

Al-SiCp MMK'LERDE PARTİKÜL TAKVİYE ORANININ MEKANİK ÖZELLİKLERE VE İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Erol KILIÇKAP, Tamer ÖZBEN, Orhan ÇAKIR

Dicle Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 21280/Diyarbakır

Geliş Tarihi : 07.07.2005

ÖZET

Bu çalışmada, Al Si7 Mg2 metal matriks kompozit malzeme içerisine farklı oranlarda takviye edilen SiCp'in mekanik özelliklere ve talaşlı işlenebilirliğine olan etkisi araştırılmıştır. % 5, 10 ve 15 SiCp takviyeli kompozit malzemenin mekanik özellikleri, takviye oranının artması ile iyileştiği görülmüştür. Farklı kesme hızları (50, 100 ve 150 m/dak) ve ilerleme (0.1, 0.2 ve 0.3 mm/dev) değerlerinde kesici takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü takviye oranına bağlı olarak araştırılmıştır. Sabit kesme hızı ve ilerleme değerlerinde takviye oranının artması ile kesici takım aşınmasının ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. En büyük takım aşınması % 15 SiCp takviyeli metal matriks kompozit malzemenin 150 m/dak kesme hızında işlenmesinde ve en fazla yüzey pürüzlülüğü ise % 15 SiCp takviyeli metal matriks kompozit malzemenin 50 m/dak kesme hızı ve 0.3 mm/dev ilerleme değerinde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : MMK, Partikül takviye, İşlenebilirlik

INVESTIGATION OF REINFORCEMENT RATE AFFECTING MECHANICAL PROPERTIES AND MACHINABILITY IN Al-SiCp MMCs

ABSTRACT

In this study, the effects of various rate of reinforcement materials (SiCp) addition to Al Si7 Mg2 metal matrix composite on mechanical properties and machinability were investigated. It was noticed that the mechanical properties increased with increasing added reinforcement materials rate in 5, 10 and 15 % SiCp reinforced metal matrix composite. The investigation of tool wear and surface roughness was carried out by using different cutting speeds (50, 100 and 150 m/min) and feed rate (0.1, 0.2 and 0.3 mm/rev) at constant depth of cut (1.5 mm) and reinforcement rates. It was observed that, tool wear and surface roughness increased when reinforcement material rate raised at using the same cutting speed and feed values. The tool life was a maximum when 15 % SiCp reinforced metal matrix composite was machined at 150 m/min of cutting speed. The highest surface roughness was also noticed at 15 % SiCp reinforced metal matrix composite machined at 50 m/min of cutting speed and 0.3 mm/rev of feed.

Key Word : MMC, Particulate reinforcement, Machinability

1. GİRİŞ

Mühendislikte kullanılan malzemeler genellikle metaller, seramikler ve polimer malzemelerdir. Bu üç grubun birbirlerine göre üstün olan özellikleri

olmasına karşın, metallerin tasarım ve uygulama aşamasında yanlış yapma riskinin en az olması nedeni ile kullanım alanları daha yaygındır. Mukavemet/ağırlık, mukavemet/yoğunluk gibi spesifik oranlarının klasik malzemelere göre çok

daha yüksek olması, kompozit malzemelerin otomotiv endüstrisinde de kullanılmasına yol açmıştır. Teknolojinin hızlı gelişmesinin getirdiği kaçınılmaz sonuçlardan biri olarak, bu alanlarda kullanılan malzemelerin ihtiyaca cevap verebilmesi, makina ve malzeme mühendislerinin araştırmalarını hızlandırmasına neden olmuştur. Özellikle uzay ve hava endüstrisinde gerekli teknolojik özelliklere sahip malzemelerden en önemlilerinden biri olan kompozit malzemeler, bu araştırmalara değer mekanik özellikler sergilemektedir (Taminger, 1999). Günümüzde bu tip malzemelerin endüstriyel kullanımında, yüksek üretim maliyeti, MMK'in üretimi esnasında ve yüksek çalışma sıcaklıklarında katkı fazı ile ana faz arasındaki arayüzey reaksiyonu (Matthew, 1994; Guo, 1995; Bedir, 2004) ve talaşlı işlenebilirliğinde yaşanan zorluklardır (Kılıçkap, 2005).

Metal matriksli kompozitlerin mekanik özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, Embury, MMK'lerde çok eksenli yüksek gerilmelerinin bulunması metal matriksli kompozitlerde matriksin sünekliliğini azalttığını belirlemiştir. Ayrıca, bu gerilmelerle matriksteki boşluk büyümesinin çok hızlı olması nedeniyle sünekliliği belirleyen etkenin boşluk oluşumu safhası olduğunu ileri sürmektedir (Embury, 1985; Cöcen, 1997). Ejiofor ve Reddy, süreksiz takviyeli metal ve intermetalik matriksli kompozitlerde güçlendirme mekanizmasını, matriksin pekleşmesi ve temel yapının sağlamlığı ile açıklamaktadırlar (Ejiofor, 1997). Lewondowski ve Altınoğlu, sıkıştırma döküm kompozitleri, kum döküm kompozitlerine göre mikroyapı olarak oldukça farklı özellikler gösterirler. Bu farklılıklar takviye dağılımına ve ayrıca alaşım içindeki silisyum miktarına, dendrit hava boşluğuna, tane boyutuna ve poroziteye bağlıdır. Dendrit hava boşluğu, dendrit hücre boyutu ve segregasyon basınçlı dökümde oldukça azdır. Dendrit hava boşluğu basınçlı dökümde kum dökümüne göre yaklaşık üç kat daha azdır (Lewondowski, 1992).

Slezenev et al., (1998) tek başına silisyum ilavesi kompozitlerin mekanik özelliklerinde önemli bir değişiklik yaratmamasına karşın, yaklaşık % 1.5 Mg ilave edilmesi ile çekme mukavemetinde yaklaşık % 10 artış, kırılma tokluğunda ise değişim olmadığını gözlemlemişlerdir. Mg ve Si karışımının birlikte ilavesi ile, kompozitin çekme mukavemetinde % 25 artış görülmüş bununla birlikte kırılma tokluğunun Mg konsantrasyonuna bağlı olduğu ve % 0.5'ten daha az Mg ilavesi ile Si önceliğindeki karışımlarda kırılma tokluğunun azaldığını belirlemişlerdir. Mg miktarı % 1.5 oranına yükseltildiğinde kırılma tokluğunda iyileşmeler olduğu, hatta yükseldiği gözlenmiştir. Takviye partikül boyutunun azalması, kompozitin çekme

mukavemetini arttırmakta, kırılma tokluğunda ise partikül boyutunun artışı ile azalmalar gözlenmektedir (Slezenev, 1998).

Kompozit malzemelerin endüstriyel uygulamalarının artması, bu malzemelerin şekillendirilmesi konusunu da beraberinde getirmiştir. Bu açıdan talaşlı imalat yöntemlerinin ilk olarak düşünülmesi doğaldır, çünkü talaşlı imalat, tüm imalat yöntemleri içinde yaklaşık % 70 civarında bir orana sahiptir. Bir malzemenin talaşlı işlenebilirliğine etki eden işleme parametreleri; seçilen kesici takım ve iş parçası malzemelerine göre kullanılan kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği değerleridir. MMK'ların talaşlı işlenebilirliği konusu, bu parametreler dikkate alınarak yapılan çalışmalar bazında incelendiğinde, El-Gallab ve Sklad yaptıkları çalışmada, % 20 SiCp takviyeli Al MMK'in talaşlı işlenmesinde işlenmiş yüzey pürüzlülüğü üzerinde durmuşlardır. Kuru tornalama testlerini farklı kesme parametrelerinde yaparak işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Büyük talaş derinliği ve yüksek ilerleme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün düştüğünü tespit etmişlerdir (El-Gallab, 1998a; El-Gallab, 1998b; El-Gallab, 2000). Li and Seah, farklı SiC oranları içeren MMK'lerin talaşlı işlenebilirliğini özellikle partikül takviyelerinin boyut ve oranını açısından araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; takım aşınması, MMK'deki takviye elemanının yüzdesi kritik bir değeri aştığında hızlanmaktadır (Li, 2001). Diğer bir çalışmada ise, Lin ve arkadaşları % 5 ve daha fazla oranlarda SiCp içeren MMK'lerin talaşlı işlenmesinde, takım ömrü üzerinde farklı ısıl işlemler görmüş olan malzemelerin etkisi ortaya konmuştur. Uygulanan ısıl işlemde, sıcaklık ve bekleme süresi arttıkça takım aşınmasının arttığı ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığını tespit etmişlerdir (Lin, 1998). Weinert vd., basınçlı döküm yöntemi ile üretilen farklı partikül boyut ve oranlarında SiC ve Al₂O₃ içeren kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini tespit etmişler ve talaşlı işleme tabi tutmuşlardır (Weinert, 1993). Bergman ve Jacobson, çeşitli alüminyum MMK'ların farklı kesici takımlarla talaşlı işlenebilirliğini araştırmışlar, bu amaçla HSS ve kaplamalı-kaplamasız sert metal takımları (WC) kullanmışlardır. Kaplamalı WC takımların, HSS ve kaplamasız WC takımlara göre daha uzun takım ömrü verdiği ve MMK'da takviye elemanının takım aşınmasında önemli bir parametre olduğunu vurgulamışlardır (Bergman, 1996).

Bu çalışmada, % 5, 10 ve 15 SiCp takviyeli Al Si7 Mg2 MMK'in yoğunluk, sertlik, darbe dayanımı ve çekme mukavemeti özellikleri araştırılarak, SiCp takviye oranının talaşlı işlenebilirliğe etkisi farklı kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi işleme parametrelerinin takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkiler araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2. 1. Metal Matriks ve Takviye Malzemesi

Döküm alaşımı olarak kullanılan Al-Si alaşımı kolay şekillendirilebilir, ince cidarlı ve kompleks parçaların dökümlerine elverişli bir alaşımdır. Bu nedenle matriks alaşımı olarak sıkıştırma döküme uygun Al-Si alaşımı kullanılmıştır. Ayrıca matriks alaşımı ile takviye elemanı arasındaki yüzey enerjisini (ıslatma açısını) düşürerek iyi bir bağ oluşturmasını sağlamak ve böylelikle dayanımı yüksek bir ara yüzey bağı oluşturmak için % 2 Mg ilave edilmiştir.

Takviye malzemesi olarak matriks alaşımı ile iyi bir arayüzey bağı oluşturan ve kolay elde edilebilir, partikül boyutunda silisyum karbür (SiC) kullanılmıştır. Partiküller 30–60 µm boyutu elde edilebilecek şekilde eleklerden geçirilmiştir. Ancak bu aralıkta bulunan 50-60 µm boyutlu partikülleri oranı, 30-45 µm boyutlu partikül oranına göre oranı daha düşük seçilmiştir. Farklı boyutlarda partikül kullanılmasının sebebi; daha büyük boyutlu partiküllerin homojen karışım elde etmeye yardımcı olması, küçük partiküllerin daha fazla oranda kullanılması ise dayanım artışına yardımcı olmaktadır.

2. 2. Metal Matriks Kompozit Üretimi

Deneylerde kullanılan ağırlıkça % 5, 10 ve 15 SiCp takviyeli Al Si7 Mg2 MMK malzeme, 90 mm çapında ve 150 mm boyunda üretildi. Üretimin ilk aşamasında matriks malzemesinin elde edilmesi için, ETİAL-140 alaşımına Si oranını % 7'ye düşürecek oranda % 99.9 saflıkta alüminyum ilave edildi. Takviyeleri ıslatma kabiliyetini arttırabilmek için % 2 Mg ilave edilmiştir. Üretilen ağırlıkça % 5, 10 ve 15 SiCp takviyeli Al Si7 Mg2 metal matriks kompozit deney numunesinin kimyasal bileşimi Tablo 1'de ve optik mikroskoptaki görüntüleri ise Şekil 1 a, b, c'de verilmiştir (Akdoğan, 2001; Özben, 2001; Kılıçkap, 2003; Kılıçkap, 2004a,b).

Tablo 1. Al Si7 Mg2 MMK'in Kimyasal Kompozisyonu (% Ağırlık).

Si	7
Mg	2
Fe	0.54
Mn	0.38
Zn	0.11
Ni	0.074
Co	0.116
Cu	0.13
Ti	0.086
Al	Kalan

2. 3. Deneylerin Yapılması

Üretilen metal matriks kompozit, deney numunelerinin çekme mukavemeti, sertliği, yoğunluğu ve darbe dayanımı özellikleri tespit edilerek, tornalama işlemi universal torna tezgahında (MKE yapımı, 6.5 kW gücünde, 24 kademeli) gerçekleştirilmiştir. Tornalama işleminde TiN kaplı sert karbür (WC) kesici takımlar (Takım Kodu: TNMA 160408, Kater: PTGNR/L 2525 M16) kullanılmıştır. Deneyler esnasında kesme sıvısı kullanılmamıştır. Deneylerde kullanılan ve uygulanan parametreler ve değerler toplu olarak Tablo 2'de verilmiştir. Takım aşınması ölçümleri Nikon Epiphot 200 mikroskopta gerçekleştirilmiş ve yüzey pürüzlülüğü değerleri Taylor-Hobson Surtronic 3+ ölçüm ekipmanı ile yapılmıştır. Takım aşınmasının incelenmesi sırasında serbest yüzeydeki aşınma miktarı (VB) temel alınmıştır.

Tablo 2. Deney Şartları.

Kesici Takım	Kaplamasız WC(K10) TiN Kaplı WC (K10)
Kesme hızı(m/dak)	50 - 100 - 150
İlerleme (mm/dev)	0.1 - 0.2 - 0.3
Kesme Derinliği (mm)	0.5 - 1 - 1.5
Takviye oranı SiCp (% Ağırlık)	5 - 10 - 15

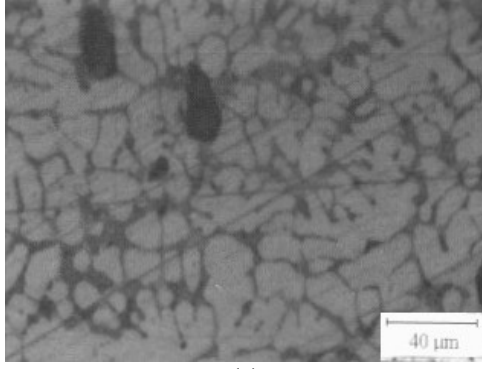
3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3. 1. Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerin Tespiti

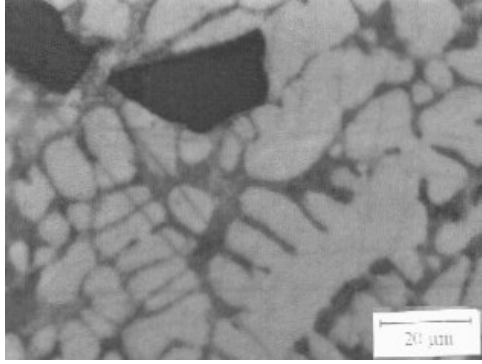
Sıkıştırma dökümle üretilen kompozit malzemelerden alınan numunelerin mikroyapısını incelendiğinde, SiC partiküllerinin oranının artmasıyla, yapı içerisindeki homojen dağılımının kötüleştiği gözlenmiştir. Buna ait mikroyapı resimleri Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Al Si7 Mg2 alaşımına, ağırlıkça % 5, 10, 15 oranlarında SiCp takviye edilerek, sıkıştırma döküm yöntemi ile elde edilen malzemelerin sertlik, darbe dayanımı ve çekme mukavemetine ait değerler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Üretilen Kompozit Malzemelerin Mekanik Özellikleri.

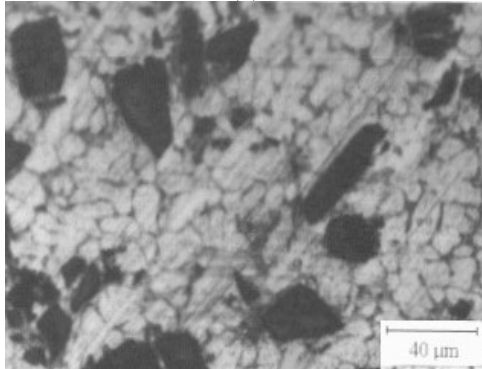
Mekanik özellikler	Takviye oranı (% Ağırlık)		
	5	10	15
Sertlik (HB)	85	93	96
Çekme dayanımı (MPa)	260	281	233
Darbe dayanımı (Joule)	0.38	0.42	0.56



(a)

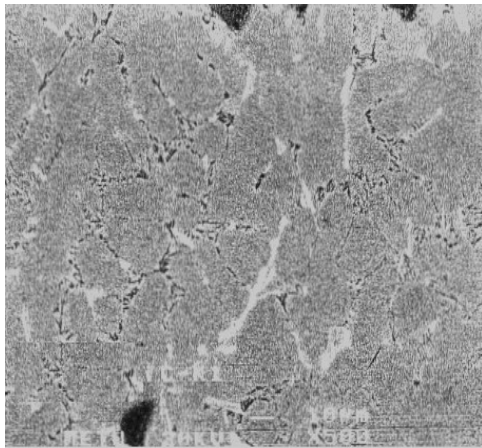


(b)

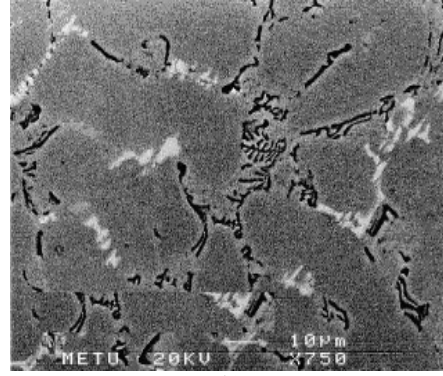


(c)

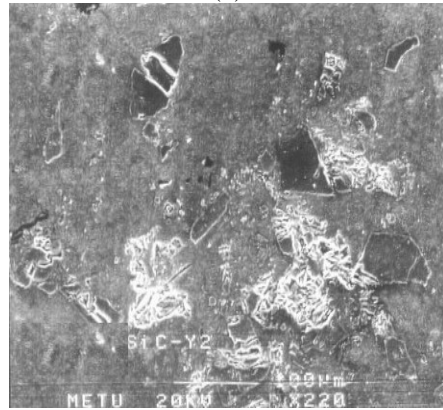
Şekil 1. Al Si7 Mg2 MMK'in optik mikroskop görüntüleri a) % 5 SiCp b) % 10 SiCp c) % 15 SiCp



(a)



(b)

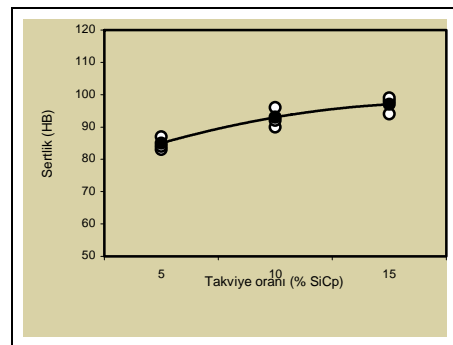


(c)

Şekil 2. Al Si7 Mg2 MMK'in SEM görüntüleri a) % 5 SiCp b) % 10 SiCp c) % 15 SiCp.

Al Si7 Mg2 matris alaşımının yoğunluğu 2.65 gr/cm^3 , takviye malzemesi SiCp'nin yoğunluğu ise 2.80 gr/cm^3 olduğundan, takviye oranının artması ile karışımlar kuralına göre hesaplanan kompozit malzemenin teorik yoğunluk değerleri beklenildiği gibi yüksektir. Bu yükselme takviye elemanı ile matris elemanı arasındaki yoğunluk farkı ile açıklanabilir.

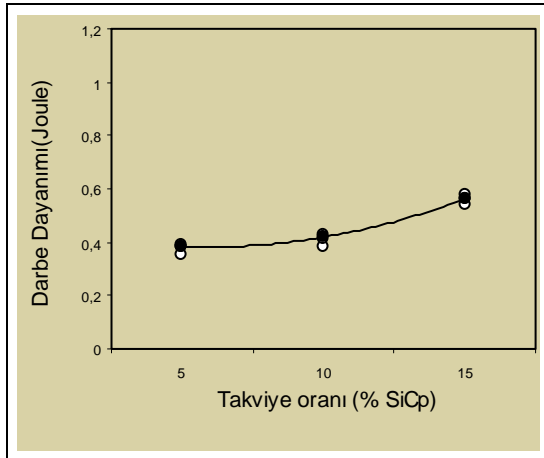
Üretilen tüm kompozitlerde sertlik, takviye miktarının artması ile orantılı olarak yükselmiştir. Takviye oranının değişimine bağlı olarak sertlik değerinin değişimi Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Sıkıştırma döküm yöntemiyle elde edilen kompozit malzemelerin Brinell Sertlik değerleri.

Al Si7 Mg alaşımlı matris malzemesinin Brinell Sertlik değeri 65HB (Elsevier,1997) olduğu dikkate alındığında, sertlik değerlerinde maksimum yükselme, yaklaşık % 48'lik bir artış ile % 15 SiCp takviyeli kompozitte olduğu belirlenmiştir. Bu durum kompozit malzeme üretim amaçlarına uygun bir sonuçtur çünkü sıkıştırma döküm yönteminde kullanılan basınç ve yine üretim yönteminden kaynaklanan hızlı soğuma, ince taneli içyapı oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca oldukça yüksek sertliğe sahip (2480 Knoop Sertliği) SiCp oranı küçük taneli kompozit malzeme ile bir arada olması diğer mekanik özelliklerinin yanı sıra sertlik değerlerinin de yükselmesinde önemli rol oynamaktadır.

Kompozit malzemelerin darbe dayanımı, takviye malzemesinin çok gevrek bir yapıya sahip olmasından dolayı düşüktür. Takviye oranının değişimine bağlı olarak sertlik değerinin değişimi Şekil 4'te görülmektedir.



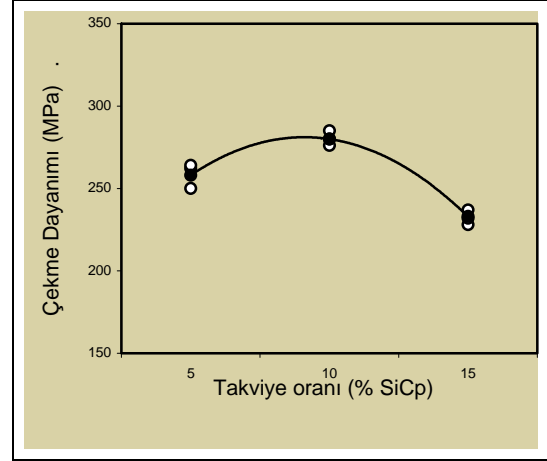
Şekil 4. Sıkıştırma döküm yöntemi ile elde edilen kompozit malzemelerin darbe dayanım değerleri.

Şekil 4 incelendiğinde, özellikle takviye elemanı ile matris malzemesi arayüzeyinde oluşan oldukça kırılğan olan intermetalik bileşiklerin varlığı, kompozit malzemenin darbe dayanımının düşmesine neden olur. Ayrıca partikül boyutundaki takviyelerin büyüklüğü, matris içerisindeki dağılımı ve köşeli olması kompozit malzemenin düşük dayanımlı bir özellik göstermesine yardımcı olur. Yavaş soğumadan dolayı oluşan dendrit hava boşluğu da kırılğan bir yapının oluşumunu önemli bir etkendir.

Al Si7 Mg2 metal matris kompozitin çekme mukavemeti değerinin takviye oranına bağlı olarak değişimi Şekil 5'te görülmektedir.

Al Si7 Mg alaşımının çekme mukavemeti kum döküm yönteminde 140 MPa, metal kalıp döküm de ise çekme mukavemeti 180 MPa (Özben, 2001)

olduğu dikkate alındığında üretilen kompozit malzemelerin çekme mukavemetinde artışlar olmuştur. Özellikle % 10 SiCp takviyeli kompozit malzemede kum döküm matris malzemesine göre % 100, metal döküm matris malzemesine göre % 56 oranlarında artma olduğu tespit edilmiştir.

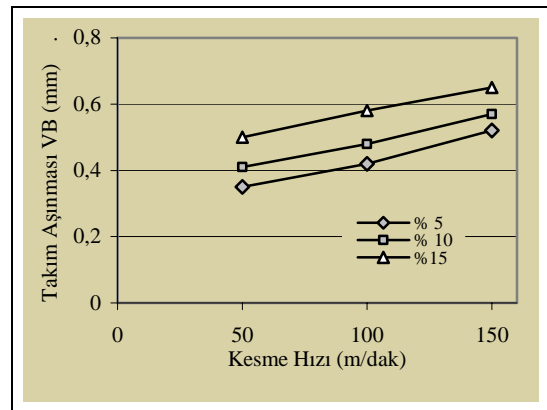


Şekil 5. Üretilen kompozit malzemelerin çekme mukavemeti değerleri.

3. 2. Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğü

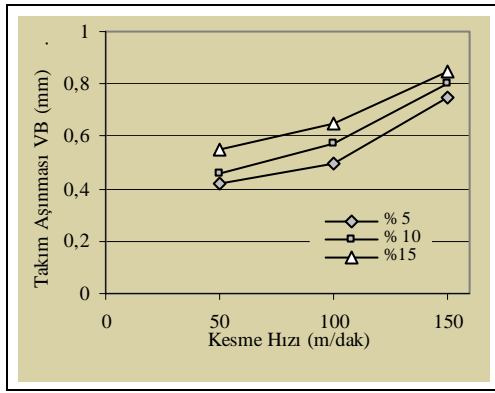
Bu çalışmada, Al Si7 Mg2 MMK malzemesine takviye edilen farklı oranlardaki SiCp takviye malzemesinin, bu MMK malzemesinin tormalanmasında takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü seçilen kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği değerlerine bağlı olarak araştırılmıştır. Takım aşınmasının incelenmesi sırasında serbest yüzeydeki aşınma miktarı (VB) temel alınmıştır.

Kesici takım aşınması üzerinde en büyük etkiye sahip olan işleme parametresi kesme hızıdır. Takviye oranının artması ile düşük kesme hızlarında takım aşınmasının az olduğu, aynı ilerleme ve kesme derinliği değerlerinde, kesme hızının artması ile takım aşınmasının arttığı belirlenmiştir.

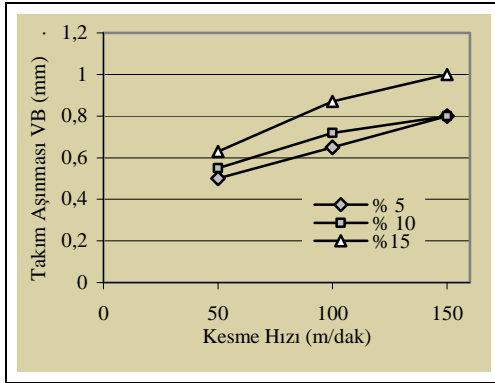


a) S = 0.1mm/dev.

Şekil 6'da görüleceği gibi takviye oranının artması ile takım aşınması artmıştır. Bu da takviye olarak kullanılan SiCp'ün aşındırıcı özelliğinden dolayı kesici takım hem daha fazla aşınmakta hem de hızlı bir şekilde aşındığı tespit edilmiştir. Sabit kesme hızı ve ilerleme değerlerinde en düşük takım aşınması % 5 SiCp takviyeli kompozit malzemede, en büyük takım aşınması ise % 15 SiCp takviyeli kompozit malzemede olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kesme hızındaki artış takım aşınmasını arttırmaktadır. K10 sınıfı kaplamalı (TiN) kesici takımların kullanıldığı deneylerde düşük kesme hızlarında takım aşınmasının az olduğu, aynı ilerleme ve kesme derinliği değerlerinde, kesme hızının artması ile takım aşınmasının arttığı belirlenmiştir (Şekil 6a, b, c).



b) S = 0.2mm/dev.



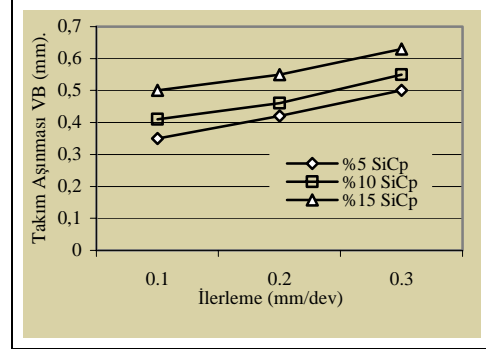
c) S = 0.3mm/dev.

Şekil 6. Kesme hızının takım aşınması üzerine etkisi.

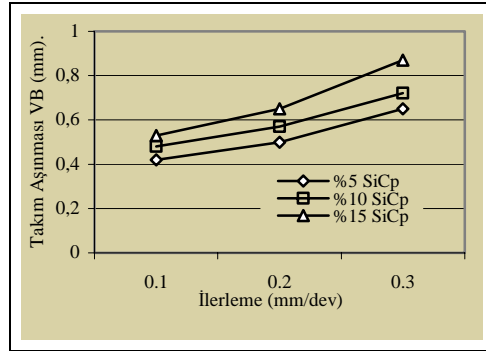
İlerleme hızının takım aşınması üzerindeki etkisi üç farklı ilerleme değeri kullanılarak araştırılmıştır. İlerleme oranına bağlı olarak takım aşınması sonuçları Şekil 7 a, b ve c'de verilmiştir.

Takviye oranındaki artışın takım aşınması üzerine olan etkisi farklı ilerleme oranlarında (0.1, 0.2 ve 0.3 mm/dev) araştırılmıştır. Artan ilerleme oranında, kesme hızı ile kesme derinliği sabit tutularak kesici takımın serbest yüzey aşınması belirlenmeye çalışılmıştır. Sabit ilerleme oranı dikkate alındığında

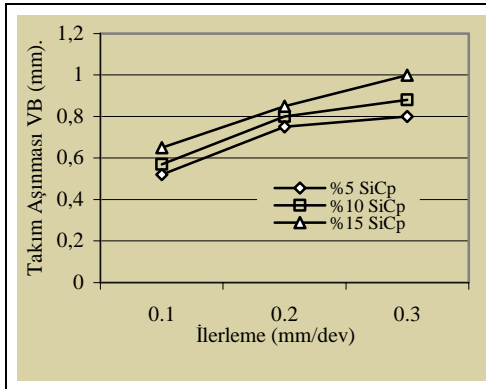
takviye oranının artması ile kesici takım serbest yüzeyindeki aşınma miktarının arttığı tespit edilmiştir. Aynı kesme hızı ve kesme derinliği değerlerinde, ilerlemenin artması ile takım aşınmasında artış görülmüştür.



a) V=50 m/dak.



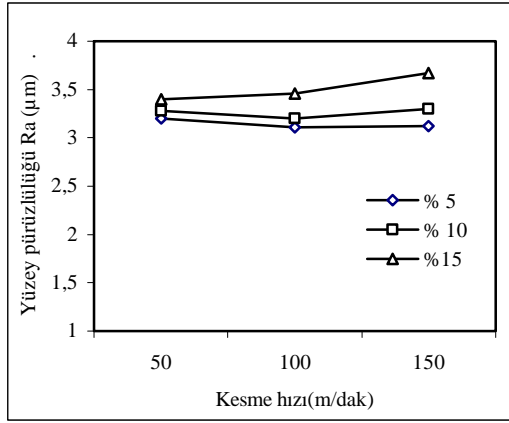
b) V = 100 m/dak.



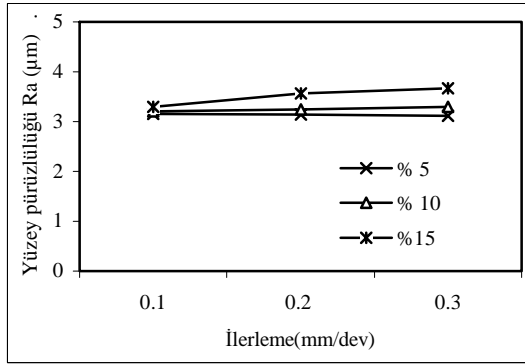
c) V = 150 m/dak.

Şekil 7. İlerleme oranının takım aşınması üzerine olan etkisi.

Yüzey pürüzlülüğü, iş parçasına uygulanan işlemenin sonrasında oluşan son yüzey kalitesidir. İş parçasının sahip olduğu yüzey kalitesinin kesme hızı ve ilerleme hızı gibi parametrelerin doğrudan ilişkisi vardır. % 5, 10 ve 15 SiCp takviyeli MMK malzemesinin tornalanmasında takviye oranının yüzey pürüzlülüğü üzerine olan etkisi kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı olarak araştırılmıştır (Şekil 8, 9).



Şekil 8. Kesme hızı-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.



Şekil 9. İlerleme oranı-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.

Bu çalışmada, deney numunelerinin işlenmiş yüzeylerinden ölçülen pürüzlülük (Ra) değerleri geleneksel malzemelere göre daha yüksek çıktığı görülmüştür. İşleme esnasında SiC partiküllerin yüzeyden uzaklaşması işlenmiş yüzeyde bazı küçük boşluklar oluşturmaktadır. Bu durum, kompozitlerde yüzey pürüzlülüğü değerlerinin yükselmesine neden olduğu tahmin edilmektedir. Takviye oranının yüksek olduğu deney numunelerinin yüzey pürüzlülüğü, daha az takviye oranının olduğu deney numunelerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kesme hızı yüzey pürüzlülüğü üzerinde en büyük etkiye sahip işleme parametresidir. Genel olarak yüksek kesme hızlarının kullanılması durumunda daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmektedir.

Şekil 9'da ilerlemedeki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda, ilerleme oranı 0,1, 0,2 ve 0,3 olarak değiştirildiğinde işlenmiş iş parçası yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmada; aynı ilerleme değerinde talaş derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri artmakla birlikte fazla değiştirmedeği ortaya çıkmıştır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, % 5, 10 ve 15 SiCp takviyeli Al Si7 Mg2 MMK'in yoğunluk, sertlik, darbe dayanımı ve çekme mukavemeti özellikleri araştırılarak, SiCp takviye oranının talaşlı işlenebilirliğe etkisi araştırılmıştır.

- Takviye oranının artması ile Al Si7 Mg2 MMK malzemesinin çekme mukavemeti, sertliği ve yoğunluğunun arttığı, darbe direncinin ise düştüğü tespit edilmiştir
- MMK malzemelerin işlenebilirliği, içerdikleri aşındırıcı takviye elemanlarından dolayı geleneksel malzemelerden oldukça farklıdır. Çünkü söz konusu aşındırıcı elemanlar kesici takımlarda daha fazla aşınmalara neden olabilmektedirler. Takviye oranının artması ile kesici takımın serbest yüzey aşınması artmıştır.
- İlerleme oranı takım aşınması üzerinde kesme hızı kadar etkili değildir, fakat ilerleme oranının artması ile takım aşınması artmaktadır.
- Al Si7 Mg2 MMK numunelerin tornalanmasında kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerinin düştüğü tespit edilmiştir.
- Artan ilerleme değerlerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değeri artmıştır.
- Partikül oranının artması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Yazarlar, ODTÜ Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü Öğr. Üyesi Sn. Doç. Dr. Ali KALKANLI'ya ve kesici takımların sağlanmasında Mak.Yük.Müh. TAHSİN ALŞAN'a ve şahsında Böhler Sert Maden ve Takım San. Tic. A.Ş. firmasına yardımlarından dolayı teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

Akdoğan, A., Özben, T. 2001. "Sıkıştırma Döküm Yöntemi ile Üretilen SiCp Takviyeli Metal Matriksli Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi", **II. Makina Malzemesi ve İmalat Teknolojileri Sempozyumu**, Manisa, 358-367.

Bedir, F., Ögel, B. 2004. "SiCp Katkılı Al Kompozitlerin Sertlik, Mikroyapı Özellikleri ve Aşınma Davranışlarının İncelenmesi", **11. International Conference on Machine Design and Production (UMTIK)**, Antalya.

Bergman, F., Jacobson, S., Abdel Moneim, M.E. 1996. Comments on Tool Wear Mechanisms in Intermittent Cutting of Metal Matrix Composites, *Wear*, Vol. 1971-2, 295-296.

Cöcen, Ü., Önel, K. 1997. "Metal Matrisli Kompozitlerde Dayanım Artımı ve Düktilite", **7. Denizli Malzeme Sempozyumu**, 138-145.

Ejiofor, J. U., Reddy, R. G. 1997. Developments in Thr Processing and Properties of Particulate Al-Si Composites, *J. of the Materials Society*, Vol. 79, 31-34.

El-Gallab, M., Sklad, M. 1998. Machining of Al/SiC Particulate Metal-Matrix Composites, Part II: Workpiece Surface Integrity, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol.83, p.277-285.

El-Gallab, M., Sklad, M. 1998. Machining of Al/SiC Particulate Metal-Matrix Composites, Part I : Tool Performance, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol : 83, p.151-158.

El-Gallab, M., Sklad, M. 2000. Machining of Al/SiC Particulate Metal-matrix Composites, Part III: Comprehensive Tool Wear Models, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 10, p.10-20.

Elsevier Materials Selector. 1997. Vol. 2, UK.

Embury, J. D.1985. *Metal. Trans. A*. 16, 2191-2200.

Guo, Z. X., Derby, B. 1995. Solid-state Fabrication and Interfaces of Fibre Reinforced Metal Matrix Composites, *Progress in Materials Science*, Vol. 39, Issues 4-5, 411-495.

Kılıçkap, E. 2003. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kılıçkap E., Çakır O., Aksoy M., İnan A. 2004. "% 5 SiC(p) Takviyeli Al Si7 Mg2 Metal Matrisli Kompozitin Soğuk Talaşlı İşlenmesinde Takım Ömrü ve Yüzey Pürüzlülüğünün Araştırılması", **11. International Conference on Machine Design and Production (UMTIK)**, Antalya, p. 891-902.

Kılıçkap E., Çakır O., İnan A. 2004. "Investigation of Tool Wear and Surface Roughness in Turning of Metal Matrix Composites", **3rd International**

Conference On Advanced Manufacturing Technology (ICAMT), Malaysia.

Kılıçkap, E., Çakır O., Aksoy, M., İnan, A. 2005. Study of tool wear and Surface Roughness in Machining of Homogenized SiCp Reinforced Aluminium Metal Matrix Composites, *Journal of Materials Processing Technology*, 164-165, 862-867.

Lewondowski, J. J., Altınışoğlu, A. 1992. Effect of Casting Conditions and Deformation Processing on A356 Aluminium and A356-Vol. % SiC Composites, *J. of Composite Materials*, Vol. 26, 14.

Li, X., Seah, W. K. H. 2001. Tool Wear Acceleration in Relation to Workpiece Reinforcement Percentage in Cutting of Metal Matrix Composites, *Wear*, Vol. 2472, 161-171.

Lin, J. T., Bhattacharyya, D., Ferguson, W.G. 1998. Chip Formation in The Machinability of SiC Particle- Reinforced Aluminium- Matrix Composites, *Composites Science and Technology*, Vol. 58, 285-291.

Matthew, F. L., Rawlings, R. D. 1994. Composite Materials Engineering and Science, Chapman & Hall, London.

Özben, T. 2001. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Slezenev, M. L., Slezenov, I. L., Cornie, J. A., Argon, A. S., Mason, P. R. 1998. "Effect of Composite Particle Size and Heat Treatment on The Mechanical Properties of Al-4.5wt. % Cu Based Alumina Particulate Reinforced Composites", **Presented At The International Congress and Exposition**, Detroit, 23-26.

Taminger, K. M. B. 1999. Analysis of Creep Behavior and Parametric Modals for 2124 Al and 2124 Al + SiCw Composite, Master of Science in Materials and Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University.

Weinert, K. 1993. A Consideration of Tool Wear Mechanism When Machining Metal Matrix Composites (MMC), *Annals of the CIRP*, Vol. 42 95-98.