

## SPARK PLAZMA SİNERLEME İLE SİALON-GRAFİT KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ

Nurcan Çalış Açıkbaş<sup>1\*</sup>, Alican Ataman<sup>1,2</sup>, Gökhan Açıkbaş<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye

[nurcan.acikbas@bilecik.edu.tr](mailto:nurcan.acikbas@bilecik.edu.tr)

<sup>2</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği ABD, Eskişehir, Türkiye

[alican.ataman@bilecik.edu.tr](mailto:alican.ataman@bilecik.edu.tr)

<sup>3</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Metalurji Programı, Bilecik, Türkiye

[gokhan.acikbas@bilecik.edu.tr](mailto:gokhan.acikbas@bilecik.edu.tr)

\* Sorumlu yazar

### Özet

SiAlON seramikleri iyi mekanik ve yüksek sıcaklık özellikleri nedeniyle yapısal parçaların üretimde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak SiAlON seramiklerinin yüksek sıcaklıklarda tribolojik davranışları ve termal şok dayanımları yeterince iyi değildir. Grafitin termal şok dayanımı SiAlON seramiklerinden daha iyidir ve bağlarından kaynaklanan kendinden yağlayıcı özellik sağlamaktadır. Grafitin ergime sıcaklığı çok yüksek olduğu için SiAlON-grafit kompozitlerin geleneksel sinterleme teknikleriyle üretimde gözeneklilik problemini aşmak oldukça zordur. Spark plazma sinterleme, toz partikülleri arasındaki boşluğun, yüksek sinterleme basıncı (~50 MPa) ve elektrik enerjisi ile sinterleme sonucu, hızlı ısıtma ve soğutma hızlarının uygulanabildiği (~600oC/dak.) oldukça kısa bir zaman aralığında (10-15 dak.) gözenekliliği düşük malzeme üretimini sağlayan bir sinterleme tekniğidir. SiAlON-grafit kompozitler üzerine yapılan çalışmalar çok çok sınırlıdır.

Bu nedenle yapılan çalışmada farklı oranlarda (hacimce %10, 20 ve 30) grafit katkılı  $\alpha$ : $\beta$ -SiAlON seramikleri  $\text{CaF}_2$ : $\text{CeO}_2$  sinterleme ilaveleri kullanılarak hazırlanmış, SPS tekniği ile 1600°C’de, 10 dakika, 50 MPa basınç altında sinterlenmiş ve sinterleme sonrası yoğunluk ölçümü, faz ve mikroyapı analizi, sertlik ve kırılma tokluğu testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak kullanılan grafit partikül boyutunun (~100 mikron) ~%100 yoğun kompozit malzeme eldesi için kaba olduğu tespit edilmiştir. Grafit katkı miktarı arttıkça bulk yoğunluk azalmış ve açık gözeneklilik miktarı artmış, sertlik ve kırılma tokluğu değerleri azalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Spark Plazma Sinterleme, Kompozit, SiAlON, Grafit, Karakterizasyon

### 1. Giriş

SiAlON seramikleri  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ’dan oluşan katı çözelti olup mekanik özellikleri bakımından  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ’e ve kimyasal özellikleri bakımından  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ’ya benzeyen yüksek sıcaklık malzemeleridir [1]. SiAlON seramikleri, yüksek sıcaklıklarda yüksek sertlik, mukavemet, kimyasal kararlılık, düşük yoğunluk, yüksek elastik modülü gibi benzersiz özelliklerinden dolayı endüstriyel uygulamalarda büyük öneme sahiptirler [2]. Triboloji uygulamalarında bu tür seramiklerin tercih edilmesinin nedeni hafif, sert ve kimyasal dayanıklılıklarının iyi oluşudur. Ancak kırılma özelliklerinden dolayı zamansız katastrofik hasar gözlenmesi, başlangıç tozlarının ve üretim metodlarının pahalı olması nedeniyle dezavantajlara sahiptirler [3]. Ayrıca termal şok dayanımları ve yüksek sıcaklıklarda aşınma direncinin iyileştirilmesi gereklidir.

İleri teknoloji seramikleri şiddetli koşullar altında şuan ki ve gelecekteki triboloji problemlerini çözebilecek potansiyele sahiptir. Ancak seramiklerin aşınma direnci her zaman tatmin edici olmamakla birlikte sürtünme katsayıları genelde yüksektir. Bu nedenle aşınma ve sürtünmeyi azaltmak için yeni teknikler geliştirilmesine gereksinim vardır. Özellikle mikrokırılma problemi çözümlenmelidir [4].

Şiddetli tribokimyasal uygulamalarda (yüksek sıcaklık, korozif ortam, vakum, ağır yük, yüksek hız vb.) düşük sürtünme katsayısına sahip katı yağlayıcıların kullanımı tribolojik davranışın iyileştirilmesi için en pratik ve güvenilir yöntemdir. Grafit ve  $\text{MoSi}_2$ , en çok bilinen katı yağlayıcılardır. Her iki malzeme de anizotropiktir ve taban (basal) düzlemde kayma gerilmesine karşı direnç diğer yönlere kıyasla daha azdır. Düşük sürtünme katsayıları lamelli yapılarından ve zayıf bağlanmadan kaynaklanmaktadır. Bu durum bu tür yapıda olan malzemelerin hepsinin aynı özellik göstereceği anlamına gelmemektedir. Erdemir ve ark. [5] borik asidin ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) yağlayıcı etkisi olduğunu bulmuşlardır ve düşük sürtünme katsayısını lamellar yapıdan kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Ancak  $\text{H}_3\text{BO}_3$  seramiklerin yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanımı için önerilen bir yağlayıcı değildir. Çünkü 170°C üzerinde  $\text{H}_3\text{BO}_3$  ayrışır ve  $\text{B}_2\text{O}_3$ ’e dönüşür. ~450°C üzerinde  $\text{B}_2\text{O}_3$  viskozlaşır, tabakalı yapısını ve dolayısıyla yağlayıcı özelliğini kaybeder. Bazı lamelli katı yağlayıcılara ait sürtünme katsayıları Tablo 1’de gösterilmektedir [6].



**Tablo 1: Yağlayıcı özellikteki bazı katı malzemelerin sürtünme katsayıları [6]**

Malzeme	Sürtünme katsayısı aralığı
MoSi <sub>2</sub>	0.002-0.25
WS <sub>2</sub>	0.01-0.2
h-BN	0.15-0.7
Grafit	0.07-0.5
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.02-0.2
GaS, SnSe	0.15-0.25

Grafit, karbon atomları arasındaki kuvvetli kovalent bağ nedeniyle çok yüksek ergime sıcaklığına sahip (~3500°C), düşük ısı genleşme katsayısı ( $1^a - 27^{b*} 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) nedeniyle mükemmel termal şok dayanımı göstermekte ve tabakalı yapısı nedeniyle çok iyi bir yüksek sıcaklık katı yağlayıcısı olarak kullanılmaktadır. Grafitin yapısındaki hegzagonal düzlemler arasındaki bağ enerjisini, taban malzeme ile grafit arasındaki adezyon enerjisinden düşük hale getirmesi için su buharı gereklidir. Su buharı gereksiniminden dolayı grafit vakum ortamında etkili değildir. Grafitin yüksek sıcaklıklarda açık havada katı yağlayıcı olarak uygulanması, 482°C ile sınırlıdır. Daha yüksek sıcaklıklar grafitin oksidasyonuna ve sürtünme katsayısının artmasına neden olur. Bu mükemmel özellikleri yanında grafit tozu diğer ileri teknoloji başlangıç tozlarıyla karşılaştırıldığında oldukça ekonomiktir. SiAlON seramiklerinin termal şok dayanımı ve yüksek sıcaklık tribolojik davranışını iyileştirmek için grafit takviye elemanı ile kompozit yaklaşımı uygun bir yöntemdir. Ancak grafitin ergime sıcaklığı çok yüksek olduğundan tamamen yoğun malzeme eldesi için ekstra itici güce/güçlere ihtiyaç vardır. Spark plazma sinterleme tekniği, nispeten yeni geliştirilen, basınç ve elektrik akımıyla hızlı sinterleşmeye imkan veren bir tekniktir. İlk endüstriyel SPS ekipmanı üreticisi Japonya'daki Sumitomo Heavy Industries'dir (1990) [7]. Spark plazma sinterleme yönteminde, başlangıç tozları grafit kalıba doldurulur ve proses boyunca tek eksenli basınç uygulanır. Bu esnada elektrik akımı tozlardan ve grafit kalıptan geçer. Bu esnada kalıp da ısınarak, numunenin hem içerden hem dışardan ısınması sağlanır. Mekanik basınç ve güçlü ısı transferi nedeniyle difüzyon hızı artar ve tamamen yoğun malzeme üretimine imkan tanır [8].

Gerçekleştirilen çalışmada, SKC karbon firmasının grafit atıkları kullanılarak, SiAlON-grafit kompozitleri SPS tekniği ile üretilmiştir. Sinterleme sonrası yoğunluk ölçümü, faz ve mikroyapı analizi, sertlik ve kırılma tokluğu testleri uygulanarak sonuçlar tartışılmıştır.

## 2. Deneysel Çalışmalar

UBF-SN-E10 grade ultra saf  $\alpha$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> tozu SiAlON kompozisyonunu oluşturmada temel bileşen olarak kullanılmıştır. Çalışmada tasarlanan 75β:25α-SiAlON faz oranlarına ulaşmak için yüksek saflıkta Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve AlN tozları kullanılmıştır. Mikroyapıyı modifiye etmek ve geçici sıvı faz sinterlemesi sağlamak için CeO<sub>2</sub> ve CaF<sub>2</sub> tozları kullanılmıştır. SiAlON-grafit kompozitleri eksenel değirmende hacimce %10, 20 ve 30 grafit tozu içerecek şekilde izopropil alkol ortamında, 300 rpm'de, 90 dakika karıştırma işlemi yapılmıştır. Kompozit karışım çamuru döner kurutucuda kurutulmuş ve 250 µm'lik elekten elenmiştir. Spark plazma sinterleme işlemi 1600°C'de 10 dakika süre ile 50 MPa basınç altında gerçekleştirilmiştir. Sinterleme işlemi sonrasında üretilen numunelerin Arşimed prensibi ile bulk yoğunluk, % açık gözeneklilik miktarları tespit edilmiş, taramalı elektron mikroskobu ile mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Vikers indentasyon tekniği ile 10 kg yük 10 sn süre ile uyulanarak kompozitlerin sertlikleri ölçülmüştür [9]. İndentasyon sonrasında oluşan çatlakların boyları ölçülerek Palmqvist denklemi yardımıyla kırılma tokluğu değerleri hesaplanmıştır [10].

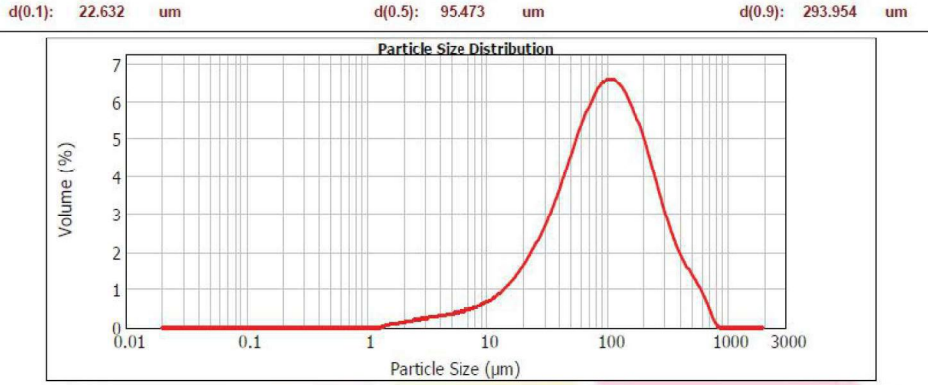
## 3. Bulgular ve Tartışma

Üretilen numuneler grafit miktarına bağlı olarak kodlanmıştır. Örneğin, hacimce %20 grafit içeren kompozitin kodu S20G'dir. SPS işlemi yapılmış kompozitlerin Arşimed prensibiyle bulk yoğunluk ve % açık gözeneklilik miktarı hesaplanmıştır (Tablo 2). Grafit içermeyen SiAlON numunenin bulk yoğunluk değeri 3.225 g/cm<sup>3</sup> ve açık gözeneklilik miktarı %0.4 olarak hesaplanmıştır. Hacimce %10 grafit fazın ilavesiyle bulk yoğunluk azalarak, gözeneklilik miktarı ~10 kat artarak %4'e ulaşmıştır. İlave edilen grafit tozun partikül boyutu kaba olması nedeniyle (~d50:100 mikron) tamamen yoğun malzeme elde edilememiştir (Şekil 1). Başlangıç grafit tozunun ikincil elektron dedektörü ile alınmış mikroyapı görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir. Mikroyapı incelemelerinde grafitin ~20 – 250 mikron arasında değişen partikül boyutunda ve tabakalı yapıda olduğu görülmektedir. Hacimce %20 ve 30 grafit faz ilavesiyle açık gözeneklilik miktarı daha da artarak %13 ve %20 seviyelerine ulaşmıştır. Kompozit malzemelerin teorik yoğunluk değerleri kompozit karışım kuralına göre hesaplanmıştır [11]. SiAlON numunenin %teorik yoğunluk değeri 99.84 iken grafit faz ilavesiyle %teorik yoğunluk değeri azalmıştır. Grafit faz miktarının artışıyla da %teorik yoğunluk değeri azalmıştır.

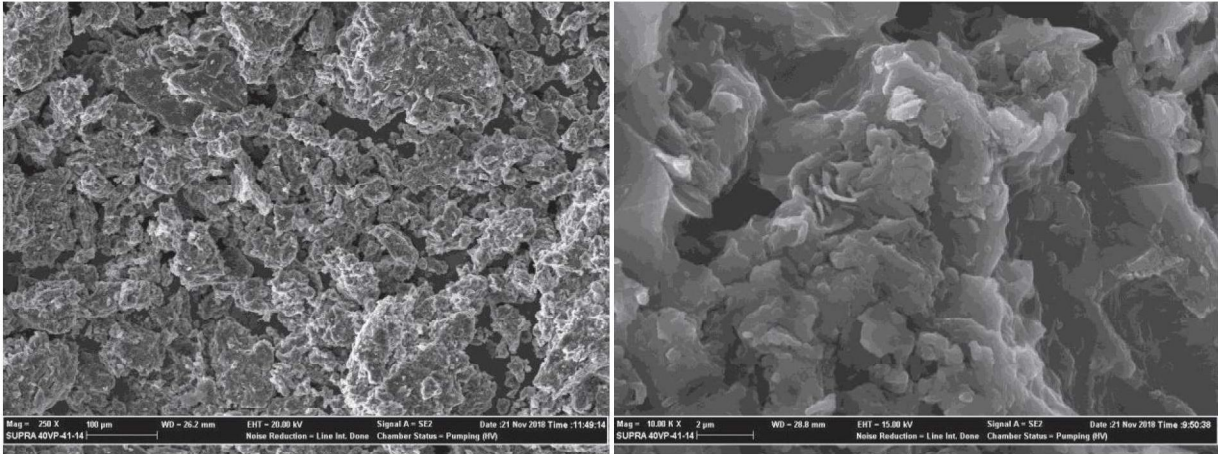
**Tablo 2: SiAlON ve SiAlON-grafit kompozitlerin fiziko-mekanik özellikleri**

Numune kodu	Bulk Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	%Açık gözeneklilik	Teorik Yoğunluk	%Teorik Yoğunluk	HV10 (GPa)	Kıc (MPam <sup>1/2</sup> )
S00G	3.225	0.40	3.23	99.84	17.59	6.80
S10G	2.800	4.05	2.89	96.88	9.29	5.93
S20G	2.610	13.11	2.82	92.70	-	-
S30G	2.326	19.45	2.72	80.44	-	-





Şekil 1: Çalışmada kullanılan grafit tozunun partikül boyut dağılımı

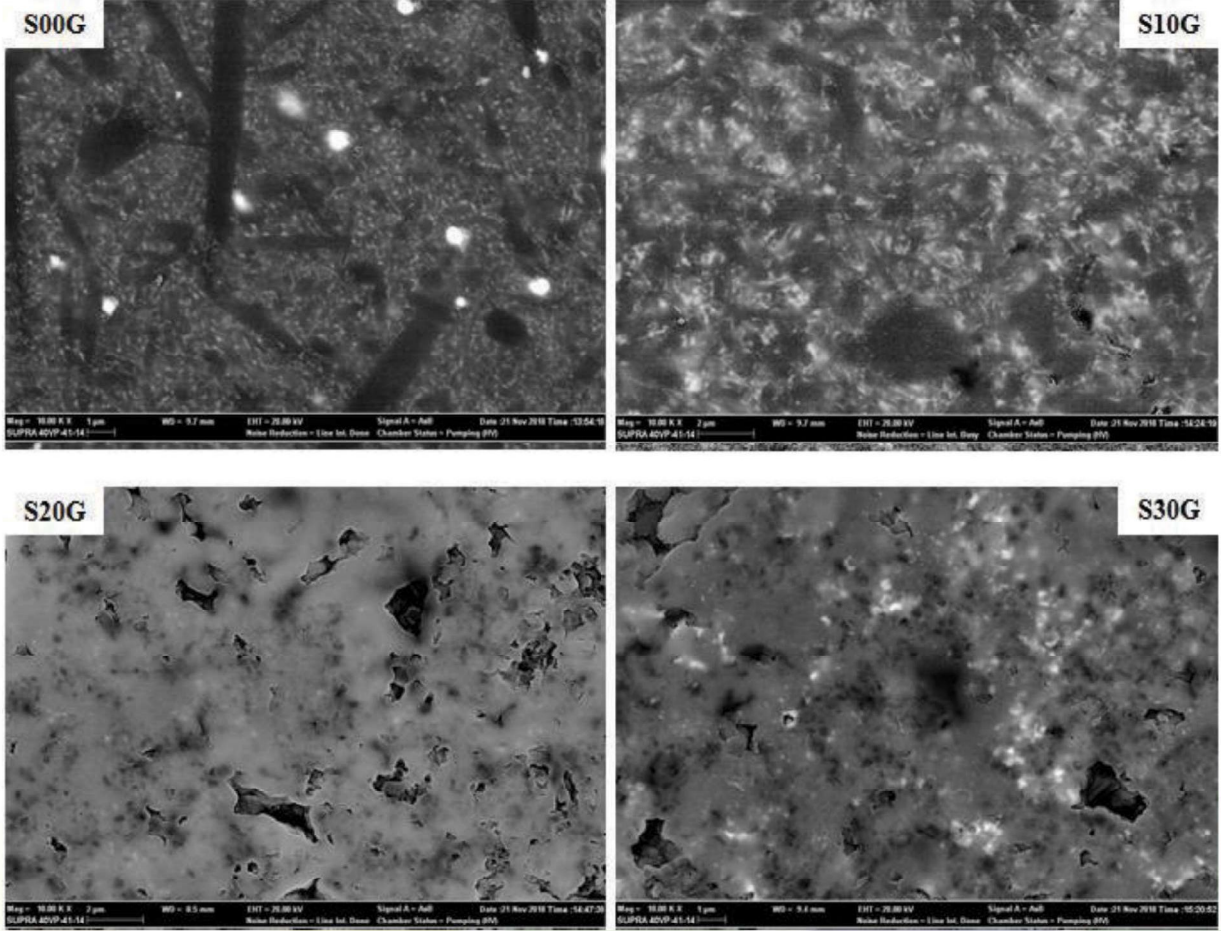


Şekil 2: Grafit tozunun farklı büyütmelerdeki temsili SEM-SE görüntüleri

SiAlON ve SiAlON-grafit kompozitlerin geri yansıyan elektron dedektörü ile alınmış mikroyapı görüntüleri Şekil 3'de verilmiştir. SiAlON numunede gözeneklilik çok düşük seviyededir. İğnemsî  $\beta$ -SiAlON tanelerinin aspekt oranı 7-10 arasında olup oldukça yüksektir. Bu durum mikroyapı tasarımında kullanılan  $\text{CeO}_2$ - $\text{CaF}_2$  katyon sisteminin çalışmada beklendiği üzere iğnemsî tane gelişimini sağlamasından kaynaklanmaktadır. Genelde SPS tekniğinde düşük sıcaklıklar ve kısa sürede sinterleme yapıldığı için ince taneli mikroyapılar elde edilmektedir. Ancak yapılan kompozisyon tasarımında molce az miktarda sinterleme ilavesi kullanılmasına rağmen iğnemsî mikroyapı gelişimi başarılmıştır. S10G numunesinde, hac. %10 grafit ilavesiyle gözeneklilik seviyesi artmıştır. İğnemsî  $\beta$ -SiAlON tanelerinin çapları bir hayli azalmış ve aspekt oranı da azalmıştır. Grafit ilavesinin iğnemsî tane gelişimine olumsuz etkisi olduğu gözlenmiştir. %20 ve 30 grafit ilavesiyle birlikte mikroyapıda yoğun şekilde gözenek oluşumu mevcuttur.

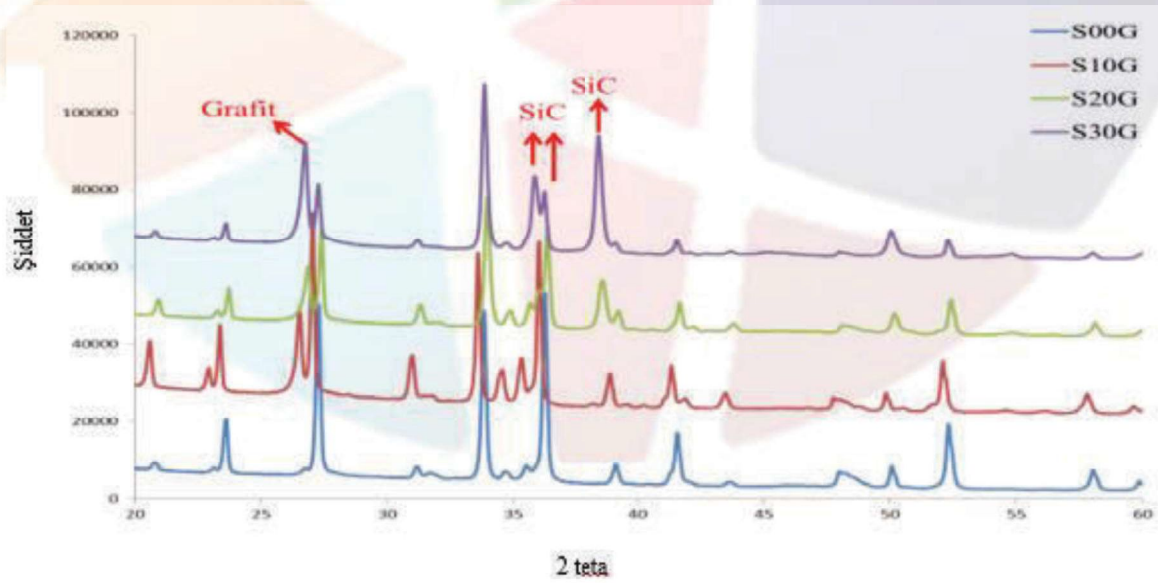
Malzemelerin sertlik ve tokluk değerleri Tablo 3'de verilmiştir. S20G ve S30G kodlu kompozitlerde yüksek miktarda gözenek olduğu için güvenilir sonuçlar elde edilemediğinden tabloda verilmemiştir. SiAlON numunesinin sertlik değeri 17.59 GPa iken, %10 grafit ilavesiyle sertlik değeri önemli ölçüde azalarak 9.29 GPa değerine gelmiştir. Grafitin sertliği zayıf vanderwaals bağları nedeniyle düşük olduğu için %10 grafit ilavesi bile sertliği önemli miktarda etkilemiştir. SiAlON numunenin kırılma tokluğu iğnemsî tane gelişimi nedeniyle 6.8 MPam<sup>1/2</sup> olarak ölçülmüştür. Grafit ilavesinin iğnemsî  $\beta$ -SiAlON tanelerinin gelişimine olumsuz etkisi olmasına rağmen yapıdaki ince interlock taneler toklaştırmaya katkı sağladığı için kırılma tokluğu değeri az miktarda azalmıştır (5.93 MPam<sup>1/2</sup>).





Şekil 3: SiAlON ve SiAlON-Grafit kompozitlerin geri yansıyan elektron dedektörü görüntüleri

SiAlON ve SiAlON-grafit kompozitlerin faz analizi XRD spektrumu Şekil 4’de verilmiştir. S20G ve S30G kodlu kompozitlerde SiC faz gelişimi gözlenmiştir. Silisyum atomu karbon atomları ile reaksiyona girerek SiC fazı oluşmuştur. %10 grafit ilavesiyle  $\alpha$ -SiAlON faz miktarında artış gözlenmiştir.



Şekil 4: SiAlON ve SiAlON-Grafit kompozitlerin faz gelişimini gösterir XRD spektrumu



### 3. Sonuçlar

Yapılan çalışmada farklı oranlarda grafit katkılı  $\alpha/\beta$ -SiAlON seramikleri  $\text{CaF}_2/\text{CeO}_2$  sinterleme ilaveleri kullanılarak hazırlanmış, SPS tekniği ile  $1600^\circ\text{C}$ 'de, 10 dakika, 50 MPa basınç altında sinterlenmiş ve sinterleme sonrası yoğunluk ölçümü, faz, mikroyapı analizi, sertlik ve kırılma tokluğu testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak kullanılan grafit partikül boyutunun ( $\sim 100$  mikron)  $\sim 100$  yoğun kompozit malzeme eldesi için kaba olduğu tespit edilmiştir. Grafit katkı miktarı arttıkça bulk yoğunluk azalmış ve açık gözeneklilik miktarı artmış, sertlik ve kırılma tokluğu değerleri azalmıştır. %10 grafit ilavesiyle  $\alpha$ -SiAlON faz miktarında artış gözlenmiştir. S20G ve S30G kodlu kompozitlerde SiC faz gelişimi gözlenmiştir. Silisyum atomu karbon atomları ile reaksiyona girerek SiC fazı oluşmuştur. Çalışmanın devamında grafit tozu öğütülerek 10 mikron'a indirilecek, sinterlenmiş numunelerin triboloji testleri de gerçekleştirilecektir.

### 4. Kaynakça







- [1] Oyama, Y., & Kamigaito, O. (1971). Solid solubility of some oxides in  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Japanese Journal of Applied Physics, 10(11), 1637.
- [2] Riley, F. L. (2000). Silicon nitride and related materials. Journal of the American Ceramic Society, 83(2), 245-265.
- [3] Bhushan, B. (2000). Modern tribology handbook, two volume set. CRC press.
- [4] Jahanmir, S. (1994). Friction and wear of ceramics, Marcel Decker Inc, New York.
- [5] Erdemir, A., Erck, R. A., & Robles, J. (1991). Relationship of hertzian contact pressure to friction behavior of self-lubricating boric acid films. Surface and coatings Technology, 49(1-3), 435-438.
- [6] Shi, B. (2004). Tribologic comparison of materials, PhD. Thesis, University of Alaska, A.B.D.,
- [7] <http://blog.bccresearch.com/the-history-of-spark-plasma-sintering-and-other-advanced-sintering-technologies>
- [8] Nygren, M., & Shen, Z. (2004). Spark plasma sintering: possibilities and limitations. In Key Engineering Materials (Vol. 264, pp. 719-724). Trans Tech Publications.
- [9] Acikbas, N. C. (2018). Tribological behavior of  $\alpha/\beta$ -SiAlON-TiN composites. Journal of the European Ceramic Society, 38(5), 2279-2288.
- [10] Acikbas, N. C., & Kara, F. (2017). The effect of z value on intergranular phase crystallization of  $\alpha/\beta$ -SiAlON-TiN composites. Journal of the European Ceramic Society, 37(3), 923-930.
- [11] Gibson, R. F. (2016). Principles of composite material mechanics. CRC press.





≡ MENÜ

## Davetli Konuşmacılar

Name-Surname	University	Faculty/Department	Country
Phd. Mevlida Operta	University of Sarajevo	Faculty of science	Bosnia and Herzegovina 
Phd. Mohammad Ali Ghorbani	University of Tabriz	Department of Water Engineering	Iran 
Phd. Fateh Mebarek-Oudina	Skikda University	Faculty of Sciences	Algeria 
Phd. Hao Feng	University of Illinois	Department of Food Science and Human Nutrition	United States of America 
Phd. Babak Mohammadi	Hohai University	College of Hydrology and Water Resources	China 
Phd. Ajay Kumar	National Institute of Technology Patna	Civil Engineering Department	India 

 Post Views: 50

ERKEN KAYIT SON TARİH

DUYURULAR/ANNOUNCEMENT

11

Days

13

Hours

15

Minutes

34

Seconds

27 30 Haziran 2019 tarihlerinde üçüncüsünü düzenleyeceğimiz alan bazlı kongremizde sizleri de aramızda görmekten onur duyuyoruz.



**III. International  
Scientific and Vocational Studies  
Congress-Engineering**



*This is to certify that*

**NURCAN ÇALIŞ AÇIKBAŞ**

*has presented oral presentation entitled*

**PRODUCTION OF SIALON-GRAPHITE COMPOSITES WITH SPARK PLASMA  
SINTERING**

**at the "III. International Scientific and Vocational Studies Congress-Engineering"  
held in Nevşehir,TURKEY on 27-30 June 2019**

**PhD. Canan Başlak**  
Vice-Chairman

**PhD. Munise Didem Demirtaş**  
Chairman

**27-30 June 2019**

**Conference Venue Ürgüp Dınler Hotel Ürgüp/Nevşehir/Turkey  
[www.bilmescongress.com](http://www.bilmescongress.com)**

<http://www.bilmescongress.com/bilmes-2019/>

<http://muhendislik.bilmescongress.com/bilmes-eng-2019/>

BILMES 2019 – SCIENTIFIC / X

www.bilmescongress.com/bilmes-2019/

Uygulamalar links Web of Science [v.5.32] Library Genesis Personel

**SCIENTIFIC AND VOCATIONAL STUDIES CONGRESSES  
(BILMES 2019)**

**BILMES 2019** Uluslararası Kongrelerimiz Ulusal Kongremiz Kitap Bölümü Arşiv İletişim Türkçe

**BILMES 2019**  
Kongremize gösterdiğiniz ilgi için teşekkür ederiz.

- [Kongrelerimiz](#)
- [Kitap Bölümü](#)
- [Anıte](#)
- [İletişim](#)

Post Views: 260

Daşlat

11-15



**III. ULUSLARARASI  
BİLİMSEL VE MESLEKİ  
ÇALIŞMALAR KONGRESİ – MÜHENDİSLİK  
(BILMES EN 2019)  
TAM METİN BİLDİRİ KİTABI**



**III. INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC AND VOCATIONAL  
STUDIES CONGRESS – ENGINEERING  
(BILMES EN 2019)  
FULL PAPER BOOK**

**EYLÜL / SEPTEMBER 2019**

---

Kitabın Adı: III. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar  
Kongresi - Mühendislik Tam Metin Bildiri Kitabı

ISBN: 978-605-82164-4-0

Hazırlayanlar: Tolga YÜCEHAN  
e-mail: [tolgayucehan@gmail.com](mailto:tolgayucehan@gmail.com)

Umut SARAY  
e-mail: [umutsaray@gmail.com](mailto:umutsaray@gmail.com)

Yayın Tarihi: 05.09.2019



# DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEES

## Düzenleme Kurulu Başkanı / Organizing Committee Chairman

PhD. Munise Didem Demirbaş Erciyes University

## Düzenleme Kurulu Başkan Yardımcısı / Organizing Committee Vice-Chairman

PhD. Canan Başlak Selçuk University

## Düzenleme Kurulu Üyeleri / Organizing Committee Members

PhD. Özlem Toprak	Tokat Gaziosmapaşa University
PhD. Kemal Adem	Aksaray University
PhD. Dilek Aydemir	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect. Sefa Ersan Kaya	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect. Atiye Kaş	Pamukkale University
Lect. Mustafa Tufan Altunok	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect. Onur Dal	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect. Celal Altıntaş	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect. Süheyla Biriz Duman	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect. Erdem Kanışlı	Tokat Gaziosmapaşa University

## Düzenleme Kurulu Sekreteryası / Organizing Committee Secretariat

Lect. Umut Saray	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect. Tolga Yücehan	Afyon Kocatepe University
- Sinem Gülşen	-
- Bahar Terzioğlu	-



## BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEES

PhD. Munise Didem Demirbaş	Erciyes University
PhD. Uğur Çavdar	İzmir Demokrasi University
PhD. Mohammad Ali Ghorbani	University of Tabriz
PhD. Mahir Dursun	Gazi University
PhD. Ali Öztürk	Düzce University
PhD. İbrahim Uzun	Kırıkkale University
PhD. Bülent Kurt	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Hakan Fehmi Öztop	Fırat University
PhD. Bilge Hilal Çadırcı	Gaziosmanpaşa University
PhD. Vitaly Koshevyy	Odessa National Maritime Academy
PhD. Resul Kara	Düzce University
PhD. Serhii Kravchuk	National Technical University of Ukraine
PhD. Márcio R. C. Reis	Federal Institute of Goias
PhD. Doru Vatau	University Politehnica Timisoara
PhD. Igor Nevliudov	Kharkiv National University of Radioelectronics
PhD. Yuriy Danyk	National Defense University of Ukraine
PhD. Erkan Afacan	Gazi University
PhD. Aşkİner Güngör	Pamukkale University
PhD. Cengiz Taplamacıođlu	Gazi University
PhD. Necmi Taşpınar	Erciyes University
PhD. Mevlida Operta	University of Sarajevo
PhD. Sevgi Soylu Koyuncu	Ondokuz Mayıs University
PhD. Öznur Gölbaşı	Cumhuriyet University
PhD. Cem Cüneyt Ersanlı	Sinop University
PhD. Nacima Memic	University of Sarajevo
PhD. Salim A. Messaoudi	King Fahd University of Petroleum and Minerals
PhD. Yousef Nazzal	Zayed University
PhD. Alexey Babushkin	Ural Federal University
PhD. Zehra Küçükbay	İnönü University
PhD. Selma Corbo	University of Sarajevo
PhD. Sabahudin Bajramovic	University of Sarajevo
PhD. Halil İbrahim Oğuz	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Fatih Taşpınar	Düzce University
PhD. İsa Navruz	Ankara University
PhD. Cahit Bilim	Mersin University
PhD. Sibel Güneş	Erciyes University
PhD. Munise Didem Demirbaş	Erciyes University
PhD. Ahmet Fenerciođlu	Gaziosmanpaşa University
PhD. Jasna Avdic	University of Sarajevo
PhD. Ayhan İstanbullu	Balıkesir University
PhD. Caner Aküner	Marmara University
PhD. Oktay Erdođan	Pamukkale University
PhD. Michal Váry	Slovak University of Technology
PhD. Özlem Ulukut Çoşkun	Süleyman Demirel University
PhD. Nursel Akçam	Gazi University
PhD. Recep Ekici	Erciyes University
PhD. Suat Sarıdemir	Düzce University
PhD. Fuad Okay	Kocaeli University
PhD. Fatih Polat	Gaziosmanpaşa University
PhD. Serpil Halıcı	Pamukkale University



PhD. Elif Tezel Ersanlı	Sinop University
PhD. Kadriye Yaman	Anadolu University
PhD. Eduard Zharikov	National Technical University of Ukraine
PhD. Sameh Hadouaj	University of Carthage
PhD. Bilal Şenol	İnönü University
PhD. Halil Arslan	Cumhuriyet University
PhD. Utku Köse	Süleyman Demirel University
PhD. Osman Gökdoğan	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Mehmet Güçyetmez	Ahi Evran University
PhD. Salih Tosun	Düzce University
PhD. Feyza Gürbüz	Erciyes University
PhD. Güllü Kırat	Bozok University
PhD. Oğuz Erdem	Ahi Evran University
PhD. Selda Kayral	Celal Bayar University
PhD. Ali Yıldız	Bozok University
PhD. Aslıhan Tırnakçı	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Esra Özhancı	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Meliha Aklıbaşında	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Seval Cömertler	Uşak University
PhD. Nihan Kaya	Hitit University
PhD. Cem Emeksiz	Gaziosmanpaşa University
PhD. Hasan Polat	Fırat University
PhD. Soner Buytoz	Fırat University
PhD. Serdar Mercan	Cumhuriyet University
PhD. Praveen Kumar	Nss College of Engineering
PhD. Emre Kıyak	Anadolu University
PhD. Mustafa Eker	Gaziosmanpaşa University
PhD. Özer Özdemir	Anadolu University
PhD. Mehmet Şenol	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Tülay Yağmur	Aksaray University
PhD. İlhami Karataş	Gaziosmanpaşa University
PhD. Fethi Dağdelen	Fırat University
PhD. Güngör Çağdaş Dinçel	Aksaray University
PhD. Serkan Yıldırım	Atatürk University
PhD. Meriç Lütü Avsever	Aksaray University
PhD. Bekir Tuncer	Muğla Sıtkı Koçman University
PhD. Haşim Kafalı	Muğla Sıtkı Koçman University
PhD. Gökdeniz Erkan	Muğla Sıtkı Koçman University
PhD. Özlem Toprak	Gaziosmanpaşa University
PhD. Adem Gölcük	Selçuk University
PhD. İnanet Burcu Toprak	Akdeniz University
PhD. Yılmaz Güven	Kırklareli University
PhD. Nafel Doğdu	Akdeniz University
PhD. Olena Osharovska	Odessa National Academy
PhD. Mariia Skulysh	Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
PhD. Selçuk Arık	Gaziosmanpaşa University
PhD. Canan Başlak	Selçuk University
PhD. İshak Afşin Kariper	Erciyes University
PhD. Sevgi Ünal	Gazi University
PhD. Ahmad Bin Yussuf	University of Malaya
PhD. Asuman Duru	Uşak University
PhD. Yusuf Sert	Bozok University
PhD. Abdullah Elen	Karabük University



PhD. Gökçe Nur Yılmaz	Kırıkkale University
PhD. Muradiye Karasu Ayata	Ahi Evran University
PhD. Derya Öğüt Yavuz	Uşak University
PhD. Nurcan Çalış Açıkbaş	Bilecik Şeyh Edebali University
PhD. Gökhan Açıkbaş	Bilecik Şeyh Edebali University
PhD. Ayşen Melda Çolak	Uşak University
PhD. Nurdoğan Topal	Uşak University
PhD. Emre Avuçlu	Aksaray University
PhD. Cem Boğa	Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University
PhD. Havva Dinler	Uşak University
PhD. Burcu Begüm Kenanoğlu	Uşak University
PhD. Esin Hande Bayrak Işık	Gaziosmanpaşa University
PhD. Özgür Demir	Muş Alparslan University
PhD. Doğan Erdemir	Erciyes University
PhD. Ali Özer	Cumhuriyet University
PhD. Ahmet Coşkun	Süleyman Demirel University
PhD. Alperen Şahinoğlu	İstanbul Esenyurt University
PhD. Semih Taşkaya	Fırat University
PhD. Tuğbahan Yılmaz Alıç	Selçuk University
PhD. Pınar Sarı Çavdar	İzmir Demokrasi University



### Session 5

**Hall Name:** Meeting Hall 4

**Meeting Hall Chairman :** Prof. Dr. Nurcan Çalış Açıkbaş  
**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Erdem Kanışlı

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	Production of SiAlON-Graphite Composites with Spark Plasma Sintering	Nurcan Çalış Açıkbaş, Alican Ataman, Gökhan Açıkbaş	Nurcan Çalış Açıkbaş	Nurcan Çalış Açıkbaş
13:15 - 13:30	The Effect of Waste Nut Shell and Pine Cones Amount on Mechanical Properties of Epoxy Matrix Composites	Gökhan Açıkbaş, Oğuzhan Can, Bilge Yaman Islak	Gökhan Açıkbaş	Gökhan Açıkbaş
13:30 - 13:45	Ann: Prediction of Heat Transfer and Fluid Characteristics of a Tube with Loose-Fit Perforated Twisted Tapes	Aslı Durmuşoğlu, Sibel Güneş, Ersin Karakaya	Sibel Güneş	Aslı Durmuşoğlu
13:45 - 14:00	Zeytin Çekirdeği Katkılı Kompozit Malzemelerin Tribolojik Özellikleri	Esra Keskin, Recai Kuş	Esra Keskin	Esra Keskin
14:00 - 14:15	Using Building Information Modeling in Public Housing Projects and Adoption of Worldwide	Hakan Alat	Hakan Alat	Hakan Alat

Coffee Break

### Session 6

**Hall Name:** Meeting Hall 3

**Meeting Hall Chairman :** Assoc. Prof. Dr. İlker Kıpçak  
**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Erdem Kanışlı

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	Evaluation of the Surface Energy of Polystyrene/Organozeolite Nanocomposite	Ceyda Bilgiç	Ceyda Bilgiç	Ceyda Bilgiç
14:45 - 15:00	Morphological Properties of Polyvinyl Chloride /Perlite Nanocomposite	Ceyda Bilgiç, Bengi Bozkır	Ceyda Bilgiç	Ceyda Bilgiç
15:00 - 15:15	Catalytic Wet Peroxide Oxidation of Cibacron Red P-4B Azo Dye over Ironoxide Coated Sepiolite Catalyst	İlker Kıpçak	İlker Kıpçak	İlker Kıpçak
15:15 - 15:30	Determining the Compost Yield Consisting of a Mixture of Sheep Manure and Vegetable-Fruit Wastes	Esin Hande Bayrak Işık, Fatih Poat	Esin Hande Bayrak Işık	Esin Hande Bayrak Işık
15:30 - 15:45	Air Quality Evaluation of Tokat Province between 2012 and 2017 for SO <sub>2</sub> and PM <sub>10</sub>	Esin Hande Bayrak Işık, Fatih Poat	Esin Hande Bayrak Işık	Esin Hande Bayrak Işık



1. Giriş .....	431
2. Materyal ve Yöntem.....	433
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma .....	435
4. Kaynakça.....	441
<b>SİALON-TİN KESİCİ UÇLARIN <math>AL_2O_3</math>-SİC<sub>w</sub> UÇLARA KARŞI SÜPER ALAŞIMLARIN İŞLENMESİNDE KESME PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI .....</b>	<b>443</b>
1. Giriş .....	443
2. Deneysel Çalışmalar .....	445
3. Bulgular ve Tartışma.....	446
4. Sonuçlar .....	449
5. Kaynakça.....	449
<b>SPARK PLAZMA SİNTERLEME İLE SİALON-GRAFİT KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ.....</b>	<b>450</b>
1. Giriş .....	450
2. Deneysel Çalışmalar .....	451
3. Sonuçlar .....	454
4. Kaynakça.....	454
<b>RECTANGULAR MICROSTRİP PATCH ARRAY ANTENNA DESIGN AT 10 GHZ FOR AEROSPACE APPLICATIONS .....</b>	<b>455</b>
1. Introduction.....	455
2. Microstrip Antenna .....	455
3. Microstrip Antenna Design.....	456
4. Results.....	461
5. References.....	462
<b>OLASI BİR DEPREM SONRASI YARDIM ARAÇLARI İÇİN CBS TEMELLİ ROTALAMA: İSTANBUL İLİ UYGULAMASI .....</b>	<b>463</b>
1. Giriş .....	463
2. Literatür Araştırması .....	464
3. Metodoloji.....	465
4. İstanbul İli Uygulaması.....	466
5. Sonuçlar .....	469
6. Kaynakça.....	469
<b>PATENT VERİ TABANI ANALİZİ: HAVACILIK SEKTÖRÜNDE BAL PETEĞİ YAPISININ KULLANIM ALANLARININ İNCELENMESİ.....</b>	<b>471</b>
1. Giriş .....	471
2. Bal Peteği Yapısı.....	471
3. Sonuçlar .....	477

