



## BOKSİTLERDEN ALÜMİNA ÜRETİM SÜRECİNDE YER ALAN BUHARLAŞTIRMA İŞLEMİNİN TEKNOLOJİK ESASLARI

**Sami ŞAHİN\***

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, İstanbul*

### ÖZET

Boksitlerden alümina üretim sürecinde buharlaştırma bölümü, devreye zorunlu olarak giren suların çözültiden ayrılması, kostik çözeltisi rejenerasyonunun, soda ayırımının ve organik saf olmayan maddelerin işlem dışına çıkarılması işlemlerinin yapıldığı yer olması bakımından büyük önem taşır. Ayrıca buharlaştırma işlemi sırasında meydana gelen sıcak sular, kazan dairesini ve çeşitli yıkamalarda kullanmak üzere ilgili üniteleri beslemesi bakımından da ehemmiyet arz eder. Bu çalışmada buharlaştırma işlemine ait teknolojik esaslar detaylı olarak açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Boksit; Alümina; Proses; Buharlaştırma; Kostik; Rejenerasyon.

## TECHNOLOGICAL FUNDAMENTALS OF EVAPORATION MANAGEMENT IN ALUMINA PRODUCTION FROM BAUXITE

### ABSTRACT

As it is place of process where compulsorily entering water separate from the solution and it is taken sodium hydroxide regeneration, separation of soda and organic impurities out of process, evaporation section in the alumina production from bauxite is very significant. Moreover, hot water occurred is very important during the evaporation process, due to the fact that it is used within the boiler room and various washing, feed the related units. In this study, technological principles belonging to the evaporation process are explained in detail.

**Keywords:** Bauxite; Alumina; Process; Evaporation; Sodium hydroxide; Regeneration.

## 1. GİRİŞ

Alüminyum, yirminci yüzyılın son yıllarında sanayileşme sürecini tamamlamış memleketlerin gelişmişlik ölçüsü olmuştur. Alüminyum, kullanım alanlarının çok çeşitli olması nedeniyle bazı endüstrilerin vazgeçilmez temel yapı elemanıdır. Sanayileşmesini tamamlamış ülkelerde vuku bulacak alüminyum krizi bu ülkelerin ekonomilerine çok büyük zararlar verebilir. Gelişmiş ve doğal kaynakları zengin ülkeler, boksit üretimi, alümina üretimi, alüminyum üretimi ve alüminyum mamulleri üretimini bir entegrasyon içinde kurmaktadır.

Alüminyum endüstrisinde faaliyet gösteren çeşitli kuruluşlar, gerek kaynakları gerek teknolojiyi ve gerekse pazarları bölüşerek dünya çapında bir organizasyonla alüminyum endüstrisinde tröst olmuşlardır. Sanayileşmiş ülke olabilmek için metalürji sektörünün bir dalı olan alüminyum endüstrisinin önemi küçümsenemez. Ülkemiz sınırlı olan yatırım imkânlarını en hayati alanlarda değerlendirmek zorundadır. Sanayii dışa bağımlılıktan kurtarmak için yatırım malları ve ara malları üretimine gereken önem ve öncelik verilmek durumundadır. Gerçek ve sağlıklı sanayileşme yönünden katkısı olması, yurt ekonomisine yüksek düzeyde yarar sağlaması, verimli ve dışa bağımlı olmayan sanayi yatırımlarına öncelik verilmesi için entegre alüminyum tesisleri kurulmuştur.

Alüminyum bileşikleri bakımından en bol bulunan elementlerden biridir. C. M. Hall 1886 yılında ilk olarak alüminyum alümina'nın elektrolizi ile üretti. Hall alüminayı, karbon astarlı bir kaptaki eritilmiş bir kriyolit banyosu içinde 960 °C sıcaklıkta çözdürdü ve banyodan elektrik akımı geçirerek metalik alüminyum elde etti. Aynı yıl P. Heroult'da Hall'inkine benzer bir patent aldı.

Bayer sürecinin esası, boksit cevheri içinde bulunan alüminyum oksidin sodyum hidroksit çözeltisi ile muamele edilmesi neticesinde çözünürleştirilmesine dayanır. Bu süreçte izlenen çeşitli operasyon kademeleri vardır. Bu kademelerden birisi de kullanılmış çözeltinin buharlaşması ve kayıpları karşılamak için taze kostik soda ilavesinden sonra yaş öğütme veya çözünürleştirme kademelerine geri dönüşüdür. Dekompozisyondan çıkan çözeltiler, çamurların yıkanması için çözelti devresine verilen su miktarına eşdeğer miktardaki suyun buharlaştırılarak sodyum oksit konsantrasyonlarının işlem için istenen değere yükseltildiği buharlaştırma bölümüne gönderilirler. (Fulda ve Ginsberg, 1964), (Lanford, 1959), (Kırk ve Othmer, 1970)

## 2. BUHARLAŞTIRMA İŞLEMİNDE KULLANILAN CİHAZLARIN YAPISI

Buharlaştırma bölümünde, su ile beraber çıkan eski sıvının buharlaştırılması, diğer kısımlarda işleme girenlerin buharlaştırılması, kostik soda ve organik maddelerin işlem dışına çıkarılması işlemleri yapılır. İşlem, buhar harcamasını minimuma indirmek için, çok katlı buharlaştırma cihazlarında olur. Her kat tüp şeklinde ısınma yüzeyi ihtiva eden bir bölümden ibarettir. Bu kısımdan sonra, buhar

halindeki çözeltinin ayrıldığı bir ayırıştırıcı gelir. Bu ayırma mümkün olduğu kadar mükemmel olmalıdır. Zira yoğunlaşmış buharlardan oluşan suların hepsi toplanmış olup bunlar fabrikanın buhar yapıcılarını beslemeye yararlar.

Sıvı akımının atmosfer basıncına indirilmesi beş tesirli aksi yönlü akım şeması ile tanzim edilmiştir. Bu akım şemasının düşünülmesi, sıvının yüksek sıcaklıkta ve maksimum alkali konsantrasyonda iken alüminyum silikat çökmesinin azalmasını sağlar. Buharlaştıran sıvının sıcaklığının 110 °C civarında olması, kostik soda çözeltilerinin iri kristaller halinde olmasına ve sıvının düşük viskoziteye sahip olmasına bağlıdır. Bu hazırlık daha sonraki soda koyulaştırma işlem şartları için ehemmiyet arz eder. Serilerdeki tesir miktarı, minimum sıcaklık farkları ile dengeli bir buharlaşma işlemine hazırlanır. İlk buharlaştırıcıda kostik sodanın akışını mümkün kılmak için bu kademede tabii dolaşımli bir buharlaştırıcı monte edilmiştir. Daha sonra buharlaştırıcılarda kostik sodanın akmayacağı tahmin edilerek buraya kestner cihazları monte edilmiştir. Bu düzen alçak sıcaklık farklarındaki işlemlerde kararlıdır ve bu şartlar altında memnuniyet verici ısı transfer katsayısına sahiptir. Cihazın boru yüzeyinin temizlenmesi kostik soda tortularının eski sıvı ile yıkanmasının tabii dolaşımı ile olur. Buharlaştırıcı serilerini 1,5–2 defa besleyen eski sıvının akışının artması ile buharlaştırıcı serilerinin azalmış konsantrasyonda azalmış işlemlerinin yıkama suyu dışarı alınır. Yıkama işlemi tamamlandıktan sonra eski sıvının ajitatörlerine geri döner. Buharlaştırıcı serilerinin alüminyum silikat tortularından temizlenmesi %7'lik sülfürik asit çözeltisi ile yapılır. Aşağıya akmadan sonra buharlaşmış 110 °C sıcaklıktaki sıvı koyulaştırma için kullanılır ki orada organik materyalli kostik soda çözeltisi yüzeyde tutulmuştur. Buharlaştırıcı serilerindeki ısı dengesi neticeleri [Tablo 1](#)'de verilmiştir.

İşlemden önce iki buharlaştırıcı serisi kullanılır. Buharlaştırıcı serilerinden birinin yıkanmasında buharın spesifik sarfiyatında 0.370 t/saat kadar bir artma olacaktır. Buharlaşma operasyonunda sarf edilen buhar miktarını bulmak için bütün akımdaki buharlaşmış suyu hesaba katmak gerekir. Sıvı alüminatın ısı sarfiyatına hazırlık olarak bu projede eski sıvı bir ön ısıtmaya tabi tutularak buharlaştırmaya gönderilir. Eski sıvı soğutulan sıvı alüminatla karşılaşır ısı değişikliğine tabi tutulacağından önce düz ısı değiştiricilerde ilk ısıtmaya tabi tutulur. Düz ısı değiştiricilerde, ikinci soğutma kademesinden geçen sıvı alüminat ayırıştırmaya sevk edilir ve eski sıvı buharlaşma kısmının üç kademeli vakum buharlaştırma tesisine verilir. Sıvı alüminatın vakum buharlaştırma tesisinde ilk soğuması onun akışında sarf olunur. Sıvı alüminatın akışının iki kademesinin buharı, eski sıvının ısı değiştiricilerde ikinci ısıtılmasında kullanılır. Isıtılmış eski sıvının son buharlaştırıcının aksi yönden çalışan serilerine direkt olarak verilmesi sıvının vaktinden evvel kaynamasından ötürü iyi değildir. Buna engel olmak için önce sıvının inerken soğuyacağı vakum buharlaştırıcısına 68 °C gönderilerek ondan sonra buharlaştırıcılara besleme için sevk edilir. Sıvı alüminatın vakum buharlaştırma işlemleri hesabı ve eski sıvının ısıtma kademelerindeki sıcaklığı otoklav çözeltisinin akış hesabına benzerdir. Vakum

buharlaştırma kademeleri için buhar miktarları **Tablo 2'**de verilmiştir. (Sigmond vd., 1979), (Gmelins, 1963), (Şahin)

**Tablo 1.**

Buharlaştırıcı Serilerindeki Isı Dengesi Neticeleri (Şahin S.)

Değişken			Buharlaştırıcı Serileri				
			1	2	3	4	5
1	Buhar Yoğunlaşma Sıcaklığı	°C	158	130,8	108,9	93,4	76,5
2	Faydalı Sıcaklık Farkı	°C	10,1	7,4	5,2	10,3	10,1
3	Sıvı Kaynama Sıcaklığı	°C	146	120,5	103,7	86	66,4
4	Düşüş	°C	13,8	10,6	8,8	7,5	6,4
5	Sekonder Buhar Sıcaklığı	°C	132	109,9	94,9	78,5	60
6	Hidrolik Buhar Kaybı		1	1	1,5	2	----
7	Isıtma Buharının Buharlaşma Isısı	kcal/kg	512	518,7	533,3	543	553
8	Sıvıdan Gelen Buharın Buharlaşma Isısı	kcal/kg	505	522,3	533,5	545	557
9	Isıtma Buharı Miktarı	t/saat	27	15	9,3	10,3	10,9
10	Buharlaşma Kademelerinde Buharlaşan Su Miktarı	t/saat	20,3	15	9,3	10,9	10,9
11	Hesap İçin Alınan Isı Transfer Katsayısı	kcal/m <sup>2</sup> saat °C	1500	1200	1500	800	600
12	Evaporatörün Isıtma Yüzeyi	m <sup>2</sup>	800	630	630	1000	1000
13	Ön Isıtıcıların Buhar Sarfıyatı	t/saat	----	5,3	5,7	6,5	----
14	Akan Sıvının Buharının Miktarı	t/saat	----	----	----	8,1	----

Buharlaştırmada alta giden su miktarı 125 t/saat'tir. Bir buharlaştırma serisi normal şartlar altında saatte 74,5 ton suyu buharlaştırılabilir. Biri yedek, biri yıkama için olmak üzere dört buharlaştırma serisi monte edilmiştir. Eski sıvının ısıtıcılarda ısıtılması ve buharlaştırıcılarla buharlaştırma serileri arasındaki buharlaştırılmış sıvının hesaplanması, işleme kısmındaki tüp ısıtıcılardaki kalsinasyon işlemlerine benzerdir. Hesap neticeleri **Tablo 3'**te verilmiştir. Her biri 500 m<sup>2</sup> ısıtma yüzeyine sahip aynı tip üç ısıtıcı bir buharlaştırma serisi monte edilmiştir. Bunların toplam miktarı on iki adettir. Eski sıvının ısıtılması için iki benzer ısıtıcı tanzim edilmiştir. (Şahin), (Csanady vd., 1979), (Şahin, 1994)

**Tablo 2.**

Vakum Buharlaştırma Kademeleri İçin Buhar Miktarları (Şahin S.)

			Akış Kademesi		
			1	2	3
1	Sıvı Alüminatın Başlangıç Miktarı	kg/saat	410000	403900	397540
2	Spesifik Isı Kapasitesi	kcal/ kg °C	0,87	0,868	0,866
3	Sıvı Alüminatın Başlangıç Sıcaklığı	°C	98	----	----
4	Akma Tankından Sıvı Alüminatın Sıcaklığı	°C	88,7	78,7	65
5	Akma Tankından Sekonder Buhar Sıcaklığı	°C	83,7	73,7	60
6	Sekonder Buhar Isı Muhtevası	kcal/kg	632,8	628,8	632,2
7	Sekonder Buhar Miktarı	kg/saat	6100	6360	8450

### 3. BUHARLAŞTIRMA İŞLEMİNİN ESASLARI

Dekompozisyondan sonraki zayıf çözeltinin suyunu alarak derişik hale getirmek ve bu çözeltinin içindeki soda, vanadyum ve organik artıkları almak için buharlaştırma işlemi yapılır. Alümina üretim sürecinde bu su, otoklavlara verilen sudan, seyreltme işleminden, hidrat filtrasyonundan ve çeşitli cihazların yıkanmasından gelir. Bu su proresten, otoklavlarda kaynama işlemi sırasında, atılan çamurla birlikte ve hidratla bir miktar ayrılır. Fakat prosele verilen su o kadar çoktur ki bu ayrılanlar hiç hissedilmez. Hem Bayer hem de diğer proseslerde bu suyu almak için özel bir buharlaştırma bölümü düşünülmüştür. Çözeltinin sulanmasından başka gerek boksitte bulunan karbondioksit gerekse dekompozisyon işleminde hava ile verilen karbondioksit nedeniyle soda oluşur. Soda alkali çözeltilerde çok az erir ve konsantrasyonu artınca da çökelir. İçinde %3–4 soda bulunan bir çözelti olsun bunu buharlaştırmanın bir ileri safhasında bir defa daha ısıtılmalı ve soda oranı %8'e kadar çıkar. Bu durumda çözelti soda ile doymamış olduğu için soda ayrılmaz. Bir kademe buharlaşmadan geçirilirse soda oranı %10'a çıkar ve doymuş bölgeye gelir. Soda ayrılmaya başlar ve soda % 8,5'a kadar ayrılır. Yeni bir buharlaşma safhasına geçtiğinde bu ayrılma devam eder. Buharlaşma işlemi sonunda sodyum oksit konsantrasyonu 250 gr/lit ve içinde %12 soda bulunur. Bu değerler temiz alkali çözeltiler için geçerlidir. Üretim sırasında bunun şekli biraz değişik olur. Zira pratikte çözelti içinde çeşitli organik bileşiklerin bulunduğu kabul edilmektedir. Buharlaşma işleminde sıcaklık farkı  $\Delta t = t - t_0$  şeklinde ifade edilir. Burada;

t: Çözeltinin kaynama sıcaklığı

t<sub>0</sub>: Buhar haline geçen suyun sıcaklığı

Δt: Sıcaklık farkı

**Tablo 3.**

Isıtıcılara Ait Parametreler (Şahin S.)

	Isıtma Buharının Isısı	Gelen Sıvının Isısı	Giden Sıvının Isısı	Logaritmik Sıcaklık Farkı	Her Isıtıcının Buhar Sarfıyatı	Buharlaştırma Isısı	Isı Transfer Katsayısı	Hesaplanan Isı Değişim Yüzeyi
Buharlaştırmadan Önce Eski Sıvının 1. Isıtma Kademesindeki Isıtıcı	72,2	53,6	64,7	12,2	6360	556	600	482
Buharlaştırmadan Önce Eski Sıvının 2. Isıtma Kademesindeki Isıtıcı	82,2	64,7	75,2	11,45	6100	550	600	487
Dördüncü ve Beşinci Evaporatörler Arasındaki Sıvı Isıtıcı	93,4	66,4	86	15,2	6500	543,1	500	465
Üçüncü ve Dördüncü Evaporatörler Arasındaki Sıvı Isıtıcı	108,9	86	103,7	12	5700	533,3	500	500
İkinci ve Üçüncü Evaporatörler Arasındaki Sıvı Isıtıcı	130,8	103,7	120,5	17,3	5300	518,7	500	500

Sıcaklık farkı, sıcaklığın az veya çok oluşuna, gelen çözeltinin tabii karakterine, kaynama basıncına ve çözeltinin konsantrasyonuna bağlıdır. Alkali konsantrasyonu artınca sıcaklık farkı da artar. Örneğin sodyum oksit konsantrasyonu 300 gr/lt ise sıcaklık farkı 15–20 °C dir. Bu durumda normal basınçta kaynama derecesi 115–120 °C dir. Hâlbuki alınan buharın sıcaklığı 100 °C dir. Basınç değişimine bağlı

olarak sıvının kaynama sıcaklığı değişir. Fakat sıcaklık farkını değiştirmez. Buharlaştırma işlemi basınç altında yapılırsa sıvının kaynama sıcaklığı ve buharlaştırma sıcaklığı artar. Şayet buharlaştırma işlemi vakum altında yapılırsa sıvının kaynama ve buharlaşma sıcaklığı düşer. Buharlaşmanın vakumda olması gizli buhar oluşmasına sebep olur. Bu gizli buhar basıncı vakumdan fazla olduğu için çıkar. Buharlaştırma işlemi düşük basınçta yapılırsa kaynama artar. Sıvıların konsantrasyonuna bağlı olarak kaynama noktası değişir ve belirli bir zaman sonra buharlaşma 100 °C sıcaklıkta olmaz. Bu sıcaklık buharlaşma sıcaklığı olarak adlandırılır. Sıvıların buharlaştırılması çeşitli şartlarda ve değişik cihazlarla yapılır. Buharlaştırılacak sıvının miktarı az ise normal atmosfer ve açık alanlarda buharlaştırılabilir. Fakat büyük miktarlardaki sıvılar için özel aparatlar gerekir. Bu gaye için kestner aparatları ve ince buharlaşma satırlı aparatlar kullanılır. İnce buharlaşma satırlı aparatlarda kaynama kısmına dıştan buhar içten çözelti verilir. Cihaz içindeki boruların aşağıdan ancak üçte biri çözelti ile dolar. Buharlaşan kısım hızla dışarı çıkar ve beraberinde bir miktar da su taşır. Bu sular da boruların çeperlerini bir zar gibi tutar ve orada buharlaşma vuku bulur. Yukarı çıkan sular ise bir borudan aşağı iner. Yukarı çıkan sular şapka şeklinde bir yüzeye çarparak dökülürler. Bu metotla tek bir defa buharlaştırma yapılabildiği gibi sirküle ettirmek suretiyle çok sayıda buharlaştırma yaptırılabilir. Burada kullanılan buhar da yoğunlaşmış su halinde çıkar. (Fulda ve Ginsberg, 1964), (Sigmondvd.,1979)

Kestner aparatlarında kaynama bölgesi daha yukarıya alınmıştır. Borular çözelti ile tam olarak dolarlar ve dolu olan bölümde buharlaşma vuku bulmaz. Boruların üzerindeki belirli bir kısımda sıvı kaynar ve ayrıştırıcıda buharlaşma olur. Bu bölümlerde sıcaklık kaynama noktasının üzerindedir. Ayrıştırıcıların üst bölümlerinde buharlaşma olmaz. Yalnız buhar ayrılabilir. Buharla birlikte giden su da geri akar. Kestner aparatları tek bir defa kullanılır veya sirküle ettirmek suretiyle de daha fazla kullanılmaktadır. Borulara ısı verme oranı, boruların durumuna ve temizliğine bağlıdır. Teorik olarak buharın ısisından bir defa faydalandığında bir kilogram su için bir kilogram buhar sarf edilir. Pratikte ise 1,1 kg buhar kullanılmaktadır. Borularda birkaç defa buharlaşma olduğundan genellikle 1,1 kg buhar alınır. Ancak kullanılan buhar miktarını azaltmak için ikinci buharın kullanılma alanlarını çoğaltmak gerekir. Örneğin üçüncü kademe buharlaştırmada bir ton su için 0.3 ton buhar sarf edilirse buna bir kademe daha eklersek sarfiyat 0.27 tona kadar düşmektedir. Çok kademeli buharlaştırma ekonomik olmaktadır. Fakat bu kademelerin belirli bir sınırı mevcuttur. Bir aparata giren sıvının ısisı o aparat içindeki kaynama noktasından büyük veya ona eşit olmalıdır. Sıvı bu sıcaklıktan düşük sıcaklıkta aparata gelirse aparat buharlaştırıcı gibi değil ısıtıcı gibi çalışır. Bu ısiyi oluşturmak için evvel ki ısıtıcılardan faydalanılmaktadır. Boksitlerden Bayer prosesi ile alümina üretim sürecinde bu şartları temin edebilmek için vakum sistemi ile çalışan cihazlar kullanılır. Buharlaştırma işlemi üç kademede yapılır ve 80 °C sıcaklıkta sıvı verilir. Normal şartlarda kaynama için 105 °C sıcaklık gerekir. Fakat bu durumda kaynama olmaz. Bu maksatla basınç düşürülerek kendi kendine kaynama olması sağlanır. Sıvı ikinci bölüme 75 °C sıcaklıkta gelir. Kaynamanın 75 °C nin altında yapılması için vakum

uygulanır veya ısıtıcıdan geçirilir. Son kademedede kaynama vuku bulmaz. Ancak buraya taze buhar verilir. Kaynama 115 °C ve basınç 1-2 atmosfer kadardır. Kaynama sıcaklığı bazı hallerde 125 °C ye kadar çıkabilmektedir.

Buharlaştırma işlemi paralel, zıt ve karışık olmak üzere üç değişik şekilde yapılabilir. Buharlaştırma işlemi sırasında doğan problemlerden biri de cihazların kabuklaşmalarıdır. Buharlaştırıcı aparatları zıt akımda çalışırsa cihazlardaki kabuklaşmalar en aza inmektedir. Oluşan kabuklar sodyum alüminyum silikat bileşimindedir. Bu kabuklanmalar çözeltideki alkali konsantrasyonunun artması ile artar, sıcaklığın artması ile de azalır. Çözeltide ki sodyum oksit konsantrasyonu 150 gr/lt sıcaklık 60 °C iken kabuklanma meydana gelmez. Fakat sodyum oksit konsantrasyonu 320 gr/lt ve sıcaklık 115 °C yükseltirse kabuklanma görülür. Paralel olarak çalışan buharlaştırmacılarıdaki 60 °C sıcaklıkta ve 150 gr/lt sodyum oksit içeren çözelti birinci kademedede 115 °C sıcaklığa kadar ısıtılır. Bu durumda cihazlarda kabuklar oluşur. Bu nedenle birinci kademedede bulunan borular tıkanabilir. Buharlaştırma işleminde ekonomi faktörü dikkate alınırsa bu borulardaki tıkanmaları nazara almak gerekir. Alümina üretim sürecinde genellikle zıt akımda veya karışık durumda buharlaştırma işlemi yapılır. Bu metotlarla buharlaştırma işlemi düşük sıcaklıkta olur ve kabuklanma olmaz. Buharlaştırma bölümünde çalışma sırasında elektrikler kesilirse hemen kazan dairesine haber gönderilerek buhar vanaları kapatılmalıdır. Şayet vanalar zamanında kapatılmazsa sabit duran çözeltiye buhar gönderilmesi sonucu çözelti, buharlaştırmacılarıda fazla miktarda kaynar ve soda kristallerinin çökmesi artar. Ayrıca aparatlarda kuvvetli titreşimler sonucunda flanş cıvataları gevşer ve bazı borular yerinde çıkabilir. Dönüş suyu aniden kesilir ve zamanında tedbir alınmazsa buharlaştırma bataryasının son aparatından çıkan buhar yoğunlaşmaz, vakum düşer, bütün buhar rejimi bozulur, şiddetli titreşimler nedeniyle aparatlar yıkılır, tablalı soğutucuların tablaları kırılır ve düşebilir. Dekompozisyon bölümünde ayırıştırma randımanı artarsa ve alüminyum hidroksit tükenerleri normal görevlerini yapamaz ise zayıf çözelti ile birlikte gelen katı alüminyum hidroksit miktarı artarak normal değerinin çok üzerine çıkar. Bu gibi hallerde çözelti içindeki sodyum oksit konsantrasyonunun az olduğu yerlerde tıkanmalar meydana gelir. Ayrıca aparat boşaltma vanaları iş göremez hale gelmektedir. Çözelti içinde fazla miktarda hidrat oluşursa borularda kabuklanmalarda hızlanmaktadır.

Otoklavlar bölümünden gelen buhara çözelti karışırsa bataryanın birinci buharlaştırıcı kamerasına girer ve çözelti yoğunlaşmış su şemasını takip ederek yoğunlaşmış su tanklarına kadar gider. Buhar kamerasının gerektiği gibi temizlenebilmesi ve yeni yoğunlaşmış su tekrar kirlenmemesini temin etmek için batarya uzun zaman devre dışı kalabilir. Buharlaştırma bölümünde dört adet batarya vardır. Üretim yüzde yüz kapasite yapılırken iki batarya devamlı çalışır, biri yenilemede ve diğeri de yedek olarak bekletilir. Bataryanın çalışma prensibi ters akıma göre yürür. Kazan dairesinden alınan ısıtıcı buhar ile buharlaştırılan zayıf çözelti sodyum oksit yönünden derişikleştirilerek ele geçen dönüş çözeltisi öğütme bölümüne gönderilir. Yoğunlaşan buhar ise tekrar kazan dairesine ve diğeri kısımlara



verilmektedir. Ayrılan soda ise çözelti halinde soda kostifikasyonuna verilir. Alümina prosesinde devrede dolaşan suyun dengelenmesine çalışılır. (Fulda ve Ginsberg, 1964), (Şahin, 1994), (Gado ve Orban, 1979)

#### 4. BUHARLAŞTIRMA BÖLÜMÜNDE OLUŞAN YOĞUNLAŞMIŞ SUYUN KONTROLÜ

Buharlaştırma bölümünden elde edilen yoğunlaşmış su kazan dairesine gönderilir. Bu yüzden temizliğine son derece dikkat edilmelidir. Bazı hallerde yoğunlaşmış su bileşimine sodyum hidroksit karışarak kirlenmesine yol açar. Çözelti fazla verildiği hallerde birinci ve üçüncü ayrıştırıcılarda seviye yükselir, buharla beraber kaçak sodyum hidroksit kaynatıcı ve ısıtıcılara gelerek yoğunlaşmış su ile karışabilir. Boruların delinmesi ile sodyum hidroksit yine buharla karışarak yoğunlaşmış su ile birleşebilir. Bazı hallerde ayrıştırıcıların üstünden buharla karışan sodyum hidroksit yoğunlaşmış su ayrıştırıcılarına kadar bile gelebilir. Kazan dairesine gidecek olan yoğunlaşmış suyun bileşiminde en fazla 16,5 mg/Lt sodyum oksit olmalıdır. Bunu denetim altında tutabilmek için yoğunlaşmış su iki yerde yani yoğunlaşmış su tanklarına gelmeden önce ve sonra kontrol edilir. Yoğunlaşmış su tanklarına gelmeden evvel ışıklı bir cihazla kontrol yapılır. Cihazın altında bulunan taksimat ise mg/Lt olarak sodyum oksit miktarını gösterir ve maksimum 50'ye ayarlanmıştır. Birinci karıştırıcıdan alınan yoğunlaşmış su genellikle temiz olduğundan 10 mg/Lt den fazla göstermez. Yoğunlaşmış su içindeki sodyum oksit konsantrasyonu maksimum 17 mg/Lt den fazla olmamalıdır. Fazla ise yoğunlaşmış suyun temiz yoğunlaşmış su tankıyla irtibatı kesilerek kirli yoğunlaşmış su çok ise kirli yoğunlaşmış su tankından buraya karıştırılır, karışıma sodyum oksit konsantrasyonu 17 mg/Lt oluncaya kadar devam eder. Yoğunlaşmış su, tankların çıkışında kimyasal olarak ve otomatik cihazlarla kontrol edilmektedir. Numune alınır ve erlenmayer içine konur, üstüne metiloranj indikatörü ilave edilir. Sonra 0,1 normal hidroklorik asit ile titre edilir ve sodyum oksit miktarı hesaplanır. 17 mg/Lt'yi geçtiği takdirde kazan dairesiyle irtibat kesilir ve yedek yoğunlaşmış su tankının yolu açılır. Üç adet temiz yoğunlaşmış su tankı, iki adet kirli yoğunlaşmış su tankı ve iki adet yedek olarak kullanılan temiz yoğunlaşmış su tankı bulunur.

275 °C sıcaklık ile birinci kaynatıcıya vasıl olan buhar burada sıcaklığını kademeli olarak kaybeder ve 140–145 °C civarında yoğunlaşmaya başlar. Yoğunlaşmış su birinci kaynatıcıdan 140–145 °C ile çıkar ve birinci yoğunlaşmış su ayrıştırıcısına gelir. Buradan ayrılan buhar ise ikinci ve üçüncü ısıtıcıya gelir. Yoğunlaşmış su sıcaklığı 100 °C den fazla olup dördüncü ayrıştırıcıya gelmektedir. Buradan ayrılan buhar ise birinci ısıtıcıya ve yoğunlaşmış su da depoya döner. Dördüncü ısıtıcıdan 122–128 °C sıcaklıkta gelen yoğunlaşmış su ikinci ayrıştırıcıya gelir. Buradan ayrılan buhar birinci ayrıştırıcıdan çıkan buharla birleşerek ikinci ve üçüncü ısıtıcılara gider. Bu buharın sıcaklığı ise 128–129 °C dir. Yoğunlaşmış su ise üçüncü ayrıştırıcıya döner. Burada ayrılan buhar ise dördüncü ayrıştırıcıdan alınan buharla birleşerek birinci ısıtıcıya gider, yoğunlaşmış su ise depoya alınır. 111–

114 °C sıcaklıkta ikinci, 111–114 °C sıcaklıkta üçüncü ve 112–115 °C sıcaklıkta ise üçüncü kaynatıcıdan çıkan yoğunlaşmış su üçüncü ayırıştırıcıya gelir. Ayrılan buhar ise dördüncü ayırıştırıcıdan çıkan buharla birleşir ve birinci ısıtıcıya gider, yoğunlaşmış su ise depoya gider. Dördüncü kaynatıcıdan gelen yoğunlaşmış su da doğrudan depoya gider. Kazan dairesinden gelen buhar 8 atmosfer basınç ve 270–275 °C de olup düzenleyici vasıtasıyla birinci kaynatıcıya gelir. 700–730 kcal/kg ısı değeri vardır. 5,75 atmosfere göre otomatik olarak ayarlanmış olup fazlası üstten alınır. Kaynatıcının önünde de düzenleyici mevcuttur. Buhar dördüncü ısıtıcıya 5 atmosfer basınçta gelir. Kaynatıcıya giren buharın miktarı 33–35 ton/saat'ten fazla olmamalıdır. Bu değer bazen çok aşağıya örneğin 22 ton/saat'e kadar düşebilir, bu hal boruların tıkanmasına işaret eder. Birinci kaynatıcıdaki buhar basıncı maksimum 4 atmosfer olup fazlası borulara zarar vermektedir. Birinci ayırıştırıcıdan çıkan ikinci buhar üçüncü kaynatıcıya ve ikinci, üçüncü ısıtıcıya gider ve bunlarda da basınç 0,7–1 atmosferdir. Üçüncü ayırıştırıcıda vakum vardır. Buradan alınan ikinci buhar ise dördüncü kaynatıcıya ve birinci ısıtıcıya gelmektedir. Üçüncü kaynatıcıda basınç genellikle 0,2–0,3 atmosferdir. Borularda kabuklanma artarsa basınç yükselerek 0,7 atmosfere kadar çıkar. Ayırıştırıcılarda kaynama sonucu hâsıl olan buharın sıcaklığı ayırıştırıcıdaki çözeltinin sıcaklığına eşittir. Fakat buharın müteakip kaynatıcıya giriş sıcaklığında 6–8 °C lik bir düşme görülür. Dördüncü ayırıştırıcıdan ayrılan buhar barom yoğuşturucuya alınır. Üstten soğuk su verilir ve gelen buhar yoğunlaşmış olarak aşağı akar. Vakum pompası yardımıyla hava emilir, su kompanse olurken hava ile kaçan su başka bir tank vasıtasıyla toplanır ve ana boruya dahil olur. Barom kondensatın sıcaklığı 52–53 °C dir. Sıcaklık fazla olursa vakum düşer. Bu suyun bir kısmı 98 °C'ye kadar ısıtılarak kırmızı çamurun yıkanma işleminde kullanılır. Barom kondensatın içinde en fazla 0,2 gr/lt sodyum oksit olmalıdır.

Dekompozisyon bölümündeki vakum filtrelerindeki yıkama suyu buharlaştırma bölümüne gelerek yıkama işleminde kullanılır. Önce batarya durdurulur, yıkanacak olan aparatların çözeltileri boşaltılır. Aparatlar filtratla veya yoğunlaşmış su yıkanır. Yıkama işleminden sonra sodyum hidroksit bakımından zenginleşmiş filtrat tanka döner. Bu filtrat üç defa yıkamada kullanılabilir. Sıcaklığı 50–60 °C olan filtratla yıkama sırasında biraz buhar verilerek sıcaklık 80–90 °C'ye çıkarılır. Üç defa yıkamada kullanılan filtrat ise ana çözelti tankına gönderilir. Yıkama işleminden evvel ve sonra filtrattan numune alınarak sodyum oksit konsantrasyonu ölçülür. Aradaki farktan yıkamanın derecesi anlaşılır. (Fulda ve Ginsberg, 1964), (Sigmond vd., 1979), (Gado ve Orban, 1979)

## 5. ANA ÇÖZELTİNİN KONTROLÜ

Alümina prosesi dekompozisyon bölümünden gelen zayıf çözeltinin içine karışan ve çöktürülmemiş olan alüminyum hidroksit her iki saatte bir kontrol edilmelidir. Alüminyum hidroksit miktarı maksimum 2,5 gr/lt olmalıdır. Fazla miktarda bulunursa ısıtıcıların boruları tıkanır ve çalışma zorlaşır. Zayıf çözelti bataryalara gönderilir, alüminyum hidroksit altta çöker. Şayet alüminyum hidroksit

miktarı fazla ise dekompozisyona haber verilerek önlem alınır. Zayıf çözeltideki alüminyum hidroksit fazlalığının yaş öğütmeye de zararlı etkisi vardır. Çözeltiye karışan alüminyum hidroksit dolayısıyla alüminyum oksit miktarında bir artma olur. Alüminyum oksit miktarı artarsa aktif sodyum hidroksit miktarı ve dolayısıyla  $\alpha_k$  azalır. Bu durumda  $\alpha_k$ 'yı istenen değere getirmek için çözeltinin miktarı  $5 \text{ m}^3$  den  $7 \text{ m}^3$  e artırılır. Zira değirmene yüklenecek yani boksit içinde bulunan alüminyum oksidi bağlayacak olan sodyum oksit bu aktif olanıdır. Bu nedenle aktif kostiğin azalması istenmez. Dolayısıyla birinci durumda  $1 \text{ m}^3$  çözelti 200 kg alüminyum okside ikinci durumda  $1 \text{ m}^3$  çözelti 144 kg alüminyum okside tekabül edecektir. Çözeltiyi artırmak demek kullanılan malzemenin hacmini artırmak demektir. Bu ise sarf edilen enerjinin artmasına sebep olacaktır. Ayrıca buharlaştırma ünitesinde daha fazla su buharlaşır.

Buharlaştırma bataryaları belirli zaman çalıştıktan sonra borularda başlayan tıkanıklık gelen buharın çözeltiye olan ısı geçirgenliğine mani olur. Buhar çözeltiyi yeterince ısıtamaz. Bu durumda gelen ana çözeltiyi azaltmak gerekir. Kuvvetli çözeltinin yoğunluğu olduğunda az ise çözelti iyi ısınmıyor demektir. Buhar biraz daha fazla açılır veya çözelti gelişi kısılır. Buhar açılmıyorsa çözeltiyi kısmaktan başka çare yoktur. Buharlaştırma bataryasına az çözelti vermek icap ettiği zaman fazlalık sirküle edilir ve tekrar ana çözelti tankına gönderilir. Kuvvetli çözeltinin hepsi doğrudan doğruya yaş öğütme bölümüne bir kısmı da dekompozisyon bölümüne gider. Zamanla dekompozör içinde biriken ve tabakalar meydana getiren alüminyum hidroksit kalıntılarının temizlenmesi gerekir. Bu işlem kuvvetli çözeltiyle yapılır. Bir nevi kimyasal temizleme mahiyetindedir. Çözeltinin yaş öğütme bölümüne giden yolu kapatılır ve dekompozörlere doğru yöneltilir. Dekompozör kalıntıları hemen çözeltiye geçer ve devamlı olarak yaş öğütmeye gider. Bu iş bitince bu sefer aksi vana kapatılır ve direkt değirmen hattı açılır. Bütün dekompozörler yılda bir temizlenir. Buharlaştırma bataryaları durdurulursa üçüncü, dördüncü ısıtıcılardaki ve birinci, dördüncü kaynatıcılardaki çözeltinin tamamı zayıf çözelti tankına gönderilir. (Fulda ve Ginsberg, 1964), (Sigmond vd., 1979)

## 6. BUHARLAŞTIRMA BATARYALARIN ÇALIŞTIRILMASI

Buharlaştırıcıya gelen çözelti miktarı artarsa, çözeltinin sıcaklığı düştükçe ve birinci kaynatıcıdaki basınç arttıkça borular temiz ise vakum yükselir. Barom suyunun sıcaklığı arttıkça vakum düşer. Her dört yılda bir defa birinci kaynatıcının içi kontrol edilir. Her sekiz yılda bir defa hidrolik kontrol yapılır. Borulara 8 atmosfer basınçta su basılır. Sonra borular içine su sızıp sızmadığı kontrol edilir. Kaynak yapılmış yerler kontrol edilir. Eğer tatbik edilen su basıncı 7,8–7,9 atmosferi gösteriyorsa su borulara sızıyor demektir. Eğer delik yoksa basınç 8 atmosferi gösterir. Sonra basınç 6 atmosfere düşülür. Yoğunlaşmış su ayırıştırıcısı her sekiz yılda bir 8 atmosfer basınçtaki su ile test yapılır. Ayırıştırıcıya ve kaynatıcı içindeki borulara 3.75 atmosfer basıncında su basılır ve contalar kontrol

edilir. Üçüncü kaynatıcıda ise her dört yılda bir 3.75 atmosfer basınçta ve sekiz yılda bir defa da 2.25 atmosfer basınçta su ile hidrolik kontrol yapılır.

Bütün aparatlar gözden geçirildikten sonra ana çözeltiye ait pompa çalıştırılır. Önce birinci ve ikinci ısıtıcılarda üçüncü ve dördüncü buharlaştırıcılar çalıştırılır. Zayıf çözelti evvela orta çözelti tankına gelir. Buradan yine pompa ile üçüncü ve dördüncü ısıtıcılara oradan da birinci kaynatıcıya gelir. Hemen kuvvetli çözelti alınamayacağından çözelti buradan ana çözelti tankına alınır ve sirküle eder. Aynı anda su açılarak dördüncü kaynatıcıda vakum meydana getirilir. Bundan sonra buhar yavaşça açılır. Dördüncü ısıtıcıyada buhar verilir. Birinci kaynatıcıdaki buhar basıncı yavaşça 4 kg/cm<sup>2</sup> ye kadar yükselir ve yoğunlaşmış suyun temizliği kontrol edilir. Artık çalışma başlamıştır ve çözelti konsantrasyonu istenilen miktarı bulduğunda kuvvetli çözelti alınmaya başlanır. Her 20 dakikada bir buharın çalışıp çalışmadığı kontrol edilir. 30 dakikada birde yoğunlaşmış suyun temizliği kontrol edilir. Isıtıcılarda ve kaynatıcılarda hava ve gaz bulunmamalıdır.

Buharlaştırma bataryalarının çalışmaya alınması için evvela ana çözelti birinci, ikinci ısıtıcı ve üçüncü, dördüncü kaynatıcılara oradan da orta çözelti deposuna alınır. Orta çözelti tankının pompası çalıştırılır ve buradan üçüncü, dördüncü ısıtıcılar yoluyla çözelti dördüncü kaynatıcıya gelir. Sirkülasyon başlar, su açılır, dördüncü kaynatıcıda vakum, buhar yavaşça açılır. Dördüncü ısıtıcıya buhar verilir. Birinci kaynatıcıda basınç yavaşça düşürülür. Yoğunlaşmış suyun temizliği kontrol edilir. Buharlaştırma bataryaları genellikle yıkamak için durdurulur. 10 dakika içinde buhar yavaş yavaş kesilir, sonra bütün kondesat kirli yoğunlaştırılmış su tankına gönderilir. Borular çalışmaya alınırken veya durdurulma esnasında delinebilir. Buharlaştırma bataryası durdurulurken soğuyan borularda ısı farkından dolayı çatlaklar meydana gelebilir. Bu yüzden batarya durdurulurken kondesant kirli tanka gider. Daha sonra vakum pompası durdurulur, su kesilir, dekompozisyon bölümünden gelen zayıf çözelti kesilir. Elektrikler kesilince önce buhar kesilir sonra kuvvetli ve orta çözelti çıkışları kapatılır. Daha sonra vakum kapatılır, su kesilir. Bütün bu işlerin çok çabuk yapılması gerekir. Aksi takdirde buhar zamanında kesilmezse konsantrasyonu gittikçe artar, çözeltideki soda borulara çökeler ve tıkanma yapar. (Fulda ve Ginsberg, 1964), (Şahin)

Çözeltinin dekompozisyon bölümünden geliş konsantrasyonu;

Sıcaklık	: 60–70 °C
Toplam sodyum oksit	: 145- 150 gr/lt
Alüminyum oksit	: 70 gr/lt
Alüminyum hidroksit	: 2,5 gr/lt
Organik madde	: 2 gr/lt

$$\alpha_T : 3,50$$

Çözelti sıcaklığı ise 65–70 °C kadardır. Gelen zayıf çözelti buharlaştırma bataryalarına beslenir ve her aparatda kademeli olarak konsantrasyonu yükselir. Son alınan dönüş çözeltisinin bileşimi aşağıdaki gibidir;

Toplam sodyum oksit	: 245–250 gr/lit
Alüminyum oksit	: 110–120 gr/lit
Alüminyum hidroksit	: 0,5 gr/lit
$\alpha_T$	: 3,5

Kuvvetli çözeltinin yoğunluğu 1.280–1.320 arasında olmalıdır. Eğer yoğunluğu 1.320 den büyük ise konsantrasyon artmış demektir. Bu durumda buhar azaltılır. Buna imkân yoksa zayıf çözelti arttırılır. Yoğunluk 1.280'den küçük ise konsantrasyon düşük demektir. Buhar normal ise zayıf çözelti kısılır aksi takdirde buhar arttırılır. Kuvvetli çözeltinin yoğunluğu her yirmi dakikada bir tayin edilir. Sekiz saatte bir defa kuvvetli çözeltinin kimyasal analizi yapılır. (Fulda ve Ginsberg, 1964), (Şahin)

## 7. KİMYASAL TEMİZLEME

Buharlaştırma bataryalarındaki borularda çöken alüminyum silikat kabukları boruların ısı geçirgenliklerini azaltır. Fakat her yerde aynı derecede çökme olmaz. Çökme olması için sıcaklığın 110 °C'nin üzerinde olması gerekir. En çok ikinci, dördüncü ısıtıcılarda ve üçüncü kaynatıcıda çökme olur. Birinci kaynatıcıda sıcaklık her ne kadar 100 °C nin üstünde ise çözelti çok derişik olduğundan alüminyum silikat meydana gelmez. Beş ayda bir defa kimyasal temizleme yapılır ve bu zaman zarfında oluşan alüminyum silikat kabuklarının kalınlığının 6–8 mm kadardır. Bu çöken tabaka içinde alüminyum silikat, organik madde ve soda kalıntıları mevcuttur. Alümina prosesinde alüminat çözeltisi dört kısımda incelenir. 153–158 gr/lit sodyum oksit konsantrasyonlu zayıf çözelti, 220–230 gr/lit sodyum oksit konsantrasyonlu orta çözelti, 297–300 gr/lit sodyum oksit konsantrasyonlu kuvvetli çözelti ve 133–150 gr/lit sodyum oksit konsantrasyonlu alüminat çözeltisidir. Alüminat çözeltisindeki silis parçası ne kadar yüksek olursa buharlaştırma işlemi sırasında borularda vuku bulacak tıkanmalar daha az olur. Beş ayda bir ikinci ve üçüncü ısıtıcılar açıldığında 50–100 borunun tıkanıdığı görülür. Beş gün durdurularak temizleme yapılır.

Soydum alüminyum silikatlar otoklavlar bölümündeki ham çözelti tanklarında oluşurlar ve kırmızı çamur çöktürücülerinde alüminat çözeltisinden ayrılırlar. Fakat az da olsa yine de bir miktar silikat buharlaştırma bölümüne gelir ve kaynatıcı borularında çökerek çok sert tabakalar meydana getirirler. Bunun sonucu olarak buharlaştırma bataryalarında bir ton suyu buharlaştırmak için gereken buhar

miktarı artar yani buhar verimi azalır. Devredeki bu silikat artışı yani buharlaştırma bölümündeki bataryalardaki çökmenin azalıp çoğalması, boksitin silis modülüyle ilgilidir. Düşük silisli cevherler kullanıldığında bu çökmeler azalır yani temizleme işlemleri daha uzun periyotlarla olur. Kimyasal temizleme işlemi yapmadan önce zayıf çözelti kesilir ve buhar kapatılır. Isıtıcıların üst kapakları ve üçüncü kaynatıcının ise yan üstü açılır. Asitle temizleme işlemi %8-10'luk sülfürik asitle ve belli oranlarda karıştırılan, kullanılan aside karşı inhibitör ile yapılır. İnhibitör konulmasının amacı asidin cidarlardaki korozyonu en aza indirmektir. Bu işlem için özel tank ve aside dayanıklı pompalar kullanılır. Temizlenecek aparatlar bu karışımla doldurularak belli bir zaman sonuna kadar statik olarak bekletilir. Gerekli kontroller yapılarak işlem sona erdirilir ve aparatlar boşaldıktan sonra çözeltiyle yıkanarak nötralizasyon yapılır. Bu işlemde başka, alüminyum hidroksit gibi safsızlıkların çökmeleri sonunda tıkanan aparatlar sıcak yoğunlaşmış su yıkanır ve yıkama suları zayıf çözelti karıştırıcılarına sevk edilir.

Kimyasal temizleme için %98 lik sülfürik asitten faydalanılır. Bu konsantrasyon su ile %8-10'a düşürülür. Bir defa temizleme yapmak için 2 ton %98'lik sülfürik asit harcanır. Dört defa temizlemek için ise 8-10 ton sülfürik asit gider. Karışma olması için üçüncü kaynatıcıya karışmayı sağlayacak basınca sahip hava verilir. Asitli su borularda 12-14 saat kalır. Dördüncü kaynatıcı ise yoğunlaşmış su ile sirkülasyona tabi tutulur. İki saat süre ile iki defa yapılır. 12-14 saat sonra ısıtıcılardan ve üçüncü kaynatıcıdan alınan yıkama suyu orta çözelti deposuna gelir. Buraya başka bir boru ile yoğunlaşmış su gelir ve tekrar dördüncü kaynatıcı ile ayrıştırıcıya verilir. Asit konsantrasyonu %4-5'e düşer. Operasyondan sonra borular kontrol edilerek basınçlı su ile temizlenir ve fazla tıkanık olmayan borular temizlenmiş olur. Üçüncü kaynatıcıya ikinci yıkama esnasında, ısıtıcılara ise üçüncü ve dördüncü yıkama esnasında olmak üzere inhibitör aside katılır. Açığa çıkan demir yüzeyi arttıkça bu maddenin miktarı da artırılır. İlk önce 10 lt sonraki yıkamada ise çıplak yüzey artacağından 20 lt katılır. Bu yıkamadan sonra yıkama asidi yine depoya alınır, dördüncü ayrıştırıcıda sirküle edilir ve tekrar boşaltılır. Üçüncü yıkama ise bir daha sonra yapılır. Bu arada 8-10 mm kalınlığında ve 7 mm uzunluğunda çubukla borular temizlenir. Dördüncü ayrıştırıcı son defa ağzına kadar yoğunlaşmış su doldurularak üst kısımdaki silikatlarda alınır. İki veya üç kez yeniden yıkanır. İkinci ve dördüncü ısıtıcıları dört defa yıkamak gerekir. Dördüncü kaynatıcıda dört kez yıkanmalıdır. Bir borudan aşağıya ışık sarkıtılarak borular kontrol edilir. Ancak boruların %10'u kontrol edilir bu da diğerleri hakkında bir fikir verebilir. (Şahin), (Csanady vd., 1979)

## **8. DENEYSEL ÇALIŞMA**

Bu çalışmadaki denemelerde kullanılan kaynatıcılarda meydana gelen silikat tabakası numuneleri Etibank Alüminyum Tesisleri Grup Başkanlığından alınmıştır. Silikat numuneleri evvela oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur.

**Silisyum Dioksit Tayini**

Silikat tabakası evvela nitrik asit ve sülfürik asit karışımı ile çözüldü ve silis jelâtin ile çöktürüldü.

**Alüminyum Oksit Tayini**

Silis süzütüsüne amonyak ilave edildi ve  $R_2O_3$  tipindeki bileşikler çöktürüldü. Daha sonra alüminyum oksit bulundu.

**Demir Oksit Tayini**

Titanometrik olarak tayin edildi. Çözeltideki demir-3 iyonları titan triklorür çözeltisi ile demir-2'ye indirgenir. İndikatör olarak KSCN kullanılır. Demir-3 iyonları rodanür bileşikleri kırmızı renk verir. Titrasyonda bu kırmızı rengin kaybolması üç değerlikli demirin iki değerli demire indirgendiğini gösterir.

**Sodyum Oksit Tayini**

Silikat kabuğu hidroklorik asit ile çözüldü. Zararlı maddeler oksalik asit ve orto oksikinolin ile çöktürüldü. Sonra sodyum sülfat şeklinde tartıldı.

**Tablo 4.**

Buharlaştırma Bölümündeki Kaynatıcılarda Oluşan Silikatın Bileşimi (%)

Numune No	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	NaO	Organik Madde
1	0,57	23,69	9,56	31,6	6,92
2	0,55	24,21	9,48	31,54	7,46
3	0,64	24,52	9,36	30,91	7,53
4	0,56	23,24	8,92	29,86	6,88
5	0,49	23,6	8,86	29,74	7,24
6	0,58	23,55	9,46	30,6	6,98
7	0,61	23,36	9,41	31,74	7,15
8	0,57	23,55	9,6	31,31	7,33
9	0,6	23,11	9,36	31,44	7,22
10	0,58	23,74	9,46	31,24	6,98
11	0,56	23,66	8,96	30,64	7,23
12	0,57	24,31	9,44	31,82	6,96
13	0,54	24,21	9,61	31,65	6,89
14	0,58	23,62	9,54	31,45	6,87
15	0,6	23,12	9,33	31,52	6,79

**Organik Madde Tayini**

Numuneye sülfürik asit ilave edildikten sonra sıcak potasyum permanganat ile titre edildi ve organik madde bulundu. (Şahin, 1998), (Solymar vd., 1979), (Şahin, 2003),

**9. SONUÇLAR**

Alümina prosesinde buharlaştırma bölümü, devreye zorunlu olarak giren suların çözültiden ayrılması, kostik çözültisi rejenerasyonun, soda ayırımının ve organik empüritelerin işlem dışına çıkarılması işlemlerinin yapıldığı yer olması bakımından büyük önem taşır. Ayrıca buharlaştırma işlemi sırasında meydana gelen sıcak suların, kazan dairesini ve çeşitli yıkamalarda kullanmak üzere ilgili üniteleri beslemesi bakımından da ehemmiyet arz etmektedir.

Organik maddeler yoğunlukları az olduğundan kolay kolay çökmezler. Organik maddelerin miktarı fazla ise soda çözünürlüğü artar ve çökmede zorluk çıkar. Organik maddeler köpük yaptığından çeşitli tank ve aparatlarda, dekompozörlerde seviye yükselmelerine ve taşmalara yol açtığından buharın giderilmesi zorunludur.

Devredeki soda miktarı %8-9'dan az ise temizlik yapmaya lüzum yoktur. Soda miktarı fazla olursa tikinerlerde çökme zorlaşır ve üstüne köpük yapar. Sodayı çöktürmek için en iyi ortam kuvvetli çözültideki sodyum oksit konsantrasyonunun 300 gr/lit olması ile sağlanır.

Dekompozisyon bölümünde ayrıştırma randımanı artar, hidrat tikinerleri normal çalışmaz ise zayıf çözültiyle beraber gelen katı alüminyum hidroksit kristal miktarı artar ve normal değerinin çok üzerine çıkar. Bu gibi hallerde kostik konsantrasyonun düşük olduğu bölgelerde çok fazla hidratlaşma ve tıkanmalar meydana gelir. Hidrat çökmesi sonucu aparat vanaları çalışmaz ve buharlaştırma bataryalarını çok sık yıkamak gerekir. Ayrıca ısıtıcı borulardaki silikat çökmesi artar. Bu nedenle buharlaştırma bölümüne giren çözültideki hidrat miktarı sürekli kontrol altında tutulmalıdır.

Buharlaştırma bölümünden elde edilen yoğunlaşmış su kazan dairesine gönderilir. Bu yüzden temizliğine son derece dikkat edilmelidir. Kazan dairesine gönderilecek olan yoğunlaşmış suyun bileşimindeki sodyum oksit konsantrasyonu en fazla 22 mg/lit olmalıdır.

**KAYNAKLAR**

1. A. Csanady, A. Imre, M. Orban, Physico-Chemical Characteristics and Analysis of Bauxite, Red Mud, Alumina Hydrate and Alumina, ALUTERV-FKI, Budapest, (1979).
2. W. Fulda, H. Ginsberg, Tonerde und Aluminum, Walter de Gruyter Co., Berlin, (1964).



3. P. Gado, M. Orban, Mineralogical and Textural Investigation of Bauxite, Red Mud and Alumina, ALUTERV-FKI, Budapest, (1979).
4. B. Teil. Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie, Aluminum, Verlag Chemie, Weinheim, (1963).
5. R. E. Kirk, D. F. Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Interscience Encyclopedia, New York, (1970).
6. O. E. Lanford, Using Chemistry, Mc Graw Hill Book Co., London, (1959).
7. G. Sigmond, K. Solymar, P. Toth, Chemical Background and Technology of Processing Bauxite to Alumina, ALUTERV-FKT, Budapest, (1979).
8. K. Solymar, J. Zoldi, A. C. Toth, I. Feher, Manual for Laboratory, ALUTERV-FKI, Budapest, (1979).
9. S. Şahin, Seydişehir Alüminyum Tesisleri Grup Başkanlığında Yapılan Çalışma Notları
10. S. Şahin, Jo. Chem. Soc. Pak., 16(3) (1994) 169.
11. S. Şahin, Hydrometallurgy, 44(1) (1997) 185.
12. S. Şahin, Hydrometallurgy, 47(1) (1998) 371.
13. S. Şahin, J. Chem. Soc. Pak., 25(4) (2003) 304.