

İNFILTRASYON YÖNTEMİYLE ÜRETİLMİŞ AL MATRİSLİ MgO TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ASIL KESME KUVVETLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Muharrem PUL*, **Recep ÇALIN****, **Ulvi ŞEKER*****

*mpul61@hotmail.com Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü-Ankara

**recepcalin@hotmail.com Kırıkkale Üniversitesi, Malzeme ve Metalurji Müh. Bölümü-Kırıkkale

***useker@gazi.edu.tr Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü-Ankara

ÖZET

Bu çalışmada ilk olarak MgO takviyeli Al matrisli kompozitler, vakumlu infiltrasyon yöntemi ile % 5, % 10 ve % 15 takviye-hacim oranlarında üretilmiş ve kompozit numunelerin mekanik özellikleri belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, Sementit Karbür (SK), Kübik Bor Nitrür (KBN) ve Kaplamalı Kübik Bor Nitrür (KBN K) kesici takımlar kullanılarak, üretilen numuneler işleme deneylerine tabi tutulmuştur. İşleme deneyleri; 150, 200, 250 ve 300 mm/min kesme hızlarında, 0,075, 0,15 ve 0,225 rev/min ilerleme değerlerinde ve 1 mm sabit kesme derinliğinde yapılmış ve kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Deneylerin sonucunda, kesme hızındaki artışa bağlı olarak, asıl kesme kuvvetlerinde azalma eğilimi görülürken, ilerleme değerinin artmasıyla asıl kesme kuvvetlerinin de arttığı gözlenmiştir. Asıl kesme kuvvetleri açısından en kararlı sonuçları % 10 MgO takviyeli numuneler sergilemiştir

Anahtar Sözcükler: İnfiltrasyon, Kompozit, MgO, İşleme, Asıl Kesme Kuvveti

ABSTRACT

In this study, primarily with MgO reinforcement Al matrix composites are produced 5%, 10% and 15% volume fraction of reinforcement proportions with vacuum infiltration method and determined the mechanical parameters of composite samples. In the second part of the study, produced samples carried out machining experiments by using Carbide (C), Cubic Boron Nitrides (CBN) and Covered Cubic Boron Nitrides (CBN-C) cutting tools. Machining experiments are made cutting speeds of 150, 200, 250 and 300 m/min, feed rates of 0,075-0,15 and 0,225 mm/rev and constant cutting depth of 1 mm. Cutting forces are measured during experiments. It is observed in the experimental results that while occurring the tendency decrease in main cutting force to depending on increase at cutting speed, and result in increasing the main cutting force with ascending feed rates. 10 % MgO reinforced samples showed the most stable results in terms of main cutting force.

Keywords: Infiltration, Composite, MgO, Machining, Main Cutting Force

1.GİRİŞ

Kompozit malzemeler; sergiledikleri mükemmel dayanım özellikleri, farklı birleşim ve geometrilerde üretilebilmeleri, yorulma, tokluk, yüksek sıcaklık, oksitlenme ve aşınma dayanımlarının yüksek olması nedeniyle, endüstriyel alanlarda gün geçtikçe daha fazla kullanılmaktadır [1].

Alüminyum, magnezyum ve alaşımları, MMK üretiminde hafif ve sünek olmaları nedeniyle çok yaygın kullanılan matris malzemeleridir. Alüminyum matrisli kompozitlerin üretilmesinde ise SiC, SiO₂, Al₂O₃, ve MgO gibi farklı takviye elemanları kullanılmaktadır. MMK üretiminde çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Özellikle, alüminyum matrisli kompozitlerin üretilmesinde sıvı hal işlemlerinden infiltrasyon yöntemi birçok uygulamada kullanılmaktadır [2,3]. İnfiltrasyon yöntemiyle MMK malzeme üretimi oldukça ekonomik bir yöntemdir. Yüksek teknolojilere ve pahalı gereçlere ihtiyaç duyulmamaktadır [4].

MMK'lerin ticari olarak kullanılmalarının belirlenmesinde en önemli kriterlerden birisi de talaşlı işleme karşı gösterdikleri davranıştır. Bu konuda yapılan araştırmalara bakıldığında, genel olarak, kesme hızı ve ilerlemenin artması ile hem kesme kuvvetinin hem de takım aşınmasının arttığı belirtilmektedir [5,6]. Başka bir çalışmada, MMK malzemelerin içerisindeki seramik özellikli takviye elemanlarının aşındırma ve sertlik özellikleri nedeniyle çok zor talaş kaldırılabilirdiği, kesme hızının, takım aşınması üzerinde en etkili parametre olduğu ve kesme hızının 50 m/min'den 150 m/min'e çıkmasıyla aşınmanın iki katına çıktığı ifade edilmiştir [7]. MMK malzemelerin işlenmesinde kesme kuvvetlerinin incelenmesinde esas kesme kuvveti ön plana çıkmaktadır. Esas kesme kuvvetinin, ilerleme kuvvetinden daha büyük olduğu ve aynı işleme şartlarında ilerleme kuvvetinin kesme hızına bağlı olarak çok fazla değişmediği, esas kesme kuvvetinin ise kesme hızına bağlı olarak azaldığı belirtilmektedir [8].

Pek çok çalışmada, MMK malzemelerin işlenmesinde, farklı kesici takımlar ile deneyler yapılarak, takımların performansları incelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda, SK takımların kaba işlemlerde, KBN ve ÇKE takımların ise hassas işlemlerde uygun olduğu, KBN ve ÇKE takımların bu malzemelerin işlenmesinde uzun ömürlü oldukları ve takım yüzeylerinde diğerlerine nazaran en az seviyede aşınma oluştuğu vurgulanmaktadır [9]. Ayrıca, ÇKE takımlar ile işleme deneylerinde malzeme yapışmasının çok daha az oluştuğu ve SK takımlara göre 50 kat daha iyi performans gösterdiği belirtilmektedir [10,11]. İşleme deneylerinde, ilerleme miktarının kesme kuvvetleri üzerinde etkili olduğu, ilerleme miktarının artmasıyla; kesme kuvvetlerinin artış gösterdiği ve takım üzerinde yığıntı talaş (BUE) oluşumunun artarak, takım aşınmasını hızlandırdığı ifade edilmektedir [12,13].

Bu çalışmada vakumlu infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş olan MMK numuneler üzerinde, Bilgisayar Sayısal Denetimli (BSD) torna tezgahında işleme deneyleri yapılmıştır. İşlemler sırasındaki kesme kuvvetleri ölçülerek kaydedilmiştir. İşleme deneylerine ait sonuçlar; SK, KBN ve KBN K takımlar için, üretimi yapılmış olan üç farklı T-H oranındaki (% 5, % 10 ve % 15 MgO takviyeli) MMK malzemeye göre kesme kuvvetleri yönünden değerlendirilmiştir.

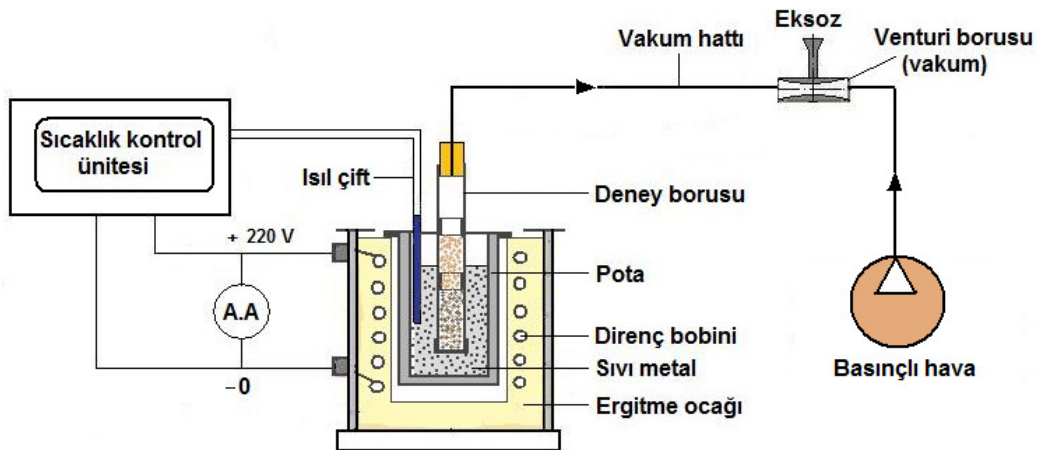
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. MMK Numunelerin Vakumlu İnfiltasyon Yöntemiyle Üretilmesi

İnfiltasyon deneylerinde, sıvı matris malzemesi olarak % 99,7 saflığında Al kullanılmıştır. İnfiltasyon 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. Üretimi yapılan Al matrisli kompozit malzemede, takviye elemanı olarak, matris malzemesinde olduğu gibi 149 µm - 210 µm parçacık boyutunda, magnezya (MgO) kullanılmıştır.

Vakumlu infiltasyon deneyinde, 30 mm çapında, AISI 304 kalitesinde paslanmaz çelik boru kullanılmıştır. % 5, % 10 ve %15 takviye hacim oranlarında hazırlanmış olan toz karışımları 80 mm yükseklik oluşturacak şekilde boru içerisine serbest halde doldurulmuş ve deney borusunun alttan ve üstten sızdırmazlığı sağlanmıştır. Deney borularının vakum ünitesi ile irtibatı bakır boruyla sağlanarak, vakumlu infiltasyon deneylerine geçilmiştir.

İnfiltasyon deneylerinde Şekil 1’de görülen deney düzeneği kullanılmıştır [14].



Şekil 1. Vakumlu infiltasyon deney düzeneği [14]

Pota içerisindeki sıvı Al'un sıcaklığının 800 °C'a çıkması beklenerek sıvı metal sıcaklığı ± 5 °C'da sabit tutulmuştur. Deneylerde gerekli olan vakum vakum cihazı ile elde edilerek, 550 mmHg ± 10 mmHg vakum değeri aralığında sabit tutulmuştur. İnfiltasyon için hazırlanan ve içerisi doldurulmuş deney boruları, pota içerisindeki sıvı metale daldırılarak 5 dakika süreyle vakumlu infiltasyon işlemi uygulanmıştır. Soğuduktan sonra açılan deney boruları içerisinden çıkartılan malzemelerin tam infiltre olduğu ve MMK malzemenin istenilen mesafede, başarılı bir şekilde üretildiği görülmüştür.

Üretilen MMK malzemelerin setlik ölçümleri, Brinnell yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Her takviye hacim oranı için en az 10 ayrı noktadan ölçüm yapılarak ortalama sertlik değerleri hesaplanmıştır. Vakumlu infiltasyon yöntemi ile üretilen MMK malzemelerden Çapraz Kırılma Deneyi (ÇKD) için, ASTM-B 312 ve ASTM-B 528-05 standardına uygun olarak, her T-H oranı için, hidrolik preste kırma işlemi

yapılmıştır. Numunelerin çapraz kırılma mukavemetleri, presten elde edilen yük değerlerine göre hesaplanmıştır.

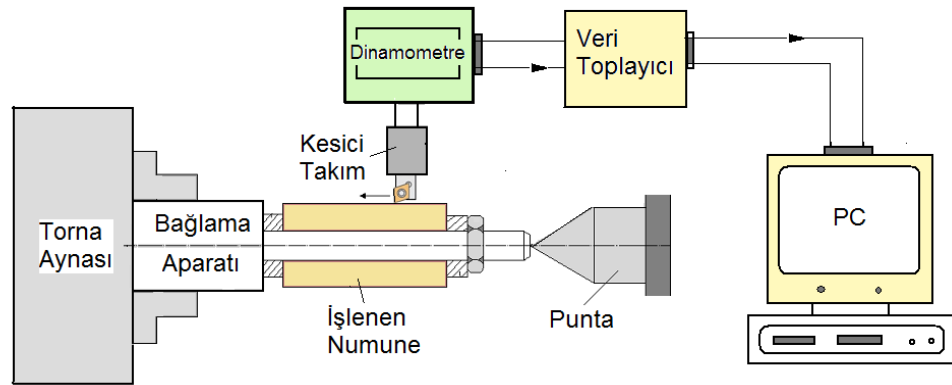
2.2. MMK Numunelerin İşleme Deneyleri

İşleme deneyleri, Bilgisayar Sayısal Denetimli (BSD) torna tezgahında, kuru kesme şartlarında, dört farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme ve sabit kesme derinliğinde gerçekleştirilmiştir. Kesme hızları, kesici takım üreticilerinin önerileri ve literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir. Kesme derinliği ve ilerleme hızları ise ISO 3685'te [15] belirtildiği gibi kesici takım uç yarı çapına bağlı olarak, gereken değer aralığında olacak şekilde seçilmiştir. Hazırlanan numuneler; BSD torna tezgahında kolay, hassas ve kısa zamanda işleme şartları dikkate alınarak imal edilen bir bağlama aparatı ile talaşlı işleme deneyine tabi tutulmuştur. Kesme parametrelerinin gösterildiği tablo, Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İşleme deneylerde kullanılan kesme parametreleri ve seviyeleri

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

İşleme deneylerindeki kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde, üç kesme kuvveti bileşenini (F_z , F_y ve F_x) aynı anda ölçme kapasitesine sahip kristal esaslı kuartz *KISTLER 9257B* tipi dinamometre kullanılmıştır. Kesme kuvvetleri, her bir deneyde talaş kaldırma süresince ölçülmüştür. Sonuçlar, *Dynoware* isimli bilgisayar yazılımı kullanılarak grafiklere aktarılmıştır. Kesme kuvvetlerinin üç bileşeni için, kesme süresince elde edilen kuvvet değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Kesme kuvvetlerini ölçen deney düzeneğinin şematik gösterilişi Şekil 2'de verilmiştir [16].



Şekil 2. Bağlama aparatı ve kesme kuvvetleri ölçme deney düzeneği [16]

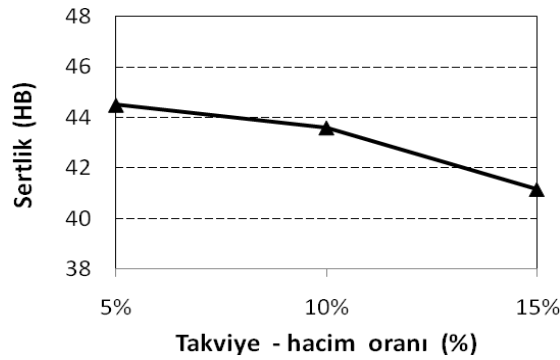
Talaşlı işleme deneylerinde, ISO 3685 standardında [15] belirtilen özelliklere ve deneylerin yapılacağı şartlara uygun olarak; Sandvik marka, Sementit Karbür SK (C), Mitsubishi Carbide marka, Kübik Bor Nitrür, KBN (CBN) ve Mitsubishi Carbide marka, Kaplamalı Kübik Bor Nitrür, KBN K (CBN C) olmak üzere üç ayrı kaliteye sahip kesici takım kullanılmıştır [17,18]. Tasarlanan aparatla takım tezgahına bağlanan

ve deney düzeneği ile irtibatlanan üç takviye-hacim oranına ait numuneler üzerinde, seçilen kesici takımlarla, toplamda 108 adet talaşlı işleme deneyi gerçekleştirilmiştir

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Numunelerin Sertlik Ölçümü ve Çapraz Kırılma Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

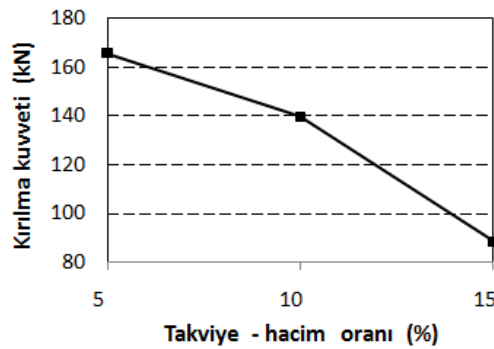
Vakumlu infiltrasyon deneylerinde üretilen kompozit numunelerin sertlik değerleri Brinnell sertlik ölçme yöntemi ile belirlenmiştir. Şekil 3'teki grafikte MgO T-H oranına göre kompozitlerin sertlik değerlerine ait ortalama ölçüm sonuçları verilmiştir.



Şekil 3. 550 mmHg vakumda, 800 °C sıcaklıkta ve 5 dakika sürede üretilen kompozit numunelerin T-H oranı ve sertlik değeri ilişkisi

Şekil 3'teki sertlik ölçüm değerleri, numuneler üzerinde rastgele seçilmiş 10 ayrı noktada ölçülen değerlerin aritmetik ortalamasını göstermektedir. Her üç T-H oranındaki numunelerde çıkan sertlik değerlerinin birbirine yakın olduğu en düşük değerin ise % 15 MgO H-T oranına sahip numunede ölçüldüğü görülmektedir. Bunun sebebi olarak; numunelerdeki T-H oranlarının birbirine yakın değerlerde olması ve T-H oranının artışı ile gözenek miktarının da artması, dolayısıyla da gözenekli kısımlardaki boşluklu yapının sertlik değerini bir miktar azalttığı düşünülmektedir.

Şekil 4'te, infiltrasyon deneylerinde üretilen MMK malzemelerin, takviye-hacim oranına bağlı olarak çapraz kırılma deney sonuçları verilmiştir.



Şekil 4. 550 mmHg vakumda, 800 °C sıcaklıkta ve 5 dakika sürede üretilen kompozit numunelere ait T-H oranı ve kırılma dayanımı ilişkisi

Şekil 4'te görüldüğü gibi T-H oranının artmasıyla kompozitlerin kırılma dayanımı azalmaktadır. Bu durum, Çalın [14] ve Chong'un [19] çalışmalarına benzer olarak artan T-H oranında MgO parçacıklarının etrafındaki gözeneklerinde artmasından kaynaklandığı sanılmaktadır. Gözeneklerin malzemelerin kırılma tokluğunu kötü yönde etkilediği ve artan gözeneklerin kırılma dayanımını azalttığı düşünülmektedir. Ayrıca, kompozit numuneler içerisindeki takviye elemanı MgO parçacıklarının keskin köşeli yapısının, kırılma esnasında çentik etkisi yaparak kırılma dayanımını olumsuz yönde etkilediği sanılmaktadır. Dolayısıyla, MMK numuneler içerisindeki MgO oranının artması, çentik tesirini de arttırmış ve en düşük kırılma dayanımı 88,5 kN ile % 15 T-H oranlı numunede gerçekleşmiştir.

3.2. İşleme Deneyi Sonuçlarına Göre Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

Malzemelerin işlenebilirlik özelliklerinin değerlendirilmesinde bir takım üniversal kriterler olmamakla beraber talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetleri (veya özgül kesme direnci/harcanan güç) en yaygın kullanılan temel işlenebilirlik kriterlerinden biridir [20]. Bu amaçla işleme deneyleri süresince oluşan kesme kuvvetleri, dinamometre ile ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Her deney için, kesme kuvveti bileşenlerindeki değişimi gösteren grafikler, Kistler *Dynoware* yazılımı kullanılarak elde edilmiştir.

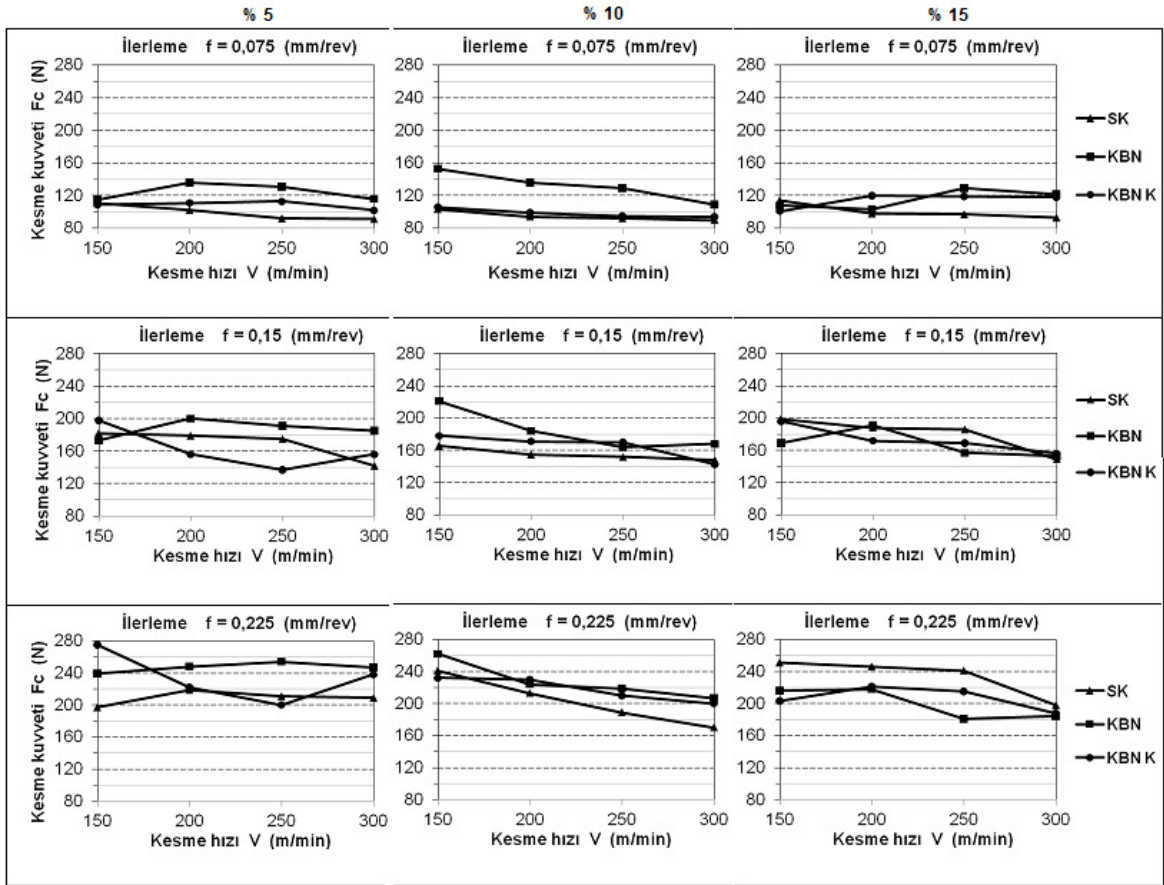
Malzemelerin işlenebilirliklerinin değerlendirilmesinde güç sarfiyatının belirlenmesinde en önemli etmen olan asıl kesme kuvveti F_c , farklı T-H oranlarındaki MMK malzemeler için değişik kesici takımlar baz alınarak, farklı kesme parametrelerine göre değerlendirilmiştir.

% 5, % 10, % 15 MgO takviyeli numunelerde; farklı ilerleme değerleri için, farklı kesici takım malzemelerine göre, kesme hızına bağlı olarak F_c 'nin değişimi, Şekil 5'deki grafiklerde toplu olarak gösterilmiştir.

Şekil 5'deki grafiklere bütün olarak bakıldığında, artan kesme hızlarına bağlı olarak asıl kesme kuvveti F_c 'nin azaldığı görülmekte ve bu durum literatürle paralellik arz etmektedir [6,20,21].

% 5 MgO takviyeli numunelere ait grafikler incelendiğinde; 0,075 mm/rev ilerleme için en kararlı sonuçlar ve en düşük F_c değerleri SK takımla elde edilmiştir. İlerlemenin 0,15 mm/rev'e çıkmasıyla, yine SK kesici takımlar için artan kesme hızıyla F_c 'de düzenli bir azalma gözlenirken KBN ve KBN K takımlar için bazı düzensizlikler söz konusudur. 0,225 mm/rev ilerleme değerinde ise en kararsız sonuçları KBN K takım sergilerken, KBN takımında daha kararlı durum gözlenmiştir.

% 5 T-H oranına sahip numuneler, düşük takviye oranı sebebiyle, genellikle Al matrisin davranışını sergileme eğilimindedir. Al'un yüksek BUE oluşturma eğiliminin kesici takım geometrisini değiştirmesi sebebiyle, F_c 'de beklenmeyen/istenmeyen dalgalanmalara sebep olduğu düşünülmektedir. En kararlı sonuçlar ve 0,075 mm/rev ile 0,225 mm/rev ilerleme değerleri için en düşük F_c değerleri SK kesici takımla elde edilmiştir. 0,15 mm/rev için ise, ikinci en düşük F_c değerleri yine bu kesici takımla elde edilmiştir.



Şekil 5. % 5, % 10, % 15 MgO takviyeli numunelerde; farklı ilerleme değerleri için, kesici takım malzemesi dikkate alınarak, kesme hızına bağlı olarak F_c 'nin değişimi

% 10 MgO takviyeli numuneler, asıl kesme kuvvetindeki değişim açısından en kararlı sonuçların elde edildiği numuneler olarak görülmektedir. Bu T-H oranına sahip numunelerde, beklenildiği şekilde asıl kesme kuvveti F_c , artan kesme hızıyla düşme eğilimine girmiştir. Bütün ilerleme değerleri için en düşük F_c kuvvetleri yine SK kesici takımlarla elde edilmiştir. 0,075 mm/rev için KBN K kesici takımlar da SK kesici takımla elde edilen değerlere çok yakın sonuçlar sergilemiştir. İlerlemenin 0,15 mm/rev'e çıkmasıyla, özellikle 200 m/min kesme hızından sonra, her üç takım için de F_c değerleri birbirine yaklaşmış ama yine en düşük F_c değerleri SK kesici takımla elde edilmiştir. İlerlemenin en yüksek değeri olan 0,225 mm/rev ilerlemede F_c değerleri birbirine çok yaklaşmış olmakla beraber, SK kesici takımla, özellikle 200 m/min kesme hızı ve sonrasında, düzenli bir düşme eğilimi ile en düşük F_c değerleri elde edilmiştir.

Şekil 5'deki % 15 MgO takviyeli numunelere ait grafikler incelendiğinde; tüm ilerleme değerleri için 150 m/min kesme hızında elde edilen kararsız sonuçlar bu kesme hızının uygun olmadığını, muhtemelen sünek malzeme yapısı sebebiyle düşük kaldığını göstermektedir. Yine 0,075 mm/rev ilerleme değeri için özellikle KBN kesici takım, çok kararsız sonuçlar sergilemiştir. 200 m/min kesme hızı ve daha yüksek hızlarda diğer iki ilerleme değeri (0,15 mm/rev ve 0,225 mm/rev) için artan kesme hızıyla beraber F_c , beklenen biçimde, düşme eğilimine girmiştir. Daha evvel en düşük F_c değerlerinin elde edildiği SK kesici takımlarla, bu şartlarda en yüksek F_c değerleri elde edilmiştir. 0,15 mm/rev ve 0,225 mm/rev ilerleme değerleri için, % 15 MgO T-H oranına sahip numunelerde en iyi sonuçlar KBN kesici takımla, ikinci en iyi sonuçlar ise KBN K

kesici takımla elde edilmiştir. 0,075 mm/rev için ise en iyi ve kararlı sonuçlar SK kesici takımlardan elde edilmiştir. Kompozit malzemelerin saf metaller veya alaşımlarının yapısından farklı özellikleri, elde edilen sonuçlardaki kararsızlığın temel nedeni olarak düşünülmektedir.

Grafiklerden gözlenen bu bulgular ışığında, fiyat ve elde edilebilirlik açısından da değerlendirildiğinde, pahalı kesici takım alternatifleri yerine daha ekonomik ve kolay elde edilebilir SK kesici takımların tercih edilmesi düşünülebilir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Üretilen kompozit numunelerle yapılan çapraz kırılma deneyleri, T-H oranının artmasıyla kırılma dayanımının azaldığını göstermektedir. Bu durumun artan T-H oranında MgO parçacıklar etrafında yoğunlaşan gözenek artışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, takviye elemanı MgO'nin keskin köşeli parçacık yapısına sahip olması sebebiyle, kompozit yapı içerisinde, kırılmaya zorlandığı esnada çentik tesiri oluşturarak kırılma dayanımını düşürdüğü sanılmaktadır. Dolayısıyla, içerisinde en fazla MgO takviye elemanı bulunan % 15 T-H oranlı numunede, en düşük kırılma dayanımı değeri oluşmuştur.
- Üretilen numuneler üzerinde yapılan Brinell Sertlik Deneyleri T-H oranının artmasıyla sertlik değerinin azaldığını göstermiştir. Bu duruma artan T-H oranlarında gözenek miktarının da artmasının sebep olduğu düşünülmektedir. Gözenekli bölgelerdeki boşluklu yapı, sertlik değerinin düşmesine sebep olmuştur. Kompozit malzemeler içerisindeki gözenek miktarının artması malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir.
- İşleme deneylerinin tamamında, genel olarak beklendiği şekilde, kesme hızındaki artışa bağlı olarak, asıl kesme kuvvetleri azalırken ilerleme miktarındaki artışa bağlı olarak, asıl kesme kuvvetleri artma eğilimi göstermiştir. Bu durum, kesme hızının artmasıyla kesme bölgesinde artan sıcaklığın plastik deformasyonu kolaylaştırmasına, artan ilerleme miktarıyla ise talaş kesit alanının büyümesine atfedilmiştir.
- % 5 MgO takviyeli numunelerde, kesme kuvvetlerinde görülen düzensizlikler, T-H oranının çok küçük olması sebebiyle, kesici takımın genelde sünek yapıdaki Al matrisli temasta olmasına bağlı olarak açıklanmıştır.
- T-H oranının % 5'den % 10'a çıkmasıyla, işleme şartlarına bağlı olarak, kesme kuvvetleri, kesme hızındaki artışla azalma, ilerlemedeki artışla ise artma eğilimine girmiştir. Bu durum Al'a göre daha sert olan MgO fazının etkili olmaya başladığının ve BUE eğiliminin azaldığının bir göstergesidir. Üç farklı T-H oranı içerisinde en kararlı sonuçlar, % 10 MgO takviyeli numunelerde elde edilmiştir.
- % 15 MgO takviyeli numunelerde kesme kuvvetleri açısından en kararlı sonuçlar SK takımlarla elde edilirken, 150 m/min kesme hızında KBN ve KBN K takımlarda gözlenen kesme kuvvetlerindeki düzensizlikler, artan T-H oranına rağmen bu hızın

KBN ve KBN K takımlar için halen düşük olduğunun göstergesidir. Kesme kuvvetlerindeki bu dalgalanmalar ayrıca, kompozit malzemelerin yapısında görülen düzensizliklere (homojenlik, gözeneklilik vb.) atfedilmiştir.

• İşlenebilirlik açısından genel bir değerlendirme yapılacak olursa, en olumlu sonuçlar % 10 T-H oranında ve SK kesici takımlar kullanılarak elde edilmiştir. Bu tür kompozit malzemelerin işlenmesinde KBN ve KBN K takımların daha yüksek kesme hızlarında daha düşük ilerleme ve talaş derinliklerinde kullanılması düşünülmelidir. Çünkü bu çalışmada belirlenen kesme parametreleri dikkate alındığında, fiyat/performans ilişkisi daha avantajlı olan SK takımlarla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

[1] CHAN, R.W., HAASEN, P., KRAMER, E.J., Structure and properties of composites, **Materials Science and Technology**, No13, 1-339, (1993).

[2] GÖLLER, G., Basınçlı infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş Cu-C kompozitlerin tribolojik davranışının karakterizasyonu, **9. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi**, 11-15 Haziran, 1305-1309, (1997).

[3] 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).

[4] LAI, S. W., and CHUNG, D. D. L., Fabrication of particulate aluminium-matrix composites by liquid metal infiltration, **Journal of Materials Science.**, Chapman & Hall, 3128, (1994).

[5] LIN, J.T., BHATTACHARYYA, D., KECCMAN, V., Multiple regression and neural networks analyses in composites machining”, **Composites Science and Technology**, 63: 539-548, (2003).

[6] 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).

[7] KILIÇKAP, E., ÇAKIR, O., AKSOY, M., İNAN, A., Study of tool wear and surface roughness in machining of homogenised SiC-p reinforced aluminium metal matrix composite, **Journal of Materials Processing Technology**, 164-165: 862-867, (2005).

[8] MANNA, A., BHATTACHARYYA, B., A study on machinability of Al/SiC-MMC, **Journal of Materials Processing Technology**, 140: 711-716, (2003).

[9] HUNG, N.P., LOH, N.L., XU, Z.M., Cumulative tool wear in machining metal matrix composites Part II: Machinability, **Journal of materials processing technology**, 58:114-120, (1996).

- [10] DAVIM, P.J., Diamond tool performance in machining metal–matrix composites, **Journal of Materials Processing Technology**, 128: 100-105, (2002).
- [11] DING, X., LIEW, W.Y.H., LIU, X.D., Evaluation of machining performance of MMC with PCBN and PCD tools, 15th International Conference on Wear of Materials, *Wear*, 259:1225-1234, (2005).
- [12] PEDERSEN, W., RAMULU, M., Facing SiCp/Mg metal matrix composites with carbide tools, **Journal of Materials Processing Technology**, 172: 417-423, (2006).
- [13] MANNAA, A., BHATTACHARAYYA, B., A study on machinability of Al/SiC-MMC, **Journal of Materials Processing Technology**, 140:711-716, (2003).
- [14] ÇALIN, R., Magnezya parçacık takviyeli Al matrisli kompozitin vakum infiltrasyon yöntemi ile üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2006).
- [15] ISO 3685, Tool-life testing with single-point turning tools, 1-12, (1993).
- [16] PUL, M., Al matrisli MgO takviyeli kompozitlerin infiltrasyon yöntemi ile üretilmesi ve işlenebilirliğinin değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2010).
- [17] Sandvik Coromant, Turning Catalog, **Sandvik Coromant**, Sweden, 8-300, (2008).
- [18] Mitsubishi, Turning Tools Catalog, **Mitsubishi Materials Corporation**, Japan 1-400, (2008).
- [19] CHONG, S. Y., ATKINSON, H. V. and JONES, H., Effect of ceramic particle size, melt superheat, impurities and alloy conditions on threshold pressure for infiltration on SiC powder compacts by aluminium-based melts, **Materials Science and Engineering.**, 173 : 233-237, (1993).
- [20] TRENT, E.M., Metal cutting, **Butterworths Press**, London, 1-171, (1989).
- [21] ZHANG, H., Plastic Deformation and chip Formation Mechanics during Machining of Copper, Aluminium and an Aluminium Matrix Composite, PhD. Thesis, **University of Windsor**, Canada, 5-106, (2000).