

# BALIKESİR BÖLGESİ ALUNİTLİ KAOLİNİNİN KABA, TEMİZLEME VE SÜPÜRME FLOTASYONLARI İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

İlknur TATAR<sup>1</sup>, Nezahat EDİZ<sup>2\*</sup>, Ahmet AYDIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ETGB Osmangazi Tekno-park, Osmangazi Üniversitesi, Eskisehir, Türkiye. [ilknurgulsever@gmail.com](mailto:ilknurgulsever@gmail.com)

<sup>2</sup> Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye. [nezahat.ediz@dpu.edu.tr](mailto:nezahat.ediz@dpu.edu.tr)

<sup>3</sup> Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye. [ahmet.aydin@dpu.edu.tr](mailto:ahmet.aydin@dpu.edu.tr)

*Geliş Tarihi: 21.04.2016*

*Kabul Tarihi:18.08.2016*

## ÖZ

Bu çalışma Balıkesir-Sındırgı bölgesi alunitli kaolinindeki kükürtün, seramik sektöründe kullanılabilir bir seviyeye (maksimum %0.5 SO<sub>3</sub>) indirilmesi amacıyla yapılmıştır. Bunu gerçekleştirmek için ise flotasyon yöntemi kullanılmıştır. İlk aşamada kaoline kaba flotasyon uygulanmış ve en iyi flotasyon deney şartları belirlenmiştir. En iyi flotasyon şartlarında yapılan deneyler sonucunda %4.05 SO<sub>3</sub> içeriğine sahip olan alunitli kaolinden, %1.35 SO<sub>3</sub> içerikli bir kaolin konsantresi %83.11 kükürt uzaklaştırma verimi ile elde edilmiştir. Optimum flotasyon şartlarındaki deneyler, bir dağıtıcı kullanılarak da yapılmış ve dağıtma işleminin flotasyona etkisi araştırılmıştır. Bu deneyler sonucunda ise %1.38 SO<sub>3</sub> içerikli bir kaolin konsantresi %81.03 kükürt uzaklaştırma verimi ile elde edilmiştir. Daha sonra kaolindeki kükürt içeriğinin daha da azaltılması için temizleme ve süpürme flotasyonları uygulanmıştır. Bu işlemler sonucunda da ilk beslemeye göre ağırlıkça %10.10 oranında, %0.68 SO<sub>3</sub> içerikli bir kaolin konsantresi %74.00 kükürt uzaklaştırma verimi ile elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Alunitli Kaolin, Kaba Flotasyon, Temizleme Flotasyonu, Süpürme Flotasyonu*

## BENEFICIATION OF ALUNITIC KAOLINS FROM BALIKESİR REGION BY ROUGH, CLEANING AND SCAVENGER FLOTATION METHODS

### ABSTRACT

This research aimed at reducing alunite from the alunitic kaolin composition of Balıkesir-Sındırgı region to a level which is acceptable for use in ceramic industry (maximum 0.5% SO<sub>3</sub>). Flotation method was used for this purpose. In the first stage, rough flotation was applied to the kaolin samples and the optimum flotation parameters were determined. After the tests carried out under the optimum flotation conditions, a kaolin concentrate having a SO<sub>3</sub> content of 1.35% was obtained with a sulphur removal efficiency of 83.11% (recovery rate) from the alunitic kaolins with 4.05% SO<sub>3</sub> content. Flotation tests were then repeated at the optimum conditions by using a scrubber and the effect of scrubbing on flotation was investigated. After these tests, a kaolin concentrate having a SO<sub>3</sub> content of 1.38% was obtained with a sulphur recovery rate of 81.03%. Afterwards, cleaning and scavenger flotations were applied in order to further reduce the sulphur content of the kaolin. After these processes, a kaolin concentrate having a SO<sub>3</sub> content of 0.68% was obtained with a sulphur recovery rate of 74.00%, at a weight ratio of 10.10% according to the first feed.

**Keywords:** *Alunitic Kaolin, Rough Flotation, Cleaning Flotation, Scavenger Flotation*

## 1. GİRİŞ

Kaolin, belli ortam ve koşullarda yer altı ve yerüstü sularının veya termal eriyiklerin andesit, dasit, porfir gibi volkanik kayaları altere etmesi sonucu oluşan bir kayadır. Kimyasal bileşimi  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  olan kaolinler, büyük oranda kaolinit mineralinden (%50'den fazla) oluşan sulu alüminyum silikatlardır [1, 2, 3]. Kimyasal olarak saf bir kaolin ağırlıklı olarak silikat şeklinde (%47-50)  $SiO_2$ , (%34-37)  $Al_2O_3$  ve (%10-12.5) ateş kaybı olarak görülen su içerir. Kaolin, kaolinit mineralinden oluştuğundan oldukça saf ve pişme rengi beyaz bir kildir. Ancak  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$  ve  $Na_2O$  gibi safsızlıklar da içerebilir [4].

Kaolinler limit değerlerin üzerinde (%3)  $SO_3$  içerdiklerinde alunitli kaolinler olarak tanımlanırlar ve %0.5-10 arasında değişen oranlarda  $SO_3$  içerebilirler [5, 6, 7]. Alunitli kaolinler zenginleştirme yapılmaksızın bazı çimento türlerinin üretiminde, tuğla sanayinde ve bazı alanlarda dolgu maddesi olarak kullanılabilir [8]. Kaolinin yaygın olarak kullanıldığı seramik sanayinde ise alunitli kaolinler kullanılamamaktadır. Çünkü alunit içeren hammaddelerin yüksek sıcaklıkta sinterlenmeleri sırasında gaz çıkışı ve alkalisülfat buharlaşmaları gibi nedenlerle sinterleşme tam olarak oluşmamakta ve gaz çıkışı nedeniyle seramiklerde gözenekli yapılar, çatlaklar ve kırılmalar meydana gelmektedir [9]. Türkiye kaolin rezervi 100 milyon tonun üzerindedir ve çeşitli alterasyon süreçlerine bağlı olarak yataklanma sırasında yapıya karışan sülfirik asitin de etkisiyle hemen hepsi alunit içermektedir. Rezerv içinde en büyük olan Balıkesir-Sındırgı-Düvertepe bölgesidir [10, 11].

Alunitli kaolinlerin zenginleştirilmesine yönelik bugüne kadar birçok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı fiziksel yöntemler ve flotasyon ile, alunitli kaolinden kükürdün uzaklaştırılmasını konu almaktadır [5, 7, 12, 13,]. Çalışmaların diğer kısmı da, kimyasal ve ısı işlemler uygulanarak alunitli kaolinlerden alunitin uzaklaştırılmasını konu almaktadır [14, 15, 16]. Bu araştırmalardan, fiziksel yöntemlerle alunitin uzaklaştırılmasında önemli başarı sağlanamadığı, ancak kimyasal ve ısı işlemlerle alunitin büyük oranda uzaklaştırılabildiği saptanmıştır. Fakat kimyasal ve ısı işlemler kaolinin yapısını bozmakta, özellikle seramik sektöründe kaolinden beklenen plastiklik ve döküm özelliklerinin kaybolmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada Balıkesir-Sındırgı bölgesi alunitli kaolinindeki alunitin, seramik sektöründe kullanılabilir seviyeye indirilmesi amaçlanmıştır. Seramik sektöründe bu sınır en fazla %0.5  $SO_3$ 'dür [16]. Bu amaçla alunitli kaolin, kaba ve aşamalı flotasyon deneylerine tabi tutulmuştur. Ayrıca en iyi flotasyon şartlarındaki deneyler, bir dağıtıcı kullanılarak da yapılmış ve dağıtma işleminin flotasyona etkisi araştırılmıştır.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### Malzeme

Deneylerde kullanılan alunitli kaolin Balıkesir Sındırgı bölgesinden temin edilmiştir. Bölgeden getirilen kaolinin tane boyutu önce çeneli ve merdaneli kırıcılar kullanılarak 2 mm'nin altına indirilmiş, sonra 38  $\mu m$  altına öğütülmüştür. Öğütme işlemleri 2 lt kapasiteli seramik bilyalı değirmende ve %50 katı oranında yaş olarak yapılmıştır. Öğütücü ortam

olarak üç farklı büyüklükte (15, 20 ve 25 mm çaplarında) alubit bilyalar kullanılmıştır. Bilyalı değirmende 120 dakika öğütülerek 38 µm altına indirilen kaolin, susuzlandırıldıktan sonra 100°C'de kurutulmuştur, Bu şekilde hazırlanan kaolin floatasyon işlemlerinde kullanılmak üzere stoklanmıştır. Kaolinin karakterizasyonu için kimyasal, mineralojik ve mikroyapı özellikleri incelenmiştir. Kaolinin kimyasal analizi Rigaku marka ZSX Primus II model XRF cihazı kullanılarak yapılmıştır. Mineralojik analizi ise Rigaku marka Miniflex ZD13113 model XRD cihazı ile Cu Kα(λ=1.54Å) ışınması kullanılarak 2θ=5-70° aralığında 2°/dk çekim hızında yapılmıştır. Mikroyapı ise ZEISS marka SUPRA 50 V model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.

## Yöntem

Hazırlanan numunelerle anyonik flotasyon deneyleri yapılmıştır. Deneylerde alkali ortamda alunit yüzdürülürken, kaolinin bastırıcı kullanılarak yüzmesi engellenmeye çalışılmıştır. Flotasyon deney parametreleri olarak literatürde belirlenen parametreler dikkate alınmıştır [7, 12, 13, 16]. Bu parametrelere göre yapılan deneyler sonucunda en iyi flotasyon deney şartları belirlenmiştir. Bu şartlarda yapılan flotasyon sonucu elde edilen konsantrenin kükürt içeriğinin daha da azaltılması amacıyla temizleme ve süpürme kademelerinden oluşan aşamalı flotasyon da yapılmıştır. Ayrıca en iyi şartlardaki deneyler, bir dağıtıcı kullanılarak da tekrarlanmış ve dağıtma işleminin flotasyona etkisi araştırılmıştır. Dağıtma işlemi IKA-T25 dijital ULTRA TURRAX marka dağıtıcı kullanılarak yapılmıştır. Dağıtıcının kullanım şartları, bazı ön denemeler yapılarak belirlenmiştir. Bu denemelerde dağıtıcı hem doğrudan flotasyon hücresi içinde, hem de pülp hücreye beslenmeden önce yani hücre dışında olmak üzere iki şekilde kullanılmıştır. Denemeler sonucunda, dağıtıcının hücre içinde kullanıldığı durumda daha düşük kükürt içerikli kaolin konsantrelerinin elde edildiği tespit edilmiştir. Bu nedenle bu deney grubunda dağıtıcı, flotasyon hücresi içinde kullanılmıştır. Dağıtıcı hızının belirlenmesi için yapılan denemelerde ise 6 MHz hızından daha yüksek hızlarda flotasyon hücresinden taşmaların olduğu, daha düşük hızlarda ise kaolin konsantrelerinde kükürt içeriğinin arttığı saptanmıştır. Bu nedenle en uygun dağıtıcı hızı olarak 6 MHz seçilmiştir. Deneyler 1 lt hacminde flotasyon hücresine sahip DENVER tipi flotasyon cihazında gerçekleştirilmiştir. Hücrenin fotoğrafı Resim 1-a'da, dağıtıcının fotoğrafı ise Resim 1-b'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Resim 1. (a) Denver tipi flotasyon cihazı (b) dağıtıcı.

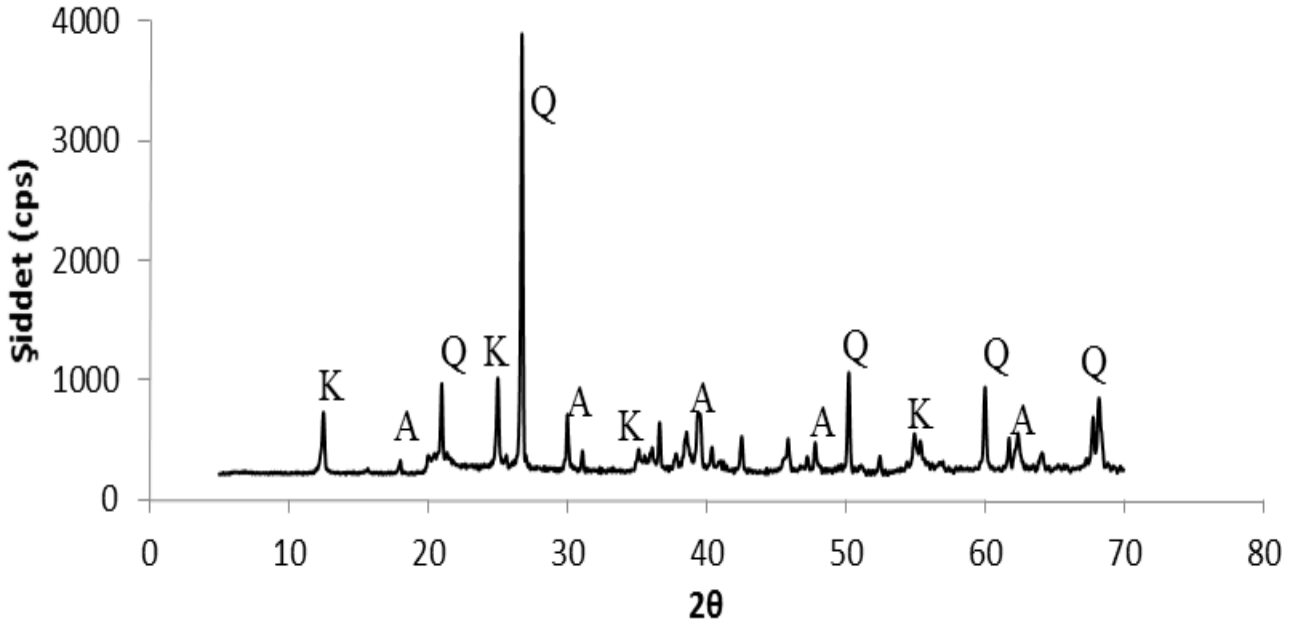
### 3. DENEYSEL BULGULAR

#### Malzeme Karakterizasyonu

Deneylerde kullanılan kaolinin kimyasal analizi ve yarı kantitatif olarak hesaplanmış kaolinit, kuvars ve alunit içerikleri Çizelge 1’de, mineralojik analizi ise Şekil 1’de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde, SO<sub>3</sub>’ün yanısıra görülen K<sub>2</sub>O nedeniyle, kaolindeki kükürt içeriğinin alunitten kaynaklandığı söylenebilir (alunitin kimyasal formülü KAl<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub> [17]). Ayrıca MTA’nın bölgede yaptığı çalışmalarda alunitli kaolin analiz sonuçları K<sub>2</sub>O ve SO<sub>3</sub>’ün beraber değiştiğini, diğer bir ifadeyle K<sub>2</sub>O ve alunit miktarının birlikte azalıp çoğaldığını göstermektedir [18, 19]. Kaolindeki alunit varlığı Şekil 1’de verilen mineralojik analizden de görülmektedir. Şekil 1’den aynı zamanda, kaolinin ana minerallerinin kaolinit, kuvars ve alunit olduğu da anlaşılmaktadır.

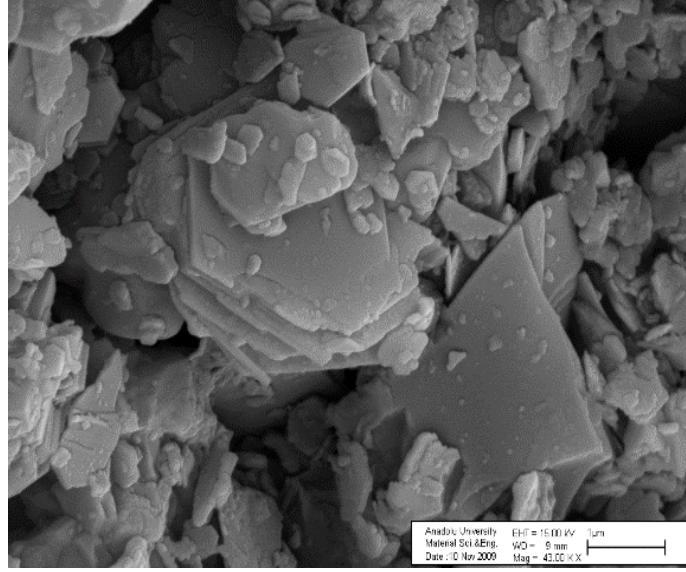
Çizelge 1. Kaolinin kimyasal analizi ve mineralojik bileşimi.

Kimyasal Analiz ve Mineralojik Bileşim (%)												
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	A.Z.	Kaolinit	Kuvars	Alunit
55.24	25.58	0.38	1.08	0.11	0.04	1.08	0.16	4.05	11.88	54.93	29.70	10.49



Şekil 1. Kaolinin XRD paterni (K: kaolinit, Q: kuvars, A: alunit).

Kaolinin SEM görüntüsü ise Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’den tipik kaolinit morfolojisine uygun olarak, bazı kaolinit kristallerinin gelişigüzel dağılmış ve birbirleriyle ilişkilendirilemeyen kristaller halinde olduğu görülmektedir. Kaolinit kristalleri genelde 2 µm’den küçüktür ve yığılımların kalınlığı 10 µm’e kadar çıkmaktadır.



Şekil 2. Kaolinit mineralinin genelde gelişigüzel dağılmış yapısı.

## Flotasyon Deneş Sonuçları

### Kaba flotasyon

Flotasyon deneş parametreleri ve bu parametrelerle yapılan deneşlerden elde edilen en iyi flotasyon deneş şartları izelge 2’de verilmiştir. En iyi flotasyon şartlarında yapılan deneşler sonucunda alunitli kaolinde %4.05 olan  $SO_3$  içeriği %1,35’e dūřurūlmūř ve %83,11 kūkūrt uzaklaştırma verimi elde edilmiştir. (Bu sonuçların elde edildiği çalışma, yazarların daha önceki yayınında detaylı olarak açıklanmıştır [20]). Dağıtıcı kullanılarak yapılan flotasyon sonuçları ise kaba flotasyon sonuçları ile karşılaştırmalı olarak izelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. Kaba flotasyon deneş parametreleri ve optimum flotasyon şartları.

Parametreler	Denenen Flotasyon Şartları	En İyİ Flotasyon Şartları
Toplayıcı Cinsi	Sodyum Oleat, Aero Prometer 845, 825, 801	AERO 845
Toplayıcı Miktarı (g/ton)	500, 100, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000	3000 g/ton
Köpürtücü Cinsi	MIBC, am Yaęı	MIBC
Köpürtücü Miktarı (g/ton)	0, 20, 40, 60, 80, 100, 120	100 g/ton
Bastırıcı Cinsi	Sodyum Silikat	Sodyum Silikat
Bastırıcı Miktarı (g/ton)	0, 100, 300, 500, 700	300 g/ton
Flotasyon Süresi (dk)	1, 2, 3, 4, 5, 6	5 dk
Pūlpte Katı Oranı (%)	5, 10, 15	%5
Karıştırma Hızı (d/dk)	900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400	1200 d/d
pH	7, 8.5, 9, 10	8.5

**Çizelge 3.** Kaba ve dağıtıcı kullanılarak yapılan flotasyon deney sonuçları.

Flotasyon Türü	Ürünler	Miktar (%)	SO <sub>3</sub> (%)	
			Tenör	Verim
Kaba Flotasyon	Konsantre	50.67	1.35	16.89
	Artık	49.33	6.82	83.11
Dağıtıcı kullanılan Flotasyon	Konsantre	55.67	1.38	18.97
	Artık	44.33	7.40	81.03

Çizelge 3 incelendiğinde, dağıtıcı kullanılarak yapılan flotasyondan elde edilen konsantre kaolin miktarının (batan) ve SO<sub>3</sub> içeriğinin, kaba flotasyona göre biraz yüksek olduğu görülmektedir. Aynı zamanda artık (alunit) miktarının daha az, SO<sub>3</sub> içeriğinin ise daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Bu sonuçlardan dağıtma işleminin, alunit tanelerinin yüzeyindeki ince taneli kaolinit minerallerini uzaklaştırdığı ve böylece alunitin az da olsa daha fazla yüzmesine neden olduğu söylenebilir. Böylece bu flotasyonda konsantre miktarı artmış ve bu artışla orantılı olarak kaolin içinde çok ince tane boyutlarında disemine olarak dağılmış olan alunit nedeniyle SO<sub>3</sub> içeriği de artmıştır.

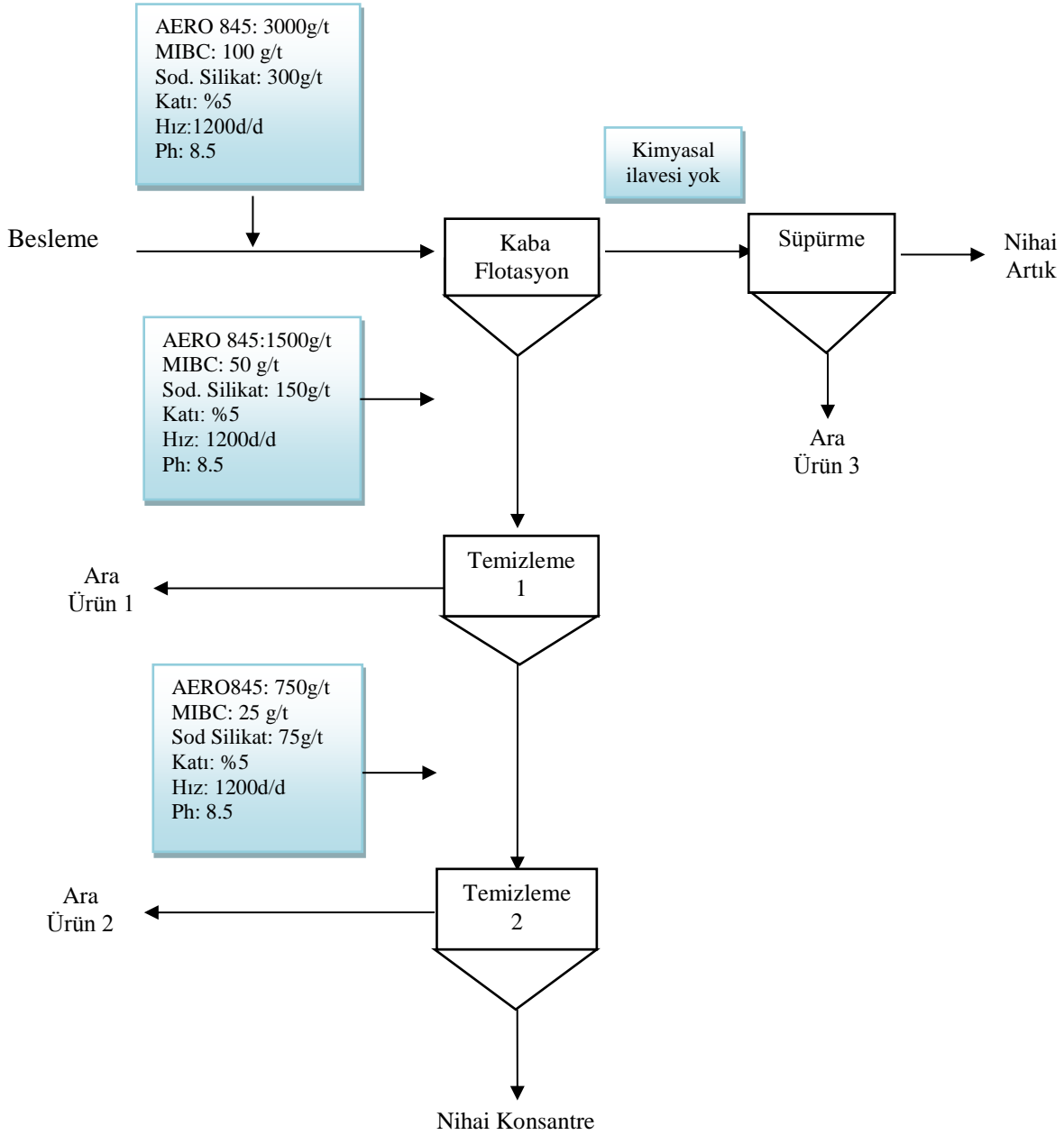
#### Aşamalı flotasyon

Alunitli kaoline uygulanan kaba, temizleme ve süpürme flotasyonlarında kullanılan reaktif devresi Şekil 3’de, bu devreye göre yapılan deney sonucu elde edilen ürünlerin kendi aralarındaki metalurjik denge tablosu ise Çizelge 4’de verilmiştir.

**Çizelge 4.** Kaba, temizleme ve süpürme flotasyonları ürünlerinin metalurjik denge tablosu.

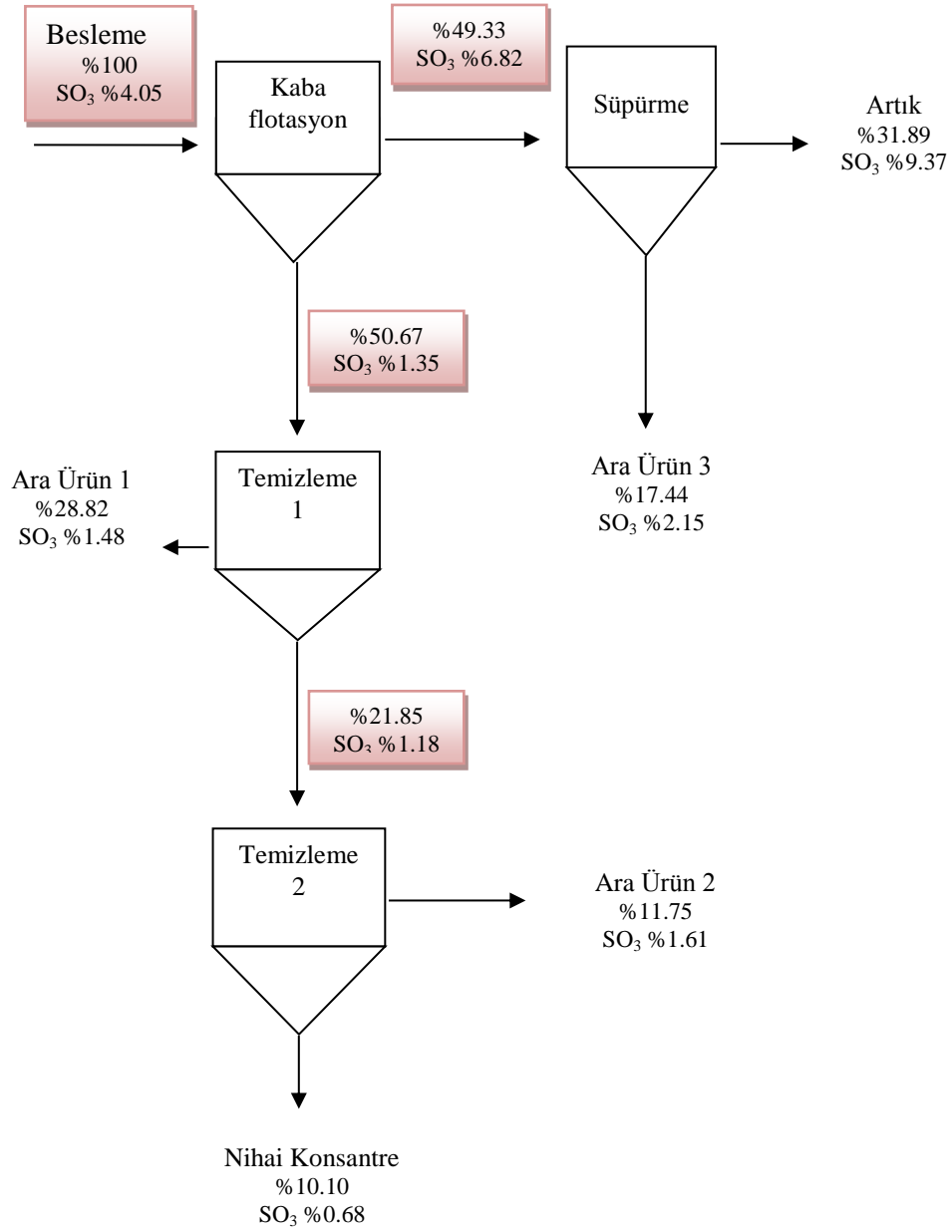
Aşama	Ürünler	Ağırlık (%)	Tenör (% SO <sub>3</sub> )	Verim (% SO <sub>3</sub> )
Kaba Flotasyon	Konsantre	50.67	1.35	16.89
	Artık	49.33	6.82	83.11
	Besleme	100.00	4.05	100.00
Temizleme 1	Konsantre	43.12	1.18	37.69
	Ara Ürün 1	56.88	1.48	62.31
	Besleme	100.00	1.35	100.00
Temizleme 2	Nihai Kons.	46.22	0.68	26.63
	Ara Ürün 2	53.78	1.61	73.37
	Besleme	100.00	1.18	100.00
Süpürme	Ara Ürün 3	35.35	2.15	11.14
	Nihai Artık	64.65	9.37	88.86
	Besleme	100.00	6.82	100.00

Çizelge 4'den, %4.05 SO<sub>3</sub> içerikli alunitli kaolinin kaba flotasyonu sonucunda %1.35 SO<sub>3</sub> içerikli bir kaolin konsantresi ve süpürme flotasyonu sonucunda %9.37 SO<sub>3</sub> içerikli bir artık elde edildiği görülmektedir. Ayrıca birinci ve ikinci aşama temizleme flotasyonları sonucunda sırasıyla %1.48 SO<sub>3</sub> içerikli ara ürün (1), %1.61 SO<sub>3</sub> içerikli ara ürün (2) ile süpürme flotasyonu sonucunda %2.15 SO<sub>3</sub> içerikli ara ürün (3) elde edilmiştir.



Şekil 3. Alunitli kaoline uygulanan aşamalı flotasyon reaktif devresi.

Şekil 3'e göre yapılan deneyden elde edilen sonuçlara göre hazırlanan madde balansı devresi Şekil 4'de gösterilmiştir. Ayrıca kaba, temizleme ve süpürme flotasyonları sonucunda elde edilen ürünlerin ilk beslemeye göre metalurjik denge tablosu ise Çizelge 5'de verilmiştir.



Şekil 4. Kaba, temizleme ve süpürme madde dengesi.

Çizelge 5. Flotasyon ürünlerinin ilk beslemeye göre metalurjik denge tablosu.

Ürünler	Ağırlık (%)	Tenör (%SO <sub>3</sub> )	Verim (%SO <sub>3</sub> )
Konsantre	10.10	0.68	2.00
Ara Ürün	58.01	1.67	24.00
Artık	31.89	9.37	74.00
Toplam	100.00	4.05	100.00



Çizelge 5 incelendiğinde, alunitli kaoline uygulanan kaba, temizleme ve süpürme flotasyonları sonucunda SO<sub>3</sub> içeriğinin %4.05'den %0.68'e düşürüldüğü görülmektedir (%74.00 kükürt uzaklaştırma verimi ile). Fakat ilk beslemeye göre konsantre kaolin miktarının oldukça düşük seviyelerde (%10.10) olduğu dikkat çekmektedir. Yine Çizelge 3'den, %9.37 SO<sub>3</sub> içerikli bir artık ve %1.67 SO<sub>3</sub> içerikli ara ürünün elde edildiği görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Balıkesir bölgesi alunitli kaolininden kükürdün uzaklaştırılmasına yönelik yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Balıkesir-Sındırgı bölgesi alunitli kaolininin en iyi flotasyon deney şartları; 3000 g/ton AERO 845, 100 g/ton MIBC, 300 g/ton sodyum silikat, flotasyon süresi 5 dk, pülpte katı oranı %5, karıştırma hızı 1200 d/d ve pH 8.5 olarak belirlenmiştir.
2. En iyi şartlarda yapılan kaba flotasyon sonucunda, %4.05 SO<sub>3</sub> içerikli kaolinden %1.35 SO<sub>3</sub> içerikli konsantre %83.11 kükürt uzaklaştırma verimi ile elde edilmiştir.
3. Dağıtıcı kullanılarak yapılan flotasyon deneyleri sonucunda, %1.38 SO<sub>3</sub> içerikli konsantre %81.03 kükürt uzaklaştırma verimi ile elde edilmiştir.
4. Aşamalı flotasyon devresinde, iki temizleme ve bir süpürme flotasyonu uygulanarak %0.68 SO<sub>3</sub> içerikli nihai konsantre %74 kükürt uzaklaştırma verimi ile elde edilmiştir.

Sonuç olarak; Balıkesir-Sındırgı bölgesi alunitli kaolinindeki SO<sub>3</sub> miktarının, seramik sektöründe kullanılabilir seviyeye (%0.5 SO<sub>3</sub>) düşürülmesinin amaçlandığı bu çalışmada, kaolindeki SO<sub>3</sub> içeriği %4.05'den %0.68 gibi oldukça düşük bir değere indirilmiştir. Fakat elde edilen temiz kaolin miktarı son derece azdır (yaklaşık ilk beslemenin %10'u kadar). Dolayısıyla bu çalışmanın devamı olarak, temiz konsantre miktarının da artırılmasına yönelik çalışmalara devam edilmelidir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Büyükoğtar, S., "Kaolen Genel Bilgiler ve Ege Bölgesindeki Kaolen Çalışmaları", MTA Genel Müdürlüğü Ege Bölge Müdürlüğü Bölge Yayınları, İzmir, 20, 2-6 (1989).
- [2] Dombrowski, T., "The origin of kaolinite. Implication for utilization", In: Carty, W.M., Sinton, C.W. (Eds.), Science of White Wares II. American Ceramic Society, Westerville, OH, 3-12 (2000).
- [3] Yanık, G., Esenli, F., Uz, V., Esenli, V., Uz, B and Külah, T., "Ceramic properties of kaolinized tuffaceous rocks in Kesan region", Thrace, NW Turkey, Applied Clay Science, 48, 499-505, (2010).
- [4] Chatterjee, K.K., "Uses of Industrial Minerals, Rocks and Freshwater", Nova Science Publishers, Inc. New York, 69-79, (2009).
- [5] Sümer, G., "Alümitli Kaolinlerin Zenginleştirilmeleri", V. Ulusal Kil Sempozyumu, Eskişehir, 349-362, (1999).
- [6] Özdemir, H. and Sezer, İ., "Clay Potential of Turkey, Industrial Minerals", MTA raporu, Turkey, 35-39, (1987).

- [7] Yapa, N. ve Atak, S., “Kuzey-Batı Anadolu, Alunitli Kaolinlerinin Flotasyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi”, II. Uluslararası Seramik Kongresi Cilt-1, 108-115, (1994).
- [8] Kılınc, M., “Alunitli Kaolenden Alüminyum Sülfat Üretimi için Optimum Koşulların Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1994).
- [9] Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö., Ekmekçi, Z. ve Can, M., “Temel Seramik ve Cam Hammaddelerimizdeki (feldspat, kuvars, kaolin) Kalite Sorunları ve Çözüm Önerileri”, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s. 22-33, (1999).
- [10] Bozdoğan, İ., “Türkiye Kaolin Sektörünün Analizi: Güncel Durum ve Sorunlar”, Kibited 1(2), 1-8 (2006).
- [11] DPT., “Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Kimya Sanayi Hammaddeleri” Cilt I (Fosfat-Kükürt-Alunit) Çalışma Grubu Raporu, 2607, Ankara, 618 (2001).
- [12] Koca, S., “Kaolin ve Alunitin Reaktif Adsorpsiyon Mekanizmalarının Flotasyon Reaktiflerinin Seçimine Etkisi”, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (1992).
- [13] Yapa, N., “Alunitli Kaolinlerin Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (1993).
- [14] Girgin, İ., Ekmekçi, Z. ve Erkal, F., “Mihalıcılık sert kaolini zenginleştirme çalışmaları”, Madencilik Dergisi, 33(3), 37-42, (1994).
- [15] Genç, S., “Alunitli Kaolinlerden Sülfat Giderilmesi ve Seramik Hammaddesi Üretilmesi”, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1994).
- [16] Ekmekçi, Z., Gülsoy, Ö., Ersayın, S. and Bayraktar, İ., “Desulphurisation of İvrindi alunitic kaolin”, Bulletin of Earth Sciences Application and Research Centre Of Hacettepe University, Yerbilimleri, 23, 53-60, (2001).
- [17] Özdemir, M., and Çetişli, H., “Extraction kinetics of alunite in sulphuric acid and hydrochloric acid”, Hydrometallurgy, 76, 217-224, (2005).
- [18] Okut, M., Köse, Z., Çakar, A.B. ve Elmacı, M., “Balıkesir ili sındırgı ilçesi düvertepe köyü ve dolayları kaolen etüdü”, MTA-7573, (1984).
- [19] Okut, M., Elmacı, M. ve Köse, Z. “Balıkesir ili Sındırgı ilçesi Düvertepe Kaolen yatağı maden jeolojisi raporu”, MTA-7930, (1986).
- [20] Ediz, N., Tatar, İ., Aydın, A. “Pre- concentration and flotation of alunitic kaolin and its possible use in ceramic tile” Physicochemical Problems of Mineral Processing, 1, 213-231, (2015).