

Kestelek Konsantratör Tesisi Ara Ürün Stokları B₂O₃ İçeriklerinin İyileştirilmesi Çalışmaları

M.Gündüz, H.Çebi, M.S.U.Bilici, H.Akçin, G.Karakoç & A.Doğan
ETİ HOLDİNG A.Ş. Araştırma-Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, Kestelek konsantratör tesisindeki düşük B₂O₃ tenörlü ara ürünlerin değerlendirilebilirle olanakları araştırılmıştır. Belirlenen optimum scrubbing koşullarında, -3 mm ara ürüne (ortalama %35,00 B₂O₃) yaş eleme ve scrubbing işlemleri uygulanarak yaklaşık %40,00 B₂O₃ tenörlü bir ürün elde edilebileceği, kuru manyetik ayırma işlemi uygulanması sonucunda ise, konsantre tenorunun yaklaşık %44,00 B₂O₃ değerine kadar çıkarılabileceği tespit edilmiştir. -25+3 mm ara ürüne, sırasıyla scrubbing, yaş eleme ve kuru manyetik ayırma işlemleri uygulanması sonucunda, %39,50 B₂O₃ tenörlü bir ürün %94,37 verimle elde edilmiştir. -25+3 mm ara ürünün yaklaşık -3 mm tane boyutuna kırılıp, -3 mm ara ürün ile ağırlıkça %50 oranında karıştırıldıktan sonra sırasıyla scrubbing, yaş eleme ve kuru manyetik ayırma işlemlerinin uygulanması durumunda, %42,43 B₂O₃ tenörlü konsantre %79,05 B₂O₃ verimi ile elde edilebilmektedir.

ABSTRACT: In this study, upgrading possibilities of low B₂O₃ content middlings of Kestelek concentrator were investigated. Under the predetermined optimum scrubbing conditions, 40,00% B₂O₃ content product was obtained from -3 mm middling, averaging 35,00% B₂O₃ content, by wet screening and scrubbing methods. Upgrading this product to 44,00% B₂O₃ was carried out by dry magnetic separation. By using the scrubbing, wet screening and dry magnetic separation respectively on the -25+3 mm middlings, the product containing 39,50% B₂O₃ was produced with the recovery of 94,37%, -25+3 mm middlings that were crashed to -3 mm particle size mixed with -3 mm middlings and were recovered by scrubbing, wet screening and dry magnetic separation processes respectively. From these tests, a colemanite concentrate containing 42,43% B₂O₃ content was produced with a recovery of 79,05% B₂O₃.

1 GİRİŞ

ETİ BOR A.Ş. Kestelek Bor İşletmesi Müdürlüğü konsantratör tesisinde zenginleştirilen ancak tenörlerindeki farklı oranlardaki montmorillonit ve dolomit tipi killerden dolayı B₂O₃ tenörü yaklaşık %30 dolayında kalan ve bu haliyle satış imkanı olmayan -25+3 mm ve -3 mm tane boyutu dağılımlarına sahip ara ürünler tesis stoklarında biriktirilmektedir. Yaklaşık 60.000 ton civarında olduğu belirtilen bu ara ürünlerin değerlendirilebilmesi için, işletme tarafından temin edilen numuneler üzerinde ETİ HOLDİNG A.Ş. Genel Müdürlüğü AR-GE Dairesi Başkanlığı pilot tesis ve proses araştırma laboratuvarlarında cevher zenginleştirme çalışmaları yapılmıştır.

2 LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

2.1 Ara ürün numunelerinin tane boyutu dağılımlarının belirlenmesi

ETİ BOR A.Ş. Kestelek Bor İşletme Müdürlüğü'nden temin edilen yaklaşık 200'er kg'lık ara ürün numunelerinden alınan temsili örnekler, kuru ve yaş eleme işlemleri uygulanarak tane boyutu dağılımları tespit edilmiştir (Çiz. 1-2). Çizelge 2'den de görüldüğü gibi, 0,125 mm'den daha ince fraksiyon, -3 mm ara ürünün ağırlıkça %12,28'lik kısmını oluşturmaktadır. -0,125 mm'lik fraksiyonun B₂O₃ tenörü %7,39'dur. Buna karşılık, 0,125 mm'lik malzemenin eleme vb. yöntemlerle ayrılması durumunda, -3 mm ara ürünün geriye kalan ve ağırlıkça %87,72'lik kısmını oluşturan malzemenin B₂O₃ tenörü %38,24 olmaktadır. Bir başka deyişle, -3 mm ara ürünün yaş olarak elenip 0,125 mm'den daha ince olan %7,39 B₂O₃ tenörlü kısmının ayrılması ile, B₂O₃ tenörü %38,24 ve tane

boyu dağılımı -5,6+0,125 mm olan bir ürün elde edilebilmektedir.

Çizelge 1. KLestelek -25+3 mm ara ürün numunesinin kuru ve yaş elek analizi sonuçları.

Elek Açıklığı (mm)	Kuru Eleme		Yaş Eleme	
	Ağırlık (%)	Kümülatif % Elek Altı	Ağırlık (%)	Kümülatif % Elek Altı
+22,40	0,0	-	0,0	-
-22,40+16,00	9,04	100,00	7,23	100,00
-16,00+11,20	15,73	90,96	17,15	92,77
-11,20+8,00	15,26	75,23	16,60	75,62
-8,00+5,60	15,73	59,97	17,70	59,02
-5,60+4,00	18,67	44,24	12,19	41,32
-4,00+2,00	17,27	25,57	8,54	29,13
-2,00+1,00	4,15	8,30	3,37	20,59
-1,00	4,15	4,15	17,22	17,22
TOPLAM	100,00		100,00	

Çizelge 2. Kestelek -3 mm ara ürün numunesinin kuru ve yaş elek analizi sonuçları.

Elek Açıklığı (mm)	Kuru Eleme		Yaş Eleme	
	Ağırlık (%)	Kümülatif % Elek Altı	Ağırlık (%)	Kümülatif % Elek Altı
-5,60+4,00	1,94	100,00	1,49	100,00
-4,00+2,00	14,69	98,06	18,30	98,51
-2,00+1,00	23,56	83,37	23,76	80,21
-1,00+0,500	27,79	59,81	20,29	56,45
-0,500+0,250	21,15	32,02	16,50	36,16
-0,250+0,125	8,69	10,87	7,38	19,66
-0,125+0,074	1,41	2,18	1,61	12,28
-0,074+0,037	0,71	0,77	1,05	10,67
-0,037	0,06	0,06	9,62	9,62
TOPLAM	100,00		100,00	

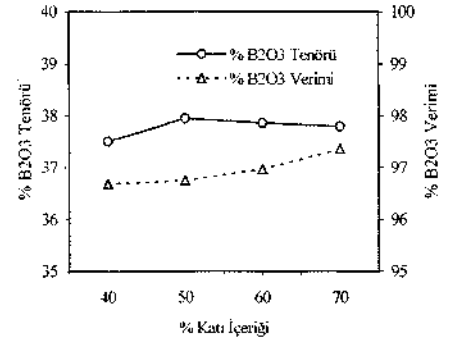
2.2 Optimum scrubbing koşullarını belirleme testleri

2.2.1 Optimum pülp katı içeriğini belirleme testleri

Bu bölümde, scrubbing süresi 15 dakika ve karıştırma hızı 500 devir/dakika olarak sabit tutulup %40-50-60-70 katı oranlarında scrubbing testleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3 ve Şekil 1'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, farklı katı tenörü değerlerinde uygulanan scrubbing işlemleri sonucunda elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. %B₂O₃ veriminin %70 katı içeriğinde maksimuma ulaştığı tespit edilmiş olmasına rağmen, bu katı içeriğinde tesis şartlarında karşılaşılabilecek mekanik zorluklar dikkate alınarak bu değere en yakın değer olan %60 katı içeriğinin scrubbing işlemi için uygun olacağına karar verilmiştir.

Çizelge 3. Kestelek -3 mm ara ürün numunesine farklı katı içeriklerinde uygulanan scrubbing işlemi sonuçları.

Pülp Katı İçeriği (%)	Urun Tane Boyutu (mm)	% Ağırlık	% B ₂ O ₃ Verimi	% B ₂ O ₃ Verimi
%40	-3+0,125mm	88,60	37,51	96,69
	-0,125 mm	11,40	9,18	3,05
	Toplam	100,00	34,28	100,00
%50	-3+0,125 mm	87,40	37,95	96,76
	-0,125 mm	12,60	8,82	3,24
	Toplam	100,00	34,28	100,00
%60	-3+0,125 mm	87,80	37,86	96,97
	-0,125 mm	12,20	8,51	3,03
	Toplam	100,00	34,28	100,00
%70	-3+0,125mm	88,30	37,80	97,37
	-0,125 mm	11,70	7,71	2,63
	Toplam	100,00	34,28	100,00



Şekil 1. -3 mm ara ürün numunesine farklı pülp yoğunluklarında uygulanan scrubbing işlemi sonucunda elde edilen %B₂O₃ tenörü ve % B₂O₃ verimi grafiği.

2.2.2 Optimum scrubbing süresini belirleme testleri

Bu bölümde, pülpün katı oranı %60, karıştırma hızı 500 devir/dakika olarak sabit tutulmuş ve 10-15-20-25 dakika sürelerde scrubbing testleri yapılmış ve hem %B₂O₃ tenörü hem de %B₂O₃ veriminin scrubbing süresine bağlı olarak düşüş gösterdiği tespit edilmiştir (Çiz. 5 ve Şek. 2). Ancak her iki değerinde de, 15 dakikalık scrubbing işlemi sonucunda optimuma yaklaştığı bu nedenle de 15 dakikalık sürenin scrubbing işlemi için uygun olduğuna karar verilmiştir.

2.2.3 Optimum karıştırma hızını belirleme testleri

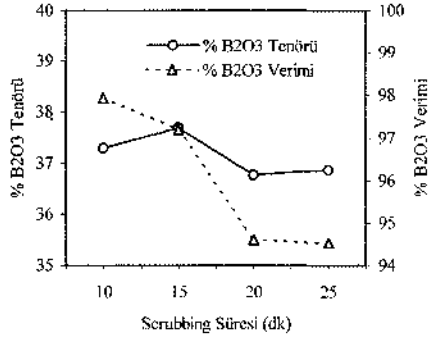
Bu bölümde, pülpün katı oranı %60, scrubbing süresi 15 dakika olarak sabit tutulmuş ve 250-500-750 ve 1000 devir/dakika karıştırma hızlarında scrubbing testleri yapılarak sonuçlar Çizelge 6 ve Şekil 3'de verilmiştir. Sonuçlar, % B₂O₃ veriminin

Çizelge 5. Kestelek -3 mm ara ürün numunesine farklı scrubbing sürelerinde uygulanan scrubbing işlemi sonuçları.

Scrubbing Süresi (dakika)	Ürün Tane Boyutu (mm)	% B ₂ O ₃ Verimi		
		% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Verimi
10	-3+0,125	90,00	37,30	97,93
	-0,125	10,00	7,10	2,07
	Toplam	100,00	34,28	100,00
15	-3+0,125	88,40	37,69	97,19
	-0,125	11,60	8,29	2,81
	Toplam	100,00	34,28	100,00
20	-3+0,125	88,20	36,77	94,61
	-0,125	11,80	15,67	5,39
	Toplam	100,00	34,28	100,00
25	-3+0,125	87,90	36,87	94,54
	-0,125	12,10	15,46	5,46
	Toplam	100,00	34,28	100,00

Çizelge 6. Kestelek -3 mm ara ürün numunesine farklı karıştırma hızlarında uygulanan scrubbing işlemi sonuçları

Karıştırma Hızı (devir/dakika)	Ürün Tane Boyutu (mm)	% B ₂ O ₃ Verimi		
		% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Verimi
250	-3+0,125	88,90	37,18	96,42
	-0,125	11,10	11,05	3,58
	Toplam	100,00	34,28	100,00
500	-3+0,125	88,40	37,58	96,90
	-0,125	11,60	9,13	3,10
	Toplam	100,00	34,28	100,00
750	-3+0,125	86,30	38,31	96,44
	-0,125	13,70	8,89	3,56
	Toplam	100,00	34,28	100,00
1000	-3+0,125	85,20	38,20	94,94
	-0,125	14,80	11,71	5,06
	Toplam	100,00	34,28	100,00

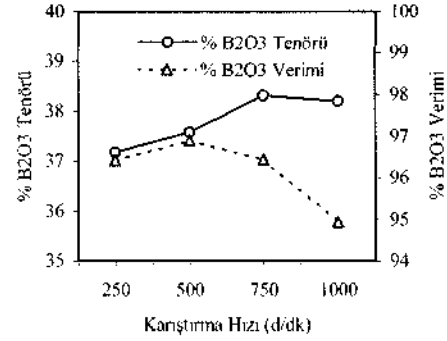


Şekil 2. -3 mm ara ürün numunesine farklı sürelerde uygulanan scrubbing işlemi sonucunda elde edilen %B₂O₃ tenörü ve %B₂O₃ verimi grafiği.

750 devir/dakika karıştırma hızında maksimum olmasına karşılık %B₂O₃ tenorunun düştüğünü göstermektedir. 500 devir/dakika karıştırma hızında ise, %B₂O₃ veriminin daha yüksek, %B₂O₃ tenorunun daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bir başka deyişle, 500 ve 750 devir/dakika karıştırma hızları tesis şartları da dikkate alınarak en uygun hızlar olarak kabul edilebilir. Ancak, bu çalışmada kullanılan laboratuvar tipi scrubbing ünitesinin çalışma koşullarına göre, 500 devir/dakika karıştırma hızının en uygun olacağına karar verilmiş ve bundan sonraki testlerde bu değer sabit tutulmuştur.

2.3 -3 mm ara ürüne uygulanan scrubbing testi

Scrubbing işleminin, -3 mm. ara ürün numunesi üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla optimum koşullarında scrubbing işlemi uygulanmıştır. Scrubbing işlemi sonunda ürünün tamamı yaş olarak elenmiş ve tane boyutu dağılımı ile elek



Şekil 3. -3 mm ara ürün numunesine farklı karıştırma hızlarında uygulanan scrubbing işlemi sonucunda elde edilen %B₂O₃ tenörü ve %B₂O₃ verimi grafiği.

fraksiyonlarının % B₂O₃ tenörleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, -3 mm ara ürüne uygulanan scrubbing işleminin ardından, B₂O₃ tenörü %7,19, B₂O₃ verimi %2,95 olan -0,125 mm'lik fraksiyonun yaş eleme ile ayrılması sonucunda, B₂O₃ tenörü %38,58 B₂O₃ verimi ise %97,05 olan -5,60+0,125 mm tane boyutu dağılımına sahip ürünün elde edilebileceğini göstermektedir. Bu tespit çerçevesinde, B₂O₃ tenörü düşük olan -0,125 mm tane boyutundaki fraksiyonun scrubbing öncesi yaş eleme ile ayrılarak +0,125 mm'lik kısma scrubbing işlemi uygulamasının sonuçları araştırılmıştır. +0,125 mm ürüne optimum koşullarda scrubbing işlemi uygulanmış, scrubbing işlemi sonunda ürünün tamamı elenerek tane boyutu dağılımı ile elek fraksiyonlarının %B₂O₃ tenörleri tespit edilmiş ve sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Kestelek -3 mm ara ürün numunesinin yaş eteme+scrubbing sonrası tane boyutu dağılımı ile % B_{2,0} tenor ve verimleri.

Elek Açıklığı (mm)	Ağırlık (%)	Kümülatif % Elek Altı	% B _{2,0}	% B _{2,0} Verimi
-5,60+4,00	0,97	100,00	34,78	0,99
-4,00+2,00	13,16	99,03	37,57	14,43
-2,00+1,00	21,21	85,87	39,96	24,72
-1,00+0,500	19,26	64,66	42,11	23,65
-0,500+0,250	18,16	45,40	41,98	22,24
-0,250+0,125	8,90	27,24	38,47	9,98
-0,125	18,34	18,34	7,45	3,99
TOPLAM	100,00	-	34,28	

Çizelge'de görüldüğü gibi, -3 mm ara ürününün scrubbing öncesi yaş eleme ile -0,125 mm'lik kısmının ayrılmasını takiben uygulanan scrubbing işlemi sonucunda, B2O3 tenörü %40,31 ve B2O3 verimi %96,01 olan -5,60+0,125 mm tane boyutu dağılımına sahip ürün elde edilebilmektedir.

2.4 -25+3 mm ara ürün numunesine uygulanan scrubbing testi

Kestelek -25+3 mm ara ürününe optimum koşullarda scrubbing işlemi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 8'de verilmiştir. Kestelek -25+3 mm ara ürününün scrubbing işlemini takiben yaş eleme ile -1,00 mm'lik kısmının ayrılması sonucunda %B₂(J3 tenörü %35,85, % B_{2,0} verimi ise %70,97 olan -25+1 mm tane boyutu dağılımına sahip ürün elde edilmiştir. -1,00 mm ürünün % B_{2,0} tenörü % 17,72, % B_{2,0} verimi ise %29,03 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 8. Kestelek -25+3 mm ara ürün numunesinin scrubbing+yaş eleme sonrası tane boyutu verimi ile B_{2,0}< tenor ve verimleri.

Elek Açıklığı (mm)	Ağırlık (%)	Kümülatif % Elek Altı	% B _{2,0}	% B _{2,0} Verimi
+22,40	0,00	-	-	-
-22,40+16,00	3,00	100,00	40,13	4,37
-16,00+11,20	6,00	97,00	38,31	8,31
-11,20+8,00	6,00	91,00	37,19	8,07
-8,00+5,60	9,86	85,00	32,94	11,74
-5,60+4,00	9,86	75,14	35,11	12,52
-4,00+2,00	14,71	65,28	35,33	18,80
-2,00+1,00	5,28	50,57	37,46	7,16
-1,00	45,29	45,29	17,72	29,03
TOPLAM	100,00	-	27,64	100,00

2.5 -25+3 ve -3 mm ara ürünleri karışım numunesine uygulanan scrubbing testi

Tesis stok alanlarında biriktirilen -25+3 mm ve -3 mm ara ürünlerinin aynı oranda karıştırılması ile elde edilecek malzemenin, aynı scrubbing ortamındaki davranışını incelemek amacıyla, her iki ara üründen alınan temsili numuneler ağırlıkça %50 oranında karıştırılmış ve elde edilen bu malzemeye optimum koşullarda scrubbing işlemi uygulanmıştır. Scrubbing işlemi sonunda ürünün tamamı yaş olarak elenmiş ve tane boyutu dağılımı ile elek fraksiyonlarının % B2O3 tenörleri Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Kestelek -25+3/-3 mm ara ürünlerinin karıştırılması ile elde edilen malzemenin scrubbing+yaş eleme sonrası tane boyutu dağılımı ile B_{2,0} tenor ve verimleri.

Elek Açıklığı (mm)	Ağırlık (%)	Kümülatif % Elek Altı	% B _{2,0}	% B _{2,0} Verimi
+22,40	0	-	-	-
-22,40+11,20	2,72	100,00	9,23	0,80
-11,20+8,00	5,28	97,28	28,14	4,78
-8,00+4,00	15,29	92,00	34,51	16,95
-4,00+2,00	17,43	76,71	35,39	19,81
-2,00+1,00	12,28	59,28	38,12	15,04
-1,00+0,500	10,14	47,00	40,47	13,19
-0,500+0,250	8,57	36,86	40,41	11,13
-0,25+0,125	5,86	28,29	38,21	7,19
-0,125	22,43	22,43	15,42	11,11
TOPLAM	100,00	-	31,13	100,00

Karışım numunesine uygulanan scrubbing işlemi sonucunda, ortalama B₂O₁ tenörü %31,13 olan karışımdan BJOJ tenörü %35,67, B2O3 verimi ise %88,89 olan -22,40+0,125 mm tane boyutu dağılımına sahip ürün elde edilebilmektedir.

2.6 Manyetik ayırma testleri

Kestelek kolemanit cevheri -25+3 ve -3 mm ara ürün numunelerine uygulanan manyetik ayırma işlemlerinde laboratuvar tipi İNPROSYS marka, yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcı kullanılmıştır. Sistemde, uygulanan manyetik alan şiddeti sabit olup, iki adet tamburdan biri neodmiyum alaşımli 22.000 gauss'luk manyetik alan şiddetine sahiptir. Manyetik ayırma testleri sırasında, beslenen malzeme miktarı titreşimli besleyicinin frekansı vasıtasıyla sabit tutulmuştur. Manyetik ve nön-manyetik ürünleri ayırma işlevine sahip ayırıcı plakanın konumu değiştirilerek manyetik ayırma testleri yapılmıştır.

2.6.1 -3 mm ara ürüne uygulanan manyetik ayırma testi

Kestelek -3 mm ara ürün numunesi, manyetik ayırma öncesi herhangi bir işlem uygulanmaksızın manyetik ayırıcıdan aşağıdaki koşullarda geçirilmiş ve sonuçlar Çizelge 10'da verilmiştir.

Tambur Hızı (devir/dakika)	Man. Alan Şiddeti (gauss)	Ayırıcı Plaka Konumu
40	22.000	+ 1
40	22.000	+0,5
40	22.000	0

Çizelge 10. Kestelek -3 mm ara ürün numunesinin manyetik ayırma test sonuçları.

Manyetik Olmayan Ürün				Manyetik Ürün		
Ayırıcı Plaka Konumu	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% Dağıl.	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% Dağıl.
+1	81,84	39,46	92,40	18,16	14,63	7,60
+0,5	65,40	41,27	77,47	34,60	22,69	22,53
0	18,80	43,15	22,76	81,20	33,91	77,24

Bu işlem sonucunda, %B₂O₃ tenörü 41,27 olan ürün %77,47 B₂O₃ verimi ile elde edilebilmektedir. Konsantrasyonunun %40,00 B₂O₃ değerinin üzerinde olmasına rağmen verimin düşüklüğü nedeniyle, -3 mm ara ürüne scrubbing ve yaş eleme işlemlerinin uygulanmasının ardından kuru manyetik ayırma işlemi uygulamasının sonuçları araştırılmıştır.

2.6.2 -3 mm ara ürüne scrubbing+yaş eleme sonrası uygulanan manyetik ayırma testi

Kestelek -3 mm ara ürün numunesine optimum koşullarda scrubbing işlemi uygulandıktan sonra ürünün tamamı yaş olarak elenmiş ve -0,125 mm'lik fraksiyon ortamdan uzaklaştırılmıştır. -3,00+0,125 mm'lik kısım 105°C'de 4 saat kurutulduktan sonra manyetik ayırma işlemleri uygulanmıştır (Çiz. 11). -3 mm ara ürüne uygulanan scrubbing, yaş eleme ve manyetik ayırma işlemleri sonucunda Çizelge 11'de görüldüğü gibi, maksimum %44,02 B₂O₃ tenörlü bir ürün %88,09 manyetik ayırma verimi, %84,62 toplam B₂O₃ verimi ile elde edilebilmektedir.

2.6.3 -25+3 mm ara ürüne uygulanan manyetik ayırma testi

-25+3 mm ara ürüne manyetik ayırma işlemi uygulanması sonucunda elde edilen %B₂O₃ tenor Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 11. Kestelek -3 mm ara ürün numunesi scrubbing ürünü -3,00+0,125 mm fraksiyonunun manyetik ayırma test sonuçları.

Manyetik Olmayan Ürün				Manyetik Ürün		
Ayırıcı Plaka Konumu	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.
+1	91,26	42,41	98,95	8,74	4,69	1,05
+0,5	77,62	44,02	88,09	22,38	20,63	11,91

Çizelge 12. Kestelek -25+3 mm ara ürün numunesi manyetik ayırma test sonuçları.

Manyetik Olmayan Ürün				Manyetik Ürün		
Ayırıcı Plaka Konumu	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.
+1	64,73	35,77	79,17	35,27	17,27	20,83
+0,5	56,47	37,21	72,38	43,53	18,42	27,62
0	23,00	41,18	31,56	77,00	26,18	68,44

Çizelge 12'de görüldüğü gibi, ayırıcı plaka konumunun değişimine bağlı olarak manyetik olmayan ürünün %B₂O₃ tenöründe artış olmakta ve %B₂O₃ tenörü maksimum %41,18 olan ürün %31,56 gibi çok düşük bir B₂O₃ verimi ile elde edilebilmektedir. Bu sonuçlar, -25+3 mm ara ürünün kolemanit tanecikleri ile bağlı halde fazla miktarda kil vb. safsızlıklar içerdiğini, bu nedenle de manyetik ayırma işlemi ile yüksek B₂O₃ tenörlü konsantrasyonun yüksek B₂O₃ verimi ile elde edilemediğini göstermektedir.

2.6.4 -25+3 mm ara ürüne scrubbing+yaş eleme sonrası uygulanan manyetik ayırma testi

Kestelek -25+3 mm ara ürüne doğrudan uygulanan manyetik ayırma işleminin istenen sonucu vermemesi nedeniyle, bu malzeme üzerinde scrubbing ve yaş eleme işlemlerinin etkisi araştırılmıştır. Scrubbing işlemi sonunda, ürünün tamamı elenmiş ve -0,125 mm'lik kısım ayrılarak -25,00+0,125 mm'lik kısım 105°C'de 4 saat kurutulduktan sonra manyetik ayırma işlemleri uygulanmıştır (Çiz. 13).

Elde edilen sonuçlar, besleme tenörü yaklaşık %29,00 B₂O₃ olan -25+3 mm ara ürün numunesine uygulanan scrubbing+yaş eleme ve kuru manyetik ayırma işlemleri sonucunda, B₂O₃ tenörü %39,50 olan ürünün %94,37 manyetik ayırma verimi, %82,95 toplam verimle elde edilebildiğini göstermektedir.

Çizelge 13. Kestelek -25+3 mm ara ürün numunesi scrubbing ürünü -25.00+0, i 25 mm fraksiyonunun manyetik ayırma test sonuçları.

Manyetik Olmayan Ürün				Manyetik Ürün		
Ayırıcı Plaka Konumu	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.
+ 1	92,70	37,75	98,72	7,30	6,22	1,28
+0,5	85,94	39,50	94,37	14,05	14,42	5,63

2.6.5 -25+3 mm ara ürüne kırma sonrası uygulanan manyetik ayırma testi

Boyut küçültme işleminin -25+3 mm ara ürüne uygulanan kuru manyetik ayırma işlemi üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla numune, -3 mm ara ürünün tane boyutu dağılımına yakın olacak şekilde çeneli kırıcıda kırılmış ve elde edilen ürüne aşağıdaki koşullarda manyetik ayırma işlemi uygulanmıştır (Çiz. 14). Elde edilen sonuçlar, ayırıcı plakanın farklı konumlarında elde edilen manyetik ürünlerin %B₂O₃ tenörü değerlerinin, -25+3 mm ara ürüne doğrudan uygulanan manyetik ayırma deneyi sonuçları ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

Çizelge 14. Kestelek-25+3 mm ara ürün numunesi kırma+manyetik ayırma test sonuçları

Manyetik Olmayan Ürün				Manyetik Ürün		
Ayırıcı Plaka Konumu	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.
+ 1	47,43	37,39	60,70	52,57	21,84	39,30
+0,5	33,78	37,79	44,34	66,22	24,20	55,66
0	11,43	41,94	17,18	88,57	26,11	82,82

2.6.6 Ağırlıkça %50 -25+3 mm ve %50 -3 mm ara ürünlerden içeren malzemeye uygulanan yaş eleme +scrubbing+manyetik ayırma testi

Ağırlıkça %50 oranında -25-3 mm ve -3 mm ara ürünlerden içeren numuneye, yaş eleme işlemi uygulanarak 0,125 mm'lik fraksiyonu ayrıldıktan sonra -25,00+0,125 mm'lik kısmına optimum koşullarda scrubbing işlemi uygulanmıştır. Scrubbing işlemi sonunda ürünün tamamı elenmiş ve -0,125 mm'lik kısmı ayrılarak -25,00+0,125 mm'lik kısım 105°C'de 4 saat kurutulduktan sonra bu ürüne manyetik ayırma işlemi uygulanmıştır (Çiz. 15).

Çizelge 15. Ağırlıkça %50 karışım halindeki Kestelek ara ürün numunelerinin scrubbing ürünü -25,00+0,125 mm fraksiyonunun manyetik ayırma test sonuçları.

Manyetik Olmayan Ürün				Manyetik Ürün		
Ayırıcı Plaka Konumu	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.
+ 1	88,50	40,86	97,09	11,50	9,43	2,91
+0,5	73,64	41,66	83,23	26,35	23,45	16,77
0	19,35	43,36	23,27	80,65	34,30	76,73

Çizelge 15'deki sonuçlar, karışım numunesine uygulanan yaş eleme, scrubbing ve manyetik ayırma işlemlerinin manyetik olmayan ürünün tenorunu artırıcı bir etkiye sahip olduğunu ancak, %43,36 gibi yüksek B₂O₃ tenorunun %23,27'ük düşük bir verimle elde edilebildiğini göstermektedir. Buna karşılık, %41,66 B₂O₃ tenörü bir ürün %83,23 manyetik ayırma, %77,14 toplam B₂O₃ verimi ile elde edilebilmektedir.

2.6.7 -3 mm tane boyutuna kırılmış -25+3 mm ara ürün ile -3 mm ara ürünlerden ağırlıkça %50 oranında içeren malzemeye uygulanan scrubbing+yaş eleme + manyetik ayırma testi

-25+3 mm ara ürünün çeneli kırıcıda yaklaşık -3 mm tane boyutuna kırılması ile elde edilen malzeme ile -3 mm ara ürün numuneleri, ağırlıkça %50 oranında karıştırılmış ve optimum koşullarda scrubbing işlemine tabi tutulmuştur. Scrubbing işlemi sonunda ürünün tamamı elenmiş ve -0,125 mm'lik kısmı ayrılarak +0,125 mm'lik kısım 105°C'de 4 saat kurutulduktan sonra ürünlere manyetik ayırma işlemleri uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 16'da görülmektedir.

Çizelge 16. Ağırlıkça %50 karışım halindeki Kestelek ara ürün numunelerinin scrubbing ürünü +0,125 mm fraksiyonunun manyetik ayırma test sonuçları.

Manyetik Olmayan Ürün				Manyetik Ürün		
Ayırıcı Plaka Konumu	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.	% Ağırlık	% B ₂ O ₃	% B ₂ O ₃ Dağıl.
+ 1	86,33	40,29	96,15	13,67	10,07	3,85
+0,5	73,64	42,43	85,86	26,35	19,47	14,14
0	19,35	44,48	39,53	80,65	31,51	60,47

Çizelge 16'daki sonuçlar, -25+3 mm ara ürününün yaklaşık -3 mm ara ürün boyutuna kırılmasından sonra -3 mm ara ürün ile karıştırılmasının, konsantre tenor ve veriminde az da olsa artışa neden olduğuna

göstermektedir. Karışım numunesine uygulanan, scrubbing, yaş eleme ve manyetik ayırma işlemleri sonucunda, en uygun manyetik ayırıcı plaka konumunun +0,5 olduğu ve bu koşullarda %42,43 B₂O₃ tenörlü ürünün %85,86 manyetik ayırma verimi ile elde edilebildiği görülmektedir. Toplam B₂O₃ verimi ise %79,05 olarak tespit edilmiştir.

3 SONUÇLAR

Kestelek -25+3 mm (B₂O₃ tenörü ortalama %30,00) ve -3 mm (B₂O₃ tenörü ortalama %35,00) ara ürün numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar ölçekli cevher zenginleştirme işlemleri sonucunda;

- » -3 mm ara ürün içinde ağırlıkça %12,28 oranında 0,125 mm'den daha ince malzeme içeren kısmın B₂O₃ tenorunun %7,19 olduğu, bu kısmın eleme işlemi ile ayrılması durumunda, -5,60+0,125 mm tane boyutu dağılımına sahip %38,24 B₂O₃ tenörlü ürün elde edilebileceği,
- -25+3 mm ara ürününün çeneli kırıcıda kırılmasından sonra elde edilen malzemeye, scrubbing ve yaş eleme işlemleri uygulanması sonucunda, B₂O₃ tenörü %35,94, B₂O₃ verimi ise %91,37 olan -6,30+0,125 mm tane boyutu dağılımına sahip ürün elde edildiği,
- * -3 mm ara ürüne doğrudan kuru manyetik ayırma işlemi uygulanması sonucunda, %41,27 B₂O₃ tenörlü bir ürün toplam

%77,47 B₂O₃ verimi ile elde edilirken, -3 mm ara ürüne uygulanan scrubbing, yaş eleme ve manyetik ayırma işlemleri sonucunda, konsantre B₂O₃ tenorunun %44,02 değerine kadar yükseldiği, B₂O₃ tenörü ortalama %30,00 olan -25+3 mm ara ürün numunesine uygulanan scrubbing+yaş eleme ve kuru manyetik ayırma işlemleri sonucunda B₂O₃ tenörü %39,50 olan ürünün toplam %82,95 verimle elde edilebildiği, -25+3 mm ara ürünün kırıldıktan sonra, -3 mm ara ürün numunesi ile ağırlıkça %50 oranında karıştırılması ile elde edilen malzemeye uygulanan scrubbing, yaş eleme ve manyetik ayırma işlemleri sonucunda, %42,43 B₂O₃ tenörlü ürünün %79,05 toplam B₂O₃ verimi ile elde edilebileceği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Cebi, H. 1994. ETİBANK Kestelek Bor Madenleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü konsantratör tesisinde -3 mm konsantre ürün tenorunun iyileştirilmesi çalışmaları raporu. Sayı: 14, Etibank Genel Müdürlüğü Bor Araştırma Merkezi, İzmir.
- INPROSYS International process system, Inc., Catalogue.
- Mular, B. 1980, Mineral Processing Plant Design, 2nd Edition, AIME.
- 1998, ETİ BOR A.Ş. Genel Müdürlüğü Kestelek İşletme Müdürlüğü brifing raporu, Kestelek.
- Weiss, N.L. 1985, SME Mineral Processing Handbook, AIME.

