AA7075 METAL MATRİSLİ %10 B_4C PARÇACIK TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ALAŞIMLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

C. Nazik[a], N. Tarakcioglu[a], A. Canakci[b], S. Ozkaya[b], T. Varol[b]

[a]Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü,
cihadnazik@selcuk.edu.tr, ntarakcioglu@selcuk.edu.tr
[b]Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü,
aykut@ktu.edu.tr, sozkaya@ktu.edu.tr, tvarol@ktu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmaya; gaz atomizasyonu yöntemiyle ortalama tane boyutu 43,9 µm olan AA7075 metal tozu üretilerek başlanmıştır. Daha sonra toz metalurjisi üretim yöntemlerinden olan mekanik alaşımlama yöntemi ile AA7075 metal matrisi içerisine; (ortalama tane boyutu 49,5 µm olan) %10 oranında B_4C parçacık takviyeleri matrise katılarak; kompozit toz karışımları hazırlanmıştır. Bu karışım farklı öğütme sürelerinde (8 saate kadar), planetary tipi yüksek enerjili bilyeli öğütücüde öğütülmüştür. Öğütülen bu tozlardan; 550 ^oC de ve (650 Mpa önyükleme olmak üzere) 500 MPa basınç altında sıcak presleme yöntemi ile kompozit malzemeler üretilmiştir. Yapılan SEM analizlerinde; mekanik alaşımlama yöntemi ile B_4C parçacıklarının 4 saatten sonra AA7075 matris içerisine homojen olarak dağıldığı görülmüştür. Tozların boyutu; 1 saate kadar arttığı ve daha sonra azaldığı görülmüştür. Üretilen kompozit malzemelerin mikroyapı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla SEM analizleri, fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yoğunluk deneyi ve sertlik deneyi yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kompozitin yoğunluğu 1 saate kadar arttığı ve daha sonra azaldığı görülmüştür. Kompozit sertliğinin, artan takviye oranı ve öğütme saati ile arttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: B_4C; mekanik alaşımlama; metal matrisli kompozit; Toz Metalurjisi,

ENHANCED PROPERTIES OF AN Al7075 BASED METAL MATRIX COMPOSITE PREPARED USING MECHANICAL ALLOYING

C. Nazik[a], N. Tarakcioglu[a], A. Canakci[b], S. Ozkaya[b], T. Varol[b]

[a]Selçuk University, Department of Metallurgical and Materials Engineering

cihadnazik@selcuk.edu.tr, ntarakcioglu@selcuk.edu.tr

[b]Karadeniz Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering
aykut@ktu.edu.tr tvarol@ktu.edu.tr, sozkaya@ktu.edu.tr,

ABSTRACT

In this study,firstly, AA7075 metal powder which average particle size 43,9 µm were manufactured by using gas atomization method. Thereafter with mechanical alloying method which powder metallurgy manufacturing methods, %10 B_4C particle reinforcements that average particle size of 49.5µm by participating into AA7075 metal matrix, composite powder mixtures were prepared.They were milled for different times (0 h from to 8 h) in a high energy planetary ball mill. From these milled powders; 550 ^oC and (650 Mpa = pre-loading) under pressure 500 MPa, composite materials produced by the

method of hot pressing. In SEM analysis, after 4 hours with mechanical alloying method, B_4C particles into the matrix of AA7075 that homogenously distributed was seen. Powders size increased to 1 hour and then decrease. In order to determine produced composite material's microstructural properties SEM analysis and determine physical and mechanical properties, density test and hardness test was applied. As a result of the experiments, composite density increased to 1 hour and then decrease. Composite hardness increased with increasing milling time and the rate of reinforcement.
Keywords: B_4C; mechanical alloying; metal-matrix composite; powder metallurgy

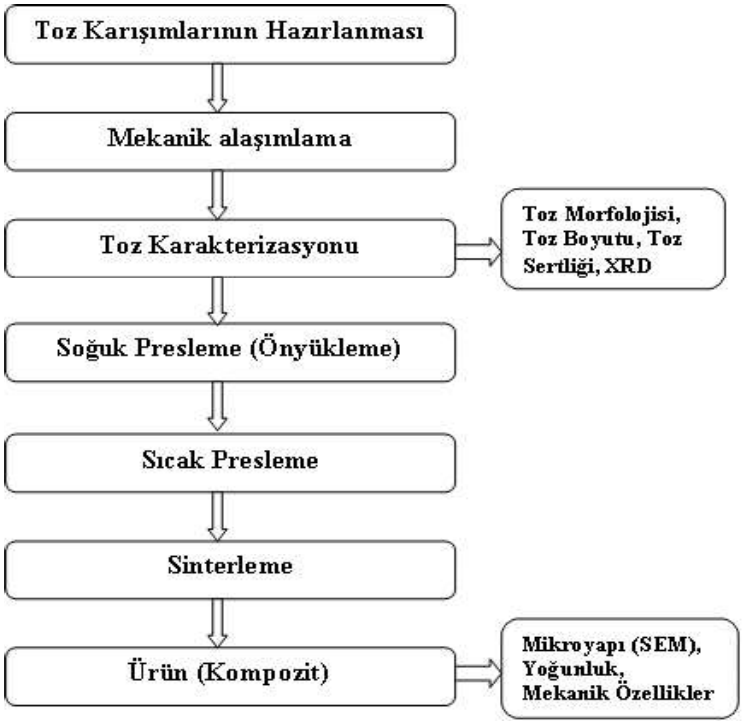
1. Giriş

Teknoloji alanındaki hızlı gelişmeler, geleneksel malzemelere oranla daha üstün özelliklere sahip yeni malzemelerin kullanımını gerekli kılmaktadır. Bu nedenden dolayı, bilim adamları; doğal veya alaşım maddelerinden daha üstün özelliklere sahip yeni malzemeler üretmek için bir çok araştırma yapmışlardır. Bu sayede diğer malzemelerden daha üstün niteliklere sahip "Kompozit Malzemeler" adı altında yeni malzemeler üretilmiştir[1]. Son yıllarda alüminyum matrisli kompozitler (Al-MMK), hafiflikleri, yüksek mukavemetleri, yüksek elastik modülleri ve yüksek aşınma dirençleriyle otomotiv endüstrisinde özellikle motor pistonu, silindir gömleği, fren disk ve kampanaları gibi uygulamalarda kullanılmaktadır[2]. Alüminyum matrisli kompozitlerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi için kullanılan takviyelerin başında SiC, Al_2O_3, TiC ve B_4C gibi seramikler gelmektedir. Bu seramikler arasında B_4C, sahip olduğu üstün fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ülkemizin sahip olduğu zengin bor kaynakları nedeniyle göze çarpmaktadır[2]. Al-B_4C kompozitleri üzerinde özellikle otomotiv endüstrisindeki uygulamalarda yapılan çalışmalar yeni olmakla birlikte artmaya başlamıştır. Bu kompozitlerin üretimindeki ana sorun, matris metali ile takviye partikülleri arasındaki düşük ıslanmadır. Üretim yöntemlerinden biri olan infiltrasyon yöntemi uygulama koşullarının zorluğuna sahip olup, döküm yöntemi ıslanılabilirliğin en düşük elde edildiği yöntemdir. Bunun yanında toz metalurjisi (TM) yöntemiyle teorik olarak ara yüzey kinetiğinin kontrolü iyi bir şekilde sağlanabilmektedir. Bu yüzden TM ile yapılan çalışmalar ara yüzeydeki ıslatılabilirlik seviyelerini arttırmak üzerine yoğunlaştırılmış olup, gelişmiş fiziki ve mekanik özellikleri verecek olan ekonomik bir yöntem henüz standartlaştırılamamıştır[2]. Bu çalışmada AA7075 matrisli %10 B_4C parçacık takviyeli kompozitler mekanik alaşımlama yöntemiyle üretilmiştir. Toz özellikleri olarak;, toz boyutu incelenmiş olup, kompozit özellikleri olarak ise mikroyapı özelliklerine, yoğunluk ve sertlik değerlerine bakılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada mekanik alaşımlama yöntemi kullanılarak AA7075- %10 B_4C kompozitlerinin üretimi gerçekleştirilmiş ve işlem parametrelerinin kompozitin mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. İlk olarak kompozit tozlar mekanik alaşımlama yöntemi ile üretilmiş ve bu tozların morfolojisi, boyutu ölçülerek toz karakterizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Takviye malzemesi olarak ağ %10ağ B_4C (49,5 µm) seçilmiştir. Mekanik alaşımlama(MA) yöntemi ile üretilen tozların ve kompozitlerin karakterizasyon çalışmaları, taramalı elektron mikroskobu (SEM), lazer parçacık boyutu analiz cihazı (Mastersizer 2000e, Malvern Instruments) ve İnstron sertlik ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Toz karakterizayon işlemleri tamamlandıktan sonra kompozit tozlar 650 MPa basınçta soğuk preslenmiş ve daha sonra 550 MPa basınçta 550 ^oC de sıcak presleme ile sinterleme yapılarak kompozit malzeme üretilmiştir. Üretilen bu kompozitlerin; yoğunluk değerleri,

makrosertlik değerleri ve mikroyapı özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışma boyunca uygulanan işlem akış şeması şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. **İş akış şeması**

Matris malzemesi olarak ρ=2.81 gr/cm^3 olan AA7075 tozları seçilmiştir. AA7075 tozları Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde, gaz atomizasyon ünitesinde üretilmiştir (şekil 3). AA7075 tozlarının spektral analizi Tablo 1 de, mekanik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Takviye malzemesi olarak ρ=2.52 gr/cm^3 olan B_4C tozları Alfa-Aesar firmasından temin edilmiştir ve mekanik özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 1 **AA7075 Tozlarının ağırlıkça bileşimi (%) (ASTM, B316-10)**

Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	Cr	Ti	Al
1,2 - 2	2.1 - 2.9	0.3(max)	0.5(max)	0,4(max)	5.1 - 6.1	0.18 - 0.28	0.2(max)	87.1 - 91.4

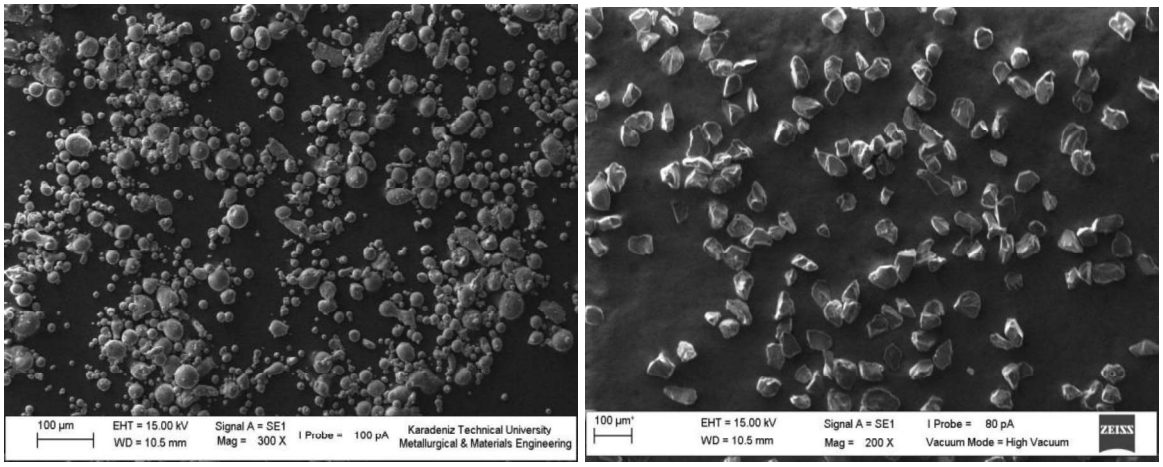
Tablo 2 AA7075 alaşımının fiziksel ve mekanik özellikleri[3]

Teorik Yoğunluk (gr/cm^3)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Elastiklik Modülü (GPa)	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (BSD)
2.81	228	103	71,7	16	60

Tablo 3. B_4C tozlarının fiziksel ve mekanik özellikleri[4,5]

Teorik Yoğunluk (gr/cm^3)	Erime Noktası(^oC)	Eğme Dayanımı (MPa)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Elastiklik Modülü (GPa)	Basma Dayanımı (MPa)	Sertlik (Vickers) (GPa)
2.52	2400	345	155 – 162 (980-1425) ^oC	290-450	2750	27,4 - 34,3

Başlangıç tozları olarak, ortalama tane boyutu 43,9 µm olan AA7075 tozları ve takviye malzemesi olarak, ortalama tane boyutu 49,5 µm olan B_4C tozları kullanılmıştır. AA7075 tozları ve B_4C takviye tozlarının başlangıç morfolojileri taramalı elektron mikroskobu(SEM)'nda incelenmiştir. SEM analizlerinden de anlaşıldığı üzere AA7075 tozlarının başlangıç aşamasındaki morfolojisi küresel (spherical shape) şekilli iken (Şekil 2a). B_4C partiküllerinin başlangıç morfolojisi köşelidir (Şekil 2b).



a) **b)**

Şekil 2. Başlangıç tozlarının morfolojileri, a) Al2024, b)B_4C



a) **b)**

Şekil 3. a) Gaz atomizasyon ünitesi, b) Üretilen AA7075 metal tozu

Bu çalışmada toz karışımları gezegen tip bilyeli öğütücüde (Fritsch Pulveristte Premium 7) (Şekil 4) 400 rpm öğütme hızında mekanik alaşımlama işlemine tabi tutulmuş[6-9]; öğütme süresi olarak 0.5, 1, 2, 4, 6 ve 8 saat seçilmiştir. Öğütme işlemi tungsten karbür değirmen ve bilyeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öğütücü kap hacmi 80 ml ve bilye boyutu 10 mm dir. Öğütücü kaba şarz edilen toz miktarı 16 gr ve bilye-toz ağırlık oranı 10:1 olarak seçilmiştir. Öğütme cihazı, öğütücü kap ve bilye resimleri Şekil 4'de verilmiştir.

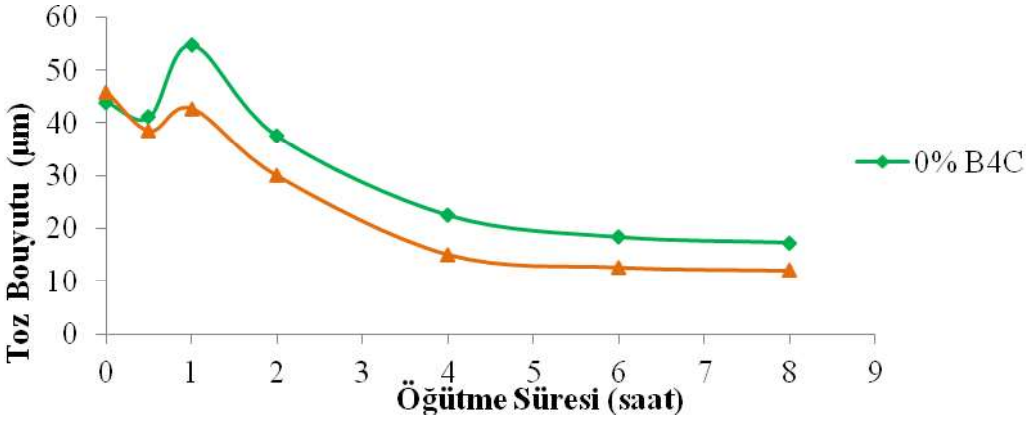


Şekil 4. Öğütme elemanları a) Fritsch Pulveristte Premium 7 gezegen tipi öğütücü b) Öğütücü hazne ve tungsten karbür bilyeler

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Toz boyutu

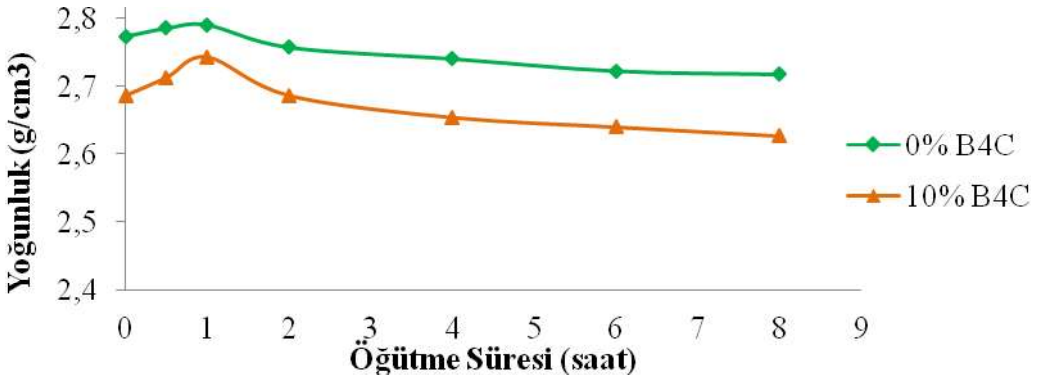
Toz boyutu değişimleri incelendiğinde 0,5 saate kadar bir miktar boyut düşüşünün olduğu; 0,5 saat ile 1 saat arasında soğuk kaynak nedeni ile boyut artışının olduğu gözlemlenmiştir. Öğütme işleminin 1 saatinden 6 saat sonuna kadar toz boyutunda sürekli bir azalma, 8 saate kadar ise bir denge hali görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5. AA7075 ve %10 B_4C takviyeli kompozit tozlarının boyutunun öğütme zamanı ile değişimi

3.2. Yoğunluk

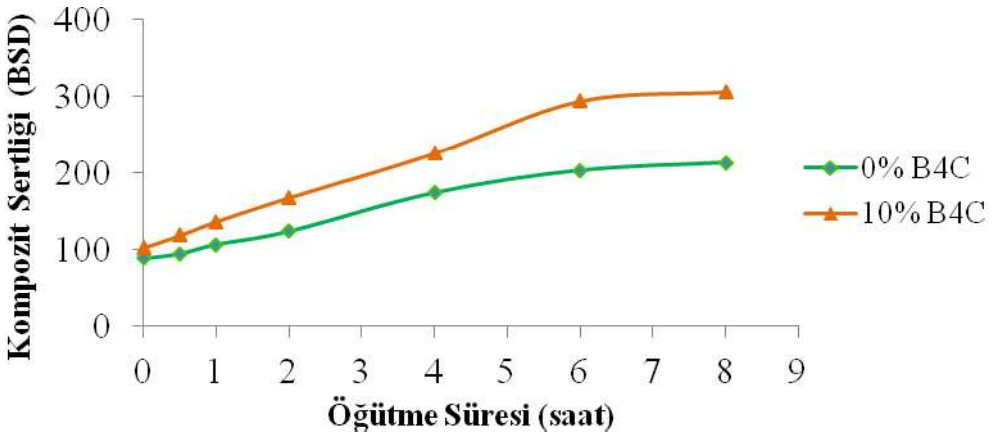
Tozların sıkıştırılma mekanizmasını kısaca açıklayacak olursak, sıkıştırmanın ilk aşamasında toz parçacıkları birbiri içersinde hareket ederek yer değiştirirler. Bu aşamada toz morfolojisi, parçacık boyutu ve parçacıklar arası sürtünme önemli rol oynamaktadır. Sıkıştırma işleminin son aşamasında ise tozların kırılması ve plastik deformasyon ile poroziteler azalmakta ve toz parçacıkları birbirine soğuk kaynak olmaktadır. Artan öğütme zamanı ile deformasyon sertleşmesine maruz kalan toz parçacıklarının sıkıştırılması (preslenmesi) zorlaşır. Buna bağlı olarakta yoğunluk değeri artan öğütme zamanı ile azalır.



Şekil 6. AA7075 ve %10 B_4C takviyeli kompozitlerin yoğunluklarının öğütme zamanı ile değişimi

3.3. Sertlik

Yoğunluk değerlerinin tersine artan öğütme zamanı ve artan B_4C takviye miktarı ile sertlik değerleri de artmıştır. Bunun nedeni birinci olarak deformasyon sertleşmesi, ikinci olarak ise takviye parçacıklarının homojen dağılımı ve bunun sonucunda sertlik izi alanına düşen miktarıdır. Şekil 7'de görüldüğü gibi artan öğütme zamanı ve artan takviye oranı ile sertlik değerleri artmıştır.



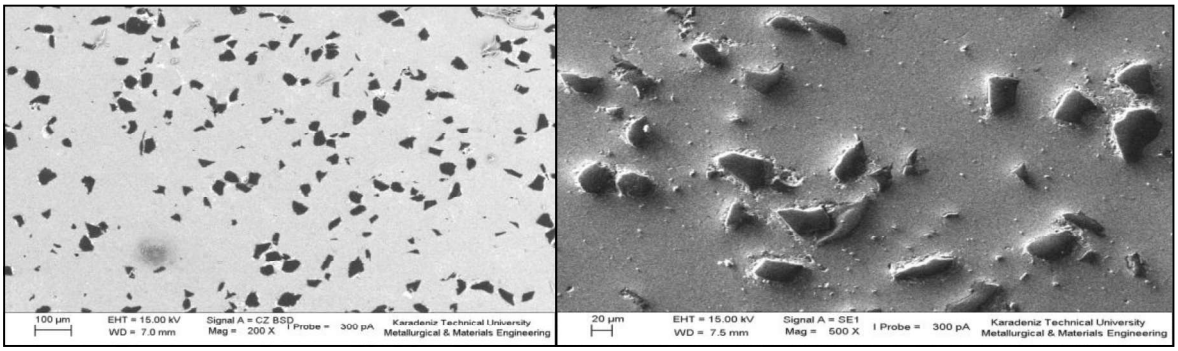
Şekil 7. AA7075 ve %10 B_4C takviyeli kompozitlerin sertlik değerlerinin öğütme süresi ile değişimi

3.4. Mikroyapı Özellikleri

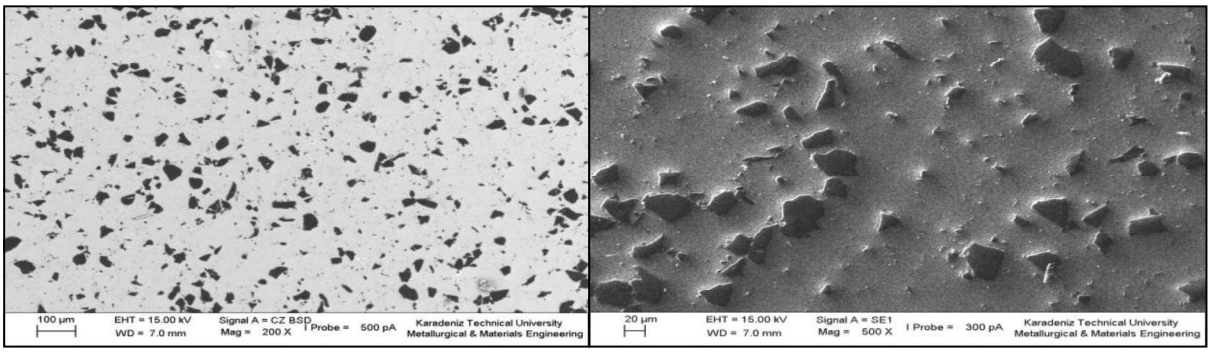
AA7075-%10 B_4C kompozitinin mikroyapı özellikleri aşağıda verilmiştir.

Şekil 8a-b'den anlaşıldığı üzere, B_4C takviye parçacık oranının artması ile parçacık sayısı artmış ve bu parçacıklar birbirine daha da yakınlaşmıştır. Bununla birlikte Şekil 8l-m ve

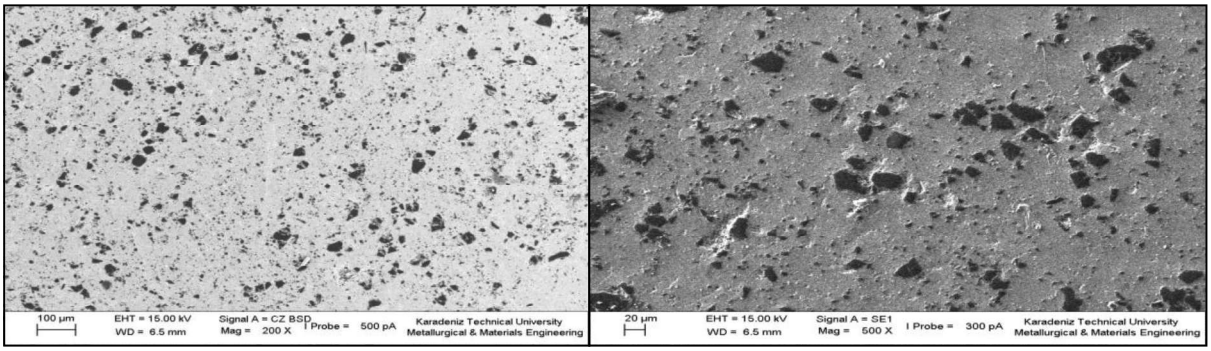
Şekil 8p-r incelendiğinde, 8 saatlik öğütmeden sonra takviye parçacıklarının homojen olarak dağıldığı görülmüştür.



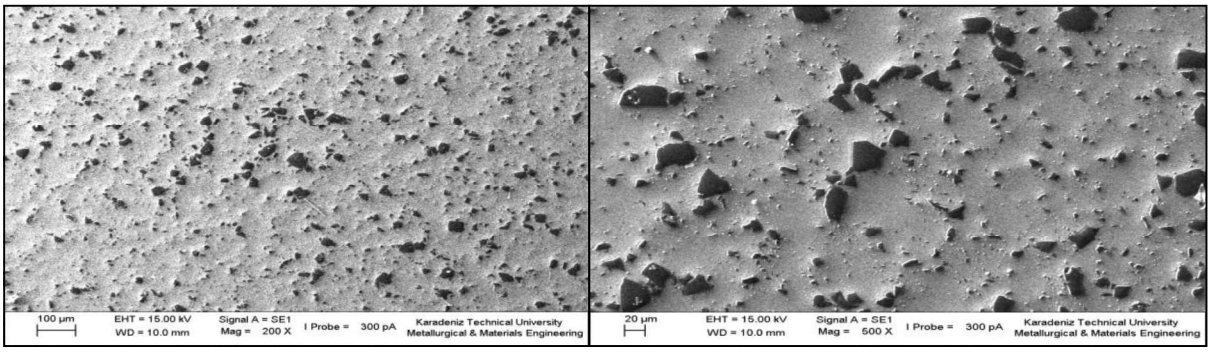
(a) 200x(BSE) (b) 500x



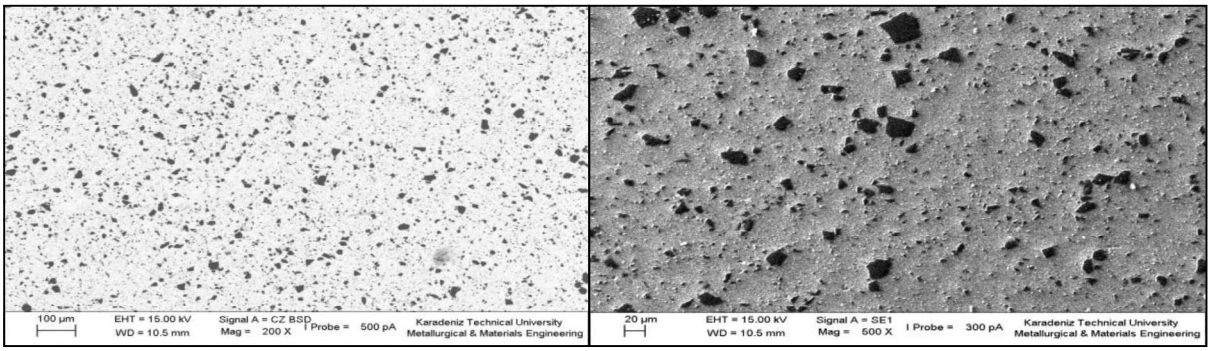
(c) 200x(BSE) (d) 500x



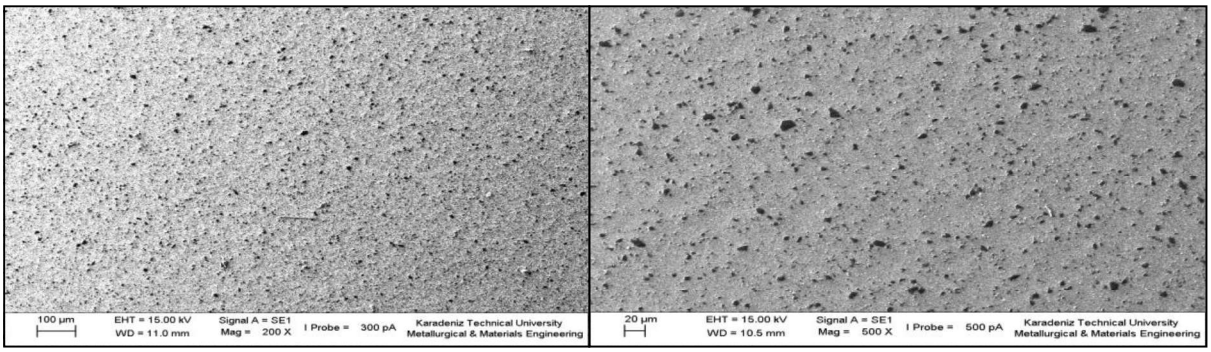
(e) 200x(BSE) (f) 500x



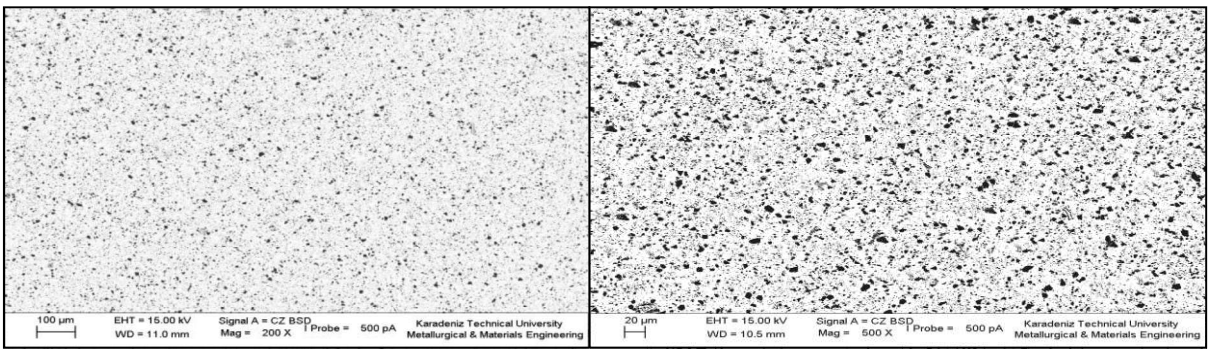
(g) 200x (h) 500x



(j) 200x(BSE) (k) 500x



(l) 200x (m) 500x



(p) 200x(BSE) (r) 500x(BSE)

Şekil 8. AA7075 - %10 B_4C kompozit mikroyapısının mekanik alaşımlama süresi ile değişimi (a-b) 0 saat, (c-d) 0,5 saat, (e-f) 1 saat, (g-h) 2 saat, (j-k) 4 saat, (l-m) 6 saat (p-r) 8 saat

4. SONUÇLAR

1- Takviye ve matris malzemelerinin tane boyutları birbirine yakın olduğundan; kısa öğütme sürelerinde bile homojen dağılım görülmüştür.
2- Takviye partiküllerinin boyutunun matris partiküllerinin boyutuna nispeten daha büyük olması, matris tozlarının kırılmasını ve daha küçük boyutlu hale gelmesini sağlamıştır.
3- Kompozitlerin sertlikleri; artan takviye oranı ile artmıştır. Buna ek olarak, öğütme süresi ile doğru orantılı olarak artan deformasyon sertleşmesinin meydana geldiği ve bu deformasyon sertleşmesinin de, sıcak presleme ile üretilmiş kompozitlerin sertliklerini arttırmasına yol açtığı şeklinde yorumlanmıştır.

4- Sıcak presleme yönteminde, sinterleme esnasında malzemeye basınç uygulandığı için malzeme içerisinde bulunan poroziteler minimuma indirilmiş ve yüksek yoğunluğa sahip malzeme üretilmiştir. Bundan dolayı, geleneksel yöntemle üretilen kompozitlerin sinterlenmesi esnasında basınç uygulanmadığı için, sıcak presleme yöntemi ile üretilen kompozitlerin yoğunluk değerleri, geleneksel yöntemle üretilen kompozitlerin yoğunluk değerlerinden daha yüksek çıkmıştır.
5- Kompozitlerin yoğunluk değerleri; artan öğütme süresi ve artan takviye oranı ile azalmıştır. Artan öğütme süresi, takviye partiküllerinin matris içerisinde homojen dağılmasını sağlamış fakat artan deformasyon sertleşmesinden dolayı, tozların sıkıştırılabilme kabiliyeti azalmış ve yoğunluk değerlerinde bir miktar düşüş görülmüştür.

5.TEŞEKKÜR

Yazarlar; 12101027 No'lu "Alüminyum Matrisli B_4C Parçacık Takviyeli Kompozitlerin Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretimi ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı Bilimsel Araştırma Projesini desteklediği için Selçuk Üniversitesi ve Karadeniz Teknik Üniversitesi'ne teşekkür etmektedir.

Referanslar

[1] Acılar, M., 2002, Al/SiC Kompozitlerin Vakum infiltrasyon Yöntemi ile Üretimi ve Asınma Davranışlarının Araştırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 44-62.
[2] Kumdalı F., 2008, Alüminyum Matrisli B_4C Takviyeli Kompozitlerin Toz Metalurjisi Yöntemi ile Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-2.
[3] ASM (Aerospace Specification Metals Inc.), 2001, http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA7075O, [Ziyaret Tarihi: 09.06.2013].
[4] Pierson, H.O., 1996, Characteristics and Properties of Silicon Carbide and Boron Carbide, Handbook of Refractory Carbides and Nitrides, William Andrew Publishing, 137-155.
[5] TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası, 2003, "Bor Raporu", TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi, Ankara, 134: 11-14, 17-19.
[6] Abenojar J., Velasco F., Martinez M.A., 2006, "Optimization of Processing Parameters for The Al + 10% B_4C System Obtained by Mechanical Alloying", Journal of Materials Processing Technology.
[7] Topcu, I., Gulsoy, H.O., Kadioglu, N., Gulluoglu, A.N., 2009, Processing and Mechanical Properties of B4C Reinforced Al Matrix Composites, Journal of Alloy and Compunds, 516-521.
[8] Varol, T., 2012, "AA2024 matrisli B4C parçacık takviyeli metal matrisli kompozitlerin toz metalurjisi yöntemiyle üretimi ve özelliklerinin incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
[9] Varol, T., Canakci, A., 2013, "Effect of particle size and ratio of B4C reinforcement on properties and morphology of nanocrystalline Al2024-B4C composite powders", Powder Technology, 246, 462-472.