

Al MATRİSLİ MgO TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMELERİN TORNALANMASINDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

Muharrem PUL¹, Recep ÇALIN², Ramazan ÇITAK³, Ulvi ŞEKER⁴

¹ Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, TÜRKİYE

² Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme ve Metalurji Müh. Böl. Kırıkkale, TÜRKİYE

³ Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

⁴ Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

mpul61@hotmail.com, receptcalin@hotmail.com, citak@gazi.edu.tr, useker@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 18.03.2010; Kabul/Accepted: 24.09.2010)

ÖZET

Bu çalışmada, % 5, % 10 ve % 15 takviye- hacim oranlarındaki Al/MgO kompozitler vakumlu infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş ve mikroyapıları incelenmiştir. Daha sonra, üretilen bu metal matrisli kompozit (MMK) malzemeler, sementit karbür (SK), kübik bor nitrid (KBN) ve kaplamalı kübik bor nitrid (KBN K) olmak üzere üç ayrı kesici takım ile torna tezgahında işlenmişlerdir. İşlenen kompozit numunelerin yüzey pürüzlülükleri ölçülerek ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri, kesme hızının artmasıyla azalma eğilimi gösterirken, ilerlemenin artmasıyla yükselme eğilimi göstermiştir. Bütün işlemlerde en yüksek pürüzlülük değerleri 150 m/min kesme hızında elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü açısından en kötü işlenebilirliğe sahip numune % 15 MgO takviyeli numune olarak belirlenmiştir. % 5 ve % 10 MgO takviyeli numunelerde en iyi yüzey kalitesi SK kesici takımlarda elde edilirken, % 15 MgO takviyeli numunelerde ve yüksek ilerleme değerlerinde KBN K takımlardan daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kompozit malzeme, İnfiltrasyon, Tornalama, Yüzey pürüzlülüğü.

AN INVESTIGATION OF SURFACE QUALITY OF TURNING IN Al MATRIX MgO REINFORCED COMPOSITE MATERIALS

ABSTRACT

In this study; Al/MgO composites having 5 %, 10 %, 15 % volume fraction of reinforcement are produced by vacuum infiltration method and microstructure of composites are determined. Produced materials of metal matrix composite (MMC) machined with uncoated cemented carbide (WC), cubic boron nitride (CBN) and coated cubic boron nitride (CBN-C) cutting tools. The average surface roughness values (Ra) are determined by measuring surface roughnesses of composite samples. Ra values showed tendency to decrease by increasing cutting rate but it has proportionality with raising feed rates. The maximum roughness value is obtained at the cutting speed of 150 rev/min. It was observed that the most rough sample is 15 % MgO reinforced sample. In terms of surface roughness 15 % MgO reinforced material is determined as the worst machinable sample. The best surface quality is obtained with WC cutting tool while machining 5 % and 10 % MgO reinforced samples and the best results are obtained 15 % MgO reinforced samples with CBN-C tools at high feed rates.

Keywords: Composite materials, Infiltration, Turning, Surface roughness.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kompozit malzemelerin düşük yoğunluğa karşı sergiledikleri mükemmel dayanım özellikleri, farklı

birleşim ve geometrilerde üretilibilmeleri, yorulma, tokluk, yüksek sıcaklık, oksitlenme ve aşınma dayanımlarının yüksek olması nedeniyle demiryolu, otomotiv, denizcilik, havacılık, tıp, uzay ve spor gibi

endüstriyel alanlarda gün geçtikçe kullanımları artmaktadır [1]. Kompozit malzemelerin üretiminde bütün mühendislik malzemeleri yaygın olarak kullanılmakta ve farklı takviye elemanları ile üretilen metal matrisli kompozitlerin, ticari olarak kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla araştırmalar yapılmaktadır.

Alüminyum, magnezyum, silisyum ve alaşımları, Metal Matrisli Kompozit (MMK) üretiminde, hafif ve sünek olmalarından dolayı en çok kullanılan matris malzemeleridir. Alüminyum matrisli kompozitlerin üretilmesinde SiC, Al₂O₃, C, SiO₂ ve MgO gibi farklı takviye elemanları kullanılmaktadır. MMK'ler katı ve sıvı hal işlemleri uygulanarak birçok farklı yöntemle üretilirler. Bu yöntemler; toz metalurjisi, sıcak haddeleme, difüzyonla birleştirme gibi katı hal işlemleri ve infiltrasyon, basınçlı döküm, sıkıştırılmalı döküm, karıştırılmalı döküm ve püskürtme çökmesi gibi sıvı hal işlemleridir [2]. İnfiltrasyon yöntemi, ileri teknoloji ve pahalı gereçlere ihtiyaç duymayan oldukça ekonomik bir yöntemdir [3]. MMK'lerde özellikle alüminyum matrisli kompozitlerin üretilmesinde sıvı hal işlemlerinden infiltrasyon yöntemi birçok uygulamada kullanılmaktadır [4,5].

Bu çalışmanın birinci bölümünde, Al/MgO kompozitlerinin vakumlu infiltrasyon yöntemiyle üretilmesi gerçekleştirilmiş olup, takviye-hacim oranı (T-H), sıvı metal sıcaklığı, vakum değeri ve infiltrasyon süresi, üretim parametreleri belirlenmiştir. Üretimi yapılan MMK malzemelerin mikroyapıları taramalı elektron mikroskopunda (SEM), Al matris içerisindeki MgO parçacıklarının dağılımı incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, üretimi gerçekleştirilen MMK malzemeler torna tezgahında bir dizi işleme deneyine tabi tutulmuştur. İşleme deneylerinde, % 5,

% 10 ve % 15 T-H oranlarında üretilen Al/MgO kompozit malzemeler kullanılmıştır. İşlenebilirlik deneylerinde, SK, KBN ve KBN K olmak üzere üç ayrı kesici takım kullanılmıştır. Bu deneyler, kuru kesme şartlarında, dört ayrı kesme hızında, üç farklı ilerlemede ve sabit kesme derinliğinde gerçekleştirilmiştir. İşlemesi tamamlanan bütün yüzeylere ait pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. İşleme deneylerine ait sonuçlar, üretimi yapılmış olan üç farklı takviye hacim oranındaki MMK malzemeye göre, yüzey pürüzlülükleri yönünden değerlendirilmiştir.

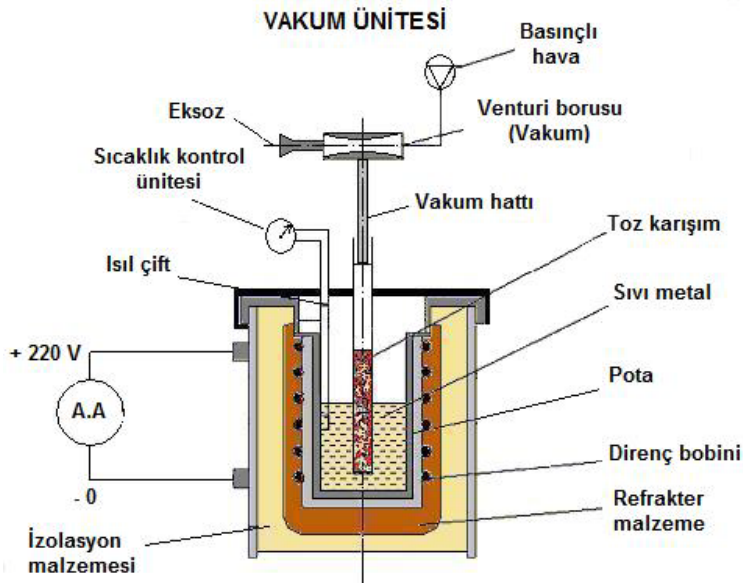
2. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL)

2.1. Deney numunelerinin üretimi

(Production of test specimens)

Sıvı matris malzemesi olarak, % 99,7 saflığında (ETİAL 7) Al alaşımı kullanılmıştır. İnfiltrasyon işleminde boru içerisine doldurulan Al parçacıkları da sıvı matris malzemesi ile aynı kimyasal bileşimde olup, 149 µm - 210 µm arasında tane büyüklüğünde ve keskin köşeli parçacıklardan meydana gelmiştir. Takviye elemanı olarak, 149 µm ve 210 µm tane büyüklüğüne sahip magnezya (MgO) parçacıkları kullanılmıştır.

Vakumlu infiltrasyon yöntemi ile MMK üretiminde kullanılacak olan Al ve MgO parçacıkları, % 5, % 10 ve % 15 T-H oranı oluşturacak şekilde karıştırılmıştır. Vakumlu infiltrasyon deneyinde, 30 mm çapında, AISI 304 kalitesinde paslanmaz çelik boru kullanılmıştır. % 5, % 10 ve % 15 T-H oranlarında hazırlanmış olan toz karışımları 80 mm yükseklik oluşturacak şekilde boru içerisine serbest halde doldurularak, tozların dökülmesini ve vakum hattına girmesini önlemek üzere gerekli yerlere filtreler yerleştirilmiştir.



Şekil 1. Vakumlu infiltrasyon düzeneği (Vacuum infiltration device) [6]

Matris malzemesi Al'un ergitilmesi ve vakumlu infiltrasyon deneylerinin gerçekleştirilmesinde, Çalın ve Çıtak'ın [6] geliştirdiği Şekil 1'de görülen ergitme ocağı ile deney düzeneği kullanılmıştır.

Şekil 1'de görülen deney düzeneğindeki ocak içerisine, AISI 304 kalitesinde paslanmaz çelik pota yerleştirilmiştir. Pota içerisine matris malzemesi olan ETİAL 7 kalitesindeki % 99,7 safiyete sahip Al parçaları doldurulmuştur. Ocak yakılarak matris malzemesinin ergitilmesine başlanmıştır. Matris malzemesi Al'nin takviye elemanı MgO'ı iletmesini kolaylaştırmak amacıyla, pota içerisindeki Al'nin ağırlıkça % 5'ini oluşturacak şekilde magnezyum (Mg) ilave edilerek matris malzemesine karışması sağlanmıştır. Matris malzemesi olan Al'un ergime sıcaklığı 660 °C olmasına rağmen, ocak içerisindeki sıvı metalin sıcaklığı 800 °C'a çıkartılmıştır. Sıcaklık kontrolü sıvı metale daldırılan, ısı çifti ile sağlanarak, kontaktör bağlantısı ile matris malzemesinin sıcaklığı ± 5 °C'da sabit tutulmuştur. İnfiltrasyon işlemleri, 500 mmHg - 600 mmHg vakum değeri aralığında yapılmıştır. Vakum değerleri ± 10 mmHg'da sabit tutulmuştur. İçerisi doldurulmuş deney boruları, sıvı metal istenilen sıcaklığına ve vakum değerine ulaştığında, sıvı metal içerisine daldırılmaya başlanmış ve 5 dakika süre ile vakum uygulandıktan sonra, borular dışarı çıkartılarak kendi halinde soğumaya bırakılmıştır. Deney işlemleri normal atmosfer şartları altında gerçekleştirilmiştir. Soğuma sonunda açılan borular içerisinden çıkartılan malzemelerin tam infiltre olduğu ve MMK malzemenin istenilen mesafede, başarılı bir şekilde üretildiği görülmüştür.

T-H oranına bağlı olarak üretilen (% 5, % 10 ve % 15) MMK'ler SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile mikro yapı yönünden incelenmiştir. Burada, özellikle

malzemenin yapısındaki homojenliğe ve takviye malzemesi olan MgO'nun Al matris malzemesi içerisindeki dağılımına bakılmıştır (Bkz. Resim 2). Elde edilen numunelerin (HB)Brinell Sertlik değerleri Çizelge 1'de verilmiştir

2.2. Yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi (Investigation of surface roughness)

Talaşlı işleme deneyleri, kuru kesme şartlarında, Bilgisayar Sayısal Denetimli (BSD) torna tezgahında, dört farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme ve sabit kesme derinliğinde yapılmıştır. Kompozit numunelerin işlenebilirlikleri, yüzey pürüzlülüğü yönünden incelenmiştir.

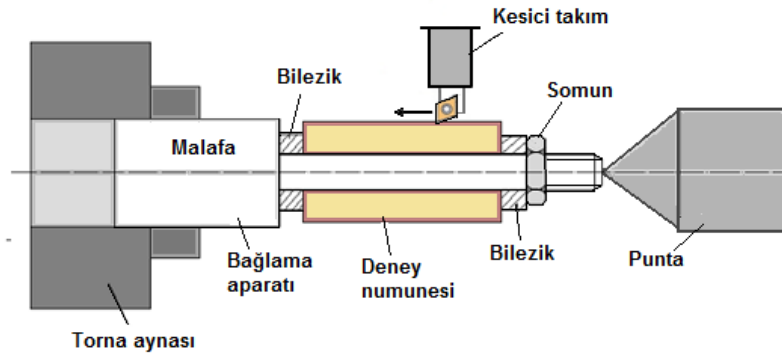
İnfiltrasyonla üretilen MMK numuneler, işleme deneylerinin yapılacağı ilk ölçülere göre işlenmiştir. Hazırlanan numuneler için BSD torna tezgahında kolay, hassas ve kısa zamanda işleme şartları dikkate alınarak bir bağlama aparatı imal edilmiştir [7]. Bağlama aparatına ait şematik görünüş Şekil 2'de verilmiştir.

Talaşlı işleme deneyleri, ISO 3685 standardında belirtilen özelliklere ve deneylerin yapılacağı şartlara uygun olarak Mitsubishi Carbide marka *PSBNR 2525 M12* kodlu takım tutucu ile gerçekleştirilmiştir [8].

Talaşlı işlenebilirlik deneylerinde; Sandvik marka, sementit karbür SK (C), Mitsubishi Carbide marka, kübik bor nitrür KBN (CBN) ve Mitsubishi Carbide marka, kaplamalı kübik bor nitrür KBN K (CBN-C) olmak üzere üç ayrı kaliteye sahip kesici takım kullanılmıştır [8-9]. Kesici takımların ISO kodları, yapı ve geometrik özellikleri ile teknik bilgileri Çizelge 2'de verilmiştir.


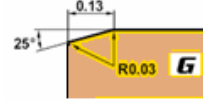
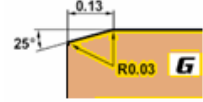
Çizelge 1. Kompozit numunelerin HB Sertlik değerleri (HB hardness values of composite samples)

T-H oranı (%)	5	10	15
Ortalama sertlik (HB)	44,50	43,60	41,15



Şekil 2. MMK numunenin bağlama aparatına yerleştirilmesi ve işlenmesi (Located and machined of MMC sample fixing apparatus) [7]

Çizelge 2. İşlemede kullanılan kesici takımların özellikleri (The properties of cutting tools used in machined) [8-9]

Kesici Takım Kodu	Kalite Üretici Kodu	Ana karbür yapısı	ISO geometri Tanımlama kodu	Kesici takım geometrisi
SK (C)	Sandvik H1P	WC-TiCTaC Bağlayıcı: Co	SNMA120408	0° 
KBN (CBN)	Mitsubishi MB8025	KBN Bağlayıcı: TiN, Al ₂ O ₃	SNGA120408G2	 Honlanmış
KBN K (CBN C)	Mitsubishi MBC010	KBN Bağlayıcı: TiN, Al ₂ O ₃	SNGA120408GS2	 Honlanmış

Çizelge 3. İşlemede kullanılan kesme parametreleri ve seviyeleri (Cutting parameters and levels used in machined)

Kesme derinliği (a), mm	İlerleme hızı (f), mm/rev	Kesme hızı (V), m/min
1	0,075 - 0,15 - 0,225	150 - 200 - 250 - 300

İşlenebilirlik deneylerinde kesme derinliği sabit tutularak ($a=1$ mm) kesme hızları, kesici takım üreticilerinin önerileri ve literatürdeki [10] çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir. İlerleme miktarları ise ISO 3685'te belirtildiği gibi kesici takım uç yarı çapına bağlı olarak, gereken değer aralığında olacak şekilde seçilmiştir. Seçilen kesme parametreleri ve seviyeleri Çizelge 3'de verilmiştir. Her deney için yeni bir kesici takım kullanılmış ve her takımla tek paso talaş kaldırılarak karşılaştırma yapılmıştır.

İşlenebilirlik sonuçlarının değerlendirilmesi SK, KBN ve KBN K takımlar için ayrı ayrı yapılmıştır. İşlenen kompozit numunelerin yüzey pürüzlülüklerinin MAHR PERTHOMETER M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçüm işlemleri ISO 4288'e uygun olarak yapılmıştır [11]. Pürüzlülük ölçümünde örnekleme uzunluğu 0,25 mm ve ölçüm uzunluğu 1,75 mm seçilmiştir. İşlenen her bir bölgeden üçer yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmış ve bunların aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm işlemine ait fotoğraf Resim 1'de verilmiştir.

**Resim 1.** Yüzey pürüzlülük ölçümü (Surface roughness measurement)

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

3.1. Takviye-Hacim oranının MgO parçacık dağılımına etkisinin incelenmesi (Investigation of the effect of particle distribution MgO in volume fraction of reinforcement)

Kompozitlerin mikroyapı incelemeleri Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) yapılmıştır. % 5, % 10 ve % 15 MgO T-H oranındaki kompozitlerin SEM görüntüleri Resim 2'de verilmiştir. Üretilen numunelerin tamamında ve tam boyda söz konusu yapılar gözlenmiştir.

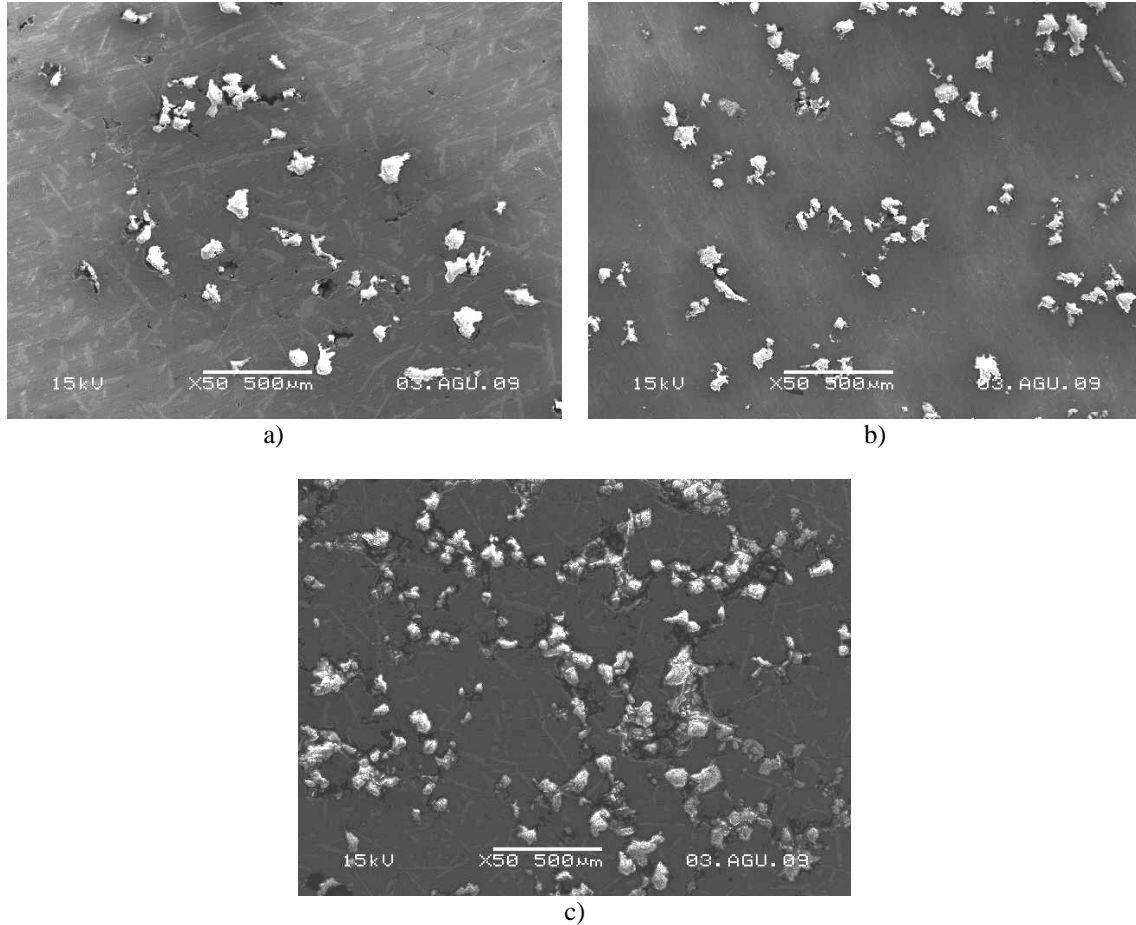
Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri incelendiğinde; takviye-hacim oranının artmasıyla, MgO parçacıklarının üretilen kompozitlerin içerisinde, homojen dağılımının da arttığı görülmektedir. % 5 MgO takviyeli kompozitte takviye elemanın homojen dağılmadığı görülmektedir. Bu duruma düşük takviye-hacim oranlarında blok parça içerisinde bulunan Al tozlarının fazla olması ve Al tozlarının ergimesiyle takviyeyi sürüklemesi sebep olmaktadır. En az homojen dağılımın % 5 T-H oranına sahip numunede olduğu, % 10 T-H oranında

biraz daha iyileştiği, % 15 T-H oranında ise istenilene yakın bir homojenlikte parçacık dağılımının olduğu görülmektedir.

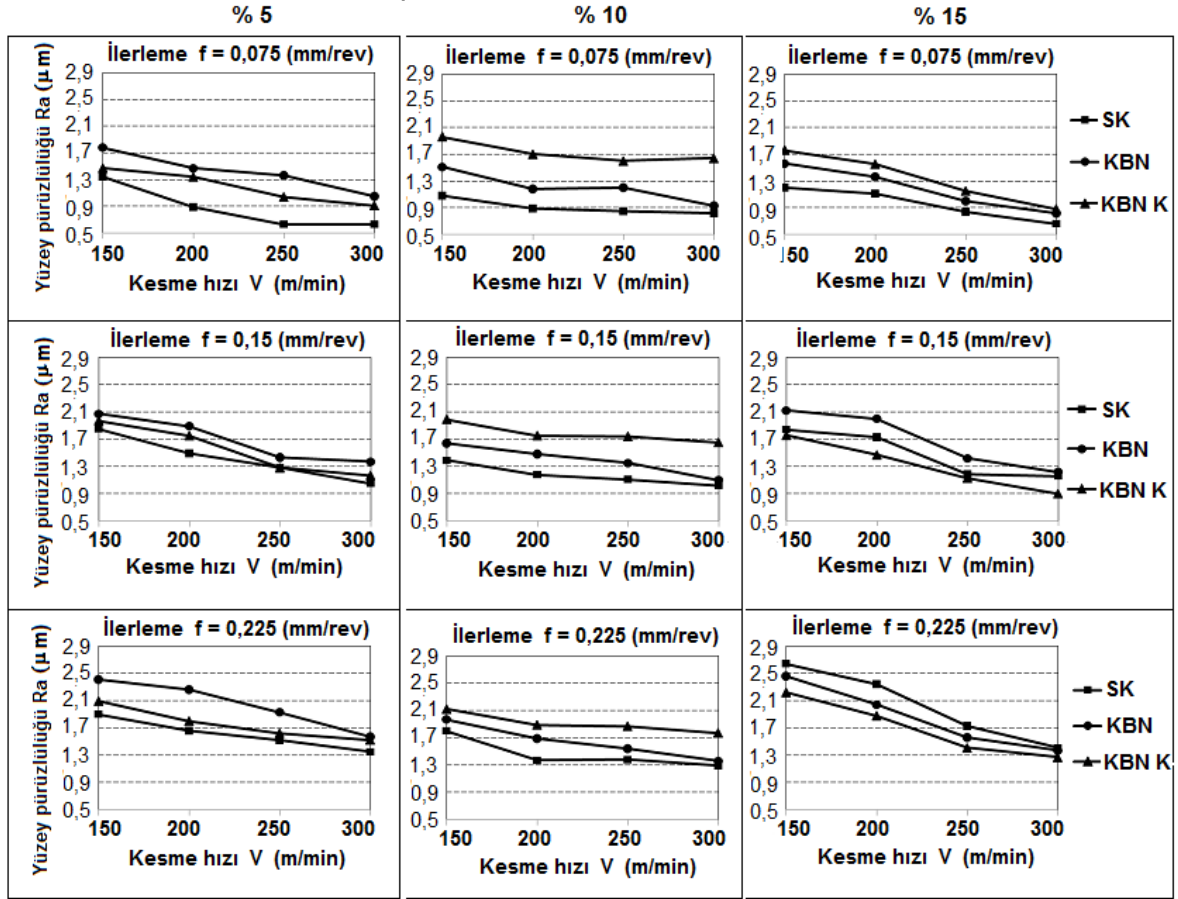
Ayrıca, üretilen Al ve MgO parçacıklarının karıştırılması işlemi ideal şartlarda yapılmasına rağmen MgO parçacıklarının özgül ağırlıklarının Al tozlarına göre fazla oluşu ve MgO parçacıklarının infiltrasyon borusu içerisinde tabana doğru hareket etme eğiliminin parçacıkların tam homojen olarak karışmalarını engellediği de ifade edilebilir.

3.2. İşleme deneyi sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi (The evaluation of surface roughness according to processing test results)

Malzemelerin imalat özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli kriterlerden birisi de işlenen parçaların yüzey kalitesidir [12,13]. Bu sebeple, MgO takviyeli Al matrisli numunelerin yüzey kalitelerini değerlendirmek için işlenen yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra), ölçülmüştür. İşlenen yüzeylerde ölçülen yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızı ve ilerleme miktarına bağlı olarak değişimlerini kesici takım



Resim 2. Takviye-hacim oranına bağlı olarak üretilen kompozit numunelerin mikroyapıları
a) % 5 MgO b) %10 MgO c) % 15 MgO (Composite samples microstructures produced related with volume fraction of reinforcement a) 5 % MgO b) 10 % MgO c) 15 % MgO) [7]



Şekil 5. MgO takviyeli kompozit malzemelerin yüzey pürüzlülüklerinin kesme hızlarına göre değişimleri
(Mean surface roughness changes according to cutting speed MgO reinforced composite materials)

malzemesine göre karşılaştırmalı olarak gösteren grafikler; % 5 MgO, % 10 MgO ve % 15 MgO takviyeli numuneler için Şekil 5’de verilmiştir [7].

Şekil 5’deki grafikler ortak değerlendirildiğinde ilk göze çarpan eğilim, diğer parametrelerden bağımsız olarak artan kesme hızıyla beraber ortalama yüzey pürüzlülüğünde olumlu yöndeki düşme eğilimidir. Söz konusu grafiklerin tamamında gözlenen artan kesme hızıyla yüzey kalitesinin iyileşme eğilimi, takım üreticileri verilerine [8, 14] bağlı kalınarak işlenen bu tür MMK’lar için seçilen kesme hızı değerlerinin aşırı yüksek olmadığını göstermektedir.

Metallerde ve alaşımlarında gözlenen eğilimlerden farklı olarak kompozit malzemelerdeki sert fazın miktarı, dağılımı ve parçacık büyüklüğü ile porozite kompozit malzemelerde elde edilen yüzey kalitesini olumsuz etkileyebilmekte ve beklenmeyen değişimler de gözlenebilmektedir [15]. Yüzey kalitesi artan kesme hızıyla birlikte iyileşme eğilimi sergilerken yine beklendiği şekilde artan ilerleme miktarıyla yüzey pürüzlülüğü değerleri de artarak kötüleşme eğilimi sergilemiştir.

Kesici takım malzemelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilecek olursa, % 5 MgO T-H

oranına sahip numunelerde en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri KBN kesici takımlarla elde edilmiştir. Aynı numuneler için, yüzey kalitesi açısından ikinci en iyi sonuçlar KBN K takımlarla elde edilirken üç takım arasında en yüksek pürüzlülük değerleri KBN kesici takımlarla elde edilmiştir. Bu durum SK kesici takımlardan beklenmeyen bir performansın göstergesidir. Çünkü, KBN kesici takımlar yüzey kalitesi açısından sergiledikleri üstün performans sebebiyle, özellikle yüksek sertliğe sahip malzemelerin tornalama işlemlerinde, taşlama işlemi ihtiyacını ortadan kaldıracak alternatif bir kesici takım hüviyetindedir [9,12,15]. Oysa ki % 5 T-H oranına sahip bu numunelerde yüzey kalitesi açısından en kötü performansı sergilemişlerdir. Bu durum, işlenen numunelerin yüksek sünekliğine bağlı olarak açıklanabilir. Düşük T-H oranında Al matrisin yüksek sünekliği sebebiyle KBN takımlarda beklenen performans alınamamıştır.

% 5 T-H oranına sahip numunelerde yüzey kalitesi açısından KBN K takımların KBN takımlardan daha iyi sonuç sergilemesi ise KBN K takımlardaki kaplama malzemesinin düşük sürtünme katsayısına atfedilebilir. Bu takımlardaki TiN kaplama, aşınma direncinden çok düşük sürtünme katsayısı sebebiyle en üst katman olarak uygulanan kaplama

malzemesidir [9,12,15]. Bu sebeple takım-talaş yüzeyinde talaş akışı kolaylaşmakta ve yıgıntı talaş (BUE) oluşturma eğilimi azalmaktadır. BUE'deki azalma yüzey kalitesine, daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerinin elde edilmesiyle yansımıştır.

T-H oranını % 10'a çıkmasıyla, yüzey kalitesi açısından en iyi sonuçlar yine SK kesici takımlarla elde edilmiştir. Bu grup numunelerde, % 5 T-H oranına sahip numunelerden farklı olarak ikinci en iyi sonuçlar KBN takımla elde edilirken KBN K takımlarla en yüksek pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Bu fark, artan takviye miktarı ile, sert fazın kaplamayı kaldırmak suretiyle takım talaş yüzeyini bozmasına atfedilebilir. Takım-talaş yüzeyinde oluşan düzensizlikler talaş akışını da etkileyerek yüzey pürüzlülüğünü artırdığı düşünülmektedir.

T-H oranının % 15 olduğu numunelerde, sert fazın artmasıyla, kompozit malzemelerde yüzey kalitesini etkileyen olumsuzluklar kendini göstermeye başlamıştır. İlerlemenin en düşük değeri olan 0,075 mm/rev için yine en iyi sonuçlar SK kesici takımlarla elde edilmiştir. Bu ilerleme değerinin çok küçük olması, talaş yükünün de küçük olması anlamını taşıdığından elde edilen sonuçlar, % 10 T-H oranına sahip numunelerdekine benzer şekilde; yüzey kalitesi açısından takımların SK, KBN ve KBN K şeklinde sıralanmasına sebep olmuştur.

Artan ilerleme miktarıyla artan talaş yükü sert fazın aşındırıcı etkisini de artırmış ve SK kesici takımları olumsuz etkilemiştir. Nitekim ilerlemenin 0,15 mm/rev'e çıkmasıyla SK kesici takımlar ikinci sıraya gerilemiş, en yüksek ilerleme değeri olan 0,225 mm/rev değerinde ise takımlar arasında en kötü pürüzlülük değerini sergilemiştir. Bu gelişme, artan sert fazın aşındırıcı etkisinin SK kesici takımları diğerlerinden daha önce aşınma sürecine sokmasına atfedilebilir.

Kesme hızındaki artışa bağlı olarak yüzey kalitesinde düzenli olarak bir iyileşme eğilimi görülmüştür. En yüksek ilerleme değerinde en iyi sonuçlar KBN K takımlarla, ikinci en iyi sonuçlar KBN takımlarla ve kötü sonuçlar ise SK kesici takımlarla işleme deneylerinden elde edilmiştir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- T-H oranının artmasıyla MgO parçacıkların yapı içerisinde homojen dağılımının da arttığı gözlenmiştir. En iyi homojenite %15 MgO takviyeli numunelerde elde edilmiştir.

- Yüzey kalitesi açısından yapılabilecek işlenebilirlik değerlendirmesinde, tüm kesici takımlarda artan kesme hızlarıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerleri

azalırken, ilerlemedeki artışla yüzey pürüzlülük değerleri artış göstermiştir.

- % 5 T-H oranına sahip numunelerde yüzey kalitesi açısından en iyi ikinci sonuçlar KBN K takımla elde edilmiş olup bu durum kaplamalı takımın en üst katmanı olan TiN kaplamanın düşük sürtünme katsayısına atfedilmiştir. % 10 T-H oranında artan sert faz kaplamayı olumsuz etkilemiş ve KBN takımlarla KBN K takımlara göre daha iyi yüzey kaliteleri elde edilmiştir.

- Kesici takım malzemelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, % 5 ve % 10 T-H oranına sahip numunelerde, en iyi sonuçlar SK kesici takımlarla elde edilmiştir. % 15 T-H oranı ve daha yüksek ilerleme değerleri KBN K takımlardan beklenen performansı ön plana çıkarmış ve yüzey kalitesi açısından en iyi sonuçlar KBN K takımlarla elde edilmiştir. Kesici takım malzemeleri, yüzey pürüzlülüğü açısından genel olarak değerlendirildiğinde, SK kesici takımlar ön plana çıkmaktadır.

- T-H oranının yüzey kalitesi açısından etkisi değerlendirildiğinde en kararlı ve en iyi sonuçların % 10 MgO takviyeli numunelerde elde edildiği söylenebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Chan, R.W., Haasen, P., Kramer, E.J., "Structure and properties of composites", *Materials Science and Technology*, No13, 1-339, 1993.
2. Şahin, Y., Kompozit Malzemelere Giriş, *Gazi Kitabevi*, Ankara, 91-134, 2000.
3. Lai, S. W., and Chung, D. D. L., "Fabrication of particulate aluminium-matrix composites by liquid metal infiltration", *J. Of Mat. Sci.*, Chapman & Hall, 3128, 1994.
4. Göller, G., "Basınçlı infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş Cu-C kompozitlerin tribolojik davranışının karakterizasyonu", **9. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi**, 11-15 Haziran, 1305-1309, 1997.
5. Dhandapani, S. P., Jayaram, V., and Surappa, M. K., "Growth and microstructure of Al₂O₃-SiC-Si(Al) composites prepared by reactive infiltration of silicon carbide preforms", *Acta Met. Ma.*, No42, 649-656, 1994.
6. Çalın, R., "Magnezya parçacık takviyeli Al matrisli kompozitin vakum infiltrasyon yöntemi ile üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2006.
7. Pul, M., "Al matrisli MgO takviyeli kompozitlerin infiltrasyon yöntemi ile üretilmesi ve işlenebilirliğinin değerlendirilmesi" Doktora Tezi, *Gazi*

- Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2010.
8. Mitsubishi, “**Turning Tools Catalog**”, Mitsubishi Materials Corporation, Japan, 1-400, 2008.
 9. Sandvik Coromant, “**Modern metal cutting–A practical handbook**”, English Edition, **Sandvik Coromant**, Sweden, I-III, 1994.
 10. Günay, M., “ **Toz metalurjisi yöntemi ile üretilmiş Al-Si/SiCp kompozitlerin mekanik ve işlenebilirlik özelliklerinin araştırılması**”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 2009.
 11. ISO 4288, “**Geometrical Product Specifications (GPS) -Surface texture: Profile method-Rules and procedures for the assessment of surface texture**”, 1-8, 1996.
 12. Şeker, U., “Takım Tasarımı”, *Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*, 42-64, Ankara, 2008.
 13. Trent, E.M., “**Metal cutting**”, *Butterworths Press*, London, 1-171, 1989.
 14. Sandvik Coromant, “**Turning Catalog**”, *Sandvik Coromant*, Sweden, 8-300, 2008.
 15. De Garmo, E.P., Black, J.T., Kohser, R.A., “Materials and processes in manufacturing”, *Prentice-Hall Inc.*, New Jersey, 214-652, 1997.