

## KALSİNE MANYEZİTİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Nermin GENÇE<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, dolomiti yüksek, silis ve demiri düşük manyezit cevherinin kalsine edildikten sonra ağır-ortam ayırması, sallantılı masa ve yıkama-eleme ile zenginleştirilebilme olanakları araştırılmıştır. En iyi sonuçlar 800 °C'da kalsine edilen manyezitin 2gr/cm<sup>3</sup> ortam yoğunluğu ve -2.00+0.707 mm tane boyutunda ağır-ortam ayırması ile zenginleştirildiğinde elde edilmiştir. Bu koşullarda, %75.05 MgO, %1.19 CaO ve %0.52 SiO<sub>2</sub> içeren konsantrè %87.15 MgO verimi ile elde edilmiştir. MgO batan ürün, CaO ise yüzen ürün olarak kazanılmıştır. Bu çalışma, MgO ve CaO'in kalsinasyondan sonra ağır-ortam ayırması, sallantılı masa veya yıkama-eleme ile seçimli olarak ayrılabilceğini göstermiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Kalsinasyon, manyezit, ağır-ortam, sallantılı masa, yıkama-eleme

## ENRICHMENT OF CALCINED MAGNESITE

**ABSTRACT:** In this study, the possibility of concentration of magnesite ore which contains high dolomite, low iron and siliceous gangue was investigated by heavy medium separation, shaking table and washing-screening after calcination. The best results were obtained at 800 °C (calcination temperature) and 2gr/cm<sup>3</sup> (medium density) for -2.00+0.707 mm-particle size fraction in the concentration of calcined magnesite by heavy medium separation. Under these conditions, a concentrate having the following properties was obtained: 75.05% MgO, 1.19% CaO and 0.52% SiO<sub>2</sub>; recovery was 87.15% MgO. MgO was concentrated in the sink fraction while CaO was concentrated in the float fraction. This study showed that it was possible to separate selectively MgO and CaO by heavy medium, shaking table or washing- screening after calcination.

**KEYWORDS:** Calcination, magnesite, heavy medium, shaking table, washing-screening

<sup>1</sup> Nermin GENÇE, Anadolu Üniversitesi, Bozüyük Meslek Yüksekokulu, 11400 BOZÜYÜK

## 1. GİRİŞ

İlaç sanayiinden ağır sanayiye kadar çok çeşitli kullanım alanlarına sahip magnezyum bileşiklerinin ana hammaddesini oluşturan manyezit ( $MgCO_3$ ), kuramsal olarak %47.8 MgO ve %52.2  $CO_2$  içeren ve karbonatlar, oksitler ve silikatlar gibi safsızlıklar bulunduran bir mineraldir. Doğal yatakların işletilmesi sonucu üretilen manyezit cevheri içerdği safsızlıklar nedeniyle zenginleştirme süreçlerine tabi tutulmak durumundadır. Manyezitin sanayiye kazandırılmasında yaygın olarak kullanılan dört yöntem vardır. Bunlar; tavuklama, ağır-ortam ayırması, manyetik ayırma ve flotasyondur. Bu yöntemlerin dışında, düşük tenörlü manyezit cevherlerinden ve düşük kalite kalsine manyezitten özellikle ilaç hammaddeleri olarak kullanılan magnezyum bileşiklerinin eldesi amacıyla uygulanan yöntemlerden de söz etmek olasıdır [1-2-3].

Manyezit ve dolomitin benzer fiziksel, kimyasal ve fiziko-kimyasal özelliklere sahip olması seçimli ayırmayı zorlaştırmaktadır. Fiziksel ve kimyasal özelliklere dayanan ayırma yöntemleri manyezit-dolomit ayırımında fazla etkin olamamaktadır. Bu nedenle dolomit ve/veya manyezitin fiziksel veya fiziko-kimyasal özelliklerinin değiştirilmesi gerekmektedir.

Kalsinasyon ve sinterleme manyezitten refrakter malzeme hammaddesi üretiminde temel adımlar olduğundan ve manyezit ile dolomit dereceli kalsinasyondan sonra farklı sertlik ve/veya yoğunluğa sahip olabileceğinden fiziksel yöntemler ile seçimli ayırma sağlanabilir. Kalsinasyon uygulanmaksızın manyezit ve dolomitin yoğunluk farkına dayanan yöntemlerle ayrılması çok zordur. Ağır-ortam ayırmasında aralarında  $0.1 \text{ gr/cm}^3$  yoğunluk farkı bulunan iki minerali birbirinden ayırmak zorlaşmaktadır. Manyezit ( $MgCO_3$ ) ve dolomitin [ $(CaMg(CO_3)_2)$ ] dereceli kalsinasyonu sonunda yoğunluk farkı oluşur. Kısmen kalsine olmuş MgO'in yoğunluğu  $1.3-1.9 \text{ gr/cm}^3$  iken  $MgCO_3$ 'ün yoğunluğunun  $3.1 \text{ gr/cm}^3$  olması kalsinasyon sırasında manyezitin gözenekli bir yapı kazanmasından dolayıdır [4].

Kısmen kalsine olan manyezitteki yoğunluk azalması ağır-ortam ayırması için önemli olmaktadır. Ancak, gözenekli ürünün boşluklarının ortam sıvısıyla dolmadan ayırma işlemini yapabilmek gerekir. Aksi takdirde gözeneklere dolan ortam sıvısı yüzebilecek özellikteki tanelerin de batmasına neden olabilir. Bu nedenle malzemenin kısa sürede ortamdan geri kazanılması gerekmektedir [5-6].

Manyezit, kalsit ve dolomitten daha düşük sıcaklık derecelerinde kalsine olur. Cevher manyezitin kalsine olduğu sıcaklıkta kalsine edilirse, bu sırada manyezitin sertliği azalır ve daha sert olan kalsit, dolomit ve silikatlardan öğütülmek ve sınıflandırılmak suretiyle ayrılabilir. Isıtma sırasında CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O çıkışı nedeniyle manyezit gözenekli bir yapı kazanır ve bu da parçalanmaya yardım eder. İşlem sonucu henüz parçalanmamış dolomit ve silis elek üstünde kalırken gözenekli yapı kazanmış olan manyezit elek altına geçer. MgCO<sub>3</sub> 400 °C'dan itibaren kalsine olmaya başlar ve 680 °C'da kalsinasyon tamamlanır. Kalsinasyon işlemi sıcaklık arttıkça başlangıçta hızlı bir şekilde artar, 700 °C'dan itibaren artış hızı azalır.

Silisli gang içeren manyezit cevheri konsantrasyon öncesi 600 °C-900 °C'da kalsine edilirse manyezit kısmen ya da tamamen 1.3-1.9 gr/cm<sup>3</sup> görünür yoğunluğa sahip olur. Silisli gang ise yalnızca suyunu yitirir ve 2.2-2.3 gr/cm<sup>3</sup> görünür yoğunluk kazanır. Böylece ayırma, uygulanan yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemi ile kolayca gerçekleşir. Sulu ortamlarda yoğunluğa göre ayırma (ağır-ortam, jig, sallantılı masa) kostik kalsine manyezitin su almasını ve görünür yoğunluğunun 1.9-2.1 gr/cm<sup>3</sup> e yükselmesine neden olur ve ayırma güçleşir.

Zenginleştirilmiş manyezitte silikanın miktarının yüksek olması tuğlanın yüksek ısıya dayanıklılığını azaltırken, fazla miktardaki CaO ise kolayca dağılan bir ürün verir. Bu nedenle refrakter manyezit üretimi için CaO:SiO<sub>2</sub> oranının 2:1 olması istenir . Çünkü bu şartlarda oluşan Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> aynı zamanda bağlayıcı görevi de görür [4].

Bu çalışmada amaç, yüksek dolomitli, silis ve demiri düşük, yüksek tenörlü manyezitin kalsinasyondan sonra ağır-ortam ayırması, sallantılı masa ve yıkama-eleme ile zenginleştirilebilme olanağının araştırılmasıdır.

## **II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

### **II. 1 Malzeme ve Yöntem**

Numunenin tamamı laboratuvar tipi çeneli kırıcıda ve kademeli olarak -0.5 cm'ye indirilmiştir. Çalışmalarda kullanılan -0.5 cm boyutundaki numunenin kimyasal analizi Çizelge 1'de, elek analizi ile MgO, CaO ve SiO<sub>2</sub> dağılımı ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1 . Tüvenan cevherin kimyasal analizi

Madde %							
MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	A.Z.
44.87	3.10	0.50	0.30	0.10	0.01	0.01	51.11

Çizelge 2. 0.5 cm'nin altına kırılan tüvenan cevherin elek analizi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Miktar %	Tenörler %		
		MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>
+4.76	25.22	44.93	3.15	0.48
-4.76+2.00	24.87	45.07	3.02	0.45
-2.00+0.707	28.43	45.04	3.04	0.44
-0.707	21.48	44.39	3.18	0.49
TOPLAM	100.00	44.87	3.10	0.50

Kalsinasyon için 250 gr. numune şamot kaplarda fırına oda sıcaklığında konulmuş, numuneler fırında 500 °C-600 °C-700 °C-800 °C'da 2 saat tutulmuş ve her yarım saatte bir karıştırılmıştır. Ağır-ortam ayırması, yıkama-eleme ve sallantılı masa deneyleri her bir sıcaklık derecesi için ayrı ayrı uygulanmıştır.

### II. 1. 1 Kalsinasyon ve Ağır-Ortam Ayırması

Kalsine edilen manyezit dört ayrı boyut aralığına ayrılmıştır (Çizelge 2). Her boyut aralığındaki malzeme ZnCl<sub>2</sub> çözeltisi olarak hazırlanan ve yoğunlukları 1.9 gr/cm<sup>3</sup>; 2.0 gr/cm<sup>3</sup> ve 2.1 gr/cm<sup>3</sup> olan ağır sıvılar kullanılarak yüzme-batma deneylerine tabi tutulmuştur. Süspansiyon (numune+ağır-ortam) cam bir çubukla karıştırılmış ve 2 dk. beklendikten sonra yüzen parçacıklar tel bir elek ile ayrılmıştır. Yüzen ve batan ürünler saf su ile yıkanmış ve 110 °C'da kurutulduktan sonra kimyasal analizleri yapılmıştır.

### II. 1. 2 Kalsinasyon ve Yıkama-Eleme ile Zenginleştirme

Kalsine edilip dört ayrı boyut aralığına ayrılan manyezit yıkama-eleme deneylerine tabi tutulmuştur. Kalsine edilen numuneler behere alınmış ve üzerlerine su dökülerek dolomitli tanelerin hidratasyona uğramasına çalışılmıştır. Beherdeki numuneler kurutulduktan sonra 0.707 mm'lik elekten elenmiş, elek altı ve elek üstü ürünlerin kimyasal analizleri yapılmıştır.

### II. 1. 3 Kalsinasyon ve Sallantılı Masa ile Zenginleştirme

Kalsine manyezitin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi çalışmaları; 800 °C'da kalsine edilen numune öğütme işlemine tabi tutulduktan sonra  $-0.210 + 0.149$  mm ;  $-0.149 + 0.104$  mm ve  $-0.104 + 0.074$  mm boyut aralıklarına sınıflandırılmış ve her boyut aralığı ayrı ayrı sallantılı masa ile zenginleştirme deneylerine tabi tutulmuştur.

Sallantılı masa çalışmaları; eğim, genlik (uzanım), salınım sayısı, yıkama ve besleme suyu miktarı değiştirilerek en uygun koşul saptanmaya çalışılmış ve besleme kenarı 62 cm, konsantre kenarı 37 cm, artık kenarı 60 cm, mekanizma kenarı 49 cm olan laboratuvar tipi sallantılı masa kullanılmıştır.

#### Deney Koşulları:

Tane Boyutu (mm)	Eğim	Genlik (cm)	Salınım Sayısı (dev/dk)
-0.210+0.149	1/5(11.31°)	2.1	210
-0.146+0.104	1/5(11.31°)	1.6	245
-0.104+0.074	1/5(11.31°)	1.0	270

### III. BULGULAR

Kalsinasyon ve ağır - ortam ayırması ile zenginleştirme deneylerinde, en iyi sonuçlar 800 °C'da kalsine edilen  $-2.00+0.707$  mm boyutundaki manyezitin 2 gr/cm<sup>3</sup> ortam yoğunluğunda zenginleştirilmesi ile elde edilmiştir. MgO batarken CaO yüzmüştür ve SiO<sub>2</sub> oldukça düşük oranlardadır (%0.52 SiO<sub>2</sub>). MgO tenörü %71.83'den %75.05'e yükselirken CaO tenörü %3.35'den %1.19'a düşmüştür. MgO verimi ise %87.15'tir (Çizelge 3).

Kalsinasyon ve yıkama-eleme ile zenginleştirme çalışmaları sonucunda ise en iyi sonuçlar 800 °C'da  $-4.76+2.00$  mm boyut grubunda elde edilmiştir. Elek altına geçen ürün konsantre, elek üstü ise artık olarak değerlendirilmiştir MgO tenörü %65.08'den %75.74'e yükselirken CaO tenörü %2.90'dan %1.21'e düşmüştür. SiO<sub>2</sub> tenörü %0.51 olarak bulunmuştur. MgO verimi ise %83.28'dir (Çizelge 4).

Sallantılı masa deneylerinde en iyi sonuçlar aşağıdaki koşullarda elde edilmiş ve sonuçlar Çizelge 5’de verilmiştir. 800 °C’da kalsine edilen manyezitin sallantılı masa ile zenginleştirilmesi çalışmaları sonunda en iyi sonuçlar  $-0.210+0.149$  mm tane boyutunda elde edilmiştir. MgO tenörü %65.18’den %75.28’e yükselirken CaO tenörü %2.98’den %1.19’a inmiştir, SiO<sub>2</sub> tenörü ise % 0.54’ den %0.50’e düşmüştür (Çizelge 5).

Kalsinasyon sonrası ağır-ortam ayırması, sallantılı masa ve yıkama-eleme ile zenginleştirme deneyleri sonucunda elde edilen konsantreler yarı ürün niteliği taşımaları nedeniyle kullanımdan önce kurutma ve tekrar kalsinasyon işleminin uygulanması gereklidir.

#### **IV. SONUÇLAR**

Kalsine manyezitin ağır-ortam ayırması, sallantılı masa ve yıkama-eleme ile zenginleştirme deneyleri sonucunda gerek MgO ve CaO tenörü ve gerekse de MgO verimi açısından en iyi sonuçlar ağır-ortam ayırması ile elde edilmiştir. Ağır-ortam ayırması ile zenginleştirmede konsantre %75.05 MgO, %1.19 CaO tenörü ve %87.15 MgO verimi kazanılırken, sallantılı masa konsantresi %75.28 MgO, %1.19 CaO tenörü ve %44.12 MgO verimine sahiptir, yıkama-eleme deneyleri sonucu elde edilen konsantre ise %75.74 MgO, %1.21 CaO içermektedir verim ise %83.28’dir. Yıkama-eleme ile zenginleştirme çalışmaları sonucu elde edilen konsantre de MgO tenörü ağır-ortam ayırması ve sallantılı masa çalışmaları sonucu elde edilen konsantrelerin tenörlerine göre daha yüksek olmasına karşın MgO verimi ağır-ortam ayırması ile zenginleştirme sonucu elde edilen konsantreye oranla daha düşüktür ve CaO tenörü de hem ağır-ortam ayırması hem de sallantılı masa konsantrelerindeki CaO tenöründen daha fazladır. Sallantılı masa konsantresinde ise MgO tenörü ağır-ortam ayırmasına oranla daha yüksek olmasına karşın MgO verimi oldukça düşüktür.

Bu çalışma sonucunda kalsine edilen cevherin ağır-ortam ayırması, sallantılı masa veya yıkama-eleme ile zenginleştirilmesi ile yüksek dolomitli, silis ve demiri düşük manyezit cevheri için seçimli bir ayırma sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 3. Kalsinasyon ve ağır-ortam ayırması ile zenginleştirme deneyi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ürünler	Miktar % Den. Göre	Miktar % Tüv.Göre	Tenörler %			Dağılım %MgO Den. Göre	Dağılım %MgO Tüv.Göre
				MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>		
+4.76	Konsantre	85.37	21.53	65.66	1.86	0.54	87.08	21.96
	Artık	14.63	3.69	56.84	12.73	0.48	12.92	3.26
	B. Cevher	100.00	25.22	64.37	3.45	0.53	100.00	25.22
-4.76+2.00	Konsantre	87.90	21.86	66.52	1.46	0.53	89.85	22.35
	Artık	12.10	3.01	54.62	13.36	0.50	10.15	2.52
	B. Cevher	100.00	24.87	65.08	2.90	0.53	100.00	24.87
-2.00+0.707	Konsantre	83.41	23.71	75.05	1.19	0.52	87.15	24.78
	Artık	16.59	4.72	55.64	14.21	0.45	12.85	3.65
	B. Cevher	100.00	28.43	71.83	3.35	0.51	100.00	28.43
-0.707	Konsantre	84.95	18.25	68.00	1.85	0.55	86.08	18.64
	Artık	15.05	3.23	58.37	9.56	0.75	13.20	2.84
	B. Cevher	100.00	21.48	66.55	3.01	0.58	100.00	21.48
	TOPLAM	100.00	100.00	67.14	3.20	0.54	100.00	100.00

Çizelge 4. Kalsinasyon ve yıkama-eleme ile zenginleştirme deneyi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ürünler	Miktar % Den. Göre	Miktar % Tüv.Göre	Tenörler %			Dağılım %MgO Den. Göre	Dağılım %MgO Tüv.Göre
				MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>		
+4.76	Konsantre	50.49	12.73	69.55	2.94	0.54	54.55	13.76
	Artık	49.51	12.49	59.09	3.97	0.52	45.45	11.46
	B. Cevher	100.00	25.22	64.37	3.45	0.53	100.00	25.22
-4.76+2.00	Konsantre	71.56	17.80	75.74	1.21	0.51	83.28	20.71
	Artık	28.44	7.07	38.26	7.15	0.58	16.72	4.16
	B. Cevher	100.00	24.87	65.08	2.90	0.53	100.00	24.87
-2.00+0.707	Konsantre	70.84	20.14	71.86	1.34	0.55	70.86	20.15
	Artık	29.16	8.29	71.76	8.23	0.41	29.14	8.28
	B. Cevher	100.00	28.43	71.83	3.35	0.51	100.00	28.43
-0.707	Konsantre	65.70	14.11	70.65	1.46	0.56	69.75	14.98
	Artık	34.30	7.37	58.70	5.98	0.62	30.25	6.50
	B. Cevher	100.00	21.48	66.55	3.01	0.58	100.00	21.48
	TOPLAM	100.00	100.00	67.14	3.20	0.54	100.00	100.00



Çizelge 5. Kalsinasyon ve sallantılı masa ile zenginleştirme deneyi sonuçları

Tane Boyutu (mm)	Ürünler	Miktar % Den. Göre	Miktar % Tüv.Göre	Tenörler %			Dağılım %MgO Den. Göre	Dağılım %MgO Tüv.Göre
				MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>		
-0.210+0.149	Konsantre	38.20	13.66	75.28	1.19	0.50	44.12	15.78
	Ara Ürün	50.10	17.91	60.05	1.75	0.52	46.16	16.50
	Artık	11.70	4.18	54.17	14.09	0.76	9.72	3.47
	B. Cevher	100.00	35.75	65.18	2.98	0.54	100.00	35.75
-0.149+0.104	Konsantre	36.05	11.67	74.11	1.47	0.56	37.98	12.30
	Ara Ürün	38.15	12.35	70.14	5.36	0.62	38.03	12.31
	Artık	25.80	8.36	65.41	3.39	0.43	23.99	7.77
	B. Cevher	100.00	32.38	70.35	3.45	0.55	100.00	32.38
-0.104+0.074	Konsantre	41.56	13.25	70.24	1.94	0.58	44.18	14.08
	Ara Ürün	22.14	7.05	59.16	6.20	0.60	19.32	6.31
	Artık	36.30	11.57	65.54	2.76	0.46	36.00	11.48
	B. Cevher	100.00	31.87	66.08	3.18	0.54	100.00	31.87
	TOPLAM	100.00	100.00	67.14	3.20	0.54	100.00	100.00

## KAYNAKLAR

- [1] J.H. Canterford & C. C. Moorrees, "Magnesia from magnesite by calcination/carbonic acid leaching. development of iron removed flowsheets" Bull. Proc. Australas Inst. Min. Metall. No. 289 , Nov./Dec. pp. 303-307, 1984.
- [2] J.H. Canterford, P.T.L.Koh, C.C. Moorres & G.Tsammbourakis, "Magnesia from magnesite by calcination/carbonic acid leaching. comparison of several Australian magnesites" Bull.Proc.Australas Inst. Min. Metall.,Vol.290, No. 2, March, pp. 71-73, 1985.
- [3] N. Gence "*Manyezitin Yüzey Özellikleri ve Reaktif Adsorplama Mekanizması*", Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 1991.
- [4] M. Kaya, "*Magnesit ve Bazik Refrakterler Teknolojisi*", Anadolu Üniversitesi Yayınları, No. 457, Müh. Mím.Fakültesi Yayınları, No. 57, Eskişehir, 1993.
- [5] A.N. Lymar, "Enriching Satkinsk Magnesite in Heavy Suspensions", Refractories, No. 6, pp. 19-27, 1968.
- [6] G.F. Suslikov, M.G.Kurachkin & N.A. Yur'eva, "Experimental Enrichment of Satkinsk Magnesites in Heavy Suspensions", Refractories, No.1, pp. 26-30, 1966.