



SiC TAKVİYELİ Al-Mg KOMPOZİTLERİN YOĞUNLUĞUNUN VE MİKROYAPISININ İNCELENMESİ

Gül TOSUN^{1,*} , Mehmet KURT² 

^{1,2}Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, Al-Mg matrisine farklı hacim oranlarında mikro boyutta SiC partiküller eklenerek, toz metalürjisi yöntemi ile üretilen SiC/Al-Mg kompozitlerin yoğunluk ve mikroyapısı incelenmiştir. Kompozit üretiminde kullanılacak tozlar hazır olarak temin edilmiştir. Belirlenen oranlardaki tozlar, homojen bir karışım elde edilmesi amacıyla, 16 dev/dak dönme hızında 24 saat süre ile karıştırılmıştır. Elde edilen kompozit toz karışımları 300 ve 600 MPa basınç altında preslendikten sonra, 300, 400 ve 500°C sıcaklıklarda ve 30, 60 ve 90 dakika sinterleme işlemine tabi tutularak fırın içerisinde soğumaya bırakılmıştır. Numunelerin mikroyapı incelemeleri optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve elektron dağılım spektroskopu (EDX) ile gerçekleştirilmiştir. Maksimum yoğunluk değeri hacimce %15 SiC içeren kompozitlerde 600 MPa soğuk presleme basıncı, 500°C sinterleme sıcaklığı ve 90 dakika sinterleme süresinde üretilen numunede 0,946 olarak elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Metal matrisli kompozit, Al-Mg, SiC, Yoğunluk, Mikroyapı

INVESTIGATION OF THE DENSITY AND MICROSTRUCTURE OF SiC REINFORCED Al-Mg COMPOSITES

ABSTRACT

In this study, micro-size SiC particles were added to the Al-Mg matrix at different volume ratios and the density and microstructure of SiC / Al-Mg composites produced by powder metallurgy were investigated. The powders in the specified ratios were mixed for 24 hours at a rotational speed of 16 rpm in order to obtain a homogeneous mixture. The resulting composite powder mixtures were pressed under pressures of 300 and 600 MPa and then subjected to sintering for 30, 60 and 90 minutes and at 300, 400 and 500 ° C temperatures and allowed to cool in the oven. Microstructure analysis of the samples was performed with optical microscope, scanning electron microscope (SEM) and electron dispersion spectroscopy (EDX). The maximum density value was obtained as 0,946 in the samples produced with 600 MPa cold pressing pressure, 500oC sintering temperature and 90 minute sintering time in the composites containing 15% SiC by volume.

Keywords: Metal matrix composite, Al-Mg, SiC, Density, Microstructure

1. GİRİŞ

Metal matrisli kompozitler özellikle de süreksiz (parçacık, kısa fiber, whisker) parçacık takviyeli MMK'in, havacılık ve otomotiv uygulamalarındaki kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır [1]. SiC partikül takviyeli kompozit malzemeler potansiyel olarak mühendislik malzemelerinde daha cazip hale gelmiş olup, hem katı faz hem de sıvı faz imalat yöntemleri uygulanarak kompozit malzeme üretilebilmektedir. MMK'ler matris malzemesine nispeten düşük sünekliliğe ve kırılma tokluğuna sahiptirler [2]. Alüminyum Metal Matrisli Kompozit (MMK) malzemeler; havacılık ve otomotiv sektöründe, spor ve deniz malzemelerinde; hafiflik, rijitlik, ısı direnci, yüksek mukavemet ve aşınma direnci gibi birçok özelliklerinden dolayı geniş bir kullanım alanına sahip olup, bu kompozit malzemelerle ilgili yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur [3–6] Krasnowski ve Kulik 2012; Liu vd., 2018]. Kompoziti üretirken belirlenen uygulama alanlarında matris seçimi; yoğunluk, çekme dayanımı, yüksek sıcaklık ve süneklilik faktörleri yanında üretim metodu ve bunlar arasındaki uyumada bağlıdır. Düşük yoğunluğa sahip Al, Mg, Ti gibi matrislerle daha iyi özelliklere sahip kompozitler üretilebilmektedir [7]. Alüminyum matrisli kompozitlerde kullanılan takviyelerin başında SiC, Al₂O₃, TiC ve B₄C gibi seramikler gelmektedir. Kompozit malzemelerin üretimi için birçok yöntem vardır. Bunlardan toz metalürjisi yöntemi, karmaşık şekilli parçaların yüksek kalite ve düşük boyutsal toleransta üretimine olanak sağladığı için diğer metal üretim tekniklerine göre avantajlı bir işlemdir. Toz metalürjisi yöntemi,

* Corresponding author / Sorumlu yazar: e-mail / e-posta: gultosun@firat.edu.tr

Geliş / Recieved: 23.07.2019 Kabul / Accepted: 06.01.2020 doi: 10.28948/ngumuh.595774

G. Tosun, M. Kurt

şekillendirilmiş metal tozları veya seramik tozlarını ergime sıcaklıklarının altındaki bir sıcaklıkta mukavemet kazandırılması suretiyle yapılan bir imalat yöntemidir. Bu nedenle toz metalürjisi yöntemi ile üretilen malzemelerin pazar payları hızlı bir şekilde artmakta ve bu malzemeler birçok sektörde kullanım alanı bulmaktadır [8].

Bajpai vd. [3], alüminyum metal matris kullanarak, farklı ağırlıklara sahip nano SiC ile takviyelendirerek toz metalürjisi yöntemi ile kompozit malzeme üretmişlerdir. Nano SiC takviyeli Al kompozitlerinin çekme mukavemeti, basma mukavemeti ve sertliği ağırlıkça %2'ye kadar artmış ve takviye oranının %3 olması durumunda ise nano SiC parçacıklarının daha yüksek ağırlık yüzdesi ile kümelenmesi nedeniyle azalma meydana gelmiştir. Prasad Reddy vd. [4], nano boyutlu SiC parçacıklarının alüminyum alaşımlı matrise eklenmesiyle elde ettikleri nano kompozitlerin daha iyi mekanik ve fiziksel özellikler sergilediğini ve ara yüzey özelliklerini arttırdığını ifade etmişlerdir. Mikroyapı incelemelerinde ise, nano SiC'nin metal matriste dağılımının homojen bir şekilde dağılmasının yanı sıra ara yüzdeki parçacık ve matris arasında kuvvetli bir bağ oluşturduğunu göstermişlerdir. Jin vd. [6], toz metalürjisi yöntemini kullanılarak, hacimce %15 hacimli SiC partikülle takviyelendirilmiş SiCp/2009Al kompozitinin, yapay yaşlanma kinetiği üzerinde çözelti sıcaklığı üzerine etkisini mikroyapı incelemeleri, sertlik ölçümü ve DSC analizleri kullanılarak incelemiştir. Solüsyon sıcaklığının yaşlanma davranışı ve kompozitin çekme özellikleri üzerindeki etkisi, mikroyapı mekanizmalarının çeşitliliği açısından açıklanmıştır.

Bu çalışmada, farklı hacim oranlarında (%15-30) SiC partikülleri Al-Mg matrisine takviye edilerek, Al-Mg/SiC metal matrisli kompozit toz metalürjisi yöntemiyle üretildi. Al esaslı kompozite göre daha hafif bir kompozit elde edilmesi amacıyla, matris olarak Al'a Mg ilave edilerek, Al-Mg alaşımı matris seçildi. Ayrıca kompoziti üretirken Al üzerinde oluşan oksit tabakasından dolayı matris SiC partiküllerini tam anlamıyla ıslatamaz. Mg gibi yüksek reaktif elementlerin eklenmesi ıslatılabilirliği iyileştirir. Al ile Mg arasındaki ara yüzeyde $MgAl_2O_4$ metal oksit oluşur, bu da yüzey üzerindeki oksiti kırarak ıslanabilir temiz yüzeyler oluşturur [9]. Böylece ilave edilen Mg kompozitin mukavemeti, kaynak edilebilirliği, işlenebilirliği ve korozyon direncini iyileştirir [10]. Yaptığımız çalışmada şimdiye kadar kullanılmamış farklı hacim oranlarında SiC partiküllerle takviyelendirilmiş Al-Mg kompoziti, presleme basıncı, sinterleme sıcaklığı ve sinterleme süresi gibi literatürde kullanılmamış farklı üretim parametrelerinde toz metalürjisi ile üretilmiş olup, yoğunluk ve mikroyapı incelenmesi yapıldı.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, farklı hacim oranlarına sahip SiC partikül takviyeli Al-Mg matrisli kompozit toz metalürjisi yöntemiyle üretildi. Kompozit malzemede, matris malzemesi olarak 1 mikron boyutunda Al ve Mg tozları, takviye malzemesi olarak ise 1 mikron boyutunda hacimce %15 ve %30 oranlarında SiC tozları kullanılmıştır. Tozlar hazır olarak Nanografi firmasından temin edilmiştir. Üretimde kullanılan tozların özellikleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan tozlara ait özellikler

Özellik	Al	Mg	SiC
Toz Safiyeti (%)	99.97	99.70	99
Yoğunluk (g/cm^3)	2,71	1,7	3.21
Erime sıcaklığı ($^{\circ}C$)	660	650	2730
Sertlik (HV)	20	28	2350

Al-Mg matris, ağırlıkça % 92,5 Al ve %7,5 Mg'dan oluşmaktadır. Homojen bir yapı elde edilmesi için toz karışımları torna tezgâhında 16 dev/dak hızında 24 saat süre ile karıştırıldı. Homojen toz karışımları, tek eksenli olarak 300 ve 600 MPa basınç altında Hidroliksan marka hidrolik pres kullanılarak kalıpta preslendi. Preslenmiş numuneler 30, 60 ve 90 dak sürelerde, Protherm marka yüksek sıcaklıklara dayanıklı sinterleme fırını kullanılarak 300, 400 ve 500 $^{\circ}C$ sıcaklıklarda sinterleme işlemine tabi tutuldu.

Numunelerin ağırlıkları 0,001 gr hassasiyetli Radweg marka hassas terazi ile belirlendi. Numunelerin sinterleme sonrası ölçülen yoğunluklarının belirlenmesinde Arşimet prensibinden faydalanıldı. Numunelerin teorik yoğunlukları karışım kanununa göre belirlendi (Eşitlik 1).

$$d_g = \left(\frac{W_a}{W_a - W_w} \right) \cdot \rho \quad (1)$$

Burada, d_g görünür yoğunluğu, W_a numunenin havadaki ağırlığı, W_w numunenin sudaki ağırlığı ve ρ ise saf suyun 25 $^{\circ}C$ 'deki yoğunluğudur (0.998 gr/cm^3).

Numunelerin relatif yoğunluk değerleri ise (2) nolu eşitlik ile hesaplandı.

$$d_r = \left(\frac{d_g}{d_t} \right) \cdot \rho \quad (2)$$

Burada, d_r relatif yoğunluk, d_g görünür yoğunluk ve d_t ise teorik yoğunluktur. Relatif yoğunluk suya göre yoğunluğu ifade etmektedir.

SiC TAKVİYELİ Al-Mg KOMPOZİTLERİN YOĞUNLUĞUNUN VE MİKROYAPISININ İNCELENMESİ

Sinterlenmiş numunelerin optik mikroskop ve SEM’de mikroyapı incelemelerinin yapılabilmesi için 600, 800, 1000 ve 1500 meşhlik zımparalar ile kullanıldı. Daha sonra 3 μm ’lik elmas pasta ile parlatılan numuneler, Keller çözeltisi (2 ml HF – 3 ml HCl – 5 ml HNO₃ - 190ml saf H₂O) ile dağlandıktan sonra mikroyapı görüntüleri alındı. Mikroyapı incelemelerinde Nikon MA-100 markalı Optik mikroskop ve Zeiss marka taramalı elektron mikroskobu kullanıldı.

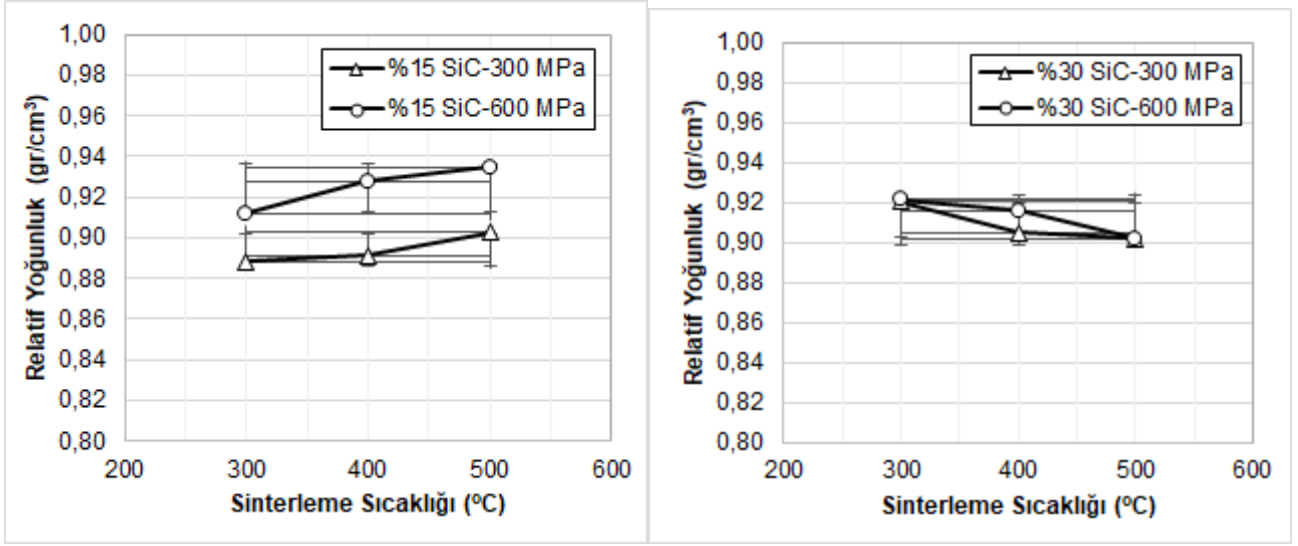
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 1’de toz metalürjisi yöntemiyle üretilen kompozitin makro görüntüsü verilmektedir. Değişen üretim parametrelerine bağlı olarak üretilen kompozitinde yoğunluğunda değişimler olduğu gözlemlendi. SiC/Al-Mg kompozitinin yoğunluğunun sinterleme sıcaklığı ve basıncı ile değişimi Şekil 2’de görülmektedir. Presleme basıncının artması ile kompozitin yoğunluğunun arttığı görüldü. Presleme işlemi esnasında tozlar belirli bir basınç ile sıkıştırıldıkları zaman birbirine yaklaşır. Sıkıştırılan tozlar arası mesafe ne kadar yakın olursa yani presleme basıncı ne kadar fazla olursa, sinterleme işlemi esnasında meydana gelecek olan difüzyon daha kolay meydana gelir. Sinterleme esnasında gerçekleştiği kabul edilen çift küre modeline göre daha rahat mikro kaynaklanma, yapışma, boyun oluşumu ve boyunun büyümesi daha sonra nihai toz parçacığın oluşması meydana gelir. Dolayısıyla daha az poroziteye sahip yani daha yoğun bir ürün elde edilir [11].



Şekil 1. 300 MPa basınç, 400°C sinterleme sıcaklığı ve 60 dakika sinterleme süresinde üretilmiş %30 SiC takviyeli kompozitin makro görüntüsü

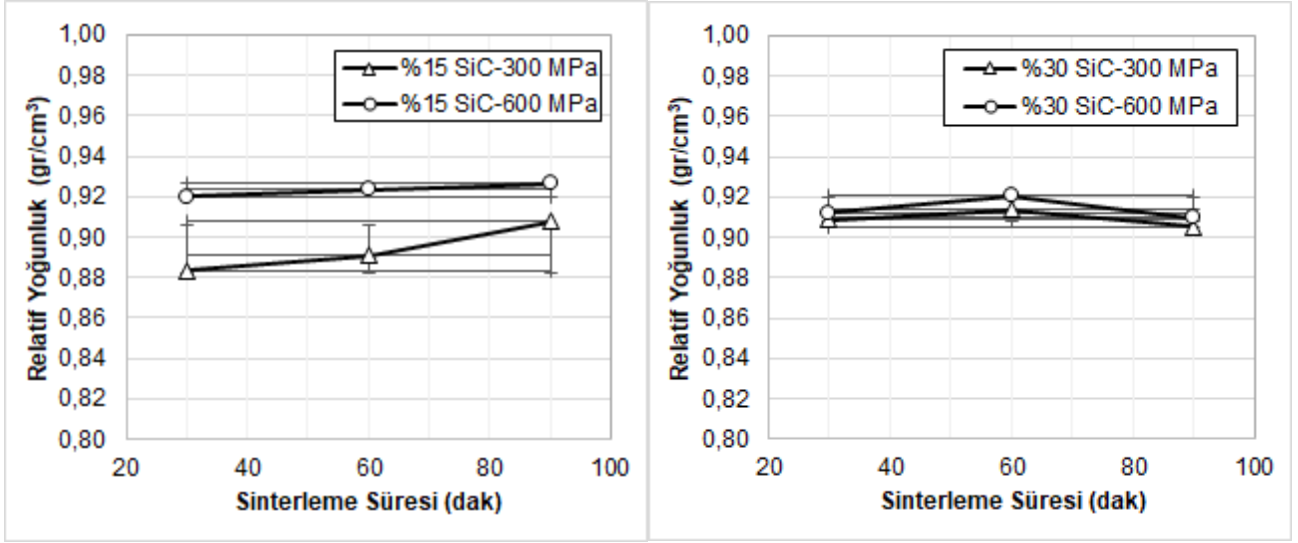
%15 SiC takviyeli kompozitlerde sinterleme sıcaklığının yoğunluk üzerindeki etkisi tüm presleme basınçlarında aynıdır (Şekil 2). Sinterleme sıcaklığı arttıkça yoğunluk arttığı görüldü. Sinterleme sıcaklığı 300°C’den 400°C’ye artırıldığı zaman yoğunluk 300 MPa presleme basıncında %3,2 ve 600 MPa presleme basıncında %17,17 artmış, 400°C’den 500°C’ye artırıldığı zaman 300 MPa presleme basıncında %7,3 ve 600 MPa presleme basıncında %12,87 yoğunluk arttı. Sonuçlardan da görülmektedir ki, yüksek presleme basınçlarında sıcaklığın yoğunluk üzerindeki etkisi daha baskındır.



Şekil 2. Al-Mg/SiC kompozitlerinin relatif yoğunluğunun sinterleme sıcaklığı ve presleme basıncı ile değişimi

SiC/Al-Mg kompozitinin yoğunluğunun sinterleme süresi ve basıncına göre değişimi Şekil 3’de görülmektedir. 300 MPa presleme basıncında üretilen kompozitlerde sinterleme süresi 30 dakikadan 60 dakikaya artırıldığı zaman yoğunlukta %0,82 artış gözlemlenirken, sinterleme süresi 60 dakikadan 90 dakikaya artırıldığında yoğunluk değerleri %1,86 arttığı gözlemlendi (Şekil 3). 600 MPa presleme basıncında üretilen kompozitlerde ise sinterleme süresi 30 dakikadan 60 dakikaya artırıldığı zaman yoğunlukta %0,138 lük bir artış, sinterleme süresi 60 dakikadan 90 dakikaya artırıldığında yoğunluk değerleri %0,32 daha da arttığı gözlemlendi. Böylece %15 SiC takviyeli kompozitlerde sinterleme süresinin artmasıyla yoğunluğun arttığı görüldü. Sinterleme süresinin artırılması sinterlemeye olumlu katkıda bulunduğu görülmüştür. Fakat %30 SiC takviyeli kompozitlerde sinterleme sıcaklığı 300°C’den 400°C’ye artırıldığı zaman yoğunluk 300 MPa presleme basıncında %1,69 düşmüş ve 600 MPa presleme basıncında %0,59 düşmüştür, 400°C’den 500°C’ye artırıldığı zaman 300 MPa presleme basıncında %0,34 ve 600 MPa presleme basıncında %1,57 yoğunluk azalmıştır. %30 SiC takviyeli numunelerde sinterleme sıcaklığı arttıkça yoğunluk düşmüştür. 300 MPa presleme basıncında üretilen kompozitlerde sinterleme süresi 30 dakikadan 60 dakikaya artırıldığı zaman yoğunlukta %0,18 artış gözlemlenirken, sinterleme süresi 60 dakikadan 90 dakikaya artırıldığında yoğunluk değerleri %0,95 düştüğü gözlemlendi. 600 MPa presleme basıncında üretilen kompozitlerde sinterleme süresi 30 dakikadan 60 dakikaya artırıldığı zaman yoğunlukta %0,96 artış gözlemlenirken, sinterleme süresi 60 dakikadan 90 dakikaya artırıldığında yoğunluk değerleri %1,19 oranında düştüğü gözlemlendi. Bu sonuçlardan ise %30 SiC takviyeli numunelerin en yüksek yoğunluğunun 60 dakika sinterleme süresinde elde edildiği görülmüştür. %30 SiC takviyeli kompozitler için 60 dakikalık sinterleme süresi threshold sinterleme süresidir. SiC takviyeli numunelerde sinterleme esnasında, sinterleme sıcaklığı veya sinterleme süresi arttıkça takviyeyi çevreleyen matrisin ıslatma özelliği göstererek tozların kolaylıkla akmasına yardımcı olur. Tozlar, difüzyon yoluyla daha kolay hareket ederler ve dolayısıyla kolay boyun oluşumu olayı gerçekleşmektedir [11]. Atomlar arası bağlanma daha rahat meydana geldiği için daha yoğun bir ürün elde edilir. Takviye içeriğini %30’a artırdığımız zaman takviyeyi saran matris miktarı nispeten azalmaktadır, dolayısıyla düşük ıslatılabilirlik meydana gelir. Farklı takviye içeriğine sahip iki kompozit karşılaştırıldığı zaman, aynı sinterleme sıcaklıklarında yüksek takviye içeriğine sahip kompozitte daha yavaş difüzyon ve sinterleme olayı meydana gelir. Yüksek takviye içeriğinde genellikle takviyelerin kümelenme olayı da meydana gelir [3]. Ayrıca, matris ve SiC partikülleri arasında gözenek çekirdeklenmesi meydana gelir. Bahsedilen tüm bu mekanizmalar yoğunluğun düşmesine sebep olur [12]. Yüksek sıcaklıkta uzun süre sinterleme işlemi de kompozitlerde yoğunluğu düşürmektedir. Bu nedenle sıcaklık ve süre birbiriyle ilişkili olup kompozit üretiminde mukavemet açısından en uygun sıcaklık ve zamanın belirlenmesi gerekmektedir.

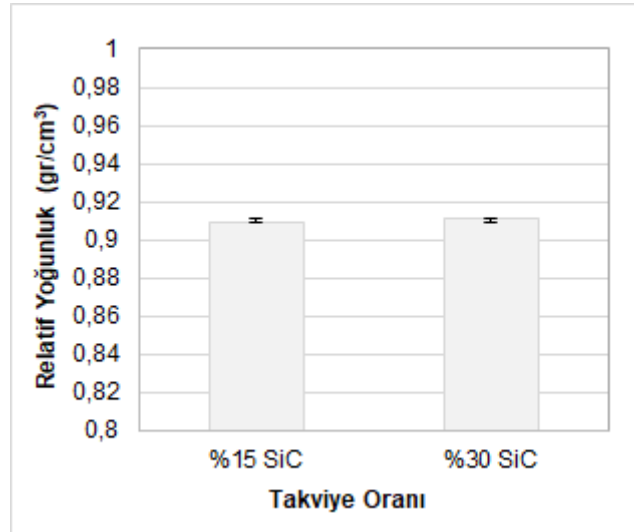
SiC TAKVİYELİ Al-Mg KOMPOZİTLERİN YOĞUNLUĞUNUN VE MİKROYAPISININ İNCELENMESİ



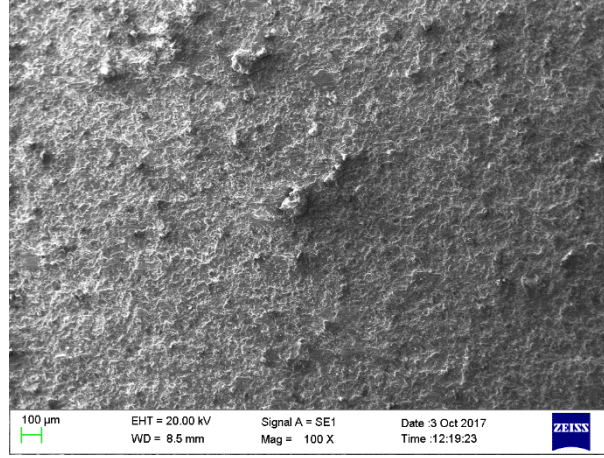
Şekil 3. Al-Mg/SiC kompozitlerinin relatif yoğunluğunun sinterleme süresi ve presleme basıncı ile değişimi

Hacimce % 15 SiC içeren kompozitlerde maksimum yoğunluk değeri 600 MPa soğuk presleme basıncı, 500 °C sinterleme sıcaklığı ve 90 dakika sinterleme süresinde üretilen numunede ölçülmüş olup bu değer 0,93'dir. Aynı numunede minimum yoğunluk değeri ise 300 MPa basınç, 300°C sinterleme sıcaklığı ve 30 dakika sinterleme süresinde üretilen numunede ölçülen değer 0,88362'dir. Hacimce %30 SiC içeren kompozitlerde ise; maksimum yoğunluk değeri 600 MPa soğuk presleme basıncı, 300°C sinterleme sıcaklığı ve 60 dakika sinterleme süresinde üretilen numunede ölçülmüş olup bu değer 0,92, minimum yoğunluk ise 300 MPa basınç, 500°C sinterleme sıcaklığı ve 90 dakika sinterleme süresinde üretilen numunede ölçülmüş olup bu değer 0,90'dir.

Şekil 4'te aynı oranda takviye içeriğine sahip kompozitlerin yoğunluklarının ortalaması alınarak relatif yoğunluk ve takviye oranı değişimi verilmiştir. Kendi grupları içerisinde dalgalanmalar göstermelerine rağmen %30 SiC takviyeli kompozitler en yüksek ortalama relatif yoğunluğa sahiptir (Şekil 4). Üretilen kompozitin mikroyapıları incelenecek olursa, genel olarak homojen bir mikroyapı gözlemlendi (Şekil 5) [3]. Buda toz metalürjisi ile üretimin ilk aşamasında karışım işleminin yeterince yapıldığı anlamına gelmektedir.

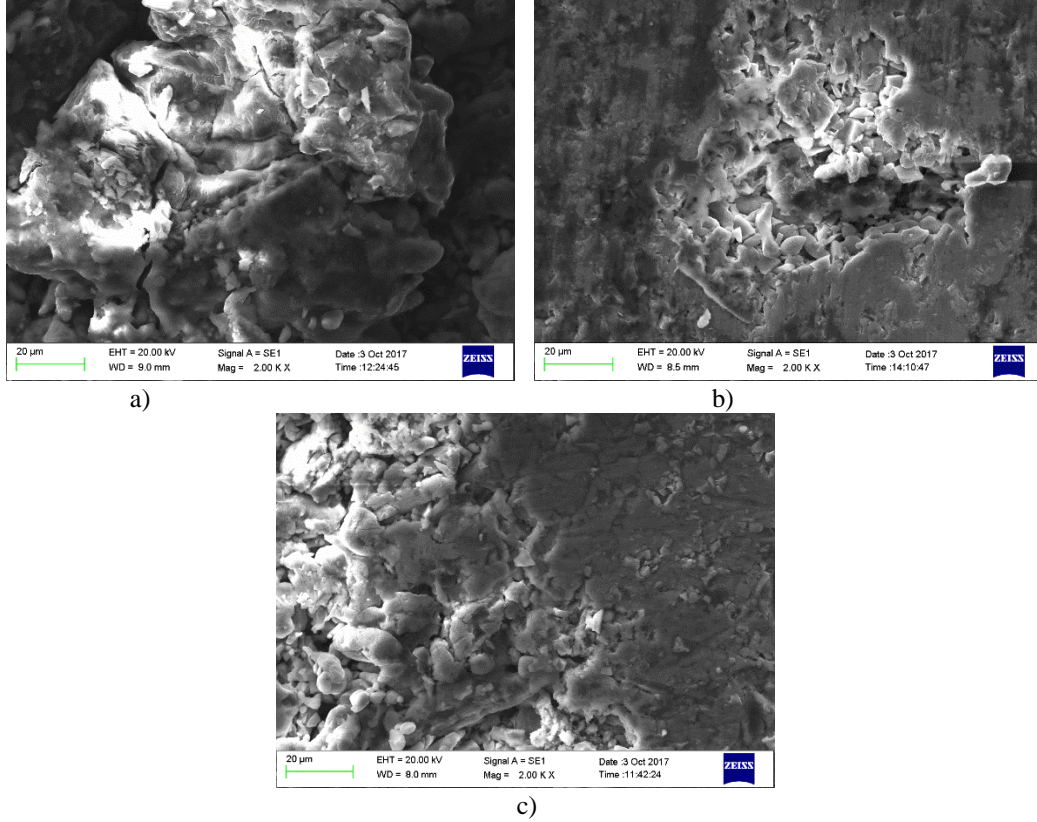


Şekil 4. Relatif yoğunluğun takviye oranı ile değişimi



Şekil 5. % 15 SiC takviyeli 600 MPa presleme basıncı 300°C sinterleme sıcaklığı ve 60 dak sinterleme süresinde üretilen kompozitin SEM görüntüsü

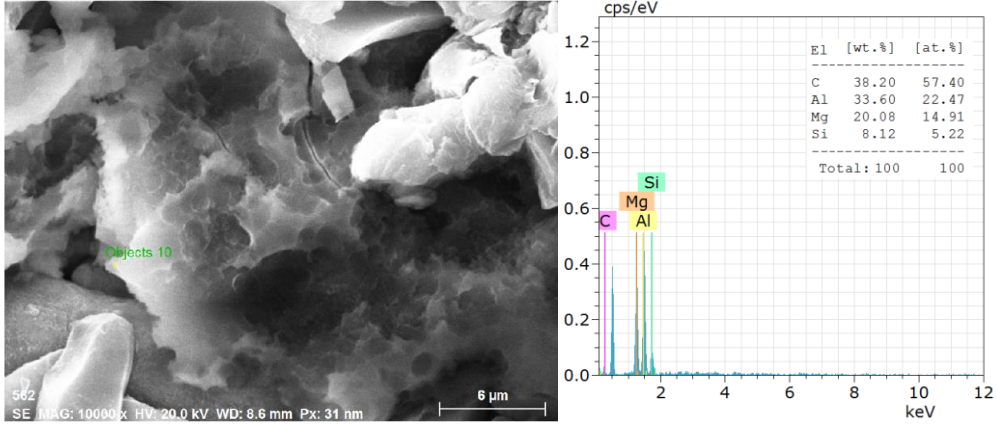
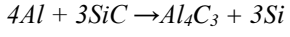
Sinterleme sıcaklığı 300°C’de üretilen numunelerin yüzeyinde SiC tanelerinin bir kısmının matrise gömülmüş bir kısmının ise numune dışına taşıdığı gözlemlendi(Şekil 6a). Sinterleme sıcaklığını 400°C’ye çıkarıldığı zaman daha fazla gözenegin meydana geldiği görüldü. Meydana gelen gözeneklerin homojen bir şekilde dağıldığı görüldü. (Şekil 6b). Yapı içerisindeki poroziteler ise mikroyapı matris takviye ara yüzeyinden bağımsız, sinterleme işleminin bir sonucu olarak meydana geldi. Sinterleme sıcaklığını 500°C’ye artırdığımız zaman, gözeneklerin çok daha azaldığı ve SiC partiküllerinin bölgesel olarak topaklandığı gözlemlendi. Meydana gelen aglomerasyon ile matrisin alanlarının keskin bir sınırla takviyeden ayrıldığı (Şekil 6c) gözlemlendi [3].



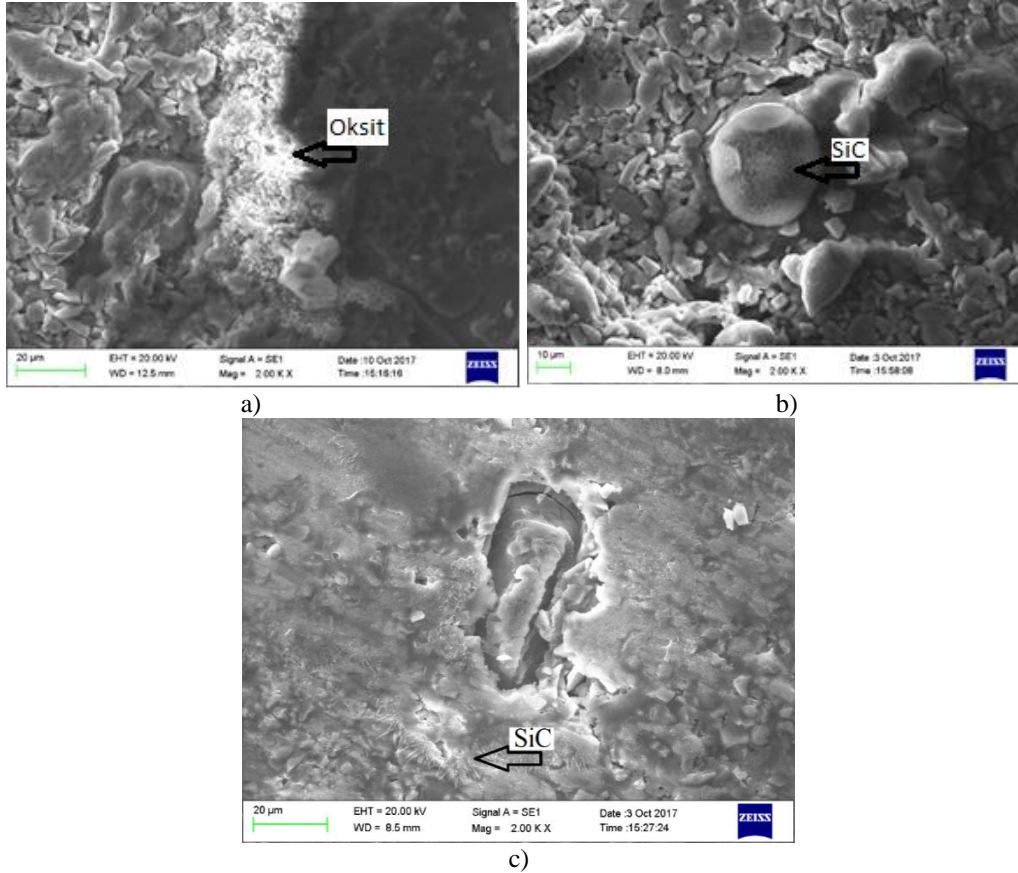
Şekil 6. %15 SiC takviyeli, 60 dak sinterleme süresi 600 MPa presleme basıncında ve a) 300°C b) 400°C c) 500°C sinterleme sıcaklığı üretilen kompozitlerin SEM görüntüleri

SiC TAKVİYELİ Al-Mg KOMPOZİTLERİN YOĞUNLUĞUNUN VE MİKROYAPISININ İNCELENMESİ

Şekil 6a'da ise SiC partikülleri ile matris arasında tam bir bağlanma oluşmadığı, SiC partiküllerinin matris tarafından tam olarak ıslatılmadığı görülmektedir. Bu da numunenin fotoğrafındaki yarısı yüzeyde matris tarafından ıslatılmış yarısı yüzey dışına taşmış olan partikül görüntüsünü desteklemektedir. Sinterleme sıcaklığını 400°C'ye çıkardığımız zaman yapı içerisinde sıcaklığında yükselmesi ile yapı içerisinde [13]



Şekil 7. %15 SiC takviyeli 400°C sinterleme sıcaklığı 30 dak sinterleme süresi 600 MPa presleme basıncında üretilen kompozitlerin SEM görüntüsü ve EDX analizi



Şekil 8. %30 SiC takviyeli 400°C sinterleme sıcaklığı, 600 MPa basınçta ve a) 30 dak b) 60 dak c) 90 dak sinterleme süresinde üretilen kompozitlerin SEM görüntüsü ve EDX analizi

G. Tosun, M. Kurt

Reaksiyonu sonucu Al_4C_3 (Şekil 7) fazının meydana geldiği görülmüştür. Reaksiyondan anlaşıldığı üzere, matris alaşımına SiC eklenmesi Al_4C_3 bileşiğinin oluşumuna yol açar. Al_4C_3 bileşiği, malzemenin korozyona karşı direncini düşürdüğü için istenmez. Al_4C_3 oluşumunu engellemek için geliştirilmiş farklı mekanizmalar bulunmaktadır. SiC partiküllerini oksitleyerek, yüzeyde bir SiO_2 tabakası oluşturmak veya partikülleri, toz metalürjisi yöntemiyle takviye etmek bunlardan sadece birkaçıdır [13]. Bu fazın oluşumuyla yapıda matris ile takviye arasında çatlakların oluşarak bağlanmanın tam olarak gerçekleşmediği gözlemlendi.

Şekil 8'de ise %30 SiC takviyeli Al-Mg kompozitinin mikroyapı görüntüleri verilmektedir. Aynı şartlar altında 30 dakikalık sinterleme süresinde yapıda oksitlerin oluştuğu gözlemlendi (Şekil 8a). Sinterleme süresini 60 dakikaya artırdığımız zaman (Şekil 8b) oksitlerin arttığı ve SiC topaklanmalarının meydana geldiği görüldü. Aglomerasyon oluşumu yoğunluk düşüşünün sebebi olarak gösterilebilir. Sinterleme süresini 90 dakikaya artırdığımız zaman ise, yapıda iğnemsî SiC rastlanıldı (Şekil 8c). İğnemsî SiC partiküllerin gözlemlendiği bu numunelerde yoğunlukta düşük olduğu görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Al-Mg alaşımı hacimce %15 ve %30 SiC ile takviyelendirilerek metal matrisli kompozit malzemeler toz metalürjisi yöntemiyle üretilmiştir. Üretim parametrelerinden kompozit malzemelerdeki takviye cinsi, takviye oranı, presleme basıncı, sinterleme sıcaklığı ve sinterleme süresinin yoğunluk ve mikroyapı üzerindeki etkileri araştırılmış ve deneysel çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Presleme basıncının artması ile yoğunluğun arttığı görülmüştür.

%15 SiC takviyeli kompozitlerde sinterleme sıcaklığının yoğunluk üzerindeki etkisi tüm presleme basınçlarında Sinterleme sıcaklığı arttıkça yoğunluk arttığı görülmüştür. Yüksek presleme basınçlarında sıcaklığın yoğunluk üzerindeki etkisi daha baskındır. Böylece %15 SiC takviyeli kompozitlerde sinterleme süresinin artmasıyla yoğunluğun arttığı görülmüştür. Sinterleme süresinin artırılması sinterlemeye olumlu katkıda bulunduğu görülmüştür.

% 30 SiC takviyeli numunelerde sinterleme sıcaklığı arttıkça yoğunluk düşmüştür. Presleme basıncı ne olursa olsun, %30 SiC takviyeli numunelerin en yüksek yoğunluğunun 60 dakika sinterleme süresinde elde edildiği görülmüştür. %30 SiC takviyeli kompozitler için 60 dakikalık sinterleme süresi threshold sinterleme süresidir.

%15 SiC takviyeli kompozitlerin mikroyapı görüntülerinden ve EDX analizinden yapıda Al_4C_3 fazının oluştuğu gözlemlenirken % 30 SiC takviyeli kompozitlerde ise iğnemsî SiC'lerin mevcut olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TEKF.16.09 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] F. Bedir, "Alüminyum kompozitlerin Üretimi, Karakteristik Özellikleri ve Endüstriyel Uygulamaları", Mühendis ve Makina, vol 47, pp. 28–35, 2006.
- [2] J.J. Lewandowski, C. Liu, W.H. Hunt, "Effects of matrix microstructure and particle distribution on fracture of an aluminum metal matrix composite", Materials Science and Engineering: A, vol 107, pp. 241–255, 1989.
- [3] G. Bajpai, R. Purohit, R.S. Rana Singh, S. Rajpurohit, A. Rana, "Investigation and Testing of Mechanical Properties of Al-Nano SiC Composites through Cold Isostatic Compaction Process", Materials Today: Proceedings, vol. 4, pp. 2723–2732, 2017.
- [4] A. Prasad Reddy, P. Vamsi Krishna, R. Narasimha Rao, N. Murthy, "Silicon Carbide Reinforced Aluminium Metal Matrix Nano Composites-A Review", Materials Today: Proceedings, vol. 4, pp. 3959–3971, 2017.
- [5] M. Rashad, F. Pan, W. Guo, H. Lin, M. Asif, M. Irfan, "Effect of alumina and silicon carbide hybrid reinforcements on tensile, compressive and microhardness behavior of Mg–3Al–1Zn alloy", Materials Characterization, vol. 106, pp. 382–389, 2015.
- [6] P. Jin, B.L. Xiao, Q.Z. Wang, Z.Y. Ma, Y. Liu, S. Li, "Effect of solution temperature on aging behavior and properties of SiCp/Al–Cu–Mg composites", Materials Science and Engineering: A, vol. 528, pp. 1504–1511, 2011.
- [7] R.M. German, Powder metallurgy and particulate materials processing : the processes, materials, products, properties and applications. Metal Powder Industry, 2005.
- [8] A. Gökçe, Yapısal uygulamalar için alüminyum esaslı malzemelerin toz metalürjisi kullanılarak geliştirilmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.

SiC TAKVİYELİ Al-Mg KOMPOZİTLERİN YOĞUNLUĞUNUN VE MİKROYAPISININ İNCELENMESİ

- [9] S. Asavavisithchai, A.R. Kennedy, "Effect of powder oxide content on the expansion and stability of PM-route Al foams", *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 297, pp. 715–723, 2006.
- [10] G.Timaç, Uçak Endüstrisinde Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının TIG Kaynak Yöntemi ile Kaynaklanabilirliğinin İncelenmesi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [11] M. Rahimian, N. Parvin, N. Ehsani, "The effect of production parameters on microstructure and wear resistance of powder metallurgy Al–Al₂O₃ composite", *Materials & Design*, vol. 32, pp.1031–1038, 2011.
- [12] R.S. Rana, R. Purohit, V.K. Soni, S. Das, "Characterization of Mechanical Properties and Microstructure of Aluminium Alloy-SiC Composites", *Materials Today: Proceedings*, vol. 2, pp. 1149–1156, 2015.
- [13] S. Acun, SiC partikül takviyeli alüminyum alaşım matrisli kompozit malzemelerde yaşlandırma işleminin mekanik özelliklere etkisi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.

