



## Seydişehir Alüminası'nın Dökümle Şekillendirilmesi\*

C Betül Emrulloğlu Abi<sup>1\*\*</sup>, Mustafa Yatır<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0326-6122)

<sup>2</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

(Konferans Tarihi: 5-7 Mart 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.araconf61)

**ATIF:** Emrulloğlu Abi, C.B., & Yatır, M. (2020). Seydişehir Alüminası'nın Dökümle Şekillendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 463-471.

### Öz

Alümina, seramik malzemelerin büyük bir kısmında ana fazlardan birisi olduğu gibi, yüksek ergime sıcaklığı, sertlik ve düşük ısı iletkenlik gibi özellikleri alüminaya mühendislik seramikleri içerisinde önemli bir yer sağlamıştır. Bu çalışmada alüminanın slip döküm tekniği ile şekillendirilmesi üzerine çalışılmıştır. Deneysel Metalurjik Kalitede Seydişehir Alüminası kullanılmıştır. Çalışmalar üç aşamada tamamlanmıştır. Birinci aşamada Seydişehir Alüminası yıkama+öğütme, yıkama+kalsinasyon+öğütme olmak üzere iki farklı işleme tabi tutulmuş, tüp metodu ile pH-zeta potansiyel ilişkisi ve alümina tanelerinin flokülasyon-dispersiyon davranışları belirlenmiştir. Disperse şartlarda hazırlanan süspansiyonlar alçı kalıpta slip döküm tekniği ile şekillendirilmiştir. İkinci aşamada şekillendirilen numuneler 1400, 1500 ve 1600°C 'lerde 2 saat süre ile sinterlenmiştir. Üçüncü aşamada ise sinterlenen numunelere su emme, üç nokta eğme dayanımı testleri uygulanmış ve XRD ile faz analizleri yapılmıştır. En iyi sonuçlar, 1600°C'de sinterlenen, yıkanmış ve öğütülmüş alümina tozundan elde edilmiş ve bu işlem sonucu, yoğunlukları 1,56gr/cm<sup>3</sup>, pişme küçülmeleri %15.52, görünür gözeneklilikleri %34.7, eğilme mukavemetleri 151.65 kg/cm<sup>2</sup>, su emme değeri %22.3 olan ürünler elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Seydişehir Alüminası, Soda Uzaklaştırma, Döküm, Sinterleme.

## Shaping of Seydişehir Alumina via Casting

### Abstract

Alumina is one of the main phases in most of the ceramic materials, and its properties such as high melting temperature, hardness and low thermal conductivity provided an important place for alumina in engineering ceramics. In this study, it has been studied to shape the alumina with slip casting technique. Metallurgical Quality Seydişehir Alumina was used in the experiments. The studies were completed in three stages. In the first stage, Seydişehir alumina was subjected to two different processes as washing + grinding, washing + calcination + grinding, the pH-zeta potential relationship with tube method and the flocculation-dispersion behavior of alumina grains were determined. Suspensions prepared in disperse conditions were shaped with plaster mold casting technique. Samples formed in the second stage were sintered at 1400, 1500 and 1600°C for 2 hours. In the third stage, water absorption, three point bending strength tests were applied to the sintered samples and phase analyses were carried out with XRD.

The best results were obtained from the washed and ground alumina samples which were sintered at 1600°C, resulting in products with a density of 1.56 g / cm<sup>3</sup>, firing shrinkage 15.52 %, apparent porosity 34.7 %, flexural strength 151.65 kg / cm<sup>2</sup>, water absorption value 22.3 %.

**Keywords:** Seydişehir Alumina, Soda Removal, Casting, Sintering.

\* Bu makale *International Conference on Access to Recent Advances in Engineering and Digitalization (ARACONF 2020)* de sunulmuştur.

\*\*Sorumlu Yazar: Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi., Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0326-6122, cbetul@aku.edu.tr

## 1. Giriş

Alüminyum hidrat esas olarak Bayer Prosesi ile üretilir. Bayer Prosesi, sodyum alüminat çözeltisi yapmak için boksitin kostik soda ile reaksiyona sokulmasını, atıkların çökmesini ve filtrasyonunu, çözüldüğü alüminyum hidratin çökmesini ve sınıflandırılmasını, filtrasyon ve yıkama, kalsinasyon ve öğütmeyi içerir. Sonuç olarak bu proses, % 0,6 ila <% 0,05 Na<sub>2</sub>O içeriğine sahip, tane boyutları <0.5-10µm arasında değişen ve 0.2 - 100 m<sup>2</sup>/g arasındaki yüzey alanlarına sahip farklı kimyasal bileşim ve özelliklerde kalsine alüminalar verir. Elektrik yalıtkanı ve elektronik uygulamalar için kullanılan alüminadaki soda seviyeleri performansları için kritik öneme sahiptir. Genel olarak, yüksek alümina seramiklerde % 0.1 Na<sub>2</sub>O'ün altındaki seviyeler tercih edilir ve çoğu durumda % 0.05 Na<sub>2</sub>O'ün altındaki seviyeler arzu edilir (Anderson, 1995).

Birçok endüstriyel uygulamada ince ve düşük sodalı alümina kullanılır. Bu malzeme, mükemmel kimyasal stabilite, elektriksel ve mekanik özellikleri nedeniyle çok çeşitli mühendislik alanlarında kullanılan alümina seramik ve diğer refrakter ürünlerin üretimi için temel malzemedir. Ticari kalite "ince ve düşük sodalı α-alümina", <10 µm ortalama partikül boyutuna ve % 0.03 - % 0.10 Na<sub>2</sub>O içerir (Watson et al., 1963).

Sodayı düşürmek için en az üç yöntem vardır ve istenen sonucu elde etmek için genellikle iki veya daha fazla yöntem kullanılır: Birincisi hidratin çökeltilmesi sırasında yapılır ve yöntem ile soda içeriği % 0.2 kadar düşürülebilir. İkincisi, kalsine alüminanın su, hidroklorik asit (HCl) veya karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ile liç işlemidir ki bu işlem % 0.1 - 0.02 seviyelerine indirir. Üçüncüsü kalsinasyon aşaması sırasında klor veya bor veya silis tuzları veya asitleri ile ekstraksiyonu içerir ve soda oranı % 0.1 - 0.02 aralığına kadar düşer.

Alümina birkaç kristal formda bulunur. Bu formlar içerisinde en yoğun ve kararlı olanı alfa alümina formudur (Ceramic Industry, 2003). Bayer prosesi sonucu üretilen gibsit 1150°C altında bir sıcaklıkta kalsine edilirse gibsit tamamen alfa alüminaya dönmez, bunun sonucu olarak da kalsine üründe geçiş alüminaları denen alümina fazları bulunur (Emrulloğlu v.d., 1991; Başpınar v.d., 1998). Geçiş alüminaları içeren alüminanın öğütülmesi ve sinterlenmesi zordur (Tambaş v.d., 2000).

Geçiş alüminaları sinterleme sırasında laminasyona da neden olabilirler (Onodo and Hench, 1978). Seydişehir alüminası metalürjik kalitede alümina olup alfa alümina yanında geçiş alüminaları da içerirler. Seydişehir alüminasının şekillendirilmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Tane boyutunun iri olması, geçiş alüminaları ve normalden fazla soda içermesi nedenleri ile şekillendirme tekniklerinde sorunlar yaşanmış, ürünlerin sinterleşmesi çoğu kez kötü olmuş, düşük mukavemetli, büyük oranda gözenek içeren ürünler elde edilmiştir (Erten v.d., 2004; Acun v.d., 2004; Şentürk v.d., 2004; İnce v.d., 2004; Emrulloğlu v.d., 2005-1; Emrulloğlu v.d., 2005-2; Örencik ve Emrulloğlu, 2006; Kıran ve Emrulloğlu, 2006).

Döküm seramik prosesleri arasında en eski tekniklerden birisi olup kompleks şekilli seramik bileşenlerin üretiminde kullanılabilir. Buna ek olarak kolaylığı, düşük maliyeti, esnekliği ve muntazam tane paketlenmesi bu prosesin avantajları olarak verilebilir (Savio et al., 2000). Slip döküm süspansiyon halindeki seramik tanelerinin poroz alçı kalıba dökülmesini içeren bir metottur (Richardson, 1992).

Bu çalışmada Seydişehir alüminasının, karakterizasyonu, yıkama-kalsinasyon ve öğütme işlemlerini içeren iyileştirme çalışmaları ve dökümle şekillendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Deneyleerde Kullanılan Malzemeler

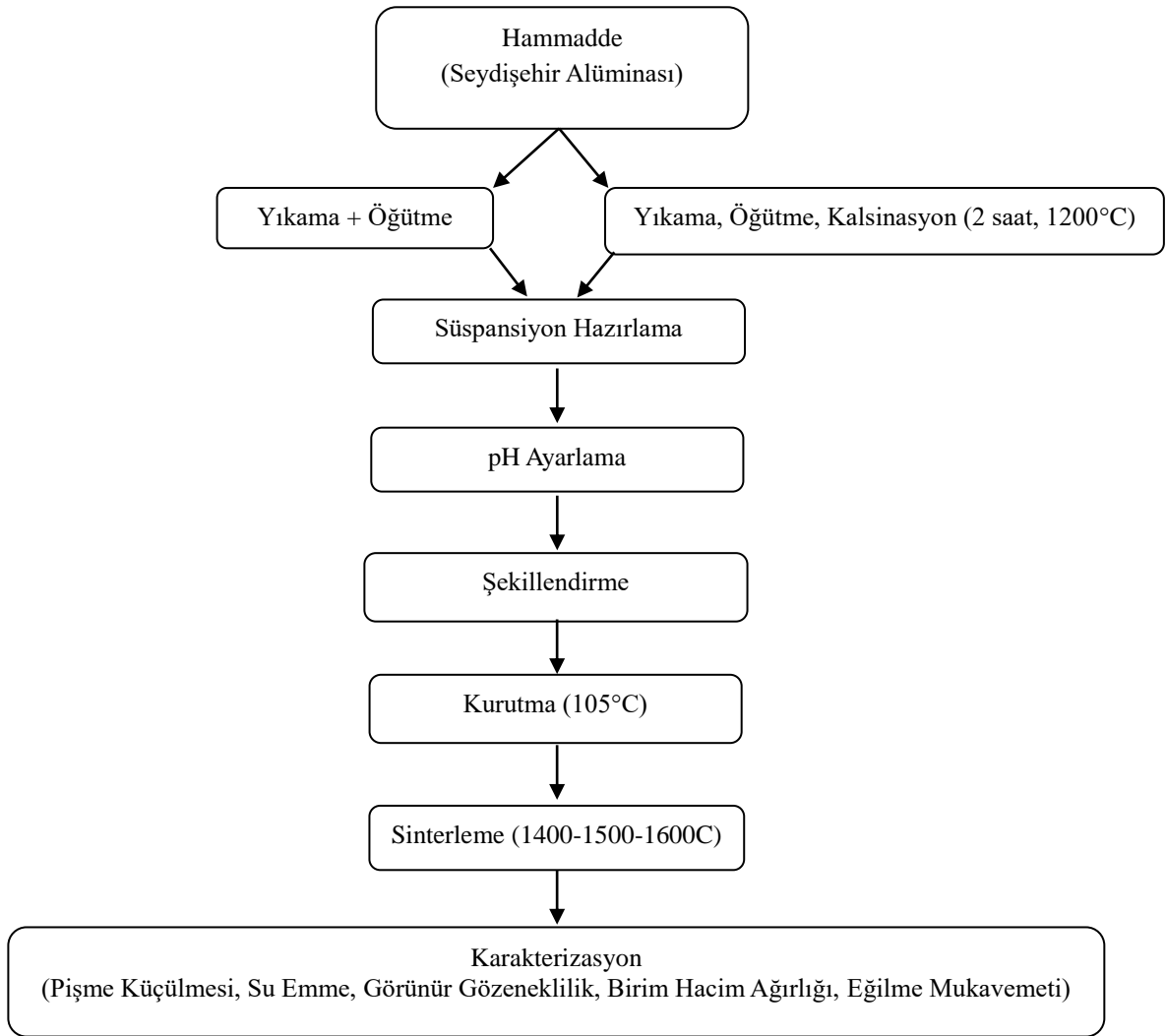
Deneysel çalışmalarda Seydişehir Alüminası kullanılmıştır. Seydişehir Alüminası'nın yıkanmadan önce ve sonraki kimyasal bileşimleri Tablo 1 'de, fazlar ise Şekil 1 'de sunulmuştur.

### 2.2. Alüminanın Soda İçeriğinin Düşürülmesi

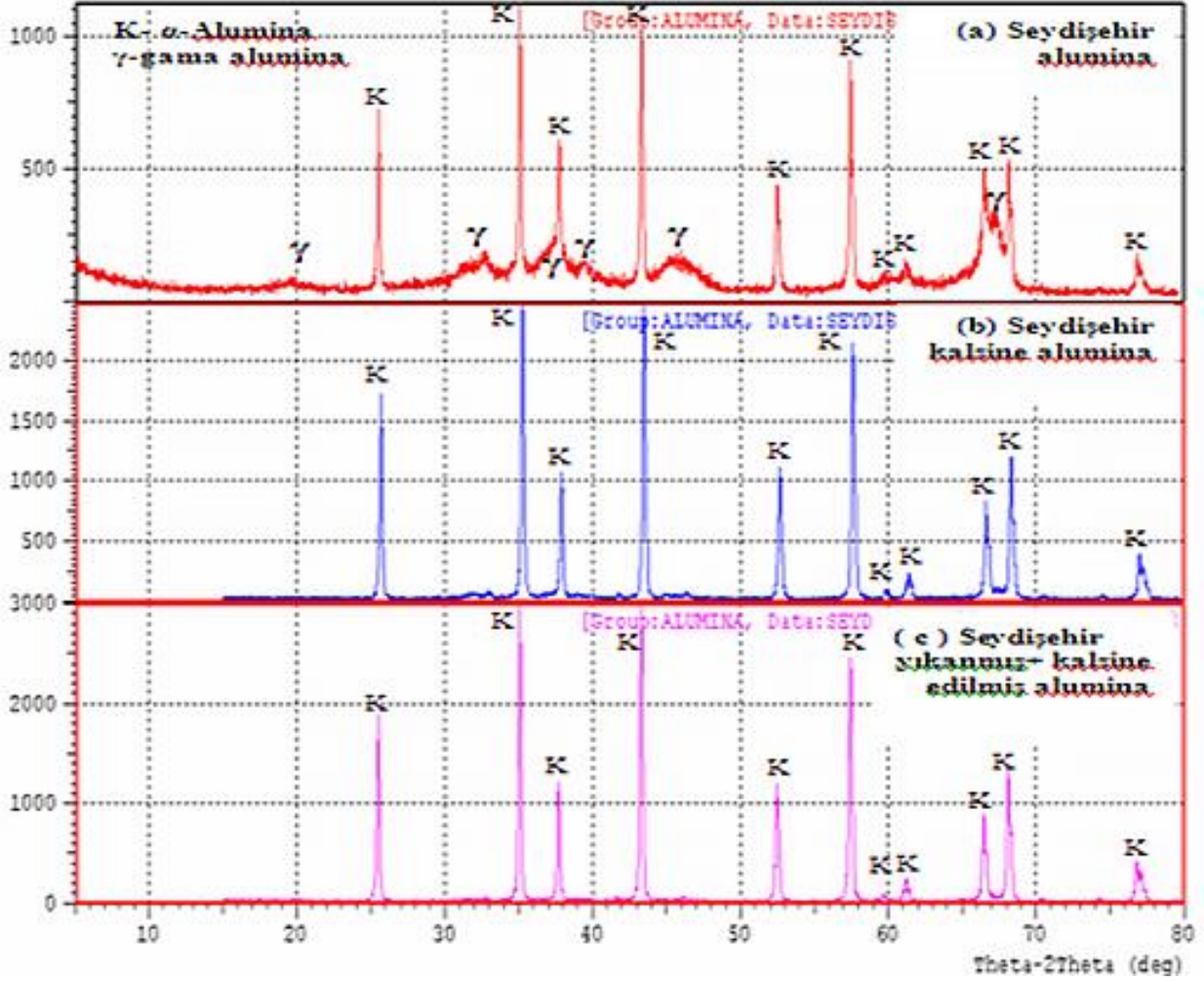
Yapılan uygulamalı çalışmalarda ETİ Alüminyum İşletmesinde döner fırın sonrası ara ürün olarak elde edilen metalürjik kalitede alümina kullanılmıştır. Deneyleerde takip edilen Na<sub>2</sub>O içeriğinin azaltılması işlemi için kullanılan akım şeması Şekil 1.'de verilmiştir. Deney oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1.'de verilen deney şemasında takip edilen proseste çalışılan katı miktarı 90 gr olup kullanılan deiyonize su miktarı 114 gr.'dir. Eldeki 90 gr katı madde bir beherin içine konup 114 gr. deiyonize su da topaklanmanın önlenmesi için yavaş yavaş alümina tozunun üzerine ilave edilmiştir. Bu karışım karıştırıcıda 120 devir/dak. hızla 15dk. süreyle karıştırılmış, daha sonra mavi bant süzgeç kağıdı kullanılarak vakum altında süzülüş ve etüvde 105°C'de kurutulmuştur.

Tablo 1. Seydişehir Alüminası'nın yıkama öncesi ve sonrası kimyasal bileşimleri

Bileşim (%)	Seydişehir Alüminası	Yıkanmış Seydişehir Alüminası
$SiO_2$	0.029	0.018
$Al_2O_3$	97.59	-
$Fe_2O_3$	0.017	0.015
$CaO$	-	-
$MgO$	-	-
$Na_2O$	0.40	0.23
$K_2O$	-	-
$TiO_2$	-	-
$SO_3$	-	-
A.Z.	1.98	-



Şekil 1. Deney Akım Şeması



Şekil 2. a) Seydişehir Alüminası, b) Yeniden Kalsine Edilmiş Seydişehir Alüminası, c) Yıkanmış-Yeniden Kalsine Edilmiş Seydişehir Alüminası'na ait XRD paternleri

### 2.3. Sedimentasyon Tekniği ile pH-Zeta Potansiyel İlişisinin Belirlenmesi

Yıkanmış-öğütülmüş Seydişehir Alüminası ile değişen pH'larda süspansiyonlar hazırlanmış, 25cc'lik cam tüplere aktarıldıktan sonra çökmeye bırakılmıştır. Çökelti yükseklikleri incelenmiş, dispersiyonun en iyi olduğu pH olarak 7 seçilmiştir. Yıkanmış-kalsine edilmiş-öğütülmüş Seydişehir Alüminası için de aynı testler yapılmış ve dispersiyonun en iyi olduğu pH olarak 3 belirlenmiştir.

### 2.4. Süspansiyon Hazırlama

Yıkanmış-öğütülmüş Seydişehir Alüminası için pH'ı 7, yıkanmış-kalsine edilmiş-öğütülmüş Seydişehir Alüminası için ise pH'ı 3'e ayarlanmış saf su kullanılarak ağırlıkça %50 katı içeren döküm süspansiyonları hazırlanmıştır.

### 2.5. Şekillendirme ve Kurutma

İki farklı pH'da hazırlanan süspansiyonlar alçı kalıplara dökülerek şekillendirme gerçekleştirilmiştir. Numunelerin yavaş kurumasını sağlamak amacı ile önce üzeri naylon ile örtülerek ön kuruma gerçekleştirilmiş daha sonra etüvde 105°C 'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur.

### 2.6. Sinterleme

Hazırlanan örnekler Süper Kantal MoSi<sub>2</sub> (Nabertherm) ısıtıcı elementli fırında 1400°C, 1500°C ve 1600°C'lerde 5°C/dak. ısıtma hızı ile 2 saat süre ile sinterlenmiştir. Sinterleme işlemi sonunda fırın kapatılarak kendi halinde soğumaya bırakılmıştır.

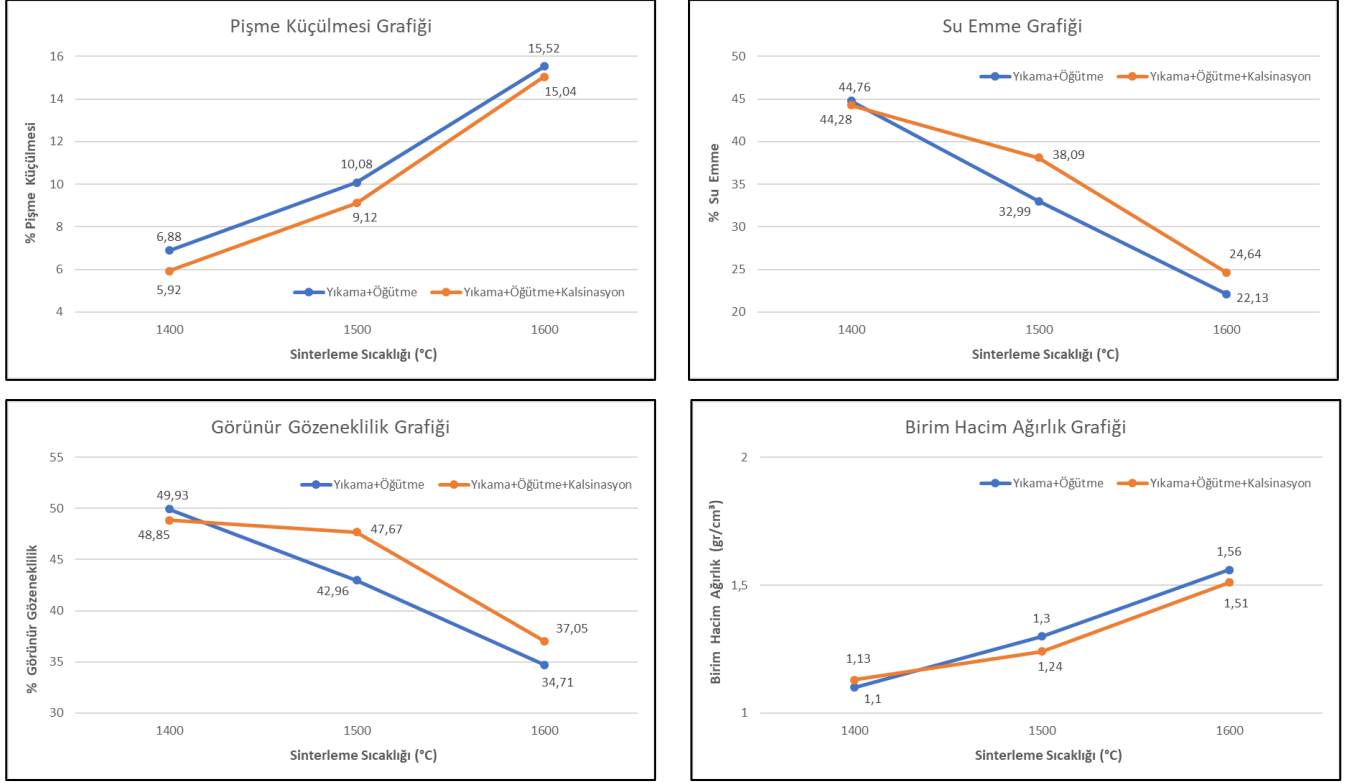
### 2.7. Numunelere Uygulanan Testler

TS-10545 'de belirtildiği şekilde sinterlenmiş numunelerin kuru, su emmiş ve su içerisindeki ağırlıklarından hareketle görünür gözenek ile birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. TS-4897 'ye göre de numunelerin üç nokta eğme dayanımı değerleri belirlenmiştir. Ayrıca her iki grup numuneden 1500°C'de sinterlenen numunelerin SEM ile mikroyapı incelemeleri yapılmıştır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Su Emme Deneyi Sonuçları

1400°C, 1500°C ve 1600°C’lerde sinterlenmiş numunelerin pişme küçülmesi, su emme ve görünür gözenek %’leri ve birim hacim ağırlığı değerleri Şekil 3. ve Tablo 2.’de verilmiştir.



Şekil 3. Sinterleme sıcaklığı ile numunelerin fiziksel özelliklerinin değişimi

Tablo 2. Numunelerin farklı sinterleme sıcaklıklarındaki fiziksel özellikleri

Numune	Sıcaklık (°C)	Pişme küçülmesi (%)	Su Emme (%)	Birim Hacim Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Görünür Gözeneklilik (%)
Yıkama + Öğütme	1400	6.88	44.76	1.10	49.93
	1500	10.08	32.99	1.30	42.96
	1600	15.52	22.13	1.56	34.71
Yıkama+ Öğütme+ Kalsinasyon	1400	5.92	44.28	1.13	48.85
	1500	9.12	38.09	1.24	47.67
	1600	15.04	24.64	1.51	37.05

Tablo 2’de verilen sonuçlar incelendiğinde sinterleme sıcaklığı artışı ile pişme küçülmesinin arttığı, en yüksek pişme küçülmesinin 1600°C’de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir Alüminası’nda meydana geldiği görülmektedir.

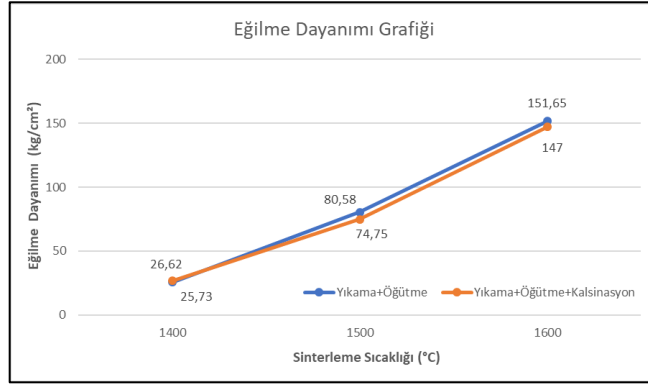
Sinterleme sıcaklığı artışı ile su emme %’sinin azaldığı, en düşük su emme değerinin 1600°C’de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir Alüminası’nda % 22.13 olarak elde edildiği görülmektedir. Benzer şekilde, sinterleme sıcaklığı artışı ile görünür gözenek

değerlerinin azaldığı, en düşük görünür gözenek değerine 1600°C'de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir Alüminası'nda ulaşıldığı görülmektedir.

Bununla birlikte, sinterleme sıcaklığı artışı ile birim hacim ağırlığı değerlerinin arttığı, en yüksek birim hacim ağırlığı 1600°C'de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir Alüminası'nda 1.56 g/cm<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir.

### 3.2. Üç Nokta Eğme Dayanımı Deneyi Sonuçları

1400°C, 1500°C ve 1600°C'lerde sinterlenmiş numunelerin üç nokta eğme dayanımı değerleri Şekil 4. ve Tablo 3.'de verilmiştir. Tablo 3'de verilen sonuçlar incelendiğinde sinterleme sıcaklığı artışı ile üç nokta eğme dayanımı değerlerinin arttığı, en yüksek dayanım değerine 1600°C'de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir Alüminası'nda ulaşıldığı görülmektedir.



Şekil 4. Üç nokta eğme dayanımı değerlerinin sinterleme sıcaklığı ile değişimi

Tablo 3. Numunelerin farklı sinterleme sıcaklıklarındaki eğme dayanımı değerleri

Numune	Sıcaklık (°C)	Eğme Dayanımı (kg/cm²)
Yıkama + Öğütme	1400	25.73
	1500	80.58
	1600	151.65
Yıkama+ Öğütme+ Kalsinasyon	1400	26.62
	1500	74.75
	1600	147.00

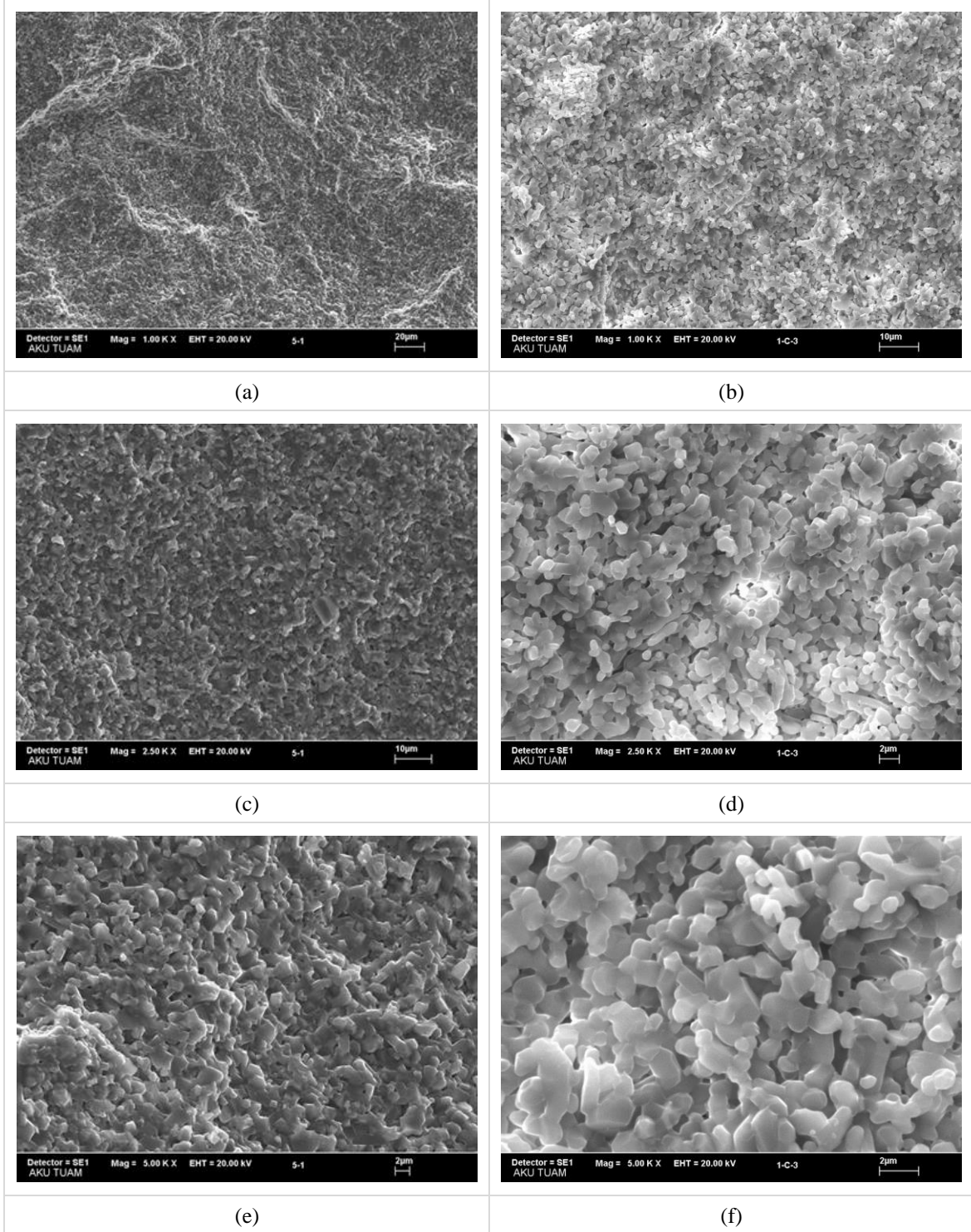
Sedimentasyon deneyine göre, yıkama-öğütme-kalsinasyon işlemlerinden geçen grupta yüksek pH değerlerinde artan miktarda OH iyonunun flokülasyona ve büyük sedimentasyon hacimlerine neden olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun nedeni, taneler arasındaki bağlanma enerjisinin yüksek olması ve konsolidasyon sırasında oluşan tane kümelerinin rijit akış birimleri gibi davranması ve yoğun bir şekilde paketlenmemesidir. Aksine düşük pH'larda (pH = 1-3), taneler arasındaki bağlanma enerjisi düşüktür ve tane kümeleri nispeten daha yoğun bir paketlenme yapısı sergiler. Yıkama-öğütme işlemlerine tabi tutulan grupta ise tersi durum söz konusudur ve pH= 7 civarında taneler arasındaki bağlanma enerjisi düşüktür ve tane kümeleri nispeten daha yoğun bir paketlenme yapısı gösterir.

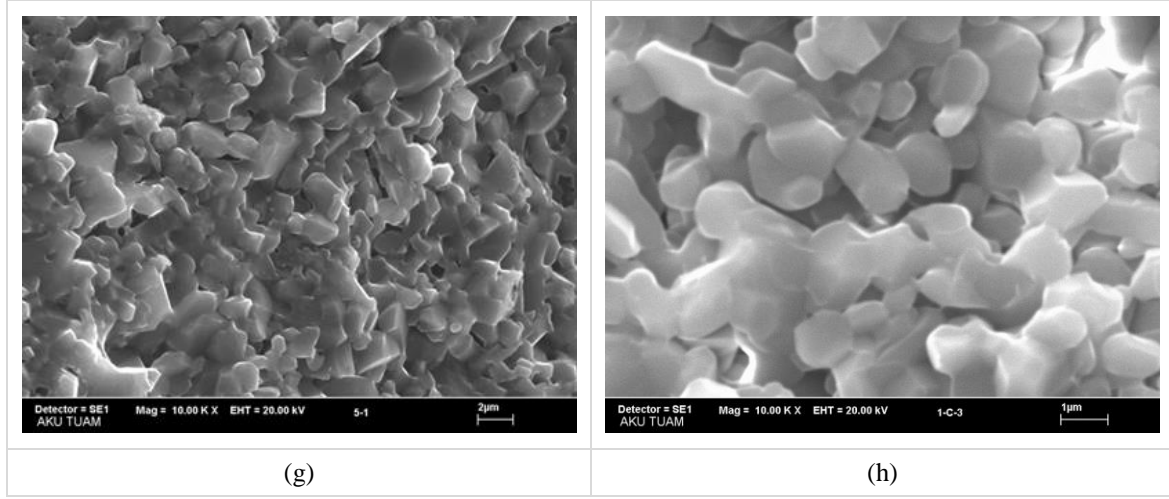
Seydişehir Alüminası'nın geçiş alüminaları içerdiği, yeniden 1200°C'de kalsinasyon işlemi ile geçiş alüminalarının alfa alüminaya döndüğü Şekil 2'de verilen XRD faz analizlerinden anlaşılmaktadır. Sinterleme sıcaklığındaki artışla birlikte, pişme küçülmesi, birim hacim ağırlığı ve üç nokta eğme dayanımı değerlerindeki artış beklenen bir durumdur. Yüksek sıcaklıklarda sinterleme ile ilerleyen difüzyonun bir sonucu olarak, taneler birbirine yaklaşır ve aralarındaki boşluklar kapanırken, gözenek yüzdesinde azalma meydana gelir. Bu nedenlerle, yoğunlukta bir artış elde edilir ve daha yüksek yoğunluklu sık yapıları numunelerin eğilme mukavemetinde bir artış meydana gelir.

### 3.3. SEM Analizi Sonuçları

1500°C'de sinterlenmiş Yıkama+Öğütme ve Yıkama+Öğütme+Kalsinasyon işlemlerine tabi tutulmuş numunelere ait SEM görüntüleri Şekil 5'de verilmiştir. SEM görüntüleri incelendiğinde sadece Yıkama+Öğütme işlemlerine tabi tutulan tozlardan elde edilen numunelerin Yıkama+Öğütme+Kalsinasyon işlemlerine tabi tutulan guruba göre daha ince taneli bir mikroyapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu durum kalsinasyon işlemlerinde tanelerin bir araya gelerek aglomere olmasının bir sonucudur. Nitekim daha iri

taneli mikroyapı neticesinde yapıdaki gözenek miktarının arttığı su emme deneyi sonuçlarında da görülmüştür. Bu nedenlerle Yıkama+Öğütme+Kalsinasyon numuneleri gözeneklilik su emme ve mukavemet değerlerinde diğer gruba göre daha kötü sonuçlar vermiştir. Alümina'nın önemli özelliklerinden bir tanesi de, yüksek sıcaklıklardaki sinterleme işlemleri neticesinde tanelerden bazılarının diğerlerine göre aşırı büyümesi ile oluşan anormal tane büyümesi davranışıdır. Bu davranış mikroyapının bozulmasına, aralarda büyük gözeneklerin kalmasında ve sonuç olarak mukavemet değerlerinde düşüşe sebep olur. Bahsedilen durumdan dolayı birçok çalışmada, alüminanın yüksek yoğunluklara sinterlenebilmesi için sinterleşmeye katkı sağlayan çeşitli katkı maddeleri yapıya ilave edilmektedir.





Şekil 5. 1500°C'de sinterlenmiş Yıkama+Öğütme (a, c, e, g) ve Yıkama+Öğütme+Kalsinasyon (b, d, f, g) numunelerine ait SEM görüntüleri

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada farklı işlemlerden geçirilen Seydişehir Alüminası'nın slip döküm yöntemile şekillendirilmesi ve karakterizasyonu amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir:

Sinterleme sıcaklığı artışı ile;

- Pişme küçülmesinin arttığı, en yüksek pişme küçülmesinin 1600°C'de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir alüminasında meydana geldiği,
- Su emme %'sinin azaldığı, en düşük su emmenin 1600°C'de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir alüminasında meydana geldiği,
- Görünür gözenek değerlerinin azaldığı, en düşük görünür gözenek değerine 1600°C'de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir alüminasında ulaşıldığı,
- Birim hacim ağırlığı değerlerinin arttığı, en yüksek birim hacim ağırlığı 1600°C'de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir alüminasında meydana geldiği,
- Üç nokta eğme dayanımı değerlerinin arttığı, en yüksek dayanım değerine 1600°C'de yıkanmış ve öğütülmüş Seydişehir alüminasında ulaşıldığı görülmüştür.

Bu sonuçlara göre Seydişehir alüminasından gözeneksiz, yoğun ürünler üretiminin bu şartlarda mümkün olmayacağı, soda içeriğinin daha da düşürülmesi için ilave işlemlerin yapılması gerektiği anlaşılmıştır.

#### Kaynakça

- Acun, Ö., Emrulloğlu, C.B. ve Emrulloğlu, Ö.F. (2004). Tankrom katkılı alumina üretimi-enjeksiyon kalıplama. 6. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi. (poster)
- Anderson, E.M. (1995). Developments in powder processing methods. *Ceramic Industry*, 33-35.
- Başpınar, M.S., Zeytin, S. ve Emrulloğlu, Ö.F. (1998). Seydişehir alüminasının parlatma için kullanılabilirliğinin araştırılması. IV. *Ceramic Congress Proceedings Book*, 53(58), 22-25.
- Ceramic Industry (2003 January). Materials Handbook. Special Section, *Brick and Clay Record.*, p.24 www.ceramicindustry.com.
- Emrulloğlu, Ö.F., Avcı, E., Erkalfa, H., Yüzer, H. ve Kara, M. (1991). Seydişehir'de üretilen alüminanın plazma sprey kaplamada kullanılabilirliğinin araştırılması. *Doğu Akdeniz Üniversitesi VII. Kimya ve Kimya Müh. Sempozyumu*, 91.
- Emrulloğlu, Ö.F., Uysal, S. ve Emrulloğlu, C.B. (2005). Ekstrüzyonla Müllit Filtre ve Boru Üretim. I. *Endüstriyel Fırınlar ve Refrakterler Sempozyumu*.
- Emrulloğlu, S.B., Şimşek, V.H. ve Emrulloğlu, Ö.F. (2005). Seydişehir Alüminasının Sinterleme Özelliklerinin Geliştirilmesi. 12. *Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi ve Fuarı*, CNR-DTM.



- Erten, R., Emrulloğlu, C.B., Yazıcı, Z.Ö. and Emrulloğlu, Ö.F. (2004). An investigation on injection moulding of seydişehir alumina. *Eight Key Engineering Materials, Euro Ceramics VIII*, 2523, 264-268.
- İnce, Ö., Emrulloğlu, C.B. ve Emrulloğlu, Ö.F. (2004). TiO<sub>2</sub> katkılı müllit üretimi-enjeksiyon kalıplama. *6. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi*. (poster)
- Kıran, M. ve Emrulloğlu, Ö.F. (2006). Alüminanın ekstrüzyonla şekillendirilmesi. *VI. Uluslar arası Seramik Kongresi*.
- Onodo, G.Y. and Hench, L.L. (1978). Ceramic Processing Before Firing. *Department of Materials Science and Engineering, University of Florida*, 1978 2526 Euro Ceramics VIII.
- Örencik, S. ve Emrulloğlu, Ö.F. (2006). Muhtelif katkıların Seydişehir Alüminasının sinterleme davranışına etkisinin incelenmesi. *VI. Uluslar arası Seramik Kongresi*.
- Richardson, D.W. (1992). Modern Ceramic Engineering, *CRC Press*, 445, Marcel Dekker Inc., New York.
- Savio, G.S., Rao, R.R. and Ramasesha, S.K. (2000). Fabrication of Molybdenum Disilicide Componenets by Slip Casting. *Materials Letters*, 57, 43-47. [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(02\)00696-1](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(02)00696-1)
- Şentürk, Ö., Emrulloğlu, C.B. ve Emrulloğlu, Ö.F. (2004). TiO<sub>2</sub> katkılı alumina üretimi-enjeksiyon kalıplama. *6. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi*. (poster)
- Tambaş, T., Özkal, B., Hamzaçebi, C., Topal, A. ve Özgen, S. (2000). Seydişehirde Üretilen Alüminanın Enjeksiyon Kalıplama Parametrelerinin Belirlenmesi. *10th International Metallurgy and Materials Congress*.
- Watson, D.R., Lippman, A.Jr., Royce, D.V., Royce, B. and Pulaski County Jr. (1963). Method for reducing the soda content of alumina, *US Patent 3,106,452*.