyon parametreleri	Koşullar
PH	7.6 (doğal pH)
Pb(NO ₃) ₂ miktarı	300 gr/t
Na-oleat miktarı	2000 gr/t
Pb(NO ₃) ₂ ile koşullandırma süresi	1 dk
Na-oleat ile koşullandırma süresi	3 dk
Köpük sıyırma süresi	2 dk

Pb(NO₃)₂ ve Na-oleat kullanılan flotasyon deneyleri ile geleneksel yöntemle yapılan ayırım sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla aktive edici olarak HF ve toplayıcı olarak da amin türü bir

Çizelge 7. HF/Amin Yöntemi ile Yapılan Flotasyon Deney Koşulları

Deney Parametreleri	Koşullar
PH	2.5-3
Toplayıcı miktarı ve tipi	200 gr/t, Tallow amin asetat (ARMAC TD)
HF miktarı	600 gr/t

toplayıcı kullanılarak aynı numune üzerinde feldispat-kuvars ayırımı yapılmıştır. Çizelge 7'de HF/Amin kullanılan flotasyon deneyinin koşulları verilmektedir.

Çizelge 8. Geleneksel Yöntemle Yapılan Flotasyon Deney Sonuçları ile Na-Oleat Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Ürünler		Kurşun /Oleat Flotas.	HF/Amin Flotas.
Ağırlık (%)	Konsantre	54.27	55.21
	Artık	45.73	44.79
K ₂ O tenörü(%)	Konsantre	10.42	10.48
	Artık	4.06	3.85
K ₂ O verimi(%)	Konsantre	75.27	77.02
	Artık	24.73	22.98
Na ₂ O tenörü(%)	Konsantre	2.69	3.19
	Artık	2.30	1.67
Na ₂ O verimi (%)	Konsantre	58.17	70.14
	Artık	41.83	29.86
SiO ₂ tenörü(%)	Konsantre	66,91	63,61
	Artık	85,41	89,87
SiO ₂ verimi (%)	Konsantre	48,18	46,60
	Artık	51,82	53,40

İki flotasyon deneyinin sonuçları Çizelge 8'de karşılaştırılmaktadır.

3.3. Saf Minerallerle Yapılan Flotasyon Deneyleri

Flotasyon deneyleri sonucunda ayırımın en iyi sağlandığı koşullarda (Çizelge7), el numunelerinden hazırlanan -300+25 um fraksiyonundaki saf feldispat ve saf kuvars numuneleri ayrı ayrı flotasyon deneyine tabi tutulmuştur. Flotasyon deneylerinde feldispat hücrede hiç kalmayacak şekilde tamamen yüzerken, kuvars kullanılarak yapılan deneyde (ağırlıkça %2'den az yüzen malzeme ihmal edilirse) hemen hemen hiç malzeme yüzmemiştir. Bu durumda, minerallerin birlikte ya da ayrı ayrı koşullandırılmalarından kaynaklanan bir seçimlilik olmadığını söylemek mümkündür.

3.4. Albit Kuvars Karışımı ile Yapılan Flotasyon Deneyi

Daha önce K-feldispatla tekrarlanmış olan deneylerin yanı sıra temiz Na-feldispat ve temiz kuvars numuneleri karıştırılarak K-feldispat için elde edilmiş en iyi koşullarda (Çizelge 7.) flotasyona tabi tutulmuştur. Deney sonuçları analiz edilmemiş, sonuçlar pişme testleri yapılarak kontrol edilmiştir.. %50 kuvars, %50 Na-feldispat karıştırılarak oluşturulan flotasyon numunesi içerisindeki Na-feldispatın bu test koşullarında kuvarstan K-feldispatta olduğu gibi başarılı bir şekilde ayrılmadığı görülmüştür. Flotasyon sırasında beslemenin ağırlıkça %27'si yüzmüştür. Hem yüzen hem de batan ürünler ayrı ayrı 1200 °C'de pişirilmiş fakat parlaklık ve görünüm olarak birbirine çok benzer iki numune elde edilmiştir.

3.5. Renk Verici Minerallerin Feldispat-Kuvars Ayırımı Öncesi Flotasyonla Ayrılmasının Etkisi

Flotasyon deneylerinde feldispat-kuvars ayırımı amacına yönelik olarak, kullanılan numunenin renk verici içerikleri flotasyon öncesinde manyetik ayırma ile temizlenmiş ve bu işlem sonucunda numunenin %13.96'sı ayrılmıştır. Bu yöntem, numunenin önce kurutulmasını ve temizlendikten sonra flotasyona tabi tutulmasını gerektirmektedir. Ayrıca manyetik ayırımda şlam

olarak atılan tane boyunun oldukça iri olması (-74 fım) önemli ölçüde kayıplara da neden olmaktadır. Hem şlamla giden kaybı azaltmak hem de ekstra kurutma işlemlerinden kaçınmak ve en önemlisi feldispat-kuvars ayırımından önce uygulanacak flotasyonun feldispat-kuvars ayırımına etkisini incelemek için, önceden hazırlanmış ve manyetik ayırıcıya sokulmamış numune üç aşamalı flotasyon testine tabi tutulmuştur. 300um'nun altına öğütülmüş numuneden şlam olarak -25 jxm fraksiyonu uzaklaştırıldıktan sonra pH 2,8'de mika, amin ile yüzdürülerek ayrılmış, daha sonra konsantre yıkanmış ve pH 5,8'de Na-oleat ile oksit mineralleri yüzdürülmüştür. Mika adımıyla ağırlıkça beslemenin %13'ü oksit adımıyla ise %3.5'i yüzdürülerek ayrılmıştır. Konsantre yeniden yıkandıktan sonra ayırımın en iyi elde edildiği koşullarda (Çizelge 6.) feldispat kuvars ayırımı gerçekleştirilmiştir. Mika ve oksit flotasyon koşulları Çizelge 9'da ve deney sonuçları ise Çizelge 10'da verilmektedir.

Çizelge 9. Mika ve Fe-oksit Flotasyonunda Flotasyon Koşulları

Flotasyon Parametreleri	Koşullar
Mika Flotasyonu (1. Aşama)	
pH	2,8
Toplayıcı miktarı ve türü	100 gr/t ARMAC TD*
Köpürtücü miktarı ve türü "	30 gr/t MIBC
ARMAC TD ile koşullandırma süresi	1,5 dk
Köpürtücü ile koşullandırma süresi	1 dk
Mika Flotasyonu (2. Aşama)	
Toplayıcı miktarı ve türü	100 gr/t ARMAC TD
Oksit Flotasyonu	
PH	5,8
Toplayıcı miktarı ve türü	2000 gr/t Na-oleat
Köpürtücü miktarı ve türü	30 gr/t MIBC
Na-oleat ile koşullandırma süresi	3dk
Köpürtücü ile koşullandırma süresi	1dk

*ARMAC TD tallow amin asetat

Çizelge 10. Üç Aşamalı Flotasyonda Kurşun/oleat Yöntemi ile Feldispat-kuvars Flotasyonu Sonuçları

Ürünler		Kurşun/Oleat flotasyonu
Ağırlık (%)	Konsantre	45,12
	Artık	54,88
K ₂ O tenörü (%)	Konsantre	10,33
	Artık	5,19
K ₂ O verimi (%)	Konsantre	62,05
	Artık	37,95
Na ₂ O tenörü (%)	Konsantre	3,30
	Artık	1,86
Na ₂ O verimi (%)	Konsantre	59,36
	Artık	40,64

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Zeta potansiyel ölçümlerinde kurşun iyonu dışındaki iyonların kullanıldığı durumda özellikle düşük tuz derişimlerinde, oleat derişimindeki artışa bağılı olarak mineral yüzey yükleri hızlı bir şekilde negatif olarak artmaktadır. Bu durum şu şekilde tahmin edilmektedir: Oleat eklenmeden mineral yüzey yüklerini pozitif tarafa doğru çeken metal katyonları oleat eklendiğinde oleat ile bileşik yaparak yüzeylerden ayrılmakta ve mineral yüzeylerinin orjinal haline dönmesine neden olmaktadır. Oysa kurşun kullanılan sistemde mineral yüzeylerindeki bazı katyonlarla (muhtemelen K⁺) kurşun yerdeğiştirme yoluyla mineral yüzeyine bağlanmakta ve bunların da oleat ile yüzeye bağılı kurşun oleat oluşturdıkları düşünülmektedir. Çalışma sonunda aşağıda sunulan sonuçlar elde edilmiştir:

İnceleme yapılan K-feldispat numunesi ve kuvarsin yüzey yükleri pH ya bağılı olarak benzer bir davranım göstermektedir. Ölçüm sonucunda literatürden elde edilen sonuçlarla benzer değerler elde edildiği gözlemlenmiştir.

PbCl₂ ve Pb(NO₃)₂ tuzlarının her ikisi de kullanılarak bunların geniş bir pH aralığında (pH 2-10) hem kuvarsin hem de feldispatın yüzey yükü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Özellikle 10⁻³ molar PbCl₂ ve Pb(NO₃)₂ derişiminde mineral yüzey yüklerinde pH 6 dan yukarı

çıkıldıkça önemli bir değışim gözlemlenmiş, bu değışim kullanılan iki farklı tuz türünde hem kuvars hem de feldispat için tamamen benzer olmuştur. Sonuçlar literatürdeki sonuçlara benzerdir. Dolayısıyla yüzey yükü üzerinde kullanılan tuz türünden çok metal katyonunun etkili olduğunu söylemek mümkündür.

Pb(NO₃)₂, AlCl₃.6H₂O, BaCl[^]Hp, SnCl₂.2H₂O, MgCl₂.6H₂O ile ayrı ayrı hem kuvars hem de feldispat koşullandııldıktan sonra Na-oleat ile koşullandırma yapılmış ve ortamın pH sına asit veya baz ekleyerek müdahale edilmeksizin yüzey yükleri ölçülmüştür. Bu durumda, sınanan farklı tuz derişimlerinde dahi AlCl₃.6H₂O, BaCl₂.2H₂O, SnCl₂.2H₂O, MgC[^].öRp ile kuvars ve feldispatın yüzey yüklerinde bir farklılık gözlemlenememiştir. Pb(NO₃)₂ varlığında ise özellikle smanabilen en yüksek tuz derişiminde değışik oleat derişimleri için kuvars ve feldispat yüzey yüklerinde bir farklılık oluştuğunu söylemek mümkündür. Bu fark küçük olmakla birlikte .dört farklı oleat derişiminde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Daha yüksek derişimlerde ölçüm yapılan ortamın bulanması nedeniyle yüzey yükü ölçümleri mümkün olmamıştır.

AlC[^].öHjO, BaCl₂.2H₂O, SnCl₂.2H₂O, MgCl₂.6H₂O ile ortamın pH sına asit veya baz ekleyerek müdahale edilmeksizin, doğal pH koşullarında ve herbir metal iyonunun metal hidroksitlerinin yüksek derişimde olduğu pH'larda laboratuvarında flotasyon testleri yapılmış fakat herhangi bir ayırım elde edilememiştir.

Pb(NO₃)₂/Na-oleat yöntemi ile feldispatın kuvarstan laboratuvarında yapılan flotasyon testlerinde seçimli bir şekilde ayrıldığı belirlenmiştir.

Pb(NO₃)₂/Na-oleat yönteminde çalışılan cevher için en iyi çalışma koşulları tespit edilmiştir. Buna göre pH 7.6 da (asit baz eklemesi yapılmadan ölçülen değer) 300 g/t Pb(NO₃)₂ ü. 2000 g/t oleat dozajında elde edilebilen en iyi sonuçlara ulaşılmıştır.

Belirlenen bu koşullarda % 7.51 IC,0 ve %2.51 NajO içeren feldispat cevherinden % 10.42 Kjo

ve %2.69 Na₂O içeren konsantre elde edilmiştir. Elde edilen konsantrenin Na₂O içeriği potasyum ve sodyum feldispat ayırımı uygulanarak düşürülürse, potasyum açısından daha da zengin bir konsantre üretimi mümkün olabilir. Çalışılan cevherin yapısı gereği K₂O değeri yaklaşık %10 değerinde kalmakla birlikte yöntemin feldispat kuvars ayırımında başarılı olduğunu vurgulamak açısından çarpıcıdır.

Elde edilen feldispat konsantresinin K₂O ve N₂O verim ve tenörleri HF/Amin yöntemi ile elde edilen feldispat konsantresinin K₂O ve N₂O verim ve tenörlerine çok yakındır.

Feldispat-kuvars ayırımından önce renk verici mineraller için uygulanan hem katyonik hem de anyonik flotasyonun, feldispat konsantresinin tenörü üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Bu yöntemin özellikle K-feldispat kuvars ayırımında etkili olduğunu söylemek mümkündür. Albit ile yapılan deneylerde seçimli ayırım sağlanamamıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, feldispatın HF'siz ortamda kuvarstan kurşun/oleat kombinasyonu ile çok başarılı bir şekilde flotasyonla ayrılacağı ortaya konulmuştur.

İncelenen aralıklarda diğer metal iyonlarının oleatın feldispat yüzeyine seçimli soğrulmasında bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışma TÜBİTAK tarafından MİSAG-126 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar bu katkıdan dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Bayraktar, İ., Ersaym, S., Gülsoy, Ö.Y., Ekmekçi, Z., Can, M., 1999; "Temel Seramik ve

Cam Hammaddelerimizdeki (Feldispat, Kuvars ve Kaolin) Kalite Sorunları ve Çözüm Önerileri", 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Ed., H. Köse, V. Arslan, M. Tanrıverdi, İzmir s, 22-33.

Bayraktar, L, Gülsoy, Ö.Y., Can, M., E.C. Orhan, 2001; "Feldispat Zenginleştirilmesi", 4. End. Hamm. Semp., İzmir, s: 97-105.

El-Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., and Wakamatsu, T., 1992; "Activation of Quartz and Feldspar with Metal Ions in Flotation", rV. International Mineral Processing Symposium, Antalya, Cilt. 1, s. 179-188.

El-Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., and Wakamatsu, T., 1993; "The Role of Alkaline Earth Cation Flotation Separation of Quartz from Feldspar", Minerals Engineering, Cilt. 6, No 12, s. 1231-1243.

El-Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., and Wakamatsu, T., 1993; "The Role of Surface Silanol Groups in Flotation Separation of Quartz from Feldspar using Nonionic Surfactants", XVIII. International Mineral Processing Congress, Cilt 4, s.845-849.

El-Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., and Wakamatsu, T., 1995; "New Reagent Systems in Flotation Separation of Quartz from Feldspar", XIV. International Mineral Processing Congress, s.285-289.

El-Salmawy, M.S., 1997; "Solution Chemistry of Anionic/Nonionic Surfactants and its Role in Flotation Separation of Quartz from Feldspar", Proceedings of the XX IMPC- Aachen, s. 617-625.

Fuerstenau M.C., Miller, J.D., Pray, R.E. and Perinne B.F., 1965; "Metal Ion Activation in Xanthate Flotation of Quartz, Society of Mining Engineers", s. 359-364.

Fuerstenau, M.C. and Atak, S., 1965; "Lead Activation in Sulphonate Flotation of Quartz", Trans. AME, Cilt.232, s. 24-28.

Fuerstenau M.C, Miller J.D., and Kuhn, M.C, 1985; "Chemistry' of Flotation", Society

of Mining Engineers, AIME, s. 177.

Gaudin A.M. and Fuerstenau, D.W., 1955; "Quartz Flotation with Anionic Collectors", Trans. AIME, Cilt. 202, s. 958-964.

Hanumantha, R.K. and Forsberg, K.S.E., 1993; "Flotation of Mica Minerals and Selectivity Between Muscovite and Biotite While Using Mixed Anionic and Cationic Collectors", XVIII. International Mineral Processing Congress, Cilt. 4, s. 834-844 (CA 119:253178h).

Iverson, H.G., 1932; "Separation of Feldspar from Quartz", Engineering and Mining Journal, Cilt. 133, s. 227-229.

Kılavuz, F.Ş., Gülsoy, Ö.Y., 2000; 'The Effects of Metal Ions on The Selectivity of Feldspar-Quartz Separation', VIII. Uluslararası Ceher Hazırlama Sempozyumu, Mineral Processing on the 21st Century, ed. Özbayoğlu et al, s. 225-229.

Liu, Y., Gong, H., Qui, J., Zhang, K., 1993; "A New Flotation Technique for Feldspar-Quartz Separation", XVIII International Mineral Processing Congress, Cilt. 4, s. 857-862, (CA.119:253180c).

Malghan, S.G., 1981; "Effect of Process Variables in Feldspar Flotation Using Non-Hydrofluoric Acid System", Mining Engineering, s. 1616-1622.

Özkan, Ş.G., Kuşun, İ., İpekoğlu, B., 2001; "Trakya Bölgesi Kuvars Kumlarından Feldspat Uzaklaştırılması için Yeni Bir Flotasyon Yaklaşımı", 4. End. Hamm. Semp., İzmir s. 278-282.

Shehu, N. and Spaziani, E., 1999; "Separation of Feldspar from Quartz Using EDTA as Modifier", Minerals Engineering, Cilt. 12, s. 1393-1397.

Ütine, T., 1987; "Köpüklü Yüzdürme ile Feldspat/Kuvars Ayırımında Yüzey Kimyası", Madencilik, Cilt XXVI, Sayı:4 s: 7-22.