

## **PARTİKÜL TAKVİYELİ AlSi12CuNiMg KOMPOZİTİNİN AŞINMA DAYANIMI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Enver ATİK, Bekir Sadık ÜNLÜ, Onur ŞEN, Uğur ÇAVDAR**

Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, MANİSA

**Özet:** Bu çalışmada son zamanlarda duyulan alternatif malzeme ihtiyacını gideren kompozit malzemelerden partikül takviyeli kompozitlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda matris malzemesi olarak kullanılan AlSi12CuNiMg alüminyum alaşımına % 4 SiC, % 4 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % 2-4-6-8 TiO<sub>2</sub> olmak üzere ağırlıkça çeşitli yüzdelerde partikül takviyesi yapılarak, döküm yöntemiyle üretilen partikül takviyeli kompozit numuneler üzerinde sertlik, çekme ve basma dayanımı ile aşınma direnci araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar üretilen numunelerdeki takviye elemanlarının aşınma ve mekanik özellikleri nasıl etkilediği yönünde bir sonuç çıkarmamızı sağlamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** TiO<sub>2</sub>, Kompozit Malzeme, Triboloji, Mekanik Özellikler

## **INVESTIGATION OF WEAR STRENGTH AND MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICLE REINFORCED AlSi12CuNiMg COMPOSITES**

**Abstract:** In this study, mechanical properties of particulate reinforced composite materials that provide the requirement of alternative materials in these days was studied on. In this aim, hardness, tensile and compress strength, and wear resistance, on the sample of the particulate reinforced composites manufactured by cast method contained addition of % 4 SiC, % 4 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %2-4-6-8 TiO<sub>2</sub> to AlSi12CuNiMg aluminium alloy matrix were studied. We got several results that show us how the wear and mechanical properties of the reinforcement materials with data obtained were affected.

**Keywords:** TiO<sub>2</sub>, Composite Material, Tribology, Mechanical Properties

## 1. GİRİŞ

Hızlı gelişen günümüz teknolojisinin, elektronikteki gelişmeler kadar malzeme bilimindeki gelişmelere de bağlı olduğu açıktır. Her alanda yeni malzeme geliştirme, varolan malzemelerin özelliklerini iyileştirme ve bu bağlamda özellikle kompozit malzemelerin geliştirilmesi konularında, bir çok çalışmanın yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Enerji, iletişim, ulaşım, havacılık, uzay gibi sivil ve askeri amaçlı sektörlerde halen çalışılan veya planlanan sistemlerdeki teknolojik gelişmeler, yeni malzemelere olan gereksinimi arttırmaktadır. Geleneksel metaller ve alaşımları ile seramik malzemeler, sadece doğal özellikleri nedeniyle devam eden araştırma ve gelişmelerle gelecek sistemlerin gereksinimlerini karşılamakta zorlanacaktır.

Günümüzde bu alanlarda ön plana çıkan malzemeler karbon ve metal matriksli kompozitlerdir (MMK). Bu malzemelerin ileri teknoloji gerektiren askeri ve uzay uygulamaları, göreceli düşük hacimli ve oldukça pahalıdır. Ancak bu malzemelerin, ulaşım ve enerji sektörlerinde daha büyük hacimde üretim ve düşük maliyet gerektiren otomobil, diğer motorlar ve elektromekanik sistemlerdeki uygulamaları ticari hale gelmiştir. Yakın dönemde önemli gelişmeler beklenmektedir [1].

Metal matriksli kompozitler; yüksek elastik modülüne, yüksek çekme-basma ve kayma dayanımına, yüksek çalışma sıcaklığına sahip olmalarının yanında, metallerin süneklik ve tokluğunu, seramiklerin yüksek mukavemet ve yüksek elastik modül özelliklerini birleştirmelerinden dolayı son derece önemli mühendislik malzemeleri olmuştur [2]. Bu üstünlüklerinin yanında tekrar üretilebilir mikroyapı, mekanik özellikler ve düşük yoğunluk değerleri vermeleri açısından daha da önem kazanmıştır. Bunun yanı sıra hava-uzay ve

otomotiv endüstrisi alanlarında avantaja sahip olan malzemelere duyulan ihtiyaç, MMK malzemelerde hızlı bir gelişmeye yol açmıştır. Doğru tasarım ve yöntem ile yüksek dayanım ve sertlik gibi üstün özellikler elde edilerek üretilebilmektedirler [3].

MMK üretiminde pek çok metal ve alaşımlarının kullanılmasına rağmen, alüminyumun yeri başkadır ve pek çok özelliğinden dolayı tercih edilmektedir. Alüminyumun dışında en fazla kullanılan metal ve alaşımları da şöyle sıralanabilir: Ti, Mg, Cu, Ni, Pb, Ag, Zn, Fe, Nb, bronz, süper alaşımlar (demir esaslı) ve intermetalikler [4].

Takviye malzemelerini ise temel olarak şöyle sıralayabiliriz; sürekli fiberler, süreksiz fiberler, whiskerler, teller ve partiküller [4]. SiC, bor, grafit, alüminyum oksit, tungsten, titanyum ve molibden gibi değişik malzemeler kompozitlerde kullanılan takviye elemanlarına örnek olarak gösterilebilir [5]. Takviye elemanlarının temel fonksiyonu gelen yükü taşımak ve matriksin rijitlik ve dayanımını arttırmaktır [6]. Matriksin fonksiyonu ise takviye elemanını ve matriksi bir arada tutarak yük ve gerilim transferi sağlamak ve bunun yanı sıra çoğu takviye elemanının gevrek ve kırılğan olmasından dolayı onların yüzeylerini dış ve çevresel etkilere karşı korumaktır [7].

Belirgin mukavemet, rijitlik, aşınma dayanımı, kırılma, sönümleme gibi mekanik özellikler bilinen diğer malzemelere göre MMK'lerde daha yüksektir [8]. Kompozitler aynı zamanda monolitik malzemelere nazaran daha iyi termal, mekanik yorulma ve sürünme dayanımı sergileyebilir [9]. MMK'lerin kontrol edilebilir termal iletkenlik ve düşük termal genleşme katsayısına da sahip olmaları [10] nedeniyle bu malzemeler piston segmanları, biyel, direksiyon mili ve

motor parçalarında uygulama alanı bulmaktadır [10, 11].

MMK'lerin özellikleri matriks türüne ve takviye elemanına göre belirlenir; böylece çok çeşitli şekilde dizayn edilip üretilebilirler. MMK'lerde üretim yöntemi olarak döküm kullanıldığında, çeşitli parçaların üretiminde döküm sistem ve teknolojisinde sahip olunan avantajlardan yararlanılabilmektedir.

Silisyum karbür partikül takviyesi ile üretilmiş olan metal matriksli kompozit malzemeler (MMK) özellikle caziptir, çünkü bu malzemeler takviyesiz temel alaşıma göre oldukça belirgin özellikler sergilerler [12]. Bu SiC takviyeli MMK'lerin artan bir oranda piston malzemeleri, bağlantı rotları, fren rotorları olarak otomobil endüstrisinde, kullanımına yol açmıştır. 150 µm çapına kadar olan SiC partikülleri ile takviye edilmiş alüminyum alaşım kompozitleri bu tür uygulamalarda kullanılarak değerlendirilmiştir [13]. SiC takviyeli MMK'lerin sürtünme ve aşınma davranışlarının üzerinde farklı kişilerce geniş çalışmalar yapılmıştır [14, 15]. Genel olarak SiC takviyeli MMK'lerin aşınma dayanımı partikül boyutuna, partikülün hacimsel oranına ve matriksi oluşturan alaşımın özelliklerine bağlıdır [16, 17].

Özellikle dökümle üretilen partikül takviyeli MMK'ler özellikle sürtünme ve aşınma dayanımının istendiği alanlarda küçümsenmeyecek oranda endüstriyel uygulama alanına sahiptir. Örneğin, Al-Grafit ve Al-SiC MMK pistonlar, yüksek

aşınma dayanımı vermeleri ve yakıt tüketimini düşürmeleri açısından kayda değerdir. Temel kullanım alanları; havacılık, otomotiv, savunma ve diğer bazı yapısal uygulamalar olan MMK malzemeler, yatak, elektrik kontak malzemesi ve silindir gömleği olarak da kullanılmaya başlanmışlardır [18]. Bu malzemelerin kullanımları oldukça yaygınlaşmış ve ileri yıllarda daha da artacağı tahmin edilmektedir [19, 20].

Bu çalışmada, AlSi12CuNiMg alüminyum matriksli Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC ve bu seramik partiküllerle benzer özellikler gösteren, seramik yüzeylerde sır olarak kullanılan TiO<sub>2</sub>'in takviyelendirici olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. TiO<sub>2</sub> partikül takviyeli Alüminyum alaşımı kompozit malzemelerinin aşınma ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışma amacıyla üretilen numuneler üzerinde aşınma, çekme, basma ve sertlik deneyleri gerçekleştirilmiş olup, optik ve SEM görüntüleri çekilmiştir.

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere hazırlanan kompozit malzemelerin tümünde matriks malzemesi aynı olup piston, motor gibi ısınmaya ve aşınmaya dayanımlı parçaların imalatında tercih edilen AlSi12CuNiMg alüminyum alaşımı kullanılmıştır. AlSi12CuNiMg için kimyasal bileşim Tablo 1' de verilmiştir.

**Tablo 1.** AlSi12CuNiMg alaşımının kimyasal bileşimi (% Ağırlık).

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Pb	Sn	Ti	Diğerleri	Al
11-13	0,6	0,8-1,5	0,25	0,8-1,4	0,25	0,8-1,3	0,1	0,1	0,2	0,15	geri kalan

Takviye malzemesi olarak ise ortalama 60 µm boyutunda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 90 µm boyutunda SiC ve 45 µm boyutunda TiO<sub>2</sub> tozları kullanılmıştır.

Döküm yöntemiyle üretilen kompozit çeşitleri ve bunları meydana getiren matriks/takviye elemanın ağırlıkça yüzde

bileşenleri ve yoğunlukları Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Numunelere ait bileşenler ve yoğunluklar (% Ağırlık).

No	(AlSi12CuNiMg)	Takviye Elemanı	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
1	% 100	-	2,71
2	% 96	% 4 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,75
3	% 96	% 4 SiC	2,72
4	% 98	% 2 TiO <sub>2</sub>	2,73
5	% 96	% 4 TiO <sub>2</sub>	2,76
6	% 94	% 6 TiO <sub>2</sub>	2,78
7	% 92	% 8 TiO <sub>2</sub>	2,81

### 3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

#### 3.1. Mekanik Deneyler

##### 3.1.1. Sertlik Deneyi

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC gibi sert seramik partiküllerinin ilavesiyle elde edilecek olan kompozitte aşınma dayanımında artış sağlayacağı [20] bilinmektedir. TiO<sub>2</sub> ilavesinin de benzer özellikler kazandıracığı beklenmektedir.

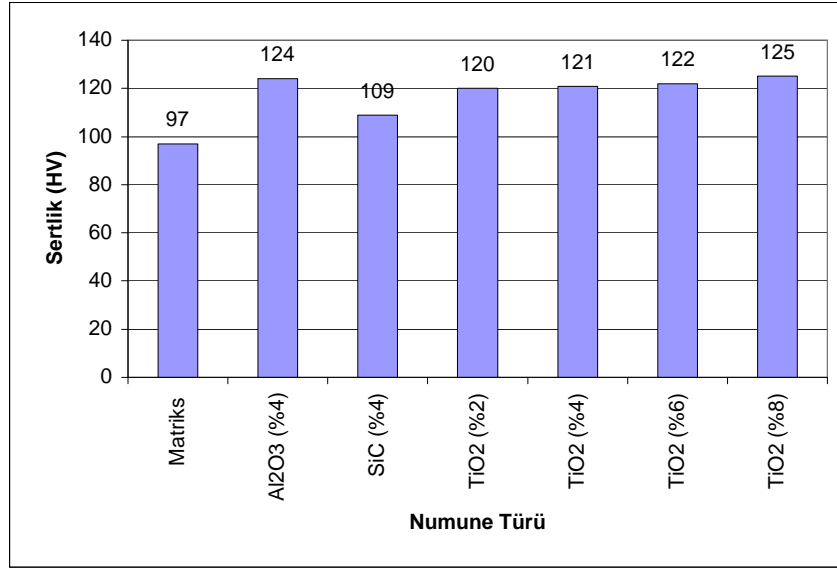
Sertlik deneyleri Future-Tech FM700 Vickers Sertlik ölçme cihazında yapılmıştır. Numuneler üzerinde gerçekleştirilen sertlik ölçümlerinden elde edilen değerlerin değişimi, numune türüne göre Şekil 1’de verilmiştir. Takviye olarak titanyum oksit partiküllerinin kullanılmasıyla, kompozit içindeki TiO<sub>2</sub> oranı arttıkça kompozitte sertlik artışı meydana gelmiştir. Kompozit içindeki ağırlıkça yüzdeleri aynı olan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC ve TiO<sub>2</sub> ‘den oluşan 3 ayrı numuneye baktığımızda sırasıyla sertlik artışına katkılarının en fazla alüminyum oksitte

ardından titanyum oksitte ve sonrasında silisyum karbürde olduğu görülmektedir. TiO<sub>2</sub> takviyeli numunelerin sertliklerinin, TiO<sub>2</sub> oranının artmasıyla az da olsa arttığı Şekil 1’de görülmektedir.

##### 3.1.2. Çekme Deneyi

Partikül takviyeli Alüminyum kompozitlerinde, eğer matriks malzemesiyle partikül arasında bağlanmayı sağlayacak bir arayüzey oluşmamışsa, partiküller taşıyıcı görevi üstlenen matriks malzemesinin sürekliliğini bozar [20]. Bu da çekme kuvvetinin daha düşük kesite sahip olan matriks malzemesi tarafından taşınmasına neden olur; çekme dayanımını düşürür. Partikül oranı arttıkça kompozitin çekme dayanımı da düşer.

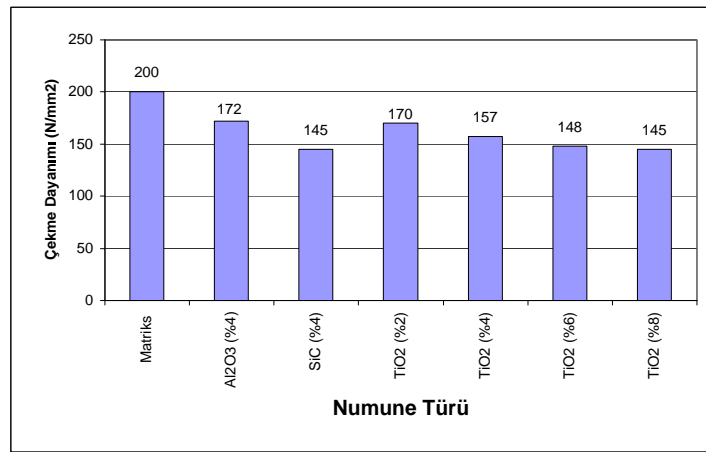
TSE 138’e göre hazırlanan çekme deney çubuklarıyla Shimadzu AG-IS 100 kN Autograph Universal Test cihazında gerçekleştirilen çekme deneyinde elde edilen



Şekil 1. Takviye elemanlarının türüne göre sertliğin değişimi.

sonuçlar, Şekil 2’de numune türüne göre verilmiştir. Çekme dayanımı 200 N/mm<sup>2</sup> olan matriks malzemesine (AlSi12CuNiMg) yapılan partikül takviyesi sonucunda çekme dayanımında azalma meydana gelmiştir. Kompozit içindeki ağırlıkça yüzdeleri aynı olan %4 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %4 SiC ve %4TiO<sub>2</sub>’ten oluşan 3 ayrı numuneye baktığımızda; silisyum karbür takviyesinin çekme

dayanımını, alüminyum oksit takviyesine göre daha çok azalttığı görülmüştür, titanyum oksitli kompozitte ise alüminyum oksitten düşük, silisyum karbürden yüksek bir (sertlik değişimine benzer) çekme dayanımı göstermektedir. Matriksdeki TiO<sub>2</sub> oranı arttıkça çekme dayanımı daha da azalmaktadır.



Şekil 2. Takviye elemanlarının türüne göre çekme dayanımının değişimi.

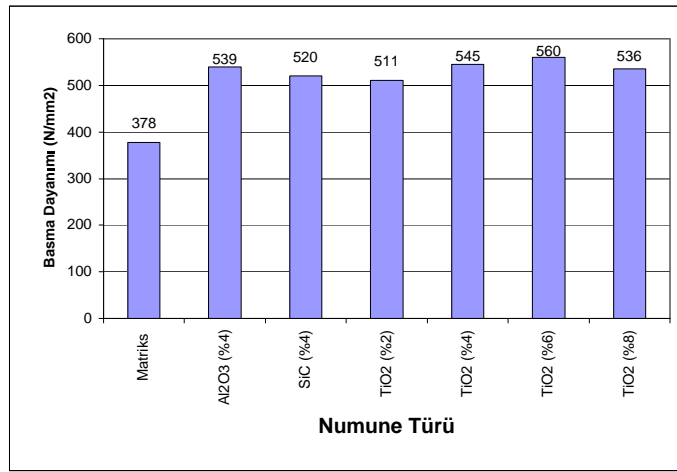
### 3.1.3. Basma Deneyi

TSE 206 normuna bağlı kalınarak hazırlanan numuneler üzerinde Shimadzu AG-IS 100 kN Autograph Universal Test cihazında

gerçekleştirilen basma deneyinde elde edilen veriler, Şekil 3’teki grafikte toplanmıştır. Şekilden matriks malzemesi AlSi12CuNiMg alaşımının basma dayanımının partikül takviyesi ile arttığı görülmektedir. Kompozit

içindeki ağırlık yüzdeleri %4 olan  $Al_2O_3$ , SiC ve  $TiO_2$ 'ten oluşan 3 ayrı numuneye baktığımızda; silisyum karbür takviyesinin basma dayanımının en düşük olduğu, alüminyum oksit ile takviyeli kompozitin silisyum karbür takviyeli olandan yüksek ancak titanyum oksit takviyeli kompozitten düşük olduğu görülmüştür. Partikül oranının basma dayanımı üzerinde olan etkisine baktığımızda;  $TiO_2$ 'in kompozit içindeki ağırlıkça yüzde oranının artmasıyla basma

dayanımının yükseldiği görülmüştür. Ancak, ağırlıkça % 8  $TiO_2$  içeren kompozit buna uymayıp daha düşük  $TiO_2$  yüzdesine sahip kompozitlerden daha düşük basma dayanımı gösterdiği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak, deney numunelerinin üretimi aşamasında % 8  $TiO_2$ 'in, matris tarafından yeterince ıslatılması ve karışmaması sonucu,  $TiO_2$  partiküllerinin matris dışına atılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



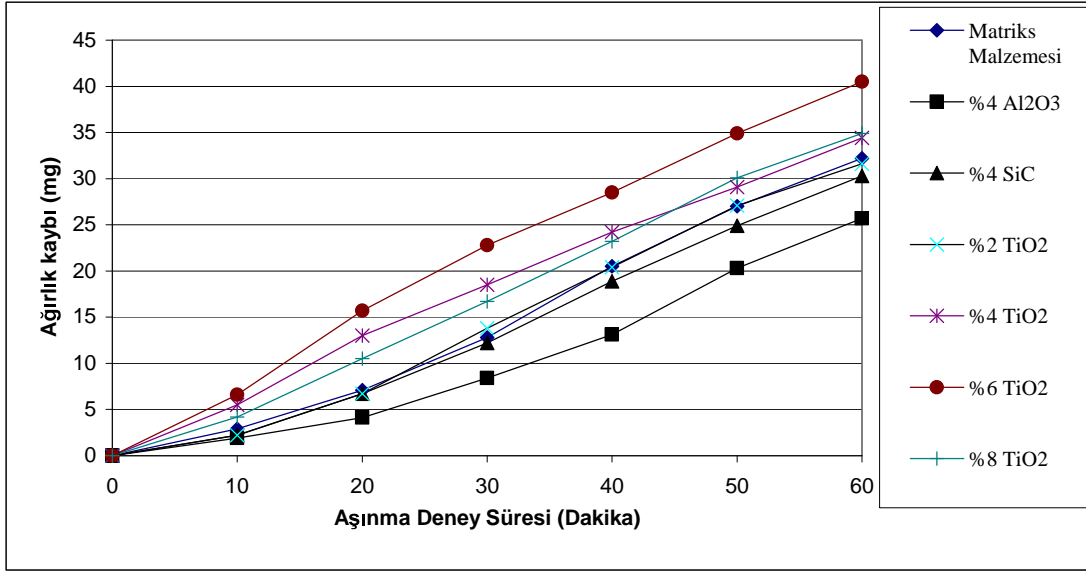
Şekil 3. Takviye elemanlarının türüne göre basma dayanımının değişimi.

### 3.2. Aşınma Deneyi

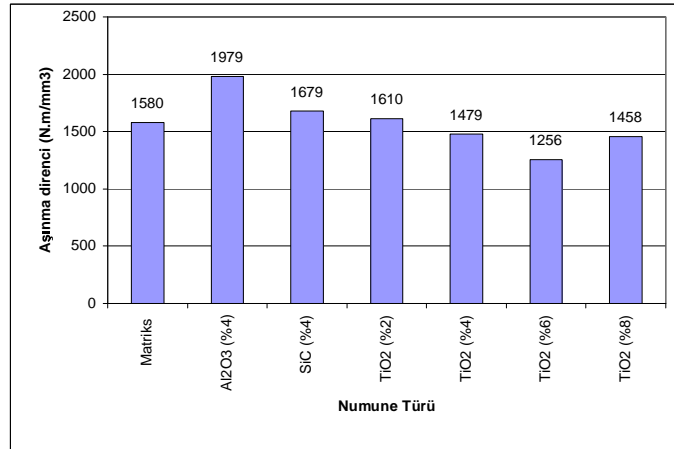
Aşınma deneyleri, pim-disk aşınma deney düzeneğinde  $0,35 \text{ N/mm}^2$  basınçta,  $v=31,38 \text{ m/dak}$  kayma hızında, karşı eleman olarak St 37 levha kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aşınma deneyine tabi tutulan numunelerden elde edilen deney sonuçları aşağıdaki şekilde üç ayrı grafikte toplanmıştır. Şekil 4'de tüm numunelerde zamana bağlı olarak aşınma sonucu

meydana gelen ağırlık kayıpları görülmektedir.

$AlSi12CuNiMg$  alaşımına ilave edilen %  $4Al_2O_3$ , % 4 SiC ve %2  $TiO_2$  partikül takviyelerinde meydana gelen ağırlık kaybının  $AlSi12CuNiMg$  alüminyum alaşımına göre düşük olduğu, yani aşınma dayanımını arttırdığı görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 4. Tüm numunelerin aşınma sonucu oluşan zamana bağlı ağırlık kayıpları.



Şekil 5. 60 dakika deney süresi sonucu elde edilen tüm numunelere ait aşınma dirençleri.

Şekil 6'daki sürtünme katsayısı değişimlerinden de bu durum doğrulanmaktadır. Bu sonuç, Atik [20] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Al matrikse alüminyum oksit partikül takviyesi yapılan ve "takviye elemanının aşınma dayanımı üzerinde olumlu bir etki yaptığı" sonucuyla uyumludur.

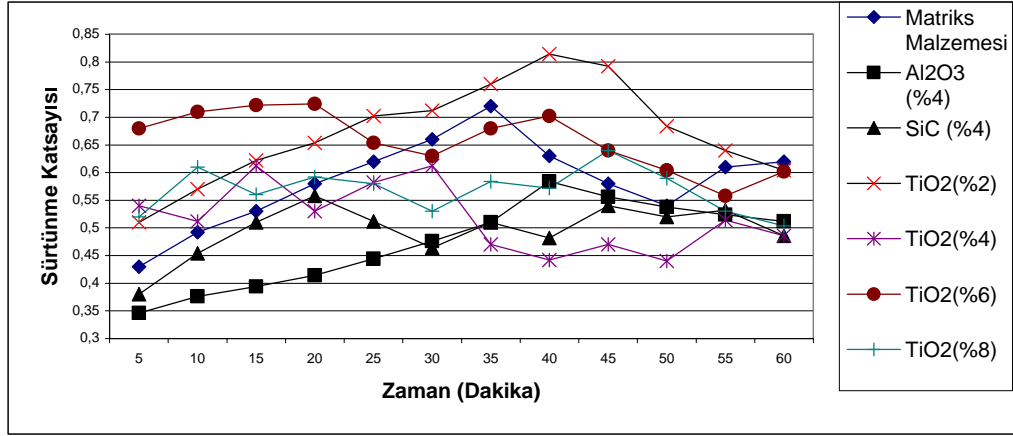
Daha önceki yıllarda yapılan benzer çalışmalara baktığımız zaman, Alpas yaptığı çalışmada [13], 2014 Al alaşımına 14 µm boyutunda ağırlıkça % 20 oranında SiC takviyesi sonucunda sertliğin iki kat arttığı, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> takviyesinin, ağırlıkça aynı

oranlardaki silisyum karbür takviyesine nazaran sertlik artışında daha da etkili olduğunu gözlemlenmiştir. Alüminyum matriksli Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikül takviyeli kompozit malzemelerin aşınma dayanımının ve mekanik özelliklerinin incelendiği Atik tarafından yapılan çalışmada da [20], Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranının artmasıyla aşınma dayanımında artış, çekme dayanımında düşüş belirlenmiştir.

TiO<sub>2</sub> oranı arttıkça kompozitin ağırlık kaybı artmaktadır, ancak % 8 titanyum içeren kompozitin ağırlık kaybının bu seriyi bozduğu gözlemlenmiştir. Daha önce de %

8 oranındaki TiO<sub>2</sub>'in ıslanmama ve karışmama sorunundan bahsetmiştik, serinin bozulmasını bu sorundan ileri gelen

bir sonuç olarak değerlendirmek mümkündür.



Şekil 6. Sürtünme katsayısının zamana bağlı olarak değişimi.

### 3.3. Optik Mikroyapı Görüntüleri

Ağırlıkça yüzde % 4 takviyelendiricilerle üretilen kompozit numunelerinin optik mikroskopta çekilen mikroyapı görüntüleri Şekil 7-10'de verilmiştir. Bu görüntülerde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri koyu renkli, TiO<sub>2</sub> partikülleri ise gri renkli olup etrafı siyah

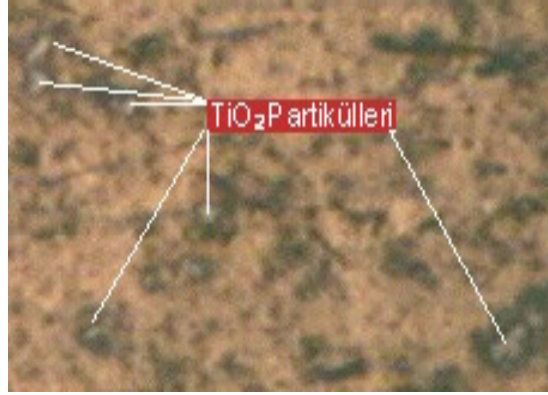
renkli bir bölgeyle sarılmış olarak görülmektedir.

Matriks alaşımı içerisinde bulunan Al, Si, Cu, Ni ve Mg birbirleri ile bileşikler ve farklı fazlar oluşturabilmektedir. Ancak bu bileşikler ve fazlar, optik mikroskop görüntülerinde net olarak ayırt edilememektedir.



Şekil 7. AlSi12CuNiMg-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (% 4) takviyeli malzemeye ait mikroyapısı (x100).





Şekil 8. AlSi12CuNiMg-TiO<sub>2</sub> (% 4) takviyeli malzemeye ait mikroyapısı (x100).



Şekil 9. AlSi12CuNiMg-TiO<sub>2</sub> (% 6) takviyeli malzemeye ait mikroyapısı (x100).



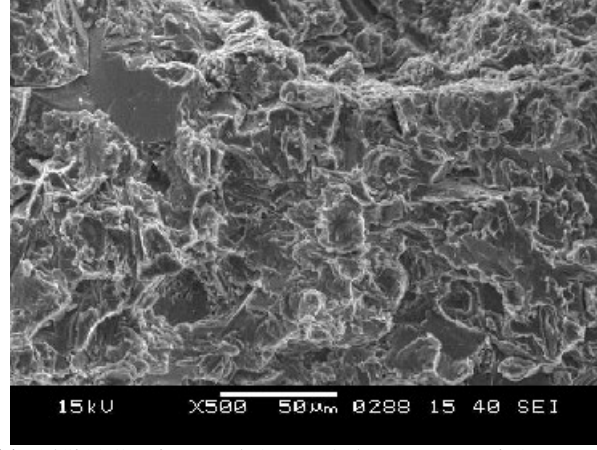
Şekil 10. AlSi12CuNiMg-TiO<sub>2</sub> (% 8) takviyeli malzemeye ait mikroyapısı (x100).

### 3.4. SEM Görüntüleri

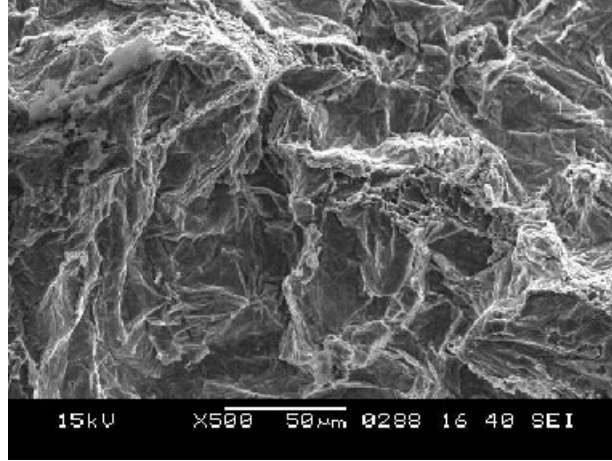
Şekil 11 ve 12’teki SEM görüntülerinde, matris malzemesi olan Alüminyum alaşımı ve takviye malzemesi olan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SiC görülmektedir. Şekil 13-16’daki SEM görüntülerinde ise matris elemanı görülmekte, takviye elemanı olan TiO<sub>2</sub>

partikülleri görülmemektedir. Bu, partikül elemanı ile matris malzemesi arasında iyi bir arayüzeyin sağlanamadığının bir göstergesidir. Ayrıca, çekme deney numunelerinin kopma yüzeylerinin parlak olarak görünmesi, matris malzemesi olan Alüminyum alaşımında sünek kırılma gerçekleştiğinin bir işaretidir. Mikroskop

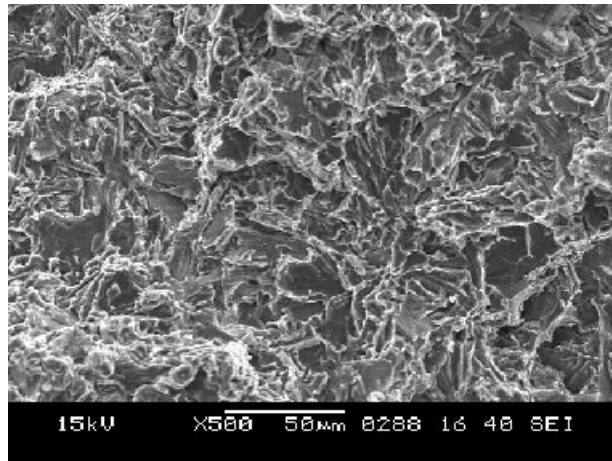
altında sünek kırılma yüzeyleri petekli yapı görünüşleriyle tanınırlar [21].



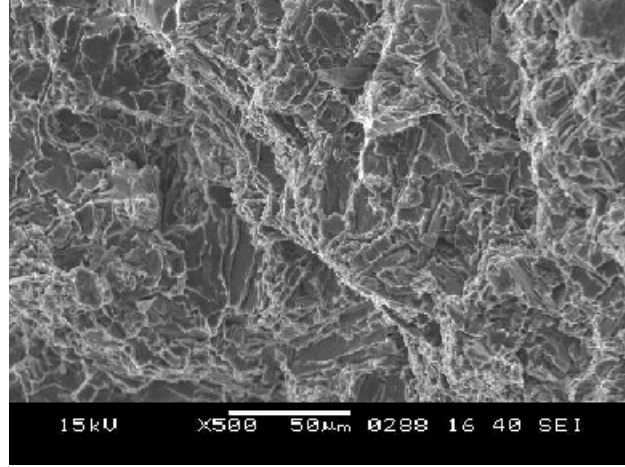
Şekil 11. AlSi12CuNiMg- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (% 4) kopma yüzeyi SEM görüntüsü.



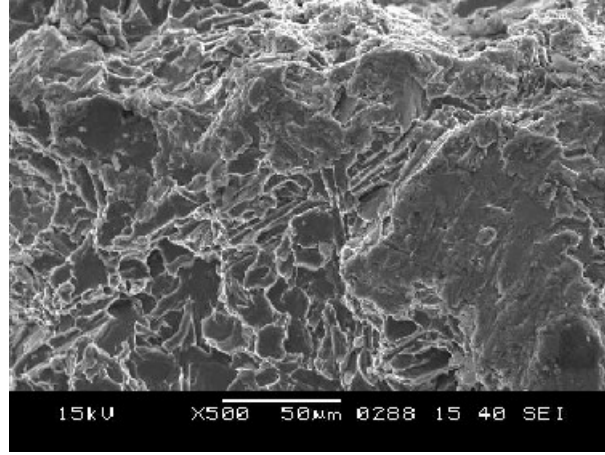
Şekil 12. AlSi12CuNiMg- SiC (% 4) kopma yüzeyi SEM görüntüsü.



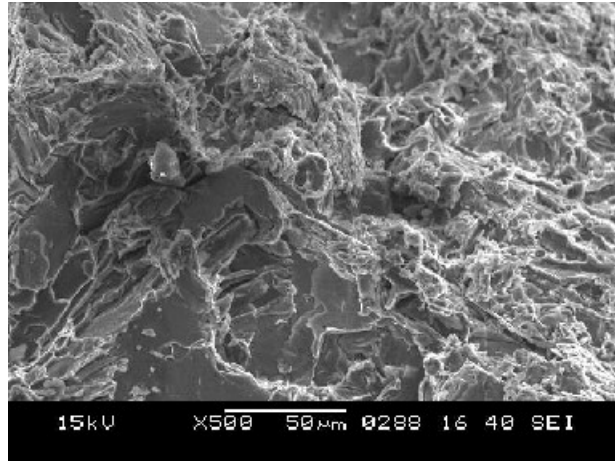
Şekil 13. AlSi12CuNiMg- TiO<sub>2</sub> (% 2) kopma yüzeyi SEM görüntüsü.



**Şekil 14.** AlSi12CuNiMg- TiO<sub>2</sub> (% 4) kopma yüzeyi SEM görüntüsü.



**Şekil 15.** AlSi12CuNiMg- TiO<sub>2</sub> (% 6) kopma yüzeyi SEM görüntüsü.



**Şekil 16.** AlSi12CuNiMg- TiO<sub>2</sub> (% 8) kopma yüzeyi SEM görüntüsü.

#### 4. SONUÇLAR

AlSi12CuNiMg alüminyum alaşımına ilave edilen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC ve TiO<sub>2</sub> partikül takviyesinin çekme dayanımını azalttığı, sertliği ve basma dayanımını arttırdığı belirlenmiştir. Çekme dayanımında meydana gelen bu azalma, partiküllerin çekme anında matriksle iyi bağlanamamasının bir sonucudur. Bunun yanı sıra SEM fotoğraflarından da bu durum matriks ile partikül takviye elemanları arasında iyi bir bağlantı sağlanamamış olduğu anlaşılmaktadır. Matriks malzemesiyle iyi bağlanamayan TiO<sub>2</sub> oranının artması, beklendiği gibi, çekme dayanımını daha da düşürmüştür.

%4 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %4 SiC ve %2 TiO<sub>2</sub> partikül takviyelerinin aşınma direncinde sırasıyla %6, %4 ve %2 oranında iyileştirici etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. TiO<sub>2</sub> oranının artmasıyla aşınma dayanımında düşüş görülmektedir. TiO<sub>2</sub> ile matriks malzemesi olarak kullanılan Al alaşımı arasında iyi bir bağlantının sağlanmadığı, bu nedenle TiO<sub>2</sub>'in aşınma dayanımını geliştirici bir etki sağlamadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca sürtünme katsayısını artırıcı bir etkiye neden olmuştur.

Sert seramik partikül olan TiO<sub>2</sub>'in, Al alaşımlarında özellikle aşınma dayanımını artırıcı bir takviye elemanı olarak kullanılabilmesi için; TiO<sub>2</sub> yüzeyine ve Al alaşımına iyi bağlanan bir ara yüzey geliştirilmelidir.

#### 5. KAYNAKLAR

[1] Cöcen, Ü., Belevi, M., Önel, K., “Tane Silisyum Karbür Katkılı Alüminyum Alaşımı Bazlı Kompozitlerin Aşınma Davranışları” 7. Denizli Malzeme Sempozyumu, 146-156, 1997, DENİZLİ.

[2] Stubbington C. A., “Metarials Trend in Military Airframes”, Metals, Mater. 4., 424-431, 1988.

[3]. Tang, F., Anderson, I. E., Biner, S. B.,”Microstructures and Mechanical Properties of Pure Al Matrix Composites Reinforced Al-Cu-Fe Alloy Particles” Materials Science and Engineering, A363, 20-29, 2003.

[4] Srivastan, T. S., İbrahim, I. A., Mohammed, F. A., Lavernia, E., “Processing Techniques for Particle-Reinforced Metal Aluminium Matrix Composites”, J. Mater. Sci., 26, 5965-5978, 1991.

[5] Kuntel, K., “Alüminyum-Silisyum Karbür Kompozitlerinin Termal Yorulması”, Tez Çalışması, Dokuz Eylül Üniversitesi, 1996, İZMİR.

[6] Kelly, A., Davies, G. L., “The Principles of The Fibre Reinforced Metals”, Met. Rev., 10-37, 1965

[7] Şahin, Y., “Kompozit Malzemelere Giriş”, Gazi Üniversitesi, 2000, ANKARA.

[8] Kang, C. G., Youn, S. W., “Mechanical Properties of Particulate Reinforced Metal Matrix Composites by Electromagnetic and Mechanical Stirring and Reheating Process for Thixoforming” Journal of Materials Processing Technology, 2004.

[9] Davis, L. C., Allison, J. E., Metall. Trans., A 24, 2487-2496, 1993.

[10] Christman, T., Needleman, S., Suresh, S., Acta Metall., 37, 3029-3050, 1989.

[11] Suresh, S., Mortensen, A., Needleman, A., “Fundamentals os Metal-Matrix Composites”, Butterworth-Heinmann, 23-41, 1993, BOSTON.

[12] Bindumadhavan, P. N., Wah, H. K., Prabhakar, O., “ Dual Particle Size (DPS) Composites: Effect on Wear and Mechanical Properties of Particulate Metal Matrix Composites” Wear 284, 112-120, 2001.

[13] Alpas, A. T., Zhang, J., “Scripta Metall. Mater. , 26”, 505, 1991.

[14] Martinez, M. A., Martin, A., Llorca, J., “Scripta Metall. Mater. , 28”, 207, 1993.

[15] Ay, M., Yerebakan, M., Kurt, M., “Tane Dağılımlı Metal-Matrisli Kompozit Malzemelerin Raylı Sistemlerde Fren Pabucu Olarak Kullanılması” 7. Denizli Malzeme Sempozyumu, 108-115, 1997, DENİZLİ.

[16] Song, W. O., Krauklis, P., Mouritz, A.P., Bandyopadhyay, S., “Wear, 185”, 125, 1995

[17] Taya, M., Arsenault, R. J., “Metal Matrix Composites-thermal and Mechanical Behaviour”, Pergamon Press, 1988.

[18] Baycık, H., “Karma Malzeme ve Kullanıldığı Yerler”, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bilim Haftası Konferans Notları, 2001.

[19] Reobuck, B., Gorley, T. A. E., Mc Cartney, L. N., “Overview, Mechanical Property Test Procedures for Metal Matrix Composites”, Mater. Sci. Tech. 5, 12-19, 1989.

[20] Atik, E., “Mechanical Properties and Wear Strength in Aluminium-Alumina Composites”, Materials Structures, 31, 418-422, July 1998.

[21] Bargel, H. J., Schulze, G., Çevirenler: Güleç, Ş., Aran, A. “Malzeme Bilgisi”, Cilt I, s.160, TÜGAM Matbaası- Gebze, 1985.

*Geliş Tarihi: 21/02/2006*

*Kabul Tarihi: 08/05/2006*

