



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Al1070/TiB₂ Kompozitlerin Tornalanmasında TiB₂ Takviye Miktarının Esas Kesme Kuvveti Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

 Muharrem PUL

Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü

Sorumlu yazar e-posta: mpul@kku.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.673898

ÖZET

Bu çalışmada Al1070 matrisli TiB₂ takviyeli kompozitin işlenebilirliği incelenmiştir. İlk aşamada ağırlıkça %2, %4 ve %8 TiB₂ takviyeli Al1070 kompozitler üretilmiştir. Daha sonra; kuru kesme şartlarında, 1 mm sabit kesme derinliğinde, 100, 200, 300 m/dak kesme hızlarında, 0,10- 0,15 - 0,25 mm/dev ilerleme değerlerinde ve sementit karbür (SK), kaplamalı sementit karbür (KSK) ve kübik bor nitrür (KBN) takımlar ile tornada işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. Deneylerde kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri kaydedilmiştir. Sonuçta, kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri azalmış, TiB₂ takviye miktarındaki artışla hem kesme kuvvetleri hem de yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. En düşük esas kesme kuvveti % 2 TiB₂ takviyeli kompozitte, KSK takım ile 0,10 mm/dev ilerleme ve 300 m/dak kesme hızında 74 N olarak elde edilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü ise yine % 2 TiB₂ takviyeli kompozit numuneden, SK takım ile 0,10 mm/dev ilerleme ve 100 m/dak kesme hızında 0,63 µm olarak ölçülmüştür. Tüm numunelerde ilerleme miktarlarının artışı ile yüzey pürüzlülük değerleri ve esas kesme kuvvetleri artış göstermiştir. SK takımlardan düşük ilerleme ve kesme hızı değerlerinde daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilirken, yüksek ilerleme ve kesme hızı değerlerinde ise KBN takımlar daha iyi performans göstermiştir. Genel olarak, işlenebilirlik yönünden en olumlu sonuçlar SK takımlar ile elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: : Kompozit, Alüminyum 1070, Titanyum diborür, İşlenebilirlik

The Effect of TiB₂ Reinforcement Amount on the Main Cutting Force and Surface Roughness in Turning Al 1070 / TiB₂ Composites

ABSTRACT

In this study, the machinability of Al 1070 matrix TiB₂ reinforced composite was investigated. In the first stage 2%, 4% and 8% by weight TiB₂ reinforced Al1070 composites were produced. Later; in dry cutting conditions, 1 mm fixed cutting depth, 100, 200, 300 mm / min cutting speeds, 0,10 - 0,15 - 0,25 rev / min feed rate and C, CC and CBN tools were processed on the lathe. Cutting forces and surface roughness values were recorded in the experiments. As a result, cutting forces and surface roughness values decreased with increasing cutting speed, and both the cutting forces and surface roughness values increased with the increase in the amount

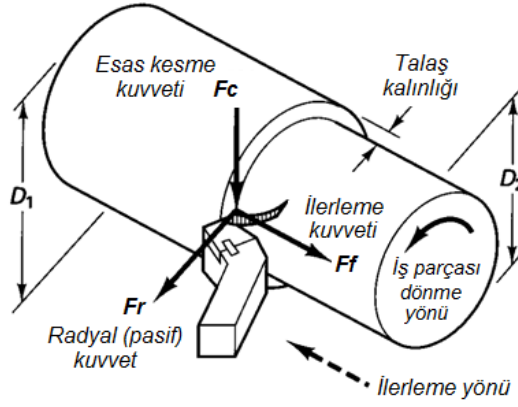
of TiB₂ reinforcement. The lowest main cutting force was obtained in a 2% TiB₂ reinforced composite with a KSK tool at a feed rate of 0.10 mm /rev and a cutting speed of 300 m/min at 74 N. The lowest surface roughness was measured from 0.6% µm at a feed rate of 0.10 mm/rev and a cutting speed of 100 m/min from the composite specimen with 2% TiB₂ reinforcement. The surface roughness values and the main cutting forces increased with the increase of the feed rates in all samples. While SK tools have lower surface roughness values at lower feed and cutting speeds, KBN tools have performed better at higher feed and cutting speeds. In general, the most positive results in terms of machinability were obtained by C tools.

Key words: Composite, Aluminum 1070, Titanium diboride, Machinability

I. GİRİŞ

Hızla gelişen teknoloji çağında malzeme bilimi ve buna bağlı olarak kompozit malzemeler de gelişmekte ve ilerleme kaydetmektedir. Kompozit malzemelerin düşük yoğunluğa karşı sergiledikleri mükemmel dayanım özellikleri, farklı birleşim ve geometrilerde üretilebilmeleri, yorulma, tokluk, yüksek sıcaklık, oksitlenme ve aşınma dayanımlarının yüksek olması nedeniyle demiryolu, otomotiv, denizcilik, havacılık, tıp, uzay, spor ve savunma gibi alanlarda gün geçtikçe kullanımları artmaktadır [1]. Son yıllarda çeşitli yöntemler ile en çok üretilen ve yaygın olarak kullanılan kompozit türlerinden biriside metal matrisli kompozitlerdir (MMK). MMK kompozitlerin sıvı hal ve katı hal olmak üzere temel iki üretim yöntemi mevcuttur. Sıvı hal yöntemleri içerisindeki infiltrasyon yöntemiyle MMK malzeme üretimi oldukça ekonomik bir yöntemdir. Yüksek teknolojilere ve pahalı gereçlere ihtiyaç duyulmaz [2]. MMK'lerde özellikle alüminyum matrisli kompozitlerin üretilmesinde sıvı hal işlemlerinden infiltrasyon yöntemi birçok uygulamada kullanılmakta olup konuyla ilgili literatürde bir çok araştırma bulunmaktadır [3-11].

Metal matrisli kompozitlerin mekanik ve yüksek sıcaklık özelliklerinin mükemmel olmasına rağmen işlenebilirliklerinin kötü olması diğer metal malzemelerin yerlerine kullanımlarını azaltmaktadır. Diğer yandan bu kompozitlerin aşınma direnci; tek fazlı alaşımlar ile karşılaştırıldığında, sünek alüminyum matrisin içerisine katılan aşındırıcı seramik parçacıkların ikinci bir faz oluşturmasına bağlı olarak artmaktadır Bu nedenle, kompozit malzemelerin etkili işlenmesi ve ölçü tamlığıyla ilişkili zorluklar imalat açısından önemli bir problem olmaktadır. Kompozitlerin işlenmeleri esnasında kullanılan kesici takımların, çok kısa zamanda aşınması işleme maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Kompozit malzemelerin bu kötü özelliklerinin, işleme maliyeti yönünden olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla, optimum kesici takım malzemesi ve geometrisi ile kesme parametrelerinin seçiminin yapılması gerekmektedir. Kesme parametrelerinin en önemlilerinde biriside kesici takım üzerine etki eden kesme kuvvetleridir [12]. Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler talaşlı imalat işleminde dikkate alınması gereken hususlardan biridir. Talaşlı imalat işleminin bilimsel olarak incelenmesi, kesme kuvvetlerinin bilinmesini gerektirir. Bu nedenle kesme kuvvetlerinin ölçülmesi üzerinde çalışmalar yapılmış ve 20. yüzyılın başlarından itibaren bu alanda çalışmalara ağırlık verilerek çeşitli dinamometreler geliştirilmiştir. Geliştirilen bu dinamometreler ile kesme kuvvetleri yeterli doğrulukta ölçülebilmektedir. Geliştirilen bütün dinamometrelerdeki esas, yük altında kesici takımın elastik sapmasıdır. Şekil 1'de tormalama esnasında oluşan üç kuvvet bileşeni görülmektedir [12].



Şekil 1. Tornalama esnasında oluşan üç kuvvet bileşeni [12]

Burada; (F_c) esas kesme kuvvetidir ve kesici uca dik olarak takım talaş yüzeyine etki eder. Esas kesme kuvveti üç kuvvet bileşeninin en büyüğüdür ve genellikle hesaplamalarda tek başına dikkate alınmaktadır. (F_f) ilerleme kuvvetidir ve kesici takım üzerine, iş parçası eksenine paralel etki eder. (F_r) radyal (pasif) kuvvettir ve kesici takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan kuvvet olup kesici takım ekseninde etki eder. Genellikle en küçük kuvvet bileşenidir. Bileşke kuvvet bu üç kuvvetin vektörel toplamı ile elde edilir ve Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanır:

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_r^2} \quad (1)$$

Kompozit malzemelerin işlenebilirlik özelliklerinin belirlenmesi yönünde farklı araştırmalar yapılmıştır. Manna ve Bhattacharayya, SiCp takviyeli Al matrisli kompozitlerin torna tezgahında işlenmesi sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır. MMK malzemenin işlenmesinde, tungsten karbür (WC) takım için 60 m/dak ila 150 m/dak kesme hızı arasındaki değerler tavsiye edilmiş olup, en iyi yüzey kalitesi için yüksek kesme hızı, düşük ilerleme ve düşük kesme derinliği seçilerek kesme işleminin yapılmasını belirlemişlerdir [13]. Özben ve ark. yaptıkları çalışmada, hacimce % 5, % 10 ve % 15 oranında SiCp takviyeli AlSi₇Mg₂ alüminyum matrisli kompozitin mekanik özellikleri ve işlenebilirliğini araştırmışlardır. İşleme deneyleri sonucunda, yüzey pürüzlülüğünün ilerleme ve parçacık takviye oranının artması ile arttığını tespit etmişlerdir [14]. Zhu ve Kishawy çalışmalarında, kaplamalı WC takım kullanarak 6061 Al matrisli Al₂O₃ takviyeli kompozitin işlenmesinin simülasyonu için bir sonlu eleman modeli geliştirmişlerdir. Alümina parçacıkların ara yüzeydeki kırılmalar nedeniyle matristen ayrılarak takım-talaş yüzeyinde çiziklere ve aşırı takım aşınmasına sebep olduğunu tespit etmişlerdir [15]. Kannan ve Kishawy yaptıkları çalışmada, A356 Al matrisli 12 µm boyutlu % 20 SiCp takviyeli MMK ve 7075 Al matrisli 15µm boyutunda % 10 Al₂O₃ takviyeli MMK malzemeler üzerinde kaplamalı sementit karbür (KSK) kesiciler kullanarak işlenebilirlik deneyleri yapmışlardır. Takım aşınmalarının genelde abrasiv aşınma mekanizması ile meydana geldiği ve abrasiv aşınmaların yalnızca takviye parçacıklarının sertliğinden daha fazla sertliğe sahip kesiciler kullanılarak azaltılabileceğini vurgulamışlardır [16]. Davim, ortalama 20 µm boyutunda SiCp takviyeli A356/SiCp/20 MMK malzemeyi çok kristalli elmas (ÇKE) ve KSK kesici takımlarla işlemiş ve bu kesici takımların performansını karşılaştırmıştır. ÇKE kesici takımın KSK kesici takımdan 50 kat daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir [17]. Pedersen ve Ramulub yaptıkları çalışmada, TiCN/TiN kaplı karbür takımlar kullanılarak SiC partikül takviyeli Mg metal matrisli kompozitlerin işlenebilirliği üzerine bir araştırma yapmışlardır. Sonuç olarak, işleme sonrası baskın takım aşınma tipinin takımın yavaşta oluşan aşınma olduğu ve büyük kesme

derinliklerinde takım aşınma oranının azaldığı gözlenmiştir. İşlenmiş yüzeylerin pürüzlülük değerlerinin ise 0,2µm -3µm arasında değiştiği belirtilmiştir [18].Julianoa ve ark. çalışmalarında, Al₂O₃-Al6061 MMK'lerin, yüksek hızlarda tornalama ile işlenebilirliğinin araştırılmasında, farklı boşluk açılara sahip elmas kaplı karbür takımlar kullanılmıştır. Araştırmacılar, kaplamalı kesici takımlarda yüksek aşınma direncinin, takımın aşınmaya karşı davranışını iyileştirdiğini ve aşındırıcı metallere işlenmesinde mükemmel tercihler olacağını bildirmişlerdir [19].

Literatürde yer alan çalışmalarda daha çok ÇKE ve KBN takımlar kullanılmakla beraber SK takımlar da işlenebilirlik deneylerinde yer almaktadır. Özellikle seramik parçacıklı takviyeli MMK'ların işleme maliyetlerinin azaltılması ve yüzey kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla farklı kesici takımlarla işleme özelliklerinin optimum değerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada basınçlı infiltrasyon yöntemiyle Al1070 esaslı ve üç farklı oranda TiB₂ parçacıklı takviyeli kompozitler üretilmiştir. Daha sonra kompozitler üzerinde SK, KSK, KBN olmak üzere farklı kesici takım ile tornalama deneyleri yapılarak, esas kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü yönünden elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

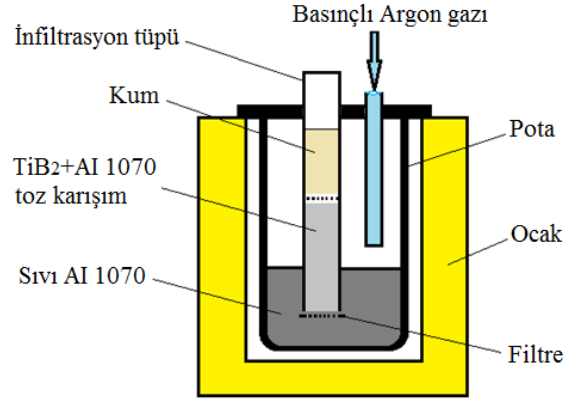
II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu deneysel çalışmada kullanılan, Al1070 kalitesinde ticari külçe alüminyum ve 105µm parçacıklı boyutunda toz alüminyum matris malzemesi kullanılmıştır. Takviye elemanı olarak kullanılan TiB₂ - 63µm büyüklüğünde olup keskin köşeli ve düzensiz biçimlidir. Deneylerde kullanılan matris malzemesi külçe ve toz Al1070 ile toz TiB₂ takviye elemanına ait kimyasal özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Martis malzemesi Al1070 ve takviye elemanı TiB₂'e ait kimyasal bileşimler

Al1070							
Fe	Si	Zn	Ti	Mg	Mn	Cu	Al
≤% 0,25	≤% 0,20	≤% 0,04	≤% 0,03	≤% 0,03	≤% 0,03	≤% 0,04	% 99,70
TiB₂							
Ti				B			
% 67 - % 69				% 29 - % 32			

Bu çalışmanın birinci bölümünde; infiltrasyon tüpleri içerisine yerleştirilecek olan Al1070 tozu ve TiB₂ tozmalzemelere ait karışım oranları hesaplanarak döner tamburlu karıştırıcıda 2 saat süreyle karıştırma işlemi yapılmıştır. Daha sonra karışmış olan kompozit malzeme, paslanmaz çelik malzemeden imal edilmiş olan 25 mm iç çapındaki infiltrasyon tüpleri içerisine dökülerek sıkıştırılmıştır. Hazırlanan infiltrasyon tüpleri basınçlı infiltrasyon deney düzeneği içerisine yerleştirilerek kompozit üretimine geçilmiştir. Bu aşmada, pota içerisnde daha önceden erimiş olan Al1070 sıvı karışım üzerine basıçlı Azot (N₂) gazı gönderilerek sıvı alüminyumun, infiltrasyon tüpleri içerisindeki TiB₂/Al1070 toz parçacıkları içerisine nüfuziyeti sağlanmıştır. Üretim parametreleri olarak; 750°C sabit sıvı Al1070 sıcaklığı, 1 bar gaz basıncı ve 4 dakikalık infiltrasyon süresi uygulanmıştır. Bu işlemler üç takviye oranı için tekrarlanmıştır. Deneyler sonucunda; 25 mm çapında ve yaklaşık 100 mm boyunda, % 2 TiB₂, % 4 TiB₂ ve % 8 TiB₂ takviyeli metal matrisli kompozit numuneler başarıyla üretilmiştir. Basınçlı infiltrasyon deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Basıncı infiltrasyon deney düzeneği

Çalışmanın ikinci bölümünde üretimi yapılan kompozit numunelerin talaşlı işlenebilirlik deneylerine geçilmiştir. Kesme parametreleri ISO 3685'te belirtildiği gibi kesici takım uç yarıçapına bağlı olarak, gereken değer aralığında olacak şekilde seçilmiştir [20]. İşleme deneyleri, GOODWAY marka GLS150 model üç eksenli bilgisayar denetimli torna tezgahında (CNC); kuru kesme şartlarında, sabit kesme derinliğinde (1 mm), 100, 200, 300 m/dak kesme hızlarında, 0,10-0,15-0,25 mm/devilerleme değerlerinde ve Sementit Karbür(SK), CVD TiCN+Al₂O₃+TiN kaplamalı Sementit Karbür (KSK), Kübik Bor Nitrid (KBN) kesici takımlar ile gerçekleştirilmiştir. İşleme deneyleri sırasında, KISTLER 9257B marka dinamometre ile kesme kuvvetleri kaydedilmiştir. Deneylerde kullanılan kesici takımların teknik bilgileri Tablo 2'de verilmiştir

Tablo 2. İşleme deneylerinde kullanılan kesici takımların özellikleri

Takım Kodu	Üretici Kodu	Ana Karbür Yapısı	ISO Tanım Kodu
SK	Sandvik 432-HIP	WC-TiC TaC Bağ.:Co	SNMA 120408
KSK	Sandvik 432-KR	WC-TiC TaC Bağ.:Co	SNMA 120408-KR
KBN	Mitsubishi MB8025	KBN Bağlayıcı: TiN, Al ₂ O ₃	SNGA120408G2

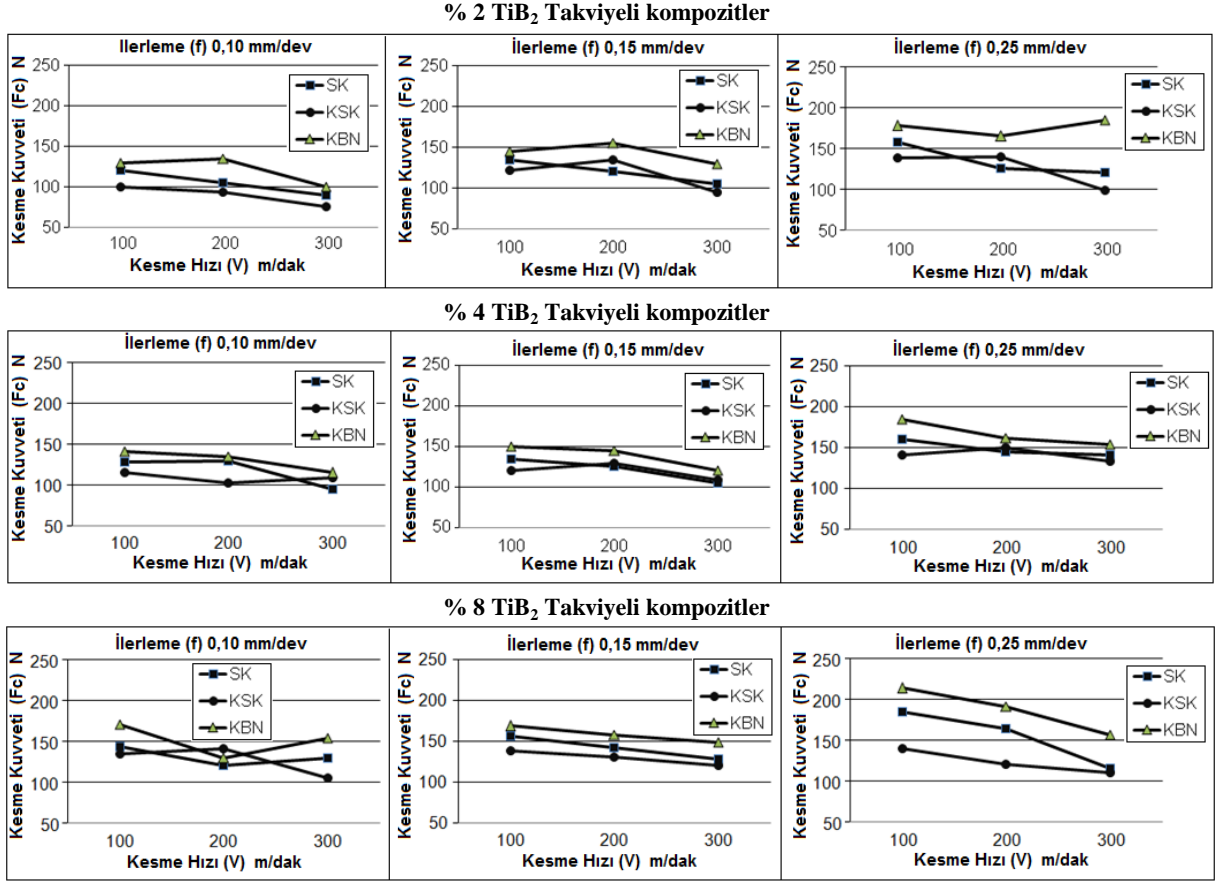
İşlenebilirlik deneylerinin son aşamasında işlenen yüzeylerin pürüzlülük miktarları ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüklerinin ölçülmesinde *Mahr Perthometer M1* yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçüm işlemleri ISO 4288'e uygun olarak yapılmıştır [21]. Pürüzlülük ölçümlerinde örnekleme uzunluğu 0,25 mm ve ölçüm uzunluğu 1,75 mm olarak uygulanmıştır. Kompozit numunelerin işlenen her bir bölgesinin beş ayrı yerinden pürüzlülük ölçümü yapılmış ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük (*Ra*) değerleri belirlenmiştir.

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

A. Fc ESAS KESME KUVVETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Basıncı infiltrasyon yöntemi ile üretilen, % 2, % 4 ve % 8 TiB₂ parçacık takviyeli Al1070 matrisli kompozitlerin işlenebilirlik sonuçlarının değerlendirilmesi; SK, KSK ve KBN takımlar için ayrı ayrı yapılmıştır. Malzemelerin işlenebilirlik davranışları, güç sarfıyatı dolayısı ile harcanan gücün belirlenmesinde en önemli etkiyi yapan ve toplam kesme kuvveti içerisinde en yüksek paya sahip olan esas kesme kuvveti *Fc*, dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Tornada yapılan işlenebilirlik deneyleri

sonucunda % 2, %4 ve %8 TiB₂ takviye oranına sahip numuneler için, farklı ilerleme değerlerinde, *F*_{cesas} kesme kuvvetlerinin kesme hızına bağlı olarak değişimleri, farklı kesici takım malzemeleri için Şekil 3’teki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 3. % 2, %4 ve %8 TiB₂ takviye oranına sahip numunelerde *F*_c esas kesme kuvvetinin değişimi

Şekil 3’teki grafikler incelendiğinde; tüm ilerleme değerlerinde, kesme hızının artmasıyla esas kesme kuvveti *F*_c’nin genel olarak azaldığı görülmektedir. Bu sonuç literatür ile paralellik arz etmektedir [22, 23]. Ancak bazı yerlerde, özellikle 0,25 mm/dev ilerleme ve 300m/dak kesme hızında, KBN kesici takımda görülen yüksek *F*_c değerini, kompozit yapı içerisindeki sert faza bağlamak mümkündür. Çünkü bazı bölgelerde, kesici takım ucunun sert yapıdaki TiB₂ takviye elemanına rastlamasıyla kesme kuvvetinde ani yükselmelere sebep olduğu anlaşılmaktadır. En düşük esas kesme kuvveti *F*_c, KSK takım ile 0,10 mm/dev ilerleme ve 300m/dak kesme hızında elde edilirken, en yüksek kesme kuvveti ise KBN takım ile 0,25 mm/dev ilerleme ve 300m/dak kesme hızında elde edilmiştir.

Şekil 3’teki grafikler, ilerleme değerlerinin kesme kuvvetine etkisi yönünden ele alındığında ise, genel olarak ilerleme değerindeki artış ile *F*_c, esas kesme kuvvetlerinin de artış gösterdiği görülmektedir. İlerlemedeki artışla kesici takımın kaldırdığı talaş kesiti de artmaktadır ve bunun sonucu olarak kesme kuvvetleri de artış göstermektedir. Bu sonuçlar da literatürdeki benzer çalışmalarda yer almıştır [24-27]. Genel olarak en yüksek kesme kuvvetleri her üç kesici takım için 0,25mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilmiştir.

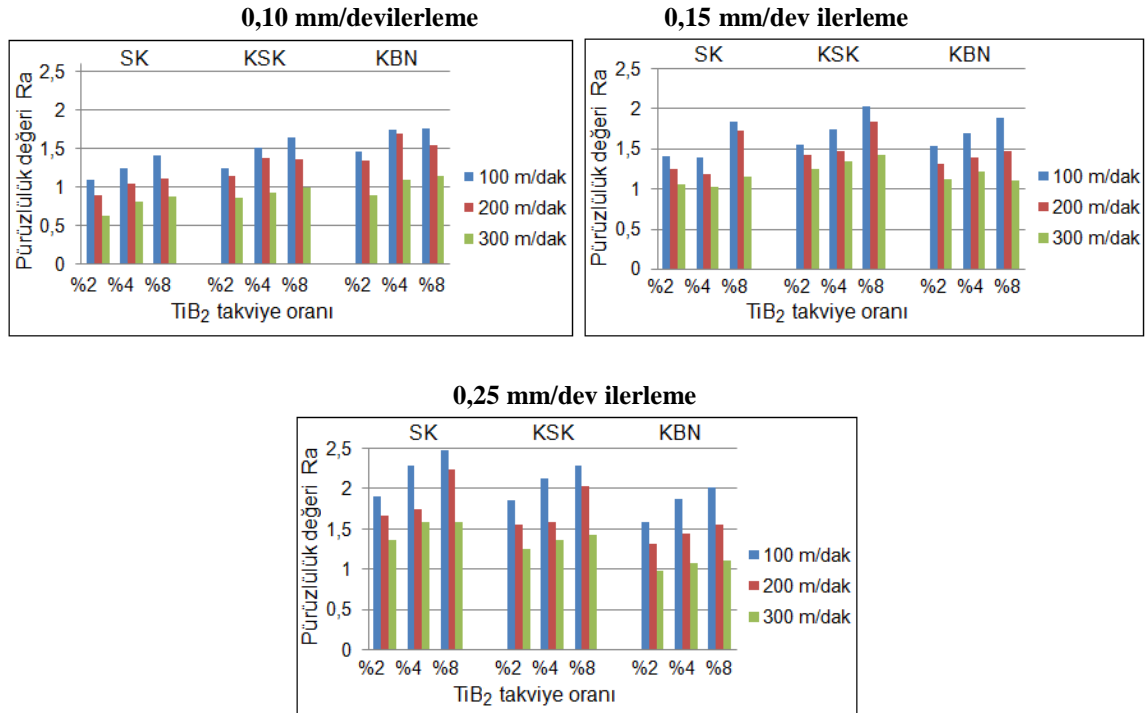
Takviye oranlarına göre grafikler değerlendirildiğinde; kesme hızı ve ilerleme değerlerine göre, en düşük *F*_{cesas} kesme kuvvetleri % 2 TiB₂ takviyeli numunelerde gözlenmektedir. En yüksek değerler ise % 8 TiB₂ takviyeli kompozit numunelerde elde edilmiştir. Bu durumu kompozit yapı içerisinde sert

fazdaki takviye elemanı TiB_2 parçacıklarının azlığına ve çokluğuna bağlı olarak açıklamak mümkündür. Grafiklerin tamamına bakıldığında en düşük F_c değeri, % 2 TiB_2 takviyeli numunede, 0,10 mm/dev ilerleme değerinde, 300 m/dak kesme hızında ve KSK kesici takım ile elde edilmiştir. En yüksek F_c değeri ise % 8 TiB_2 takviyeli numunede, 0,25 mm/dev ilerleme değerinde, 100 m/dak kesme hızında ve KBN kesici takım ile elde edilmiştir.

Kesici takımlar kesme kuvvetleri açısından mukayese edildiğinde, her üç ilerleme değerinde de KBN kesici takımların en yüksek kesme değerlerini verdiği görülmektedir. Buna karşın, genel olarak bakıldığında en düşük F_{cesas} kesme kuvveti değerleri KSK takımlar ile elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, KBN takımların bu tür kompozitlerin işlenmesinde çok uygun olmadığı veya seçilen kesme hızı ve/veya ilerleme değeri parametrelerinin uygun olmadığı söylenebilir. Buna karşılık, F_{cesas} kesme kuvveti değerleri açısından, SK ve KSK takımların birbirine yakın performans gösterdiği, bir miktar KSK takımların daha iyi olduğu görülmektedir. Bu farkın KSK takımlardaki kaplama malzemesinin olumlu etkisi sebebiyle meydana geldiği söylenebilir.

B.YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İşlenen yüzeylerde ölçülen yüzey pürüzlülük değerlerinin; TiB_2 takviye oranı, kesme hızı ve kesici takım malzemesine göre değişimlerini karşılaştırmalı olarak gösteren grafikler, ilerleme miktarına bağlı olarak Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. %2, %4, %8 TiB_2 takviye oranına sahip numunelerde yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimi

Şekil 4'deki grafikler değerlendirildiğinde ilk göze çarpan, diğer kesme parametrelerinden bağımsız olarak, artan kesme hızıyla beraber yüzey pürüzlülük değerlerindeki düşme eğilimidir. Kesme hızının artmasına bağlı olarak kesme bölgesindeki sıcaklığın artmasının tesiriyle kesme bölgesindeki plastik deformasyon kolaylaşırken aynı şekilde talaş akışı da kolaylaşmaktadır. Bu durum, yüzey kalitesini olumlu etkileyerek yüzey pürüzlülüğünün azalmasını sağlamaktadır. Ancak saf alüminyum ve alaşımlarından farklı olarak kompozit malzemelerdeki sert fazın miktarı, dağılımı, parçacık büyüklüğü

ve yapı içerisindeki gözeneklilik (porozite) kompozit malzemelerde yüzey kalitesini olumsuz etkilemekte ve beklenmeyen işleme davranışları gözlenmektedir [16]. Bu çalışmada elde edilen kompozit numunelerin çok homojen olmayan yapısı yüzey kalitesi üzerinde olumsuz gelişmelere sebep olmuştur. Grafikler incelendiğinde, ilerlemenin artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu durum ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini açık bir biçimde ortaya koymaktadır. Kesici takımların tamamında aynı eğilim gözlenmiştir. Artan ilerleme miktarıyla artan talaş yüküyle birlikte sert fazın aşındırıcı etkisi de artmış ve aşınma direnci en düşük olan SK kesici takımlar olumsuz etkilenmiştir. İlerlemenin 0,25 mm/dev değerinde takımlar arasında en yüksek pürüzlülük değerleri SK takımlardan elde edilmiştir. En yüksek ilerleme değerinde en iyi sonuçlar KBN takımlarla ikinci iyi sonuçlar KSK takımlarla ve en kötü sonuçlar ise SK kesici takımlarla elde edilmiştir.

Kesici takım malzemelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilecek olursa, %2 TiB₂ takviye oranına sahip numunelerde en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri SK kesici takımlarla elde edilmiştir. Aynı numuneler için, yüzey kalitesi açısından ikinci en iyi sonuçlar KSK takımlarla elde edilirken üç takım arasında en yüksek pürüzlülük değerleri KBN kesici takımlarla elde edilmiştir. Bu durum, işlenen numunelerin yüksek sünekliğine bağlı olarak açıklanabilir. Düşük takviye oranında Al matrisin yüksek sünekliği sebebiyle, daha sert malzemeler için kullanılan KBN takımlardan beklenen performans alınamamıştır. % 2 takviye oranına sahip numunelerde SK takımların KSK ve KBN takımlardan daha iyi sonuç vermesine, seçilen kesme hızı aralıklarının özellikle KBN takımlar için düşük kalmasının ikinci bir sebep olabileceği değerlendirilmiştir. Çünkü KBN takımlardan daha yüksek kesme parametrelerinde daha başarılı sonuçlar alınmaktadır. Dolayısı ile SK takımlar için uygun seviyedeki kesme hızı değerlerinde diğer takım malzemelerinden daha iyi sonuçlar alınmıştır. TiB₂ takviye oranının %4'e çıkmasıyla, yüzey kalitesi açısından en iyi sonuçlar yine SK kesici takımlarla elde edilmiştir. Bu durum, daha önce izah edildiği gibi SK takımlar için daha uygun olan kesme hızı değerlerine ve daha keskin kesici kenar formuyla açıklanabilir. Bu grup numunelerde, % 2 takviye oranına sahip numunelerden farklı olarak ikinci en iyi sonuçlar KBN takımla elde edilirken KSK takımlarla en yüksek pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Bu sonuç, artan takviye miktarı ile sert fazın takım yüzeyindeki kaplamayı kaldırarak talaş yüzeyini bozmasıyla açıklanabilir. Talaş yüzeyinde oluşan düzensiz yapı talaşın rahat akmasını engelleyerek yüzey pürüzlülüğünü artırdığı düşünülmektedir. Takviye oranının %8 olduğu numunelerde ise, sert fazın iyice artmasıyla kompozit malzemelerde yüzey kalitesini etkileyen olumsuzluklar daha fazla ön plana çıkmıştır. Bu durumda sert fazın artmasıyla KBN takımlardan beklenen performans ön plana çıkarmış ve en iyi sonuçlar KBN takımlarla elde edilmiştir % 8 takviye oranına sahip numunelerde kesici takımlar yüzey kalitesi açısından KBN, SK ve KSK şeklinde sıralanmıştır.

Bu sonuçlara göre bu tür kompozit malzemelerde, fiyat ve elde edilebilirlik açısından en iyi takım olan SK takımların KBN ve KSK takımlara alternatif olabileceğidir. KBN takımlardan beklenen performansın elde edilebilmesi için kesme hızının daha yüksek seçilmesi gerekmektedir. Aşınma direnci SK takımlara göre çok yüksek olan KBN takımlar, sertliği daha yüksek malzemelerin işlenmesi çok daha uygun bir kesici takımlar olduğu değerlendirilmiştir.

Yapılan bu deneysel çalışmada sonucunda, yüzey kalitesi üzerinde en etkili parametrelerin ilerleme ve kesici takım özelliği olduğu ifade edilebilir. Elde edilen bu genel sonuç literatürdeki başka çalışmalarda da belirtilmiştir [22, 25-27].

IV. SONUC

Basınçlı infiltrasyon yöntemi ile üretilen, Al1070 esaslı ve TiB₂ takviyeli kompozitler üzerinde yapılan işlenebilirlik deneylerinden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Basınçlı infiltrasyon yöntemi kullanılarak %2, %4 ve %8 TiB₂ takviye oranlarında, Al1070 esaslı kompozitler başarıyla üretilmiştir.

- İşleme deneyleri sonucunda elde edilen esas kesme kuvvetleri literatürle paralellik arz etmektedir. Genel olarak kesme hızının artışıyla esas kesme kuvvetleri azalırken, ilerleme değerlerinin artmasıyla da artış göstermiştir. Grafiklerde gözlenen bazı sıra dışı değerler; işlenebilirlik deneyleri sırasında kompozit yapı içerisindeki sert TiB₂ takviye fazı ve muhtemel boşluklu yapının, kesici takım ucuna rastlamasına atfedilmiştir.

- İşlenebilirlik deneyleri sonucunda; en düşük esas kesme kuvveti F_c , % 2 TiB₂ takviyeli kompozit numuneden, KSK takım ile 0,10 mm/dev ilerleme ve 300 m/dak kesme hızında 74 N olarak elde edilirken, en yüksek kesme kuvveti ise % 8 TiB₂ takviyeli kompozit numuneden, KBN takım ile 0,25 mm/dev ilerleme ve 100 m/dak kesme hızında 213 N olarak elde edilmiştir.

- KBN takımlar 0,25 mm/dev ilerleme değeri hariç beklenen iyi performansı göstermemiştir. KBN takımlar için deneylerde seçilen kesme hızı ve ilerleme değeri parametrelerinin uygun olmadığı görülmüştür. Çok daha yüksek özelliklere ve maliyete sahip bu takımların daha yüksek kesme parametreleriyle kullanılması daha uygun olacaktır.

- TiB₂ takviye oranları genel olarak dikkate alındığında; kesme hızı ve ilerleme değerlerine göre, en düşük F_c esas kesme kuvvetleri % 2 TiB₂ takviyeli, en yüksek değerler ise % 8 TiB₂ takviyeli kompozit numunelerden elde edilmiştir.

- Kullanılan kesici takımlar içerisinde yüzey pürüzlülükleri açısından en iyi sonuçlar düşük ilerleme ve kesme hızı değerlerinde SK, yüksek ilerleme ve kesme hızı değerlerinde ise KBN takımlardan elde edilmiştir. Bu durumda sert TiB₂ takviye fazının artmasıyla KBN takımlardan beklenen performans kendini göstermiştir.

- Deneyler sonucunda en düşük yüzey pürüzlülük değeri R_a , % 2 TiB₂ takviyeli kompozit numuneden, SK takım ile 0,10 mm/dev ilerleme ve 100 m/dak kesme hızında 0,63 µm (mikron) olarak elde edilirken, en yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise % 8 TiB₂ takviyeli kompozit numuneden, yine SK takım ile 0,25 mm/dev ilerleme ve 100 m/dak kesme hızında 2,48 µm olarak elde edilmiştir.

- Fiyat-performans olarak değerlendirildiğinde, bu çalışmada seçilen takviye oranlarında ve kesme parametrelerinde bu tür kompozitlerin tornalanması için SK takımların tercih edilmesinin daha uygun olacağı değerlendirilmiştir.

V. KAYNAKLAR

- [1] R.W. Chan, P. Haasen, E. J. Kramer, “Structure and properties of composites,” *Materials Science and Technology*, vol.13, pp.1-339,1993.
- [2] S. W. Lai, D. D. L. Chung, “Fabrication of particulate aluminium-matrix composites by liquid metal infiltration,” *Journal of MaterialsScience*, vol. 29, no. 12, pp.3128 -3150, 1994.
- [3] G. Göller, “Basınçlı infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş Cu-C kompozitlerin tribolojik davranışının karakterizasyonu,” 9. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, 11-15 Haziran, İstanbul, Türkiye, 1997, ss. 1305-1309.
- [4] S. P. Dhandapani, V. Jayaram, M. K. Surappa, “Growth and microstructure of Al₂O₃-SiC-Si(Al) composites prepared by reactive infiltration of silicon carbide preforms,” *ActaMetallurgica et Materialia*, vol.42, no. 3, pp. 649-656, 1994.
- [5] M. K. Aghajanian, M. A. Rocazella, J. T. Burke,, S. D.Keck, “The fabrication of metal matrix composites by a pressureless infiltration technigue,” *Journal of Materials Science*, vol.26, no. 2, pp.447-454, 1991.
- [6] Y. Han, X. Liu, X. Bian, “In situ TiB₂ particulate reinforced near eutectic Al-Si alloy composites,” *CompositesPart A: Applied Science and Manufacturing*, vol.33, no. 3, pp. 439-444, 2002.
- [7] S. Y. Chong, H. V. Atkinson, H. Jones, “Effect of ceramic particle size, melt superheat, impurities and alloy conditions on threshold pressure for infiltration on SiC powder compacts by aluminium-based melts,” *MaterialsScienceandEngineering A.*, vol.173, no. 1-2, pp. 233-237, 1993.
- [8] R. Asthana, P. K. Rohatgi, “Solidification synthesis of pressure-infiltrated Al alloy 2104-SiC platelet composites,” *Materials Science and Engineering A.*, vol.144, no. 1-2, pp. 169-178, 1991.
- [9] İ. Karademir, S. Ateş, “SiO₂ Takviyeli Etial 21 Esaslı Kompozit Malzemelerin Basınçlı İnfiltrasyon Yöntemi İle Üretimi Ve Özelliklerinin İncelenmesi,” *Journal of Engineering and Technological Sciences*, s. 1, ss. 1-12, 2014.
- [10] S. Ateş, E. Kızılok, “Basınçlı İnfiltrasyon İle Üretilen SiC/Al2014 Kompozitlerin Özelliklerine İnfiltrasyon Sıcaklığının Etkisinin Tek Yönlü Varyans Analizi İle İncelenmesi,” *International Journal of Research and Development*,c. 3, s. 1, ss. 50-54, 2011.
- [11] M. Acılar, F. Gül, “Basınçlı İnfiltrasyon Yöntemi İle Üretilen Al-SiCp Kompozitlerde Partikül Boyutunun Abrasiv Aşınma Davranışına Etkisi,” *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, c. 22, s. 2, ss. 323-327, 2007.
- [12] M. Pul,Al Matrisli MgO Takviyeli Kompozitlerin İnfiltrasyon Yöntemi İle Üretilmesi Ve İşlenebilirliğinin Değerlendirilmesi,” Doktora Tezi, Makine Eğt. Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2010.
- [13] A. Manna, B. Bhattacharyya, “A study on machinability of Al/SiC-MMC,” *Journal of Materials Processing Technology*, vol.140, no. 1-3,pp.711-716, 2003.

- [14]T. Özben, E. Kılıçkap, O. Çakır, “Investigation of mechanical and machinability properties of SiC particle reinforced Al-MMC,” *Journal of Materials Processing Technology*,vol.198,no. 1-3, pp.220-225, 2008.
- [15] Y. Zhu, H.A. Kishawy, “Influence of alumina particles on the mechanics of machining metal matrix composites,” *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol.45, no. 4-5,pp. 389-398, 2005.
- [16] Kannan, S. Kishawy, H.A., “Tribological aspects of machining aluminium metal matrix composites,” *Journal of Material Processing Technology*, vol.198,no. 1-3, pp.399-406, 2008.
- [17] P.J.Davim, “Diamond tool performance in machining metal–matrix composites,” *Journal of Materials Processing Technology*, vol.128, no. 1-3, pp.100-105, 2002.
- [18] W. Pedersen, M. Ramulub, “Facing SiCp/Mg metal matrix composites with carbide tools,” *Journal of Materials Processing Technology*,vol. 172,no. 1-3, pp.417-423, 2006.
- [19] L. Iulianoa., L. Settineria., A. Gattob, “High-speed turning experiments on metal matrix composites,” *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*,vol.29, no. 12, pp.1501-1509, 1998.
- [20] *Tool-life testing with single-point turning tools*, ISO 3685, International Organization for Standardization, 1993.
- [21] *Geometrical Product Specifications (GPS) -Surface texture: Profile method-Rules and procedures for the assessment of surface texture*, ISO 4288, International Organization,for,Standardization, 1996.
- [22] E.M.Trent, “Metal cutting,” 2rd Edition, London, England, Published by Butterworth-Heinemann, 1989, pp.1-171.
- [23]H. Zhang, “Plastic Deformation and chip Formation Mechanics during Machining of Copper, Aluminium and an Aluminium Matrix Composite”, Ph.D. dissertation, University of Windsor, Canada, 2000.
- [24]U. Şeker, *Takım Tasarımı Ders Notları*, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2008.
- [25] F. Mendi, *Takım tezgahları teori ve hesapları*, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2006.
- [26]M. Akkurt, *Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları*, 2. Baskı, Ankara, Türkiye, Gazi Kitapevi,2006, ss. 1-345
- [27]E.P. De Garmo, J.T. Black, R.A. Kohser, *Materials and processes in manufacturing*, 9th ed., New Jersey, USA: Prentice-HallInc., 1997, pp.214-652.