



**Mahmut Can Şenel**  
**Mevlüt Gürbüz**  
**Erdem Koç**

Ondokuz Mayıs University, Samsun-Turkey  
mahmutcan.senel@omu.edu.tr; mgurbuz@omu.edu.tr; erdemkoc@omu.edu.tr

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.2.2A0142">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.2.2A0142</a>	
ORCID ID	0000-0001-7897-1366	0000-0003-2365-5918
	0000-0000-4892-7705	
CORRESPONDING AUTHOR	Mahmut Can Şenel	

## SIC TAKVIYELİ ALÜMİNYUM ESASLI KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN VE MİKRO YAPISININ İNCELENMESİ

### ÖZ

Bu çalışmada, toz metalürjisi metoduyla alüminyum matrise ağırlıkça %0-30 arasında değişen oranlarda SiC katkısı yapılmış olup takviye oranının deneysel yoğunluğa, Vickers sertliğine, basma dayanımına ve mikro yapıya olan etkisi incelenmiştir. Üretilen kompozitlerin karakterizasyon çalışmaları için X-ışını kırınımı (XRD) cihazı ve taramalı elektron mikroskopu (SEM) kullanılmıştır. SEM-EDX (enerji dağılımlı x-ışını) spektrometresiyle yürütülen karakterizasyon çalışmalarında, SiC partiküllerin homojen şekilde dağıldığı görülmüştür. Mekanik testler neticesinde, üretilen saf alüminyumun Vickers sertliği 30 HV ve basma dayanımı 112 MPa iken; ağırlıkça %30 SiC katkısıyla Vickers sertliği 79 HV'ye ve basma dayanımı 221 MPa'a yükselmiştir. Sonuç olarak, SiC katkısının kompozitlerin mekanik özelliklerine olumlu yönde katkı yaptığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum, Silisyum Karbür, Toz Metalürjisi, Kompozit, Sertlik

## THE INVESTIGATION ON MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF SIC REINFORCED ALUMINUM MATRIX COMPOSITES

### ABSTRACT

In this study, SiC was added to aluminum matrix by varying of 0-30%wt. Also, the effect of reinforcement ratio was investigated on density, hardness, compressive strength and microstructure. X-ray diffraction (XRD) device and scanning electron microscope (SEM) were used for the characterization of the composites. In the characterization studies carried out by SEM-EDX (energy dispersive x-ray) spectrometry, SiC particles were found to be homogeneously distributed. As a result of mechanical tests, the hardness and compressive strength value of pure aluminum was nearly 30 HV and 112 MPa. On the other hand, the hardness and compressive strength value of Al-30%SiC was nearly 79 HV and 221 MPa. In conclusion, it was seen that the addition of SiC positively contributes to the mechanical properties of the aluminum composites.

**Keywords:** Aluminum, Silicon Carbide, Powder Metallurgy, Composite, Hardness

### How to Cite:

Şenel, M.C., Gürbüz, M. ve Koç, E., (2018). SIC Takviyeli Alüminyum Esasli Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin Ve Mikro Yapısının İncelenmesi, **Technological Applied Sciences (NWSATAS)**, 13(2):122-133, DOI:10.12739/NWSA.2018.13.2.2A0142



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kompozit malzemeler; yüksek mukavemet, tokluk, yorulma, aşınma ve korozyon dayanımı, yüksek sıcaklık performansı, hafiflik ve estetik görünüm gibi üstün özellikleri sebebiyle havacılık, uzay, otomotiv ve savunma sanayi gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler, aynı veya farklı gruptaki malzemelerin üstün özelliklerini tek bir malzemede toplamak amacıyla birbirlerinden farklı morfolojideki iki veya daha fazla bileşenin karışımından oluşmaktadır [1 ve 2]. Metal matrisli kompozitlerde (MMK), matris (ana) malzemelerinin en önemli görevi takviye elemanlarını bir arada tutmaktır. Ayrıca kompozit malzemeye gelen yüklerin homojen bir şekilde takviye elemanlarına aktarılması ve takviye elemanlarının aşınmaya karşı korunması da matris malzemeler tarafından sağlanmaktadır. Bunların dışında, MMK malzemelerin mekanik özelliklerini ağırlıklı olarak matris elemanı belirlemektedir. Metal matrisli kompozitlerde çoğu mühendislik malzemesi ana malzeme olarak kullanılabilir. Bunların başlıcaları; Al, Mg, Ti, Co, Fe, Cu, Mo ve Ni gibi metaller ile bunların alaşımlarıdır [3 ve 4].

Kompozit malzemelerin özelliklerinin iyileştirilmesinde ana malzeme kadar takviye elemanı da etkilidir. Takviye elemanı, kompozit malzeme üzerine gelen yükün büyük bir bölümünü taşımaktadır. Yükün takviye elemanına iletilmesi için arayüzey bağının güçlü olması gerekir. Bundan dolayı takviye elemanı seçimi, matris içerisinde yönlendirilme şekilleri ve hacim oranları, kompozitin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkiler. MMK'larda yaygın olarak kullanılan takviye elemanları; SiC, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, B<sub>4</sub>C, TiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiB<sub>2</sub>, WC, W, C ve MgO'dir [4]. SiC, yüksek aşınma dayanımı, sertlik ve korozyon direnci sebebiyle kompozit yapıda takviye elemanı olarak sıklıkla tercih edilmektedir [2]. Bu çalışmada, matris malzeme olarak alüminyum (Al) tozu ve takviye elemanı olarak silisyum karbür (SiC) tozu kullanılmıştır. Alüminyum matrisli SiC takviyeli kompozitlerin üretimi ve mekanik özelliklerinin araştırılmasına yönelik çeşitli çalışmalar mevcuttur. Gallardo vd. (2014) yürüttükleri çalışmada, AA2024 alüminyum alaşıma yüksek enerjili bilyalı öğütme işlemiyle SiC nano partikül (ağırlıkça %0-5) takviyesi yapmış ve kompozitin mikro yapısını, sertliğini ve basma dayanımını incelemiştir. Ağırlıkça artan SiC takviyesiyle kompozitin akma dayanımı, maksimum çekme dayanımı ve sertliği artmıştır [5]. Pakseresht vd. (2016) yürüttükleri çalışmada, farklı oranlarda (ağırlıkça %2.5, 5, 10, 15, 20) nanoboyutlu SiC katkısının ve öğütme süresinin (2 ve 5 saat) Al-SiC nano kompozitlerin mekanik özellikleri ve mikro yapısı üzerine olan etkisini incelemiştir. SiC katkısı ile öğütme süresindeki artışın Vickers sertliğini arttırdığını tespit etmiştir [6].

Rahman vd. (2014) çalışmalarında, karıştırma döküm prosesiyle alüminyum matrise ağırlıkça %0, 5, 10, 20 SiC katkısı yapmış olup artan SiC katkısıyla kompozitin Vickers sertliği ve çekme dayanımı artmıştır. Ağırlıkça %20 SiC katkısında maksimum sertliğe ulaşmıştır [7]. Sharma vd. (2015) çalışmalarında sürtünme-karıştırma prosesiyle AA2014/SiC yüzey kompozitlerin mikro yapısı ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Sürtünme-karıştırma prosesi sonunda, takviye partiküllerin boyutunun küçüldüğünü ve sert seramik partiküllerin birleşmesi sebebiyle kompozitin yüzey sertliğinin arttığını belirlemiştir [8]. Susniak vd. (2015) çalışmalarında, toz metalürjisi yöntemiyle ağırlıkça %10, 15, 20 SiC katkısının AlSi5Cu2 alaşımına mikro yapı ve mekanik özelliklere olan etkisini incelemiştir. Mekanik alaşımlama ve vakum altında sıcak presleme işlemlerinin homojen ve yoğun bir kompozit yapı elde edilmesinde etkili olduğunu görmüştür. SiC katkısıyla ve öğütme süresinin artmasıyla Vickers sertliğinin



arttığını belirlemiştir [9]. Yürütülen çalışmada, tüm bu çalışmalardan farklı olarak çok geniş bir SiC katkı oranı (ağırlıkça %0-30) aralığında Al-SiC kompozitler üretilmiş ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

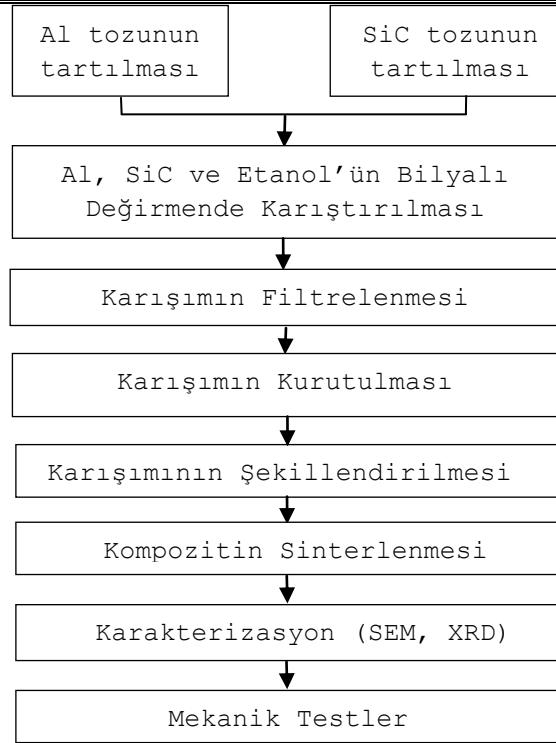
## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, alüminyum matrise ağırlıkça %0-30 arasında değişen oranlarda SiC katkısı yapılmış olup takviye oranının deneysel yoğunluğa, Vickers sertliğine, basma dayanımına ve mikro yapıya olan etkisi incelenmiştir. Üretilen kompozitlerin karakterizasyon çalışmaları için partikül boyut ölçüm cihazı, taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve X-ışını kırınımı (XRD) cihazından faydalanılmıştır.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada, matris malzeme olarak %99 saflıkta ve 7-15µm boyut aralığında saf alüminyum tozu kullanılmıştır [10]. Kompozit yapıda, takviye elemanı olarak kullanılabilen silisyum karbür (SiC) doğada bileşik olarak bulunmamasına rağmen, ana bileşenleri olan silisyum ve karbona bol miktarda rastlanmaktadır. SiC; çok sert ve aşındırıcı bir malzeme olup yüksek sürünme mukavemetine sahiptir. Ayrıca SiC; iyi termal iletkenliğe, düşük termal genleşme katsayısına ve kimyasal etkileşimlere karşı mükemmel bir korozyon direncine sahiptir [11 ve 12]. Ağırlıkça %1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 25, 30 SiC takviyeli alüminyum esaslı kompozitlerin toz metalürjisi yoluyla üretim aşamaları; mekanik karıştırma, öğütme, filtreleme, kurutma, eleme, şekillendirme, sinterleme ve karakterizasyon şeklinde sıralanabilir. Matris malzeme ve takviye elemanı olarak kullanılan alüminyum ve SiC tozları tartılarak etanol içerisinde mekanik karıştırıcıyla karıştırılır. Bulamaç kıvamındaki alüminyum ve SiC tozlarını içeren karışım bir öğütme haznesi içerisine aktarılarak bilyalı değirmende 12 saat süresince öğütme işlemine tabi tutulur. Öğütme işlemi sonrası karışımdan etanolü uzaklaştırmak amacıyla karışım filtrelendirir. Filtrelenen toz karışımı, vakuma alınabilen etüv fırınında 12 saat süresince 50°C'de kurutulur. Daha sonra Al-SiC toz karışımı, 600 MPa basınç altında tek eksenli preste 13mm çapındaki silindirik disk şeklinde şekillendirilir. Son olarak, ham kompozit numunelere, 630°C sıcaklıkta 180dk süresince vakuma alınabilen tüp fırında sinterleme işlemi uygulanır (Şekil 1).

Sinterlenen kompozit numunelerin yüzeyindeki oksit tabakayı uzaklaştırmak ve karakterizasyon çalışmaları için hazır hale getirmek amacıyla numunelerin yüzeyine zımparalama ve parlatma işlemi uygulanmaktadır. Karakterizasyon çalışmaları Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMÜ) Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma Merkezi (KİTAM)'nde gerçekleştirilmiştir. Kompozitlerin partikül tane boyut ölçümü Malvern marka Mastersizer 3000 model lazer partikül tane boyut ölçüm cihazıyla, kırık yüzey iç yapı görüntüleri Jeol marka JSM7001F model taramalı elektron mikroskopuyla ve XRD faz analizi Rigaku marka SmartLab model X-ışını kırınımı cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Kompozit malzemelerin yoğunluk ölçümü Arşimet terazisiyle, mikro Vickers sertlik ölçümleri ise HV-1000 Vickers sertlik ölçüm cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümü için üretilen kompozitlere 1.961 N (0.2kgf)'luk yük 15 s. süresince uygulanmış ve numune yüzeyinde oluşan iz çapları ölçülerek sertlik değeri belirlenmiştir.

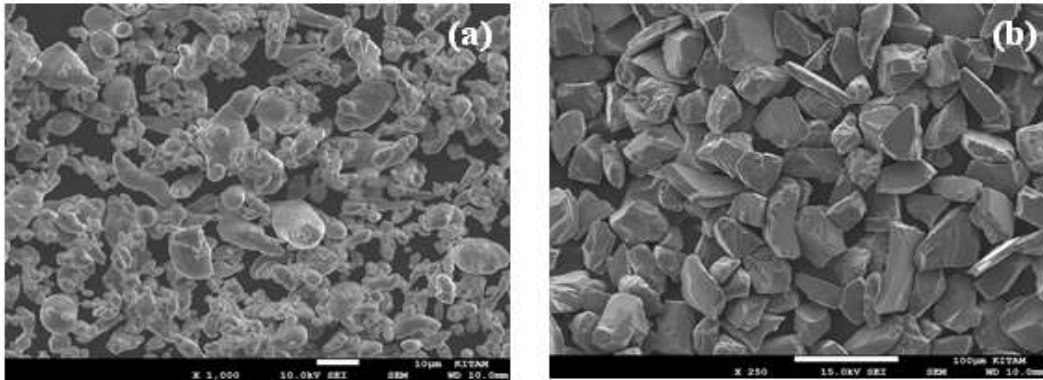


Şekil 1. Al-SiC kompozitlerin toz metalürjisi yöntemiyle üretim şeması  
(Figure 1. Fabrication scheme of Al-SiC composites by powder metallurgy method)

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

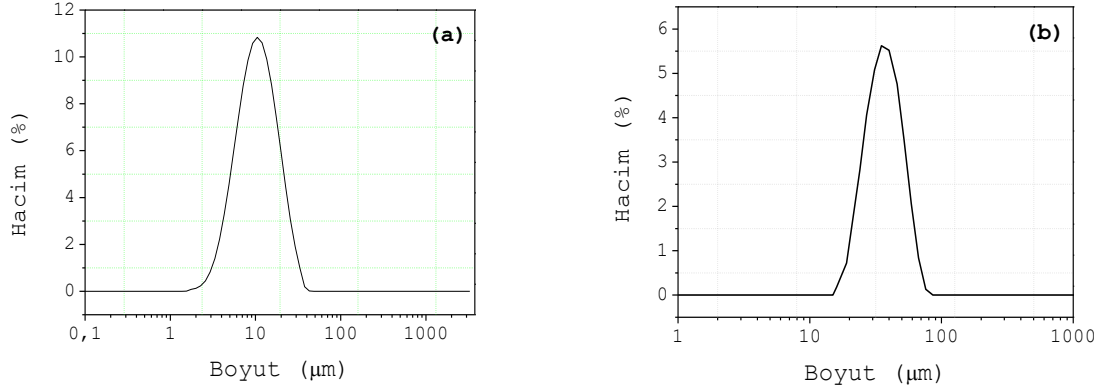
##### 4.1. Tozların Karakterizasyonu (Characterization of Powder)

Bu bölümde, kompozit malzeme üretiminde kullanılacak olan tozların karakterizasyon çalışmaları yürütülmüştür. Bu kapsamda, tozların taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri, partikül boyut dağılımları ve x- ışını kırınımı (XRD) cihazıyla faz analizleri gerçekleştirilmiştir. Alüminyum ve SiC tozlarının taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir. Alüminyum tozunun görüntüsü incelendiğinde; toz boyutunun  $10\mu\text{m}$ 'nin altında ve küresel bir morfolojide olduğu tespit edilmiştir. SiC tozunun ise küresel olmayan bir yapıda olduğu ve partikül tane boyutunun ise  $50\mu\text{m}$ 'nin altında olduğu görülmüştür.



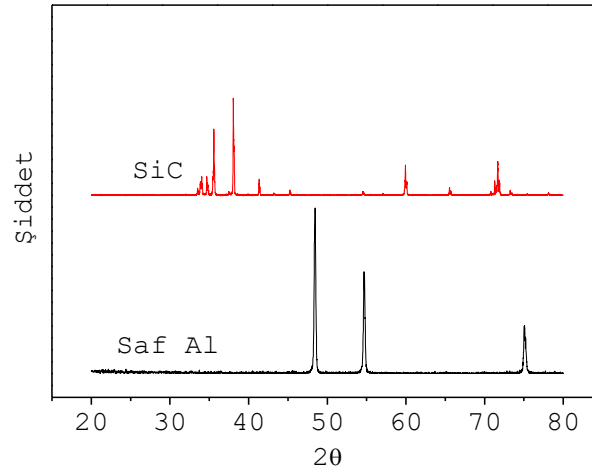
Şekil 2. Alüminyum (x1000 (a)) ve SiC (x250 (b)) tozunun SEM görüntüleri  
(Figure 2. SEM images of aluminum (x1000 (a)) and SiC powder (x250 (b)))

Alüminyum ve SiC tozların tane boyut dağılımı, lazer partikül boyut ölçüm cihazıyla belirlenmiş olup ölçüm sonuçları sırasıyla Şekil 3'de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre; alüminyum ve SiC tozlarının ortalama tane boyutunun sırasıyla 10µm ve 45µm olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. Alüminyum (a) ve SiC (b) tozların tane boyut dağılımı  
(Figure 3. Particle size distribution of aluminum (a) and SiC (b) powders)

Saf alüminyum ve SiC tozunun XRD örgü desenleri Şekil 4'de verilmiştir. Tozların  $2\theta=20-80^\circ$  arasındaki kırınım açıları incelendiğinde; alüminyumun  $2\theta\sim 39^\circ, 45^\circ, 65^\circ, 78^\circ$  ve silisyum karbürün (SiC) ise  $2\theta\sim 35^\circ, 38^\circ, 60^\circ, 72^\circ$ 'de pik verdiği görülmüştür. Bu durum da kullanılan tozların saf alüminyum (Al) ve silisyum karbür (SiC)'e ait olduğunu göstermektedir.



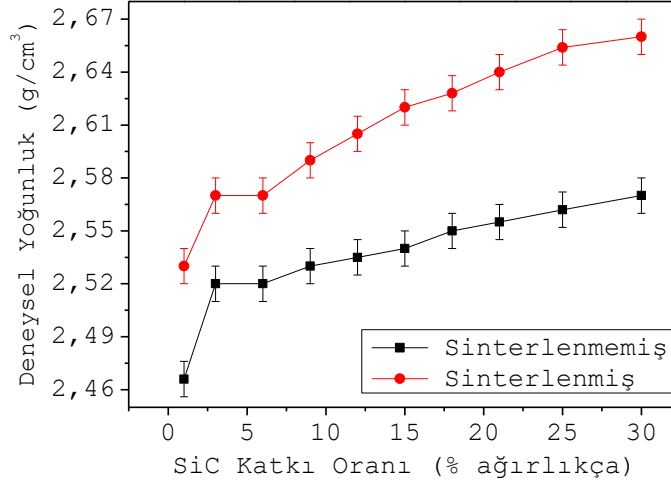
Şekil 4. Saf alüminyum ve SiC tozunun XRD örgü desenleri  
(Figure 4. XRD patterns of pure Al and SiC powder)

#### 4.2. Kompozitlerin Yoğunluk, Sertlik ve Basma Dayanımlarının Analizi (Analysis of Density, Hardness and Compression Strength of Composites)

Al-SiC kompozit yapıda, ağırlıkça %1-30 arasında değişen oranlarda SiC katkısının kompozitin yoğunluğuna olan etkisi Şekil 5'de verilmiştir. Sinterlemenin etkisiyle Al-SiC kompozitlerde deneysel yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Ağırlıkça %1 SiC katkısında



sinterlenmiş alüminyum kompozitin yoğunluğu  $2.53 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$  iken; %30 SiC katkısında sinterlenmiş alüminyum kompozitin yoğunluğu  $2.66 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir. Genel olarak sinterlemenin etkisiyle ve SiC katkısıyla alüminyum kompozitin deneysel yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir.

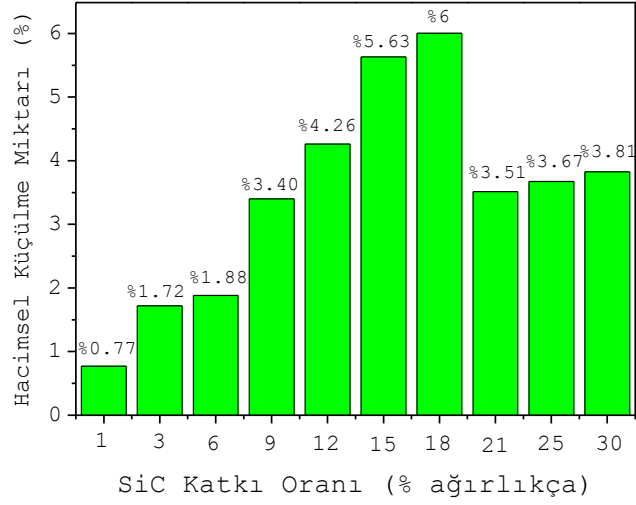


Şekil 5. Al-SiC kompozit yapılarında SiC katkı oranıyla deneysel yoğunluğun değişimi  
(Figure 5. The variation of experimental density with SiC content in Al-SiC composites)

SiC takviyeli alüminyum matrisli kompozitler, sinterlemenin etkisiyle belli oranda hacimsel küçülmeye (hacimsel çekmeye) maruz kalmaktadır. Kompozitlerde %hacimsel küçülme miktarı (%KM) Eşitlik (1)'de verilmiştir.

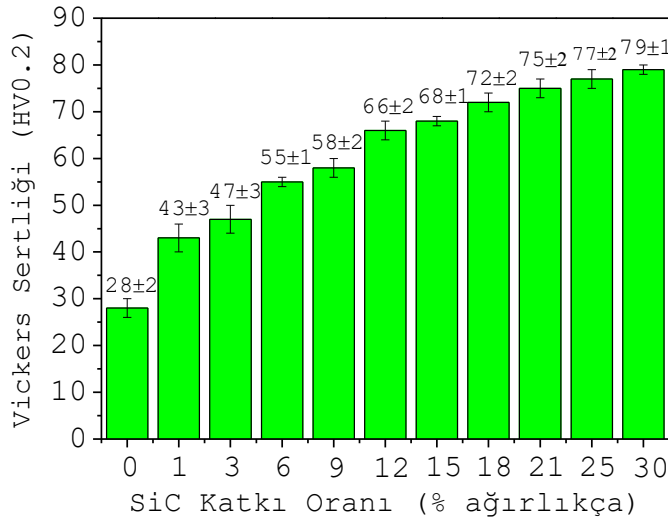
$$\%KM = \left(1 - \frac{V_s}{V}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{d_s^2 \times L_s}{d^2 \times L}\right) \times 100 \quad (1)$$

Bu eşitlikte,  $d$  ve  $L$  ise sinterleme öncesi silindirik numunenin çapı ve kalınlığı;  $d_s$  ve  $L_s$  sinterlenmiş silindirik numunenin çapı ve kalınlığıdır (mm). Al-SiC kompozit yapıda, SiC katkı oranına bağlı olarak kompozitte oluşan %hacimsel küçülme miktarı (%KM) incelendiğinde; en yüksek %hacimsel küçülme miktarı (%KM) %6 ile ağırlıkça %18 SiC katkılı alüminyum esaslı kompozitte gerçekleşmiştir (Şekil 6). Alüminyum matrise ağırlıkça %30 SiC takviyesinde ise kompozitte %3.81 oranında hacimsel küçülme meydana gelmiştir.



Şekil 6. Al-SiC kompozit yapılarda SiC katkısıyla hacimsel küçülme miktarının (%) değişimi  
(Figure 6. The variation of volumetric shrinkage with SiC content in Al-SiC composites)

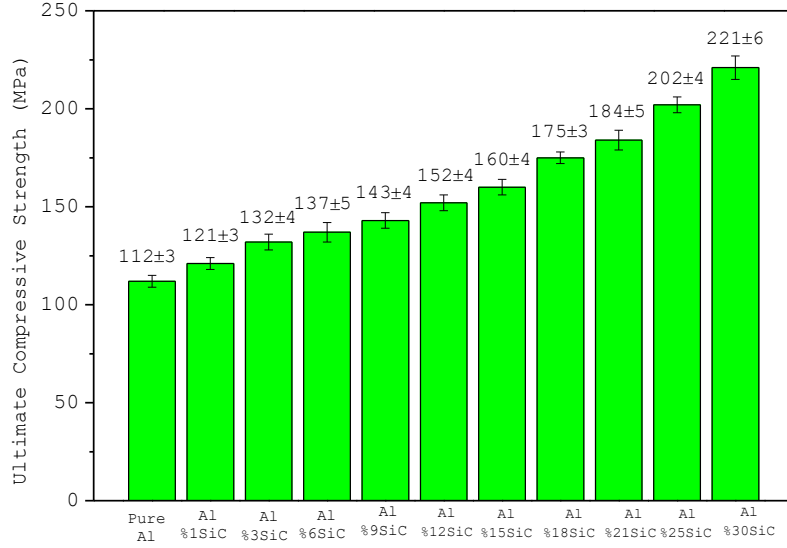
Al-SiC kompozit yapılarda SiC katkı oranına bağlı olarak kompozitin mikro Vickers sertliğindeki değişim Şekil 7’de verilmiştir. Saf alüminyumun Vickers sertlik değeri yaklaşık  $28 \pm 2$  HV iken; ağırlıkça %30 SiC katkılı alüminyum esaslı kompozitin sertliği  $79 \pm 1$  HV’ye yükselmiştir. SiC katkı oranının artmasıyla Al-SiC kompozitin Vickers sertliğinin arttığı tespit edilmiştir. Ağırlıkça %18 SiC katkı oranından sonra hacimsel küçülmenin azalmış olmasına rağmen; silisyum karbürün çok sert ve mekanik özellikleri oldukça yüksek bir malzeme olması sebebiyle kompozitin sertliğinin arttığı belirlenmiştir.



Şekil 7. Al-SiC kompozit yapılarda SiC katkı oranıyla mikro Vickers sertliğinin değişimi  
(Figure 7. The variation of micro Vickers hardness with SiC content in Al-SiC composite structures)



Saf Al ve Al-SiC kompozit yapıda SiC katkı oranıyla maksimum basma dayanımının değişimi Şekil 8'de verilmiştir. Saf alüminyumun maksimum basma dayanımı  $112\pm3$  MPa iken; %30 SiC takviyesinde  $221\pm6$ MPa'a yükselmiştir. Alüminyum matrise, %30SiC takviyesi kompozitin basma dayanımının yaklaşık %98 oranında artmasını sağlamıştır. Bu durum, basma gerilmesine maruz kalan alüminyum matrisli kompozitlerde SiC'ün iyi bir takviye elemanı olduğunu göstermektedir.

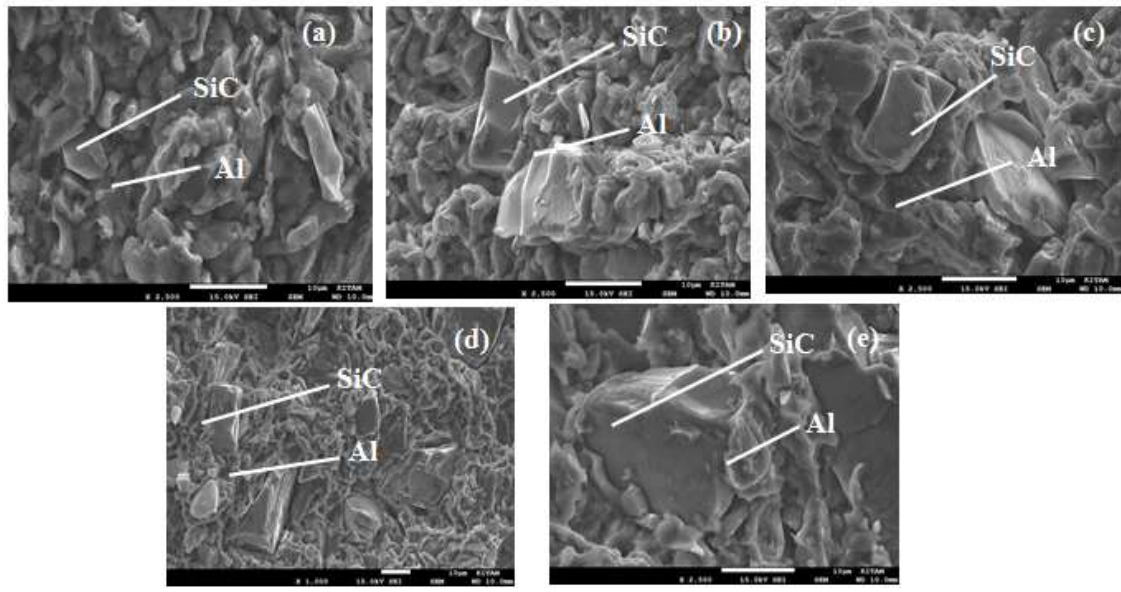


Şekil 8. Al-SiC kompozit yapılarda SiC miktarıyla maksimum basma dayanımının değişimi  
(Figure 8. The variation of ultimate compressive strength with SiC amount in Al-SiC composite structures)

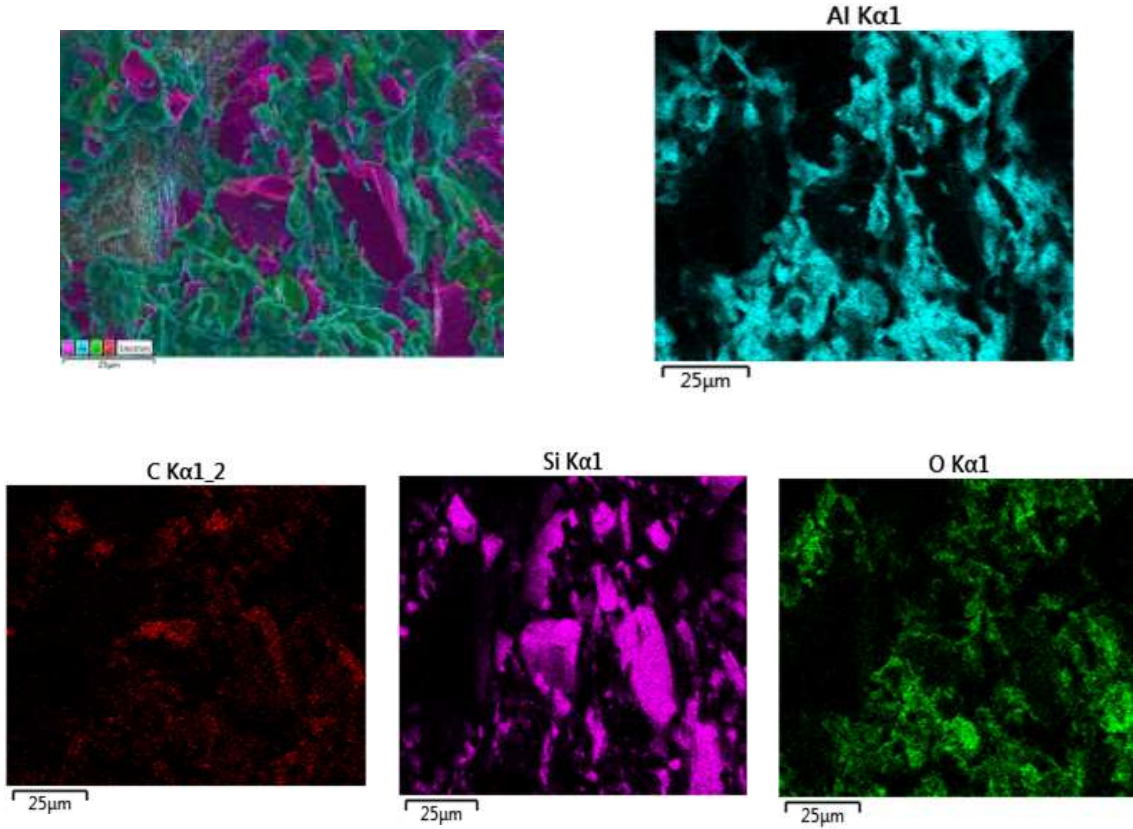
#### 4.3. Üretilen Kompozitlerin Karakterizasyonu (Characterization of Generated Composites)

Bu bölümde, Al-SiC kompozitlerin kırık yüzey içyapı görüntüleri ve faz analizleri gerçekleştirilmiştir. Ağırlıkça %3, %9, %15, %21, %30 SiC katkılı alüminyum esaslı kompozitlerin kırık yüzey içyapı görüntüleri Şekil 9'da verilmiştir. İçyapı görüntüleri incelendiğinde; SiC partiküllerinin boyutunun ( $\sim 45\mu\text{m}$ ) alüminyum partiküllere ( $\sim 10\mu\text{m}$ ) göre çok büyük olması sebebiyle SEM görüntülerinden SiC partikülleri rahatlıkla fark edilebilmektedir. Ayrıca, Al-SiC kompozit yapıda, takviye elemanı olarak kullanılan SiC partiküllerinin homojene yakın bir şekilde dağıldığı görülmüştür. Bu sebeple, SiC partiküllerinin bir bariyer etkisi göstererek dislokasyon hareketini engellediği ve bu sayede mukavemet artışı sağladığı öngörülmektedir.



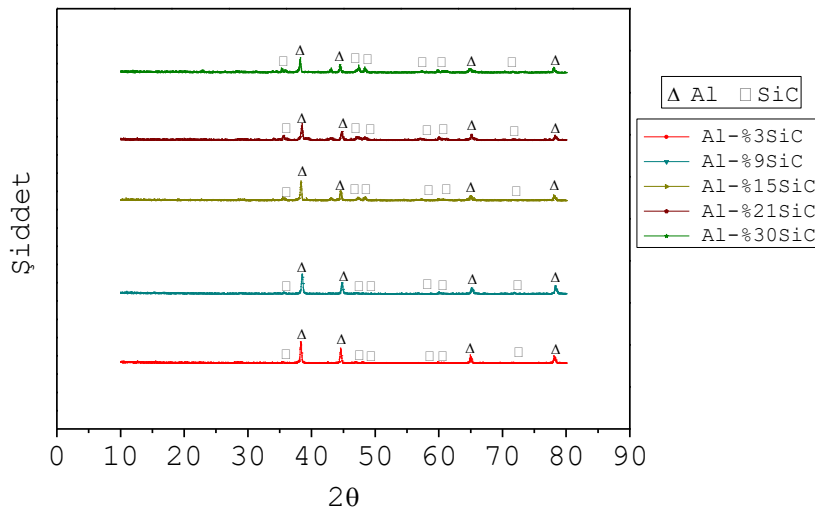


Şekil 9. %3(a), %9 (b), %15 (c), %21 (d) ve %30 (e) SiC takviyeli alüminyum matrisli kompozitlerin kırık yüzey içyapı görüntüleri (Figure 9. Fractured surface-microstructure images of 3%, 9%, 15%, 21% and 30% SiC reinforced aluminum matrix composites)



Şekil 10. Al-%30SiC kompozitin SEM-EDX haritalama görüntüleri (Figure 10. The image of Al-30%SiC composite with SEM-EDX mapping)

Al-%30SiC kompozit yapı için alüminyum matris yapı içerisindeki SiC partiküllerin dağılımı, taramalı elektron mikroskobunda (SEM) yer alan enerji dağılımlı X-ışını (EDX) spektrometresi kullanılarak Şekil 10'da verilmiştir. Şekilden SiC partiküllerin alüminyum tane sınırlarına yerleştiği ve içyapıda homojene yakın bir dağılım gösterdiği görülebilmektedir. Tane sınırlarında yer alan SiC partikülleri, dislokasyon hareketini engelleyerek alüminyum kompozit yapıda mekanik özelliklerin iyileşmesini sağlamaktadır. Farklı SiC katkı oranlarındaki Al-SiC kompozitlerin XRD örgü desenleri Şekil 11'de verilmiştir. XRD örgü desenindeki pikler incelendiğinde; fazların tamamen alüminyum (Al) ve silisyum karbürü (SiC) ait olduğu, alüminyum karbür (Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>) gibi istenmeyen ikincil fazların oluşmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 11. Al-SiC kompozitlerin XRD örgü desenleri  
(Figure 11. XRD patterns of Al-SiC composites)

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATION)

Bu çalışmada, toz metalürjisi metoduyla ağırlıkça %1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 25, 30 silisyum karbür katkılı alüminyum esaslı kompozitler üretilmiştir. SiC katkı oranının; Al-SiC kompozitin deneysel yoğunluk, % hacimsel küçülme miktarı, mikro Vickers sertliği, basma dayanımı ve mikro yapısı üzerine olan etkileri analiz edilmiştir. Bu çalışma neticesinde, elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Alüminyum esaslı kompozit yapıda, SiC katkısının artmasıyla kompozitin yoğunluğunun, mikro Vickers sertliğinin ve maksimum basma dayanımının arttığı tespit edilmiştir.
- Saf alüminyumun Vickers sertlik değeri yaklaşık 28±2 HV iken; ağırlıkça %30 SiC katkılı alüminyum esaslı kompozitin sertliği 79±1 HV'ye yükselmiştir. En iyi Vickers sertlik değerine Al-%30SiC kompozit yapıda ulaşılmıştır.
- Saf alüminyuma ağırlıkça %30 SiC katkısı yapıldığında; kompozitin maksimum basma dayanımının yaklaşık %98 oranında arttığı tespit edilmiştir.
- Al-SiC kompozit yapıda, SiC partiküllerin homojene yakın bir dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Kompozit yapı içerisindeki SiC partikülleri, dislokasyon hareketini engelleyerek



kompozitlerin mekanik özelliklerini iyileştirmiştir. Bu durum, SEM-EDX haritalamayla da doğrulanmıştır.

- Farklı katkı oranlarındaki Al-SiC kompozitlerin XRD örgü deseni incelendiğinde; fazların alüminyum ve silisyum karbüre ait olduğu alüminyum karbür ( $Al_4C_3$ ) gibi istenmeyen ikincil fazların oluşmadığı görülmüştür.
- Sonuç olarak, alüminyum matrisli kompozit yapılarda takviye elemanı olarak kullanılan silisyum karbür mekanik özellikleri olumlu yönde etkilemektedir. Silisyum karbürün kompozit yapıda Vickers sertliğini ve basma dayanımını önemli oranda arttırması sebebiyle alüminyum esaslı kompozitlerde aşınma dayanımını da arttıracağı öngörülmektedir.

#### **NOT (NOTE)**

Bu çalışmanın bir bölümü, 21-23 Eylül 2017 tarihinde Bayburt'ta düzenlenen "II. International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET 2017)" sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

#### **TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)**

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi PYO.MUH.1902.15.001 ve PYO.MUH.1904.16.002 numaralı projeler ile desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1] Karabulut, H. and Çıtak, R., (2011). Alüminyum Matrisli ve SiC Parçacık Takviyeli Kompozitlerin Farklı Mekanik Alaşım Sürelerinde Üretilmesi ve Karakterize Edilmesi. 6th International Advanced Technologies Symposium. Elazığ. Bildiriler Kitabı, ss:527-530.
- [2] Pul, M., (2010). Al Matrisli MgO Takviyeli Kompozitlerin İnfiltrasyon Yöntemi ile Üretilmesi ve İşlenebilirliğinin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3] Şahin, Y., (2006). Kompozit Malzemelere Giriş. Ankara: Seçkin Yayınevi.
- [4] Erdoğan, M., (2005). Çelik Takviyeli Alüminyum Kompozit Üretimi ve Mekanik Özelliklerinin Deneysel İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5] Gallardo, C.C., Guel, I.E., Melendez, C.L., and Sanchez, R.M., (2014). Dispersion of Silicon Carbide Nanoparticles in a AA2024 Aluminum Alloy by a High-Energy Ball Mill. Journal of Alloys and Compounds, Vol:586, No:1, PP:68-72.
- [6] Pakseresht, A.H., Baghbaderani, H.A., and Rad, R.Y., (2016). Role of Different Fractions of Nano-Size SiC and Milling Time on the Microstructure and Mechanical of Al-SiC Nanocomposites. Transactions of the Indian Institute of Metals, Vol.69, No.5, PP.1007-1014.
- [7] Rahman, M.H. and Rashed, H.M.M., (2014). Characterization of Silicon Carbide Reinforced Aluminum Matrix Composites. Procedia Engineering, Vol:90, pp:103-109.
- [8] Sharma, V., Prakash, U., and Kumar, B.V.M., (2015). Microstructural and Mechanical Characteristics of AA2014/SiC Surface Composite Fabricated by Friction Stir Processing. Materials Today: Proceedings, Vol:2, No:4-5, pp:2666-2670.
- [9] Susniak M., Baczewska, J.K., Dutkiewicz, J., Grande, M.A., and Rosso, M., (2015). An Experimental Study of Aluminum Alloy



- 
- Matrix Composite Reinforced SiC Made by Hot Pressing Method.  
*Archives of Metallurgy and Materials*, Vol:60, No:2, pp:1523-1527.
- [10] Aluminium-Specifications, Properties, Classifications and Classes, Supplier Data by Aalco, (2017).  
<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2863#7>.
- [11] Işık, E., (2004). SiC Takviyeli Al-12Si Matrisli Kompozitin Toz Metalürjisi Yöntemiyle Üretimi ve Aşınma Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [12] Silicon Carbide Ceramic Properties, (2017).  
<http://accuratus.com/silicar.html>.