

Statistical Evaluation of Repeatability Analyses of SiAlON Production Process

SiAlON Üretim Prosesinin Tekrar Edilebilirlik Analizlerinin İstatiksel Değerlendirilmesi

¹*Nurcan Çalış Açıkbaş and ²Gökhan Açıkbaş

¹* Bilecik Seyh Edebali University, Engineering Faculty, Department of Metallurgical and Materials Science Engineering, 11210, Bilecik, Turkey

²Bilecik Seyh Edebali University, Vocational School, Metallurgy Program, 11210, Bilecik, Turkey

Özet

SiAlON seramikleri iyi mekanik ve yüksek sıcaklık özellikleri nedeniyle bir çok uygulama alanında potansiyel malzemelerdir. Mükemmel özelliklerine rağmen SiAlON seramiklerinin kullanımı yüksek hammadde ve üretim maliyeti nedeniyle sınırlı kalmıştır. Genellikle SiAlON üretiminde düşük aktiviteli β -Si₃N₄ tozu yerine yüksek kalite saflıkta α -Si₃N₄ tozu kullanılmaktadır. Ancak ince α -Si₃N₄ tozları oldukça pahalı olup bu durum özellikle büyük ölçekli uygulamalarda temel belirleyici parametredir. SiAlON seramiklerinin ticari kullanımlarını arttırmak için, yeterli mekanik özelliklerde ekonomik üretime gereksinim vardır.

Bu çalışmada ekonomik β -Si₃N₄ tozu kullanılarak gaz basınçlı sinterleme tekniği ile üretilen SiAlON seramiklerinin tekrar edilebilirliği incelenmiştir. Numuneler dört defa farklı zamanlarda gaz basınçlı sinterleme fırınında sinterlenerek üretilmiştir. Vickers sertliği ve indentasyon kırılma tokluğu verilerinin istatistiksel analizleri MİNİTAB programıyla gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar mikroyapı görüntüleriyle desteklenmiştir. Sonuç olarak mikroyapıların benzer olduğu, sertlik ve kırılma tokluğu değerlerinde istatistiksel olarak çok az değişimlerin olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İstatistiksel analiz, Tekrar edilebilirlik, Mekanik özellikler, SiAlON, Sinterleme

Abstract

SiAlON ceramics are potential for many applications due to good mechanical and high temperature properties. In spite of their excellent properties, the utilization of SiAlONs has remained limited until today due to the high cost of raw materials and processing. Traditionally, high quality pure α -Si₃N₄ powder is used instead of β -Si₃N₄ powder due to its higher sintering activity in SiAlON production. However, fine α -Si₃N₄ powders are very high in cost and this is a key determinant parameter for large-scale applications. In order to widen commercial use of SiAlON ceramics, low cost manufacturing of SiAlONs with satisfactory mechanical properties is necessary.

In this study, the repeatability of SiAlON ceramics produced from low cost β -Si₃N₄ powder with gas pressure sintering method was investigated. The samples produced four sets of gas pressure sintering furnace by independently. Statistical analyses of Vickers hardness and indentation fracture toughness data was carried out by MİNİTAB program. The results coincided with the microstructural images. The results showed that the majority of microstructures are similar and in all cases, the samples showed statistically little variation in hardness and fracture toughness.

Key words: Statistical analysis, Repeatability, Mechanical properties, SiAlON, Sintering

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering Bilecik Şeyh Edebali University, 11210, Bilecik TURKEY. E-mail address: nurcan.acikbas@bilecik.edu.tr, Phone: +902282141928

1. Giriş

Si_3N_4 türevi seramikler (Si_3N_4 ve SiAlON) mükemmel özellikleri nedeniyle birçok uygulama alanında (aşınma parçaları, kesici uçlar vb.) potansiyel malzeme olmalarına rağmen, başlangıç tozlarının pahalı olması, yüksek sıcaklıklarda ve gaz basınçları altında sinterleme gerekliliğinden ve bu tarz sinterleme sistemlerinin yatırım maliyetinin oldukça pahalı olmasından dolayı kullanım alanları sınırlıdır. Bu nedenle ekonomik başlangıç tozları ile başlayarak ve üretim proseslerinin kontrolü ile ekonomik ve uygun özellikte malzeme geliştirilmesine gereksinim duyulmaktadır. SiAlON seramiklerinin mikroyapı gelişimi başlangıç Si_3N_4 tozu özellikleri (polimorf tipi (α ya da β), partikül boyutu, partikül boyut dağılımı, safsızlıklar vb.), ilave kompozisyonları ve sinterleme koşulları olmak üzere başlıca üç faktör tarafından kontrol edilmektedir. α ve β olmak üzere iki farklı Si_3N_4 başlangıç tozu polimorfu mevcuttur. Wild ve ark. α - Si_3N_4 atomik yapısına az miktarda oksijen yerleştiğini ve kimyasal formülünün yaklaşık $\text{Si}_{11.5}\text{N}_{15}\text{O}_{0.5}$ olduğunu, β - Si_3N_4 tozunun ise saf Si_3N_4 olduğunu belirtmişlerdir [1]. Bu nedenle reaktivitesi β - Si_3N_4 'e göre yüksek olan α - Si_3N_4 tozu daha yaygın kullanılmaktadır. Bilindiği üzere α polimorfu düşük sıcaklık formu olup $>1410^\circ\text{C}$ β polimorfuna dönüşmektedir [2]. α - Si_3N_4 tozunun başlangıç tozu olarak tercih edilmesinin diğer bir nedeni $\alpha \rightarrow \beta$ dönüşümü sonrası iğnemsiz β - Si_3N_4 tane gelişiminin sağlanmasıdır. β - Si_3N_4 tozu başlangıç tozu olarak kullanıldığında ise iğnemsiz taneler içeren mikroyapı gelişimi bu nedenle güçtür. Si_3N_4 seramiklerinin tane büyüme mekanizması $\alpha \rightarrow \beta$ dönüşümü ve tane büyümesi arasında karmaşık bir ilişki olduğu için henüz çok iyi bir şekilde anlaşılmış değildir. Araştırmacıların çoğu, α ya da β - Si_3N_4 fazlarınca zengin tozların kullanılmasıyla üretilen β - Si_3N_4 seramiklerinin farklı mikroyapı gelişimine ve mekanik özelliklere sahip olduğunu kabul etmektedirler [3-8]. Bazı araştırmacılar ise β - Si_3N_4 tozu ile başlanıldığında da α - Si_3N_4 tozu ile başlamış gibi in-situ mikroyapı gelişiminin mümkün olduğunu savunmaktadırlar [9-13].

Yapılan çalışmada reaktivitesi düşük, kaba tane boyutunda (d_{50} : 1 mikron) ve safsızlık oranı yüksek ancak oldukça ekonomik (2 Euro/kg) β - Si_3N_4 tozu kullanılarak α : β - SiAlON seramikleri gaz basınçlı sinterleme (GPS) tekniği ile üretilerek 4 farklı sinterleme işlemi sonrasında örnek numune alınmış, ürünlerin sertlik ve toklukları ölçülerek bu tür β - Si_3N_4 tozundan üretilen α : β - SiAlON seramiklerinin üretimde tekrar edilebilirlik özelliği istatistiksel proses kontrol parametreleri yardımıyla açıklanmıştır.

2. Malzemeler ve Metod

2.1. Numune Hazırlama

SiAlON kompozisyonu olarak α - SiAlON fazının sertliğinden ve β - SiAlON fazının tokluğundan faydalanmak amacıyla 30 α :70 β - SiAlON kompozisyonu seçilmiştir. Çalışmada yanma sentezi ile üretilmiş ortalama partikül boyutu 1 μm olan, Fe, Si, Fe_2Si ve FeSi_2 safsızlıklarını içeren β - Si_3N_4 tozu (Beijing Chanlian-Dacheng Trade Co., Ltd., Çin) kullanılmıştır [14,15]. Sinterlemeyi kolaylaştırmak ve mikroyapıyı modifiye etmek için Y_2O_3 - Sm_2O_3 - CaO oksit sistemleri ile çalışılmıştır. Sıvı faz oluşturmada kullanılan oksitlerin miktarı 0.033 mol (hac.~%5) seçilmiştir.

Tasarlanan kompozisyonlar sulu ortamda hidroliz olan oksit dışı malzemeler içermesi sebebiyle yaş sistemde alkol kullanılarak Fritsch firmasına ait Pulverisette 5 model eksenel değirmende 300 dev/dak dönme hızıyla 1.5 saat karıştırılmıştır. Hazırlanan çamur içerisindeki alkol Heidolph firmasına ait WB2000 model döner kurutucuda 40°C’de uzaklaştırılmıştır. Alkolü uzaklaştırılan çamur 40°C’deki etüvde 24 saat bekletilerek alkolün tamamen uzaklaşması sağlanmıştır. Daha sonra SiAlON tozları Retsch marka titreşimli elek düzeneğinde 75 µm’lik elekten elenerek şekillendirmeye hazır hale getirilmiştir. Laboratuar ölçeğinde hazırlanan tozlar Alfa firmasına ait el presi kullanılarak 25 MPa basınç altında tek eksenli preslendikten sonra Stansted Fluid Power firmasına ait FPG2568/2569 kodlu soğuk izostatik presle (CIP) 300 MPa basınç altında preslenerek tabletlerin homojen ve yüksek yaş yoğunluğa ulaşması sağlanmıştır. Gaz basınçlı sinterleme işlemleri KCE marka FPW 100/150–2200–25 tipi, grafit ısıtıcı elemanlı, gaz basınçlı sinterleme (GPS) fırınında 1940°C’de 2 saat süre ile 22 bar azot gaz basıncı altında yapılmıştır.

2.2. Mikroyapı Karakterizasyonu

Karakterizasyon öncesinde sinterlenmiş numuneler kesilerek, ara kesitleri yüzeye gelecek şekilde sıcak kalıplama tekniği kullanılarak bakalit malzeme ile kalıba alınmıştır. Sonrasında parlatma işlemi Struers marka otomatik parlatma cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Yüzeyi parlatılmış numuneler analiz öncesinde iletken olmayan seramik malzemenin yüzeyi iletkenliği sağlamak ve dolayısıyla elektronların yüzeye şarj olmasını engellemek için iletkenliği yüksek olan altın-paladyum alaşımı ile vakum ortamında kaplanmıştır. Mikroyapısal analizler Zeiss Supra 50 VP marka taramalı elektron mikroskopunda atom ağırlığına bağlı olarak faz ayrımını sağlayan geri saçınımlı elektron (BEI) dedektörü kullanılarak yapılmıştır.

2.3. Mekanik Testler

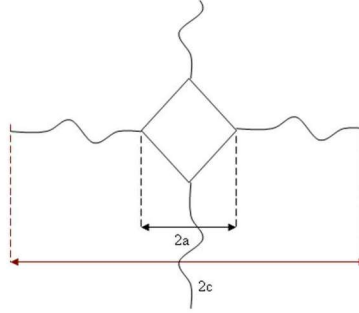
Kesit yüzeyleri parlatılmış olan numunelerin sertlikleri Vickers sertlik ölçme yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu yöntemde göre numune yüzeyine 10 kg yük 10 sn süreyle uygulanmıştır. Yük uygulandıktan sonra oluşan izin şematik gösterimi Şekil 1’de verilmektedir. Güvenilir sonuçlar elde edilmesi için her numuneden 3 ölçüm alınmıştır. Sertlik değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$H_{V10} = (0.47P)/a^2 \quad (1)$$

Formülde P uygulanan kuvveti (N) ve a ise diagonalın yarısını ifade etmektedir. İndentasyon kırılma tokluğu Evans & Charles tarafından geliştirilen formül ile hesaplanmıştır [16].

$$K_{Ic} = \frac{0.15k(c/a)^{-3/2} H_V \sqrt{a}}{\Phi} \quad (2)$$

Formülde K_{Ic} , kırılma tokluğunu ($\text{MPam}^{1/2}$), Φ faktör (≈ 3), H_V Vickers sertliğini (GPa), c radyal çatlakların ortalama uzunluğunu, a diagonalın yarısını, k ise düzeltme faktörünü (mevcut c/a değerleri için ≈ 3.2) belirtmektedir.



Şekil 1. Vickers indentinin ve oluşan çatlakların şematik gösterimi

2.4. İstatiksel Analizler

β - Si_3N_4 tozu kullanılarak hazırlanan α : β -SiAlON malzemelerin tekrar üretilebilirliğini belirlemek için, hazırlanan kompozisyonlar dört defa aynı koşullarda farklı zamanlarda sinterlenerek malzemelerin kırılma tokluğu ve sertlik değerleri ölçülmüştür. MİNİTAB paket programı yardımıyla istatistiksel süreç kontrol grafikleri oluşturularak sonuçlar yorumlanmıştır.

Ürünlerin yoğun ve mukavim hale gelmesi için sinterleme işlemi uzun zaman aldığından (~10 saat) yani süreç yavaş ilerlediğinden her sinterleme sonrasında tek bir numune alınıp, parlatılarak ölçüm için hazır hale getirilmiştir. Üretimden alınan örneklerin hacimleri 10'dan küçük olduğundan ($n < 10$) X-ort. grafiği ile birlikte R grafiğinin kullanılması tercih edilmiştir. Kitlenin dağılımında zaman içinde bir değişiklik olup olmadığını belirlemek için R-kontrol grafiği kullanılmıştır. Uygulanan süreç için bahsedilen durumlar göz önünde bulundurularak birimler kontrol grafiği kullanılarak değişkenliğin ve örnek ortalamasının seyri incelenmiştir. Aşağıdaki formülasyonlar yardımıyla kontrol grafikleri oluşturulmuştur.

$$R_i = |X_i - X_{i-1}|, \quad i = 1, 2, \dots, m-1 \quad (3)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{m-1} \quad (4)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{m} \quad (5)$$

$$\text{ÜKS(UCL)}_x = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (6)$$

$$\text{OÇ}(\bar{X})_x = \bar{X} \quad (7)$$

$$\text{AKS(LCL)}_x = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (8)$$

Bu formülasyonlarda, \bar{R} hareketli değişkenliğin aritmetik ortalamasını, \bar{X} verilerin aritmetik ortalamasını, ÜKS hareketli değişkenliğin üst kontrol sınırını, AKS hareketli değişkenliğin alt kontrol sınırını, d_2 'de $n=2$ için niceliksel ölçüler kontrol grafikleri için katsayılar tablosundan alınan değeri göstermektedir ($d_2=1,128$). Çizelge 1'deki veriler kullanılarak R değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Malzemenin sertlik ve tokluk değerleri ve sertlik ve tokluk değerlerindeki değişkenlik

| Ölçüm Sayısı | Sertlik-X | Sertlik-R | Tokluk-X | Tokluk-R |
|--------------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 14.47 | - | 4.12 | - |
| 2 | 15.24 | 0.77 | 4.34 | 0.22 |
| 3 | 14.78 | 0.46 | 4.21 | 0.13 |
| 4 | 14.17 | 0.61 | 3.94 | 0.27 |
| 5 | 14.68 | 0.51 | 4.08 | 0.14 |
| 6 | 14.68 | 0.00 | 4.08 | 0.00 |
| 7 | 15.00 | 0.32 | 5.28 | 1.20 |
| 8 | 14.47 | 0.53 | 5.09 | 0.19 |
| 9 | 14.57 | 0.10 | 5.13 | 0.04 |
| 10 | 14.73 | 0.16 | 4.26 | 0.87 |
| 11 | 14.47 | 0.26 | 4.19 | 0.07 |
| 12 | 14.47 | 0.00 | 4.19 | 0.00 |
| 13 | 14.17 | 0.30 | 3.77 | 0.42 |
| 14 | 14.27 | 0.10 | 3.73 | 0.04 |
| 15 | 14.62 | 0.35 | 3.74 | 0.01 |
| 16 | 14.14 | 0.48 | 3.80 | 0.06 |
| 17 | 13.97 | 0.17 | 4.22 | 0.42 |
| 18 | 14.17 | 0.20 | 3.36 | 0.86 |
| 19 | 14.17 | 0.00 | 4.97 | 1.61 |
| 20 | 14.57 | 0.40 | 4.48 | 0.49 |
| 21 | 14.37 | 0.21 | 4.53 | 0.05 |
| 22 | 14.17 | 0.20 | 3.94 | 0.59 |
| 23 | 14.17 | 0.00 | 4.13 | 0.19 |
| 24 | 14.17 | 0.00 | 4.79 | 0.66 |

Birimler kontrol grafiğinde ortalama kontrol grafiği (X) ve ikişerli hareketli değişim aralığı R kontrol grafiği birlikte çizilerek yorumlanmaktadır. R kontrol grafiğinin çiziminde kullanılan formülasyonlar aşağıda verilmektedir.

$$\text{ÜKS(UCL)}_R = D_4 \bar{R} \quad (9)$$

$$\text{OÇ}_R = \bar{R} \quad (10)$$

$$\text{AKS(LCL)}_R = D_3 \bar{R} \quad (11)$$

Bu formülasyonlarda, D_3 ve D_4 ($n=2$) için niceliksel ölçüler kontrol grafikleri için katsayılar tablosundan alınan değeri göstermektedir ($D_3= 0$ ve $D_4= 3.267$). Ayrıca örneklerin ortalama etrafındaki dağılımı inceleyerek sürecin kontrol altında olup olmadığını göstermek için X ortalama kontrol grafiği (R değişkenliğine bağlı olarak) oluşturulmuştur. R değişim aralığı kontrol grafiği ile örnekler arasındaki değişkenlik ilişkisinin boyutu tespit edilmiştir. Her bir örnekten alınan altı birimlik veriler arasındaki maksimum ve minimum değerler arasındaki fark alınıp diğer örnek sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Değişkenlik grafiğinde sonuçlar ne kadar

AKS'ye yakınsa örnek içindeki değişkenlik minimum olup ölçüm hassasiyeti maksimumdur. R kontrol grafiği oluşturmak için aşağıdaki formülasyonlar kullanılmıştır.

$$R = |X_{mak} - X_{min}| \quad (12) \quad R = \frac{\sum R_i}{m} \quad (13) \quad UKS_R = D_4 \cdot \bar{R} \quad (14)$$

$$OC_R = \bar{R} \quad (15) \quad AKS_R = D_3 \cdot \bar{R} \quad (16) \quad \bar{X}_i = \frac{\sum X}{n} \quad (17)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}_i}{m} \quad (18) \quad UKS_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (19) \quad OC_{\bar{X}} = \bar{X} \quad (20)$$

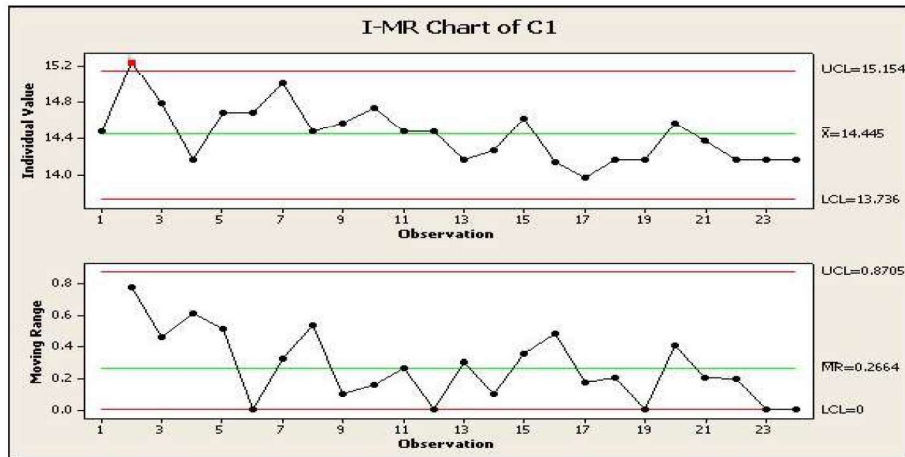
$$AKS_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (21)$$

Bu formülasyonlarda, A_2 , D_3 ve D_4 ($n=6$) için niceliksel ölçüler kontrol grafikleri için katsayılar tablosundan alınan değeri göstermektedir ($D_3=0$ ve $D_4= 2.004$, $A_2=0.483$).

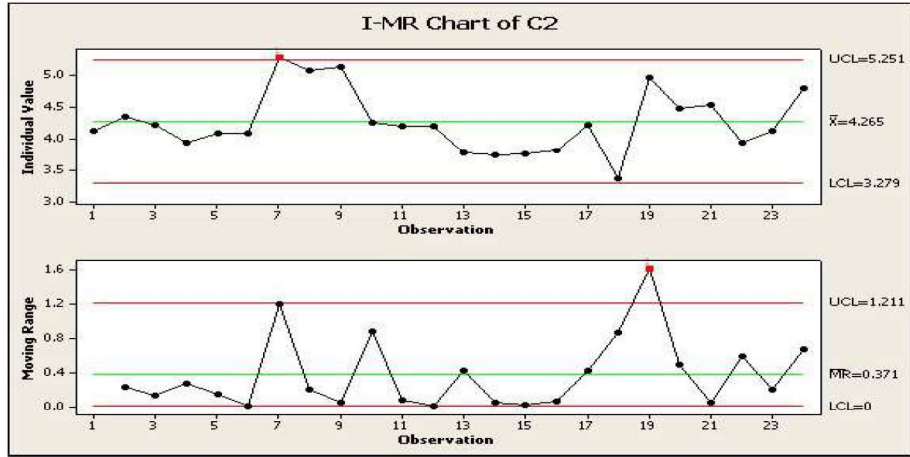
3. Sonuçlar

İstatiksel hesaplamalar kullanılarak elde edilen veriler MİNİTAB paket programı kullanılarak grafikler oluşturularak sonuçlar yorumlanmıştır. Şekil 2 ve 3'de sırasıyla malzemenin sertliğinin ve tokluğunun birimler kontrol grafiği ile gösterimi verilmektedir.

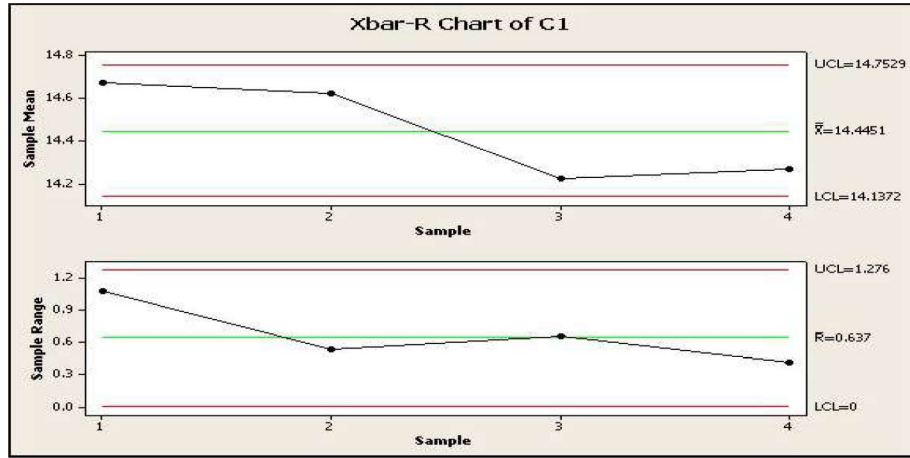
Örneklerin ortalama etrafındaki dağılımı inceleyerek sürecin kontrol altında olup olmadığını göstermek için \bar{X} ortalama kontrol grafiği (R değişkenliğine bağlı olarak) oluşturulmuştur (Şekil 4 ve 5). Şekil 6'da dört farklı sinterleme işlemi sonrasında numune alınarak mikroyapı incelemeleri yapılmıştır.



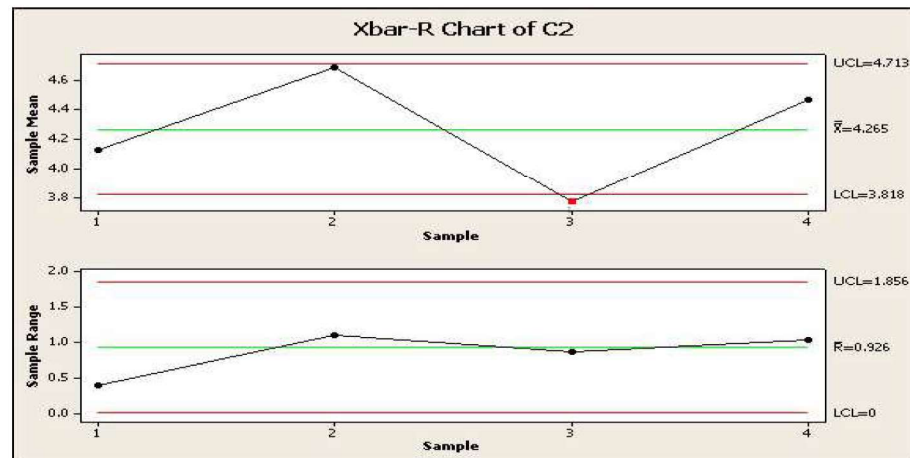
Şekil 2. Malzemenin sertliğinin birimler kontrol grafiği ile gösterimi



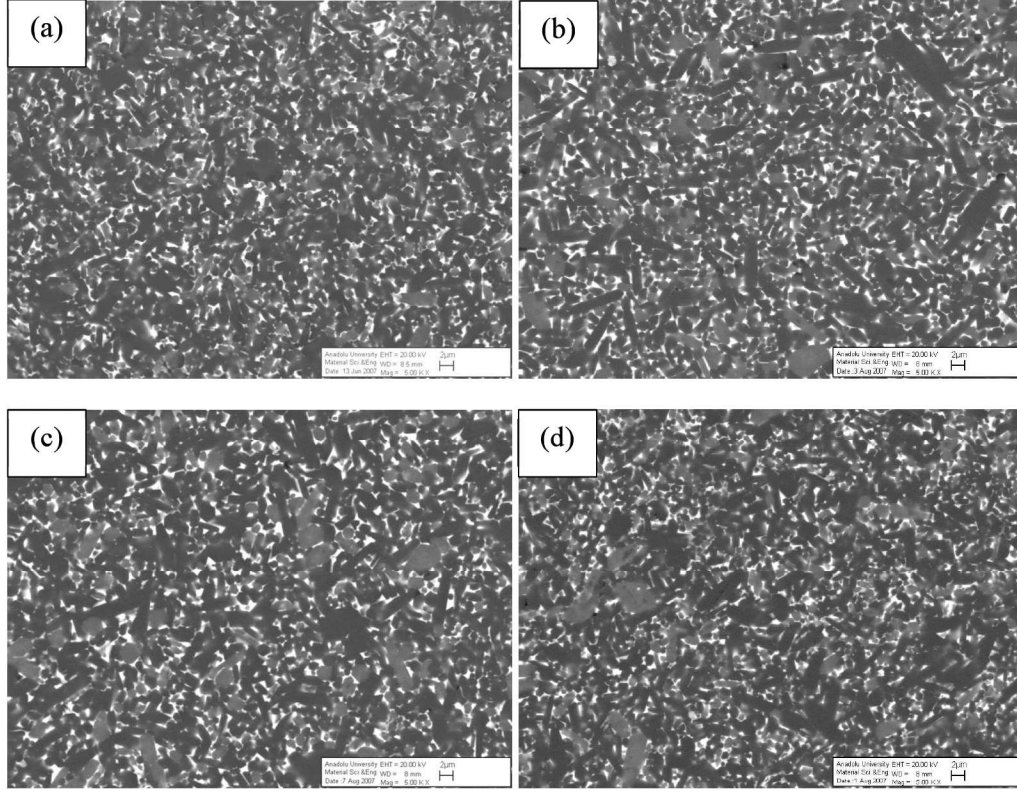
Şekil 3. Malzemenin tokluğunun birimler kontrol grafiği ile gösterimi



Şekil 4. Malzemenin sertlik değerinin X-ortalama kontrol grafiği ve R-değişim aralığı kontrol grafiği



Şekil 5. Malzemenin tokluk değerinin X-ortalama kontrol grafiği ve R-değişim aralığı kontrol grafiği



Şekil 6. (a) 1. sinterlemeden sonra , (b) 2. sinterlemeden sonra, (c) 3. sinterlemeden sonra ve (d) 4. sinterlemeden sonra alınan örneğin SEM-BSE mikroyapı görüntüleri

4. Tartışma

Malzemenin sertliğinin birimler kontrol grafiği değerlendirildiğinde (Şekil 2) 2 numaralı ölçüm hariç süreç kontrol altındadır. Başlangıçta sertlik değerlerinde dalgalanmalar daha yoğun iken dördüncü sinterleme sonrası elde edilen malzemede dalgalanmalar azalmıştır. Bunun nedeni başlangıçta malzemelerin yeteri kadar iyi parlatılamamasından ve dolayısıyla indent uzunluklarının tam olarak belirlenememesinden kaynaklanmaktadır. Malzemenin ortalama sertlik değeri 14.445 GPa olarak hesaplanmıştır. Sertlik değerinin R-kontrol grafiği incelendiğinde numuneler arasındaki değişkenliğin kontrol sınırları içerisinde olduğu görülmektedir. Yine aynı şekilde zamanla değişkenlikte azalma olduğu ve sifıra yaklaştığı görülmüş ve sonuçların hassasiyeti artmıştır.

Malzemenin kırılma tokluğu değerlerinin ortalama birimler kontrol grafiği incelendiğinde (Şekil 3) 7 nolu ölçüm hariç süreç kontrol altındadır. 7-12 nolu ölçümler ikinci sinterleme sürecinden alınmıştır. 7, 8, 9 nolu ölçümler numunenin presleme yönüne dik yönde alınan ölçümleri ve 10,11,12 ise paralel yöndeki ölçümleri ifade etmektedir. Bu sonuçlara dayanarak seçilen örnekte tane yönlenmesinin olduğunu söyleyebiliriz. Ortalama tokluk değeri 4.265 olarak elde edilmiştir. Tokluktaki değişkenlik incelendiğinde 19. ölçüm hariç süreç kontrol altındadır ve değişkenlik

seviyesi düşüktür. Sertlikteki değişkenlik (0.266), tokluktaki değişkenliğe (0.37) göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Şekil 4'deki sertlik değerinin X-ortalama kontrol grafiği ve R-değişim aralığı kontrol grafikleri incelendiğinde sürecin kontrol altında olduğu görülmektedir. X-ortalama kontrol grafiğinde 1. örnek ortalaması diğerlerine göre en yüksek değere sahip iken bu örnek için değişkenliğin de maksimum olduğu görülmektedir. Bu sonuç numunenin iyi parlatılmamasından kaynaklanabilir. Dördüncü örnek en az değişkenliğe sahip olup ölçüm hassasiyetinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Malzemenin tokluk değerlerinin X-ortalama grafiği incelendiğinde (Şekil 5) 3. örneğin alt kontrol sınırları dışına çıktığı görülmektedir. Fakat bu örnek için örnekteki birimler arasındaki değişkenlik orta sınır çizgisinde hareket etmektedir. 1. örnek en az değişkenliğe sahiptir. Ancak numune hazırlama koşulları göz önüne alındığında en iyi dördüncü örnekte sağlandığı için hem yüksek tokluk değerleri elde edilmiş hem de ortalama bir değişkenliğe sahip olduğu görülmüştür.

Her bir sinterleme işlemi sonrasında alınan örneklerin mikroyapıları incelendiğinde (Şekil 6 a-d) benzer tane gelişimleri gözlenmiştir. Matris α -SiAlON tanelerinin çapı 1-1.7 μm arasında değişirken, iğnemsiz α -SiAlON tanelerinin uzunluğu 4-5 μm , çapları ~ 1 μm ve aspekt oranları ~ 4.5 , iğnemsiz β -SiAlON tanelerinin uzunluğu 2-6 μm , çapları 1-3.5 μm ve aspekt oranları ~ 4.5 olarak ölçülmüştür.

Genel Sonuçlar

MİNİTAB programıyla yapılan analizler sonrasında β -Si₃N₄ tozu kullanılarak tekrar üretilebilir özellikte α : β -SiAlON seramiklerinin gelişiminin sağlandığı tespit edilmiştir. Malzeme üretim süreci kontrol altında olup, malzemelerin tekrar üretilebilirliği mümkündür. Her bir sinterleme sonrasında üretilen malzemelerin benzer mikroyapı gelişimine sahip olduğu görülmüştür. İndent boylarının ve çatlak uzunluklarının net tespit edilebilmesi için ve dolayısıyla güvenilir sonuç eldesi için en önemli parametre parlatmadır. Presleme yönüne bağlı olarak tokluk değerlerinde değişim mevcuttur.

Referanslar

- [1] Wild, S., Grieveson, P. and Jack, K. H.; pp. 385-95 in Special Ceramics, Vol. 5. Edited by P. Popper. The British Ceramic Research Association, 1972.
- [2] Mandal, H. ve Thompson D.P. Reversible $\alpha \rightarrow \beta$ phase transformation in heat treated SiAlON Ceramics. *J. Euro. Ceram. Soc.*, 1993; 12: 421-429.
- [3] Hoffmann, M. J. and Petzow, G. Tailored microstructures of silicon nitride ceramics. *Pure & Appl. Chem.* 1994;66: 1807-1814.
- [4] Lange, F. F. Fracture Toughness of Si₃N₄ as a Function of the Initial α -Phase Content. *J. Am. Ceram. Soc.* 1979;62: 428-430.
- [5] Mitomo, M., Hirosaki, N., Suematsu, H. and Nishimura, T. Fine-Grained Silicon Nitride Ceramics Prepared from β -Powder. *J. Am. Ceram. Soc.* 1995, 78: 211-14.
- [6] Lee, S. K., Lee, K. S., Lawn, B. R. and Kim, D. K. Effect of Starting Powder on Damage Resistance of Silicon Nitrides. *J. Am. Ceram. Soc.* 1998; 81: 2061-70.
- [7] Mitomo, M., Hirosaki, N., Nishimura, T. and Xie, R. J. Microstructure Control in Si₃N₄ ceramics- A Review. *J. Ceram. Soc. Japan*, 2006; 114: 867-872.

- [8] Lange, F. F. Relation Between Strength, Fracture Energy, Microstructure of Hot-Pressed Si_3N_4 . *J. Am. Ceram. Soc.* 1973; 56:518-522.
- [9] Hirosaki, N., Akimune, Y. and Mitomo, M. Effect of grain growth of Si_3N_4 on strength, weibull modulus, ve fracture toughness. *J. Am. Ceram. Soc.* 1993;76: 1892-94.
- [10] Hirosaki N. and Akimune, Y. Microstructure characterization of gas pressure sintered β - Si_3N_4 containing large β - Si_3N_4 seeds. *J. Am. Ceram. Soc.* 1994;77: 1093-97.
- [11] Emoto H. and Mitomo, M. Control ve Characterization of abnormally grown grains in silicon nitride ceramics. *J. Euro. Ceram. Soc.* 1997;17: 797-804.
- [12] Lee, C. J., Chae, J. I. ve Kim, D. J., “Effect of Si_3N_4 starting powder size on elongated grain growth in Si_3N_4 ceramics. *J. Euro. Ceram. Soc.* 2000;20: 2667-2671.
- [13] Mitomo, M. and Uenosono, S. Microstructural development during gas-pressure sintering of α -silicon nitride. *J. Am. Ceram. Soc.* 1992;75: 103.
- [14] Mandal H. and Calis Acikbas. N. Processing, Characterization and Mechanical Properties of SiAlONs Produced from Low Cost β - Si_3N_4 Powder. *KONA Powder Particle Journal*, 2013;30: 22–30.
- [15] Calis Acikbas N., Kumar, R., Kara, F., Mandal, H., Basu, B. Influence of β - Si_3N_4 particle size and heat treatment on microstructural evolution α : β -SiAlON Ceramics. *J. Euro. Ceram. Soc.* 2011; 629–635.
- [16] Evans, A. G. ve Charles, E. A. Fracture Toughness Determinations by Indentation. *J. Am. Ceram. Soc.* 1976; **59**: 371.



3RD INTERNATIONAL
SYMPOSIUM ON
environment and morality

3. ULUSLARARASI
çevre ve ahlak
SEMPOZYUMU

ALANYA - TURKEY / ALANYA - TÜRKİYE

04-06 NOVEMBER / KASIM 2016

www.i-sem.info

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENT AND MORALITY

Proceeding Book



ISEM2016

ISBN: 978-605-47358-4-6

The Proceedings of International Symposium on Environment and Morality 2016 (***Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu 2016 - ISEM2016***) November 4-6, 2016, Wome Deluxe Hotel, Alanya, Antalya, Turkey.

Published by
Sakarya University

Copyright

© 2016, ISEM2016, Wome Deluxe Hotel, Alanya
Antalya, Turkey
<http://www.i-sem.info>
isem2016@i-sem.info

The symposium papers to be cited can be referenced by using the following expression:

3rd International Symposium on Environment and Morality 2016 (*Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu 2016 - ISEM2016*)

This proceedings includes the original papers submitted to ISEM2016. It is accessed in free of charge. All scientific and linguistic responsibilities of the published articles belong to their authors.

ISEM2016

**3rd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENT AND
MORALITY**

4-6 NOV 2016

Wome Deluxe Hotel

Alanya/Antalya TURKEY

Honorary Comitee

Prof. Dr. Hasan Zuhuri SARIKAYA
Prof. Dr. Muzaffer ELMAS
Prof. Dr. Ahmet PINARBAŐI
Advt. Muzaffer ÖZCAN
Prof. Dr. Eyüp DEBİK

Organizing Comitee

Prof. Dr. Ahmet ALP (Chair)

| | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR | Prof. Dr. Mehmet SARIBIYIK |
| Prof. Dr. Fuat GÜRCAN | Assoc. Prof. Dr. Özer UYGUN |
| Assoc. Prof. Dr. Bekir KAYACAN | Assoc. Prof. Dr. Ayla ASLAN |
| Assoc. Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK | Assist. Prof. Dr. Hakan ASLAN |
| | Dr. Hüseyin BUDAK |

SCIENTIFIC COMMITTEE

- Prof. Dr. Abdulkadir ARDIÇ (Sakarya University, Turkey)
Prof. Dr. Adnan KARAİSMAİLOĞLU (Kirikkale University, Turkey)
Prof. Dr. Ahmet DEMİR (Yıldız Technical University, Turkey)
Prof. Dr. Alfina SIBGATULLINA (Russian Academy of Sciences, Russia)
Prof. Dr. Ali ATA (Gebze Technical University, Turkey)
Prof. Dr. Ali BİLGİLİ (Ankara University, Turkey)
Prof. Dr. Almaz Ulvi BINNATOVA (Azerbaijan National Academy of Sci.)
Prof. Dr. Atilla ARKAN (Sakarya University, Turkey)
Prof. Dr. Bakhtiyor KARIMOV (Inst. of Plant Animal World Genetic Res., Uzbekistan)
Prof. Dr. Bilal KEMİKLİ (Uludag University, Turkey)
Prof. Dr. Bilal KUSPINAR (Necmettin Erbakan University, Turkey)
Prof. Dr. Bilal SAMBUR (Yildirim Beyazıt University, Turkey)
Prof. Dr. Cemalettin KUBAT (Sakarya University, Turkey)
Prof. Dr. Dietmar MIETH (Universität Erfurt, Germany)
Prof. Dr. Enver HALILOVIC (Tuzla University, Bosnia and Herzegovina)
Prof. Dr. Erol ARCAKLIOĞLU (The Scientific and Technological Research Council of Turkey)
Prof. Dr. Hacı Mehmet GÜNAY (Sakarya University, Turkey)
Prof. Dr. Halil SAVAŞ (Pamukkale University, Türkiye)
Prof. Dr. Hatem AKBULUT (Sakarya University, Turkey)
Prof. Dr. Hür Mahmut YÜCER (Karabük University, Turkey)
Prof. Dr. İ. Ayhan ŞENGİL (Sakarya University, Turkey)
Prof. Dr. İbrahim DEMİR (Istanbul Technical University, Turkey)
Prof. Dr. İsmail KOYUNCU (Istanbul Technical University, Turkey)
Prof. Dr. İsmail TORÖZ (Istanbul Technical University, Turkey)
Prof. Dr. İzzetullah NUREDDİNOV (Uzbekistan Academy of Sciences)
Prof. Dr. John MUTTER (Columbia University, USA)
Prof. Dr. Kadir ÖZKÖSE (Bozok University, Turkey)
Prof. Dr. Muhammed BABALI (Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan)
Prof. Dr. Mawil Izzi DIEN (University of Wales Trinity Saint David, UK)
Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN (Necmettin Erbakan University, Konya)
Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN (University of West of England, UK)
Prof. Dr. Mirlan CYNİBAEV (The Kyrgyz State Technical University, Kirghizistan)
Prof. Dr. Mufit BAHADİR (Technical University of Braunschweig, Germany)
Prof. Dr. Murat PALA (Aydın University, Turkey)
Prof. Dr. Osman BAKAR (Universiti Brunei Darussalam, Brunei Darussalam)
Prof. Dr. Remzi ALTUNIŞIK (Sakarya University, Turkey)
Prof. Dr. Richard FOLTZ (Concordia University, Canada)
Prof. Dr. Süleyman MOLLAİBRAHİMOĞLU (Abant İzzet Baysal University)
Prof. Dr. Talip ALP (Medipol University, Turkey)
Prof. Dr. Tanju KARANFIL (Clemson University, USA)
Prof. Dr. Teoman DURALI (Kırklareli University, Turkey)
Prof. Dr. Yahya FİDAN (Istanbul Commerce University, Turkey)
Prof. Dr. Zuhdija ADİLOVIÇ (Zenica University, Bosnia Herzegovina)
Assoc. Prof. Dr. Abdullah SOYSAL (Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Turkey)

Assoc. Prof. Dr. Ali Çağlar ÇAKMAK (Bursa Technical University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Benjamin HALE (University of Colorado, USA)
Assoc. Prof. Dr. Timothy G. ELLIS (Iowa State University, USA)
Assoc. Prof. Dr. Duygu ÖZDEŞ (Gümüşhane University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Emin UĞURLU (Bursa Technical University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Erdinc AHATLI (Sakarya University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Hamdi AYDIN (Kocaeli University)
Assoc. Prof. Dr. İbrahim İŞİTAN (Karabük University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Ismar ALAGIĆ (Agencija za razvoj općine Tešanj, Bosnia and Herzegovina)
Assoc. Prof. Dr. Jame SCHAEFER (Marquette University, USA)
Assoc. Prof. Dr. Lisa SIDERIS (Indiana University, USA)
Assoc. Prof. Dr. Mohamed Ragab Abdel GAWWAD (IUS, Bosnia and Herzegovina)
Assoc. Prof. Dr. Mustafa SEKKELI (Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Nadirhan HASANOV (Karabük University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Nedim VARDAR (Universidad Interamericana de Puerto Rico, Puerto Rico)
Assoc. Prof. Dr. Noor MOHAMMAD (The National University Of Malaysia, Malaysia)
Assoc. Prof. Dr. Sabina SEMİZ (IUS, Bosnia and Herzegovina)
Assoc. Prof. Dr. Sherzodhon Yu. MAHMODOV (Fergana Technic University, Uzbekistan)
Assoc. Prof. Dr. Tahir KAHRAMAN (Adıyaman Üniversitesi, Türkiye)
Assoc. Prof. Dr. Uğur Kaya (Karadeniz Technical University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Zehrudin OSMANOVIĆ (Tuzla Technical University, Bosnia Herzegovina)
Assoc. Prof. Dr. Ziyodulla YUSUPOV (Karabük University, Turkey)
Assist. Prof. Dr. Abdullah YAKŞI (Karabük University, Turkey)
Assist. Prof. Dr. Ahmet Canan KARAKAŞ (Karabük University, Turkey)
Assist. Prof. Dr. Beytullah EREN (Sakarya University, Turkey)
Assist. Prof. Dr. Ertan ARSLANKAYA (Yıldız Technical University, Turkey)
Assist. Prof. Dr. Necdet YILMAZ (Istanbul University, Turkey)
Assist. Prof. Dr. Qilin LI (Rice University, USA)
Assist. Prof. Dr. Süleyman KAYA (Abant İzzet Baysal University)
Dr. Modlir NURSEITOVA (Farabi Kazakh National University, Kazakh)
Dr. Mufeed BATARSEH (Abu Dhabi Polytechnic, UAE)
Dr. S. Parvez MANZOOR (Swedish Writer, Sweden)

19-ISEM2016ID339 TAŞITLARDA KLİMA KANALLARININ TEMİZLİĞİNE ÇEVRECİ BİR YAKLAŞIM
Ömer Karabıyık

11-ISEM2016ID340 Evaluating the Effect of Demographic Differences on Recreational Expectations: The Case of Abant Natural Park (Bolu, Turkey)
Aybike Ayfer Karadağ, Şerife Sayın

1-ISEM2016ID342 Polyester Matrisli Kompozit Özelliklerine Vitrikiye Seramik Sağlık Gereci Atık Miktarının Etkisi
Gökhan Açıkbaş, Hasan Göçmez

22-ISEM2016ID343 Statistical Evaluation of Repeatability Analyses of SIAION Production Process
Nurcan Çalış Açıkbaş, Gökhan Açıkbaş

19-ISEM2016ID345 Removal of natural organic matter in drinking water sources by carbon nanomaterials
Kadir Özdemir

13-ISEM2016ID346 ÇEVRE BİLİNCİ VE ÇEVRE DOSTU ÜRÜN BİLİNCİNE İLİŞKİN TUTUMLARIN İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ
Metin Saygılı, Aydın Özdemir, Ahmet Erhan Tanyeri, Caner Erden

4-ISEM2016ID347 Solar Photovoltaic Technology Status, Prospective and Challenges in Zambia: A review
Chilala K. Bowa, Mabvuto Mwnaza, Pretorius Jan-Ham, Sumbwanyambe M

2-ISEM2016ID348 Ultrasound ve Hidrojen peroksit ile Klebsiella pneumoniae Dezenfeksiyonu
Filiz Bayrakçı Karel, Fadime Karaer, Ali Savaş Koparal

18-ISEM2016ID349 Meslek Yüksek Okulu Öğrencilerinin Çevre Sorunlarına Bakışı
Halime Nur Sezer

1-ISEM2016ID350 Gümüşlü Nanopartiküllerin Aerobik Düzenli Depolama Sahalarında Davranışı
Süheyla Duran, Aliye Suna Erses Yay

19-ISEM2016ID351 Çevremizdeki Elektromanyetik Kirlilik ve Sağlığımıza Etkileri
Osman Çerezci, Şuayb Çağrı Yener

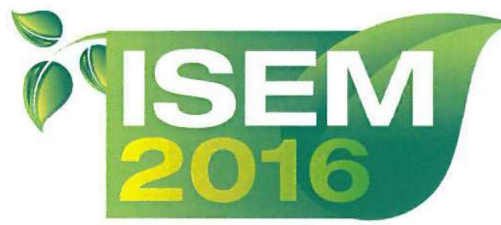
1-ISEM2016ID352 Kesikli-Aerobik, Hibrit ve Anaerobik Arıtma Yöntemlerinin Atık Yönetiminde Kullanılması
Pınar Toptaş, Aliye Suna Erses Yay

11-ISEM2016ID353 Çevresel Adalet açısından Genç ve Yaşlı
Ayşe Canatan

11-ISEM2016ID354 Ekonomik Büyüme Çevre Kirliliği İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezini Yeniden Değerlendirmek
Fatih Yardımcıoğlu, Fatih Savaşan

5-ISEM2016ID355 Zemin Stabilizasyonunda Uçucu Kül Kullanımı
Fatih Yılmaz

16-ISEM2016ID356 Construction of Bioparks on Devastated Land in Urban Areas
Zehrudin Osmanovic, Samira Huseinovic, Sanida Osmanovic, Semir Ahmetbegovic



ULUSLARARASI *çevre ve* 3RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
3^{ahlak} SEMPOZYUMU *environment and morality*

Certificate of Participation

This is to certify that
Dr. Gökhan Açıkbaş
Bilecik Seyh Edebali University

has participated in the
3rd International Symposium on Environment and Morality
04-06 NOVEMBER 2016, ALANYA, TURKEY

Prof. Dr. Ahmet ALP
ISEM 2016 SYMPOSIUM CHAIRMAN



TARİH 4/10/2016

FULL PAPER ACCEPTANCE LETTER

Paper ID: 343

Dear Nurcan Calis Acikbas and Gökhan Açıkbaş

We are glad to inform you that your full paper titled "Statistical Evaluation of Repeatability Analyses of SiAlON Production Process" has been evaluated by reviewers and accepted for *Oral Presentation* at the 3rd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENT AND MORALITY, ISEM2016 which will be held at Wome Deluxe Hotel Alanya, TURKEY between 4-6 November 2016. The full paper will be published in the ISEM 2016 Online Proceedings Book on condition that full payment must be paid until 21th of Oct, 2016.

If your full paper had not been prepared according the official symposium paper template for publication, you are kindly asked to upload the final corrected version of the paper through the EasyChair system.

If you have any question or need further information please do not hesitate to contact us preferably by e-mail, quoting your paper ID: 343 in all correspondence.

Yours sincerely,



Prof. Dr. Ahmet ALP

On behalf of the Organizing Committee
ISEM2016 Symposium Chair

isem2016@i-sem.info

www.i-sem.info

| | |
|---------------|-------|
| 12:45 – 14:30 | Lunch |
|---------------|-------|

| 05.11.16 | | 5. Parallel Session | 14:30 – 16:00 |
|---------------------------|--|---------------------|---|
| Hall A | Paper Title | | Authors |
| Chairman İbrahim Teğın | Constructed Wetlands as Low Cost Effective Methods for Grey wastewater Treatment in Rwanda | | Osman Sönmez Hussein Bizimana |
| | Kesikli-Aerobik, Hibrit ve Anaerobik Arıtma Yöntemlerinin Atık Yönetiminde Kullanılması | | Pınar Toptaş, Aliye Suna Erses Yay |
| | The Treatment of Synthetic Wastewater Contains Linear Alkyl Benzene Sulphonic Acid (LABSA) in Membrane Bioreactor (MBR) System | | Çaglayan Acikgoz, Kadir Özan, Ülküye Dudu Gül |
| | The Investigation of Removal of Remazol Red Dye using Aspergillus terreus | | Semra Malkoc |
| | Elimination of toxic organic dyestuffs by commercially anionic polymer | | Reyhan Ozdogan, Mithat Celebi |
| | The Removal of Cd from Aqueous Solution Using Sorbents Almont Shell Immobilized On Amberlite XAD-4 | | İbrahim Teğın, Selma Akdeniz |

| 05.11.16 | | 5. Parallel Session | 14:30 – 16:00 |
|------------------------------|---|---------------------|---|
| Hall B | Paper Title | | Authors |
| Chairman Muharrem Dügenci | Atıksu Arıtma Tesis Kontrolde Yapay Sinir Ağı İle Kirlilik Parametre Tahmini | | Ercan Öztemel Muharrem Dügenci |
| | Su Kalitesi İndeksinin Belirlenmesinde Uzman Bulanık Sistem Yaklaşımı | | Hatice Ercan Teksen, Ahmet Sermet Anagun |
| | Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (Canfis) Kullanılarak Taban Suyu Derinliğinin Belirlenmesi | | Cemile Dede, Bülent Şengörür, Emrah Doğan |
| | A Comparison of Perturb & Observe and Fuzzy-Logic Based MPPT Methods for Uniform Environment Conditions | | Ekrem Kandemir, Numan Sabit Çetin Selim Borekci |
| | SiAION Üretim Prosesinin Tekrar Edilebilirlik Analizlerinin İstatiksel Değerlendirilmesi | | Nurcan Calis Acikbas, Gökhan Açıkbaş |

ISEM2016

3rd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENT AND MORALITY
Wome Deluxe Hotel Alanya/Antalya TURKEY 4-6 NOV 2016



ISBN: 9786054735846



- » Homepage
- » Organizing Committee
- » Scientific Committee
- » Secretary
- » Papers
- » Conference Program
- » Proceeding Book

Organizing Institutions:

| | |
|--|-------|
| The Number of Participating Countries | : 8 |
| Accepted Papers | : 125 |
| Acceptance Rate | : 65% |
| The Number of Different Sessions | : 23 |

Published by Sakarya University

ISEM2016

3rd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENT AND MORALITY
Wome Deluxe Hotel Alanya/Antalya TURKEY 4-6 NOV 2016



ISBN: 9786054735846

- » [Homepage](#)
- » [Organizing Committee](#)
- » [Scientific Committee](#)
- » [Secretary](#)
- » [Papers](#)
- » [Conference Program](#)
- » [Proceeding Book](#)

Papers

1. Foreword
2. Index
3. Keynotes Speakers
4. Papers According to Topics

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | | | | | | |