

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

BAYER PROSESİ İLE  
ALÜMİNA ÜRETİMİNDE  
BOKSİT KOMPONENTLERİNİN  
ETKİLERİ

**TMMOB**  
**MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI**

## BAYER PROSESİ İLE ALÜMİNA ÜRETİMİNDE BOKSİT KOMPONENTLERİNİN ETKİLERİ

Aykut VURAL\*

### Özet :

Bilindiği gibi Türkiye'de alumina üretimine Seydişehir Etibank Alüminyum Tesisleri Alumina Fabrikasında 30 Mart 1973 tarihinde başlanmıştır. Alüminyum Endüstrisinde oldukça komplike bir yer tutan Alümina Üretimi Seydişehir'de Bayer prosesi \*\* ile gerçekleştirilmektedir.

Türkiye için yeni olan Alümina üretiminin hammadde-si boksitin bünyesindeki componentler, boksiti işleyecek olan tesislerin teknolojisinden başlayarak, aparatların dizaynı, teknolojik parametreler, fabrika verimi, üretim ekonomisi ve üretilen alümina kalitesine kadar herşeyi etkilemektedir.

Bu tebliğde boksitin iki ana componentinin oram olarak tarif edilen silis modülünün \*\*\* Alümina Üretimine olan etkileri bir model hazırlanarak etüd edilmiştir. Yazıda ayrıca mineralojik kompozisyonun önemi ve diğer componentlerin etkileri teorik ve pratik donelerden faydalanılarak incelenmiştir.

( \* ) Maden Y. Müh. Etibank Alüminyum Tesisleri, Seydişehir

( \*\* ) Bayer prosesi hakkında kısa bilgi raporun sonunda verilmiştir.

(\*\*\* ) silis Modülü =  $\frac{Al_2O_3}{3} ; \frac{O/n}{n}$

#### Summary :

In Turkey the alumina production which is the most complicated part in the aluminium industry was started, by use of Bayer process\*\*, at the Etibank Integrated Alumnium Complex in Seydişehir, in March 1973.

The components of bauxite which is the raw material for alumina production determine not only method of production, design of the plant, technological parameters but also the rate of recovery, economy and the quality of produced alumina.

This paper gives an account of a model study related to the effects of silica ratio\*\*\* and theoretical and practical studies of the influence of mineralogical composition and of the components of bauxite on alumina production.

#### Boksitleri» Ana Romponentieri

Boksitlerden Alumina üretiminde bünyedeki  $Al_2O_3$  tenoru ve  $Al_2O_3$  mineralojik modifikasyonları (Gibsit, böhmit, diaspor) üretim teknolojisi ve ekonomisi açısından büyük önem taşır.

Bir trihidrat modifikasyonu olan «Gibsit» tipi boksitlerin işlenmesi ile monohidrat modifikasyonu olan böhmit veya diaspor tipi boksitlerin kostik ile çözünürleşmesi arasında büyük farklılıklar mevcuttur.

Gibsit 105 °C'da reaksiyona girebildiği halde diğerleri için daha yüksek temperatur (200 - 240 °C) gereklidir. Yüksek temperaturde silisin tamamı sodyumalüminyum - hidrosilikat birleşimleri oluşturduğu halde, gibsitik boksitlerin işlendiği temperaturde silisin sadece bir kısmı (aktif silis-kaolin) reaksiyona girdiğinden  $Na_2O$  ve  $Al_2O_3$  kayıplarında önemli azalmalar oluşmaktadır.

Boksitlerde alüminyum mineralleri yukarıdaki modifikasyonların dışında korund, kil mineralleri ve ayrıca demir-

C \*\* ) A brief description of Bayer Process is given the end of this paper.

$$(***) \text{ Silica Ratio} = \frac{Al_2O_3 \%}{SiO_2 \%}$$

oksit ve demirhidroksit içinde «alumoهماتیت», «alumogeo-  
tit», «alumomanyetit» formlarında da bulunmaktadır. Demir  
mineralleri bünyesinde izomorfik yapıda bulunan  $\hat{A}l_2O_3$ 'ün  
kostik ile çözünürleşmesi olanaksızdır. (2)

Bayer prosesi ile alümina üretiminde teorik çözünürleş-  
me verimi genellikle 2 mol silisin 1 mol  $Al_2O_3$  bağliacağı var-  
sayımı ile;

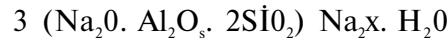
Teorik Verim =  $\frac{Al_2O_3 - 0.85 SiO_2}{Al_2O_3}$  olarak ifade edil-  
mektedir.

Seydişehir Alüminyum Tesislerinde teorik verim ile otoklav  
verimi arasında, uzun çalışmalardan elde edilen donelerden  
istifade edilerek, sürekli olarak farklılık bulunduğu saptanmıştır.

Bu farklılık aşağıdaki nedenlerle açıklanabilir,

- Teorik verim hesabında öngörülen  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  bağlan-  
tısının değışik olması.
- Mortaş boksitlerinde alumogeoTit'in mevcudiyeti (1)
- Sekonder (Pseudohydrothermal) diaspor oluşumu ve  
«titan -diaspor» perdelemesi

Boksitlerin silis komponentlerinin otoklav reaksiyonları  
sonunda sodyum alüminyum hidrosilikat olarak katı faz oluş-  
turduğu bilinmektedir. X ray'lerle yapılan incelemeler sonucu  
sodalit ve kankrinit fazlarının oluştuğı saptanmış ve sodali-  
tin aşağıdaki formül ile ifade edilebileceğı belirtilmiştir. (5)



Burada  $X$ ,  $CO_3$ —,  $SO_4$ —,  $2Cl$ —, veya  $2AlO_2$ — olabilmek-  
tedir.  $AlO_2$ — anyonları proste oluşan sodyumalüminyum  
hidrosilikata (temperature bağlı olarak) maximum 1.1  $Al_2O_3$ .  
 $2SiO_2$  olacak şekilde girebilmektedir.  $180^\circ C$ 'a kadar oluşan  
faz sadece sodalit,  $260^\circ C$ 'tan sonra oluşan faz ise sadece  
kankrinit olmaktadır. Bu nedenle 2 mol  $SiO_2$ 'ye bağlı  $Al_2O_3$   
mol sayısı 1.1 ile 1 arasında değışmektedir.

$Na_2O$  bağlantısına gelince formülden hesaplanacağı  
gibi 2 mol  $SiO_2$  için 1.33 mol  $Na_2O$  şeklindedir. Fakat bu faz-

lar yıkama prosesinde Na<sup>+</sup>O muhtevası yönünden değişim gösterebilmektedir. Silise bağlı Na<sub>2</sub>O miktarı Papp tarafından aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir (5) :

$$\text{Na}^{\circ}\text{O} \text{ kaybı} = 0.52 \text{ SiO}_2 (\%) + 0.004 (\text{SiO}_2)^2 (\%)$$

Silise bağlı kimyasal kostik kaybı yanında boksitlerin TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F, SO<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, G ve CxQ<sub>3</sub> komparierttleri de kostik kayıplarına sebebiyet vermektedir. Bu kayıpların miktarı çalışılan otoklav modülüne bağlı olarak değişmekte ve denge modülüne yaklaştıkça azalmaktadır.

Bu kostik kayıplarına ilâveten tesislerdeki kırmızı çamur yıkama sistemine ve elde edilen kırmızı çamurun morfolojisine bağlı olarak değişen «yapışkan kostik kayıpları» ve kırmızı çamur «Sıvı faz kostik kayıpları» da mevcuttur.

Tesislerimizdeki kırmızı çamur etüdlerinde 1 ton çamur için,

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| a) Toplam kimyasal kayıp     | 97.8 Kg. Na <sup>+</sup> O       |
| b) Yapışkan kostik kayıpları | 1 Kg. Na <sub>2</sub> O          |
| c) Sıvı faz kostik kayıpları | 3.4 Kg. Na <sup>+</sup> O olarak |

bulunmuştur.

Papp formülasyonu Seydişehir Âlümına Fabrikasındaki çalışmalarla uyumaktadır. Silise bağlı kostik kayıplarını Papp formülü, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kayıplarını 1.0588 mol Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/2 mol SiO<sub>2</sub> bağlantısı, titana bağlı kostik kayıplarını ise 4 mol TiO<sub>2</sub>/1 mol Na<sub>2</sub>O bağlantısı ile sembolize ederek, Mortaş tipi boksitler için değişen silis modüllerine göre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Na<sub>2</sub>O kayıp\* larmı gösteren bir model hazırlanmıştır. Model hazırlanırken Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörleri toplamı sabit (%84), Âl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörü % 51 ile % 65 arasında değişen boksitlerin işleneceği varsayılmıştır. Modelde silis modülü değişimi 5, . . . . . 12 aralığında tutulmuştur.

Aynı üretimi yapabilmek için silis modülüne bağlı olarak maliyeti etkileyen boksit katsayıları Tablo-1'de, kostik katsayıları ise Tablo-2'de verilmiştir. Her iki tablodan görülebileceği gibi boksit ve kostik katsayıları modül düştükçe çok önemli artışlar göstermektedir.

**Tablo 1 — Çeşitli Modül ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlerinde boksit katsayısı (Kuru)  
(Ton boksit/Ton Alümina)**

		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Tenörü %														
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
5	2.49	2.44	2.39	2.35	2.31	2.27	2.23	2.19	2.15	2.12	2.08	2.05	2.01	1.98	1.95	
6	2.40	2.35	2.31	2.26	2.22	2.18	2.14	2.11	2.07	2.04	2.00	1.97	1.94	1.91	1.88	
7	2.33	2.29	2.25	2.21	2.17	2.13	2.09	2.05	2.02	1.98	1.95	1.92	1.89	1.86	1.83	
8	2.29	2.25	2.20	2.16	2.12	2.09	2.05	2.01	1.98	1.95	1.91	1.88	1.85	1.83	1.80	
9	2.26	2.21	2.17	2.13	2.09	2.06	2.02	1.98	1.95	1.92	1.89	1.86	1.83	1.80	1.77	
10	2.23	2.19	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.96	1.93	1.90	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75	
11	2.21	2.17	2.13	2.09	2.05	2.01	1.98	1.94	1.91	1.88	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73	
13	2.19	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.96	1.93	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78	1.75	1.72	

iropii «Mis imoa

Şekil - 1'de boksit katsayıları eğrileri, Şekil - 2'de ise eş kostik katsayıları eğrileri verilmiştir. Şekil -1 ve 2'den görülebileceği gibi boksit katsayılarında hem  $Al_2O_3$  tenörü ve hem modül, kostik katsayılarında ise modül daha önemli olmaktadır.

Katsayıların parasal ifadesi Tablo-3'de verilmiştir. Ekonomik analiz % 58  $Al_2O_3$  tenörlü boksitte, modülün değişmesi ile aynı üretimi yapabilmek için gerekli extra kostik, boksit kırma ve öğütme masrafları gözönüne alınarak yapılmıştır. Tablo hazırlanırken ton NaOH fiatı 2000 TL. ton boksit fiatı 150 TL. ve ton boksit için yapılan diğer masraflar (Kırma, öğütme) 35 TL. olarak alınmıştır. Mukayeseyi kolaylaştırmak gayesi ile 8 modüllü boksit ile diğerlerinin farkları hesaplanmıştır.

Tablo-3'den istifade edilerek aynı üretimi yapabilmek için çeşitli modüller arasındaki farklılık hesaplanabilir. Örneğin 200.000 ton alümina üretimi için 58  $Al_2O_3$  tenörlü 6 modüllü boksite, 8 modüllü boksite göre yaklaşık 22 milyon TL. extra masraf olacaktır.

Çeşitli  $Al_2O_3$  tenörlerinde ve silis modüllerindeki boksitlerden alümina üretiminde marjinal maliyetler aşağıdaki eşitlik vasıtasıyla, Tablo -1 ve 2'deki boksit ve kostik katsayılarını kullanarak hesaplanabilir.

$$AM = AK_1 \times P_1 + AK_2 \times P_2 \times 1.29$$

Burada;

$AM$  = Marjinal maliyet (TL./Ton  $Al_2O_3$ )

$AK_1$  = Boksit katsayıları arasındaki farklılık (Ton Boksit/Ton  $Al_2O_3$ )

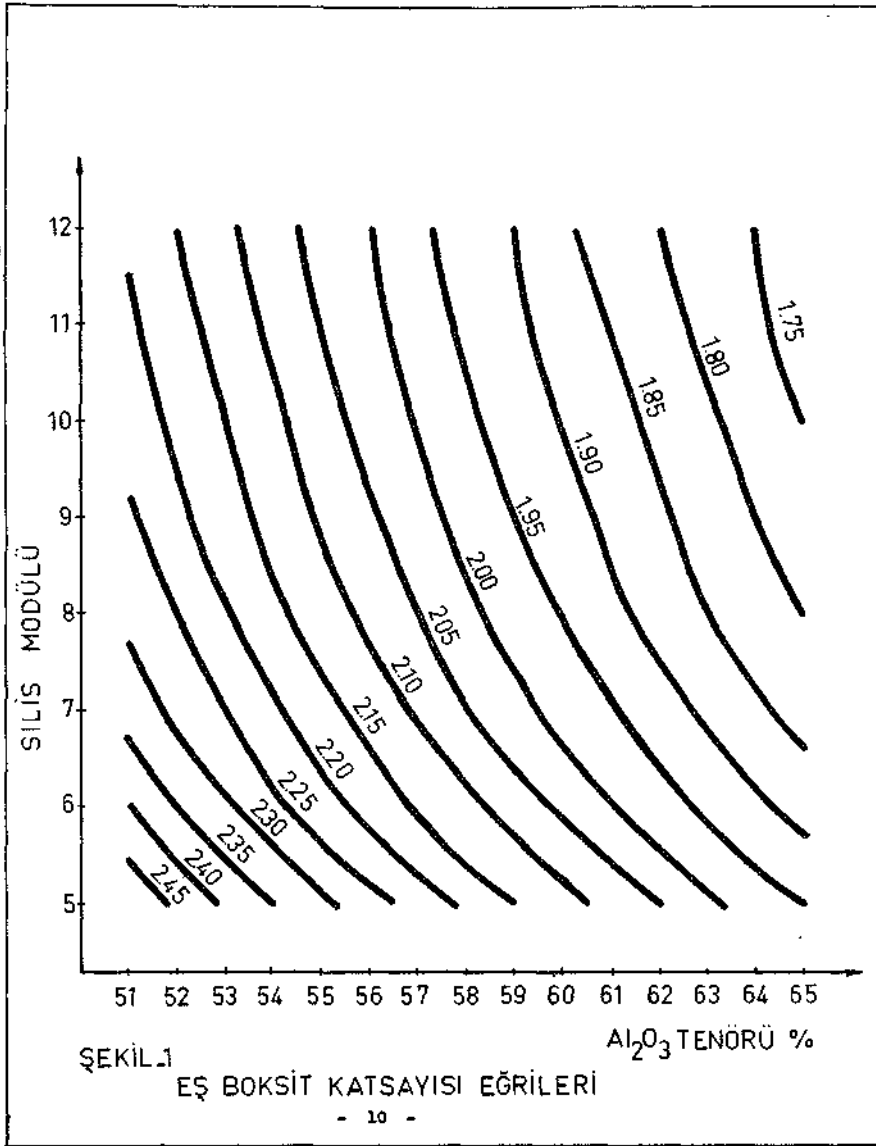
$P_1$  = Boksit fiatı + kırma, öğütme masrafları (TL./Ton Boksit)

$AK_2$  = Kostik katsayıları arasındaki farklılık (Kg.  $Na_2O$ /Ton  $Al_2O_3$ )

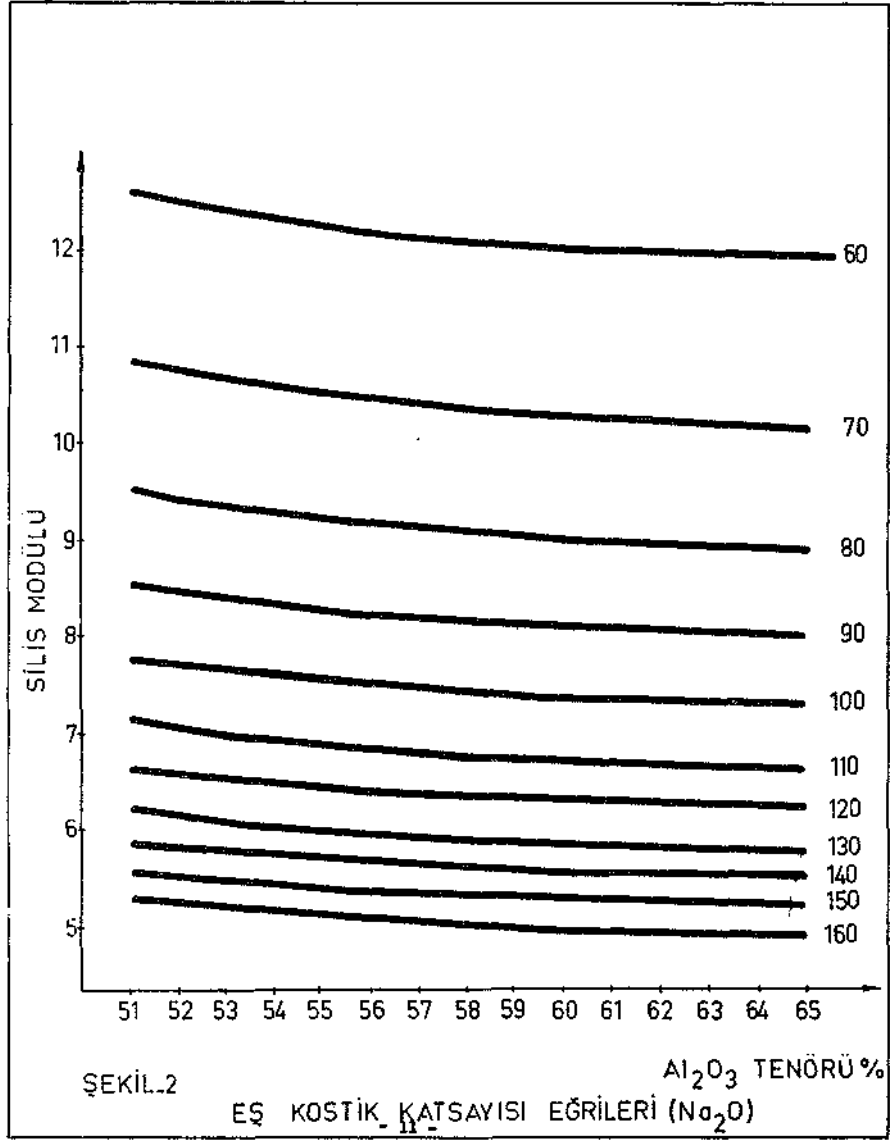
$P_2$  = Kostik fiatı (TL./Kg. NaOH)

1.29 = Na<sub>2</sub>O'dan NaOH'a geçiş faktörü

Yukarıdaki eşitlikten boksit silis modülünün alümina üretimine olan etkisini boksit ve NaOH fiatı arttıkça daha da önem kazandığı görülmektedir.







**Tablo 3 — % 58 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörülü boksitler için çeşitli modüllerle katsayıların parasal ifadesi  
(Ton NaOH = 2000 TL, Ton Boksit 150 + 35 = 185 TL.)**

Silis Modülü	5	6	7	8	9	10	11	12
B O K S İ T TL/TON Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33.30	18.50	7.40	—	5.55	9.25	12.95	14.80
K O S T İ K TL/TON Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	177.63	92.44	37.95	—	27.99	49.48	66.51	80.34
T O P L A M TL/TON Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	210.93	110.94	45.35	—	33.54	58.73	79.46	95.14
		+		0				—

**Tablo 4 — 200.000 Ton Alümina Üretiminde Elde Edilen Çamur Miktarları  
(% 58 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Tenörülü Boksit'ten)**

Silis Modülü	5	6	7	8	9	10	11	12
Çamur Miktarı T/Yıl	233232	209071	192971	181446	172816	166099	160722	156340

Silis modülü değişiminin diğer önemli etkileri aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

— Silis modülü düşükçe aynı üretimi yapabilmek için daha fazla boksiti işlemek gerekmektedir. Kurulmuş tesislerde öğütme kapasitesi sınırlı olduğundan belli bir silis modülünün altına düşmek mümkün olmayacaktır. Kurulacak tesislerde ise daha büyük veya daha çok sayıda teğhizat gerektiğinden teğhizata ödenecek bedel yükselecek, dolayısıyla ton alumina da amortisman girdisi artacaktır.

— Düşük silis modülle çalışıldığında daha viskos (S/K'sı düşük) bir pülp elde edileceğinden hidrosiklonlar, pistonlu pompalar, diğer aparatlar ve geçişler etkilenecektir.

— Alümina Fabrikalarında düşük silis modüllü boksitler kullanıldığında çamur miktarı önemli ölçülerde artacağından (Tablo 4) çöktürme ve yıkama devreleri zorlanacak, kurulmuş tesislerde belli bir silis modülünün altına düşmek bu nedenle de mümkün olmayacak ve düşük silis modüllü boksitlerin işlenmesi zorunlu olduğu hallerde ise aynı teğhizatlarla üretilen alümina miktarı azalacağından alümina maliyetinde önemli bir yer tutan sabit girdilerin miktarı artacaktır.

— Ayrıca alümina üretiminde önemli bir konu olan «desilise reaksiyonları» da olumsuz yönde etkilenecektir.

Yukarıdaki açıklamalardan görülebileceği gibi düşük silis modüllü boksitle çalışmada alümina üretim ekonomisi ve teknolojik çalışma şartları menfi şekilde etkilenmektedir. Nitekim düşük silis modüllü boksitlerin işlenmesi için teknolojide değişik metodlar uygulanır (Bayer - Spekaniye seri veya paralel metodları) (11,14).

#### DemŞr Mineralen

Boksitlerde demir mineralleri genellikle hematit, geotit siderit, limonit, manyetit, pirit gibi çok değişik formlarda olabilir. Seydişehir Alümina Fabrikasında kullanılan Mortaş Bok-

sitlerinde ise demir genellikle hematit (Hematogel) ve geotit (Alumogeotit) formlarındadır (1).

Boksitlerin bünyesindeki demir yüzdesi arttıkça çamur miktarı artarak kostik kayıplarını yükseltmekte ve kırmızı çamur çöktürme ve yıkama devrelerini olumsuz şekilde etkilemektedir.

Demir tenörü yanında, boksitin bünyesindeki demirin mineralojik formasyonu kırmızı çamurun yüzeysel özelliklerini etkileyerek, pülpün flokülasyonunda önemli rol oynamaktadır. Genellikle iki değerli demir mineralleri kırmızı çamurun çökmesini kötü yönde etkilemektedirler, bu da alümina'da demir yüzdesinin artmasına dolayısıyla alüminyum metalinde demir miktarının yükselerek kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır.

#### Titan Mineralleri

Boksitteki titan mineralleri rutil mineralleri ve anatas formlarındadır. Mortaş boksitlerinde rutil bulunmaktadır. Titan otoklavlarda sodyum metatitanat oluşturup ( $\text{NaHTiO}_3$ ) kostik kayıplarına neden olduğu gibi bazı hallerde diasporun çözünürleşmesini etkilemekte dolayısıyla verimin düşmesine sebep olmaktadır. Titanın verime olan bu etkisi kireç ilavesiyle engellenmektedir (15). Mortaş boksitlerinde titanın verim üzerine etki etmediği anlaşılmıştır. Ancak,  $\text{NaHTiO}_3$  formasyonu ısıtıcılarda ısı tranfer katsayılarını önemli derecede etkilemekte ayrıca çap küçülmelerine neden olmakta dolayısıyla rej enere buharın değerlendirilmesinde sınırlayıcı rol oynamaktadır.

#### Diğer Komponentler

$\text{CaCO}_3$  ve diğer karbonat mineralleri Bayer prosesinde soda oluşturması nedeniyle önemlidir.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  boru hatlarında tıkanmalara yol açtığı ve evaporasyon bölümünde ısı geçirgenlik katsayılarını düşürücü rol oynadığı için belli bir seviyenin üzerinde kireç ile kostifikasyona tabi tutulur. Mortaş

boksitlerinde karbonat mineralleri yüksek seviyede olmadığından, şu anda soda birikimi söz konusu değildir.

Boksitlerin bünyesinde genellikle az miktarda fosfor, flor ve vanadyum bileşikleri bulunur. Boksitlerin çözünürleşmesi sırasında bu elementler kısmen alüminat çömltisine geçerek proses üzerinde olumsuz etkiler yaparlar; Alüminat çözeltilerinde vanadyum ve fosfor tuzlarının bulunması çözelti stabilitesini düşürücü bir rol oynar ve üretilen hidratın tane ebadı incelir (7). Fazla miktarlarda fosfor da hidrat tane ebadını düşürücü rol oynar. Alümina'da vanadyum, üretilecek elektrik iletkenliğini de düşürücü bir komponenttir. Çözeltideki vanadyum alümina kalitesini bozucu ve çözelti stabilizesini etkileyici bir seviyeye yükseldiğinde sistemden alınmalıdır. Seydişehir'de  $V_2O_5$  kritik seviyeye yaklaştığında uygulanmak üzere çözültiden  $V_2O_5$  ekstraksiyonu konusunda çalışmalar sürdürülmektedir.

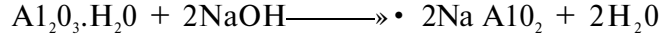
Organik maddeler evaporasyon bölümünde buharlaştırma prosesini olumsuz yönde etkilemekte ve aparatların kirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca köpük teşekkülüne neden olduğundan fabrikanın çeşitli bölümlerinde faydalı hacimlerde azalmalar söz konusu olmaktadır. Organik madde seviyesi belli bir limiti aşınca (Alüminat çözültisinde 0.8 gr/lt) kalsine edilmektedir. Mortaş boksitlerinde organik madde herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. (Alüminat çözültisi 1975 yılı ortalaması 0.21 gr/lt dir).

#### Bayer Prosesi

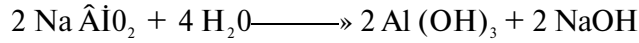
Endüstride boksitlerden alümina üretmek için kullanılan Bayer prosesinde çözümlerleşme şartları cevhere göre değişmekte ise de proses iki önemli esasa dayanmaktadır.

Bunlardan birincisi boksitteki  $Al_2O_3$ 'ün belirli şartlar altında NaOH ile sodyumalüminat olarak çözünürleşmesi, diğeri ise elde edilen sodyumalüminattan,  $Al_2O_3$ 'ün hidrat halinde çöktürülmesidir. Sadeleştirilmiş bir Bayer prosesi akım şekli 3'de gösterilmiştir.

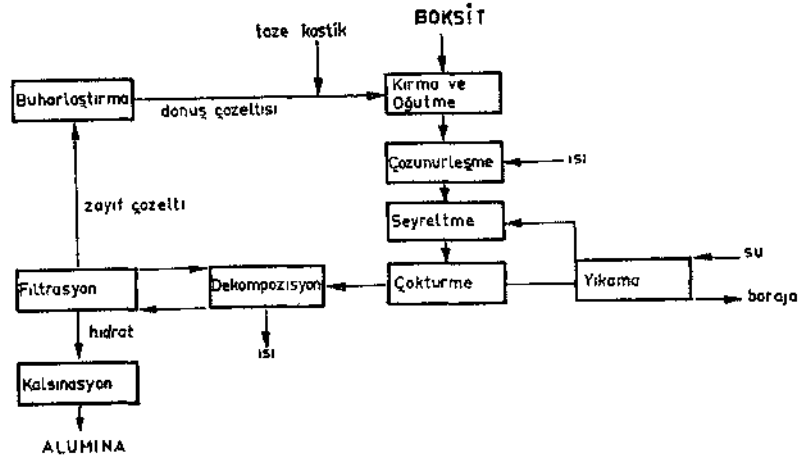
Şekil 3'den de görüldüğü gibi boksit kırılıp, öğütülüp dönüş çözeltilisi ile karıştırılarak çözünürleşme için ısıtılmaktadır. Oluşan reaksiyon aşağıdaki şekilde yazılabilir.



elde edilen pülp dana sonra seyreltilip çöktürücülerde artıklardan (Kırmızı çamur) ayrılır. Çamurdan arınmış sodyumalüminat çözeltilisi soğutulurak dekompozörlere gönderilir. Burada saf alüminyum hidroksit (Hidrat) çöktürülür;



Hidrat, çözeltiliden çöktürme ve filtrasyon metodları ile ayrılır. Hidratın bir kısmı çöktürme verimini artırmak üzere tekrar dekompozörlere, diğer kısmı ise alümina üretimi için 1200° - 1300°C de kalsinasyon fırınlarına verilir. Zayıf çözeltili ise buharlaştırmaya tabi tutularak gerekli konsantrasyona çıkarılır. Bu çözeltilinin kayıpları karşılamak üzere taze kostik ilave edilip, öptmeye sevk edilmesiyle Bayer Sirkülasyonu tamamlanmış olur.



ŞEKİL 3

SADELEŞTİRİLMİŞ BIP BA'ER PROSESİ AKIM ŞEMASI

### K a y n a k l a r ı

- 1 — VAMÍ : 1968. Leningrad. Report on the scientific - research work «Working out of the equipment technological flowsheet of production from Turkish bauxites of the Doğankuzu and Mortaş deposits».
- 2 — S. I. BENESLAVSKI : 1969. Budapest. Some Reasons for the Incomplete Recovery of Aluminium Oxide Obtained in the Alumina Plants of the Soviet Union.
- 3 — V. G. LOGOMERAC: 1969. Budapest. The Distribution of Rare-Earth and Minor Elements in Some Bauxite and Red Mud Produced.
- 4 — G. SIGMOND, L. MAHIG : 1969. Budapest. Establishment of Alumina Plants.
- 5 — K. SOLYMAR : 1969. Budapest. Recent Results in the Chemistry and Modelling of the Bayer Process.
- 6 — E. DELYANINIS : 1969. Budapest. Alkaline Treatment of Diasporic Bauxites.
- 7 — A. I. DEM'YANENIKO, O. S. BALAK, V. N. BALAK : Removing Phosphorous, Vanadium and Fluorine Compounds from Aluminate Solutions.
- 8 — I. P. KRAUS, V. A. DEREVYANKÎN, S. I. KUZNETSOV : Effect of Crystallization Temperature on the Composition and Some Properties of Sodium Hydroaluminosilicates.
- 9 — A. I. LAYNER : 1961. MOSCOW. Proizvodstva Glinozyema.
- 10 — E. FOLEY, K. TITTLE : 1971. Removal of Iron Oxides from Bauxitic Ores.
- 11 — S. S. BHORAY, V. S. SAMPATH, P. P. BHATNAGAR : NML Technical journal. May 1969. Study on Desilication of Siliceous Bauxite from Kashmir.
- 12 — Seydişehir Alumina Fabrikası Etüd Grubu Rapor No : 5, 6 . 1975, Kostik Rejenerasyonu.
- 13 — A. N. ADAMSON : The Chemical Engineer, June, 1970. Alumina Production : Principles and Practice.
- 14 — L. BARTOSIK, K. STRNAD, M. DANANAY, V. BARTOSIK : 1972. Ziar nad Hronom Chechoslovakia, Tecnical and Economic Problems in the processing of Low Grade Bauxites for the Production of Aluminium Oxide.
- 15 — VON VERA HAZAI, BORSUCZKY, KAROLY SOLYMAR : Budapest. The Role of Titanium, Content of Bauxite in Alumina Production by the Bayer Process.