

Altere Granitlerinin Zenginleştirilmesi

Ç. Yılmaz & Y. Kar

TMMOB Maden Mühendisleri Odan, Trabzon il Temsilciliği, Trabzon

A. O. Yılmaz & C. Demir

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZET: Ülkemizde altere granit oluşumları önemli miktarda rezerv arz etmektedir. Granitik bünyede kuvars ve feldispat bulunması ve rezervin büyüklüğü dikkate alındığında, mevcut altere granitler değerlendirilerek cam ve seramik sanayinin ihtiyacı olan kuvars ve feldispatın ikincil bir kaynaktan sağlanması mümkün olacaktır. Ancak ne var ki granit içerisindeki feldispatın kimyasal bileşimi cam ve seramik sanayinin gerektirdiği hammadde spesifikasyonlarını tam olarak sağlamamaktadır. Bu nedenle granit bir takım cevher zenginleştirme işlemlerinden geçirilerek içerisindeki kuvars ve alkalilerin ayrı ürünler şeklinde alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, alterasyona uğramış granitlere uygulanabilecek cevher zenginleştirme yöntemleri literatür açısından irdelenerek mevcut bir granit cevherinin zenginleştirilmesi için öneriler getirilmiştir.

ABSTRACT: Granite deposits are widely scattered throughout Turkey and contain considerable amount of quartz and feldspar. Little attention has been given to the possibilities of obtaining quartz and feldspar from weathered granitic rocks. However, the chemical composition of granites cannot meet the specifications need for the glass and ceramic industry. Therefore, granite must be treated by some mineral processing methods in order to obtain quartz and feldspar as separate products. In this study, ore processing methods which can be used for dressing of weathered granitic rocks are reviewed according to the literature and some suggestions have been made in respect of mineral processing methods used in these weathered granitic rocks.

1. GİRİŞ

Doğu Karadeniz bölgesinde granit oluşumları önemli potansiyelde rezerv arz etmesine rağmen oldukça büyük bir kısmı alterasyona uğramıştır. Granit; mineralojik bileşiminde kuvars, feldispat, mika ve Fe-Ti gibi renk verici safsızlıklar içermektedir. Kuvars cam sanayinin, feldispat ise cam ve seramik sanayinin kilden sonra en önemli hammaddeleridir. Kuvars, ülkemizdeki mevcut kuvarsit yataklarından elde edilirken feldispat pegmatitlere bağlı cevherleşmelerin olduğu Aydın-Çine yöresinden temin edilmektedir. Ticari önemine göre feldispatları Na-feldspatı (Albit) ve K-feldspatı (Mikroklin veya Ortoz) şeklinde iki kısma ayırmak mümkündür. Ülkemizde ihtiyaca yetecek miktarda Na-feldispat rezervi mevcutken oldukça sınırlı miktarda K-feldispat rezervimiz vardır ve sanayinin ihtiyacı olan K-feldispat yurt dışından ithal edilerek önemli miktarda döviz ülke dışına çıkmaktadır.

Granitik bünyede kuvars ve feldispat bulunması ve mevcut rezervlerin değerlendirilmesi ile sanayinin ihtiyacı olan kuvars ve feldispat ikincil bir kaynaktan temin edilmiş olacaktır. Ancak ne var ki granit içerisindeki feldispatın kimyasal bileşimi cam ve seramik sanayinin gerektirdiği hammadde spesifikasyonlarını doğal olarak sağlamamaktadır. Bu nedenle altere granit bir takım cevher zenginleştirme işlemlerinden geçirilerek kuvars ve alkalilerin ayrı ürünler şeklinde alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, granit kayacına uygulanabilecek cevher zenginleştirme işlemleri literatür açısından irdelenerek mevcut bir granit cevherinin zenginleştirilmesi için hangi yöntemlerin kullanılması gerektiği konusunda öneriler yapılarak dünyadaki bazı uygulamalardan örnekler verilmiştir. Hill ve diğ. (1969), Missouri ve Minnesota granitleri üzerinde yapmış oldukları zenginleştirme çalışmalarında Missouri granitlerinden feldispat ve kuvarsın; mika, feldispat ve kuvarsın da Minnesota

granitlerinden 6 kademe içeren bir zenginleştirme işlemiyle kazanılabileceğini ve bu altı kademenin sırasıyla kırma-öğütme, yaş eleme, floiasyon, yaş manyetik ayırma, flotasyon ve asit liçi şeklinde uygulanabileceğini tespit etmişlerdir. Eddy ve diğ., (1972), South Caroline atıl granit incelemeleriyle yaptıkları çalışmada köpük flotasyonu ve manyetik ayırma ile yüksek tenörlü feldispat ve kuvars konsantreleri elde etmişlerdir. Çalışmanın ilk aşamasında feldispat-kuvars-biyotit toplu flotasyonu yaparak ikinci aşamada manyetik ayırma ile biyotit ortamdan uzaklaştırılmıştır, jinnai ve diğ., (1975), altere granitik kayalardan feldispat ve kuvars hammaddesi elde etmek için yaptıkları çalışmada granitlerin granodiyorit nazarında daha iyi sonuç almışlar ve ayrışma derecesi arttıkça kuvars veriminin arttığını buna karşın feldispat veriminin azaldığını tespit etmişlerdir Japonya'da saf feldispat kaynaklarının tükenmesinden dolayı ikincil kaynaklardan feldispat sağlanması amacıyla granitlerin seramik sanayinde değerlendirilmesi yönünde çalışmaları yapılmaktadır. Bu tür aşırı derecede altere olmuş ve granit halini almış granitik kütlelerden, belirli yıkama/süzme ve sınıflandırma metodlarıyla, kaolin, feldispat ve silis kumu ayrı mamuller olarak üretilmektedir. Türkiye'de Çanakkale Seramik Fabrikaları, Karabıçta civarında bu tür oluşumlardan, hammaddede kullanılan feldispat kaolin/kuvars karışımı bir malzeme üretmektedir. Öteyaka ve diğ., (2000) Sancakaya-Eskişehir yöresindeki altere granitlerden feldispatı kazanmak için yapmış oldukları çalışma sonucunda ikinci aşamada seramik sanayine uygun hammadde üretilabileceğini ve bu işlemin ilk aşamada manyetik ayırma ile Fe-minerallerinin uzaklaştırılmasından sonra ikinci aşamada modifiye flotasyonu kolonu kullanarak yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Çalışmaları sonucunda % 7.23 alkali içerikli altere granitten % 8.22 alkali içerikli konsantrite üretilmiştir.

2. ALTERE GRANİTLERİN ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

2.1. Ayrılma/ikama ile zenginleştirme

Bu yöntem mineraller arasındaki renk ve parlaklık farklarından yararlanmak suretiyle gerçekleştirilir. Maden ocağında, diğerlerine göre gözle görülebilen fiziksel farklılıklar gösteren cevher, bir ürün halinde toplanabileceği gibi istenmeyen safsızlıklar da aynı farklılıklara dayanılarak ayıklanmaktadır. Bu zenginleştirme yöntemi ucuz olması nedeniyle ülkemizde oldukça yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Ancak bu yöntemin ince boyutlarda ve

ince dağılım gösteren minerallere sahip cevherlere uygulanması söz konusu olmamaktadır.

2.2. Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme

Bu yöntemde cevheri oluşturan minerallerin dayanıklılık, kırılış şekli, dilinim ve ısı ile dağılım gibi yapısal özelliklerindeki farklılıklardan faydalanılarak zenginleştirme işlemi yapılmaktadır (Önal, 1985). Granitler içerisinde feldispatların birlikte bulunduğu levha veya iğne şeklinde kırılan mikalara göre daha ince boyutta kalması nedeniyle belirli boyut aralığında sınıflandırılmalarında bu yöntemden faydalanılabilir. Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirmede kademeler, kırma-eleme-öğütme ve klasifikasyonu içermektedir. Bu yöntemle zenginleştirme yapan en önemli tesis Consolidated Feldspar Corp. (ABD)'dir.

2.3. Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme

Elektrostatik ayırmanın endüstriyel düzeyde uygulanmasında, beslenecek cevherin kurutma, ısıtma, tozdan ayırma ve boyuta göre sınıflandırma gibi ön işlemlere tabi tutulması gerektiğinden bu yöntem ancak son yıllarda gelişme göstermiştir. Kayaçtaki çeşitli minerallerin iletkenlik özellikleri ve öltaj farklılıklarına göre elektrostatik ayırma ile ayrılabilir.

Elektrostatik ayırma tek başına uygulanabileceği gibi daha çok diğer yöntemler ve bilhassa flotasyonu yöntemi ile beraber tesis düzeyinde uygulanmaktadır. Loeson-United Feldspar and Mineral Corp. (Spurce Pine N.Y. ABD) tesislerinde flotasyon-elektrostatik ayırma yöntemleri uygulanmakta ve ayda 10.000 ton feldispat, 2.500 ton kuvars, 400 ton mika konsantresi elde edilmektedir. Elektrostatik ayırma 2. Kademe kuvars-feldispat ayırımında uygulanmaktadır. International Mineral and Chemical Corp. (Florida)'da manyetik-elektrostatik ayırma yöntemlerini içeren pilot çaptaki tesiste % 90 K₂O verimi ile % 10,4 K₂O içeren feldispat konsantresi elde edilmektedir (Okuy, 1984).

2.4. Manyetik ayırma ile zenginleştirme

Granitik kayalar, feldispat ve kuvarsın yanı sıra çeşitli demirli mineralleri içermektedir. Bu çeşitli minerallerin manyetik duyarlılıklarına göre ayrılmasında manyetik ayırıcılar, düşük ve yüksek alan şiddetli olarak kullanılabilir gibi kuru ve yaş olarak da kullanılabilir. Cam ve seramik

sanayinin talep ettikleri ürün spesifikasyonunda demir oranının en fazla % 0,5 olması gerektiğinden manyetik ayırma diğer yöntemler ile birlikte kullanılmaktadır. Tennessee Mineral Products Corp. (North Caroline), Consolidated Feldspar Corp. (Spurce Pine), American Nepheline Corp (Rochesler, NY, ABD) tesislerinde manyetik ayırma ile ürünlerdeki Fe_2O_3 oranı % 0,06-0,08'e indirilmektedir. Ayrıca granitlerdeki feidspat ve kuvarstan yararlanmak amacıyla yapılan çalışmalarda da manyetik ayırma yöntemi uygulanmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Kuru manyetik ayırmanın verimli olabilmesi için cevherin belirli boyut aralıklarında sınıflandırılmış olarak beslenmesi gerekmektedir.

2.5 Flotasyon yöntemi ile zenginleştirme

Feldispatların genel zenginleştirme akım şeması, kırma-kapalı devre öğürmeyi takiben renk verici safsızlıkların manyetik ayırma ile uzaklaştırılması ve manyetik olmayanların şlam atıldıktan sonra flotasyonu kademelerini kapsar. Uygulamada, Kuru Manyetik Ayırma + Flotasyon, Flotasyon + Kuru/Yaş Manyetik Ayırma, Kuru Manyetik Ayırma + Flotasyon + Yaş Manyetik Ayırma gibi bir çok farklı akım semasıyla karşılaşmak mümkündür (Sümer & Kaya, 1995). Flotasyon yönteminin feldispat/kuvars ayırımının yanı sıra mika minerallerinin ve demir, titan gibi renk verici safsızlıkların da ortamdaki uzaklaştırılmasında kullanıldığını görmekteyiz (Şekil 2.1).

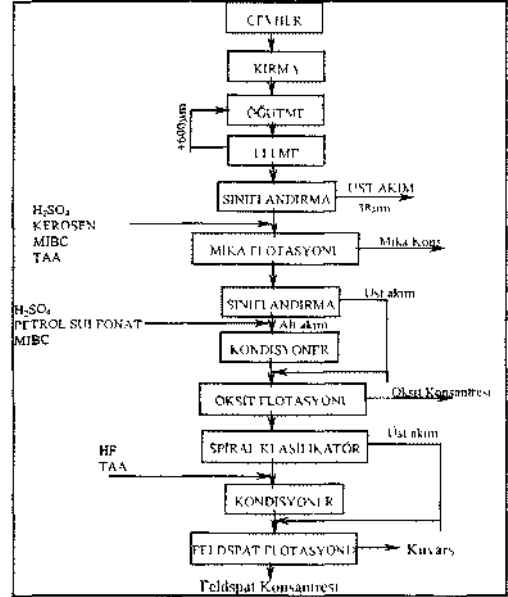
Prensip olarak ilk aşamada mika mineralleri ve Fe-Ti gibi renk verici safsızlıklar uzaklaştırıldıktan sonra ikinci aşamada feldispat/kuvars ayırımı yapılmaktadır.

3. TEORİK VE ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKTEKİ UYGULAMALAR

3.1. Mika ve Fe-Ti minerallerinin uzaklaştırılması

Spurce Pine, N. Caroline, ABD, alaskitten seramik ve cam kaliteli feidspat üretmektedir. İlk aşamada kırma, öğütme ve şlam atma işlemlerinden geçirilerek köpüklü yüzdürme devresine beslenen cevherde, mika ve Fe-Ti mineralleri % 55-60 pülpte katı oranında pH 2,5-2,7 arasında 750 g/t H_2SO_4 , 125 g/t Tallow amin asetat, 500 g/t Fuel oil ve 50 g/t köpürtücü kullanılarak 3-5 dakikalık bir kondisyonlama işlemine tabi tutulmaktadır. Sonra pülpte katı oranı % 20-30 düzeyine indirilmekte ve bu esnada pH'da 3,0-3,3 civarına ayarlanmaktadır.

2-3 dakikalık bir flotasyon işleminden sonra mika konsantresi ortamdaki uzaklaştırılır. İkinci aşamada ise, artıdaki Fe-Ti mineralleri ve artığa karışmış olan mika minerallerini ortamdaki uzaklaştırmak için anyonik flotasyon uygulanır. İlk flotasyon selülünden alınan artık % 65-75 pülpte katı oranında pH 2,2-2,5'de 200 g/t H_2SO_4 , 250 g/t Petrol sülfonatu ve 25 g/t köpürtücü ile 5 dakika şartlandırılır. Şartlandırma işleminden sonra pülpte katı oranı % 20-30 düzeyine indirilirken pH'da 2,8-3,2 aralığında tutularak 5 dakikalık bir yüzdürme işleminden sonra Fe-Ti mineralleri ortamdaki uzaklaştırılır (Crozier, 1992).



Şekil 2.1. Tipik bir feidspat flotasyon akım şeması (Demir, 2001)

3.2. Feldispat-kuvars ayırımı

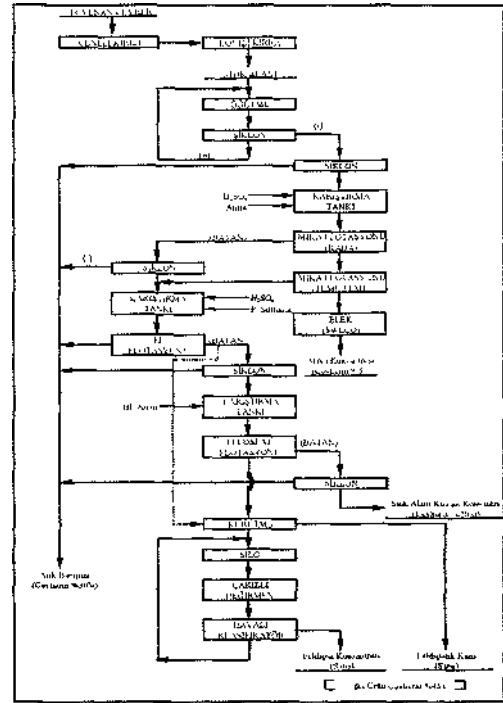
1936 ve daha önceki yıllarda öğütülmüş feidspat triyaj yöntemi kullanılarak yüksek kaliteli cevherlerden elde edilmekteydi. 1936 yılında Amerika Birleşik Devletten Maden Bürosunun Alabama Üniversitesi ve Golding Keene şirketi ile yapmış olduğu ortak bir çalışma sonucunda günümüzde halen kullanılmakta olan zenginleştirme işleminin temelini oluşturan yöntemi geliştirmişlerdir. Yöntem genel olarak düşük pH'larda feldispatın florür iyonu ile canlandırılması ve katyonik toplayıcılarla yüzdürülmesi esasına dayanmaktadır. Her ne kadar florür iyonunun zararlı etkilerini ortadan kaldırmak için bazı yazarlar

fluorür içermeyen ortamlarda anyonik, katyonik ve anyonik-katyonik toplayıcıların birlikte kullanılmasını önerdilerse de bunların çoğu laboratuvar ölçekte kalmıştır.

Genellikle feldispat/kuvars ayırımı asidik ortamlarda fluorür iyonu kullanılarak katyonik toplayıcılar (amin) ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle feldispat flotasyonu ile ilgili temel çalışmalarının çoğu düşük pH'larda fluorürün canlandırma mekanizması açıklamak amacıyla yapılmıştır. Bu konuda ilk açıklama O'Meara ve diğ., (1939) tarafından yapılmıştır. Yazarlar çalışmalarında HF içeren asidik ortamda toplayıcı olarak lauril amin kullanmışlar ve fluorür iyonunun feldispat yüzeylerine selektif olarak adsorplandığını rapor etmişlerdir. Doğal feldispat mineralleri kullanarak yaptıkları bu çalışmada 1,5 kg/t HF'in feldispat tenörü ve verimini yükselttiğini gözlemlemişler ve HF yerine HCl kullanılmasının verimi düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Dean ve Ambrose (1944), HCl veya HF ilavesinin pH 4'de kuvars verimini sıfıra yaklaştırdığını göstermiştir. Aynı zamanda bu iki asidin feldispatların flotasyonu farklı olarak etkilediğini bulmuşlardır. Dodesil amin ile feldispat verimi HCl ile % 10 civarında iken HF kullanıldığında % 97 olarak gerçekleşmiştir. Bu tarihte feldispatı kuvarstan ayırmak için katyonik kollektör sisteminde HF'in kullanılması en uygun yöntem olarak kabul edilmiş ve endüstriyel çapta kullanılmaya başlanmıştır.

Feldispat-kuvars ayırımına Spruce Pine alaskit işletmesi verilebilecek en iyi örnektir. Burada birincil kırıcı açık devre çeneli kırıcı, ikinci kademe kırıcı ise standart veya kısa tokmaklı, iki-üç aşamalı konik kırıcıdır. Bazen kapalı devre çalışır ve ürün -25 mm altına kırılır. Her ne kadar bilyalı değirmenin pek zararı görülmemiş ise de, şlamı azaltmak için çubuklu değirmen kullanılır. Öğütme klasifikatör ile kapalı devre çalışır ve böylece öğütme kapasitesi maksimize edilir. Müteakip flotasyon adımlarını optimize edebilmek için taneler 850 um serbestleşmesine karşın cevher -600 um'ye öğütülür. Reaktif kullanımını azaltmak ve cam üreticilerinin 75 pını üstü malzeme istemlerini karşılayabilmek için -38 jım malzeme veya şlam, hidrosiklonlarda ayrılır. Feldispat uygun boyut aralığına getirildikten sonra farklı flotasyon süreçleri başlar. İşlem 24 saat sürekli devrede olup haftada 5 gün çalışır. Flotasyon devresinde ilk adım mikanın ayrılmasıdır. Mika H_2SO_4 kullanarak pH 3'te katyonik bir toplayıcı olan aminle kıvamlandırılarak yüzdürülür, yıkanır, elenir ve yan ürün olarak satılır. Gröna, ilmenit gibi Fe'li mineraller, petrol sülfonatları ile pH 3'te ayrılan ikinci üründür. Fe içeren mineraller köpürtücü

reaktif ile toplanır ve atık barajına pompalanır. Bu işlemler sonucu feldispat ve kuvars karışımı ürün elde edilir. Bazı seramik tüketicileri böyle bir karışımı istememektedirler. Ürün filtre edilir, kurutulur ve yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıda arındırılır, kuru öğütülerek "Minsilpar", "Lithospar" ticari adlarla pazarlanır. Yüksek nitelikli feldispat üretimi için, pH 2,5-3 arasında üçüncü bir flotasyon aşaması gerekmektedir. Bu aşamada pFI'ı ayarlamak için HCl, toplayıcı reaktif olarak amin ve feldispatı canlandırmak için HF kullanılır. Böylece tek bir kaba flotasyon devresi ile yüksek verimle, yüksek kaliteli bir feldispat ürünü elde edilmektedir. Köpükteki feldispat filtrelenir, kurutulur ve gerekiyorsa, yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıda temizlendikten sonra pazarlanmak üzere stoklanır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Spruce Pine alaskitten feldispat-kuvars ayırımı akım şeması (Kaufmann, 1994).

3.3. Feldispat mineralleri arasında seçimli yüzdürme

Feldispat mineralleri arasında seçimli ayırım konusunda Manser (1975), şu görüşleri vurgulamıştır.

Şekil 4 l'deki gibi cevher, boyut küçültme işlemi takiben manyetik ayırma ile ortamdaki Fe Oksitler uzaklaştırıldıktan sonra mika ve oksit flotasyonuna tabi tutulmaktadır. Batan urun isteğe bağlı olarak 1 ve 2 no lu devyelerden biri tercih edilerek /engmleştinlebiht 1 no'lu kolda feldispat/kuvars ayırımı yapıldıktan sonra NaCl kullanılarak feldispat mınıe ailen arasında seçimli ayırım yapılabilir veya 2 koldaki gibi K feldispat flotasyonuna tabi tutularak K feldispat yumdurulur ve batan urun yıkama ve NaCl uzaklaştırmadan sonra HF Amin yöntemiyle Na feldispat ve kuvars birbirinden ayrılır

- » Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde mevcut granit ve nefelmlü siyenit yataklarının bulunduğu göz önüne alınırsa benzer zenginleştirme usulleri kullanılarak bölge ve ülke ekonomisine katkı sağlamak mümkün olabilir

KAYNAKLAR

- Ciozici RD 1992, *Flotation Iheory, Reagents and Ore Iesting*, Pergamon Press, Oxford, England
- Dean, RS, Ambrose, P M, 1944, Development and use of certain flotation agents, *USBM Bulletin*, 449
- Demiç (2001 Sodyum ve potasyum feldispatların flotasyonla ayırılmasında magmatik tuzlamı etki mekanizması *Doktora tezi*, HU Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul
- Demir C Abiamov A A C, elik, M S, 2001 flotation separation of Na-feldspar from K-feldspar by monovalent salts, *Minerals Engineering* 14 no 7
- Demir C, Lisoy B, Çelik M S, 2001, flotation of Na feldspar/K feldspar ayırımı, *4 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 18-19 Ekim 112-118, İzmir
- Demir, C, Oulgonul, I, Çelik, M S, 2002, Differential separation of albite from microcline by monovalent salts in HF medium, *2002 SML Annual Meeting*, Feb 25-27, Phoenix, Arizona, USA
- Eddowes 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 Mine, Report of Investigations* 7651, Washington
- Enon E 2000 Karadeniz Bölgesinde feldispat kaynağı olarak kullanılacak rezervlerin tespit edilmesi ve zenginleştirme olanaklarının araştırılması *Bitirme Tezi Karadeniz Teknik Üniversitesi Trabzon*
- Hill I E, Kenvorthy, J H, Ritchey, R A, Oelard, J A, 1969 Separation of feldspar, quartz and mica from granite, *US Bureau of Mines*, 7245, US

- Jinnai, K, Tarumi, K, Kimura, K, 1975, On flotation separation test of feldspar from weathered granitic rocks *Japanese*, 14, 758-764
- Kaufman, R A, Van Dijk, V, 1994, *Feldspars in industrial minerals and rocks*, 6th edition, Littleton pp 473-481, Ed Donald D Carr, SME
- Mansei RM 1975, *Handbook of silicate flotation* "Ailen Spinnig Lab, Stevanage, UK
- O'Meara RG, Notman IF, Hammond, WE, 1939 Flotation and agglomeration of feldspars (oil lust annual meeting, *American Ceramic Society* Chicago USA, 18, 8, 286-292
- Okui, L, 1984, Simav Dağları feldispatlarının zenginleştirme olanaklarının araştırılması, *Anadolu Üni Muh Mim lak Yayın No 13*, Lskışehir, İurkiye
- Onal, G, 1985, *Ca flu hazırlamada flotasyon dışındaki zenginleştirme yöntemleri*, İU Maden Fakültesi İstanbul
- Oteyaka B, Bılı K, Guisoy, H, Uçbaş, Y, Bozkul R, Çiltçi M, 2000 Recovery of feldspar from altered granites. Mineral Processing on the Veige of the 21st Century. Eds Ozbayoğlu et al, 323-326, Antalya, İurkiye
- Sumer, G, Kaya, M, 1995, Aydın Çme feldispatlarının flotasyon ile zenginleştirilmesi, *Endüstriyel hammaddeler sempozyumu*, 21-22 Nisan, İzmir, Türkiye