

Flint Taşı Artıklarından Kuvars Kazanımının Araştırılması

İsmail Varan^a, Selçuk Özgen^a, Muhammed Fatih Can^a, Yeliz Topbaş^a ve Eyüp Sabah^a

^aAfyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fak., Maden Müh. Böl., 03200, Afyonkarahisar
e-posta: i17varan@gmail.com, sozgen@aku.edu.tr, mfcan@aku.edu.tr, ytopbas@aku.edu.tr, esabah@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 05/03/2010; Kabul Tarihi: 12/04/2010

Özet

Bu çalışmada flint taşı artığından yüksek saflıkta kuvars elde edebilmek için cevher içerisindeki renk verici mineraller ve feldspatlar flotasyon yöntemi ile uzaklaştırılmıştır. Mineralojik incelemelerde artıktaki bulunan kuvarsın serbestleşme tane boyutu -63 µm olarak belirlenmiş, yeterli serbestleşme tane boyutuna ulaşabilmek için artık bu tane boyuta ufalanmış ve bunun için gerekli olan öğütme parametreleri optimize edilmiştir. Flotasyon yöntemiyle artıktan yüksek verimle kuvars kazanımı için ortam pH'sı, toplayıcı, bastırıcı ve köpürtücü miktarları ile devir hızı, köpük derinliği ve katı konsantrasyonu gibi önemli flotasyon değişkenlerinin optimizasyonu yapılmıştır. SiO₂ tenörü %94,1 olan flint taşı artığından katyonik toplayıcı kullanılarak feldspat-kuvars ters flotasyonu ile pH 2,5'de %97,7 SiO₂ tenörlü konsantr, %96,49 SiO₂ kazanma verimiyle elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Flint taşı, Kuvars, Flotasyon, Öğütme, Zeta potansiyeli.

Investigation of Quartz Recovery from Flint Stone Tailings

Abstract

In this study, in order to gain high purity quartz from flint stone tailings, flotation method was used to remove coloring minerals and feldspars from the ore content. By means of mineralogical investigations the liberation size of quartz was determined as -63 µm. In order to reach the adequate liberation size, tailings were ground and required grinding parameters were optimized. To gain high efficiency from the tailings by using flotation method; the important flotation variables such as pH of the media, collector, depressant and frother amounts with the stirring rate, froth depth and solid concentration were optimized. Flint stone tailing with SiO₂ grade 94.1% was subjected to feldspar-quartz cationic collector reverse-flotation at pH 2.5, a concentrate with 97.7% SiO₂ grade at 96.46% SiO₂ recovery efficiency was obtained.

Key Words: Flint stone, Quartz, Flotation, Milling, Zeta potential.

1. Giriş

Flint taşı, sedimanter kayaçların silisli kimyasal kayaçlar grubunda yer almaktadır. Silikat minerallerinden olan kuvars, birçok alanda kullanılan en önemli endüstriyel hammaddelerinden biri olup, endüstriyel uygulamalarda yüksek saflıktaki kuvars tercih edilmektedir (Anonim 1, 2009).

Ülkemiz, kuvars rezervleri yönünden zengin olmayıp, bugüne kadar belirlenmiş rezervler 4-5 milyon ton civarındadır (Anonim 2, 2009). Bilinen önemli yataklar; Çanakkale/Ezine,

Bayramiç, Aydın/Çine, Muğla, İzmir, Ankara, Kütahya ve Bitlis'te bulunmaktadır.

Maliyetinin düşük olması ve aşınmaya karşı dayanıklı olması nedeniyle değirmenlerde öğütücü ortam olarak flint taşı bilyaları tercih edilmektedir. Flint taşı bilyalarının üretiminde, iri boyutlu şekilsiz flint taşı flint hazırlama değirmenlerine beslenmektedir. Değirmen içinde şekilsiz formdan yuvarlak forma geçiş esnasında büyük miktarda flint taşı artığı meydana gelmektedir. Bu artık, endüstride kullanılabilecek nitelikte olmadığından depolama ve nakliye

sorunları ortaya çıkmakta ve bu da ek maliyetler gerektirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, doğrudan ekonomik değeri olmayan flint taşı artığından SiO₂ oranı yüksek (%94,1) endüstriyel kullanıma uygun ürün(ler) elde etmektir.

2. Malzeme ve yöntem

2.1. Malzeme

Deneyler, Kalemaden Endüstriyel Hammadde San. ve Tic. A.Ş Flint Hazırlama Tesisi artık stok sahasından alınan numunelerle gerçekleştirilmiştir.

Flotasyon deneylerinde amin tipi katyonik bir kollektör olan Aero 3000C (Cytec), A88 (Cytec) köpürtücü, bastırıcı olarak ise Na₂SiO₃ kullanılmıştır. Ortam pH ayarlamaları HF ve NaOH ile gerçekleştirilmiş olup, flotasyon deneyleri iletkenliği 1,14 mS/cm olan çeşme suyu, çözelti hazırlamaları ise iletkenliği 2,3 µS/cm olan saf su ile yapılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Mineralojik analiz

Tesisten alınan flint taşı artığının mineralojik analizi Panalytical X'pert Pro MPD marka XRD cihazında gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. Kimyasal analiz

Flint taşı artıklarının ve flotasyon sonrası elde edilen konsantre numunelerinin kimyasal analizlerinde XRF yöntemi (RIGAKU / ZSX PRIMUS II) kullanılmıştır.

2.2.3. Serbestleşme boyutunun belirlenmesi

Serbestleşme tane boyutunun tayini için ön hazırlık işlemleri Nikon LV100POL model vakumlu mikro metrik kesit inceltme cihazında yapılmış, ince kesitler Nikon LV100POL

model polarizan mikroskop altında incelenmiştir.

2.2.4. Öğütme deneyleri

Öğütme deneyleri seramik hazneli bilyalı değirmende kuru olarak gerçekleştirilmiş, serbestleşme için yeterli tane boyutuna inmek için öğütme parametreleri (öğütme süresi, öğütücü ortam şarjı, numune şarj oranı, öğütücü ortam boyutu ve değirmen dönüş hızı) optimize edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Öğütme deneyi parametreleri

Öğüt. Sür. (dk)	Öğüt. ortam şarj o. (%)	Numu. şarj oranı (%)	Öğüt. ortam boyutu (mm)	Değir. hızı (D/D)
30	25	15	26	80,15
35	30	20	21	85,87
40	35	25	16	91,6
45	40	30	14	97,3

2.2.5. Zeta-potansiyeli ölçümleri

Elektrokinetik potansiyel ölçümleri “laser doppler velocimeter” metodunu kullanan zeta-potansiyel ölçüm cihazında (MALVERN Nano-Z) gerçekleştirilmiş, farklı pH'larda yapılan ölçümlerde katı oranı %0,1 olan süspansiyonlar kullanılmıştır. Cihazın zeta-potansiyeli ölçüm hassasiyetini arttırmak için hücre ayarına gerek duyulmadan M3 (mixed mode measurement) metodu kullanılarak ölçüm yapılmıştır.

2.2.6. Flotasyon deneyleri

Denver D-12 tipi laboratuvar ölçekli flotasyon cihazında gerçekleştirilen flotasyon deneylerinde, değişken parametreler olarak toplayıcı konsantrasyonu (100-200-300-400g/t), köpürtücü konsantrasyonu (50-75-100-125 g/t), bastırıcı konsantrasyonu (0-200-400-600 g/t), köpük derinliği (1-2-3 cm), katı oranı (%20, %25 ve %30), karıştırma hızları (1000-1250-1500 d/d) ve pH (2,5, 3,0 ve 3,5) (Çizelge 3), sabit parametre

olarak ise Çizelge 4’de verilenler esas alınmıştır. Performans kriteri olarak; konsantradaki SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve TiO₂ %tenörleri ve kuvars kazanma %verimi dikkate alınmıştır.

Çizelge 2. Flotasyona ait değişken parametreler

Parametreler	Değerler
pH	2,5-3-3,5
Toplayıcı miktarı(gr/t)	100-200-300-400 (Aero 3000C)
Bastırıcı miktarı (gr/t)	0-200-400-600 (Na ₂ SiO ₃)
Köpürtücü miktarı (gr/t)	50-75-100-125 (A88)
Devir hızı (D/D)	1000-1250-1500
Köpük derinliği (cm)	1-2-3
Katı oranı (%)	20-25-30

Flotasyon deneylerini müteakip yüzen ve batan ürünler filtrasyon ile katı-sıvı ayrımı işlemine tabi tutulmuş, daha sonra etüvde 105 °C’de kurutulmuştur.

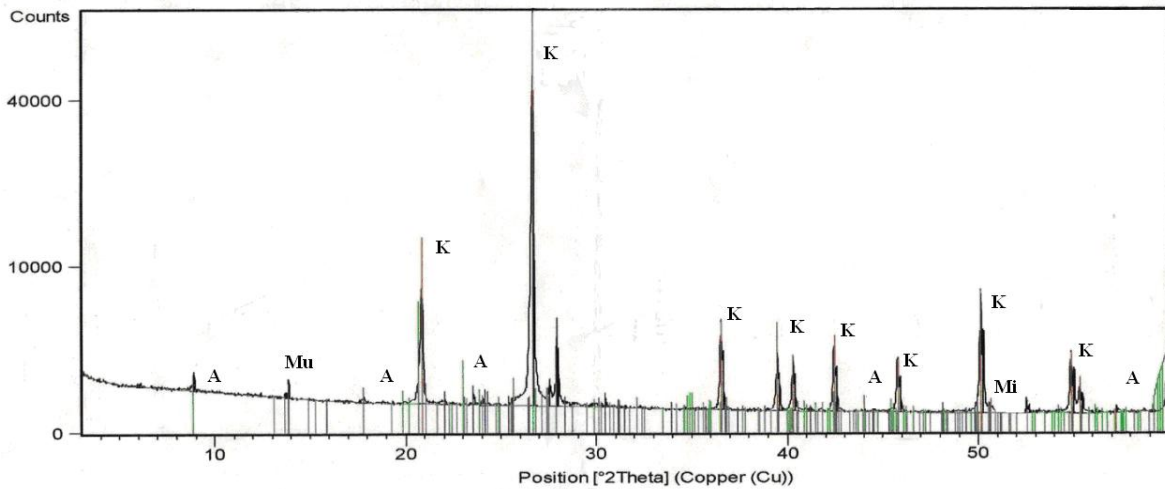
3. Sonuçların değerlendirilmesi

3.1. Mineralojik analiz

Tesisten alınan artığın mineralojik analiz sonuçları Şekil 1’de ve rasyonel analiz sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir. Şekil 1’den de görüldüğü gibi, baskın pik kuvars (K) mineraline ait olup, eşlik eden mineraller ise albit (A), muskovit (Mu) ve mikroklin (Mi)’dir.

Çizelge 3. Flotasyon deneylerinde kullanılan sabit parametreler ve değerleri

Flotasyon sabitleri	Değerler
Tane boyutu (µm)	-63
pH kondüsyonlama süresi (dk)	5
Bastırıcı kondüsyonlama süresi (dk)	5
Toplayıcı kondüsyonlama süresi (dk)	5
Köpürtücü kondüsyonlama süresi (dk)	1
Köpük alma süresi (dk)	3
Asit	HF
Baz	NaOH
Katyonik toplayıcı	Aero 3000C
Bastırıcı	Na ₂ SiO ₃
Köpürtücü	A88



Şekil 1. Artık numunesinin XRD difraktogramı

Çizelge 4. Flint taşı artığının rasyonel analiz sonuçları

Mineraller	Ağırlıkça-%
Kil	5,51
Na-feldspat	0,96
K-feldspat	0,36
Kuvars	91,37
Diğerleri	1,83

Çizelge 4'te verilen kil ve feldspat oranları dikkate alındığında flint taşı artığının %94,1 olan SiO₂ içeriğinin (Çizelge 5) tamamen serbest kuvarstan kaynaklanmadığı, bunun yaklaşık %3'lük kısmının kil ve feldspattan ibaret olduğu anlaşılmaktadır.

3.2. Kimyasal analiz

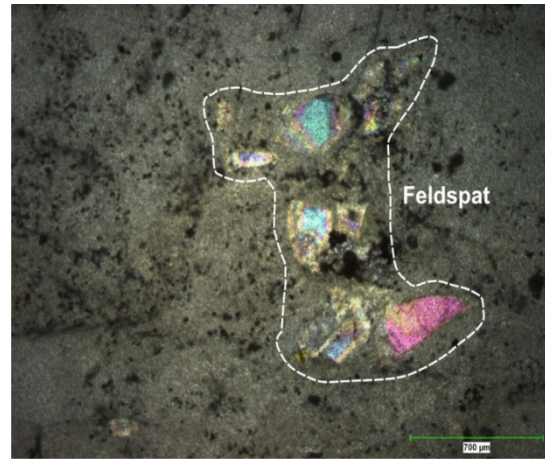
Seramik endüstrisinde kullanılan kuvars için SiO₂ içeriği %97,5'den yüksek, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ için ise sırasıyla %1,55 ve %0,15'den düşük olması istendiğinden söz konusu flint taşı artığının içerdiği renk verici safsızlıklar ve yüksek alüminyum içeriği, flint taşının kuvars hammaddesi olarak endüstride kullanılabilirliğinin uygun olmadığını göstermektedir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Flint taşı artığının kimyasal analiz sonuçları

Bileşenler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	K.K
(%)	94,1	2,99	0,341	0,54	0,171	0,103	0,525	0,527	0,703

3.3. Serbestleşme tane boyutunun tespiti

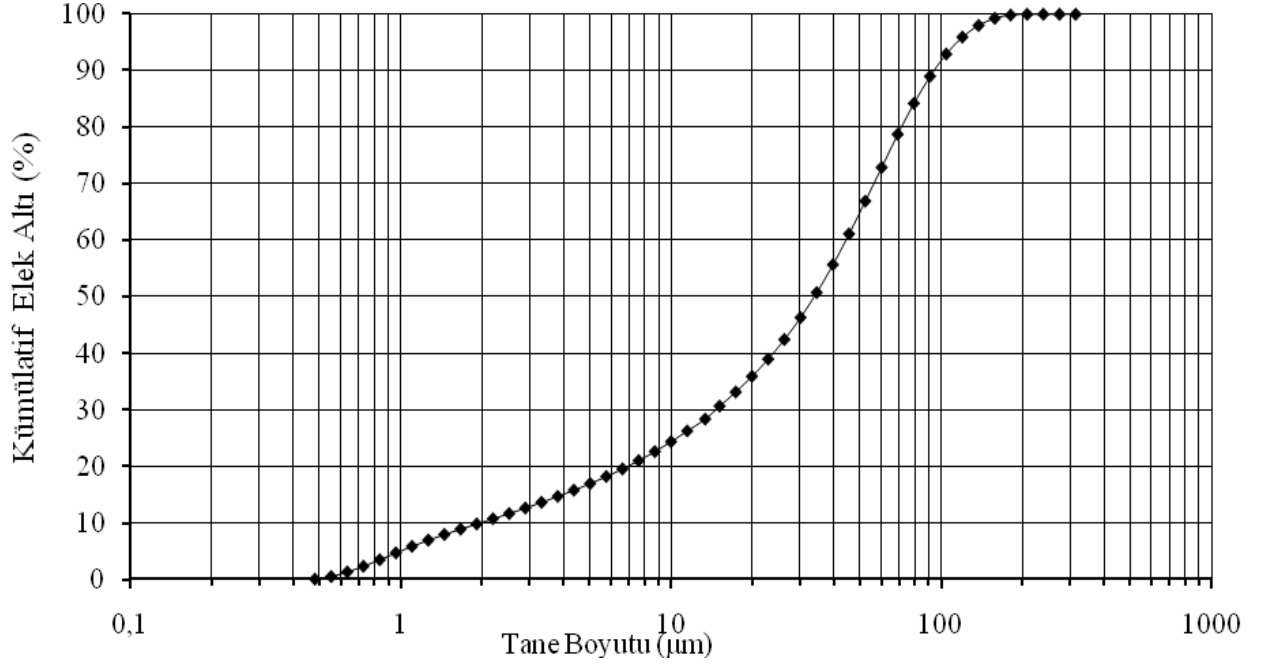
Şekil 2'de verilen polarizan mikroskobu görüntülerinden feldspat minerallerinin ortalama tane boyutu 347,53 µm olduğu belirlenmiştir. Ancak, minimum tane boyutu 63 µm olduğundan yeterli serbestleşmesinin sağlanması için numuneler -63 µm boyutuna öğütülmüştür.



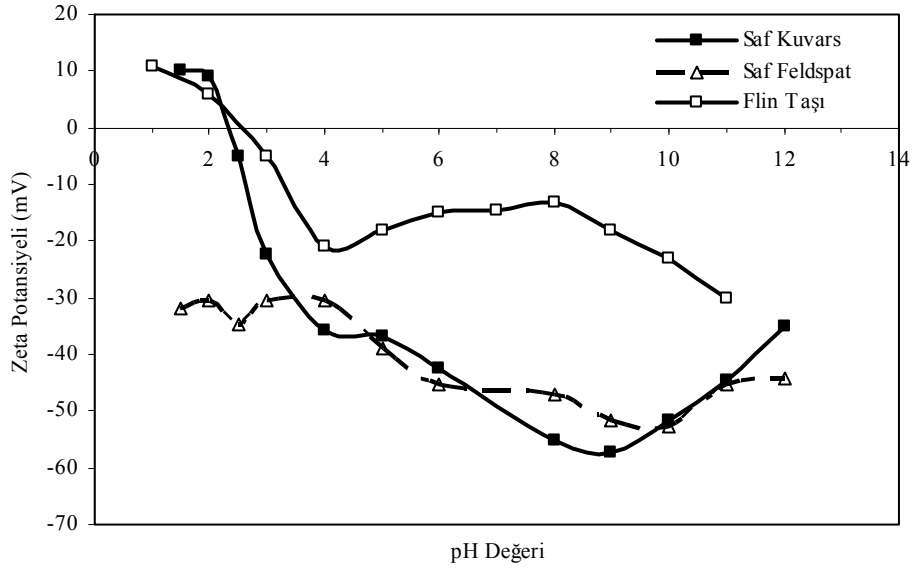
Şekil 2. Flint taşına ait polarizan mikroskop görüntüsü

3.4. Öğütme

Seramik hazneli bilyalı değirmende gerçekleştirilen öğütme deneyleri sonucunda optimize edilen öğütme parametreleri; öğütme süresi 45 dk, bilya şarj oranı %40, numune şarj oranı %25, bilya çapları 14-16-21 mm, değirmen hızı ise 85,87 D/D olup, 63 µm altına indirilen malzeme oranı %72,6 ve malzemenin %50'sinin geçtiği tane boyutu (d₅₀) ise 34,674 µm'dur (Şekil 3).



Şekil 3. Öğütülmüş numunenin tane boyut dağılımı



Şekil 4. Saf minerallerin ve artığın pH'ya bağlı zeta-potansiyeli eğrisi

3.5. Zeta-potansiyeli ölçümleri

Flint taşı artığına ve literatürde yer alan saf kuvars ile saf feldspata ait pH'ya bağlı zeta-potansiyeli eğrileri Şekil 4'de verilmiştir (Özgen, 2008). Görüldüğü gibi flint taşı artığının sıfır yük noktası literatürde belirtilen saf kuvarsin sıfır yük noktasına çok yakın bir değerdir. Artığın büyük bir kısmını serbest kuvars oluşturduğundan Şekil 4'de görülen sıfır yük noktasının (pH 2,8) kuvarsin sıfır yük noktası olduğu kabul edilmiş ve flotasyon deneylerinde bu pH değeri esas alınmıştır. pH 4-10 aralığında zeta-potansiyelinin mutlak değerinin düşmesi kil ve feldspat minerallerinden kaynaklanan zıt iyonların etkileşimine işaret etmektedir.

3.6. Flotasyon deneyleri

3.6.1 pH'nın etkisi

Feldspat kuvars ayırımında hidroflorik (HF) asit kullanılmadan birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar anyonik/katyonik (El-Salmawy vd., 1995; Jakobs ve Dobias, 1991; Jiaying vd., 1988; Malghan, 1981; Mathieu ve Sirois, 1984; Özkan vd., 2001; Rao ve Forssberg, 1993;

Shehu ve Spaziani, 1999; Yachuan vd., 1993), anyonik (Iverson, 1932; Kılavuz, 2000), katyonik (Sousa vd., 1997) ve noniyonik (El-Salmawy vd., 1993a, 1993b; 1995). HF'siz yapılan çalışmalara göre daha başarılı sonuçlar elde edildiğinden, bu çalışmada HF'li flotasyon yöntemi tercih edilmiştir. Feldspat kuvars flotasyonunda pH'nın etkisini görebilmek için ortam pH'sı HF asit ile ayarlanmış ve 2,5, 3,0 ve 3,5 olmak üzere üç farklı pH değerinde

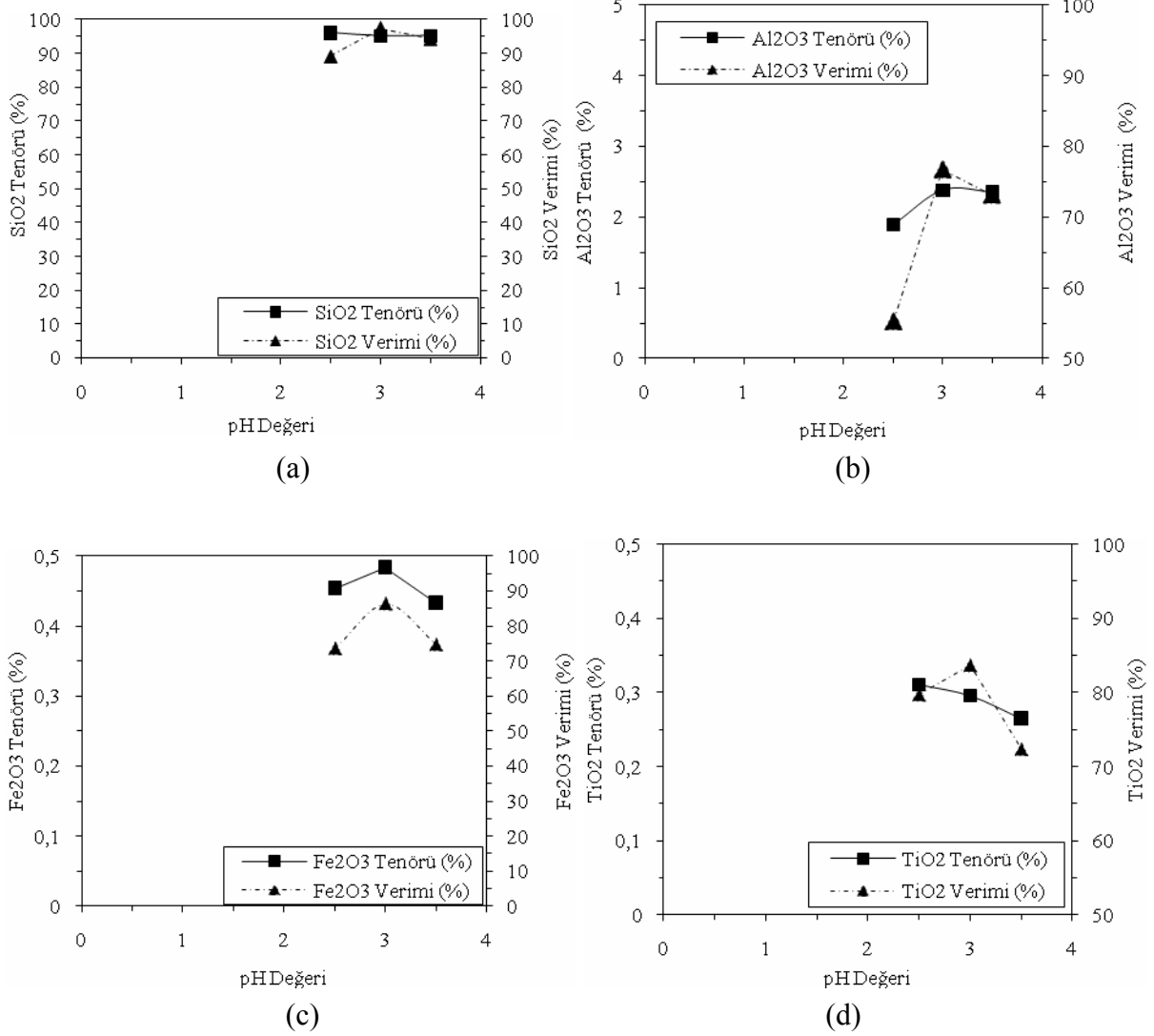
flotasyon deneyleri yapılmıştır. Farklı pH'larda yapılan ters flotasyon deneylerinde elde edilen sonuçlar Şekil 5'de verilmiştir.

Şekil 5 (a) incelendiğinde SiO₂ tenörünün pH artışına bağlı olarak belirgin bir değişiklik göstermediği, verimin ise pH 3'ün üzerinde ve altında azaldığı görülmektedir. pH>2,8'ün üzerinde sonra kuvarsin yüzey elektrik yükü negatif olduğundan katyonik reaktiflerle yüzdürülmesi mümkün olabilmektedir. Kuvarsin pH_{zpc} 2,8 civarında maksimum flotasyon verimi elde edilirken bu pH'ın üzerinde ve altındaki pH'larda flotasyon verimi düşerken SiO₂ tenöründe ise önemli bir *değişim* gözlenmemektedir. Beslenenin kuvars içeriği yüksek olduğundan tenör kaybında da büyük bir *değişim* olmayacaktır.

Şekil 5 (b ve c)'de görüldüğü gibi, kuvarsin pH_{zpc} civarında Al⁺³ ve Fe^{+2,+3} iyonları kuvarsla birlikte hareket ettiğinden bu pH'da düşük ve yüksek pH'larda Al₂O₃ ile Fe₂O₃ tenör ve verimlerinde düşme görülmektedir.

Şekil 5 (d)'de ise pH arttıkça TiO₂ tenörü azalmakta, verim ise SiO₂ verimi ile paralellik göstererek pH 3'e kadar artmakta ve daha yüksek pH'larda ise azalmaktadır. Al, Fe ve Ti içeren mineraller mekanik ve/veya feldspata bağlı olarak artığa taşındığından, konsantredeki *değişimleri* köpük yapısı ve yüzen mineral miktarı ile ilişkilidir. Bu yüzden optimum değerler seçilirken bu minerallerin konsantrede minimum olduğu değerleri de dikkate alınmıştır.

Elde edilen veriler ışığında SiO₂ tenörünün en yüksek, Al₂O₃ tenörünün ise en düşük olduğu pH değeri (2,5) optimum pH olarak alınmıştır. Bu pH'da SiO₂ tenörü %96 olup, Al₂O₃ tenörü %1,89, Fe₂O₃ tenörü %0,484 ve TiO₂ tenörü ise %0,311 olarak bulunmuştur.

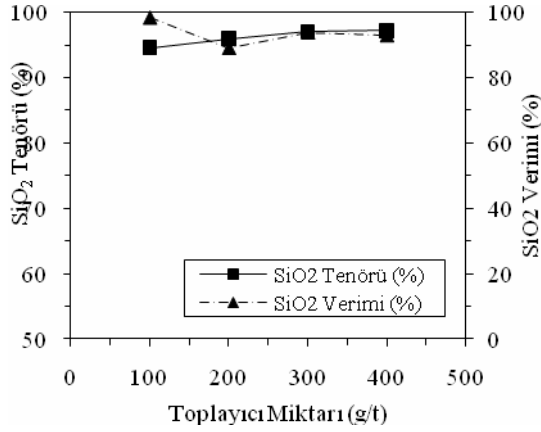


Şekil 5. Ortam pH'sının SiO₂ (a), Al₂O₃ (b), Fe₂O₃ (c) ve TiO₂ (d) tenörü ve verimine etkisi (%20 katı oranı; 2 cm köpük yüksekliği; 1250 D/D karıştırma hızı; 200 g/t bastırıcı miktarı; 200 g/t toplayıcı miktarı; 75 g/t köpürtücü miktarı)

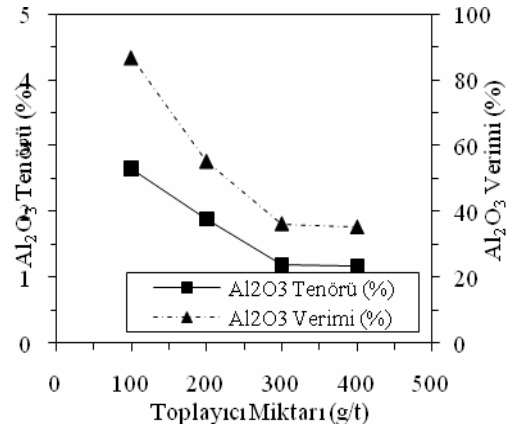
3.6.2. Toplayıcı miktarının etkisi

Optimum toplayıcı miktarını belirlenmek için 100-200-300-400 g/t olmak üzere 4 farklı toplayıcı konsantrasyonunda flotasyon

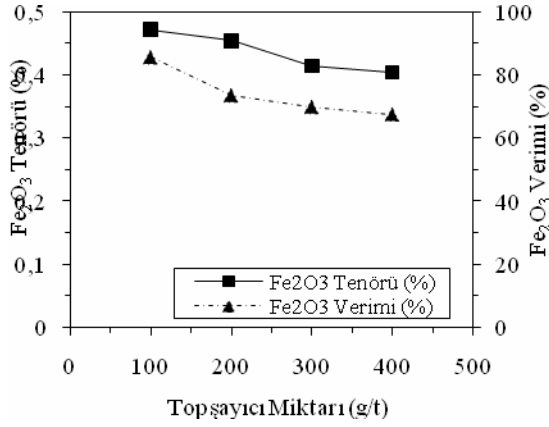
deneyle yapılmış ve amin (Aero 3000C) konsantrasyonunun tenör ve verime etkisi Şekil 6'de verilmiştir.



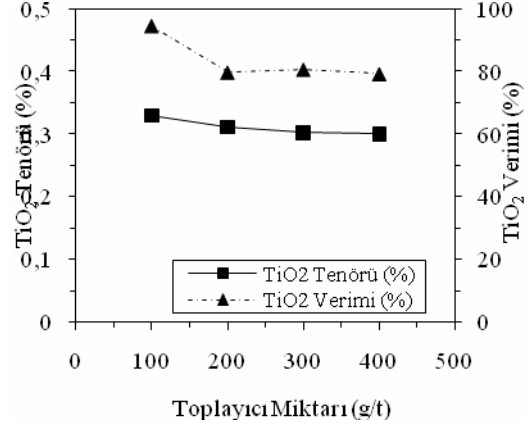
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 6. Amin konsantrasyonunun SiO₂ (a), Al₂O₃ (b), Fe₂O₃ (c), ve TiO₂ (d) tenörü ve verimine etkisi (%20 katı oranı; 2 cm köpük yüksekliği; 1250 D/D karıştırma hızı; pH 2,5; 200 g/t bastırıcı miktarı; 75 g/t köpürtücü miktarı).

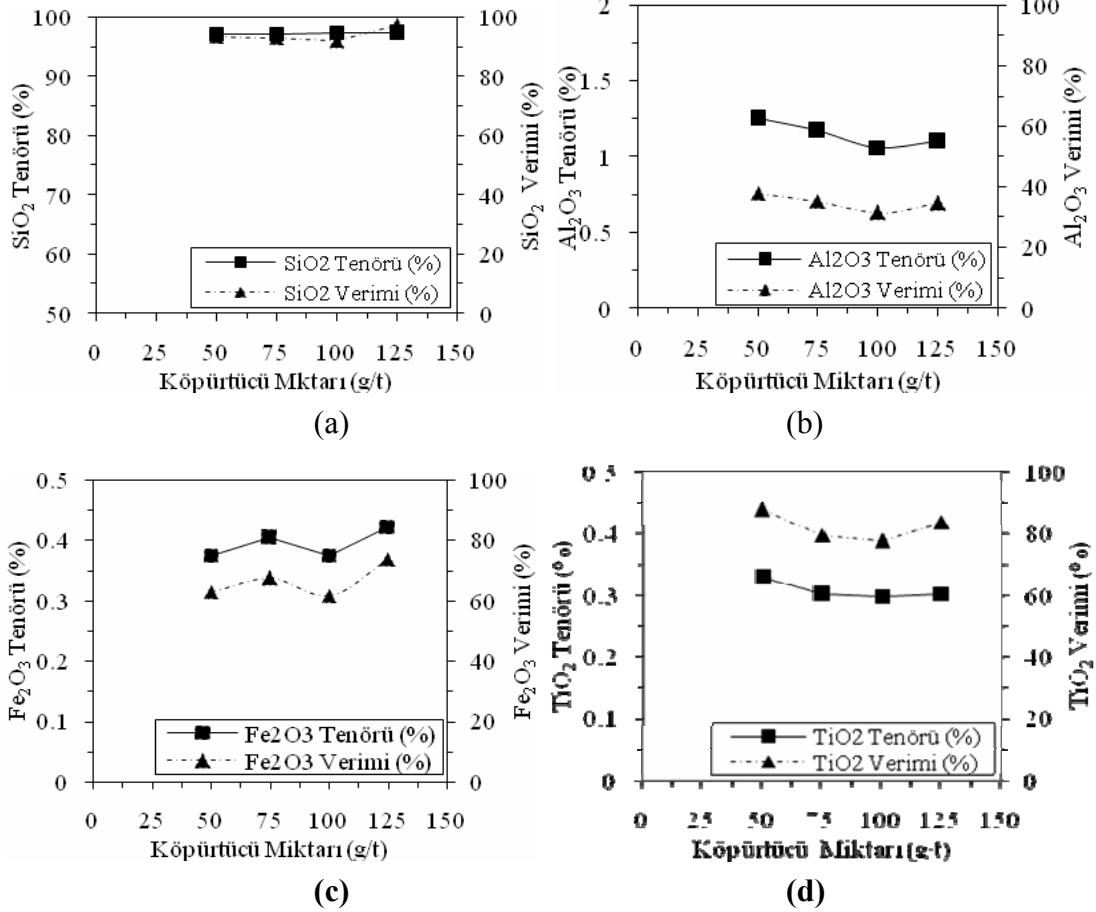
Toplayıcı miktarının SiO₂ tenörü ve verimine etkisi marjinal olup, konsantredeki Al₂O₃ içeriği ve verimi toplayıcı artışına bağlı olarak belirgin bir şekilde azalmıştır (Şekil 6 a-b). Toplayıcı konsantrasyonu artışına bağlı olarak köpüğe taşınan feldspat minerallerinin hidrofobitesi arttığından konsantredeki feldspat içeriği de azalmış ve daha temiz kuvars konsantresi elde edilmiştir.

Şekil 6 (c-d)'de toplayıcı konsantrasyonu arttıkça Fe₂O₃ ve TiO₂ içeriği ve verimi azalmış, TiO₂'ye nazaran daha etkin bir demir uzaklaştırması gerçekleştirilmiştir. En düşük Fe₂O₃ ve TiO₂ içeriği ve verimi 400 g/t toplayıcı konsantrasyonunda elde edilmiştir. Bu konsantrasyonda yapılan flotasyon deneyinde SiO₂ tenörü %97,2, Al₂O₃ tenörü %1,17, Fe₂O₃ tenörü %0,404 ve TiO₂ tenörü de %0,30 olan konsantre elde edilmiştir.

3.6.3. Köpürtücü miktarının etkisi

Flotasyonda kullanılacak optimum köpürtücü miktarının belirlenmesi amacıyla 50-75-100-125 g/t olmak üzere 4 farklı köpürtücü konsantrasyonunda flotasyon deneyleri

yapılmış ve optimum köpürtücü miktarı belirlenmiştir Flotasyon deneylerinde köpürtücü (A88) konsantrasyonunun tenör ve verim üzerindeki etkisi Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Köpürtücü konsantrasyonunun SiO₂ (a), Al₂O₃ (b), Fe₂O₃ (c), Ve TiO₂ (d) tenörü ve verimine etkisi (%20 katı oranı; 2 cm köpük yüksekliği; 1250 D/D karıştırma hızı; pH 2,5; 200 g/t bastırıcı miktarı; 400 g/t toplayıcı miktarı).

Artan köpürtücü miktarının SiO₂ verimi ve tenörüne belirgin bir etkisi olmayıp (Şekil 7 a), diğer safsızlıkların tenör ve verimlerine etkisi marjinal düzeyde ve benzer bir trend amin varlığında köpüğün oluşum şartlarında meydana gelen değişiklikler safsızlıkların taşınmasına olumsuz etki yapmaktadır (Şekil 7 b-c-d).

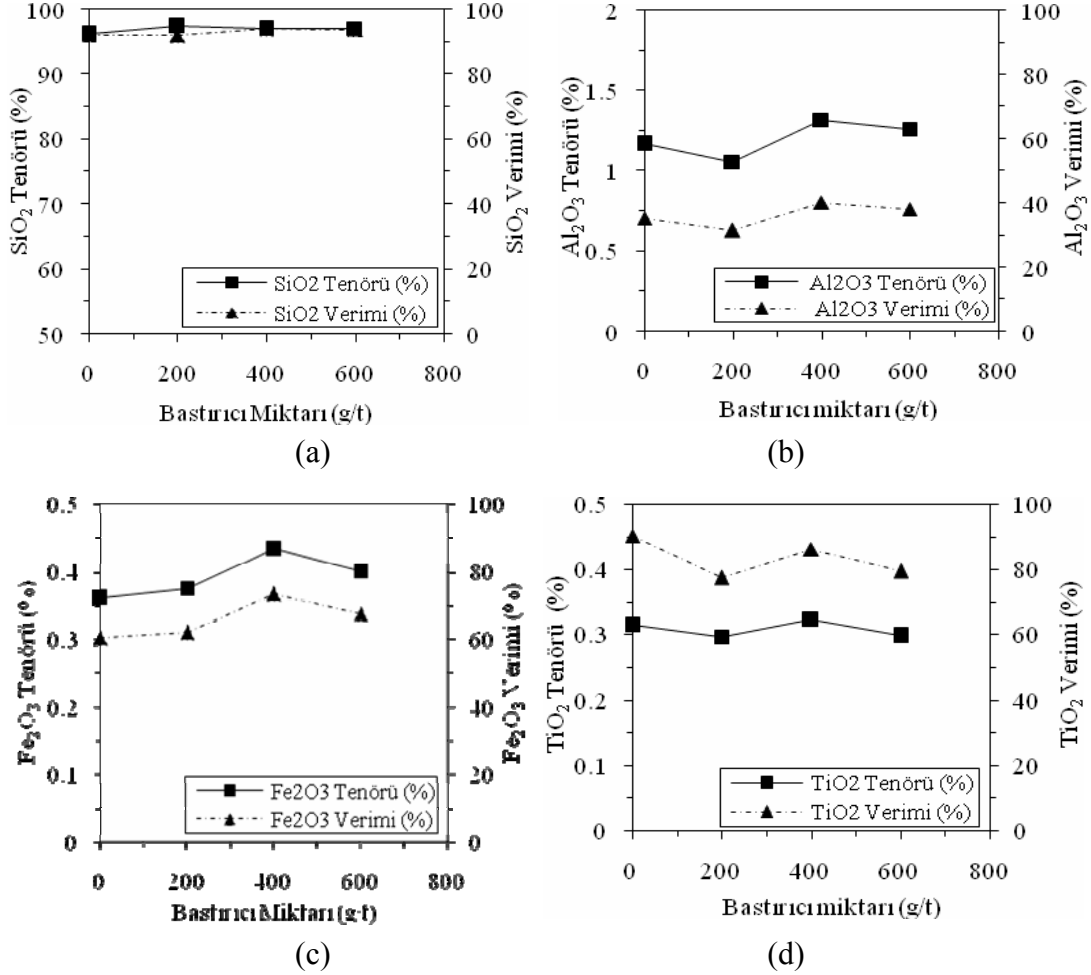
SiO₂ tenörünün en yüksek, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve TiO₂ tenörünün ise en düşük olduğu optimum

göstermektedir. 100 g/t köpürtücü konsantrasyonuna kadar safsızlıkların köpükle taşınmasında artış gözlenirken, bunun üzerindeki köpürtücü konsantrasyonlarında köpürtücü konsantrasyonu 100 g/t olup, bu konsantrasyonda elde edilen konsantrenin SiO₂ tenörü %97,4, Al₂O₃ tenörü %1,06, Fe₂O₃ tenörü %0,375 ve TiO₂ tenörü de %0,297’dir.

3.6.4. Bastırıcı miktarının etkisi

En uygun bastırıcı (Na_2SiO_3) miktarının belirlenmesi amacıyla 0-200-400-600 g/t

bastırıcı konsantrasyonlarında yapılan flotasyon deneylerinden elde edilen sonuçlar Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 8. Bastırıcı konsantrasyonunun SiO₂ (a), Al₂O₃ (b), Fe₂O₃ (c), ve TiO₂ (d) tenörü ve verimine etkisi (%20 katı oranı; 2 cm köpük yüksekliği; 1250 D/D karıştırma hızı; pH 2,5; 400 g/t toplayıcı miktarı; 100 g/t köpürtücü miktarı).

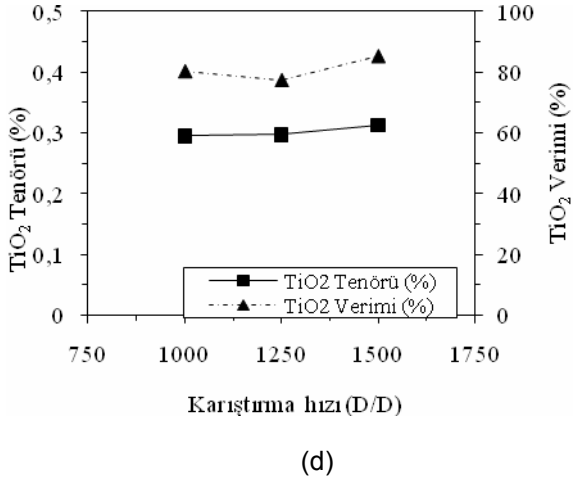
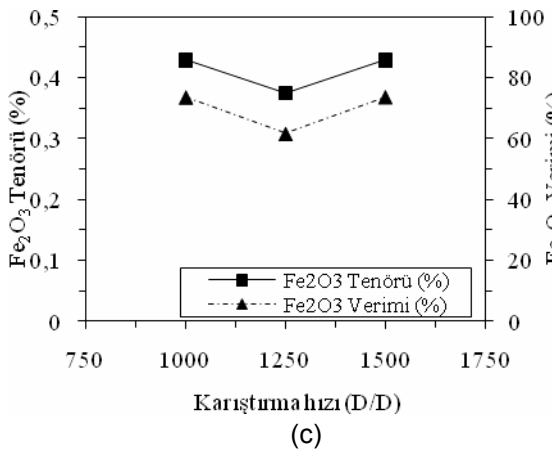
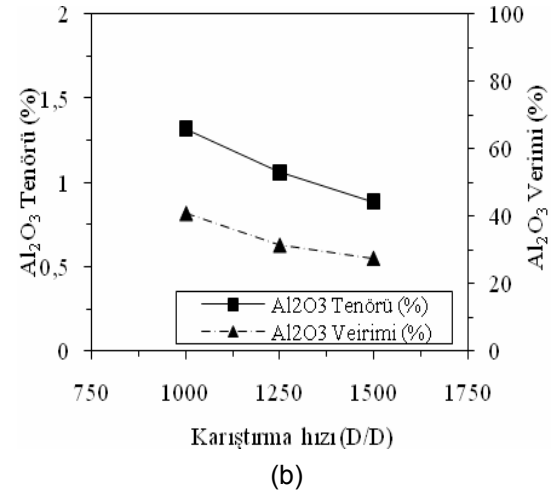
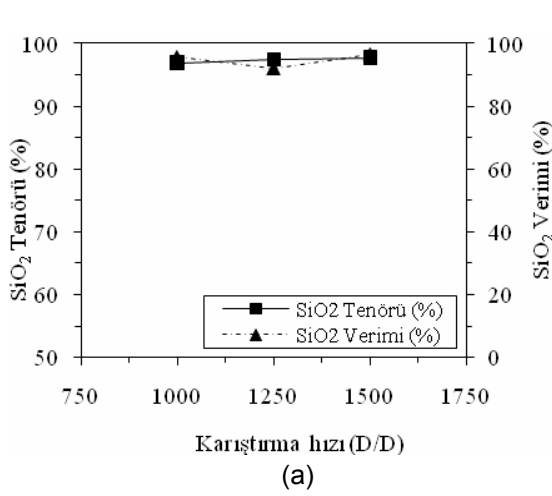
Artan bastırıcı miktarının SiO₂ verimi ve tenörüne belirgin bir etkisi olmayıp (Şekil 8 a), diğer safsızlıkların tenör ve verimlerine etkisi marjinal düzeyde ve benzer bir trend göstermektedir. Na_2SiO_3 'ün, safsızlıklar arasında bulunan silikat minerallerine (kil, feldspat) bastırıcı etkisi nedeniyle 200 g/t bastırıcı konsantrasyonu üzerinde konsantre kirlenmektedir (Şekil 8 b-c-d).

Buna göre SiO₂ tenörünün en yüksek, Al₂O₃ ve TiO₂ tenörünün ise en düşük olduğu

bastırıcı konsantrasyonu olan 200 g/t optimum olarak kabul edilmiş ve bu konsantrasyonda SiO₂ tenörü %97,4, Al₂O₃ tenörü %1,06, Fe₂O₃ tenörü %0,375 ve TiO₂ tenörü de %0,297 olan konsantre elde edilmiştir.

3.6.5. Karıştırma hızının etkisi

1000–1250-1500 D/D hızlarında gerçekleştirilen flotasyon şartlarında elde edilen sonuçlar Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Karıştırma hızının SiO₂ (a), Al₂O₃ (b), Fe₂O₃ (c), ve TiO₂ (d) tenörü ve verimine etkisi (%20 katı oranı; 2 cm köpük yüksekliği; pH 2,5; 400 g/t; toplayıcı miktarı; 100 g/t; köpürtücü miktarı 100 g/t; bastırıcı miktarı 200 g/t).

Konsantrenin tenör ve verimi karıştırma hızından etkilenmezken, hız artışına bağlı olarak konsantredeki Al₂O₃ tenörü ve veriminde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Diğer safsızlıkların tenör ve verimindeki değişimler ise benzer trend izlemiş ve değişimler marjinal kalmıştır (Şekil 9 a-b-c-d). Karıştırma hızındaki artışın kil üzerindeki dağıtıcı etkisi nedeniyle konsantredeki Al₂O₃ tenörü azalmakta, demir ve titan içeren safsızlıklar kilden yapısal farklılıklar gösterdiğinden düşük karıştırma hızlarında hava kabarcığı ile taşınma zayıf olmakta, orta

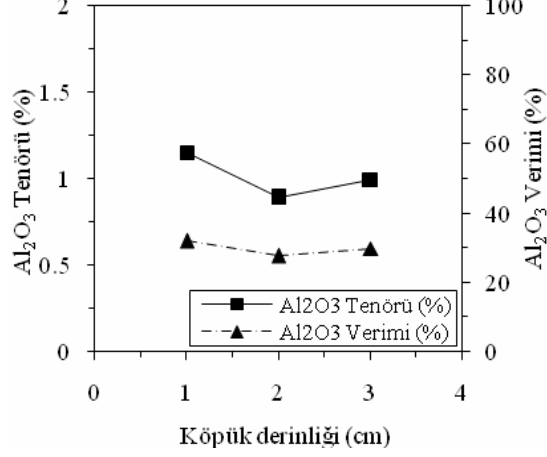
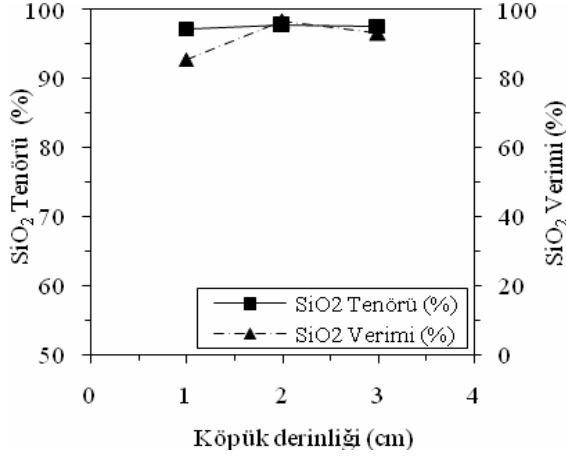
düzeyde karıştırma ile belirli bir başarı yakalanırken, kritik hız geçildikten sonra oluşan türbülans nedeniyle parçacıkların taşınması engellenmektedir.

Flint taşı artığının yüksek Al₂O₃ içeriği ve Al₂O₃ uzaklaştırma başarısı nedeniyle SiO₂ tenörünün en yüksek ve Al₂O₃ tenörünün ise en düşük olduğu devir hızı olan 1500 D/D optimum olarak kabul edilmiş ve bu şartlarda SiO₂ tenörü %97,7, Al₂O₃ tenörü %0,886, Fe₂O₃ tenörü %0,429 ve TiO₂ tenörü de %0,313 olan konsantre üretilmiştir.

3.6.6. Köpük derinliğinin etkisi

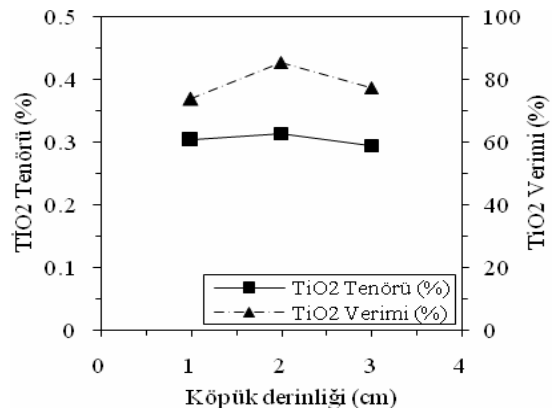
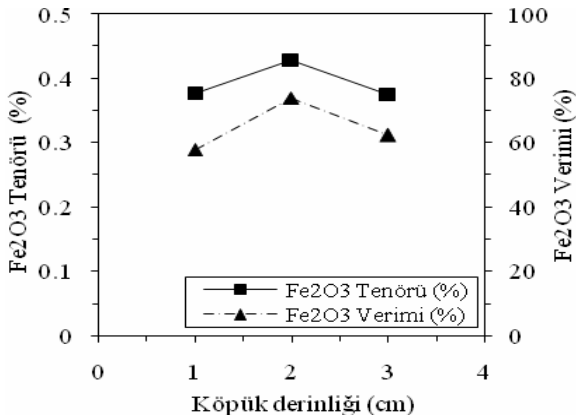
1-2-3 cm köpük derinliğinde yapılan

flotasyon deneylerine ait sonuçlar Şekil 10'da verilmiştir.



(a)

(b)



(c)

(d)

Şekil 10. Köpük derinliğinin SiO₂ (a), Al₂O₃ (b), Fe₂O₃ (c), ve TiO₂ (d) %tenörü ve %verimine etkisi (%20 katı oranı; pH 2,5; 400 g/t; toplayıcı miktarı; 100 g/t; köpürtücü miktarı 100 g/t; bastırıcı miktarı 200 g/t; karıştırma hızı 1500 D/D)

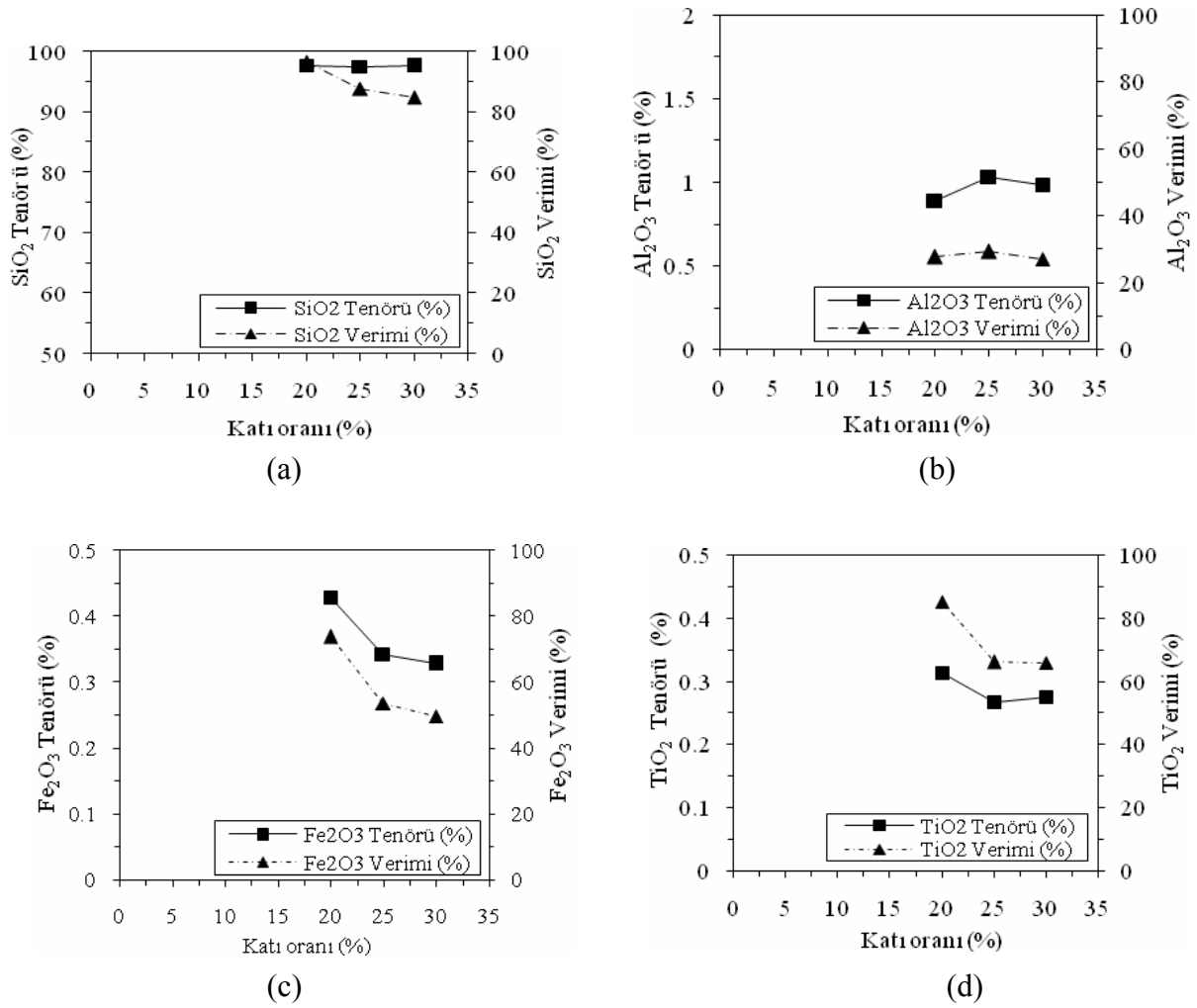
2 cm köpük derinliğinde maksimum SiO₂ %tenörü ve %verimi ile minimum Al₂O₃ tenörü ve verimi elde edilmiştir (Şekil 10 a-b). Daha düşük köpük yüksekliklerinde ise kuvars taneleri için yeterli bir ayırma zonuna ulaşamadığından kuvars sistem dışına taşınmakta ve böylelikle konsantredeki SiO₂ tenörü azalmaktadır. Şekil 10 (c-d)'den de görüldüğü gibi, 3 cm köpük derinliğinde en düşük Fe₂O₃ ve TiO₂ tenörü elde edilirken, her

ikisi için en düşük verime ulaşılan köpük derinliği ise 1 cm'dir.

2 cm köpük derinliğinde SiO₂ tenörü %97,7, Al₂O₃ tenörü %0,886, Fe₂O₃ tenörü %0,429 ve TiO₂ tenörü de %0,313 olan konsantre elde edilmiştir.

3.6.7. Pülpte katı oranının etkisi

Çalışılan katı oranları %20, %25 ve %30 olup, tenör ve verime etkileri Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Katı oranının SiO₂ (a), Al₂O₃ (b), Fe₂O₃ (c), ve TiO₂ (d) tenörü ve verimine etkisi (pH 2,5; 400 g/t toplayıcı miktarı; 100 g/t köpürtücü miktarı; 200 g/t bastırıcı miktarı; karıştırma hızı 1500 D/D); köpük derinliği 2 cm)

Artan katı oranına bağlı olarak SiO₂ tenörü ve veriminde gözlenen değişim kaba konsantre alınan sistemlerdeki davranışa benzerlik sergilemektedir. Katı oranı artışının Al₂O₃ üzerinde önemli bir etkisi olmazken, katı oranının artışı ile birlikte mekanik taşınma oranı da artacağından diğer demir ve titan içeren safsızlıklar köpükle birlikte taşınmaktadır.

Bu verilerden hareketle SiO₂ tenörünün en yüksek ve Al₂O₃ tenörünün ise en düşük

olduğu katı oranı olan %20 optimum olarak kabul edilmiştir. Bu katı oranında elde edilen konsantrenin SiO₂ tenörü %97,7, Al₂O₃ tenörü %0,886, Fe₂O₃ tenörü %0,429 ve TiO₂ tenörü de %0,313'dür.

4. Sonuçlar

Çanakkale Çan yöresinden alınan flint taşı artığının mineralojik analizleri sonucunda kuvarsa eşlik eden başlıca minerallerin albit,

muskovit ve mikroklin olduğu belirlenmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve TiO_2 değerleri endüstriyel kullanım için yüksek olup, sırasıyla %2,99, %0,54, %0,341'dir.

Polarizan mikroskop incelemeleri, artıktaki minerallerin serbestleşme tane boyutunun 63 μm olduğunu göstermiş, gerekli serbestleşmenin sağlanabilmesi için öğütme parametreleri optimize edilmiş, öğütme süresi 45 dk, bilya şarj oranı %40, numune şarj oranı %25, bilya çapları 14-16-21 mm, değirmen hızı ise 85,87 D/D olarak belirlenmiştir.

Flint taşı artığının pH'ya bağlı zeta-potansiyel profilinden sıfır yük noktasının pH 2,8 olduğu tespit edilmiştir.

Flint taşı artığından kuvarsın ters flotasyon ile kazanımında en önemli değişkenin pH ve toplayıcı miktarı olduğu belirlenmiş, maksimum flotasyon tenörü ve verimine kuvarsın pH_{zpc} civarında ulaşılmış, toplayıcı konsantrasyonu artışına bağlı olarak konsantrenin Al_2O_3 miktarında belirgin bir azalma görülmüştür. TiO_2 ve Fe_2O_3 içeriği en fazla etkileyen parametre pülpün katı oranı olup, katı oranı artışına bağlı olarak konsantrenin TiO_2 ve Fe_2O_3 oranları azalırken SiO_2 verimi düşmektedir.

Ters flotasyon ile %94,1 SiO_2 , %2,99 Al_2O_3 , %0,54 Fe_2O_3 ve %0,341 TiO_2 içerikli flint taşı artığından %97,7 SiO_2 , %0,886 Al_2O_3 , %0,429 Fe_2O_3 ve %0,313 TiO_2 içerikli, seramik sanayinde frit kuvarası olarak kullanılabilir nitelikte konsantre %96,49 verimle elde edilmiştir.

Kaynaklar

Anonim 1, 2009.

http://www.mta.gov.tr/v1.0/bolgeler/balikesir/index.php?id=madencilik_tarihi

Anonim 2, 2009.

<http://forumaden.com/forum/index.php?act=printpage%3Btopic=920.0>

El-Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., and

Wakamatsu, T., 1993a. The role of alkaline earth cations flotation separation of quartz from feldspar. *Minerals Engineering*, 6(12), 1231-1243.

El-Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., and Wakamatsu, T., 1993b. The role of surface silanol groups in flotation separation of quartz from feldspar using nonionic surfactants. *Proceedings of the XVIII. International Mineral Processing Congress, Sydney, Volume 4*, 845-849.

El-Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., and Wakamatsu, T., 1995, New reagent system in flotation separation of quartz from feldspar. *Proceedings of the XIV. International Mineral Processing Congress*, 285-289.

El-Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., and Wakamatsu, T., 1995, New reagent system in flotation separation of quartz from feldspar. *Proceedings of the XIV. International Mineral Processing Congress*, 285-289.

Iverson, H.G., 1932. Separation of feldspar from quartz. *Engineering and Mining Journal*, 133, 227-229.

Jakobs, U., and Dobias, B., 1991. New aspects in the flotative separation of feldspar and quartz. *Proceedings of the XVII. International Mineral Processing Congress, Dresden*, 237-247.

Jiaying, T., Jufan, M., and Boagi, S., 1988. A new acidless and fluoless flotation method of silica sand. *Proceedings of the XVI. International Mineral Processing Congress, Amsterdam*, 1529-1537.

Jakobs, U., and Dobias, B., 1991. New aspects in the flotative separation of feldspar and quartz. *Proceedings of the XVII. International Mineral Processing Congress, Dresden*, 237-247.

Kılavuz, F., 2000. Feldspat kuvars flotasyonunda metal iyonlarının seçimli

- etkisinin incelenmesi. Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 94 s (yayımlanmamış).
- Malghan, S.G., 1981. Effect of process variables in feldspar flotation using non-hydrofluoric acid system. *Mining Engineering*, 33(11), 1616-1622.
- Mathieu, G.I., and Sirois, L.L., 1984. Reagents in the Mineral Industry. *Institution of Mining and Metallurgy*, M.J. Jones and R. Oblatt (eds.), London, 57-67.
- Özgen, S., 2008, silikatların flotasyonunda mineral özelliklerinin flotasyon başarısına etkisi, Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 112 s.
- Özkan, Ş., Kurşun, İ. ve İpekoğlu, B., 2001. Trakya bölgesi kuvars kumlarından feldspat uzaklaştırılması için yeni bir flotasyon yaklaşımı. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İzmir, 278-282.
- Rao, K.H., and Forsberg, K.S.E., 1993. Solution chemistry of mixed cationic/anionic collectors and flotation separation of feldspar from quartz. *Proceedings of the XVIII. International Mineral Processing Congress*, Sydney, 837-844.
- Shehu, N., and Spaziani, E., 1999. Separation of feldspar from quartz using EDTA as modifier. *Minerals Engineering*, 12(11), 1393-1397.
- Sousa, A.B., Amarante, M.A., and Letie, M.M., 1997. Processing a feldspar ore by flotation using HF or H₂SO₄ as pH regulators. *Proceedings of the XX. International Mineral Processing Congress*, Germany, 637-644.
- Yachuan, L., Huanguo, G., Jichuan, Q., and Keren, Z., 1993. A new flotation technique for feldspar-quartz separation. *Proceedings of the XVIII. International Mineral Processing Congress*, Sydney, 857-862.

