

**TÜMÜYE MADENCİLİK BİLİMSEL
VE TEKNİK 5.KONGRESİ**
14-18/2/1977.dsi salonu/ankara

YÜKSEK ALAN ŞİDDETLİ
MANYETİK AYIRICILARIN
CEWHER HAZIRLAMA
ENDÜSTRİSİNDE KULLANILIŞI

TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

YÜKSEK ALAN ŞİDDETLİ MANYETİK
AYIRICILARIN CEVHER HAZIRLAMA
ENDÜSTRİSİNDE KULLANILIŞI

Güven ÖNAL *

Ö z e t :

Bu tebliğde yüksek alan şiddetli manyetik ayırma ve prensipleri kısaca incelenip, halen cevher hazırlama endüstrisinde kullanılmakta olan ayırıcılar genel olarak açıklanarak, yüksek alan şiddetli manyetik ayırmanın bugünkü ve gelecekteki uygulamasına değinilmektedir.

S u m m a r y :

This paper presents a survey of high - intensity magnetic separation. The principles involved are briefly discussed. Some currently available high-intensity separators and their characteristics are illustrated. Present and future applications of high-intensity magnetic separation in industrial mineral beneficiations are indicated.

(*) Doç. Dr. Maden Yük. Müh. I.T.Ü. Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Kürsüsü Öğretim Üyesi

I — Giriş :

Manyetik ayırma, demirin uzaklaştırılması ve demir cevherlerinin konsantrasyonu için 1850 lerden beri bilinen eski bir yöntemdir. Klasik manyetik ayırıcıların kullanılışı uzun süre kuvvetli manyetik malzemelerin ayrılması ile sınırlı kalmıştır. Cevher hazırlama endüstrisinde etkili olarak kullanılan ilk manyetik ayırıcı, 1908 yıllarında geliştirilen, yüksek alan şiddetli ve kuru olarak çalışan, endüstriyel ayırıcıdır. Bu ayırıcı, cam kumlarının temizlenmesinde, wölframit ve kalay zenginleştirmede kullanılmıştır. Yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcılar, uzun yıllar önce cevher hazırlama endüstrisine girmiş olmalarına rağmen, gerek çalışma koşullarının kurutma, boyuta göre sınıflandırma gibi ön işlemleri gerektirmesi, gerekse, 0.1 mm boyutu altında verimli olarak çalışmamaları nedeni ile geniş bir uygulama alanı bulamamışlardır.

1960 yılında Jones tarafından geliştirilen, 1970 den sonra da endüstriyel düzeyde imalatı büyük aşama gösteren, yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcılar, ön hazırlık işlemlerinin ortadan kalkmasını ve çok düşük manyetik duyarlılığı olan minerallerin bile; bir kaç mikron boyuta kadar verimli olarak ayrılabilmesini mümkün kılmışlardır. Belirtilen özellikleri nedeni ile cevher hazırlama endüstrisinde, şimdiden geniş bir uygulama alanı bulan yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıların, yakın bir gelecekte bazı klasik proseslerin yerini alması beklenmektedir.

Cevher hazırlama açısından, yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılarla ayrılacak elementler ve zenginleştirilebilecek cevherler Tablo : 1 de görülmektedir. Halen devam eden araştırmaların tablodaki sayıyı daha da arttırması beklenebilir.

Tablo 1 — Yüksek Alan Şiddetli Manyetik Ayırmanın Uygulama Alanı

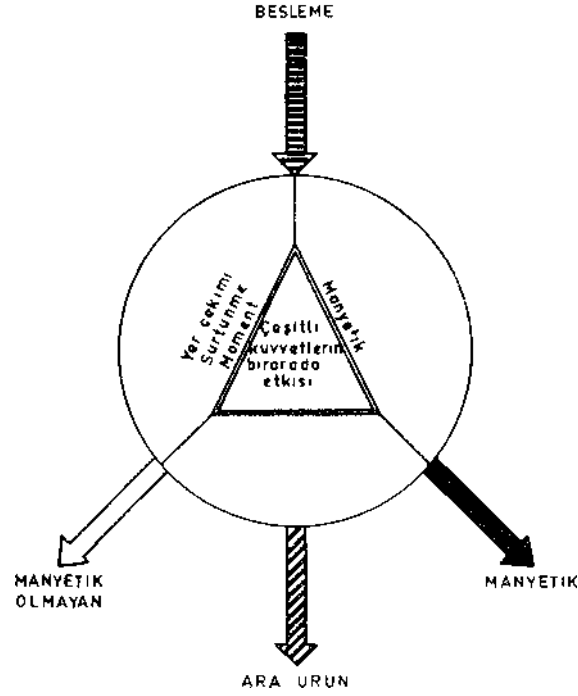
Krom	Çinko	Radyum
Kolombiyum	Lityum	Skandiyum
Demir	Civa	Gümüş
Mangan	Toryum	Tellür
Molibden	Uranyum	Talyum
Nikel	Kobalt	Zirkon
Renyum	Vanadyum	Kyanit
Tantal	Antimuan	Asbest
Alüminyum	Berilyum	Grafit
Tungsten	Arsenik	Feldspat
Germanyum	Bizmut	Talk
Hafniyum	Kadmiyum	Mika
Nadir topraklar	Bakır	Kükürt
Kalay	Galyum	Elmas
Titanyum	Altın	Garnet
İtriyum	İndiyum	Kil
Baryum	Kurşun	Kömür
Platin	Magnezyum	

II — Yüksek Alan Şiddetli Manyetik Ayırmanın Genel Prensipleri

Yüksek alan şiddetli manyetik ayırma, çeşitli kuvvetlerin bileşke etkilerine dayanan ve bireysel parçalara uygulanan, fiziksel bir ayırma yöntemidir. Etkili kuvvetler :

- Manyetik kuvvetler
- Yerçekimi kuvveti
- Sürtünme kuvveti
- Moment kuvveti
- Hidrodinamik kuvvetler
- Çekici veya itici, parçalar arası kuvvetler

olarak sıralanabilir. Manyetik, yerçekimi, sürtünme, moment ve hidrodinamik kuvvetler, parçaların ayrılmasını arttırıcı, parçalar arası kuvvetler ise azaltıcı etki gösterirler. Çeşitli manyetik ayırıcılarda, bu kuvvetlerin etkileri farklı olmaktadır. Örneğin, hidrodinamik kuvvetler, sadece, yaş manyetik ayırıcılarda söz konusudur. Çeşitli kuvvetlerin etkilerini gösteren genel bir şem'a Şekil : 1 de verilmektedir.



Şeidl : 1 Bir Manyetik Aymanın, Genel Prensip Açısından Şematik Gösterilişi

Manyetik ayırmada, en büyük ayırma etkisi, manyetik alan şiddeti ile orantılı olan, manyetik kuvvetlerden ileri gelmektedir. Manyetik alan şiddeti 10.000 gaus'a kadar, düşük alan şiddeti, 10.000 gaus üstünde ise, yüksek alan şiddetli manyetik ayırma koşulları ortaya çıkmaktadır. Pilot düzeyde 60.000 gaus alan şiddetli manyetik ayırıcıların geliştirilmesine rağmen, günümüzdeki endüstriyel uygulama 30.000 gaus civarında olmaktadır.

Çeşitli minerallerin demire göre manyetik duyarlılıkları ve ayrılmaları için gerekli manyetik alan şiddetleri Tablo : 2 de görülmektedir.

Tablo 2 — Minerallerin Manyetik Duyarlık ve Ayrılma Alan Şiddetleri

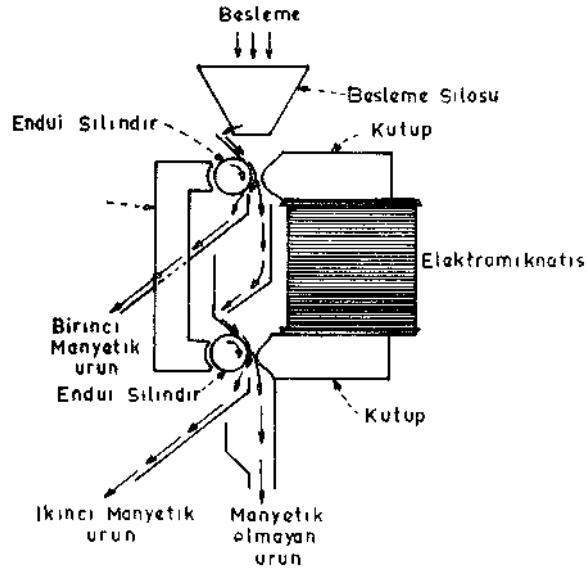
Alan şiddeti Gaus	Duyarlılık	Manyetik Mineraller
	KUVVETLİ MANYETİK	
500	Demir	100
	Manyetit	40.19
	Franklinit	33.49
	Lösit	17.50
	Silikon	17.42
5000	Pirotit	15.43
	ORTA DERECEDE MAN.	
5000	Ilmenit	11.67
	Biotit	8.90
	Garnet	6.68
10000	Wolfromit	5.68
	ZAYIF MANYETİK	
10000	Hematit	4.64
	Kolombit	4.08
	Limonit	3.21
	Krom	3.12
	Pirülüzit	2.61
	Rodokrozit	1.93
	Siderit	1.82
18000	Manganit	1.36
	ÇOK ZAYIF MANYETİK	
18000	Rutil	0.93
	Rodonit	0.76
	Dolomit	0.57
	Kalamin	0.51
	Tantalit	0.40
	Serüzit	0.30
	Epidot	0.30
	Monozit	0.30
	Fergusömt	0.29
	Zirkon	0.28
	Serai jirit	0.28
	Arjantit	0.27
	Orpiment	0.24
	Pirit	0.23
	Sfalerit	0.23
	Molipdenit	0.23
	Bornit	0.22
	Tetrahedrit	0.21
23000	Selit	0.15

III — Cevher Hazırlama Endüstrisinde Kullanılan Yüksek Alan Şiddetli Manyetik Ayırıcılar

Günümüz uygulamasında, başlıca 10 firma tarafından imal edilen ve prensip yönünden birbirinden farklı olmayan yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar kullanılmaktadır. Bunlardan en çok rastlanan kuru ve yaş iki ayırıcı aşağıda incelenmektedir.

Enjiui Silindirli Manyetik Ayırıcı

Şem'ası Şekil : 2 de görülen endui silindirli manyetik ayırıcı, kuru olarak çalışır ve yüksek alan şiddetlidir.



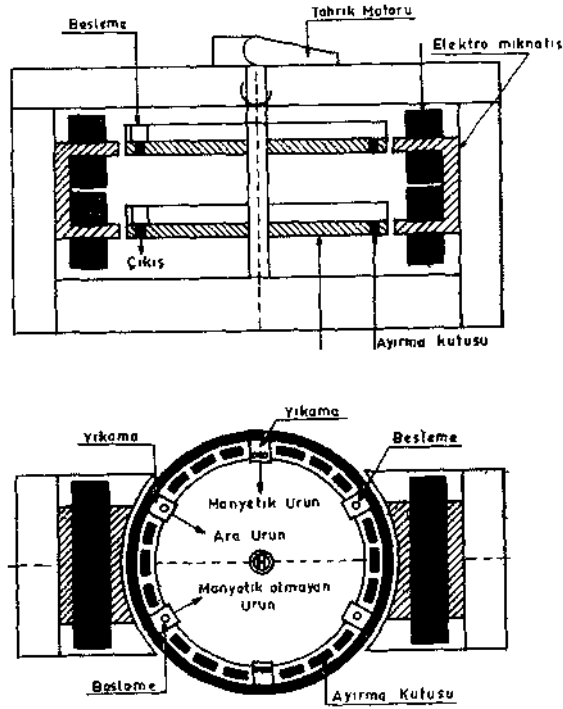
Şekil : 2 Endui Silindirli Manyetik Ayırıcının Şem'ası

Özellikleri

Alan şiddeti	: Max 18.000 gaus
Beslenen Tane Boyutu	: 3 mm ile 0.1 mm arası
Kapasite	: Malzeme cinsi, boyutu ve ayırıcı büyüklüğüne bağlı olarak; 1-6 ton/saat
Enerji Sarfı	: Ayırıcı büyüklüğüne bağlı olarak 1.4-2.4 kW. Saat

Jones Manyetik Ayırıcısı

Şem'ası Şekil : 3 de görülen Jones ayırıcısı, yağ olarak çalışır ve yüksek alan şiddetlidir.



Şekil : 3 Jones Manyetik Ayırıcısının yan, ve üst kesit şem'aları

Özellikleri

Alan Şiddeti _ : Max 30.000 gauss

Beslenen Tane Boyutu : 3 mm ile bir kaç mikron arası

Beslenen Pülp Yoğunluğu : % 2 ile % 40 katı arasında malzeme cinsi, boyutu, pülp yoğunluğu ve ayırıcı büyüklüğüne bağlı olarak, 4 -120 ton/Saat

Enerji Sarfı : Ayırıcı büyüklüğüne bağlı olarak 8 - 23 kW saat

IV — Yüksek Alan Şiddetli Manyetik" Ayırmanın Bugünkü Gelecekteki Uygulaması

Günümüzdeki en büyük uygulama, Jones yaş manyetik ayırıcıları kullanılarak, yılda 30 milyon ton hematit zenginleştirme ile Brezilya'da yapılmaktadır. İkinci büyük uygulama ise yılda 2 milyon ton Kaolin zenginleştirmeyle A.B.D. dedir. Ülkemizde de krom konsantrasyonu (Kefdağı) ve cam kumu hazırlamada (Şişe cam fabrikaları) yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırma uygulanmaktadır. Diğer uygulama alanları aşağıda incelenmektedir.

- Ferrit veya demir tozu üretmek üzere, çok yüksek tenörlü hematit konsantreleri elde edilmesinde,
- Manyetik **empüritelerin** kasiterit konsantrelerinden uzaklaştırılmasında,
- Asbest içkideki ince boyutlu manyetik empüritelerin uzaklaştırılmasında,
- Fosfat cevherlerindeki hematit'in uzaklaştırılmasında,
- Şelit konsantrelerindeki manyetik empüritelerin uzaklaştırılmasında,
- Talk içindeki empüritelerin uzaklaştırılmasında
- Faldspat veya silis kumu içindeki manyetik empüritelerin uzaklaştırılmasında,
- Kyanit zenginleştirmede,
- Uranyum cevherlerinin zenginleştirilmesinde,
- Kolombit zenginleştirmede,
- Sahil kumlarındaki ağır minerallerin kazanılmasında,
- Wolframit zenginleştirmede,
- Mika zenginleştirmede.

Günümüzde süregelen araştırma ve pilot çalışmalar, yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıların, önümüzdeki yıl-

larda, Takonitik demir cevherlerinin zenginleştirilmesi, mangan cevherlerinin zenginleştirilmesi klasik krom konsantrasyonu tesislerinin 0.1 mm altındaki artıklarından kromitin kazanılması, kömür içindeki pirit, markasit gibi empuritelerin uzaklaştırılması ve pirit zenginleştirilmesi işlemlerinde de kullanılacağını göstermektedir.

1972 yılı rakamları gözönüne alındığında, 120 ton/saat kapasiteli bir Jones manyetik ayırıcısı kullanıldığında, yatırım ve işletme maliyeti konsantre tonu başına 4 TL. olmaktadır. Kapasite azaldıkça maliyet artmakta ve 6 ton/saat kapasiteli manyetik ayırmada, konsantre ton maliyeti 9 TL. ye yükselmektedir.

V — Sonuç

Görüldüğü gibi, yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıların, özellikle, yaş çalışanların, gelişmesiyle cevher hazırlama endüstrisinde yeni bir çağır açılmaktadır. Yeni yöntem, birçok klasik prosesin yerini aldığı gibi, ekonomik olarak zenginleştirilmesi mümkün olmayan birçok cevher yatağının değerlendirilmesini de sağlamaktadır.

Konuya ülkemiz açısından bakıldığında, yüksek alan şiddetli manyetik ayırmanın, demir cevheri dar boğazını aşmada önemli bir yer tutacağı ve bugüne dek değerlendirilemeyen Çamdağ tipindeki demir cevherlerimizin ekonomik olarak zenginleştirilebileceği söylenebilir. Bunun dışında, krom konsantrasyonu tesislerinin, 0.1 mm altındaki artıklarında ekonomik olarak değerlendirilmesi mümkün görülmektedir. Mangan cevherlerimizden batarya endüstrisinde kullanılacak özellikte konsantreler sağlanması, çeşitli endüstriyel minerallerin (kil minarelleri, feldspat, kyanit, asbest gibi) demirli empuritelerinden arındırılması işlemlerinde de, etkili olarak kullanılabilmesi görüşündeyiz.

R e f e r a n s l a r :

- 1 — JONES, G.H. «Wet Magnetic Separator for Feebly Magnetic Minerals: Description and Theory» Proceedings, 5. International Mineral Processing Congress. LONDON 1960 S. 717-732
- 2 — KELLAND, *DM.* «High Gradient Magnetic Separation applied to Mineral Beneficiation» IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-9 No 3 1973 S. 307-310
- 3 — LAWVER, J.E., HOPSTOCK, D.M. «Wet magnetic Separation of Weakly Magnetic Minerals» Minerals Sei. Eng, Vol. 6 No. 3 1974 S. 154-172
- 4 — MOIR, D.N. «Recent Developments In Mineral Processing and Their Economic Implications» Interregional Seminar on Economics of Mineral Engineering» 1975, ANKARA
- 5 — OBERTEUFFER, J.A. «High Gradient Magnetic Separation» IEEE Trans. Magn. Vol. MAG-9 No : 3. 1973 S. 303-306
- 6 — OBERTEUFFER, J. A. «Magnetic Separation: A Review of Principles, Devices, and Applications» IEEE Trans. Magn. Vol. MAG-10, 1974 S. 223-238
- 7 — PRYOR, EX «Mineral Processing» Elsevier Publis. Co. Ltd. LONDON 1965, S. 571-587
- 8 — TRINDADE, S.C., KOLM H.H. «Magnetic Dusulfurization of Coal» IEEE Trans. Magn. Vol. MAG-9 No : 3, 1973 S. 310-313