

Nd-Fe-B Alaşımlı Kalıcı Mıknatısların İnce Tane Boyunda Seramik Hammaddelerinin Yaş Manyetik Zenginleştirilmesinde Kullanılması

Ö.Y. Gülsoy, E.C. Orhan, S. Dikmen & A. Obut
Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Bu çalışma kapsamında, ince tane boylarında manyetik ayırma için kullanılan yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcılara, düşük yatırım ve işletme maliyeti sayesinde alternatif olabilecek neodmiyum-demir-bor (Nd-Fe-B) alaşımlı kalıcı mıknatısların kullanılabilirliği araştırılmış ve ekipmanın tesis ölçekli uygulamasına temel oluşturacak ön çalışmalar gerçekteşirilmifitir. Çalışma kapsamında, seramik sektöründeki ana hammaddelerden biri olan kaolinin Fe²⁺ içeriğinin kalıcı mıknatıslar kullanılarak düşürülmesine çalışılmıştır. Bu amaçla, tasarlanan ekipmandaki işlem değişkenleri göz önünde bulundurularak, değişkenlerin sulanabilmesi için lahora tu var ölçekli kesikti bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Bu düzende, kullanılan mıknatıs sayısı, palp yoğunluğu ve mıknatısların palp içinde durma süresinin ayırım üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Nd-Fe-B alaşımlı kalıcı mıknatısların kullanıldığı bir ekipmanın başarılı ayırımlar sağlayabileceği yönünde umut vermektedir. İnce tane boyunda düşük maliyetle etkin ayırım sağlayan bir manyetik ayırıcı seramik hammaddesi üreticilerinin ihtiyacı olan düşük Fe₂O₃ İçerikli hammadde üretiminde yararlar sağlayacaktır.

ABSTRACT: Within the scope of this study, as an alternative to high intensity wet magnetic separators for magnetic separation in fine sizes, the usage of neodymium-iron-boron (Nd-Fe-B) permanent magnets due to their low capital and operating costs is investigated and preliminary experiments forming the bases of a plant-scale equipment are conducted. During the study, the Fe²⁺ content of kaolin, which is one of the major raw materials of ceramics, is intended to be reduced by means of permanent magnets. For this purpose, a laboratory-scale batch setup is prepared in order to examine the operating variables of the designed equipment. In this setup, the effects of number of magnets, pulp density and the residence time of magnets in pulp on the separation efficiency is investigated. Obtained results are promising that an equipment comprised of Nd-Fe-B magnets can provide reasonable separation. A magnetic separator providing an efficient separation in fine sizes with low cost would be used in producing concentrates with low Fe₂O₃ content requested by ceramic raw material producers.

1 GİRİŐ

Seramik sektöründe kullanılan hammaddelerde en önemli sorunların başında bu hammaddelerin içermiş oldukları renk verici demirli bileşenler gelmektedir. Seramik ürünlerde demir kirlenmesi, doğal kaynaklı olarak hammaddeler içindeki hematit, ilmenit ve mika gibi demir içeren tali minerallerden kaynaklanabileceği gibi, hammaddenin işlenmesi sırasında metal yüzeylerin aşınması sonucunda hammadde içine karışım seklinde de olabilmektedir.

En önemli seramik hammaddelerinden kuvars ve feldispatın içerdeği renk verici minerallerin ayrılmasında günümüz endüstriyel hammadde

üretiminde flotasyon, kuru manyetik ayırma ve yaş manyetik ayırma yöntemleri (Gülsoy vd., 2004a), kaolinin zenginleştirilmesinde ise flotasyon teknik olarak mümkün ise de daha ziyade sınıflandırma ve yaş manyetik ayırma kullanılmaktadır.

Neodmiyum-demir-bor (Nd-Fe-B) seramik mıknatısların kullanıldığı yüksek alan şiddetli sabit mıknatıslı rulo tipi kuru manyetik ayırıcılar, dar tane boyu aralığında besleme yapılması koşuluyla, hem etkin bir ayırım yapması hem de görece düşük yatırım ve işletme maliyeti sağlaması nedeniyle endüstriyel hammaddelerin zenginleştirilmesinde öncelikli olarak tercih edilmektedir (Bayraktar, 2001). Ancak 53-74 (im'dan ince fraksiyonun tane-tane ve tane-bant etkileşimleri ile ayırım verimini

oldukça düşürmesi nedeniyle, bu fraksiyonun ekipmana beslenmeden şlam olarak ayrılması gerekmektedir ki bu da sabit mıknatıslı rulo tipi kuru manyetik ayırıcıların en önemli dezavantajını oluşturmaktadır. -200 fım gibi ince tane boylarında yapılan ayrımlarda şlam miktarı cevherin yapısına bağlı olarak % 10-15 düzeylerine çıkabilmekte, dolayısıyla daha ince tane boylarında yapılan ayrımlarda cevher kaybı genellikle kabul edilebilir sınırların üzerine çıkmaktadır.

Manyetik alınganlığı yüksek mineral içermesine rağmen ince tane boyunda serbestleşmesi dolayısıyla kuru manyetik ayırmanın ekonomik olmadığı cevherler ve oldukça düşük manyetik alınganlıktan nedeniyle kuru manyetik ayırma ile ayrılması mümkün olmayan minerallerin (örn. rutil ve sfen) zenginleştirilme işleminde ise flotasyon kullanılmaktadır (Bayraktar vd., 1997; Çelik vd., 2001). Bu yöntemde de yüksek toplayıcı tüketimine sebep olan ve işlem sırasında oldukça yoğun bir köpük oluşturarak işlemin olumsuz yönde etkileyen -25 um'luk fraksiyonun şlam olarak ayrılması gerekmektedir. Beslemenin tane boyu incelidikçe şlam miktarı artmakta ve yaklaşık 106 Jim'dan ince tane boylarında şlam olarak kaybedilen cevher miktarı % 20'nin üzerine çıkabilmektedir (Gülsoy vd., 2004b). İnce tane boyunda seramik hammaddelerinin kolon ve jet flotasyon yöntemleri ile zenginleştirilmesine yönelik çalışmalar bulunmaktaysa da (Abdel-Khalek, 1999; Kagal ve Güney, 2002), seramik hammaddelerinin zenginleştirilmesinde bu yöntemler henüz tercih edilmemektedir.

Kuru manyetik ayırmanın uygulanmadığı ve şlam olarak önemli oranda cevherin kaybedilmesi nedeniyle flotasyonun uygulanmadığı ince tane boylarında ise genellikle yüksek alan şiddetli (elektromıknatısı ı) matriks tipi yağ manyetik ayırıcılar kullanılmaktadır. Ancak yüksek yatırım ve işletme maliyetleri nedeniyle bu ekipmanlar son tercih olarak değerlendirilmekte, kimi durumlarda ise cevherin zenginleştirilmesinden vazgeçilmektedir (Gülsoy vd., 2004b). Ayrıca manyetik alanın elektromıknatıslarla oluşturulduğu bu manyetik ayırıcıların, manyetizma sağlayan elektrik bobinlerinin aşın ısınmasına bağlı özel gaz sistemli soğutma gerektirmesi ve yüksek enerji harcaması gibi sebepler de kullanımını oldukça sınırlamaktadır.

Bu nedenlerden dolayı ince tane boylarında, nisbeten düşük kapasitede çalışan manyetik filtrelere (Iannicelli, 1979) ya da elle seramik sır malzemesi içinde mıknatıs dolaştırma işlemlerinin de yerine, etkin ayırım sağlayan, görece düşük yatırım ve işletme maliyeti olan bir manyetik ayırıcı özellikle seramik endüstrisinin ihtiyacı olan hammaddelerin üretilmesinde kullanılabilecektir. En önemli seramik

hammadelerinden birinin kaolin olduğu düşünüldüğünde ince tane boyunda düşük maliyetle etkin ayırım sağlayan bir manyetik ayırıcı hem seramik hem de endüstriyel hammadde üreticilerinin ihtiyacı olan düşük Fe₂O₃ içerikli hammadde üretiminde yararlar sağlayacaktır.

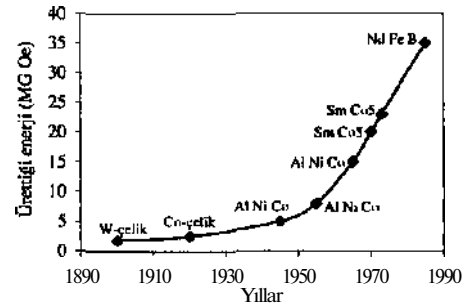
Araştırmalar, gerek seramik ve cam hammaddesi hazırlayan tesislerde gerekse seramik üretimi yapan fabrikalardaki hammadde birimlerinde ince boylarda sürekli çalışan bir ekipmana olan ihtiyacı oldukça yoğun bir şekilde işaret etmektedir. Bu açıdan, gerçekleştirilen çalışma sektöre gerekli önemli bir ekipmanın tasarım parametrelerini tanımlayabilecek bir alt yapı çalışması olarak planlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında kaolinden demir içeren renk verici minerallerin ayrılması amacıyla neodmiyum-demir-bor (Nd-Fe-B) bileşimli kalıcı mıknatısların kullanılabilirliği kesikli bir sistemde araştırılmakta ve sürekli çalışan bir manyetik ayırıcının tesis ölçeğinde kullanılması amacıyla yönelik geniş kapsamlı bir çalışmanın ön çalışmalarına ait sonuçlar verilmektedir.

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

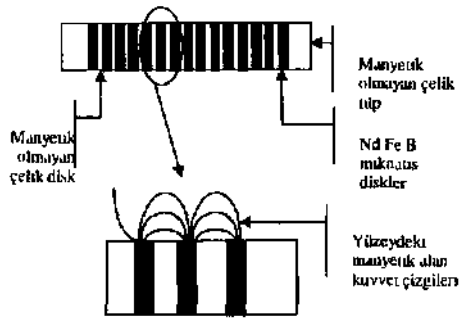
2.1 Çalışmada Kullanılan Mıknatıslar

Manyetik ayırma 19. yüzyılın sonlarından beri bilinmekle beraber kalıcı mıknatısların mineral ayrımlarında kullanılması, yüksek manyetik alan sağlayan mıknatısların geliştirilmesine paralel olarak 1970'lerde başlamıştır (Parker, 1977). Özellikle görece düşük maliyetle, yüksek manyetik alan sağlayan Nd-Fe-B alaşımli mıknatısların geliştirilmesiyle birlikte kalıcı mıknatıslar cevher zenginleştirme işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Şekil 1'de kalıcı mıknatısların tarihsel gelişimi verilmektedir.



Şekil 1. Sabit mıknatısların gelişimi (Arvidson, 1990; değiştirilerek alınmıştır.)

Bu çalışmada, boyu 21 cm, çapı 2.6 cm olan Nd-Fe-B alaşımli seramik tüp mıknatıslar kullanılmıştır. Bu mıknatıslar, manyetik olmayan yuvarlak kesitli bir çelik tüp içerisine ard arda yerleştirilmiş disk mıknatıslar ile manyetik olmayan çelik disk diziliminden oluşmaktadır. Her mıknatis ayrı bir manyetik alan yaratmakta ve bu manyetik çubukların yüzeyindeki manyetik alan, çubukların (tüpün) içine yerleştirilmiş olan mıknatis ve çelik disklerin boyutları ve dizilimi ile değişmektedir. Şekil 2'de mıknatis çubukların yüzeyinde oluşan manyetik alan kuvvet çizgilerinin şematik görünümü verilmektedir.

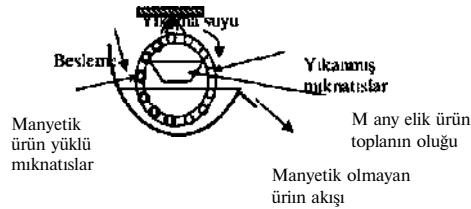


Şekil 2. Deneylerde kullanılan mıknatis çubukların şematik görünümü

Bu lür mıknatıslar endüstride hammadde veya sıralı palpa ile doğrudan temas ettirilerek ortamdaki manyetik minerallerin ayrılması amacıyla çok düşük kapasitelerde, kesikli olarak kullanılmaktadır. Nadir toprak elementi alaşımlarından yapılmış bu mıknatıslarla işlenen yüksek alan şiddetlerine ve mıknatis dizilimlerine bağlı olarak da yüksek manyetik alan gradyanlarına ulaşılabilirlerdir.

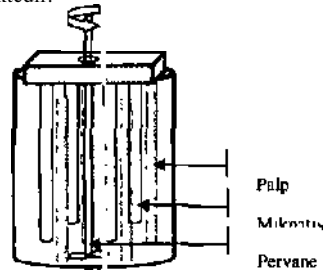
2.2 Deney Düzenegi

Bu çalışmada, Nd-Fe-B mıknatısların yaş manyetik ayırma amacıyla kullanılabilirliğini incelemek amacıyla yönelik, sürekli çalışacak bir sistem için işlem parametrelerinin belirlenmesi amacıyla laboratuvarında kesikli olarak çalışan bir deney düzenegi hazırlanmıştır. Sürekli çalışan sistemin tasarımlarında çalışmalar devam etmekle beraber, Öngörülen sistem seramik mıknatısların bir tank içerisine şuyayla girmesi ve palptan çıkan mıknatısların yıkama suyu ile temizlenmesinden oluşmaktadır. Şekil 3 ile sürekli çalışacak sistem için önerilen tasarım şematik olarak verilmektedir.



Şekil 3. Tasarımın parametreleri incelenen manyetik ayırma düzenegi

Bu çalışmada, Şekil 3 ile verilen tasarımda kullanılacak olan Nd-Fe-B mıknatısların çevrelerden manyetik minerallerin uzaklaştırılmasında etkinliği araştırılmış ve sürekli bir sistem için gerekli işlem parametrelerinin laboratuvarında tespit edilmesine yönelik kesikli çalışan bir düzenek hazırlanmıştır. Deney düzeneginin şematik görünümü Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 4. Deney düzeneginin şematik görünümü

Bu kesikli düzenekte, palp silindirik plastik bir kabın içine konulmakta ve hızı ayarlanabilen türbin tipi bir pervanesi olan karıştırıcı ile sürekli karıştırılmaktadır. Mıknatis çubuklar ise, silindirik kabın kenarlarına düşey olarak gelecek şekilde bir çerçeve üzerine yerleştirilmiştir. Mıknatısların yerleştirildiği çerçevenin ortasına bir delik açılarak karıştırıcı pervanesinin sisteme rahatlıkla girip çıkması sağlanmıştır. Ayırım sırasında plastik kap içindeki palp karıştırılırken mıknatıslar bağlı oldukları çerçeve yardımıyla kap içine daldırılmakta, istenilen süre beklendikten sonra palp içinden çıkartılarak üzerlerine yapışan manyetik mineraller yıkılarak ayrı bir kabın içinde toplanmaktadır.

Kullanılacak olan düzenek ince (-50µm) boydaki hammaddelerin manyetik içeriklerinden arındırılması için tasarlanmıştır. İnce boydaki manyetik taneler manyetik alınganlıkları yüksek dahi olsa boyutlarının çok ince olması nedeniyle mıknatıslar tarafından çekildikten sonra basınçlı su

ile yıkanarak mıkknatis yüzeyinden kolaylıkla temizlenebilmektedir. Ayrıca mıkknatis çubukların doğrudan palpm içine daldırılması manyetik tanelerin yakalanma verimini de önemli ölçüde artırmaktadır.

Deneyel çalışmalarda ; V

- Aynı anda işlemde olan mıkknatis sayısı (birim mıkknatis uzunluğu başına etki)
- Katı oranı
- Kinetik davranım amacıyla zamana bağlı davranım,
- Mıkknatislerin doygunluk sınırlarının incelenmesi amacıyla zamana bağlı davranım incelenmiştir.

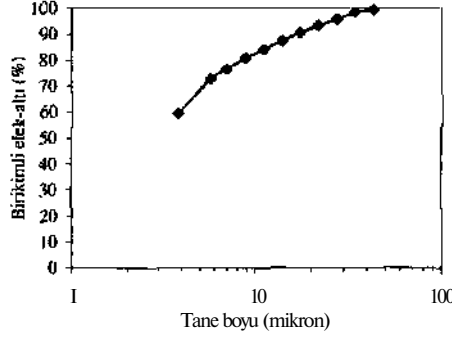
2.3 Deney Numunesi

Bu çalışmada Toprak A.Ş.'den temin edilmiş olan kil (yüksek demir içerikli kaolin) numunesi kullanılmıştır. Numunenin traksiyonel kimyasal analizleri Çizelge 1 'de verilmektedir.

Çizelge 1. Deney numunesi kimyasal analizi

| Tane boyu (M m) | Al ₂ O ₃ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | KK (%) |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| -500+250 | 2.14 | 2.04 | 1.96 |
| -250+180 | 4.70 | 3.21 | 2.92 |
| -180+90 | 7.83 | 2.68 | 3.54 |
| -90+63 | 12.02 | 2.76 | 4.65 |
| -63 | 27.79 | 1.89 | 9.57 |

Çalışma koşullarına uygun nitelikle ince malzeme hazırlamak amacıyla numune suda dağıtılıp ince boylar dekantasyonla ayrılmıştır. Bu ince kısmın kurutulması ile üst boyu 45 um olan deney numuneleri elde edilmiştir (Şekil 5). Yapılan kimyasal analiz sonunda deney numunesinin Fe₂O₃ içeriği % 1.72 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Deneylerde kullanılan kaolinin Coulter Counter ile elde edilen iane boyu dağılımı.

2.4 Yöntem

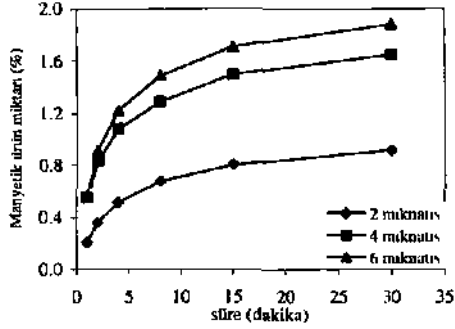
Ayırım işlemine tabi tutulacak olan malzeme bir silindirik kap içine konulmakla üzerine su ilave edilerek istenilen palp yoğunluğu ayarlanmaktadır. Daha sonra karıştırıcı ile malzeme iyice dağılına kadar karıştırılmaktadır. Çalışılan malzeme çok ince ve topaklanmaya müsait olduğundan iyi bir dağılıma sağlamak amacıyla karıştırma sırasında sisteme dağıtıcı olarak sodyum silikat eklemesi de yapılmaktadır. Cevherin su içinde dağıtılmasının ardından mıkknatisler kovanın içine daldırılmaktadır. Mıkknatisler daldırıldıktan sonra karıştırma tekrar başlatılmaktadır. Öngörülen süre sonunda sistem durdurulmakta ve mıkknatisler dışarı alınarak üzerlerindeki manyetik mineraller su ile yıkanarak bir tava içinde toplanmaktadır. Bu işleme çubukların yakaladığı manyetik malzeme miktarı gözle görünür derecede azalana kadar devam edilmiştir. Deneyler sırasında çubukların üzerine yapışan mineraller paramanyetik özelliğe sahip olduğundan pisetle yıkanarak ayrılabilir. Bu da endüstriyel uygulamalarda çubukların rahatlıkla temizlenebileceğini göstermektedir. Cevher içerisinde bulunabilecek ferromanyetik veya yüksek paramanyetik minerallerin sadece yıkama suyu ile uzaklaştırılmasının mümkün olmaması bir kısıt olarak ortaya çıkmaktadır.

Deneyler sırasında, her zaman aralığında alınan numune ve temizleme işlemi sonunda kovada kalan numune kurutulmuş tartılmakta ve her numunenin demir içerikleri analiz edilmektedir.

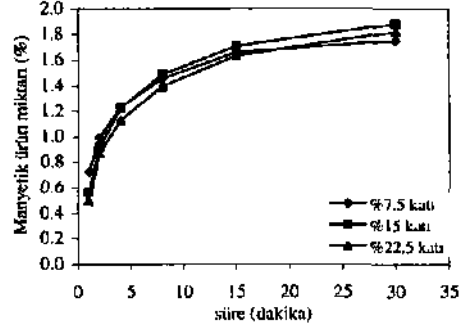
3 DENEY SONUÇLARI

3.1 Mıkknatis sayısının ayırım üzerindeki etkisi

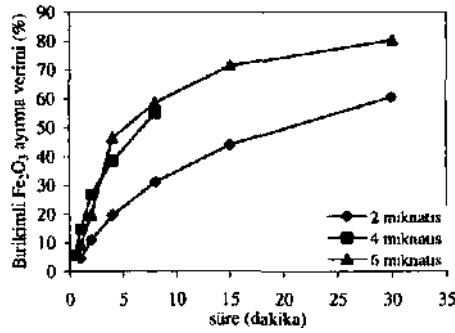
Palp içinde 2, 4 ve 6 adet mıkknatis bulunması durumunda, mıkknatislerin palp içinde kalma süresine bağlı olarak, mıkknatisler tarafından toplanan malzeme miktarı ile birikimli Fe₂O₃ verimi belirlenmiştir. % 15 katı içeriğinde elde edilen sonuçlar Şekil 6 ve 7'de verilmektedir.



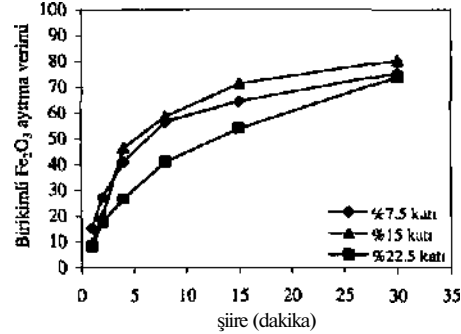
Şekil 6. Mıknatıs sayısı ve bekleme süresinin (birikimli) tutulan kati miktarı üzerine etkisi



Şekil 8. Kati oranının tutulan kati miktarı üzerine etkisi



Şekil 7. Mıknatıs sayısı ve bekleme süresinin Fe₂O₃ verimi üzerine etkisi



Şekil 9. Kati oranının Fe₁O₁ verimi üzerine etkisi

Şekil 6'dan görülebileceği gibi mıknatıs sayısının artması aynı süre sonunda tutulan malzeme miktarını arttırmaktadır. Bununla beraber, mıknatısların palp içinde kalma süresi uzadıkça mıknatıslar tarafından tutulan kati miktarında bir azalma görülmektedir. Bununla beraber Şekil 7, 2 mıknatıs kullanılması durumunda elde edilen F[^]O₃ veriminin, 4 ve 6 mıknatıs kullanımlarında oldukça yükseldiğini göstermektedir. Ayrıca, 6 mıknatıs kullanıldığında % 80.24 verim ile Fe₂O₃ ayrılmakta ve beslemede % 1.72 olan Fe[^]O_j verimi konsantrede % 0.35'e düşmektedir.

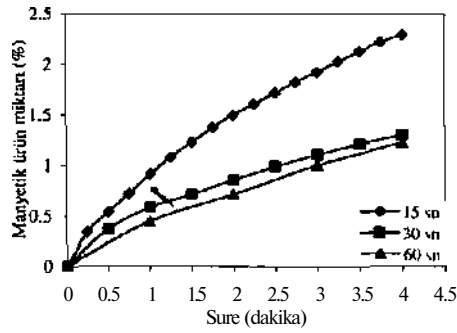
3.2 Kati oranının ayırım üzerindeki etkisi

Deneylerde ağırlıkça %7,5, %15 ve %22 kati içeren palpların ayırım üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu deneylerde mıknatıs sayısı 4 olarak sabit tutulmuştur. Deneylerde mıknatıslar tarafından belirli süreler sonunda yakalanan malzeme miktarı ile birikimli Fe₂O₃ verimleri belirlenmiştir. Sonuçlar Şekil 8 ve 9'da verilmektedir.

Şekil 8'de görüldüğü gibi palp in kati içeriğindeki değişimin aynı süre sonunda mıknatıslar üzerinde yakalanan kati miktarı Üzerinde çok büyük bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bununla beraber, Şekil 9'da görüldüğü gibi palpın kati içeriği ağırlıkça %22,5 yükseltildiğinde birikimli Fe₁O₃ kazanımında bir azalmanın olduğu dikkat çekmektedir.

3.3 Mıknatısları palp içinde kalma süresinin ayırım üzerindeki etkisi

Mıknatısların palp içinde kalma süresinin etkisini araştırmak amacıyla gerçekleştirilen deneyler 6 mıknatıs konfigürasyonunda toplam 4 dakika süre boyunca, birinci deneyde mıknatıslar palp içinde 15'er sn, İkinci deneyde 30*ar sn ve üçüncü deneyde ise 60*ar sn aralıklarla bekletilerek yapılmıştır. Mıknatısların belirtilen süreler sonunda topladıkları manyetik malzemeler ayrı kablann içine yığılarak kurutulmuştur. Buna göre mıknatıslar tarafından yakalanan kati miktarı birikimli olarak Şekil 10'da verilmektedir.



Şekil 10. Miknatisların palp içinde bekleme süresinin katı kazanımına etkisi

Şekil 10'da görüldüğü gibi, miknatisların palp içinde uzun süre bekletilmeleri miknatislar tarafından toplanan katı miktarının düşük değerlerde kalmasına neden olmaktadır. Miknatisların palpın içine kısa süreli daldırılıp çıkartıldıktan sonra temizlenip tekrar palpa daldırılması birikimli olarak yakalanan katı miktarını önemli ölçüde artırmaktadır. Buna göre, miknatisların palpın içinde uzun kalması değil, sık sık temizlenerek yeniden ayırma işlemine sokulması gerektiği açık olarak görülmektedir.

4 SONUÇLARIN DEĞERLENDİRMESİ

DeneySEL çalışmanın yürütüldüğü kesikli düzenek göz önüne alındığında, palp ile temasta bulunan miknatis sayısındaki artışa bağlı olarak birim zamanda sistemden uzaklaştırılan manyetik mineral miktarı artmaktadır. %15 katı içeren palp için, sistemde kullanılan miknatis sayısı 2 olduğunda birim miknatis uzunluğu başına tutulan katı miktarı 0.046 g/cm, 4 miknatis kullanıldığında 0.041 g/cm ve 6 miknatis kullanıldığında 0.031 g/cm olmaktadır. Bu durumda sistemde kullanılan miknatis sayısı arttığında birim miknatis uzunluğu başına yakalanan manyetik mineral miktarının azaldığını söylemek mümkündür. Fakat, toplamda daha fazla miknatis kullanıldığı için toplam yakalanan katı miktarı daha fazla olmakta, ayrıca birim uzunluk başına yakalanan katı miktarı da azaldığı için miknatislerin yakalama verimleri artmaktadır. Bu durumda, sistemde palpla birim zamanda temas halinde bulunan miknatis yüzeyinin mümkün olduğunca fazla tutulmasını sağlayacak bir tasarıma ihtiyaç vardır. Bu amaçla hem miknatis sayısı hem de miknatis boy ve çapları değiştirilebilir.

Miknatisların palp içinde uzun süre kaldıklarında düşük olan verim, miknatisların kısa periyotlarla palp içerisine girmeleri durumunda yükselmektedir. Ayrıca aynı süre sonunda birikimli olarak toplanan manyetik ürün miktarı da artmaktadır. Bu nedenle miknatisların palp ile mümkün olduğu kadar kısa süreli temas etmesi sağlanmalı ve manyetik minerallerle yüklenen miknatislar bir an önce palptan çıkartılarak topladıkları manyetik ürünler üzerlerinden yıkanarak uzaklaştırılmalıdır. Bu da, sürekli sistemde çalıştırılacak tamburda, dönüş hızının yüksek tutulmasını gerektirmektedir.

Besleme katı içeriği çok yüksek olduğunda miknatisların taşıma kapasitesi hızlı bir şekilde aşmakta ve sistemden manyetik ürün uzaklaştırma verimi düşmektedir. Bu çalışmada incelenen katı içeriği aralığında en yüksek verime ağırlıkça % 15 katı içeriğinde ulaşılmıştır. Katı içeriği yüksek olduğunda miknatislar tarafından tutulan paramanyetik taneler, karıştırmanın da etkisi ile yüzeyden koparılmakta, bu da verimin düşmesine yol açmaktadır.

Bununla beraber, ferromanyetik veya kuvvetli paramanyetik minerallerin miknatis yüzeyinden ayrılmasının, sadece yıkama suyu ile çok zor veya imkansız olması, bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, dış etkilerden korunmasını sağlamak amacıyla tüp miknatisların kaplandığı ince film tabakasının sürekli sistemde palp tarafından aşındırılarak miknatisların zarar görebileceği öngörülmektedir. İleriki çalışmalara bu sorunların aşılmasına yönelik bir tasarımın geliştirilmesi yönünde devam edilecektir.

5 KAYNAKLAR

- Abdel-Khalek, N.A., 1999; The Egyptian kaolin: an outlook in the view of the new climate of investment. *Applied Clay Science*, 15, 325-336.
- Arvidson, B. 1990; Recent developments in dry high intensity magnetic separation, *Australian IMM 1990 Annual Conference*, March.
- Bayraktar, I., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., 1997; Upgrading titanium bearing Na-teldspar by flotation using sulphonates, succinamates and soaps of vegetable oils. *Minerals Engineering*, 1, 12, 1363-1374.
- Bayraktar, I., Gülsoy, Ö.Y., Can, N.M., Orhan, B.C., 2001; Feldispatların Zenginleştirilmesi, *4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, H. Köse vd. (Ed). 97-105. izmir.
- Çelik, M.S., Pehlivanoglu, B., Aslanbaş, A., Asmatülü, R., 2001; Flotation of colored impurities from feldspar ores. *Minerals & Metallurgical Processing*, 18, 2, 101-105-
- Gülsoy, Ö.Y., Orhan, E.C., Can, N.M., Bayraktar, I., 2004a; Manyetik ayırma ve flotasyonla magmatik ve

- metamorfik kayalardan feldispat üretimi, *Yerlmleri*, 30. 49-bl.
- Gilsoy, Ö.Y., Orhan, E.C., Can, N.M., 2004b; Bursa-Orhaneli siyenillerinden feldispat üretimi. *Madencilik*, 43,4.17-28.
- Iannicelli, J., 1979; New developments in high extraction magnetic filtration of kaolin clay. *Proc. 13th Int. Min. Proc Congress, Benefitarion of Clay M i n e mix*, Warsaw, p105.
- Kangal, O., Güney, A., 2002; Beneficiation of low-grade feldspars using free jet flotation. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 23, 129-140.
- Parker, M.R., 1977; The physics, of magnetic separation, *Coniemprory Physics*, 18. 3, 279-306.

