

Manyezit Ara Ürünün Kalsinasyon-Manyetik Ayırma Yöntemleriyle Zenginleştirilmesi

I. Benth

Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya

N. Erdoğan & B. Birici

Öz-Maltaş Ltd. Şti, Organize Sanayi Sitesi, Kütahya

U. Topal

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze

O Şahbaz

Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya

ÖZET: Bu çalışma, manyetik ayırıcılarla zenginleştirilirken elde edilen manyezit ara ürününün kalsinasyon ile değerlendirilmesini kapsamaktadır. Kalsine ürünün manyetik ayırıcılarda tekrar zenginleştirilmesi sonucunda; giren malzemeye göre %52.70 MgO, %2.06 SiO₂, %0.61 Fe₂O₃, %1.36 CaO, %0.07 Al₂O₃, ve %43.20 ateş kaybı içeren ara ürün, %25.6 ağırlık verimiyle %89.57 MgO, %0.96 SiO₂, %0.43 Fe₂O₃, %2.35 CaO, %0.05 Al₂O₃, ve %6.64 ateş kaybı içeriği ile kostik kalsine manyezit ürün olarak alınmıştır. Çalışma sonunda manyezit ara ürününe, kalsinasyon öncesi ve sonrasında manyetik duyarlılık testleri uygulanmış ve kalsinasyon işleminin ara ürünün manyetik duyarlılığını arttırdığı tespit edilmiştir.

ABSTRACT: This study is inclusive of evaluation of magnesite beneficiation process middlings by calcination. As a result of re-beneficiation of calcine product in magnetic separators; middlings, which contain %52.70 MgO, %2.06 SiO₂, %0.61 Fe₂O₃, %1.36 CaO, %0.07 Al₂O₃, and %43.20 loss on ignition, were obtained as a costic calcine magnesite, which contain %89.57 MgO, %0.96 SiO₂, %0.43 Fe₂O₃, %2.35 CaO, %0.05 Al₂O₃, and %6.64 loss on ignition, with %25.6 mass recovery. At the end of the study magnetic susceptibility tests were applied to magnesite middlings before and after calcination. And it's found that calcination process increases the magnetic susceptibility of the product.

1. GİRİŞ

Manyezit (MgCO₃) minerali ve ürünleri yaygın kullanım alanına sahiptir. Üretilen manyezitin %90'dan fazlası Sinter ve Kostik Kalsine Manyezite dönüştürülür. Bunun nedeni ise sinter manyezitin bazik refrakter malzeme üretiminin ana hammaddesi olmasıdır (Erdoğan ve Yıldız, 1995).

Çelik yapımında kullanılan bazik refrakterlerin hammaddesi sinter manyezit (MgO), çoğunlukla yüksek kaliteli manyezit cevherlerinden elde edilir. Bu amaçla kullanılacak sinter manyezitte, yüksek MgO içeriği (> %95 MgO), 2:1 CaO/SiO₂ oranı ve düşük demir içeriği (< %1 Fe₂O₃); kostik kalsine manyezitte ise %80-90 MgO, %2.5 CaO, maksimum %3.5 SiO₂ ve %5 ateş kaybı gibi özellikler aranmaktadır (Kumaş katalogu 2000, Çelik ve Müdüroğlu 1999). Kostik kalsine manyezit

doğal ve deniz suyundan olmak üzere iki kaynaktan üretilmektedir. Doğal kaynaklardan üretilen kostik kalsine manyezit refrakter malzeme yapımında, gübre ve hayvan yemi imalinde, izolasyonda ve özel çimento yapımında kullanılırken; deniz suyundan üretilen kostik kalsine manyezit daha çok kağıt, lastik, boya, aşındırıcı, kimya ve ilaç endüstrisi ile fused manyezit üretiminde kullanılmaktadır (Kaya 1993, Akar 1987, Saniz ve Nuhoğlu 1992). Endüstride kalsinasyon sıcaklığına bağlı olarak üretilen magnezya (MgO) farklı isimlerle anılmaktadır (Çizelge 1). Güney ve Önal (1999) manyezit ile ilgili ayrıntılı bir envanter hazırlamışlardır,

Manyezit cevherinin zenginleştirilmesi için endüstride kullanılan en yaygın yöntemler; elle ayıklama, boyut küçültme, manyetik, elektrostatik, ağır ortam, optik ayırma, flotasyon ve kalsinasyon

iken, seçimli hidrasyon, çözdürme-yeniden çöktürme, aglomerasyon, seçimli koagülasyon ve flokülasyon yöntemleri laboratuvar aşamasında denenmektedir (Yamık vd, 1999).

Çizelge 1. Kalsinasyon sıcaklığına bağlı olarak MgO'nun isimlendirilmesi

	Kalsinasyon Sıcaklığı	İsmlendirme
1 Tip MgO	700-1000 °C	Yumuşak kalsine magnezya, kalsine veya kostik magnezya
2.Tip MgO	1000 - 1500 °C	Sert sinter magnezya
3 .Tip MgO	1500 - 2000 °C	Yoğun sinter magnezya, dead burned magnezya

Ülkemizdeki çeşitli bölgelerdeki manyezit cevherlerinin zenginleştirilmesi için Doğan (1971), Bozkurt vd (1988), Ersayın vd (1991) manyetik ayırma, Özdağ vd (1995) manyetik ayırma+liç ve kalsinasyon, Peyk vd (1992) kalsinasyon, Kaytaç ve Acarkan (1988) elle ayıklama, gravite, manyetik ayırma ve flotasyon, Yazar vd (1975) manyezit yüzey özellikleri ve flokülasyonu, Önçek ve Kaya (1994) kolon flotasyonu, Gence ve Özdağ (1996) amin flotasyonu, Yamık (1995) flotasyon ve manyetik ayırma çalışmaları yapmışlardır. Manyezit cevherinin ince boyutlarda serbestleşmesi (-0,010 mm) veya öğütmede fazla miktarda şlam ortaya çıkması durumlarında manyezitin seçimli aglomerasyon (yağ aglomerasyonu) ile zenginleştirilmesi flotasyona alternatif olarak sunulmuştur (Uçbaş vd. 1998, Bozkurt vd. 1999). Demirel (1992) ise flotasyon yönteminin pahalı olmasından dolayı uygun tane büyüklüğü ve sınıflandırma ile manyetik ayırmanın daha ekonomik olduğunu bildirmektedirler. Günümüzde manyezit cevherinin zenginleştirilmesinde tercih edilen en verimli ve ekonomik yöntem manyetik ayırma yöntemidir.

Manyezit cevherleri ocaktan çıkarıldığı şekli ile önce ön zenginleştirme olarak elle ayıklama ve manyetik ayırmaya daha sonra yüksek alan şiddetli sabit mıknatıslı manyetik ayırıcılarda final zenginleştirmeye tabi tutulurlar. Final zenginleştirmede ise yüksek MgO ve düşük SiO₂ tenörlü konsantre elde etmek amacıyla ara ürün alınır. Bu çalışmada, elde edilen ara ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla mineralojik, XRD, manyetik duyarlılık, kalsinasyon ve manyetik zenginleştirme testleri yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

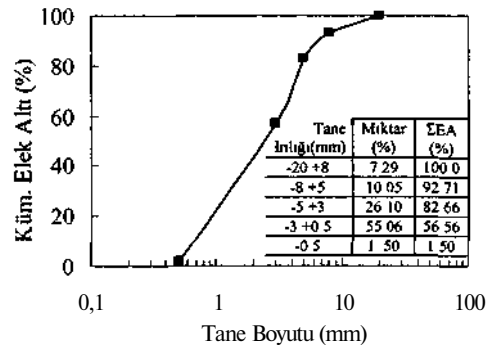
2.1. Malzeme ve Yöntem

Deneysel çalışmalarda kullanılan manyezit ara ürünü Kumaş final konsantre tesisinden temin edilmiştir. Manyezit zenginleştirme işleminde, birinci aşamada manyetik duyarlılığı yüksek olan mineraller (serpantin), ikinci aşamada ise manyetik duyarlılığı daha düşük olan mineraller ve manyetik olmayan manyezit minerali alınmaktadır. İkinci aşamada alınan, manyetik duyarlılığı düşük serpantin, bağlı (breşik) ve manyezit mineralinden oluşan ürüne ara ürün adı verilmektedir. Manyezit konsantresinin yüksek MgCÜ₃ ve bu değere bağlı olarak yüksek MgO oranlarda elde edilebilmesi için manyezit cevherinin bir kısmı bu ara üründe toplanmaktadır.

Ara ürün manyezit cevherinin kimyasal analiz sonuçları çizelge 2'de verilmektedir. Kimyasal analiz sonuçlarından en önemli safsızlığın %2.06 SiO₂ olduğu görülmektedir. Ara ürün manyezit cevherini elek analiz sonuçları Şekil 1'de gösterilmektedir. Ara ürünün %98.5'lik kısmı -20 +0.5 mm aralığındadır.

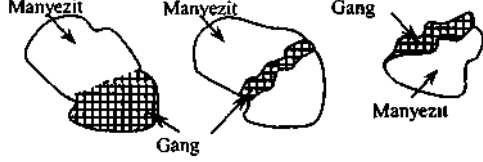
Çizelge 2. Manyezit ara ürünün kimyasal analiz sonuçları

Bileşim	%
MgO	52.7
SiO ₂	2.06
Fe ₂ O ₃	0.61
CaO	1.36
Al ₂ O ₃	0.07
Ateş kaybı	43.2



Şekil 1. Manyezit ara ürünün tane boyut dağılımı.

Zenginleştirme yöntemine ışık tutması amacıyla ara ürünün fiziksel, mineralojik ve karakteristik özellikleri tespit edilmiştir. Bu amaca yönelik olarak ara ürün manyezit cevherinin SHİMADZU XRD 6000 cihazı ile yapılan mineralojik analizinde manyezit ($MgCO_3$), kuvars (SiO_2), kalsit ($CaCO_3$), klinokrisotil ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$) ve manyetit (Fe_3O_4) mineralleri saptanmıştır. Ara üründe gözlenen manyezit ve serpantin bağlı (breşik) tanelerinin görünüşleri Şekil 2'de gösterilmektedir.

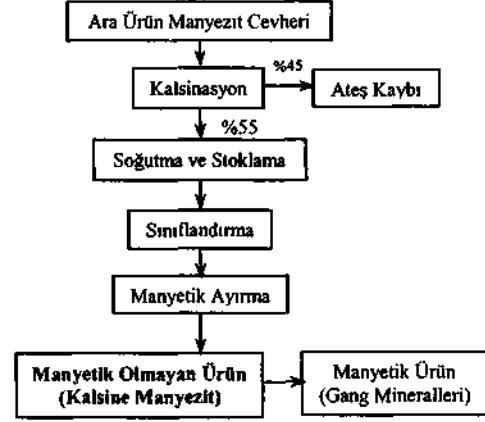


Şekil 2. Ara ürün manyezit cevherindeki bağlı (breşik) tanelerin görünüşü.

Yöntem seçiminde ara ürünün kalsine manyezit olarak değerlendirilebileceği, kalsinasyon ürünündeki SiO_2 'nin iri boyutlarda sınıflandırma ile kolayca uzaklaştırılabileceği ve kalsinasyon ürün içerisinde demirli bileşiklerin manyetik ayırıcılara daha kolay ayrılabilmesi düşüncelerinden yola çıkılarak zenginleştirme yöntemi olarak Kalsinasyon + Sınıflandırma + Manyetik Ayırma kombinasyonu seçilmiştir.

2.2 Zenginleştirme Çalışmaları

Zenginleştirme çalışmaları iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada ara ürün manyezit cevheri yatay döner fırında kalsine edilmiş, daha sonra kalsine edilen ürün 8, 5, 3 ve 0,5 mm'lik boyutlarda sınıflandırılmış ve yüksek alan şiddetli sabit mıknatıslı manyetik ayırıcılarda zenginleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda takip edilen yol Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 3. Ara ürün manyezit cevherinin zenginleştirme akım şeması

2.2.1. Kalsinasyon ile Zenginleştirme

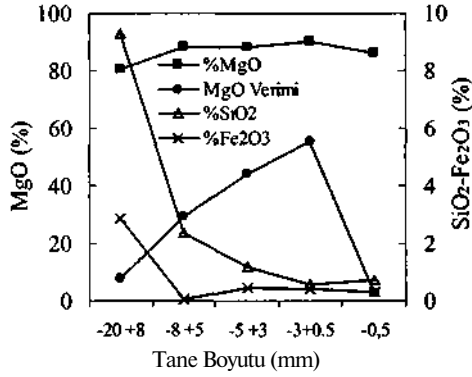
Karbonat, hidroksit, sülfat, nitrat, asetat vb'nin ısıyla yatay döner veya dikey şaft fırınlarında oksit formuna dönüştürülmesine kalsinasyon işlemi denilmektedir. İşlem sonucunda oksitler meydana gelir ve bağlı/serbest kristal sulan (CO_2 , SO_2 , H_2O) ve uçucu ürünleri bünyeden ayrılır (Kaya 1993).

Ara ürün manyezit cevheri pilot çaptaki yatay döner fırında kalsine edilmiştir. Yatay fırında kalsinasyon sıcaklığı $1000\text{ }^\circ\text{C}$, kalsinasyon süresi 3 saat ve dönüş hızı 10 dev/dk'dır.

Kalsinasyon sonrasında kalsine üründe Periklas (MgO), Kuvars (SiO_2), Brusit ($Mg(OH)_2$), Manyezit ($MgCO_3$), KlinoKrisotil ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$) ve Manyetit (Fe_3O_4) mineralleri saptanmıştır.

2.2.2. Manyetik Zenginleştirme

Manyetik ayırma deneyleri için - 20 mm tane boyutundaki kalsine cevher 8 mm, 5 mm, 3 mm ve 0,5 mm'lik eleklerden elenerek manyetik ayırıcılara beslenmiştir. Pilot çaplı manyetik ayırıcı 11.000 gauss sabit manyetik alan şiddeti, 20 dev/dk bant dönüş hızı, 0,5 kg/dk besleme hızı ve $0\text{ }^\circ\text{C}$ dik pozisyon, öne artı ve geriye eksi olmak üzere $+15\text{ }^\circ\text{C}$ derece bıçak ayarında çalıştırılmıştır.



Şekil 4. Boyut fraksiyonuna bağlı olarak kalsine manyezitin zenginleştirme sonrası SiO₂-Fe₂O₃ tenör ve MgO değişimi.

Kalsine ürünün manyetik ayırıcılarda zenginleştirilmesi sonunda MgO tenör-verim ve safsızlık olarak bulunan %SiO₂ açısından, -8 + 0,5 mm boyut aralığının konsantr almak için uygun boyut aralığı olduğu Şekil 4'de görülmektedir. -20 +8 mm tane boyutunda MgO verimi çok düşük olup SiO₂ tenörü ise yüksektir. -0,5 mm tane boyutunda ise MgO verimi tekrar düşmektedir. Bu nedenlerden dolayı -8 +0,5 mm boyut aralığı kostik kalsine ürün olarak alınmıştır. Beklendiği gibi tane boyutunun incelmeyeyle kalsinasyon ürünün SiO₂ tenörü azalmaktadır. Kalsinasyon öncesi (ara ürün), sonrası ve nihai olarak elde edilen ürünlerin kimyasal analizleri çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Kalsinasyon öncesi ve sonrası kimyasal analiz sonuçları

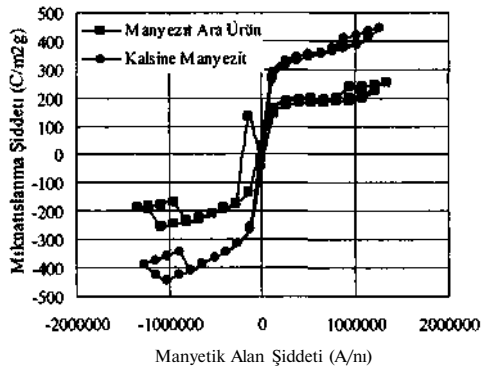
	Kalsinasyon öncesi (Ara Ürün)	Kalsinasyon sonrası	Kalsinasyon + Manyetik ayırma
% Miktar	100.00	55.00	25.6
% MgO	52.7	87.99	89.57
% SiO ₂	2.06	3.20	0.96
% Fe ₂ O ₃	0.61	0.90	0.43
% CaO	1.36	2.34	2.35
% Al ₂ O ₃	0.07	0.10	0.05
A.Z.	43.20	5.47	6.64

Kalsinasyon sonrasında önemli safsızlıklardan olan SiO₂ ve Fe₂O₃ tenörü kütle kaybına bağlı olarak artarken, kalsinasyon sonrası yapılan manyetik zenginleştirme sonucunda SiO₂ ve Fe₂O₃ tenörü azaltılmıştır.

2.2.3. Manyetik Duyarlılık Testleri

Kalsine manyezitte Fe₂O₃ ve SiO₂ tenörlerinin azalmasını nedenleri araştırılmıştır. Bilindiği gibi jel manyezit cevheri ile beraber genellikle gang minerali olarak serpantin bulunur. Serpantinlerin içerisinde demir mineralleri (manyetit, hematit gibi) tespit edilmiştir (Bozkurt 1989). Demir minerallerin varlığı sayesinde manyetik ayırma yapılarak manyezit ile serpantin birbirlerinden verimli bir şekilde ayrılmaktadır.

Ara ürün manyezit cevheri içinde serpantinlerin manyetik duyarlılığın düşük oluşu bunların manyetik ayırıcılarda ayrılmasını zorlaştırmaktadır. Buna karşılık kalsinasyon+manyetik ayırma ile elde edilen sonuçların olumlu çıkması, kalsinasyon sırasında serpantin içindeki demirli minerallerin manyetik duyarlılığın artırılıp artırılmadığını akla getirmektedir. Bu düşüncenin doğruluğunu kanıtlamak amacıyla kalsinasyon öncesi manyezit ara ürünü ve kalsinasyon sonrası manyetik ayırıcılara girmeden alınan örnekler üzerinde manyetik duyarlılık testleri yapılmıştır. Test sonuçları Şekil 5'de gösterilmektedir.



Şekil 5. Ara ürün manyezit cevherinin kalsinasyonu öncesi ve sonrası manyetik duyarlılık test sonuçları.

Manyetik duyarlılık (k) aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır:

$$k = M/H \quad (1)$$

Burada:

k : Manyetik duyarlılık (Coulomb/Am.gr),

H : Manyetik Alan Şiddeti (Amper/m),

M : Miknatıslanma Şiddeti (Coulomb/m².gr),

Şekil 5'den elde edilen manyetik duyarlılık testine göre, ara ürün manyezit cevherinin çalışılan 1.1 Tesla'lık manyetik alan şiddetinde manyetik duyarlılığı, denklem 1 kullanılarak $1,03778 \cdot 10^{13}$ C/Am.gr, kalsine cevherin manyetik duyarlılığı $2,13709 \cdot 10^3$ C/Am.gr olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre kalsinasyon işlemine maruz kalan ara ürünün kalsinasyon sonrası yaklaşık 2 kat manyetik duyarlılığı artmıştır. Bu durum serpantinin manyetik ayırıcılarda tutulma ihtimalini arttırmış ve serpantinden gelen SiO_2 ve $Fe_2C > 3$ safsızlıkların azaltılmasına neden olmuştur.

3. SONUÇLAR

- Nihai konsantre tesisinde alınan ara ürün manyezit cevherin mineralojik analizinde; Manyezit ($MgCO_3$), Kuvars (SiO_2), Kalsit ($CaCO_3$), Klinokrisotil ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$) ve Manyetit (Fe_3O_4) mineralleri saptanmıştır.
- %52.70 MgO, %2.06 SiO_2 , %0.61 Fe_2O_3 , %1.36 CaO, %0.07 Al_2O_3 ve %43.20 ateş kaybı içeren manyezit ara ürün, Kalsinasyon + Sınıflandırma + Manyetik ayırma yöntemleriyle %25,60 ağırlık verimiyle %89.57 MgO, %0.43 Fe_2O_3 , %0.96 SiO_2 , %2.35 CaO, %0.05 Al_2O_3 ve %6.64 ateş kaybı içeren kostik kalsine manyezit ürün elde edilebileceği belirlenmiştir.
- Kalsinasyon ile zenginleştirmede -8 mm + 0,5 mm boyut aralığının kalsinasyon için uygun boyut aralığı olduğu tespit edilmiştir.
- Ara ürünün manyetik duyarlılığı $1,03778 \cdot 10^{13}$ C/Am.gr iken kalsine edilen ürünün manyetik duyarlılığı $2,13709 \cdot 10^3$ C/Am.gr'a yükseltilmiştir.
- Final konsantre tesisinde manyetik ayırıcılarda ayrılamayan ara ürünün, kalsinasyon (ısı işlem) sonrası demir minerallerinin manyetik duyarlılığının artırılması ile manyezit ve serpantin minerallerinin birbirinden ayrıldığı manyetik duyarlılık testleri ile doğrulanmıştır.
- Elde edilen kostik kalsine manyezit, içerik açısından endüstrinin istediği niteliklere uygundur.

KAYNAKLAR

- Akar, A., 1987. *Endüstriyel Hammaddeler ve Zenginleştirme Yöntemleri*, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayın No: 142, İzmir, 145-163.
- Bozkurt, R., 1989. *Kumaş Sinter Manyezit Üretimi*, Anadolu Ü. Müh-Mim Fak. Dergisi, Cilt:5 Sayı:1, 1-13
- Bozkurt, R., 1989. *Minerolojik İncelemelerin Cevher Zenginleştirmedeki Rolüne İki Örnek*, Anadolu Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi, Cilt:5 Sayı:1, Eskişehir, 15-21.
- Bozkurt, R., Özdağ, H., Gezgin, N., 1988. *Manyezit Zenginleştirme Atıklarının Değerlendirilmesi*, 2.Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu, Aytekin (Ed), İzmir, 209-218.
- Bozkurt, V., Uçbaş, Y., Bilir, K., 1999. *Manyezit Cevherinin Seçimli Aglomerasyon ile Zenginleştirilmesinde Bazı Bastırıcıların Etkisi*. Türkiye İö.Madencilik Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 405-410.
- Çelik, M.S., Müdüroğlu M., 1999. *Manyezit, Endüstriyel Mineraller Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Yayını, Önal vd (Ed), İstanbul, 122-130.*
- Demirel, H.,1992. *Manyezit Cevherleri Üzerinde Manyetik Ayırma Akım Şeması Geliştirmesi*, 4. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu, Özbayoğlu (Ed), Antalya, 576-588.
- Doğan, Z., 1971. *Tavşanlı Yöresi Manyezit Cevherlerinin Konsantrasyonu*, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 2.Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 291-299.
- Erdoğan, N., Yıldız, R., 1995. *Manyezit ve Bazıt Refrakter Malzeme Teknolojisi*, Kumaş, Kütahya, 150 s.
- Ersayın, S., Ergün Ş. L., Gülsoy, Y. Ö., 1991. *Manyezit Atıklarının Manyetik Ayırıcılarda Zenginleştirilmesi*, 12.Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 253-262.
- Gence, N., Özdağ, H., 1996. *Amin Flotasyonu ile Manyezitin Ayrılması*, Osmangazi Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi, Cilt:9 Sayı: 1, 43-52
- Güney, A., Önal, G., 1999. *Manyezit Envanteri*, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği ve Yurt

- Madencilik Geliştirme Vakfı, Güney ve Önal (Eds), İstanbul, 64 s.
- Kaya, M., 1993 *Magnezit ve Bazik Refrakterler Teknolojisi*, Anadolu Üniversitesi Yayınları No:450, Eskişehir, 292 s.
- Kaytaç, Y., Acarkan, N., 1988. *Properties of Magnesites of Eskişehir-Kütahya and Bursa Region with Respect to Upgrading Possibilities*, 2 International Mineral Processing Symposium, Aytakin (Ed), İzmir, 219-229.
- Kumaş, 2000. *Kumaş ürünleri katalogu*, Kütahya
- Önçek, S., Kaya, M., 1994. *Concentration of Magnesite by Column Flotation*. Progress in Mineral Processing Technology, Demirel&Ersayın (Eds), Balkema, 211-218.
- Özdağ, H., Gürpınar, G., Sönmez, E., 1995. *Düşük Tenörlü Manyezit Cevherinden Kimyasal Yöntemlerle Magnezyum Bisülfat Üretimi Olanaklarının Araştırılması*, Türkiye 14 Madencilik Kongresi, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 425-430.
- Peyk, C.Ü., Geçkinli A.E., Erkılınc, B.L., 1992. *Sudur-Konya Manyezit Atık Tozlarının Sinterlenmesi*, Uluslararası Seramik Kongresi, Türk Seramik Derneği Yayını No: 5, Öveçoğlu (Ed), İstanbul, 298-305.
- Sarız, K., Nuhoglu I., 1992. *Endüstriyel Hammaddede Yatakları ve Madencilik*, Anadolu Üniversitesi Yayın No:636, Eskişehir, 452 s.
- Tübitak MAM, 2001, Mineralojik Analiz Rapor No: 609.
- Uçbaş, Y., Öteyaka, B., Özdağ, H., 1998. *The Effect of pH Regulator on the Process Efficiency, Agglomerate Size and Oleic Acid Consumption in the Concentration of Magnesite Ore by Oil Agglomeration*, The Journal of Ore Dressing, (1), 1,19-27.
- Yamık, A., 1995. *Kütahya Kumaş Manyezit Tesisi Atıklarının Değerlendirilmesi*, Mühendislikte 20. Yıl Sempozyumu, ZKÜ Mühendislik Fakültesi, Zonguldak, Mad 13.
- Yamık, A., Bentli, I., Karagüzel, C., Çınar, M., Gümüştekin, Z., Yıldız, R., 1999. *Kumaş -35 mm Atık Manyezit Cevherinin Manyetik Seperatörlerle Zenginleştirilmesi*, 11. Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi, İsparta, 326-332.
- Yarar, B., Özgür, T., 1975. *Amorf Yapıdaki Manyezitin Silikadan Koagülasyon ile Ayrılması*, TÜBİTAK 5. Bilim Kongresi, Ankara, 131-149.