

# **KOLEMANİT TANE BOYUTUNUN BORİK ASİT ÜRETİMİNE ETKİSİ**

## **EFFECT OF COLEMANITE PARTICLE SIZE ON BORIC ACID PRODUCTION**

**E. OKUR (\*)**  
**M.S. ÇELİK (»»)**  
**G. ÖNAL (\*\*\*)**

**Anahtar Sözcükler :** Borik Asit, Dekahidrat, Kolemanit, Öğütme

### **ÖZET**

Laboratuvar çapında yapılan sistematik öğütme deneylerinde 0.1 mm altına öğütülen kolemanit cevheri ile optimum borik asit kazanma verimleri elde edilmiştir. Pülpte katı oranı, flokulan miktarı, filtre kekinin sıcak su ile yıkanması, asit konsantrasyonu, katkı maddesi ilavesi ve slamın ayrılması gibi değişkenlerin filtre keki nemi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu bulgular sonucunda özellikle tane boyutunun optimizasyonu ve filtre keki neminin azaltılması için çeşitli devre tertipleri önerilmiş ve bunların tesiste kısmen uygulanması ile teknolojik verimin % 58.9'dan % 75.6'ya yükseldiği görülmüştür.

### **ABSTRACT**

Colemanite ore ground to minus 0.1 mm has been found to produce optimum boric acid recoveries under the laboratory conditions. The effect of % solids, flocculant dosage, hot washing of the filter cake, acid concentration, additive type and desliming on filter cake moisture has been studied. A number of alternative circuit modifications for reducing moisture in the filter cake and optimization of particle size have been proposed. Implementation of these measures in the plant has increased the boric acid recoveries from 58.9 % to 75.6 %.

\* Dr., Etibank Bandırma Boraks Mues. Müd., Bandırma.

\*\* Doç. Dr., İTÜ Maden Fak., Ayazağa, İstanbul

»\* Prof. Dr., İTÜ Maden Fak., Ayazaga, İstanbul

## 1. GİRİŞ

Bor mineralleri Türk madenciliğinde özellikle dış pazar yönünden büyük önem taşır. Türkiye bor rezervleri ile Dünyada ilk sırayı alırken üretim, zenginleştirme teknolojisi ve rafine bor bileşikleri açısından istenen seviyeye henüz ulaşamamıştır. Bor cevherlerini tuvenan veya konsantre seklinde ihraç etmekten ziyade, özellikle rafine bor üretimine yönelmek gerekmektedir (Taşçı, 1991).

Etibank Bandırma Asit Borik Fabrikası, Kırka Müessesesi ile birlikte bor bileşikleri üreten başlıca iki tesisten biridir. Bu tesislerde boraks dekahidrat, boraks pentahidrat, sodyum perborat, borik asit ve susuz boraks gibi bor bileşikleri üretilmektedir. Yılda 100,000 ton kapasiteli Bandırma Asit Borik Tesisi kırma, öğütme, kristalizasyon ve soğutma kademelerinden sonra toz ve rafine olmak üzere iki ayrı boyut grubunda borik asit üretmektedir. Öğütme boyutunun inceliği reaktörlerdeki çözünme ve filtrasyon verimini büyük ölçüde etkilemekte, dolayısıyla gerek kapasite, gerekse maliyet açısından önem arz etmektedir.

Yapılan ön incelemelerde reaktörlere beslenen malzemenin istenen boyuttan çok daha iri olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada optimum tane boyutunu belirlemek amacıyla tesis bazında mevcut, öğütme, çözünme ve filtrasyon işlemleri simule edilerek optimum öğütme koşullarının tesbitine çalışılmış ve uygun devre tertipleri ile veriminin arttırılması sağlanmıştır. Pülpte katı oranı (PK0), flokülün miktarı, filtre kekinin sıcak su ile yıkanması, asit konsantrasyonu, katkı maddesi ilavesi ve şlamın ayrılması gibi değişkenlerin filtre kekinin nemi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bu bulgular sonucunda özellikle tane boyutunun optimizasyonu ve filtre keki neminin azaltılması için çeşitli devre tertipleri önerilmiş ve bu devre tertiplerinin tesiste uygulanması ile teknolojik verimin arttığı saptanmıştır.

## 2. BORİK ASİT TESİSİ

Bandırma Asit Borik Tesisi, Emet kolemanit işletmesinden alınan kolemanit cevheri ile borik asit üretmektedir. İki ayrı stokta toplanan -100+25 mm ve -25+0 mm boyutlu kolemanit cevheri tesise 1/1 oranında harmanlanarak beslenmektedir. Çeneli kırıcı, çekiçli kırıcı ve titreşimli bir elek içeren açık bir kırıcı devresinin ardından cevher öğütme devresine beslenmektedir. Öğütme devresinde bulunan 1200x2380 mm boyutlu açık devre olarak çalışan 4 adet çubuklu değirmende 60 ve 80 mm'lik çubuklar öğütücü ortam olarak kullanılmaktadır. Değirmenlere beslenen cevherin boyut ve boyuta göre B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dağılımları Çizelge 1'de görülmektedir.

ÇİZELGE 1. Tesiste değirmenlere beslenen cevherin boyut ve boyuta göre B-0, dağılımları.

Tane Boyutu (mm)	Miktar	B <sup>0</sup>	Top.Elek Ü.	Top.Elek A. %
+60	3.4	46.48	3.4	100.0
+25	22.3	41.36	26.7	96.6
+10	17.4	42.40	43.1	74.3
+5	13.1	41.86	86.2	56.0
+1	20.0	38.01	77.1	43.8
+0.6	15.7	40.42	28	22.9
-0.5	7.2	13.10	100.0	7.2
TOPLAM	100.0	30.10		
"so <sup>TM</sup> "		28		

ÇİZELGE 2. Tesiste öğütülen cevherin boyut ve boyuta göre B-03 dağılımları.

Tane Boyutu (mm)	Miktar	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Top.Elek Ü. %	Top.Elek A. %
+0.6	28.6	43.68	28.6	100.0
-0.5*0.1	39.1	43.43	67.7	71.4
-0.1*0.038	11.8	43.29	79.2	32.3
-0.038	20.8	26.73	100.0	20.8
TOPLAM	100.0	39.31		
d 80 mm		0.5		

## 3. MALZEME VE YÖNTEM

Laboratuvar çalışmalarında tesisten alınan ve boyut dağılımı ve boyuta göre B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dağılımı Çizelge 1'de sunulan Cevher numunesi kullanılmıştır. Bu numune değişik sürelerle öğütülmüş ve ardından Şekil 1'de görülen düzenek ile borik asit üretimi gerçekleştirilmiştir. Filtre kekindeki nem ve B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri elde edilmiştir. Yaş olarak yapılan öğütme işlemlerinde ve borik asit üretimi sırasında sıvı olarak tesisten getirilen 50 g/l B-00 içerikli ana çözelti kullanılmıştır.

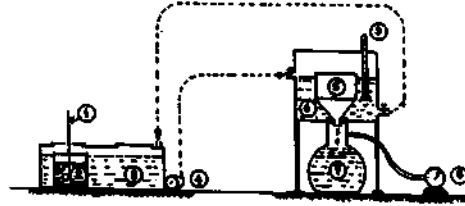
## 4. DENEYSEL ÇALIŞMALARIN SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

Borik asit üretiminde teknolojik verimin yükseltilmesi amacıyla tesis bazında mevcut öğütme, çözünme ve filtrasyon işlemleri laboratuvar düzeyinde deneyerek optimum tane boyutunun tesbiti ve filtre kekindeki nem ve B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaçaklarının düşürülmesi hedeflenmiştir.

#### 4.1. Optimum Tane Boyutunun Tesbiti

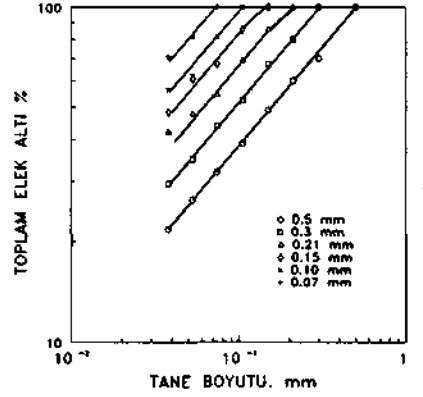
Cevher, tesisten getirilen ana çözelti (50 g/l B-O«) ile % 20 PKO'da karıştırılarak bilyalı değirmenlerde değişik sürelerde öğütülmüştür. Optimum tane boyutunu tesbit için çeşitli boyut altlarına öğütülen numunelerin toplam elek altı eğrileri Şekil 2'de görülmektedir. Teknolojik verim açısından optimum tane boyutunu tesbit etmek için yapılan borik asit üretimi deneyleri sonuçları da Şekil 3'de sunulmaktadır. Süspansiyon 120 mm Hg basıncı altında 3 dk. süre ile 85 °C sıcaklıkta filtrasyona tabi tutulmuştur. Yapılan deneylerde sabit tutulan reaksiyon koşulları aşağıda verilmektedir:

Reaksiyon sıcaklığı	85 °C
Reaksiyon süresi	25+5 dk.
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , miktarı	0.5 t/t cevher
PKO	% 20 (ağırlıkça)
Flokülan miktarı	80 g/t (Magnofloc-351)



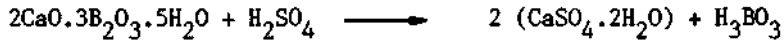
1. Karıştırıcı
2. Reaktör
3. Su Banyosu
4. Su Pompası
5. Porcelen Filtre
6. Su Devri Dışı Hamnesi
7. Çözelti Rezervoarı
8. Vakum Pompası
9. Termometre

ŞEKİL 1. Borik Asit Üretimi deneylerinde kullanılan donanım.



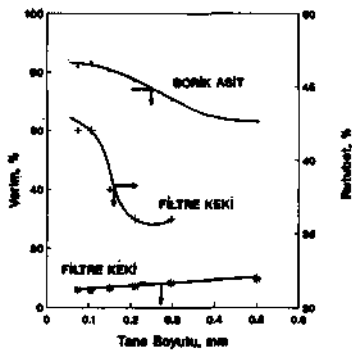
ŞEKİL 2. Farklı sürelerde laboratuvarında yapılan öğütme deneylerine ait toplamı elek altı eğrileri (Lejanddaki boyutlar üst boyutu temsil etmektedir).

1 mm altına öğütülen cevher (Çizelge 2) borik asit üretimi için reaktörlere % 20 katı oranında beslenmektedir. Cevher reaktörlerde 85 C sıcaklıkta H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile çözündürülerek aşağıdaki endotermik reaksiyon sonucu borik asit üretilmektedir.

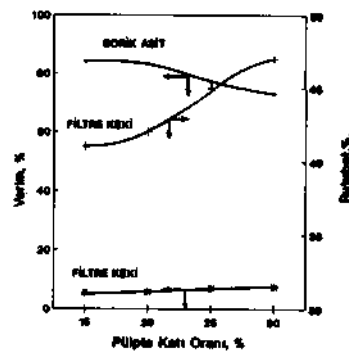


Katı+sıvı ayırımı için tanbur ve larox filtreler kullanılmaktadır. Killerin flokülasyonunu sağlamak üzere filtrasyon sırasında Megnofloc 351 flokülanı kullanılmaktadır. Elde edilen borik

asitçe doymun çözelti kristalizasyon, santrifujleme ve soğutma kademelerinden sonra % 99.9 saflıktaki borik asit paketlenerek piyasaya sürülmektedir.



ŞEKİL 3. Tane boyutunun borik asit kazanma verimi ve filtre keki nemine üzerindeki etkisi.



ŞEKİL 4. Filtre keki oranının borik asit kazanma verimi ve filtre keki nemine üzerindeki etkisi.

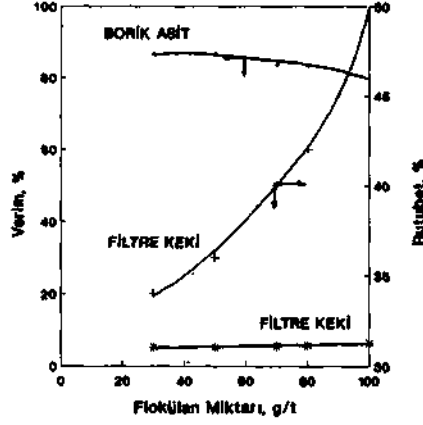
Şekil 3'de görüldüğü üzere tane boyutu küçüldükçe verimin arttığı ve en iyi sonucun 0.1 mm altına öğütülen cevher ile alındığı saptanmıştır. Yine tane boyutu küçüldükçe filtre kekindeki B<sub>0</sub>- kaçaklarının % 9.46'dan % 5.90'a düştüğü tesbit edilmiştir. Buna karşılık tane boyutunun küçülmesi filtre keki nemini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu da tesiste Larox tipi filtrelerin kullanılmasıyla minimuma indirilebilir.

#### 4.2. Filtre Keki Neminin Düşürülmesi

Filtre keki neminin optimizasyonu deneyleri optimum borik asit kazanma verimi sağlayan 0.1 mm altına öğütülmüş numunelerle yapılmıştır. Tesis reaksiyon koşulları değiştirilmeden, flokülün miktarı, PKO, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, miktarı ve şlamın ayrılması gibi faktörlerin filtre keki nemi üzerindeki etkileri Şekil 4,5 ve Çizelge 3 ve 4'de sunulmaktadır. Şekil 4'den görüleceği üzere PKO arttıkça hem borik asit kazanma verimleri azalmakta hem de filtre kekindeki nem ve B<sub>0</sub>, kaçakları da artmaktadır. PKO'nin mümkün mertebe yüksek olması her ne kadar istenirse de, borik asit kazanma verimlerinin ve filtre keki nem ve bor kaçaklarının % 20'nin üzerindeki PKO değerlerinde oldukça hızlı değişim göstermesi % 20 PKO oranının optimum seçilmesine neden olmuştur.

Şekil 5, flokülün miktarının borik asit kazanma verimleri ve filtre keki nemi ve bor kaçakları üzerindeki etkisini sergilemektedir. Flokülün miktarının 30 g/t üzerindeki değerlerde kazanma verimlerinin

azaldığı görülmektedir. Buna paralel olarak filtre keki nemi ve bor kaçakları da artan flokülün miktarlarından olumsuz olarak etkilenmektedir. Yüksek flokülün dozlarında oluşan iri floklar hem suyu fazla tutmakta hem de bir miktar borik asit'i mekanik olarak bağlayarak verim düşüşüne neden olmaktadır. Bu deneyler sonucunda tesiste halen kullanılmakta olan 80 g/t flokülün miktarının hem verim kayıplarına hem de maliyet artışına neden olduğu saptanmıştır.



ŞEKİL 5. Flokülün miktarının filtre keki nemi üzerindeki etkisi

ÇİZELGE 3. Asit miktarının filtre keki rutubeti üzerindeki etkisi.

H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Miktarı ton/ton Cev.	Borik asit		Filtre Kek		
	Miktar %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Verim %	Rutubet %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
0.6	60.8	58.00	86.70	34	5.20
0.7	61.6	58.10	87.90	28	3.26
1.0	61.8	58.03	88.10	27	3.22

ÇİZELGE 4. Şlam ayrılması numuneleri yapılan borik asit üretim deneyleri.

Tane Boyutu (mm)	Borik asit		Filtre Kek		
	Miktar %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Verim %	Rutubet %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
-0.210+0.038	64.0	58.07	84.75	30	3.80
-0.150+0.038	66.0	58.16	87.50	32	3.80
-0.105+0.038	68.3	58.10	81.80	33	3.78

Çizelge 3, asit miktarının borik asit > üretimine etkisini göstermektedir. Asit miktarı arttıkça doğal olarak verimlerin arttığı nem ve kaçakların azaldığı görülmektedir. Asit tüketiminin artması sağladığı verim artışlarına oranla ekonomik olmadığı için tesiste kullanılan 0.5 t/t miktarının uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4 şlamından arındırılmış -0.1+0.038 mm kolemanit cevheriyle yapılan borik asit üretim deneylerinin sonuçlarını vermektedir. Bu işlem için konili kırıcı ürünü cevher öğütme işleminden önce karıştırılarak dağıtılmış (scrubbing) ve kil içeriği fazla olan 0.038 mm alt boyut gurubu yaş eleme ile ayrılmıştır. -0.038 mm fraksiyonu toplam malzemenin % 13.4'ü olup B-O- kaybı % 6.7'dir. Çizelge 4 incelendiğinde şlamından arındırılmış numunelerin aynı boyut gurupları dikkate alındığında hem verim açısından hem de filtre kekindeki nem ve bor kaçakları açısından oldukça olumlu sonuçlar verdiği açıkça görülmektedir.

Diğer taraftan filtre kekinin reaksiyon ısısına eşdeğer ve ana çözeltiliye eşit miktardaki sıcak su ile yıkanmasının filtre keki nemini % 32'ye ve bor kaçağını da % 3.6 B^'ya düşürdüğü bulunmuştur. Reaksiyon sonucu oluşan küçük jips kristallerinin filtrasyon işlemi sırasındaki olumsuz etkilerini gidermek ve daha büyük boyutlarda kristalleşmenin oluşmasını sağlamak amacıyla ortama -0.053+0.038mm boyutlu tabii jips kristalleri ilave edilmiştir. Beslenen kolemanit cevheri miktarına göre % 50 oranında jips ilavesi filtre keki nemini % 42'den % 30'a, bor kaçaklarını da % 5.68'den % 3.46' B^'e düşürülmüştür.

Bu çalışmada elde edilen en önemli bulgu optimum borik asit üretimi için tane boyutunun 0.1 mm altına indirilme gereksinimidir. Tesiste mevcut öğütme devresi bu hedef için uygun olmadığından dolayı siklonla birlikte kapalı devre çalışan çubuklu-bilyalı değirmen içeren çeşitli devre tertipleri önerilmiştir (Okur ve Ark., 1992). Öğütücü ortam olarak birinci kademede 50 mm çubuklar ve ikinci kademede de 25 ve 40 mm'lik bilyalar öğütücü ortam olarak kullanılması önerilmiştir. Değirmenlerde en uygun pülp yoğunluğu % 60'dir. Bu devre tertiplerinin

**ÇİZELGE 5. Çeşitli Aşamalarda Elde Edilen Teknolojik Verimlerin Mukayesesi.**

Açıklamalar	Teknolojik Verim %
Tesis Eski Durumunda (Eylül 91) Çubuklu Deg. + Vakum filtre	58.7
Larox filtreler devrede (Kasım 91)	60.0
Açık devre bilyalı deg.. tek kademeli (Mart 92)	67.2
Açık devre bilyalı deg.. iki kademeli (Haziran 92)	71.6
Bilyalı deg. +' hidrosiklon İki kademe kapalı devre (Eylül 92)	74.6
Ocak 1993 sonu fiili verim	75.6

tesiste uygulanmasıyla teknolojik verimin % 83'e yükseltilebileceği tesbit edilmiştir. Nitekim bu devre tertiplerinin Bandırma Tesisi'nde aşamalı olarak uygulanması ile teknolojik verimin % 58.9'dan % 75.6'ya yükseldiği görülmüştür. Bandırma Asit Borik Tesisi'nde 1992 yılı içersinde çeşitli aşamalarda kaydedilen teknolojik verimler Çizelge 5'de sunulmaktadır.

## 5. SONUÇLAR

1. Laboratuvar çapında yapılan deneyler sonucunda öğütme ve filtrasyon koşullarının optimizasyonu için cevher tane boyutunun 0.1 mm altına indirilmesi ile çözünme veriminin arttığı, dolayısıyla filtre keki neminin ve çözünmeyen tanelerdeki B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaçaklarının düşürülebileceği saptanmıştır.

2. Tesiste halen 80 g/t olarak kullanılan flokülün miktarının 30 g/t'a indirilmesi ile filtre keki neminin ve bor kaçaklarının azaltılabileceği bulunmuştur.

3. Öğütülmüş cevherin slamdan arındırılması ile filtre kekindeki bor kaçaklarının azaltılabileceği tesbit edilmiştir.

4. Önerilen alternatif devre tertiplerinin tesiste kısmen uygulanması ile teknolojik verimin % 58.9'dan % 75.6'ya yükseldiği ilgililerce belirtilmektedir.

## 6. TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı destekleyen Etibank Bandırma Asit Borik Müessesesi Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

## 7. KAYNAKLAR

Okur, E., Çelik, M.S., Önal, G. 1992; Borik asit üretiminde Öğütme-Filtrasyon Koşullarının Optimizasyonu, 4. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu Kitabı, Cilt 1, s.812-821.

Taşçı, A. 1991; Bor Cevherlerinin Pazarlama Satış koşulları, İTÜ Cevher Hazırlama Meslekiçi Seminer Notları.