

Feldispatların Zenginleştirilmesi

İ. Bayraktar, Ö.Y. Gülsoy, N.M. Can & E.C. Orhan

Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı; Ankara

ÖZET: Sodyum ve potasyum feldispat cevherlerinin zenginleştirilerek cam ve seramik kalite feldispat üretimi konusunda uygulanan yöntemler ve ülkemizdeki sodyum ve potasyum feldispat zenginleştirilmesinin bugünkü durumu gözden geçirilmektedir.

Kuru manyetik ayırma, demir içeren, titanyum düşük albit ve ortoklaz cevherlerinden cam ve seramik kalite konsantre üretmek için yeterli olmakta, ancak yüksek titanyum içeren cevherlerden yüksek kalitede feldispat üretmek için flotasyon kaçınılmaz olmaktadır. Yapılan çalışmalar, % 0.15-0.80 Fe₂O₃ ve % 0.30-0.55 TiO₂ içeren farklı albit cevherlerinden, kuru manyetik ayırma ile % 0.01-0.07 Fe₂O₃ ve % 0.06-0.13 TiO₂ içeren cam kalite konsantreler; flotasyon ile % 0.01-0.05 Fe₂O₃ ve % 0.01-0.05 TiO₂ içeren seramik kalite konsantreler elde edilebileceğini göstermektedir. Kırşehir masifindeki çok düşük titanyum içeren alkali syenit veya altere granitlerden ise kuru manyetik ayırma ile %10-11 K₂O, %2-3 Na₂O, %0.11-0.18 Fe₂O₃ ve %0.01-0.02 TiO₂ içeren konsantreler üretilebilmektedir.

ABSTRACT : This paper describes today's processing methods of Na and K-feldspars to produce glass and ceramic grade feldspar concentrates by magnetic separation and flotation together with industrial applications in the country.

Dry magnetic separation by REM (Rare Earth Magnets) suffices to get rid of iron bearing minerals from albite or orthoclase ores but high titanium content dictates flotation as an indispensable method to produce excellent quality glass and ceramic grade feldspar concentrates. The studies on albite ores containing 0.15-0.80 % Fe₂O₃ and 0.30-0.55 % TiO₂ have shown that magnetic separation enables one to produce glass grade concentrates having 0.01-0.07 % Fe₂O₃ and 0.06-0.13 % TiO₂ while flotation further decreases the content of colouring impurities down to 0.01-0.05 % Fe₂O₃ and 0.01-0.05 % TiO₂. Low titanium syenite* and weathered granites in the Kırşehir Massive provide K-feldspar concentrates containing 10-11 % K₂O, 2-3 % Na₂O, 0.11-0.18% Fe₂O₃ and 0.01-0.02 % TiO₂ by dry magnetic separation.

1. GİRİŞ

Yerkabuğunun %60-65'ini oluşturan feldispatlar, yapıları ve özellikleri birbirine oldukça benzeyen, susuz alüminasilikatlardır. Albit (NaAlSi₃O₈), ortoklaz/mikroklin (KAlSi₃O₈) ve anortit (CaAl₂Si₂O₈) olmak üzere bileşimindeki Na, K veya Ca'a bağlı olarak adlandırılan bu üç farklı mineral, feldispat grubunun en önemli mineralleridir. Dünyada ticari anortit yatakları pek fazla bulunmadığından asıl feldispat üretimini albit ve ortoklaz/mikroklin mineralleri oluşturmaktadır.

Sodyum ve potasyum feldispatları en çok kullanıldığı alanlar cam ve seramik sanayidir. Feldispat mineralleri cam hammaddesinde esas olarak alümina kaynağı olarak yer alır. Alumina, camın saydam bir yapıda kalmasını ve camın kimyasal duraylılığını sağlayarak, çizilme, bükülme, kırılma ve termal şoklara dayanıklılık kazandırır (Sailer, 1999). Ayrıca alkali içeriği erime (sinterleşme) sıcaklığını düşürür ve pişme ya da erime süresinin azalmasını sağlar. Bunun sonucu olarak da gerekli enerji azalmasıyla üretim kapasitesi artırılmış olur.

Seramik reçetesine eritici (flaks) olarak katılan feldispatlar, pişme anında sıvı fazın daha düşük

sıcaklıkta oluşumunu sağlamak amacıyla kullanılır. Feldispatların Al_2O_3 içeriği ise seramik bünyelerde, camsı matrikste çatlamları önleyerek darbeye dayanımı artırır. Feldispatlar seramik endüstrisinde bünyenin yanısıra sır hammaddesi olarak da kullanılmaktadır. Seramik üretiminde tercih edilen sırlık feldispatın sahip olması gereken özellikler Çizelge 1 'de verilmektedir.

Çizelge 1. Seramik Sektöründe Kullanılan Sırlık Feldispat Cevherleri Kimyasal Bileşimleri (Roger and Van Dyk, 1994)

İçerik	Na-Feldispat	K-Feldispat
	(%)	(%)
SiO_2	65-70	65-70
$CaO+MgO$	<1.5	<1.5
Al_2O_3	17-18	13-15
K_2O	0.5-3	>H
Na_2O	7-11	<4
$Fe^{2+} + TiO_2$	<0.1	<(!)
Pişme Rengi	< parlak beyaz	parlak beyaz

Teknik olarak K-feldispat, Na-feldispatla oranla bazı avantajlara sahiptir. Bunun sebebi seramik bünyenin pişmesi sırasında oluşan sıvı fazın viskozitesi K-feldispat kullanıldığında daha yüksektir ve sıcaklığın artmasıyla viskozite düşüşü hızlı olmamaktadır. Bu da seramik ürününün daha az deforme olmasını sağlamaktadır. Ancak Na-feldispat, K-feldispattan daha ucuz olduğundan seramik ürünlerde daha fazla tercih edilmektedir (Sailer, 1999)–

Cam sanayiinde tercih edilen feldispatın -600+75 Hm'tane boyuna sahip olması gerekirken, seramik hammaddesi olarak kullanılacak feldispatın genellikle %98 -75.(im olması gereklidir.

2. FELDİSPATLARIN MİNERALojİK VE KİMYASAL BİLEŞİMİ

2. / Sodyum Feldispat

Menderes masifindeki albit cevherleri genelde %9.0-10.5 Na_2O , %0.05-0.15 Fe_2O_3 ve %0.10-0.55 TiO_2 içermektedir. Bu yataklarda demir kaynağı genellikle mika (biyotit, muskovit) ve bazen de hematit, limonit gibi minerallerdir. Birincil titan kaynağı ise rutil ve sfendir (Bayraktar vd., 1998;1999). Ancak, albit cevheri erindeki muskovit ve varsa biyotitler kristal kafeslerinde Ti^{4+} içermekte ve bu nedenle bazı cevherlerde TiO_2 'nin

oldukça önemli bir bölümü mika minerallerinden kaynaklanmaktadır. Öyle ki mikaların titan içerikleri muskovit için %0.8 TiO_2 , biyotit için %4 TiO_2 gibi ciddi değerlere ulaşabilmektedir (Deer vd., 1974; Roger and Van Dyk, 1994). Bunların yanısıra feldispat cevherleri değişik miktarlarda kuvars ve az miktarda apatit ve zirkon içermektedir.

Menderes masifindeki açık ocaklardan üretilen cevherler genellikle 10 mm'nin altına kırılıp elendikten sonra doğal kalitelerine göre "standard", "extra" ve "superwhite" gibi ticari adlar altında satılmaktadır. Albit cevherlerinin içerdikleri safsızlıklar azaldıkça değerleri de artmakta, "Standard" albit FOB Güllük 13 \$/t iken, flote albitin fiyatı FOB Güllük 43 \$/t olmaktadır.

Bölgedeki albit yataklarının ortalama kalitelerini göstermek amacıyla

Çizelge 3'de Çine bölgesi tipik bir albit cevherinin kimyasal bileşimi verilmektedir.

Çizelge 3. Aydın-Çine bölgesi Na-feldispat cevherinin kimyasal bileşimi

Bileşen	İçerik (%)
SiO_2	65-69
Al_2O_3	18-20
Fe_2O_3	0.05-0.15
TiO_2	0.10-0.55
MgO	0.01-0.05
CaO	0.4-0.8
K_2O	0.15-0.3
Na_2O	9.0-10.5
p_2O_5	0.15-0.4
KK	0.2-1.3

2.2 Potasyum Feldispat

Türkiye'de işletilmekte olan potasyum feldispat rezervleri çoğunlukla Aydın-Çine, Kütahya-Simav, Manisa-Demirci ve Gördes bölgesinde yer almaktadır. Bu rezervler genel olarak granitoidik bir mineralojiye ve pegmatitik bir dokuya sahiptir. Ayrıca Bilecik-Söğüt ve Akköy bölgeleri pegmatit ve aplit damarlarından da massehik feldispat üretilmektedir. Bununla birlikte yeni bir potansiyel olarak ortaya çıkan Kırşehir masifi altere granitleri ve alkali siyenitler de önemli bir potasyum feldispat kaynağı olarak değerlendirilmeye başlanmıştır.

Manisa bölgesi cevherlerinin ana bileşenlerini ortoklaz, plajiyoklaz, kuvars, muskovit ve turmalin; tali bileşenlerini ise apatit, biyotit ve hematit mineralleri oluşturmaktadır. Ortoklaz, 3-20 mm gibi oldukça iri tane boyunda olmakla birlikte özellikle renk verici mineraller, ince şeritler ve sokulumlar halinde bulunmakta, %0.08 - 0.20 TiO_2 , %0.50-1.00 arasında da Fe_2O_3 içerirken, K_2O içerikleri %5-8.5, Na_2O içerikleri ise %2.5-4.5 arasında değişmektedir. Cevher kalitesini yükseltmek amacıyla ocaklarda genellikle triyaj uygulanmaktadır. Manyetik ayırma ile demir ve kısmen titan içeriği düşürülebilse de birçok durumda K_2O/Na_2O oranı 3'ten büyük konsantreler elde etmek için hem kuvarsın, hem de Na-feldispatın ayrılması gerekmekte, bu da flotasyon dışında bir yöntem ile mümkün olmamaktadır.

Kırşehir masifindeki porfirik yapıli altere granitlerin iri tane boylarında (+5.6 mm) %9.0'un üzerinde K_2O içerdiği, ince tane boylarında (-5.6 mm) ise bu değer in %4'ü altına kadar düştüğü" yazarlarca belirlenmiştir. İri fraksiyonlarda ayrıca %2-3 NaA %0.8-2.0 Fe_2O_3 ve %0.02-0.20 TiO_2 içerikleri saptanmıştır.

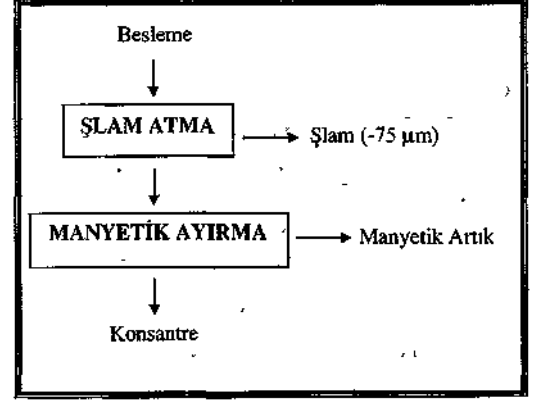
3. ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

3.1 Manyetik Ayırma

Feldispat cevherlerinin zenginleştirilmesi amacıyla son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan manyetik ayırmada, yüksek gradyanlı, sabit mıknatıslı rulo tipi kuru manyetik ayırıcılar (REM) başarıyla kullanılmaktadır (Bayraktar vd., 1998; 1999, Çelik vd., 2001). Tipik bir kuru manyetik ayırma proses akımşeması Şekil 1 'de verilmektedir. Kuru manyetik ayırmada en önemli nokta ince fraksiyonun (genelde -75 μm) çok iyi ayrılmasıdır. Aksı takdirde ince taneler statik elektriklenme yoluyla iri tanelere yapışmakta ve ayırmanın başarısını olumsuz etkilemektedir. Diğer bit olumsuz nokta da tane boyu incelidikçe separator kapasitesi önemli oranda düşmektedir. Yaş REM'lerin geliştirilmesi şlam atmayı ve kurutmayı ortadan kaldırarak bu alanda yeni bir ufuk açacaktır.

Çizelge 2'de kimyasal bileşimi verilen Aydın-Çine bölgesine ait albit cevherinin -0.6+0.075 mm tane boyunda sabit mıknatıslı kuru manyetik ayırıcıdan

(PermroU) 2 kez geçirilmesi sonucu elde edilen konsantrenin kimyasal bileşimi Çizelge 3'te verilmektedir.



Şekil 1. Kuru manyetik ayırma devresi akımşeması (Bayraktar vd., 1998; 1999)

Çizelge 3.- Aydın-Çine bölgesine ait bir Na-feldispat cevherine uygulanan manyetik ayırma konsantresinin kimyasal bileşimi (Bayraktar vd., 1999)

Bileşen	İçerik (%)
SiO ₂	69.55
Al ₂ O ₃	18.10
Fe ₂ O ₃	0.03
TiO ₂	0.10
MgO	0.03
CaO	0.40
K ₂ O	0.37
Na ₂ O	10.10
KK	1.32

Çizelge 3'ten, görüleceği üzere cam kalite Na-feldispatta istenen Fe_2O_3 değerinin (< 0.20 Fe_2O_3) çok altında bir ürün elde etmek mümkündür.

Çine bölgesine ait başka bir araştırmada manyetik ayırma işlemi sonunda Fe_2O_3 içeriği %0.32'den %0.099 değerine, TiO_2 içeriğinin ise %0.36'dan %0.088'e düşürüldüğü belirtilmektedir (Çelik vd. 2001). Genel olarak manyetik ayırma ile demirin ve mika bünyesindeki titanın önemli ölçüde uzaklaştırılabilmesine rağmen, bölgedeki farklı

cevherlerde farklı değerlere ulaşılabilceği görülmektedir. Bu nedenle zenginleştirme çalışmalarını öncesi mutlaka ayrıntılı bir proses mineralojisi çalışması yapılmalıdır.

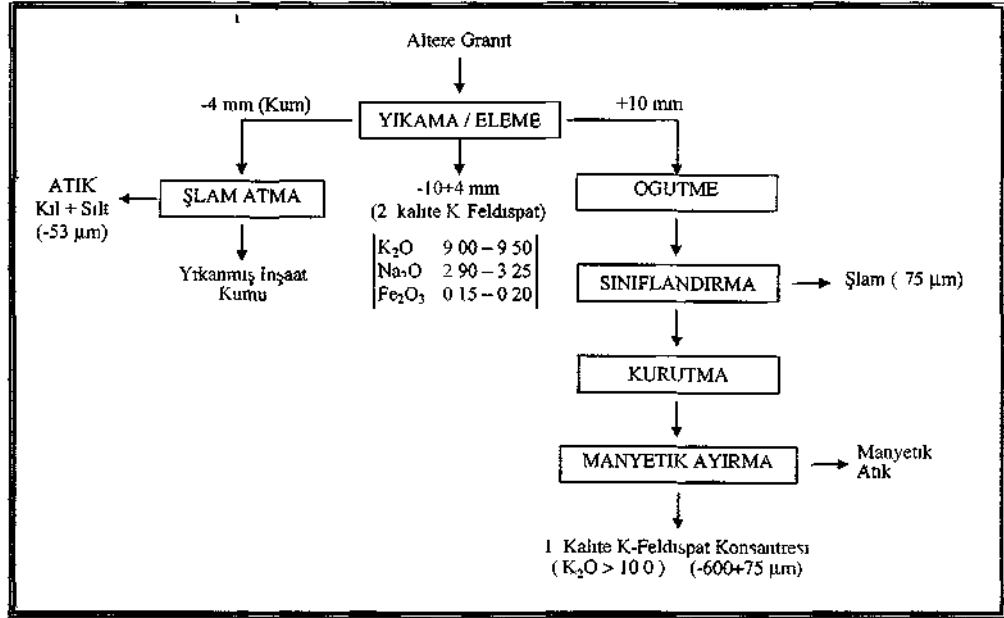
Manisa, Demirci / Gördes bölgesi'ne ait bir K feldispat cevherine uygulanan laboratuvarı ölçekli manyetik ayırma çalışmaları sonucu elde edilen bulgular da Çizelge 4'te verilmektedir.

Çizelge 4 Manisa, Demirci Gördes Bölgesi K feldispat cevherinin manyetik ayırma sonuçları

	Ağırlık (%)	Kimyasal Bileşim				Dağılım (%)			
		TiO ₂	FeA	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O
Konsantre	66.30	0.08	0.13	3.72	5.15	49.59	10.50	66.85	63.12
Artık+Şlam	33.70	0.16	2.18	3.63	5.92	50.41	89.50	33.15	36.88
Besleme	10000	0.11	0.82	3.69	5.41	100.00	10000	100.00	100.00

Kuşehir masifi altere granitleri elendiğinde, m tane boylarında (+10 mm) K₂O içeriği % 10'un üzerine çıkmakta, ince taneli (4 mm) ise bu değer %

4'un altına düşmektedir. Bu özellik nedeniyle altere granitlerin zenginleştirilmesi için Şekil 2'de verilen akımşeması tasarlanmış ve uygulamaya konmuştur.



Şekil 2 Kırkkale, Balıçeyh, Kılıvlı bölgesi altere granitlerinin zenginleştirme akımşeması

2001 yılı Mayıs ayında üretime başlayan, Gamma Madencilik İnşaat, Haritacılık San ve Tic A.Ş.'ye ait 12,000 ton/yıl 1. Kalite, 25,000 ton/yıl 2. Kalite K-Feldispat ve 100,000 ton/yıl yıkanmış inşaat kumu kapasiteli bu tesisten elde edilen sırtık 1. Kalite K-feldispat konsantresinin kimyasal bileşimi

Çizelge 5'te verilmektedir

Titan içeriğinin düşük olduğu K-feldispat cevherlerinde manyetik ayırma ile Fe₂O₃ içeriği düşük, kaliteli konsantreler elde edilebilirken, titan içeriğinin yüksek ve titanın manyetik ayırma ile

ayrılmadığı cevherlerde, beyaz pişme renkli kaliteli bir konsantrde elde edebilmek için flotasyon yöntemi kaçınılmaz olmaktadır. Aynı zamanda feldispatlarla beraber farklı oranlarda bulunan kuvarsın ayrılması için en yaygın yöntem flotasyondur (Bayraktar vd., 1998; 1999).

Çizelge 5. Kırıkkale, Balışeyh-Kilevli bölgesi altere granitlerinden elde edilen 1.Kalite K-Feldispat konsantresi kimyasal bileşimi

Bileşen	İçerik	
	Min	Max
K ₂ O	10.0	11.30
Na ₂ O	2.15	2.85
CaO	0.40	0.80
Fe ₂ O ₃	0.11	0.18
TiO ₂	0.01	0.02
MgO	Eser	
SiO ₂	65.0	67.0
Al ₂ O ₃	17.0	17.5

3.2 Flotasyon

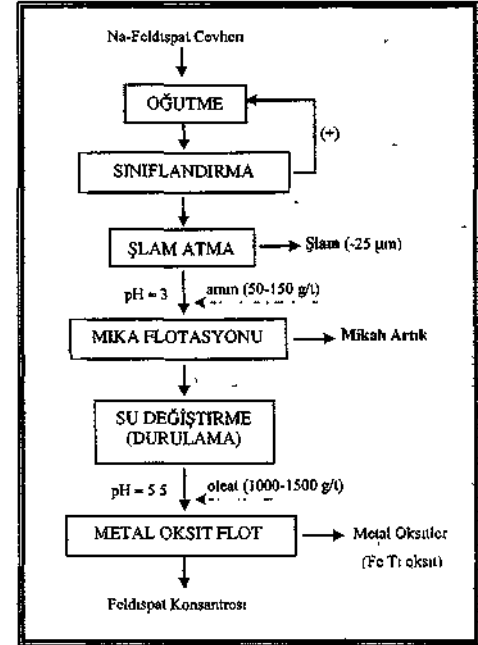
Feldispat cevherlerinin flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmesi konusunda literatürde birçok çalışmaya rastlanmaktadır. 1936-1960 yılları arasındaki çalışmalar Thom (1962) ve Baarson vd. (1962) tarafından, 1975'e kadar olan gelişmeler ise Manser (1975), feldispat kuvars ayrımı konusunda 1995 yılına kadar yapılan çalışmalar ise Rao ve Forsberg (1995) tarafından derlenmiştir. Ülkemizde seramik sanayiinin büyümesine ve feldispat ihracaatının artmasına paralel olarak kapsamlı flotasyon çalışmaları 1990'lı yıllardan sonra başlamıştır (Akar vd., 1994; Bayraktar vd., 1997; 1998; Çelik vd., 1998; 2001).

3.2.1 Sodyum Feldispat

Na-feldispat cevherleri için genel flotasyon akımşeması

Şekil 3'te verilmektedir. Na-feldispat cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesinde kapalı devre öğütmeyi takiben ilk aşama, özellikle mika flotasyonunu olumsuz yönde etkileyen yaklaşık -25 μ m'luk, belirli oranda kil içeren fraksiyonun şlam olarak atılmasıdır. Bu yapılmadığı takdirde

üretilen konsantrenin Fe₂O₃ ve MgO içeriğinde bir yükselme ve yüksek amin tüketimi kaçınılmazdır.



Şekil 3. Na-feldispat cevheri genel flotasyon akımşeması

Şlam atıldıktan sonra pH 2.5-3.5'da (H₂SO₄) mika mineralleri (muskovit, biyotit) yüzdürülür (Eddy vd., 1972; Manser, 1975; Crozier, 1990; Akar, 1994; Abdel-Khalek, 1994; Bayraktar vd., 1997; 1999). Bu aşamada genellikle alkil zincirinde 12-18 karbon içeren alifatik aminler kullanılır (Baarson vd., 1962). Kullanılan aminin alkil zinciri uzadıkça toplayıcı özelliği de artar. Ancak buna bağlı olarak seçicilik azalır ve yüzen üründe feldispat kaçağı da artar. Amin dozajı, kullanılan aminin türüne, cevherin mineralojik bileşimine ve tane boyu dağılımına bağlı olarak ayarlanır ve genellikle 50-150 g/t arasında değişir.

Mika flotasyonunu takiben pH 5-5.5'da (H₂SO₄) oleat veya pH 3 civarında sulfonate ile metal (Fe-Ti) oksit flotasyonu gerçekleştirilir. Demir-titan oksit minerallerinin flotasyonunda toplayıcı olarak oleat veya sulfonatların yanısıra sukkinamatlar, farklı bitkisel yağların sabunları (Bayraktar vd.,

1997), sarkozin ve hidroksamat (Çelik vd., 1998; 2001) da kullanılabilir. Hangi toplayıcının kullanılacağına karar vermek için aşağıdaki teknik ve ekonomik değerlendirmeyi yapmak gerekir:

- Toplayıcının fiyatı, bulunabilirliği ve tüketim miktarı
- Feldispat konsantrisinin kimyasal bileşimi (Fe_2O_3 ve TiO_2 içeriği)
- Köpükteki feldispat kaçağı
- Toplayıcının sağlık ve güvenlik açısından kimyasal özellikleri
- Toplayıcı ile çalışma pH'sı
- Flotasyon kinetiği

Yukarıdaki ölçütler ışığında, oleata en ciddi alternatif, Çelik vd (1998, 2001) tarafından ortaya konan oleoil sarkozin adlı toplayıcıdır. Sulfonatlar, titanın muhtemelen sfene bağlı olması nedeniyle çok iyi sonuçlar vermemektedir. Ayrıca sulfonatların asidik pH ihtiyacı ciddi bir dezavantajdır. Günümüz koşullarında, yukarıdaki ölçütlere göre yapılan değerlendirme aşağıda özetlenmektedir.

Çizelge 6 Oleat ile oleoil sarkozinin karşılaştırılması

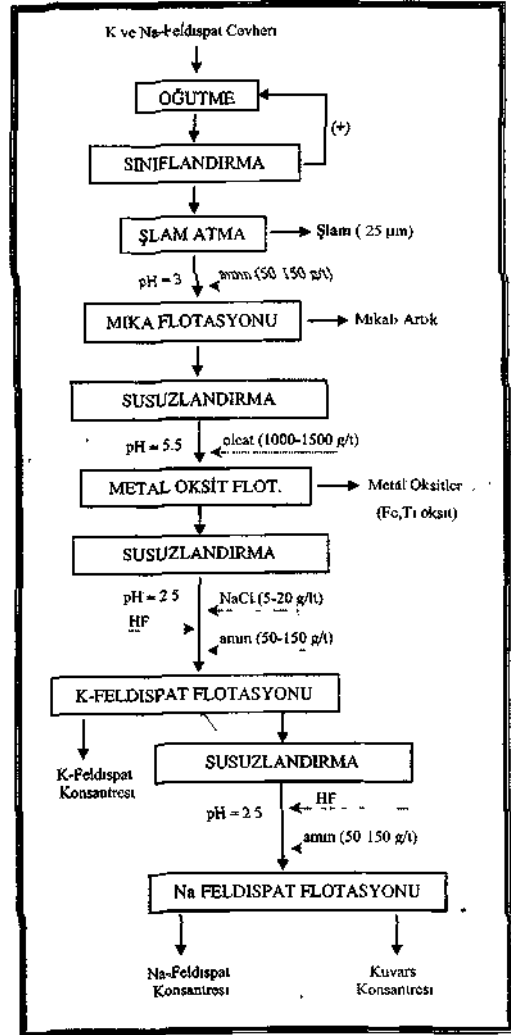
Ölçüt	Oleat *	Oleoil Sarkozin
a	Ucuz (020 /kg), yerel tedarik, yüksek	Pahalı (> \$4.5 /kg), ithal, ancak düşük
i	-, - Aym -> " * - - Aynı • - " •	
c	Az	% 1-2 fazla
,	Kullandığımız sabuna yakın	?
e	5.5	Notral
f	Yavaş >	Hızlı

* Oleat endüstriyel hıtknel yağ(la) dan (pırına pamuk, vb) flotasyon tesisinde üretilmektedir

Çizelge 6'dan görüleceği üzere, oleatın tüketimi yüksek olmasına karşın, yerel temini nedeniyle ucuz almasından, dolaylı olarak diğer şartlar aynı olduğunda yılda 100,000 ton Na-feldispat, flote eden bir tesiste yaklaşık, \$50,000 /yıl avantaja sahip olmaktadır. Ancak, tam bir karşılaştırma için oleoil sarkozin endüstriyel ölçekte denemesi gereklidir. Zira, oleoil sarkozinin flotasyon hızı endüstriyel ölçekte de doğrulanırsa aynı kapasite için daha az selül hacmi gerekeceğinden, yatırım tasarrufu nedeniyle oleoil sarkozin avantajlı duruma geçebilir. Diğer taraftan bir sinerji elde edebilmek amacıyla, oleat ve oleoil sarkozin birlikte denenerek ikisinin de avantajlarından faydalanılabilir.

3.2.2 Potasyum Feldispat

Potasyum feldispat cevherlerinin flotasyonu Na-feldispat cevherlerinininkine benzer aşamalar içermektedir. Ancak K_2O/Na_2O oranı 3'ten büyük, yüksek kaliteli K-feldispat konsantrisi elde edebilmek için birçok durumda mika ve metal oksit flotasyonu aşamalarından sonra Na-feldispat ve kuvars içeriğinin de düşürülmesi gerekmektedir. Bu aşamaları da içeren K-feldispat cevheri genel flotasyon akışması Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 4. K ve Na-feldispat cevheri genel flotasyon akışması

Şekil 4'teki akımşemasından görüleceği gibi ortoklazın, albitten seçimli olarak yüzdürülmesi için NaCl kullanılmaktadır. Ortamın tuz derişimi ayarlanıp, pH 2.5-2.8 arasında HF (hidroflorik asit) ile koşullandırma yapılarak önce ortoklaz, sonra yüzmesi engellenen albit yeniden HF ile koşullandırılarak amin ile yüzdürülmektedir. Bu uygulamanın olumsuz yönü HF'in korozifliği ve çevresel «ikileridir. Bu nedenle çeşitli kimyasallar denenmekte ve başarılı ayırımın elde edildiğine dair literatürde iddia ve sonuçlara rastlanmaktadır (Iverson, 1932, Arsent'ev, 1971; Malghan, 1981; El-Salmawy vd., 1993; Kılavuz, 2000). Ancak henüz HF'siz bir endüstriyel uygulama yoktur.

3.2.3 Flotasyondaki Son Gelişmeler

Feldispatların flotasyon ile zenginleştirilmesinde 1930'lu yıllarda başlayan çalışmalar, bazı gelişmelerle bugünkü durumuna gelmiştir. Günümüzde feldispatlardan mika ve renk verici metal oksit minerallerinin ayrılması konusunda seçicilik sorunları farklı toplayıcı türleri ve ortam koşulları ile önemli ölçüde çözülmüş, günümüze kadar yapılmış olan bir çok çalışmada da ayırım mekanizması, ayırım parametrelerinin verim ve tenor üzerindeki etkileri incelenmiş ve ayrıntılar ortaya konulmuştur (Baarson vd., 1962; Manser, 1975; Smith ve Akhtar, 1976; Fuerstenau ve Fuerstenau, 1982; Bayraktar vd., 1997; 1998; 1999; 2000; Çelik vd., 1998; 2001).

Feldispat minerallerinin flotasyonu konusunda günümüze kadar taşınan en belirgin sorun feldispat-kuars ve Na-feldispat / K-feldispat ayırımı olarak görülmektedir. İlk araştırmalarda HF yöntemine alternatif olarak kurşun iyonu ve oleat kombinasyonu feldispat kuvars ayırımı için denenmiş ve başarılı sonuçlar elde edildiği ileri sürülmüştür (Iverson, 1932). 1930'ların başlarında özellikle feldispat kuvars ayırımı için böyle bir alternatif yöntemin başarısının gösterilmesine karşın, HF'li ayırım yönteminin kolay ve etkin olması feldispat kuvars ayırımında 1940'lardan bu yana başka yöntemlerin uygulamaya aktarılmasını kısıtlamıştır (Utine, 1987). Günümüzde HF kullanımının F⁻ iyonunun zararları nedeniyle sınırlandırılması kuvars - feldispat ayırımında alternatif yöntem arayışını artırmıştır.

Redeker (1981) ve Malghan (1981) yapmış oldukları çalışmada feldispat kuvars ayırımı için Duomeen TDO ticari isimli (N-tallow 1,3-propilen diamin dioleat) toplayıcı ile titiz kontrol edilmesi gereken asidik pH'larda (2.0) HF ile elde edilen

ayırım verimlerine ulaşıldığını belirtmektedir. Bununla birlikte Malghan 600 um'dan iri taneler için bu yöntemin veriminde HF'li yöntemle oranla, azalma olduğunu belirtmiştir. Aynı çalışmada, koşullandırma pH'sı 2'nin üzerine çıktığında seçiciliğin önemli ölçüde azaldığı, uzun koşullandırma süresinin ise verimi düşürdüğü vurgulanmıştır. • ,.-••

Elsalmawy vd. (1995), Hallimond tüpü ile yapılan deneylerde, iyonik olmayan Brij 58 ticari isimli (poloksietilen 20 setil eter) yüzeyaktif kimyasal ile-8, ,9, -10 ve 12 karbonlu alkil-diaminlerin birlikte kullanılmasının feldispat kuvars ayırımındaki etkisini incelemiştir. Asidik ortamda (pH < 3) kuvarsın yüzerek kuvars / feldispat ayırımının mümkün olacağını belirtmektedir. Fakat, bu çalışmada kullanılan kimyasalların flotasyon kimyasalı olarak yüksek maliyetinin ve flotasyon pH'sının uygulama aşaması için göz önünde bulundurulması gerekmektedir. - ,

Iverson (1932)'un yapmış olduğu çalışma, günümüzde yapılan bir araştırma ile daha ayrıntılı duruma getirilmiştir (Kılavuz, 2000). Bu çalışmada kurşun nitrat (Pb(NO₃)₂) ile Na-oleat birlikte kullanılarak, flotasyon işlem parametrelerinin optimizasyonuna çalışılmıştır. Bu yöntemin feldispat-kuars ayırımında HF'li yöntemle elde edilen değerlere benzer sonuçlar sağladığı vurgulanmaktadır. Bu çalışmanın önemli noktalarından biri, yöntemde kullanılan kurşun iyonlarının yüksek oranda mineral yüzeylerine soğurulduğu, flotasyon atık suyunda ise çevresel , deşarj limitlerine uygun değerlerde kurşun iyonu kaldığının ileri sürülmesidir. Kullanılan kimyasalların düşük maliyeti ve nötr pH'ya yakın değerlerde (7.0-7.5) çalışılması, yöntemin uygulanmasını kolaylaştıran özellikler olarak görülmektedir.

5. ÜLKEMİZDEKİ FELDİSPAT ZENGİNLEŞTİRME TESİSLERİ

Son yıllarda başta sodyum feldispat olmak üzere ülkemizde giderek artan seramik hammaddeleri üretimi ve ihracaatı, bu konuda ülkemizi dünya ölçeğinde ön sıralara çıkararak önemli bir konuma getirmiştir (Houssa, 1999). Ancak, ihracattan daha yüksek gelir elde edebilmek ve hızla gelişerek dışa açılmış, dünya seramik üretiminde 5. sıradaki ülkemiz seramik sanayiinin yüksek kaliteli feldispat talebini ülkemiz doğal kaynaklarından karşılayabilmek için temel seramik

hammadelerinin zenginleştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu amaçla ülkemizdeki seramik hammadde üreticileri kaliteli feldispat üretimi için gerekli çalışmaları ve yatırımları özellikle 1995

yılından sonra hızlandırmıştır. Bu firmalar ve feldispat üretimleri ile ilgili bazı bilgiler Çizelge 7'de verilmektedir.

Çizelge 7. Ülkemiz feldispat zenginleştirme tesisleri

Şirket	Cevher	Bölge	Proses	Ürünler	Kapasite (ton/yıl)
Esan,	Na-Feld	Milas	Mika/Titan Flotasyonu + <u>Manyetik Ayırma</u>	Flote Albit (Seramik/Cam)	200,000
Çine Akmeden	Na-Feld	Çine	Titan Flotasyonu <u>Yaş/Kuru Sınıflandırma</u>	Flote Albit (Seramik) Albit (Cam) -	90,000 80,000
<u>Ka'lemaden</u>	<u>Na-Feld</u>	<u>Çine</u>	<u>Mika/Titan Flotasyonu</u>	<u>Flote Albit (Seramik)</u>	<u>50,000</u>
Gamma	K-Feld	Kırıkkale	Kuru Manyetik Ayırma	Sırhk K-Feld. (Seramik) <u>2. Kalite K-Feld (Seramik)</u>	12,000 <u>25,000</u>
Sabuncular	Na-Feld	Çine	Kuru Manyetik Ayırma	Premier Albit (Seramik, Cam)	60,000

6. SONUÇLAR

Manyetik ayırım teknolojisindeki gelişmeler, özellikle nadir toprak elementleri alaşımları (Nd-B-Fe), feldispatlardan manyetik safsızlıkların kolay ve ekonomik olarak ayrılmasına büyük katkı yapmıştır. "

HF yerine kullanılacak daha az zararlı veya zararsız bir kimyasalın bulunması veya HF gerektirmeyecek bir toplayıcının endüstriyel kullanıma sunulması ülkemiz açısından önemli kazançlara yol açacaktır.

Ülkemiz, Na-feldispat rezervlerinin kalitesi açısından dünyanın en şanslı ülkelerinden biridir. Bu potansiyel, katma değeri yükseltilerek, çoğu 1995 yılından itibaren kurulan tesisler ile daha iyi değerlendirilmeye "başlanmıştır. Bu sayede feldispat zenginleştirilmesi konusunda ülkemizde ciddi bir bilgi birikimi de oluşmaya başlamıştır.

K-feldispat rezervleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucu, ülkemiz kaynaklarından seramik, .porselen, izolator, vb. iş kollarının ihtiyacı olan kaliteli K-feldispat konsantrelerinin üretilmesine başlanmıştır. Çok yakın bir gelecekte ülkemiz K-feldispat ithalatçısı durumundan, ihracaatçısı durumuna da geçebilecektir.

KAYNAKLAR

Abdel-Khalek, N.A., Yehia, A., Ibrahim, S.S., 1994, Technical Note: Beneficiation of Egyptian feldspar for application in the glass

and ceramics industries, Minerals Engineering, 9, pp.1193-1201.

Akar, A., 1994, Evaluation of Gördes Köprübaşı District Feldspar Industrial Raw Material Deposits, Progress in Mineral Processing Technology, Ed. HJDemirel, S.Ersayın, Proceedings of 5* Int. Min. Process. Symp., Turkey, pp. 243-249.

Arsent'ev, V.A., 1971, Separation of Quartz and Feldspars by an Anionic Collector, Nov. Issled. Khim, Met. Obagashch, No.3, pp. 3-7. (CA. 80:110462m)

Baaron, R.E., Ray, C.L., Treweek, H.B., 1962, Plant Practice in Nonmetallic Flotation, Froth Flotation, 50th Anniversary Volume, Ed. D.W. Fuerstenau, SME, AIMME, New York.

Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., 1997, Upgrading Titanium Bearing Na-Feldspar by Flotation Using Sulphonates, Succinamates and Soaps of Vegetable-Oils, Minerals Engineering, Vol.1, No 12, pp. 1363-1374.

Bayraktar, L., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., 1998, Magnetic Separation and Flotation of Albite Ore, Innovations in Mineral and Coal Processing, pp. 315-318.

Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., Ekmekçi, Z., Can, M., 1999, Temel Seramik Hammaddelerimizdeki (Feldispat, Kuvars ve Kaolin) Kalite Sorunları ve Çözüm Önerileri, 3. End. Ham. Semp., TMMOB Maden Mühendisleri Odası, s.22-33, İzmir.

- Bayraktar, L., Gülsoy, Ö.Y., Ekmekçi, Z., Can, M., Orhan, E.C., 2000, Temel Seramik Hammaddelerinin (Feldispat, Kuvars ve Kaolin) Zenginleştirilmesi, Kalemaden, s. 8-12, Haziran-Temmuz.
- Bozdoğan, İ., Türkistanlı, A., Yapa, N., 1992, Milas – Çine Yöresi Albit Cevherlerinin Özellikleri ve Flotasyon Yöntemiyle Zenginleştirilmesi, Proceedings of the 4th International Mineral Processing Symposium, ed. G.Özbayoğlu, October, Antalya, Türkiye.
- Crozier, R.D., 1990, Non-metallic mineral flotation - Reagent technology, Industrial Minerals, pp.55-65, February.
- Çelik, M.S., Can, I., Ecen, R.H., 1998, Removal of Titanium Impurities from feldspar ores by new flotation collectors, Minerals Engineering, Vol. 11, No. 12, pp. 1203-3,208.
- Çelik, M.S., Pehlivanoğlu, B., Aslanbaş, A., Asmatülü, R., 2001, Flotation of colored impurities from feldspar ores, Minerals & Metallurgical Processing, Vol.18, No.2, pp. 101-105.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1974, An Introduction to the Rock Forming Minerals, Longman, p. 193-203, London.
- Eddy, W.H., Collins, E.W., Browning, J.S., Sullivan, G.V., 1972, Recovery of Feldspar and Glass Sand From South Carolina Waste Granite Fines, US Bureau of Mines, Report of Investigations 7651, Washington.
- El-Salmawy, M.S., Nakahiro, Y., Wakamatsu, T., 1993, The Role of Alkaline Earth Cations in Flotation Separation of Quartz From Feldspar, Minerals Engineering, Vol. 6, No 12, pp. 1231-1243.
- Fuersteriau, D.W., Fuerstenau, M.C., 1982, The Flotation of Oxide and Silicate Minerals, Principles of Flotation, ed. R.P. King, South African Institute of Mining and Metallurgy^ Johannesburg.
- Iverson, H.G., 1932, Separation of Feldspar from Quartz, Engineering and Mining Juomal, April, pp.227-229.
- KilavuzJF., Gülsoy, Ö.Y., 2000, The Effects of the Metal Ions on the Selectivity of Feldspar-Quartz Flotation, VIII. International Mineral Processing Symposium, Ekim, Antalya, Turkey.
- Malghan, S.G., 1981; Effect of process variables m feldspar flotation using non-hydrofluoric acid system, Mining .Engineering, November, pp. 1616-1622.
- Manser, R.M., 1975, Handbook of Silicate Flotation, Warren Spring Laboratory, Stevanage, England, p.206.
- Rao, H.K., Forssberg, K.S.E., 1995, Feldspar Flotation: Theory and Practice, Selected Topics in Mineral Processing, Ed.Pradip and Rakesh Kumar, India.
- Roger, A.K., Van Dyk D. 1994, Feldspars, Industrial Minerals and Rocks, 6th ed., Ed. Donald D. Carr, p.473-481.
- Sailer, M., 1999, In a state of flux - Feldspar and nepheline syenite reviewed, Industrial Minerals, pp.43-53, October.
- Smith, R.W., Akhtar, S., 1976, Cationic Flotation of Oxides and Silicates, Flotation, A.M. Gaudin Memorial Volume, ed. M.C. Fuerstenau, Vol.1, SME/AIME, USA.
- Sümer, G., Kaya, M., 1995, Aydın - Çine Feldispatlarının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, eds. Köse ve Kızıl, İzmir, Türkiye.
- Thorn, C., 1962, Standard Flotation Separations, Froth Flotation, 50th Anniversary Volume, Ed. D.W. Fuerstenau, SME, AIMME, New York. •
- Utine, T., 1987, Köpüklü Yüzdürme ile Feldispat/Kuvars AyırımındaYüzey Kimyası, Madencilik, Cilt. 26, Sayı 4, Aralık.