

SIALON-TiN KESİCİ UÇLARIN AL₂O₃-SiC_w UÇLARA KARŞI SÜPER ALAŞIMLARIN İŞLENMESİNDE KESME PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Nurcan Çalış Açıkbaş¹, Ferhat Kara^{2,3}

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye

nurcan.acikbas@bilecik.edu.tr

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

fkara@anadolu.edu.tr

³MDA İleri Teknoloji Seramikleri San. Tic. Ltd. Şti. Eskişehir, Türkiye

* Sorumlu yazar

Özet

Bu çalışmada SiAlON-TiN kesici uçların pilot ölçekte üretimi yapılmıştır. Tasarlanan kompozisyon 75β:25α faz oranında, 0,7 z değerinde ve ağı. %17 TiN takviye fazı içermektedir. Kesici uçlar, azot gaz akışlı atmosfer kontrollü sinterleme fırınında 1620°C'de, 5 bar azot gaz akışı altında, 1 saat süre ile ön-sinterleme işlemi yapıldıktan sonra 1650°C'de, 70 bar azot gazı atmosferinde, 1 saat süre ile gaz basınçlı sinterleme fırınında sinterlenmiştir. Kesici uçların performans testi öncesinde tane sınır fazı kristalizasyonunu ve topaklanma davranışını iyileştirmek için 1700°C'de, 5 bar azot gaz basıncında, 2 saat süre ile ısıtma işlemi uygulanmıştır. Fiziko-mekanik özellikler Arşimed prensibi ve Vickers indantasyon metodu ile belirlenmiştir. Mikroyapı ve faz analizi, sırasıyla taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve X-ışını difraksiyonu yöntemi (XRD) ile yapılmıştır. Geliştirilen kesici uçların performans testleri süper alaşımların işlenmesinde, farklı test koşullarında TUSAŞ'ta gerçekleştirilmiştir. Kesici uçların aşınma profilleri optik mikroskopta incelenmiştir. Sonuç olarak, geliştirilen SiAlON-TiN kesici uçların, düşük kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinde ticari Al₂O₃-SiC_w kesici uçlardan daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur. Ancak, yüksek kesme hızlarında SiAlON-TiN kesici uçların, Al₂O₃-SiC_w kesici uçlar kadar iyi performans göstermediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesici Uçlar, SiAlON-TiN, Aşınma, Süper alaşım işleme

1. Giriş

Süper alaşımların işlenmesi zor olan malzeme grubuna girmektedirler. Süper alaşımların düşük özgül ısıları ve düşük ısı iletkenlikleri, sert karbür ve intermetalik fazların abraziv etkisi kesme işlemi esnasında yüksek mekanik ve termal gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle işleme esnasında yüksek sıcaklıklara ulaşılmaktadır [1-7].

Al₂O₃-SiC_w uçlar, süper alaşımların işlenmesinde mevcut halde en iyi performans gösteren malzemelerdir. Ancak, seri üretime uygun olmayan sıcak presleme tekniği ile üretildikleri ve iğnesel şekillerinden dolayı kanserojen oldukları için seri üretime uygun ve toksin olmayan SiAlON seramiklerine göre daha pahalıdır [8]. Al₂O₃-SiC_w kesici uçlar, günümüzde Greanleaf (Amerika) ve NTK (Japonya) firmaları tarafından havacılık sektörüne sunulmaktadır. SiAlON esaslı seramik kesici uçlar, Al₂O₃-SiC_w kompozit malzemesinin 1984 yılında keşfinden önce süper alaşım işlemede kullanılmışlardır. Ancak, o zamanki SiAlON bilimi ve teknolojisi çok gelişmediği için Al₂O₃-SiC_w performanslarından zayıf performans gösterdikleri için piyasada tutunamamışlardır. SiAlON bilimi ve teknolojisindeki son dönemlerde yaşanan gelişmeler sonrasında Sandvik (İsveç), TaeguTec (Kore) ve Kennametal (Amerika) firmaları süper alaşım işlemede kullanılmak üzere SiAlON seramiklerini piyasaya sürmüşlerdir. Ancak bu mevcut SiAlON kesici uçların süper alaşım işleme performansları hala Al₂O₃-SiC_w kesici uçlar kadar iyi değildir.

SiAlON seramiklerin kesici uç uygulamalarında kullanımı üzerine Eskişehir Anadolu Üniversitesi'nde de 1996 yılından bu yana çalışmalar yapılmaktadır. Öncelikle dökme demir işleme üzerine yoğunlaşan çalışmalar çok başarılı olmuş ve geliştirilen malzemeler US7064095B2 ve EP1414580B1 patentleriyle koruma altına alınmıştır. Özellikle Eskişehir bölgesinde yoğunlaşan havacılık şirketlerinde Al₂O₃-SiC_w uç kullanımının yüksek olması nedeniyle, SiAlON seramiklerinin süper alaşım işlemede kullanımı için de çalışmalar yapılmıştır. Mandal ve ark. tarafından ilk yapılan çalışmalarda SiAlON'un z değerinin kesme performansına etkisi araştırılmış ve sonuçlar Tablo 1'de verilmektedir [9]. Tablo 1'den görüldüğü üzere z değerinin kesme performansı üzerine etkisi yüksektir. Düşük z değerli (-0.25) malzemelerin tokluk gibi mekanik özellikleri yüksek olmasına rağmen, Inconel 718 malzemesiyle reaksiyona girdikleri için kimyasal aşınmadan dolayı ömürleri çok kısadır. Bu nedenle z değeri yüksek malzeme seçilmelidir. Ancak z değeri arttıkça da SiAlON kırılma hale gelmekte, bu durum hem aşınma hem de kırılma direncini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle z değeri yüksek (1.1) olan SiAlON düşük kesme hızlarında çok iyi performans gösterirken, yüksek kesme hızlarında Al₂O₃-SiC_w'in ancak % 60'ı kadar performans göstermektedir.

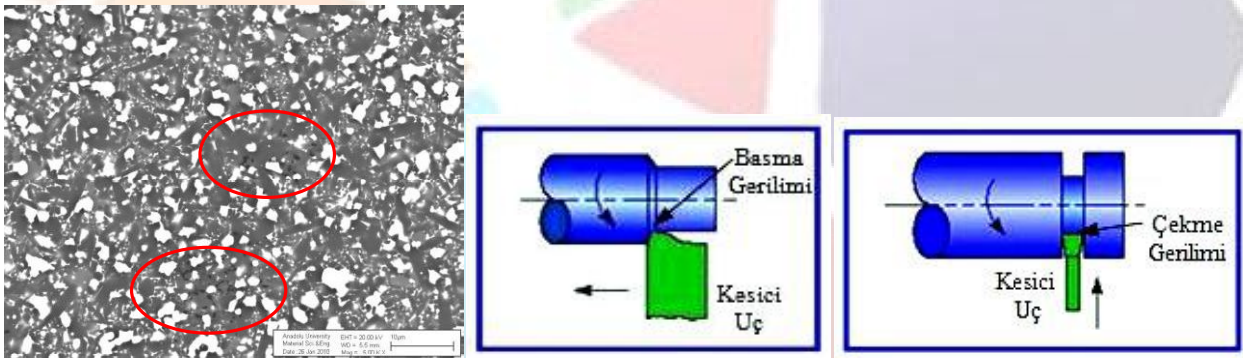


Tablo 1: Farklı koşullarda kesici uçların Inconel 718 işleme performansları [9]

Hız (m/min)	Besleme oranı (mm/devir)	Kesme derinliği (mm)	Kesici uç dayanımı (dakika)		
			WG300	MDA1 (z:1.1)	MDA3 (z:0.25)
150	0.125	1.5-3	8.97	8.98	3.18
230	0.125	1.5-3	6.28	3.65	1.70
250	0.125	1.5-3	3.30	2.73	0.72
270	0.125	1.5-3	3.75	2.36	0.43
150	0.150	1.5-3	7.45	7.60	3.03
230	0.150	1.5-3	5.17	3.08	1.15
250	0.150	1.5-3	3.36	2.48	0.68
270	0.100	1.5-3	3.45	2.23	0.67

Bu verilerden yola çıkılarak grubumuz tarafından hem kimyasal hem de mekanik dayanım açısından z değeri optimizasyonuna gidilmiş ve en son gelinen nokta kimyasal dayanım açısından z değeri 0.6 olan, %75 β -SiAlON-%25 α -SiAlON fazlarını içeren malzemenin süper alaşım işlemede tornalama uygulamalarında aşınma özelliklerinin $Al_2O_3-SiC_w$ 'e yakın olduğu ancak kanal açma operasyonlarında kırıldıkları Eskişehir'de yerleşik değişik havacılık firmalarında yapılan testlerde görülmüştür. Bu malzemenin kırılma dayanımını artırmak, termal iletkenliğini arttırmak ve aynı zamanda kimyasal direncini arttırmak için TiN ilavesi yapılmış ve iyi mekanik özelliklere ($K_{IC} \geq 5.5 \text{ MPam}^{1/2}$ ve $HV_{10} \geq 15 \text{ GPa}$) sahip HZN-TiN kodlu %75 β -SiAlON-%25 α -SiAlON matrisi içinde %17 TiN içeren kompozit malzeme geliştirilmiştir. Bu malzeme ile yapılan süper alaşım işleme denemelerinde torna ve kanal açma uygulamalarında $Al_2O_3-SiC_w$ ile aynı performansı gösterdiği ancak kanal açma uygulamalarında kısmen uç kırılmalarının olduğu görülmüştür. İşlenen süper alaşım parçaların yüksek maliyetlerinden (>25.000 Dolar) dolayı işleme sırasında kısmen de olsa uç kırılmaları işlenen parçaya zarar verdiğinden dolayı istenen bir durum değildir. Dolayısıyla, geliştirilen SiAlON seramiklerinin havacılık sektöründe kullanılabilmesi için kanal açma uygulamalarındaki kırılma sorunlarının giderilmesi gerekmektedir. Havacılık sektöründe kullanılan kesici uçların %70'i kanal açma %30'u torna uygulamalarında kullanılmaktadır.

Kırılma nedenlerine yönelik yapılan araştırmalarda HZN-TiN'in mikroyapısında 100-300 nm boyutunda gruplanmış gözeneklerin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 1a). Bu nedenle yapılan ilk çalışmada gözeneklerin giderilmesi çalışılmıştır [10]. Torna uygulamalarında kesici uç basma gerilmesi altında olduğundan dolayı bu hatalar kırılmalara neden olmazken, kanal açma uygulamalarında uç eğme gerilmesi (yani çekme gerilmesi) altında olduğundan kırılmalar görülmektedir (Şekil 1b,c). 100-300 nm boyutunda gözeneklerin mukavemeti çok etkilemediği düşünülebilir ancak bu gözeneklerin Şekil 1'de görüldüğü gibi yakın bölgelerle ağ (network) oluşturması sonucu kendi boyutlarından çok daha büyük kritik hata boyutuna ulaştıkları düşünülmektedir.



Şekil 1: (a) HZN-TiN malzemelerinin mikroyapısı, (b) Torna ve (c) kanal açma operasyonlarında kesici ucun maruz kaldığı gerilmeler

Diğer taraftan bu kompozit malzemenin performansını daha da arttırmak mümkündür. Bilindiği üzere SiAlON seramikler kovalent bağlı malzemeler olduklarından sıvı faz yardımıyla sinterlenmekte ve bu sıvı faz sinterleme sonrasında taneler arasında kalarak ergime sıcaklığı matris faza göre düşük tane sınır fazı içeren bölgeler oluşmaktadır [11]. İşleme esnasında, kesici ucun yüksek sıcaklık sertliği aşınma için önemli olduğundan, tane sınır fazının kristalleştirilmesi yoluyla yüksek sıcaklık sertliğinin artırılması aşınma direncini artırabilir. Ayrıca, tane sınır fazının uygun ısı işlemlerle topaklanması sağlanarak yüzey alanını da azaltmak mümkündür. Tane sınır fazının kristalizasyonunun ve topaklanmasının aşınma performansı üzerinde olumlu etki yarattığı dökme demir üzerine tarafımızdan düşük z değerli SiAlON üzerine yapılan çalışmada görülmüştür [7]. Bu konuda yapılan çalışmalarda tarafımızdan literatüre SiAlON seramiklerinde z değerine bağlı olarak tane sınır fazının kristalizasyonu ve topaklanması üzerine yeni bilgi de kazandırılmıştır [12].



Gerçekleştirilen çalışmada, z değeri ~ 0.7 olan, $25\alpha:75\beta$ faz oranlarında tasarlanmış SiAlON-TiN kompozitleri pilot ölçekte üretilerek kesici uç şeklinde şekillendirilerek daha önceden tespit edilen sinterleme koşullarında nano-boyutlu gözenek içermeyecek şekilde üretilmiş ve sinterleme sonrası tane sınır fazının kristalizasyonunu ve topaklanma eğilimini iyileştirmek için ısıtma işlemi uygulanmıştır. Üretilen kesici uçlar, ticari $Al_2O_3-SiC_w$ kesici uçlarla birlikte aynı anda TUSAŞ'ta farklı parametrelerde süper alaşımların işlenmesinde test edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Kesici Ucun Pilot Ölçekte Üretimi

Yapılan çalışmada reaktivitesi yüksek diimide metoduyla üretilen UBE $\alpha-Si_3N_4$ tozu (UBE-SN E-10, UBE Industries Ltd., Tokyo, Japonya, $d_{50}: 0,55\pm 0,1\mu m$) kullanılmıştır. SiAlON fazını geliştirmek ve mikroyapıyı modifiye etmek için Al_2O_3 (Alcoa, A16SG Pittsburgh, Amerika), AlN (H Type, Tokuyama Corp., Japonya), Sm_2O_3 (Stanford Materials Corp., Amerika), Y_2O_3 (H.C. Starck Berlin, Almanya), $CaCO_3$ (Reidel-de Haen, Almanya) başlangıç tozları kullanılmıştır. SiAlON seramiklerinin kimyasal dayanımları süper alaşımların işlenmesinde yetersiz kaldığı için TiN ($d_{50}: 3\mu m$, H.C. Starck Berlin, Almanya) ikincil takviye elemanı olarak kullanılmıştır.

$Y_2O_3-Sm_2O_3-CaO$ kation sisteminde, %75 $\beta-SiAlON$ - %25 $\alpha-SiAlON$ fazlarını içeren, %17 TiN ilaveli, 0.7 z değerinde, kompozisyon tasarlanmıştır. Tane sınır fazı miktarı kesici ucun yüksek sıcaklık özelliğini etkilediğinden kompozisyon tasarımında tane sınır fazı miktarı % 1.5 mol olacak şekilde seçilmiştir.

Pilot ölçekli toz üretimi MDA İleri Teknoloji Seramikleri San. Tic. ve Ltd. Şirketi'nde yapılmıştır. Pilot ölçekte üretime dair detaylar diğer makalemizde detaylıca açıklanmıştır [10]. Performans testleri yapılmak üzere kesici uçlar otomatik presle ISO standartlarındaki geometrisini ifade eden RNGN formunda şekillendirilmiştir. Preslenen granülden üretilmiş kesici uçlar azot/argon atmosferinde bağlayıcı giderme işlemine tabi tutulmuştur. Başlangıçta SiAlON-TiN kompozit kesici uçların üretiminde daha önceden bahsettiğim üzere gözeneklilik problemi yaşanmaktaydı. Gözeneklilik problemini gidermek amacıyla farklı yöntemler uygulanmış ve sonuçta gözenek giderimi ve çatlama konusunda %100 başarıya ulaşılmıştır [10]. Çalışmalar neticesinde gözeneklerin sebebinin SiAlON-TiN kompozisyonunun hızlı sinterleşme davranışından kaynaklandığı tespit edilmiştir. TiN tozunun çamur hazırlama esnasında son aşamada katılması ve ön sinterleme işleminin $1620^\circ C$, 5 bar, 1 saat, sinterleme işleminin $1650^\circ C$, 70 bar, 1 saat (GPS) süre ile yapılmasıyla çatlama ve gözeneklilik problemi tamamen giderilmiştir. TiN'ün dış yüzeyinde TiO_2 tabakası mevcuttur. TiO_2 fazının literatürde de sinterleşmeyi kolaylaştırdığı bildirilmiştir. Hızlı sinterleşme davranışı nedeniyle sinterlenen kesici ucun dış kısımda kabuk oluşumu gerçekleşip, kalın olan iç kısmın sinterlenmesi daha uzun zaman aldığı için TiO_2 ve SiO gazlarının ortamdan çıkması zorlaşmaktadır. Bu nedenle gazlar iç kısımda gözenek oluşumuna neden olmaktadır. Bu durumu önlemek için sürekli gaz akışı olan fırın atmosferinde yavaş ısıtma hızlarıyla ön sinterleme işlemi yapılmış ve böylece hem dış yüzeyde kabuk oluşumu engellenip hem de iç kısımdaki gazların ortamdan kolayca uzaklaşması sağlanmıştır. Sinterleme sonrasında tane sınır fazı topaklanma davranışını iyileştirmek ve tane sınır fazı kristalizasyonunu arttırmak amacıyla kesici uçlara $1700^\circ C$ 'de 2 saat 5 bar azot gaz basıncı altında ısıtma işlemi uygulanmıştır. Kesici uçların taşıma işlemi Eskişehir'de yerleşik ve havacılık sektörüne hizmet veren TEI Tusaş Motor Sanayii A.Ş firmasında yapılmıştır. Sinterleme işleminden sonra elde edilen kesici uçların süper alaşımların işlenmesinde en yaygın kullanılan geometride yüzey işlemleri yapılmıştır. Şekil 2'de endüstriyel standartlara göre üretilmiş test edilen kesici uçlar verilmektedir.

Şekil 2: (a) RNGN formundaki süper alaşımların işlenmesinde kullanılan SiAlON-TiN kesici uçlar

2.2. Karakterizasyon

2.2.1. Yoğunluk Ölçümü

Sinterlenen numunelerin yığınsal yoğunluk ölçümü Arşimet, su ile yer değiştirme prensibine göre yapılmıştır. Bu prensibe göre, bir maddenin sıvı içindeki ağırlığı, o maddenin kuru ağırlığı ile batmaya karşı gösterdiği direnç kuvvetinin farkına eşittir. Arşimet prensibiyle yoğunluk ölçümü için, sinterlenen numunelerin kuru ağırlıkları (W_1) alınıp, gözeneklerin içinde kalan havanın uzaklaştırılması için yaklaşık 4 saat kaynatıldıktan sonra, askıdaki ağırlıkları (W_2) ölçülmüş, sonrasında sıvı sızdırılmış haldeki ağırlıkları (W_3) ölçülerek aşağıdaki denkleme göre yığınsal yoğunluk hesaplamaları yapılmıştır (psu: suyun özkütlesi).



$$\text{Yığımsal Yoğunluk} = \frac{W_1}{W_3 - W_2} \times \rho_{su} \quad (2.1)$$

2.2.2. Faz Analizi

Panalytical Empyrean model X-ışınları cihazı yardımıyla $\text{CuK}\alpha$ ışınması kullanılarak sinterlenmiş ve ısıl işlem görmüş malzemelerin faz analizi yapılmıştır. Ortalama $\alpha:\beta$ miktarları, $\alpha\text{-SiAlON}$ için (102) ve (210) düzlemlerinden elde edilen yansıma pik şiddetleri ve $\beta\text{-SiAlON}$ için (101) ve (210) düzlemlerinden elde edilen şiddetler kullanılarak Eşitlik 2.2 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\frac{I_\beta}{I_\beta + I_\alpha} = \frac{1}{1 + K[(1/w_\beta) - 1]} \quad (2.2)$$

$\beta\text{-Si}_6\text{-zAl}_2\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ 'un z (katı çözünürlük) değeri z_a ve z_c değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde a ve c, $\beta\text{-SiAlON}$ 'un hesaplanan birim hücre boyutlarını ifade eder. Hesaplamalarda $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ 'ün a ve c boyutları (a=7.6044 ve c=2.9075) referans olarak alınmıştır.

$$z_a = \frac{a - 7.6044}{0.031} \quad (2.3)$$

$$z_c = \frac{c - 2.9075}{0.026} \quad (2.4)$$

2.2.3. Mikroyapı Karakterizasyonu

Sinterlenmiş numuneler, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile mikroyapısal analiz için arakesitleri parlatılmıştır. Parlatma işleminde ilk aşama numunelerin sıcak kalıplama tekniği kullanılarak bakalit malzeme ile kalıba alınmasıdır. Asıl parlatma işlemi Struers marka otomatik parlatma cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Yüzeyi parlatılmış numuneler için 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 40 VP marka taramalı elektron mikroskobu ile geri yansıyan elektron görüntüleri alınmıştır.

2.2.4. Sertlik ve Kırılma Tokluğu Ölçümü

Kesit yüzeyleri parlatılmış olan numunelerin sertlikleri Vikers indentasyon sertlik ölçme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemde göre numune yüzeyine 10 kg yük 10 sn süreyle uygulanarak kırılma tokluğu değerlerine ulaşılmıştır. Her bir numuneden 5'er adet ölçüm alınmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen izlerin ve oluşan çatlakların boyutları 2.5 ve 2.6 formülleri kullanılarak malzemelerin Vickers sertlik değeri ile Palmqvist eşitliği kullanılarak kırılma tokluğu değerleri hesaplanmıştır.

$$HV = \frac{0.47 \times F}{a^2} \quad (2.5)$$

$$K_{IC} = 0.018 * HV * a^{0.5} * (E/HV)^{0.4} * (c/a - 1)^{-0.5} \quad (c/a < 3.5 \text{ ve } l/a < 2.5 \text{ için}) \quad (2.6)$$

Yukarıdaki eşitliklerde F : uygulanan yük (kg), E: elastiklik modülü (GPa), a : izin köşegen uzunluğunun yarısı (μm), c : çatlak uzunluğunu (μm) ifade etmektedir.

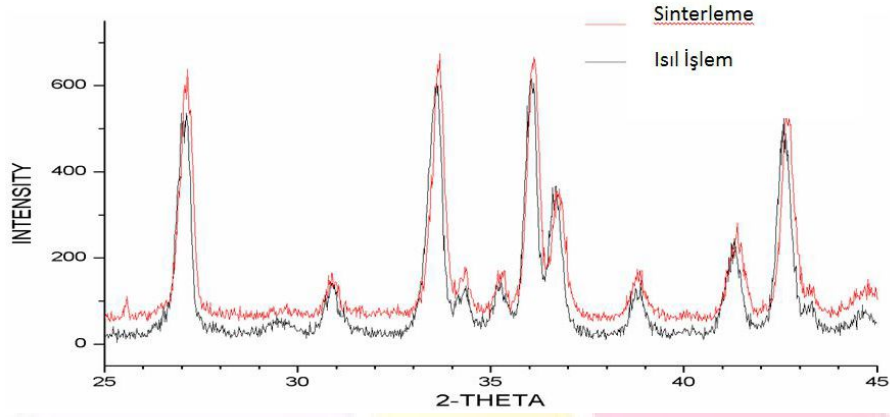
2.2.5. Süper Alaşım İşleme Testleri

Yeni geliştirilen kesici uçların performans testleri TEI Tusaş Motor Sanayii A.Ş firmasında en yaygın kullanılan nikel esaslı Inconel 718 alaşımından üretilen bir uçak motoru parçasının endüstriyel koşullarda $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiCw}$ malzemesi ile dönüşümlü olarak CNC (computer numerical control) işleme cihazında işlenmesiyle yapılmıştır. Kesme işlemi sonrasında kesici uçlarda meydana gelen aşınmalar optik mikroskop ile karakterize edilmiş ve aşınma derinlikleri hesaplanmıştır.

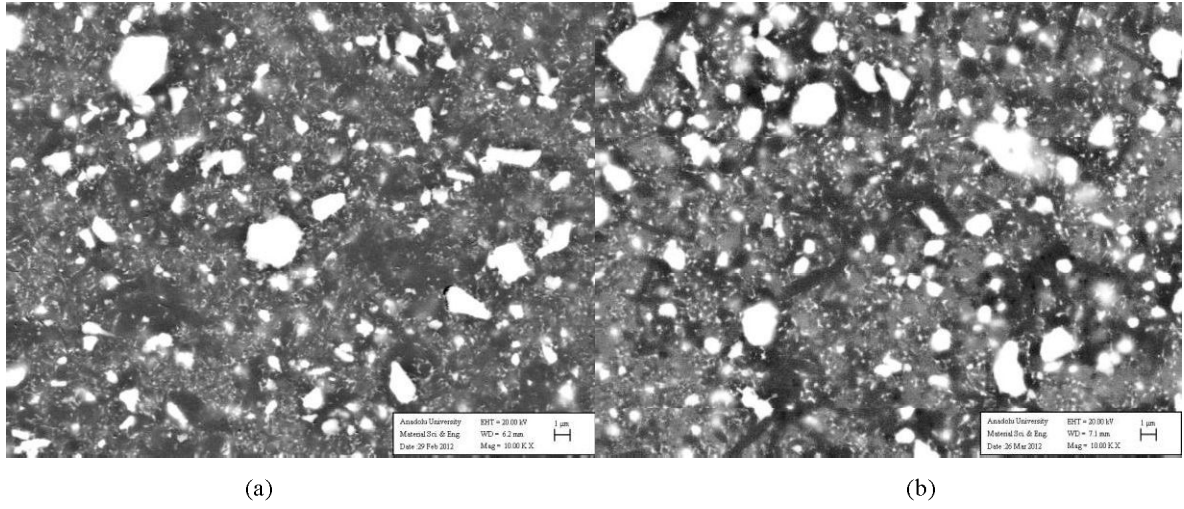
3. Bulgular ve Tartışma

TiN tozunun çamur hazırlama esnasında son aşamada katılması ve ön sinterleme işleminin 1620°C , 5 bar, 1 saat, sinterleme işleminin 1650°C , 70 bar, 1 saat (GPS) süre ile yapılmasıyla çatlama ve gözeneklilik problemi tamamen giderilmiştir. Arşimed prensibiyle yoğunluk ölçümü sonucunda kesici uçların 3.48 g/cm^3 bulk yoğunluğunda, %0.1 açık porozitede olduğu bulunmuştur. Faz analizleri neticesinde başlangıçta hedeflenen faz oranlarına neredeyse ulaşılmış ve numunelerin $22\alpha : 78\beta$ faz oranlarında olduğu ve 0.68 katı çözünürlük değeri tespit edilmiştir. Kesici uç olarak kullanılmak üzere standartlara uygun yeterli sertlik $16.01 \pm 0.07 \text{ GPa}$ ve kırılma tokluğu $5.75 \pm 0.48 \text{ MPam}^{1/2}$ değerlerine sahip malzemeler üretilmiştir. Numunelere ait (sinterlenmiş ve ısıl işlem görmüş) sonrasında faz analizi grafiği Şekil 3'de verilmektedir. Sinterleme ve ısıl işlem sonrasında az miktarda melilit kristalizasyonu gözlenmiştir. Isıl işlem ile birlikte tane sınır fazı topaklanma davranışının bir miktar iyileştiği gözlenmiştir (Şekil 4). Başlangıçta tasarlanan kompozisyonda tane sınır fazı miktarı az (1.5 mol) seçildiği için, tane sınır fazı kristalizasyonu ve topaklanma derecesi fazla değildir [13,14].





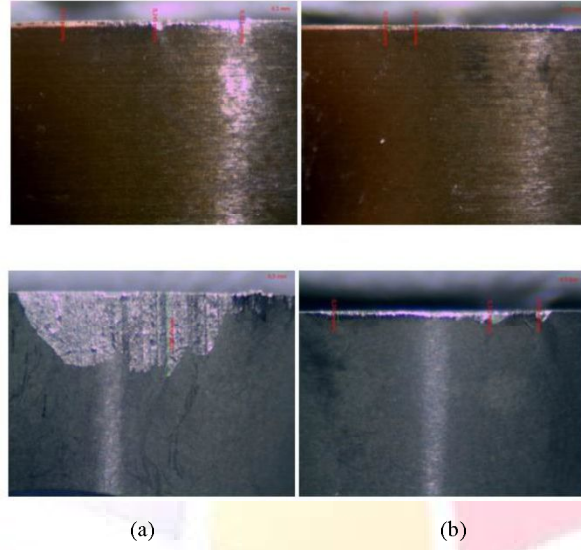
Şekil 3: Sinterlenmiş ve ısıtılmış malzemelerin XRD spektrumu



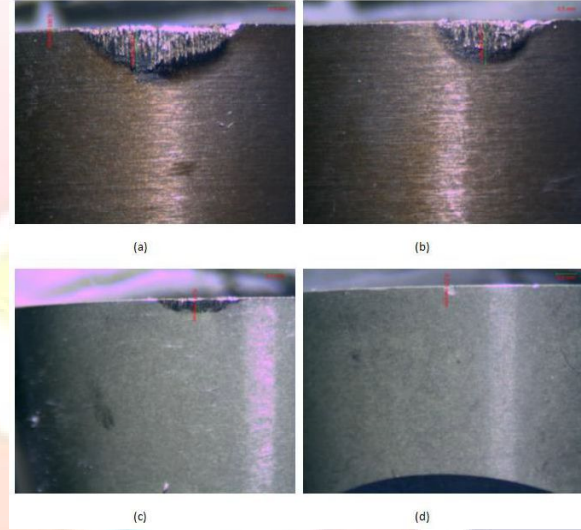
Şekil 4: (a) Sinterlenmiş , (b) Isıl işlem görmüş YZ7 kodlu malzemenin temsili mikroyapı görüntüleri

Şişme problemi giderilmiş RNGN şeklindeki kesici uçlar Inconel 718 süper alaşımının işlenmesinde farklı koşullarda TEI'da test edilmiş ve ticari WG300 kodlu $Al_2O_3-SiC_w$ kesici uçlar ile performansları karşılaştırılmış, aşınmış yüzeyler incelenmiştir. Test için her iki malzemeden 2'şer adet kesici uç kullanılmıştır. Kesme hızı: 198 m/dk, ilerleme hızı: 0.125 mm/devir, kesme derinliği: 0.375 mm, parçanın çapı: 889-914 mm koşullarında YZ7 malzemesi ticari kesici uca göre daha az aşınmıştır (Şekil 5). Test koşulları değiştirilip kesme hızı: 230 m/dk, ilerleme hızı: 0.275 mm/devir, kesme derinliği: 1.25 mm, parçanın çapı: 152-167 mm koşullarında yani daha şiddetli kesme koşullarında YZ7 malzemesi ticari kesici uca göre daha fazla aşınmıştır (Şekil 6). Kesme hızı daha da artırıldığında kesme hızı: 244 m/dk, ilerleme hızı: 0.15 mm/devir, kesme derinliği: 1.25 mm koşullarında yani daha şiddetli kesme koşullarında YZ7 malzemesi ticari kesici uca göre daha fazla aşınmıştır (Şekil 7). Farklı koşullarında yapılan aşınma testleri sonrası kesici uçların yan kenar aşınma profilleri incelenmiş ve aşınma derinlikleri Tablo 2'de verilmiştir. Sonuç olarak geliştirilen malzemenin düşük kesme hızı, ilerleme (besleme) hızı ve kesme derinliğinde ticari uçtan daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Kesme koşullarının zorlaşması/hızlanmasıyla ticari ucun aşınma oranı YZ7 malzemesine göre daha azdır.

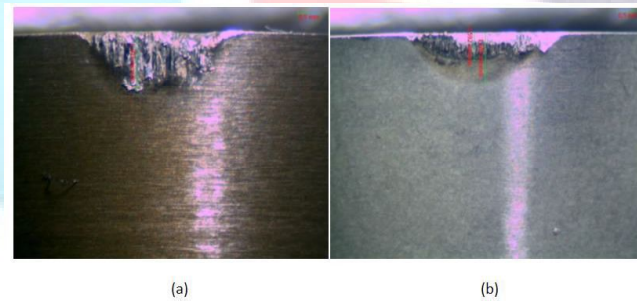




Şekil 5: Kesme işlemi sonrasında aşınmış yüzeylerin görüntüleri (a,b) YZ7, (c,d) WG300 (Kesme hızı: 198 m/dk, ilerleme hızı: 0.125 mm/devir, kesme derinliği: 0.375 mm, parçanın çapı: 889-914 mm koşullarında)



Şekil 6: Kesme işlemi sonrasında aşınmış yüzeylerin görüntüleri (a,b) YZ7, (c,d) WG300 (Kesme hızı: 230 m/dk, ilerleme hızı: 0.275 mm/devir, kesme derinliği: 1.25 mm, parçanın çapı: 152-167 mm)



Şekil 7: Kesme işlemi sonrasında aşınmış yüzeylerin görüntüleri (a,b) YZ7, (c,d) WG300 (kesme hızı: 244 m/dk, ilerleme hızı: 0.15 mm/devir, kesme derinliği: 1.25 mm)

Tablo 2: Farklı koşullarda ticari WG300 ve YZ7 kesici uçlarının Inconel 718 işleme performansları

Hız (m/min)	Besleme oranı (mm/devir)	Kesme derinliği (mm)	Kesici uç aşınma derinliği (mikron)	
			WG300	YZ7
198	0.125	0.375	0.72	0.20
230	0.275	1.250	0.30	1.15
244	0.150	1.250	0.84	1.30

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada ülkemizde henüz ticari olarak üretimi yapılmayan gözenekleri tamamen giderilmiş YZ7 kodlu RNGN formunda SiAlON-TiN kompozit kesici uçlar tarafımızdan pilot ölçekte üretilmiş ve çalışmada hedeflenen α : β -SiAlON faz oranlarına ve z değerine ulaşılmıştır. Endüstri standartlarına uygun yeterli sertlik (15-17 GPa) ve kırılma tokluğu (6-8 MPam^{1/2}) değerlerine sahip kesici uç malzemesi elde edilmiştir. YZ7 malzemesi sinterleme ve ısıl işlem sonrasında kristal tane sınır fazı miktarı az olan ve zayıf tane sınır fazı topraklanma davranışı gösteren bir malzemedir. Geliştirilen SiAlON-TiN kesici uçlar, süper alaşımların işlenmesinde kullanılmış ve düşük kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinde ticari Al₂O₃-SiC_w kesici uçlardan daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur. Ancak, yüksek kesme hızlarında SiAlON-TiN kesici uçların, Al₂O₃-SiC_w kesici uçlar kadar iyi performans göstermediği tespit edilmiştir.

Teşekkür: Bu çalışma TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu tarafından 110M727 nolu proje ile desteklenmiştir (Yürütücü. : Nurcan Çaliş Açıkbaz). Endüstriyel üretimde destek veren MDA İleri Teknoloji Seramikleri firması çalışanlarına ve süper alaşım işleme performans testlerinin gerçekleştirildiği TUSAŞ'a teşekkür ederiz.

5. Kaynakça

1. Ezugwu, E. O., Wang, Z. M., & Machado, A. R. (1999). The machinability of nickel-based alloys: a review. Journal of Materials Processing Technology, 86(1-3), 1-16.
2. Ross, E., & Sims, W. (1987). Superalloys II John Wiley & Sons. Sims, Stoloff and Hagel Eds, 111.
3. Ezugwu, E. O. (2005). Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 45(12-13), 1353-1367.
4. Donachie, M. J., & Donachie, S. J. (2002). Superalloys: a technical guide. ASM international.
5. Choudhury, I. A., & El-Baradie, M. A. (1998). Machinability of nickel-base super alloys: a general review. Journal of Materials Processing Technology, 77(1-3), 278-284.
6. Zhu, D., Zhang, X., & Ding, H. (2013). Tool wear characteristics in machining of nickel-based superalloys. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 64, 60-77.
7. Kara, F., Mandal, H., Turan, S., Kara, A., & Acikbas, C. N. (2008). Development strategies for SiAlON ceramics. In 2nd International Congress on Ceramics.
8. Whitney, E. D. (2012). Ceramic cutting tools: materials, development and performance. William Andrew.
9. Mandal, H., Kara, F., Turan, S., & Kara, A. (2003). Novel SiAlON ceramics for cutting tool applications. In Key Engineering Materials (Vol. 237, pp. 193-202). Trans Tech Publications.
10. AÇIKBAŞ, N. Ç., & Ferhat, K. A. R. A. (2018). ENDÜSTRİYEL SIALON-TiN KESİCİ UÇ ÜRETİMİNDE PROSES KOŞULLARININ ETKİSİ. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(4), 716-724.
11. Açıkbaz, N. Ç. SiAlON SERAMİKLERİNİN SİNERLEME DAVRANIŞI VE MİKROYAPI GELİŞİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (039), 31-42.
12. Acikbas, N. C., & Kara, F. (2017). The effect of z value on intergranular phase crystallization of α / β -SiAlON-TiN composites. Journal of the European Ceramic Society, 37(3), 923-930.
13. Acikbas, N. C., Kumar, R., Kara, F., Mandal, H., & Basu, B. (2011). Influence of β -Si₃N₄ particle size and heat treatment on microstructural evolution of α : β -SiAlON ceramics. Journal of the European Ceramic Society, 31(4), 629-635.
14. Acikbas, N. C., Yurdakul, H., Mandal, H., Kara, F., Turan, S., Kara, A., & Bitterlich, B. (2012). Effect of sintering conditions and heat treatment on the properties, microstructure and machining performance of α - β -SiAlON ceramics. Journal of the European Ceramic Society, 32(7), 1321-1327.



**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

Umut SARAY
e-mail: 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 Nevludov	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 Memci	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 Özhanç	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 Lütfi 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. İnayet 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 Ögüt 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 7**Hall Name:** Meeting Hall 4**Meeting Hall Chairman :** Prof. Dr. Nurcan Çalış Açıkbaz**Meeting Hall Vice-Chairman:** PhD. Canan Başlak

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	Investigation of Geotechnical Characteristics of Soils of the Iğın (Konya,Turkey) Settlement Area	M. Tahir Nalbantçılar, Nagihan Özlen	Nagihan Özlen	Nagihan Özlen
14:45 - 15:00	Karaisalı (Adana) Bölgesindeki Kireçtaşlarının Fiziksel Özellikleri	Betül Zehra Karpuz, Adnan Döyen	Betül Zehra Karpuz	Betül Zehra Karpuz
15:00 - 15:15	ANN Models for Estimation Heat Transfer and Flow Characteristics of a Tube with Modified Twisted Tapes	Aslı Durmuşoğlu, Sibel Güneş, Emrah Özaşır	Sibel Güneş	Aslı Durmuşoğlu
15:15 - 15:30	Investigation of Hydrophobic Coating Properties Used on the Surface of Ceramic Interior Wall Tiles	Gökhan Açıkbaz, Nurcan Çalış Açıkbaz	Gökhan Açıkbaz	Gökhan Açıkbaz
15:30 - 15:45	Comparison Performance of SiAlON-TiN Inserts Against Al ₂ O ₃ -SiC _w Inserts in the Machining of Superalloys	Nurcan Çalış Açıkbaz, Ferhat Kara	Nurcan Çalış Açıkbaz	Nurcan Çalış Açıkbaz

Coffee Break

Session 8**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Assoc. Prof. Dr. Alaattin Kaçal**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	Application of Fiber Metal Laminated Composite on Wind Turbine Blade	Tevfik Mızrak, Alaattin Kaçal, Ferhat Yıldırım	Alaattin Kaçal	Tevfik Mızrak
16:15 - 16:30	Investigation of the Effect of Bronze Powder and Rubber Dust Extension on the Properties of Density, Hardness, Wear Rate and Friction Coefficient of Brake Pads	Sait Aras, Necmettin Tarakçıoğlu	Sait Aras	Sait Aras
16:30 - 16:45	Effect of Ice Thermal Energy Storage System on Cooling Cost in a School Building	Dogan Erdemir, Merve Bulut	Dogan Erdemir	Dogan Erdemir
16:45 - 17:00	Experimental Investigation of the Effect of Paraffin Placing in Cylindrical Capsules Inside a Vertical Mantled Hot Water Tank	Dogan Erdemir, Buket Turgut, Needet Altıntop	Dogan Erdemir	Dogan Erdemir
17:00 - 17:15	The Effects of Induction Coil Design on Heating, Sintering and Welding Processes	Ugur Cavdar	Ugur Cavdar	Ugur Cavdar
17:15 - 17:30	Emergency Action Plan for Universities	Ugur Cavdar	Ugur Cavdar	Ugur Cavdar

