

Yüksek Alan Şiddetli Sürekli Mıknatıslı Manyetik Ayırıcılar: Özellikleri ve Uygulamalar

High Intensity Permanent Magnetic Separators:
Their Features and Applications

Zafir EKMEKÇİ(*)

ÖZET

Bu yazıda, rulo tipi kuru yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcıların (RE manyetik ayırıcı) çalışma parametreleri, avantajları ve uygulama alanları hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiştir.

ABSTRACT

In this paper, an explanatory information about operating parameters, advantages and applications of roll type high- intensity permanent magnetic separators (RE magnetic separators) were given.

(*) Maden Yük. Müh., Arş. Gr., H.Ü. Maden Müh. Böl., ANKARA

1. GİRİŞ

Son 20 yılda, yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar, özellikle zayıf manyetik özelliğe sahip demir cevherlerinin zenginleştirilmesinde ve endüstriyel hammaddelerde bulunan manyetik safsızlıkların atılmasında yaygın olarak kullanılmıştır. Kullanımındaki bu artış daha ekonomik ve daha pratik manyetik ayırıcıların geliştirilmesine neden olmuştur, özellikle nadir toprak elementlerden yapılmış yüksek alan şiddetli sürekli mıknatısların yapımından sonra hızlı bir gelişme görülmüştür. Yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcılar elektromanyetik ayırıcılara göre, ekonomik ve teknik özelliklerinin daha üstün olmasından dolayı kullanım alanı hızla genişlemiş ve ilk olarak refrakter hammaddelerin demirli minerallerden arıtılmasında kullanılmıştır (Arvidson, 1985).

Bu yazıda, yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcıların teknik özellikleri, avantajları ve kullanım alanları özetlenmiştir.

2. SÜREKLİ MIKNATISLARIN TARİHSEL GELİŞİMİ

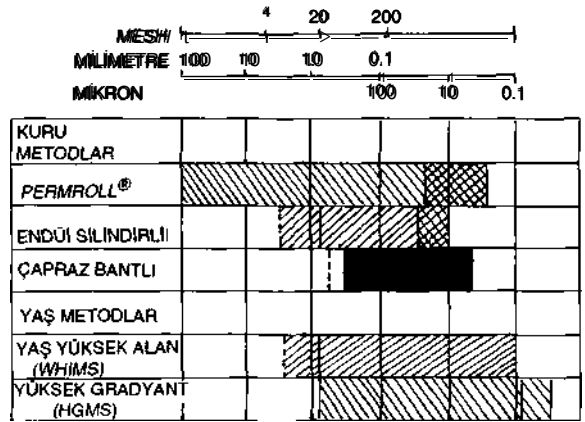
Sürekli mıknatıslar günlük yaşamda yaygın olarak kullanılan (bilgisayar, ev eşyaları, yazıcılar, otomobiller vs) eşyalarda, endüstride, askeri ve uzay teknolojisinde kullanılmaktadır.

İlk çağlarda, Fe_3O_4 içeren kayaçların sürekli mıknatıs niteliğine sahip oldukları hem batı hem de doğu uygarlıkları tarafından bilinmekteydi. Ancak, teknoloji 18. yüzyılda sürekli mıknatıs özelliğine sahip karbon-çelik alaşımlı malzeme üretebilecek düzeye gelebilmişti. Bu alaşımlar 19. yüzyıla kadar sürekli mıknatıs olarak kullanılmış yüksek enerjili alaşımlar üretilerek sürekli mıknatıs teknolojisi geliştirilmiştir (Livingston, 1990).

Yüksek enerjili sürekli mıknatıs alaşımları üretmeye yönelik kayda değer ilk önemli gelişmeler 1940'lı yılların başında Al, Ni, Co, Fe ve Cu alaşımlı ALNICOS sürekli mıknatıslarının üretimiyle gerçekleştirilmiştir. Ancak, yüksek üretim maliyetinden dolayı ALNICOS sürekli mıknatısların yerine, 1960'lı yıllarda üretilen düşük enerjili ve daha ucuz, ferrit alaşımlı

sürekli mıknatıslar endüstride tercih edilmekteydi (Israelson, 1978).

1950-60 yılları arasında üretim teknolojisi nadir-toprak metalleri üretebilecek düzeye gelmişti. Bu tarihten sonra nadir-toprak alaşımlı sürekli mıknatısların üretilmesine yönelik yoğun araştırmalar başlatılmış ve 1984 yılında Fe-Nd-B alaşımlı yüksek enerjili sürekli mıknatıslar üretilmişti (Arvidson, 1985; Marinescu ve arkadaşları, 1989; Davy, 1990). Yıllara göre sürekli mıknatıs teknolojisindeki gelişmeler Şekil 1'de gösterilmektedir (Arvidson, 1988).



^ ^ ^ H Temiz manyetik ürün almak için kullanılan ayırıcılar

y m j l Hem manyetik hem de manyetik olmayan ürün için r/\ almak için kullanılan ayırıcılar

1111111111 Elektrostatik girişim

Şekil 1. Sürekli mıknatıs teknolojisindeki gelişmeler (Arvidson; 1985)

3. SÜREKLİ MIKNATISLI MANYETİK AYIRICILAR

1792 yılında, İngiltere'de, William Fularton tarafından demir cevheri zenginleştirilmesi ile ilgili bir patentin alınmasıyla manyetik ayırmanın cevher hazırlamadaki öneminin farkına varılmıştır. Bu tarihten 57 yıl sonra, 1859 yılında, ABD'de ticari uygulama amsürekli yönelik olarak yapılmış bir manyetik ayırıcı için patent alınmıştır. Bu tarihten sonra, daha yüksek enerjili sürekli mıknatısların yapımı için yeni teknolojiler hızla geliştirilmiştir (Wells, 1985).

1940'lı yılların başında geliştirilen ALNICOS sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcılar, yüksek üretim maliyetlerinden dolayı yaş -tamburü elektromanyetik ayırıcıların yerini alamamıştır

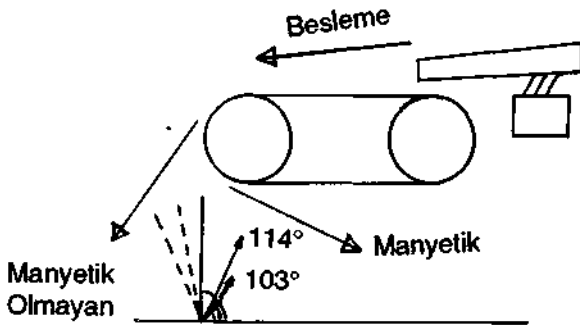
(Israelson, 1978). Ancak, nadir-toprak element (Nd -Fe -B) alaşımlı yüksek alan şiddetli sürekli mıknatısların üretilmesiyle birlikte, yüksek gradyantlı manyetik ayırıcılar geliştirilmiştir. Nadir-toprak element alaşımlı manyetik ayırıcılar (RE manyetik ayırıcılar), ilk sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcılara kıyasla 4-5 kat daha güçlüdürler (Arvidson, 1985). Bu güne kadar, "drum" ve "rulo" tipi olmak üzere kuru koşullarda çalışan iki tip RE manyetik ayırıcı farklı firmalar tarafından üretilmiştir (Arvidson, 1985; Israelson, 1978; Davy, 1990; Marinescu,1989).

Bu bölümde rulo tipi kuru RE manyetik ayırıcıların özellikleri, çalışma parametreleri ve avantajları üzerinde durulacaktır.

3.1. RE Manyetik Ayırıcıların Özellikleri, Çalışma Parametreleri ve Avantajları

3.1.1. Özellikleri

Rulo tipi kuru RE manyetik ayırıcıların tasarımı oldukça basittir, Şekil 2. Bu tür manyetik ayırıcılar, öndeki manyetik olmak üzere iki rulo, malzeme aktarımını sağlayan ince ve dayanıklı bir bant, manyetik ve manyetik olmayan malzemeleri birbirinden ayıran bir bölücü bıçaktan oluşmaktadır. Besleme, genellikle, ayarlanabilir bir titreşimli besleyici tarafından yapılmaktadır.



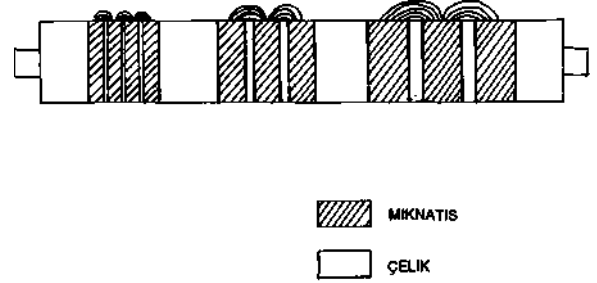
Şekil 2. Rulo tipi manyetik ayırıcının yandan şematik görünümü

Manyetik
Olmayan

Şekil 2. Rulo tipi manyetik ayırıcının yandan şematik görünümü

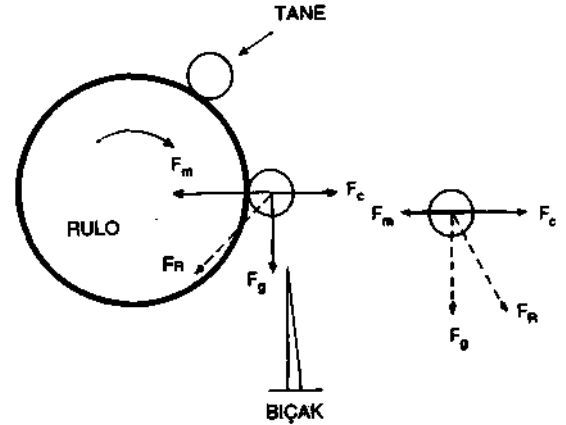
Rulo tipi yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcıların kalbi olan manyetik rulo ince (3-12 mm arasında değişen), Fe - Nd - B alaşımlı sürekli mıknatıs disklerinin yumuşak çelikten yapılmış diskler arasında dilimler halinde sıkıştırılmasıyla yapılmıştır (Şekil 3) ve

1,7 Tesla civarında bir manyetik alan şiddeti yarattığı belirlenmiştir (Arvidson, 1985).



Şekil 3. PERMOLL manyetik ayırıcının manyetik rulosu

Rulo tipi manyetik ayırıcılar, manyetik rulo üzerinden geçen manyetik ya da zayıf manyetik tanelerin yörüngelerini manyetik kuvvet ile sapıtılarak manyetik olmayan tanelerden ayırırlar. Bu işlem sırasında tane üzerine aynı anda manyetik kuvvet (F_m yerçekimi kuvveti (F_g) ve merkezkaç kuvvet etki ederken bileşke kuvvetin yönü ve büyüklüğüne bağlı olarak tanelerin yörüngeleri belirlenir (Şekil 4).



Şekil 4. Rulo tipi manyetik ayırıcıda tanelere etkiyen kuvvetler

3.1.2. Çalışma Parametreleri

Rulo tipi manyetik ayırıcılarda, manyetik ayırmaya etki eden çalışma parametreleri; rulo dönüş hızı, besleme tane boyu, bölücü bıçak ayarı, bant kalınlığı, manyetik rulo konfigürasyonu-

nu ve aşama sayısı olarak sıralanabilir. Bu tür manyetik ayırıcılar sürekli manyetik alan şiddetine sahip olduklarından, manyetik ayırma işlemi başta rulo hızı ve besleme tane boyu olmak üzere, bölücü bıçak ayarı, manyetik rulo konfigürasyonu, bant kalınlığı ve besleme hızı ile kontrol edilmektedir.

3.1.2.1. Rulo Dönüş Hızı

Rulo tipi yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcılar, genellikle, 40 dev/dak ile 500 dev/dak arasında değişen geniş bir rulo dönüş hızı aralığına sahiptir. Çok kuvvetli manyetik özelliğe sahip tanelerin ayırımı söz konusu olduğunda rulo dönüş hızı 700 dev/dak değerine kadar çıkabilmektedir.

Belli bir hızda dönen bant üzerine beslenen tanelerin çizgisel hızlarıyla bantın çizgisel hızının eşit olduğu kabul edilmektedir. Taneler manyetik rulo üzerindeyken merkezkaç, yerçekimi ve manyetik olmak üzere üç kuvvetin etkisi altında kalırlar (Şekil 4). Böylece, besleme malzemesi içinde bulunan farklı manyetik alınganlığa sahip mineraller, etkisi altında kaldıkları bileşke kuvvetin yönü ve büyüklüğüne bağlı olarak, manyetik ya da manyetik olmayan kısımlardan birine geçerler. Manyetik kısıma geçmesi istenen minerallerin manyetik alınganlıkları azaldıkça, üzerlerine etkiyen merkezkaç kuvveti azaltmak için rulo dönüş hızını azaltmak gerekir.

3.1.2.2. Besleme Tane Boyu

Daha önce de belirtildiği gibi, rulo tipi manyetik ayırıcılarda manyetik ayırma işlemi, belli bir manyetik alınganlığa sahip tanelerin manyetik rulo üzerinden geçerken, yörüngelerinin uygulanan manyetik kuvvet tarafından saptırılması ilkesine dayanmaktadır. Genel fizikyasalarına göre, iri tanelere etkiyen merkezkaç kuvvet ince tanelere etkiyenden daha büyüktür. Bu nedenle iri taneler ince tanelerden daha uzağa fırlatılırlar, Verimli bir ayırmanın gerçekleştirilebilmesi için, besleme tane boyu aralığı bu faktörler göz önüne alınarak belirlenmelidir.

İri tane boylarında (> 5 mm) beslemedeki en iri tane boyunun en ince tane boyuna oranının 2:1 ya da daha az olması istenir. Örneğin; 30-20

mm, 20-10 mm, 10-5 mm gibi. Daha ince tane boylarında (< 5 mm) ise, bu oran daha büyük tutulabilir. Örneğin; 7-3 mm, 3-0,8 mm ve 0,8-0,07 mm (.....1984).

Çok zayıf manyetik safsızlıkların atımı gibi bazı özel durumlarda, verimli bir ayırmanın yapılabilmesi için besleme tane boyu aralığının dar tutulması gerekir.

İri tane boyundaki (+10 mm) ayırmalarda besleme malzemesinde %5-7 arasında değişen oranlarda nem içeriğine izin verilebilmektedir. Daha ince taneli malzemelerin ise nem içeriğinin daha az olması gerekmektedir. Örneğin; -1 ile +0,074 mm tane boyu aralığındaki cam kumu için maksimum %1 nem içeriğine izin verilebilmektedir (.....1984). Eğer tesis koşullarında manyetik ayırıcıya beslenen malzeme sıcak ise (kalsine manyezitin zenginleştirilmesi, en azından son laboratuvar deneylerinin benzer koşullarda yapılması gerekir. Bazen, özellikle ince taneli malzemelerde, malzemenin akış özelliği değişebilir ve taneler arasındaki elektrostatik etkileşim ayırma verimini düşürebilir.

3.1.2.3. Bölücü Bıçak Ayarı

Manyetik ayırıcıya beslenen malzeme, yatayla 90° - 114° arasında değişen açılarda ayarlanabilen bir bölücü bıçak yardımıyla manyetik ve manyetik olmayan kısımlara ayrılabilir (Şekil 2). Uygulamaların %90'ından daha fazlasında manyetik ve manyetik olmayan kısımlara geçen malzemeler gözle ayırt edilebildiğinden, bölücü bıçak kolaylıkla ayarlanabilmektedir. Ürün veriminin yüksek olması istendiğinde, rulo dönüş hızı yükseltilir ve bölücü bıçak ayarı rulodan en uzak konuma getirilir. Rulo dönüş hızı değiştiğinde bölücü bıçak konumunun da değişmesi gerekir.

3.1.2.4. Manyetik Rulo Konfigürasyonu

Mıknatıs diskleri arasındaki uzaklık azaldıkça manyetik kuvvet çizgilerinin etki alanı daralır (Şekil 3). Bu nedenle, ortalama besleme tane boyuna göre kullanılacak manyetik rulo konfigürasyonu da değişir. Endüstride kullanılan manyetik ayırıcıların manyetik rulo konfigürasyonu rulo boyunca aynıdır ve daha önce opti-

mum konfigürasyonun deneyler ile belirlenmiş olması gerekir.

Manyetik rulo konfigürasyonunun manyetik ayırmaya etkisini incelemek amacıyla bazı laboratuvar ölçekli manyetik ayırıcıların ruloları birkaç konfigürasyon bir arada bulunacak şekilde üretilmiştir. Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde bulunan laboratuvar ölçekli rulo tipi PERMROLL yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcısının 70 cm uzunluğundaki manyetik rulusunda, her biri 10 cm genişliğinde olmak üzere, üç ayrı mıknatıs konfigürasyonu bulunmaktadır (Şekil 3). Bunlar sırasıyla;

- 12 mm mıknatıs: 3 mm çelik disk
- 8 mm mıknatıs: 2 mm çelik disk
- 4 mm mıknatıs: 1 mm çelik disk

Mıknatıs kalınlığı azaldıkça çelik disk kalınlığı da azalmakta ve böylece manyetik akım çizgilerinin etki alanı daralmaktadır. Bu nedenle iri tane ayırımında, genellikle; 12:3 konfigürasyonu kullanılırken, ince taneli malzemeler için diğer konfigürasyonlar kullanılmaktadır.

3.1.2.5. Besleme Hızı

Manyetik ayırmaya etki eden diğer bir parametre de besleme hızıdır. Verimli bir ayırma için bant üzerine beslenen malzemenin tek tabanlı (monolayer) olmasına dikkat edilmelidir. Böylece, kalın tabakalı beslemede karşılaşılan mekanik sıkışma (manyetik olmaya n tanelerin manyetik taneler altında sıkışıp yanlışlıkla manyetik kışma geçmesi) olayı önlenmiş olur. Bu durumda, genellikle, demir cevherleri, ilmenit, krom vb gibi manyetik mineral yüzdesi yüksek oluncu cevherlerin zenginleştirilmesinde karşılaşılmaktadır.

Besleme hızı, rulo dönüş hızına ve besleme malzemesinin ortalama tane boyuna bağlıdır. Yüksek manyetik özelliğindeki minerallerin zenginleştirilmesinde ya da ön zenginleştirme amacına yönelik kullanımlarda yüksek besleme hızlarında çalışabilmektedir. Besleme hızı literatürde, genellikle ton/saat/rulo uzunluğu (m) cinsinden ifade edilmekte ve standart rulo uzunluğu 1 m olarak kabul edilmektedir.

3.12.6. Aşama Sayısı

Ön zenginleştirme amacıyla yapılan manyetik ayırmalarda tek aşamalı ayırma yeterli olmaktadır. Ancak, sağlıklı bir ayırmanın yapılabilmesi için, beslemede bulunan manyetik malzeme ağırlıkça %40'dan daha fazla olmamalıdır (Davy, 1990). Bu nedenle, fazla miktarda manyetik mineral içeren malzemelerde optimum koşullarda ve bütün zenginleştirme gözönüne alındığında daha ekonomik bir ayırma için çok aşamalı manyetik ayırmanın gerekli olduğu görülebilir. Beslemenin manyetik mineral içeriği az olduğunda bile, iki ya da üç aşamalı manyetik ayırma uygulanmalıdır. Çok gerekli durumlarda altı aşamaya kadar çıkılabilir. Üretilen manyetik ayırıcıların ana iskeleti modüler olduğundan herhangi bir montaj problemiyle karşılaşmamaktadır.

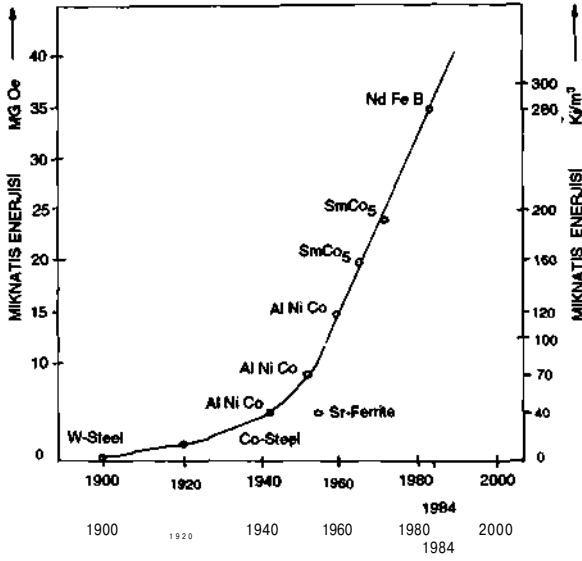
3.1.3. RE Manyetik Ayırıcıların Avantajları

RE manyetik ayırıcılar endüstride, genellikle, endüsilendirli (Induced electromagnetic roll separator, IMR) kuru manyetik ayırıcıların yerine kullanılmaktadır. RE manyetik ayırıcıların IMR manyetik ayırıcılara göre avantajları aşağıda sıralanmıştır (Arvidson, 1990; Davy, 1990).

- Yüksek kapasite,
- Manyetik alan oluşturmak için herhangi bir güç kaynağına gerek yoktur,
- Boyutları küçük ve hafiftir. Mevcut tesislerde bile önemli bir değişikliğe gerek kalmadan kolaylıkla yerleştirilebilir,
- Bakım masrafları çok azdır,
- Manyetik rulunun üstü açık olduğundan çok geniş besleme tane boyu aralığında çalışabilmektedir,
- Ton başına maliyet daha düşüktür.

4. UYGULAMALAR

Besleme malzemesi içinde bulunan maksimum tane boyu genellikle mineralojik serbestleşme derecesine göre belirlenir. RE manyetik ayırıcıları çok geniş tane boyu aralığında kullanılabilir (Şekil 5).



Şekil 5. Yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıların çalışma tane boyu aralıkları (Arvidson, 1989)

RE manyetik ayırıcıların endüstride uygulama alanlarına ilişkin özet bir bilgi aşağıda verilmektedir.

4.1. İri Tane Uygulamaları

Bu bölümde 0,8 mm (20 mesh) tane boyundan daha iri malzemeler ile yapılan uygulamalardan bazı örnekler verilmektedir.

4.1.1. Refrakter Hammaddeler

RE manyetik ayırıcılar ile test edilen ilk malzemelerden biri +4,5 mm tane boyunda andaluzit cevheridir. Önceleri, bu boydaki taneleri zenginleştirebilecek pratik bir yöntemin bulunmaması nedeniyle malzeme artık olarak atılıyordu. Ancak, RE manyetik ayırıcılar ile yapılan iki aşamalı manyetik ayırma deneyleri, bu cevher için çok iyi sonuçlar vermiştir (Arvidson, 1988).

RE manyetik ayırıcılar ile birçok boksit cevherinin zenginleştirme deneyleri yapılmış ve beslenen cevherin karakteristiğine bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilmiştir. ABD'de bulunan bir boksit cevheri, özellikle kavrulduktan sonra çok iyi sonuçlar vermiştir (Arvidson, 1985). Bu manyetik ayırma deneylerinde -6 mm tane boyundaki malzeme yaklaşık 13-15 ton/saat kapasiteyle işlenebilmektedir.

RE manyetik ayırıcılar, şamot ve şiferton gibi refrakter killerden demirli minerallerin uzaklaştırılması amacıyla da kullanılmış ve çok iyi so-

nuçlar elde edilmiştir. Benzer çalışmalar Türkiye'de İstanbul yöresindeki refrakter killere uygulanmış ve demir içeriği yaklaşık %9,5 değerinden %3,1 değerine %80 verimle indirilebilmiştir (.....1990a).

Yunanistan, Yugoslavya ve Türkiye'de bulunan manyezit cevherleri ile manyetik ayırma deneyleri yapılmış ve birçok cevher için mükemmel sonuçlar elde edilmiştir. Bazı durumlarda 125 mm tane boyundaki malzemeler bile zenginleştirilebilmiştir. Ancak, normal uygulamalarda maksimum besleme tane boyu 25 mm olarak kabul edilmektedir.

Türkiye'de bulunan bazı manyezit cevherleri ile atıklarının zenginleştirilmesinde RE manyetik ayırıcıları denenmiş ve genelde çok iyi sonuçlar elde edilmiştir (Ersayın ve arkadaşları, 1991; Ersayın ve arkadaşları, 1990; Bozkurtve arkadaşları, 1988; Arvidsonk, 1988). Bu sonuçlardan yola çıkarak Türkiye'de manyezit ocağı çalıştıran birçok firma RE manyetik ayırıcıları tesis bazında kullanmaya başlamıştır. Bu firmalara örnek olarak; KUMAŞ, M.A.Ş., COMAG ve Konya Krom ve Manyezit İşletmesi vs verilebilir.

4.1.2. Seramik Hammaddeler

Vollastonit numunesinin RE manyetik ayırıcılar ile zenginleşebilirliği araştırılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Uygulamalardan birinde -10 mm tane boyundaki tûvönan cevher RE manyetik ayırıcılara beslenmiş ve toplam malzemenin ağırlıkça %50'si temiz, manyetik olmayan ürün olarak alınmıştır. Bu ön zenginleştirme işlemi sonucunda, daha sonraki zenginleştirme işlemlerine girecek malzemenin tenöründe %50 artış sağlanmış ve tesisin toplam kapasitesi 2 katına çıkarılmıştır (Arvidson, 1985).

4.1.3. Demir Cevherleri

Birçok zayıf manyetik (hematit, limonit ve siderit) demir cevherinin RE manyetik ayırıcılar ile zenginleşebilirliği denenmiş ve mevcut zenginleştirme işlemleri ile beraber kullanıldığında önemli ekonomik kazançlar sağladığı görülmüştür. RE manyetik ayırıcılar demir cevherlerinde, genellikle, ön zenginleştirme ve/ya da ikincil kademe zenginleştirme amacına yöne-

lik olarak kullanılmış olup bazı durumlarda -10 mm tane boyunda %10-15 arasında bir tenor artışı tek aşamada elde edilebilmiştir (Arvidson ve Fritz, 1985).

Benzer çalışmalar, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde bulunan PERMROLL yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcı kullanılarak Türkiye'de bulunan bazı zayıf manyetik demir cevherleri ve artıkları üzerinde yapılmış ve bazı cevherlerde tek aşamada %10'a varan artışlar sağlanmıştır (.....1990b; Demirelve Ekmekçi, 1990; Ekmekçi, 1990, Demirelve Ekmekçi, 1991).

4.1.4. Kuvars

Kuvars, yaklaşık -6 mm tane boyunda, 10-12 ton/saat kapasiteyle ve çok yüksek verimle demir içerikli safsızlıklardan arıtılmaktadır.

4.1.5. Kimberlit

Çok sayıda RE manyetik ayırıcı halen kimberlit (elmas) zenginleştirmesinde kullanılmaktadır. Malzemenin doğasına bağlı olarak, beslenen malzemenin yaklaşık %70-90'ı elmas içermeyen, artık malzeme olarak atılabilmektedir. Bu işlem daha sonra gelen zenginleştirme işlemleri için büyük kapasite artışı sağlamaktadır. Kimbilir için iri tane boylarında (10-25 mm) zenginleştirmenin yapılabilmesi için araştırmalar devam etmektedir (Arvidson, 1985).

4.1.6. Diğer

Kromiy cevherleri için yaklaşık -6 mm tane boyunda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Diğer önemli uygulamalar nikel, mangenez ve ilmenit cevherlerinin zenginleştirilmesi çalışmalarında görülebilmektedir (Arvidson ve Fritz, 1985; Davy, 1990; Arvidson, 1985)..

4.2. İnce Tane Uygulamaları

4.2.1. Pudramsı Malzemeler

Bu alanda, genellikle, iki tür uygulama ile karşılaşılabilmektedir: besleme malzemesi içinde bulunan zayıf manyetik özelliğe sahip minerallerin atılması ve manyetik olmayan ya da zayıf

manyetik minerallerin daha kuvvetli manyetik minerallerden ayrılması.

Birincisi, endüstriyel hammaddelerin demir içeren safsızlıklardan arıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda manyetik safsızlık miktarı bazı durumlarda ppb düzeyine indirilebilmektedir.

Silis, monazit ve zirkonun kavrulmuş ilmenitten uzaklaştırılmasının örnek olarak verilebileceği ikinci tür ayırmalarda yüksek rulo dönüş hızı kullanıldığından, kapasite oldukça yüksektir. Her aşamada toplam manyetiklerin yaklaşık ağırlıkça %20-25'i ayrılabilirdiğinden, en yüksek verimli ayırmaya, genellikle, dört aşamada ulaşılabilmektedir.

4.2.2. Zayıf Akışkan Malzemeler

Diyatomit ya da asbest, bu sınıfa giren malzemelere örnek olarak verilebilirler. Numuneler RE manyetik ayırıcıya beslendiklerinde, tanelerin birbirlerine yapışmalarından dolayı topaklanma meydana gelmektedir. Bu nedenle, adigeçen mineraller, tıkanmalara neden olduklarından IMR manyetik ayırıcılar ile zenginleştirilememektedir. Ancak, rulo tipi manyetik ayırıcılarda böyle bir sorun olmadığından bu tür malzemeler işlenebilmekte ve olumlu sonuçlar elde edilmektedir (Arvidson, 1985).

4.2.3. Çok İnce Taneli Malzemeler

Bazı malzemeler, -75 mikron tane boyunda malzeme içermesine karşın, akış özelliklerinde herhangi bir değişim olmaz. Ancak, bu türden malzemelerin IMR ile zenginleştirilememesinin iki ana nedeni vardır:

- Seçimliliği azaltan elektrostatik kuvvetler,
- Düşük kapasite.

RE manyetik ayırıcılarda elektrostatik kuvvetlerin etkisi ihmal edilebilecek düzeye indirilebilmektedir. Ayrıca, yüksek rulo dönüş hızlarında ayırma yapıldığı için (minerallerin manyetik alınganlığına bağlı olarak), kapasite IMRye kıyasla çok yüksektir. Bu durum, yüksek verimle ayırmaların yapıldığı kireçtaşı, talk, vollastonit, bentonit vb minerallerin ayırımında görülebilir (Arvidson, 1988).

5. SONUÇ

Sürekli mıknatıs üretim teknolojisindeki hızlı ilerlemeler, yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcı üretimini doğrudan etkilemektedir. Cevher zenginleştirme amacına yönelik olarak yapılan sayısız araştırmalar sonucunda, RE manyetik ayırıcılar ile birçok mineralin ekonomik bir şekilde zenginleştirilebileceği anlaşılmıştır.

Ayırma verimliliğinin artırılması ve daha güçlü sürekli mıknatısların üretimine yönelik araştırmalar devam etmektedir. Son yıllarda manyetik alan şiddeti 3,0 Tesla değerine kadar çıkabilen süper iletken drum tipi manyetik ayırıcılar üretilmiş (Watson ve arkadaşları, 1985; Unkelbach ve Kellwessel, 1985) ve manyezit, boksit, hematit ve potasyumlu minerallerin zenginleştirme deneylerinde kullanılmıştır (Unkelbach ve Wasmuth, 1990).

Yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı ya da süper iletken manyetik ayırıcıların diğer elektromanyetik ayırıcılara göre avantajları her geçen gün daha iyi anlaşılmakta ve kullanım alanları genişlemektedir. Teknik özellikleri daha üstün ve üretim maliyeti daha düşük yüksek alan şiddetli sürekli mıknatıslı manyetik ayırıcıların kullanımını özellikle endüstriyel hammaddelerin zenginleştirilmesinde, ülkemizde ve dünyada, giderek yaygınlaşmaktadır.

KAYNAKLAR

- ARVIDSON, B.R. ve FRITZ, J., 1985; 'New Inexpensive High- Gradient Magnetic Separator', XVth International Mineral Processing Congress, Cannes, pp 317-329.
- ARVIDSON, B.R., 1985; 'New-High Intensity Roll Separator Using Permanent Magnets', The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin (Reprint).
- ARVIDSON, B.R., 1985; 'Two Magnetic Separators Improving Industrial Minerals Cleaning', SME-AIME Annual Meeting, (Preprint), New York, 13 p.
- ARVIDSON, B.R., 1988, 'Advances in Fine Particle Dry High- Intensity Magnetic Separation', 27th Annual Conference of Metallurgist of CIM, (Preprint), Montreal, 10 p.
- ARVIDSON, B.R. , 1990, "Recent Developments in Dry High-Intensity Magnetic Separation", Australian IMM 1990 Annual Conference (Preprint), 15 p.
- BOZKURT, R., ÖZDAĞ, H. ve GEZGIN, N., "Magnezit Zenginleştirme Atıklarının Değerlendirilmesi", II. Cevher Hazırlama Sempozyumu, İzmir, 210-218 s.
- DAWY, M., 1990; "Rare-Earth Magnets in Mineral Sands Processing", Industrial Minerals Processing Supplement, pp 9-11 p.
- DEMIREL, H. ve EKMEKÇİ, Z., 1990; "Concentration of Hematite Iron Ores With Dry High Intensity Magnetic Separator", III. International Mineral Processing Symposium, İstanbul, pp 154-163.
- DEMIREL, H. ve EKMEKÇİ, Z., 1991, 'Concentration of Hematitic-Limonitic Iron Ores by High Intensity Permanent Magnetic Separator*', SME-AIME Annual Meeting, Denver, USA.
- EKMEKÇİ, Z., 1990; 'Karakuz Demir Cevherinin Manyetik Ayırma ile Zenginleştirilmesini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi', Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara, 81 s.
- ERSAYIN, S., ERGÜN, Ş.L. ve GÜLSOY, Ö.Y., 1990; "Permroll Yüksek Alan Şiddetli Manyetik Ayırıcısı ile Manyezit Cevherinin Zenginleştirilmesi", 4. Uluslararası Seramik Teknik Kongre ve Sergisi, İstanbul, 371-381 s.
- ERSAYIN, S., ERGÜN, Ş.L. ve GÜLSOY, Ö.Y., 1991; 'Manyezit Artıklarının Manyetik Ayırıcılarla Zenginleştirilmesi', Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 12. Kongresi, Ankara , pp 253-264.
- ISRAELSON, A.F., 1978; "Magnetic Separation of Minerals", Mining Magazine, Sept., pp 212-219.
- LIVINGSTON, J.D., 1990; 'The History of Permanent-Magnet Materials', Journal of Metals, Feb., pp 30-34 .
- MARINESCU, M., MARINESCU, N., UNKELBACH, K.H., SCHANBEL, H.G., HOCK, S., KRAMMING, H. WAGNER, R. ve ZOLLER, R., 1989, 'New Permanent Magnetic Separator With Nd-Fe-B Meets Theoretical Predictions', IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 25, No.3, pp 2732-2738.
- UNKELBACH, K.H. ve WASMUTH, H.D., 1990; "DESCOSA High- Intensity Drum-Equipped Magnetic Separator With Superconducting Magnet", Ind. Min. Proc. Supp., pp 48-54.
- WATSON, J.H.P., BAHAJ, A.S. BOORMAN, C.H ve ROSSI, D., 1985, 'A Superconducting High Gradient Magnetic Separator With A Current Carrying Matrix', XVth Int. Min. Proc. Cong., Cannes, pp 330-342.
- WELLS, I.S., 1985; A Guide to the Use of Magnetism in the Minerals Industry', Technical Infirmatjon (Boxmag-Rapid Ltd.), Brmingham.
-1984; 'Laboratory Permoll Magnetic Separator', Ore Sorters (North America) Inc., Denver, 19 p.
-, 1990a; "Refrakter Kil ve Şiferton Zenginleştirme Etüdü", Hacettepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Proje Raporu (Yayınlanmamış).
-1990b; "Divriği B-Kafa Toz, C-Plaseri Toz, İnce ve Kalın Artıklar, Deveci Siderit ve Karakuz Demir Cevherlerinin Perm roll Yüksek Alan Şiddetli Sabit Mıknatıslı Manyetik Ayırıcı İle Zenginleştirilmesi", Hacettepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Proje Raporu (Yayınlanmamış).