

## Yüksek Mukavemet ve Aşınma Direncine Sahip Alümina Tabanlı Seramik Malzemelerin Üretimi ve Geleneksel Seramik Üretim Süreçlerinde Kullanımı

Mustafa GÜĞÜL<sup>1</sup>, Musa H. GÜRBÜZ<sup>1</sup>, Ramazan DUTAR<sup>1</sup>, Ahmet KAHYA<sup>1</sup>, Şerife KÜPCÜ<sup>1</sup>, Hasan GÖÇMEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Heriş Seramik ve Turizm A.Ş. Kütahya

<sup>2</sup>Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kütahya

e-posta: [mququl@guralporselen.com.tr](mailto:mququl@guralporselen.com.tr)

Geliş Tarihi: 07/09/2019; Kabul Tarihi: 20/09/2019

### Öz

Bu çalışmada yüksek mukavemet ve aşınma direncine sahip alümina tabanlı seramik malzemelerin üretimi yapılmıştır. Bu malzemeler geleneksel seramik üretiminde farklı proses aşamalarında kullanılan teknik seramik grubudur. Bu kapsamda kullanılması gereken alümina ve alümina tabanlı seramik kompozitlerin en az 2500 kg/cm<sup>2</sup> mukavemete ve 5 MPa.m<sup>1/2</sup> kırılma tokluğuna sahip plakaların üretilmesi hedeflenmiştir. Sertliği yüksek olan alümina malzemeye kırılma tokluğunun artırılması için belli oranda zirkonya eklenmiştir. Ayrıca, pişmiş malzemenin yoğunluğunu maksimuma çıkarabilmek için sinterleme parametrelerin optimizasyonu yapılmıştır. Mekanik yöntemlerle tozlar karıştırıldıktan sonra şekillendirme işlemi için pres ve slip döküm yöntemleri uygulanmıştır. Prosesin önemli basamaklarından birisi olan sinterleme aşamasında pişirim sıcaklığını düşürmek için bazı katkı maddeleri ile yeni reçeteler belirlenmiştir.

### Anahtar kelimeler

Alümina; Aşınma Direnci; Kırılma Tokluğu; Zirkonya.

## Production of Alumina Based Ceramic Materials With High Strength and Wear Resistance and Their Usage in Traditional Ceramic Production Processes

### Abstract

In this study, alumina and alumina based ceramic materials with high strength and wear resistance was produced. These materials are used in various applications in the production of traditional ceramics. In this context, it is aimed to produce plates having a strength of at least 2500 kg/cm<sup>2</sup> and a fracture toughness of 5 MPa.m<sup>1/2</sup> of alumina and alumina based ceramic composites which should be used. The fracture toughness will be improved by adding various amount of zirconia. In addition, to obtain highly densified materials, sintering conditions will be optimized. Commercial powders was mixed mechanically and prepared for the forming methods such as pressing and slip casting. The sintering, one of the important stage of processing, is modified a new formulation by additive materials.

### Keywords

Alumina; Wear Resistance; Fracture Toughness; Zirconia.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

## 1. Giriş

Alümina ( $Al_2O_3$ ), yüksek mukavemet, sertlik, ısı direnç, korozyon direnci, kimyasal kararlılık ve sürünme direnci gibi mükemmel özelliklere sahip olmasından dolayı, ileri teknoloji seramikleri içinde en yaygın kullanılan malzemedir. Bu sebeple alümina, öğütücü elemanlardan elektronik altıklara kadar uzanan geniş uygulama alanı olduğu bilinmektedir. (GÖÇMEZ ve ÖZCAN, 2008)

Monolitik (tek bileşenli) olarak elde edilen seramikler mükemmel özellikleri olmasına rağmen, düşük kırılma tokluğundan dolayı, pratik uygulamalarda kullanılmasını sınırlamaktadır. Bu durumun geliştirilmesi amacıyla alümina ile beraber kompozit malzeme yapabilmek için farklı malzemeler (zirkonya, mullit, silikon karbür vb.) kullanılmıştır. Yüksek sertlik, ısı kararlılık, yüksek korozyon dayanımı özelliklerine sahip olan alüminanın zirkonya ile kompozit oluşturmasıyla temelde tokluğun artırılması sağlanmaktadır. (GÖÇMEZ vd. 2012)

Alümina-zirkonya kompozitler, özellikle zirkonya ile toklaştırılmış alümina (ZTA) yüksek mukavemete, tokluğa, aşınma ve korozyon direncine sahip olduğundan, bu kompozitler kesici uç, biyomalzeme, aşındırıcı, katalitik destekler gibi geniş kullanım alanı bulunmaktadır. (SAHİN O vd. 2013)

Bu çalışmada, geleneksel seramik üretiminin farklı süreçlerinde kullanılan alümina tabanlı seramik kompozitlerin üretim çalışmaları yapılmıştır. Yüksek oranda alümina içeren ve çeşitli hammaddeler ihtiva eden seramik reçeteler hazırlanmış, pres ve slip döküm yöntemleriyle şekillendirilmiştir. Yüksek sıcaklıkta pişirilip sinterleme çalışmaları yapılan numunelerin mukavemet, parça kopma, pişmiş yoğunluk testleri yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmalarımızda maksimum oranda alümina içeren reçeteler elde edilmeye çalışılmıştır. Özsüz bir malzeme olan alüminayı slip döküm yöntemiyle kolayca şekillendirebilmek ve düşük sıcaklıklarda

sinterlemek için kil, kaolen, dolomit ve feldspatlar içeren reçeteler hazırlanmış, slip döküm yöntemiyle şekillendirilmiş ve farklı fırın rejimlerinde sinterleme çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda hazırlanan reçetelerimizden bazıları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Farklı oranlarda alümina içeren seramik reçetelerdeki hammaddelerin kuru madde oranları

Hammadde (%)	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5
Alümina	60	70	80	90	98
Kil	25	15	20	5	0
Kaolen	0	0	0	0	0
Feldspat	5	10	0	0	0
Dolomit	10	5	0	5	0
PVA	0	0	0	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Çamur karışımları laboratuvar ölçekli mikserde, maksimum kuru madde ile minimum oranda su kullanarak 2000g/l yoğunluğa sahip olacak şekilde hazırlanmıştır. Seramik çamurlara 4 mm'lik Ford Kab'ta 20 sn akış hızı elde etmemize imkan sağlayacak miktarda dağıtıcı kontrollü şekilde ilave edilmiş ve 1000 rpm'de 1.5 saat karıştırılmıştır. 150µ'luk elekten elenen çamurlar, 150x35x10mm (LxWxT) ebatlarındaki alçı kalıplara dökülmüştür. Alçı kalıplarda yeterli süre bekletilen ve suyunun bir bölümü uzaklaştırılan çamur alçı kalıplardan çıkarılarak fırın pişirimi öncesi bünyesindeki suyun tamamını kaybetmesi için 150°C'lik etüvde 24 saat bekletildikten sonra pişirmeye hazır hale getirilmiştir.

Sinterleme çalışmaları laboratuvar ölçekli fırında (FORNO CERAMICA) Çizelge 1'de reçetesi verilen çamurlar için 1395°C tepe sıcaklığında iki farklı fırın rejiminde uygulanmıştır. Birinci fırın rejiminde (F-1) mamüller tepe sıcaklığında 15 dk kalırken, ikinci fırın rejiminde (F-2) 60dk boyunca tepe sıcaklığında

kalmış ve kontrollü şekilde soğutulmuşlardır. Fırın rejimleri ve özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Sinterleme çalışmalarının yapıldığı fırın sıcaklıkları ve süreleri

Fırın Rejimi	F-1	F-2
Max. Sıcaklık (°C)	1395°	1395°
Fırın Süresi (dk)	270 dk	360 dk
Tepe Sıcaklığı Bekleme Süresi (dk)	15 dk	60 dk

Fırından çıkan numunelerin uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçümleri tekrar yapılmış ve % küçülme oranları saptanmıştır. Ölçüleri belirlenmiş seramik çubukların Üç Nokta Eğme test cihazı ile eğme mukavemetleri ölçülmüştür. Ayrıca mukavemeti ölçülüp kırılan çubuk parçalarından alınan örneklerin hassas terazide ölçümü yapılmış ve Arşimet metodu ile yoğunlukları hesaplanmıştır.

Şekillendirmede kullanılan alçı kalıp, üç nokta mukavemet testi için kullanılan mukavemet cihazı ve pişmiş yoğunluk hesaplanmasında hassas terazi ve düzenek aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Alçı kalıpta şekillendirilmiş numune çubuklar



**Şekil 2.** Fırın tecrübesinden sonra numunelerin mukavemetlerinin ölçüldüğü üç nokta mukavemet ölçüm cihazı



**Şekil 3.** Arşimet Metoduyla pişmiş çubukların mukavemet ölçüm düzeneği

### 3. Bulgular

Reçete hazırlama, mikserleme, kurutma, sinterleme ve yapılan fiziksel testlerden sonra ortaya çıkan bulgular aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir. Çizelge 3’te F-1 fırın rejiminde pişirilen seramik çubukların mukavemet, pişmiş yoğunluk ve küçülme değerleri verilmiştir. Alumina oranı artıkça mukavemet ve küçülme oranı azalmıştır. Bunun sebebi alümina miktarı artıkça ancak 1400°C ’ye kadar çıkan fırın sıcaklığı malzemeyi

yoğunlaştırmakta yetersiz kaldığından bu değerler azalmıştır.

Çizelge 4'te F-2 fırın özelliklerinde pişirilmiş çubukların mukavemet, pişmiş yoğunluk ve küçülme değerleri verilmiştir. Pişirme sıcaklığı sabit kalsa da pişirme süresinin artırılması özellikle mukavemet ve yoğunluk değerinin yükselmesine yol açmıştır. Özellikle R-4 nolu numuneye eklenen kil ve dolomit sinterleme sonrasında oluşan yoğunlaşmayı olumlu yönde değiştirirken mukavemet değerlerini artırmıştır.

**Çizelge 3.** F-1 Fırın rejiminde pişirilmiş seramik çubukların fiziksel özellikleri

F-1	Mukavemet (kg/cm <sup>2</sup> )	Pişmiş Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Küçülme Oranı (%)
R-1	1372	3,02	15,67
R-2	812	3,00	6,61
R-3	512	3,01	2,61
R-4	644	3,12	4,84
R-5	365	2,88	1,66

**Çizelge 4.** F-1 Fırın rejiminde pişirilmiş seramik çubukların fiziksel özellikleri

F-2	Mukavemet (kg/cm <sup>2</sup> )	Pişmiş Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Küçülme Oranı (%)
R-1	1559	3,37	12,49
R-2	1090	3,21	7,65
R-3	546	3,01	2,85
R-4	1386	3,53	8,92
R-5	625	3,01	2,91



**Şekil 4.** Pişirme öncesinde ve sonrasında numune çubukların boyutlarına örnekler

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Beş farklı reçete ve iki farklı fırın rejiminde denemeler sonrasında, yüksek mukavemet ve aşınma direncine sahip alümina tabanlı seramik (%60-98 oranında alümina içeren) reçetelerde maksimum mukavemet ve maksimum yoğunluğa ulaşmaya çalışılsa da eklenen kil, dolomit, kaolen, feldspat gibi malzemelerle pişirme sıcaklığı istenilen değerleri karşılama noktasında yetersiz kalmıştır. Fakat, genel olarak reçeteler kıyaslandığında, dolomitin ergitici özelliğinden dolayı sinterlemeye olumlu katkısının olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca uygulanan fırın rejimindeki farklılıklarla da tepe noktasında kalma süresi arttırıldığında numunelerin pişmiş yoğunluğunun ve mukavemetinin de arttığını gözlemlenmiştir. Devam edilecek çalışmada reçeteye yüzde yüze yakın yoğunluk elde etmek için 1550°C'ye kadar farklı sinterleme sürelerinde çalışmalar ile birlikte zirkonya katkısıyla tokluğun artırılması konusunda denemeler yapılacaktır.

## **5. Kaynaklar**

Gocmez, H., Ozcan, O., 2008. Low Temperature Synthesis of Nanocrystalline  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder by tartaric acid gel method, Materials Science and Engineering A, 475, 20-22.

Gocmez, H., Tuncer, M., Gokyer, Z., Fujimori, H., Duran, C., 2010. The Preparation and Characterization of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> Nanocrystalline Composite by a Simple Gel Method. Materials Science and Engineering: B, 173, 80-83.

Gocmez, H., Duran, C., Yilmaz, H., 2008. The dispersion of mechanochemically activated SiC and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powders. Materials Science and Engineering A, 475, 23-26.

Gocmez, H., Tuncer, M., Uzulmez, I., Sahin, O., 2012. Particle Formation and Agglomeration of an Alumina-Zirconia Powder Synthesized an Supercritical CO<sub>2</sub> Method. Ceramics International, 38, 1215-1219.

Sahin, O., Hasde, A., Demirkol, I., Gocmez, H., Tuncer, M., 2013. Hardness behavior of Alumina-Zirconia nanocomposites synthesized by gel process. Acta Physica Polonica A 123, 299-301.