

TOZ METAL KOMPAKTLARIN SICAK EKSTRÜZYONU İLE ÜRETİLEN AA7075-SiC_p KOMPOZİTLERİN AŞINMA ÖZELLİKLERİ

Kübra TANATTI¹ Ulaş MATİK²

¹ Karabük Üniversitesi, İmalat Mühendisliği ABD, 78050, Karabük, TÜRKİYE

² Karabük Üniversitesi, MYO, Makine ve Metal Tekn. BIm. 78050, Karabük, TÜRKİYE
matik@karabuk.edu.tr

Özet- SiC_p takviyeli AA7075 metal matrisli kompozitlerin (MMK) aşınma özelliklerine partikül boyut ve miktarının etkisi incelendi. Bu amaçla, AA7075 alüminyum alaşım tozlarına farklı boyut (8, 32 ve 82 µm) ve oranlarda (ağırlıkça %10 ve %15) SiC_p ilave edilerek elde edilen toz karışımları Ø34x30 mm boyutlarında silindirik bloklar halinde preslendi. Preslenen toz kompaktlar 480 °C’de, 8,5:1 oranında, 12 mm çaplı çubuklar halinde ekstrüze edildi. T6 ısıl işleminin uygulandığı numunelere sertlik ve adhesif aşınma testi uygulandı. SiC_p ilavesi saf AA7075 alaşımının sertliğini yaklaşık %45 oranında artırmıştır. Aşınma testleri partikül boyutunun artışına bağlı olarak aşınma kayıplarında da azalma meydana geldiğini göstermiştir. Saf AA7075 alaşımı ile karşılaştırıldığında en yüksek aşınma direncini, yaklaşık %50 oranında daha az aşınma kaybı ile ağırlıkça %15, 82 µm SiC_p takviyeli MMK’ler göstermiştir.

Anahtar Kelimeler- AA7075, kompozit, ekstrüzyon, aşınma

WEAR PROPERTIES OF AA7075-SiC_p COMPOSITES PRODUCED BY HOT EXTRUDED OF POWDER METAL COMPACTS

Abstract- Wear properties of SiC particle reinforced AA7075 metal matrix composites (MMC) were investigated. For this purpose, various size (8, 32 and 82 µm) and ratio (wt.%10 and %15) of SiC particle have been added into AA7075 aluminum alloy powders, then Ø34 x30 cylindrical blocks are produced by pressing. These pressed powder compacts are extruded at 480 °C, with 8,5:1 ratio as 12 mm dia round bars. Then, T6 heat treatment is applied to samples. In order to identify the hardness and abrasion strengths, hardness and wear tests were performed to all samples under same conditions. The tests show that SiC_p additions were increased the hardness and wear resistance of the composite. Hardness tests show that the hardness of MMCs increased with SiC_p addition to the AA7075 alloy by 45%. Wear tests show that minimal material loss occurred with 15 wt.%, at 82 µm size SiC_p reinforced composites.

Key Words- AA7075, composite, extrusion, wear

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sahip oldukları yüksek tokluk ve dayanımları nedeniyle son yıllarda alüminyum esaslı kompozitlere olan ilgi oldukça artmıştır [1]. Al-Zn-Mg-Cu alaşımları sahip oldukları yüksek sertlik ve kırılma tokluğu [2], düşük yoğunluk [3,4], iyi işlenebilirlik, kaynaklanabilirlik ve stress korozyon çatlak direnci [5] gibi özelliklerin süper kombinasyonuna sahip olup havacılık ve otomotiv endüstrisinde tercih edilen malzemelerdir [6-9]. Alüminyum esaslı kompozitler toz metalürjisi prosesleri ile üretilebilmekte ve sıcak ekstrüzyonla şekillendirilebilmektedir. Toz metalürjisi farklı özelliklere sahip malzemelerin çeşitli oranlarda karıştırılmasını ve malzeme özelliklerini kontrol etmeyi nispeten daha kolay hale getirmiştir [1].

Ekstrüzyon işleminde kompozitin deformasyon davranışı sıcaklık, akış hızı ve ekstrüzyon oranı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Ekstrüzyon işlemini en önemli avantajı yüksek boyutsal doğruluğa sahip ürünlerin elde edilmesidir [1].

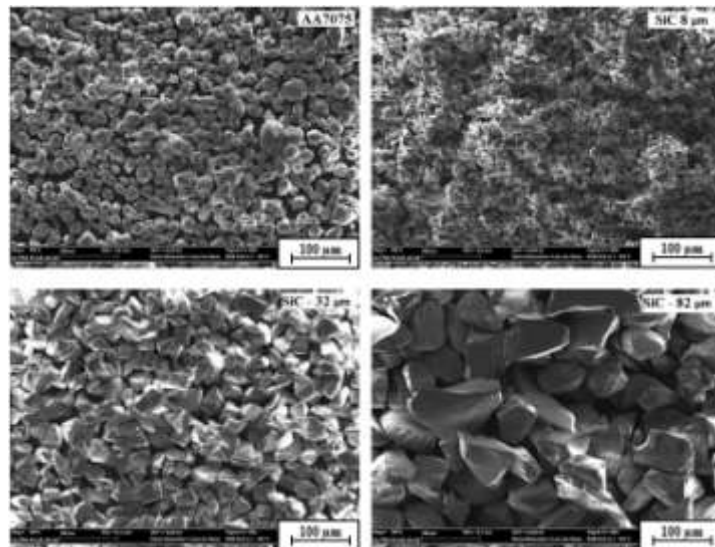
Bu çalışmada, SiC partikül takviyeli AA7075 metal matrisli kompozitlerin aşınma özelliklerine SiC_p boyut ve miktarının etkisi incelendi. Bu amaçla, AA7075 alüminyum alaşım tozlarına farklı boyut ve oranlarda SiC_p ilave edilerek elde edilen toz karışımları silindirik bloklar halinde preslendi. Preslenen toz kompaktlar sıcak ekstrüze edildi. T6 ısıl işlemi uygulanan çubuklara sertlik ve aşınma testleri uygulanarak sertlik ve aşınma dayanımları karşılaştırıldı.

2. YÖNTEM (METHOD)

Bu çalışmada, matris malzemesi olarak 200 mesh altı (<74 µm) partikül boyutuna sahip ve kimyasal kompozisyonu Tablo 1’de verilen AA7075 alaşımı kullanıldı. Takviye elemanı olarak ortalama partikül boyutu 8, 32 ve 82 µm olan SiC_p kullanıldı. Deneysel çalışmada kullanılan AA7075 alaşım ve SiC_p Şekil’1 de görülmektedir. Kompozit numuneleri elde etmek amacıyla AA7075 alaşım tozlarına ağırlıkça %10 ve %15 SiC_p ilave edildi. Homojen bir karışım elde etmek amacıyla tozlar üç eksenli karıştırıcıda (Turbula T2F) 45 dakika süreyle karıştırıldı.

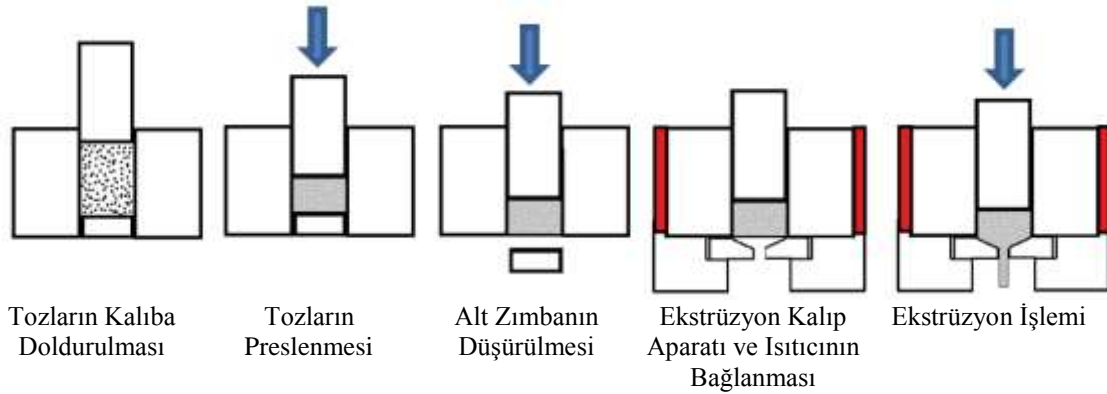
Tablo 1. AA7075 alaşımının kimyasal bileşimi (Chemical composition of AA7075 alloy)

Elementler	Al	Zn	Mg	Si	Cu	Cr	Mn	Fe	Zr	Na	P	S	Cl	K
% Ağırlık	Kalan	4,78	1,84	0,24	1,45	0,25	0,26	0,23	0,023	0,32	0,03	0,04	0,28	0,05

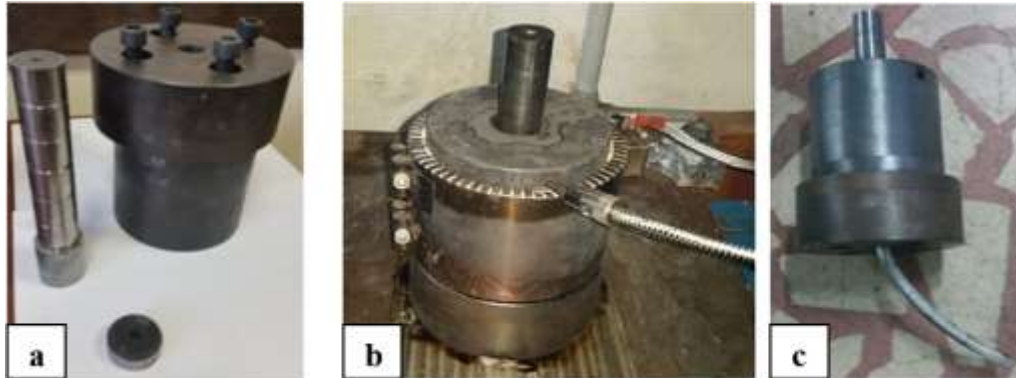


Şekil 1. AA7075 alaşım ve SiC seramik partiküller (AA7075 alloy and SiC ceramic particles)

AA7075 alaşım ve MMK numuneler Şekil 2’de verilen işlem basamakları kullanılarak üretildi. Saf ve partikül takviyeli tozların 350 MPa basınç altında tek eksenli olarak preslenmesi ile toz metal kompaktlar elde edildi. 35 mm çapında ve yaklaşık 30 mm yüksekliğindeki soğuk preslenmiş kompaktlar kalıp içerisinden çıkarılmadan Şekil 3’te görülen ekstrüzyon kalıp düzeneği ile 480°C’ye ısıtılıp 1 saat bekletildikten sonra 8,5:1 ekstrüzyon oranı ile 12 mm çaplı çubuklar halinde ekstrüze edildi (Şekil 3-c). Ekstrüzyon işleminde malzemenin akışını kolaylaştırmak ve daha iyi yüzey kalitesi elde etmek amacıyla kalıp yüzeyleri yüksek sıcaklık dayanımlı kalıp ayırıcı gres yağı ile yağlandı. Ekstrüzyon işleminden sonra AA7075 alaşım ve MMK çubuklar kesilerek Ø12x15 mm yüksekliğinde silindirik aşınma numuneleri elde edildi.



Şekil 2. AA7075 alaşım ve MMK numunelerin üretim aşamaları
(Production steps of AA7075 alloy and MMC samples)



Şekil 3. Ekstrüzyon kalıbı a) Kalıp parçaları b) Kalıba ısıtıcının bağlanması c) Ekstrüzyon
(The extrusion die a) Die parts b) Attaching the die heater c) Extrusion)

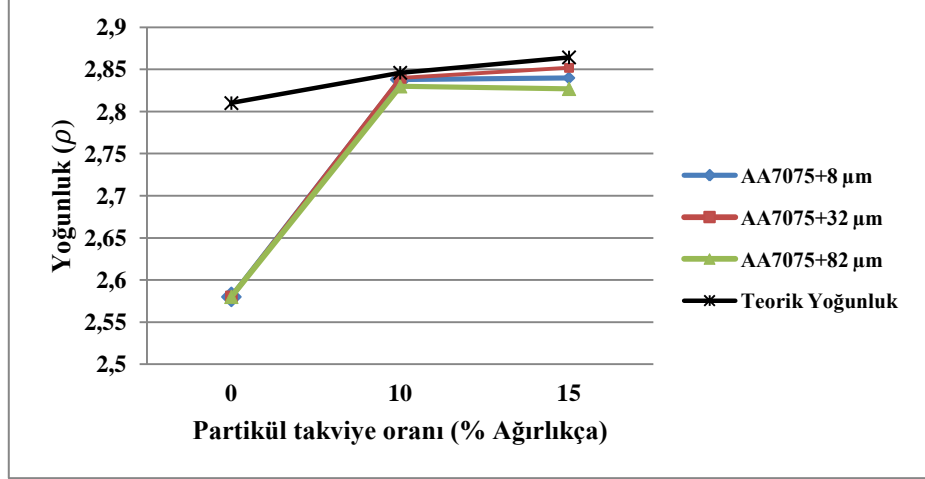
AA7075 ve MMK malzemelerin mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla standart T6 ısıtım işlemi uygulandı. T6 ısıtım işlemi, 480 °C’de 2 saat bekletilerek çözeltiye alınan numunelere su verme ve ardından 120 °C’de 24 saat bekletilerek gerçekleştirildi.

AA7075 alaşım ve MMK numunelerin yoğunlukları Redwag AS 220 R2 marka model hassas terazi ve yoğunluk kiti kullanılarak arşimed prensibine göre ölçüldü. Sertlik değerleri Brinell sertlik olarak HBW 2.5x31,25 standardında ve QNESS Q250M makro sertlik ölçüm cihazı kullanılarak tespit edildi. Aşınma deneyleri standart pin-on-disk tipi aşınma cihazı kullanılarak 40 N yük altında, 1000 metre mesafede ve 1 m/s’lik kayma hızında gerçekleştirildi. Aşınma testinde, AISI 52100 çeliğinden imal edilmiş 58-60 HRc sertliğine sahip aşındırıcı disk kullanıldı. Numunelerin aşınma miktarları deney öncesi ve deney sonrası 0,0001g hassasiyetinde yapılan ağırlık ölçümleri ile tespit edildi. Mikro yapı ve aşınma yüzeyleri Carl Zeiss Ultra Plus Gemini Fesem tarama elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelendi.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

3.1 Yoğunluk Değerleri (Density Values)

AA7075 alaşım ve MMK numunelerin deneysel çalışma sonucunda elde edilen yoğunluk değerleri ile teorik yoğunluk değerlerine ait grafik Şekil 4'te verilmiştir. Teorik yoğunluk değerleri Eş.1'de verilen formüle göre hesaplanmıştır.



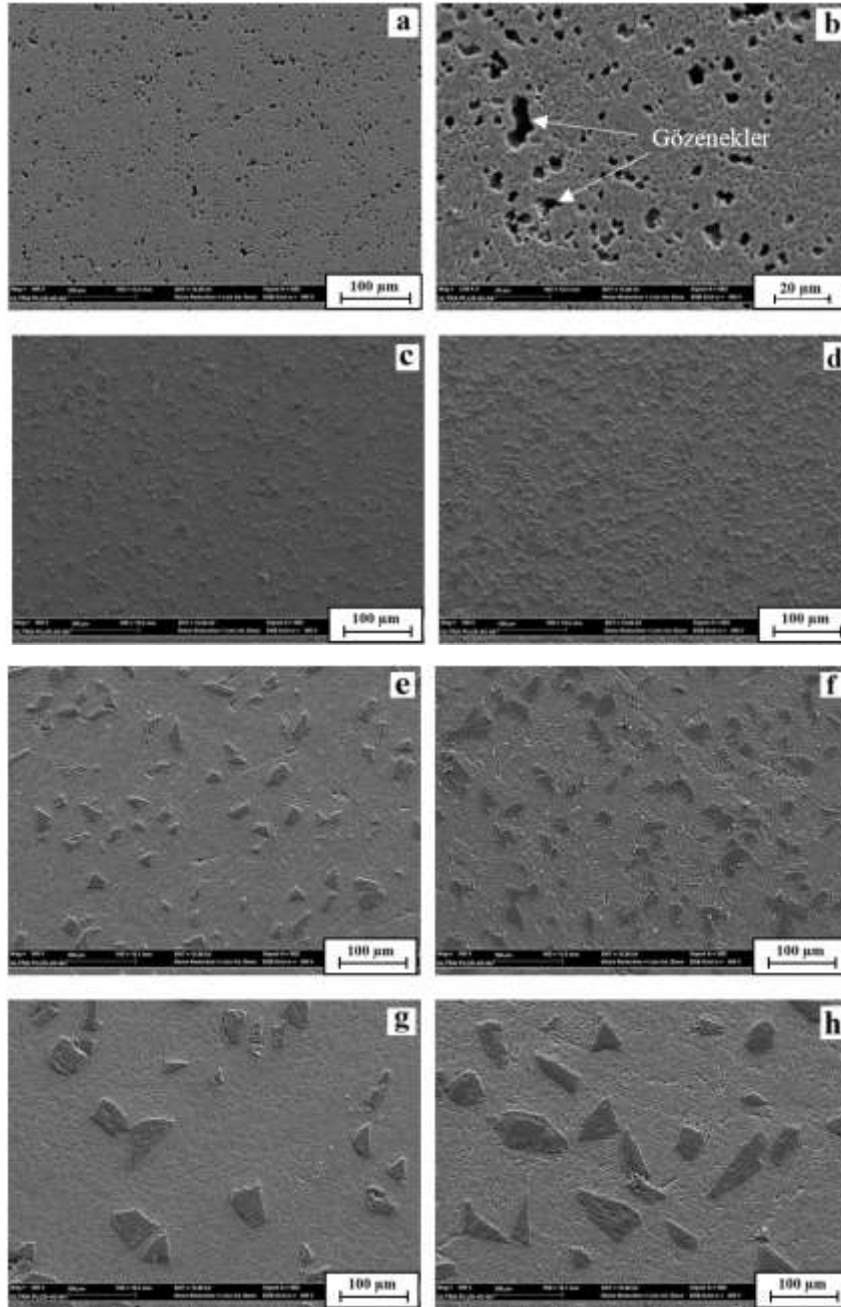
Şekil 4. AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin yoğunlukları
(The densities of AA7075 alloy and composite samples)

$$\rho = \frac{M_{AA7075} + M_{SiC}}{V_{AA7075} + V_{SiC}} \quad (1)$$

Şekil 4'te verilen grafiğe göre matris yapıya ilave edilen partiküller MMK numunelerde yoğunluk artışına neden olmuştur. AA7075 alaşım numunelerde ise yoğunluk daha düşük değerde (~2,58) elde edilmiştir. Elde edilen yoğunluk değerleri AA7075 alaşım numunelerdeki gözenek miktarının MMK numunelere göre daha yüksek değerlerde olduğunu göstermektedir. Teorik yoğunluk ve deneysel yoğunluk değerleri üzerinden yapılan hesaplamalarda AA7075 alaşım numunelerin yaklaşık %7-8, MMK'lerin ise yaklaşık %1-1,5 gözenek ihtiva ettiğini göstermektedir. AA7075 alaşım numunelerde gözenek miktarının MMK'lere göre daha fazla olmasının deneysel çalışmada uygulanan ekstrüzyon sıcaklık ve oranı ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Kompozit numunelerde elde edilen daha yüksek yoğunluk değerinin takviye partiküllerin AA7075 alaşım tozları arasındaki kalan boşlukları doldurması ve ekstrüzyon akışı esnasında yapı içerisinde bulunan sert partiküllerin matris partiküllerinin deformasyonunu kolaylaştırarak daha yoğun bir yapının elde edilmesi ile açıklanmaktadır. Taleghani et al. yaptıkları çalışmada 600 MPa basınç altında soğuk presledikleri saf AA7075 alaşım tozlarını 525 °C'de sinterlemiş ve 425 °C'de 25:1 gibi yüksek bir ekstrüzyon oranı ile tam yoğun malzemeleri başarı ile üretebilmişlerdir [7]. El-Kady et al. yaptıkları çalışmada 70 nm, 10 ve 40 μm boyutlarında SiC partikül ilave ederek toz metalürjisi süreçleri ile 500 MPa basınçla presledikleri kompaktalı 570 °C'de sinterlemiş ve 550 °C'de 9:1 ekstrüzyon oranı ile ürettikleri numunelerde saf Al numunelerde %2 gözenek oranı elde etmişlerdir partikül takviyelilerde ise gözeneklilik oranında artma meydana gelmiştir [11]. Araştırmacılar, soğuk olarak presledikleri Ekstrüzyon işlemi öncesi sinterleme işlemine tabi tutarak ve daha yüksek sıcaklık ve ekstrüzyon oranları ile yüksek yoğunluklara çıkabilmişlerdir.

AA7075 alaşım ve MMK numunelerin mikro yapısı SEM görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir. AA7075 alaşım numunelerin SEM görüntülerinde (Şekil 5-a,b) küçük ve büyük boyutlu

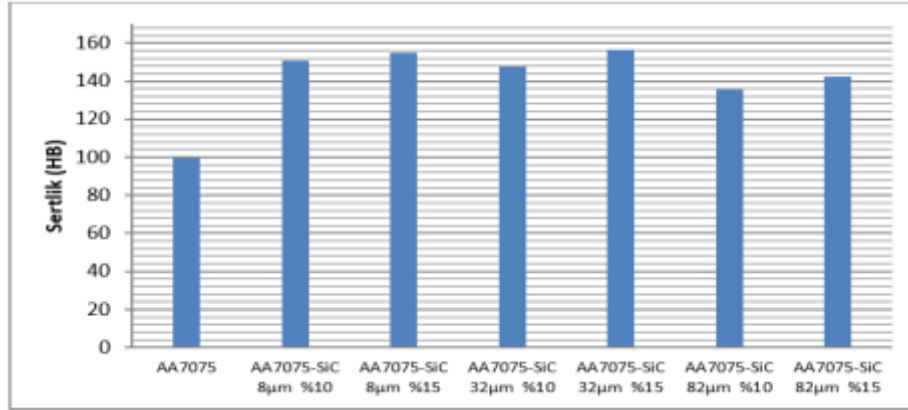
gözenekler belirgin bir şekilde görülürken, kompozit numunelerde gözeneklerde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Ayrıca kompozit numunelerde partiküller homojen bir dağılım göstermiştir.



Şekil 5. AA7075 alaşım ve kompozit numunenin mikroyapısı
a-b) AA7075 alaşımı, c-d) 8µm %10-15, e-f) 32µm %10-15, g-h) 82 µm %10-15
(The microstructure of AA7075 alloy and composite samples
a-b) AA7075 alloy, c-d) 8µm %10-15, e-f) 32µm %10-15, g-h) 82 µm %10-15

3.2 Sertlik Değerleri (Hardness Values)

Deneyisel çalışmada üretilen MMK'ler de SiC_p boyut ve oranının sertliğe etkisi Şekil 6'da görülmektedir.

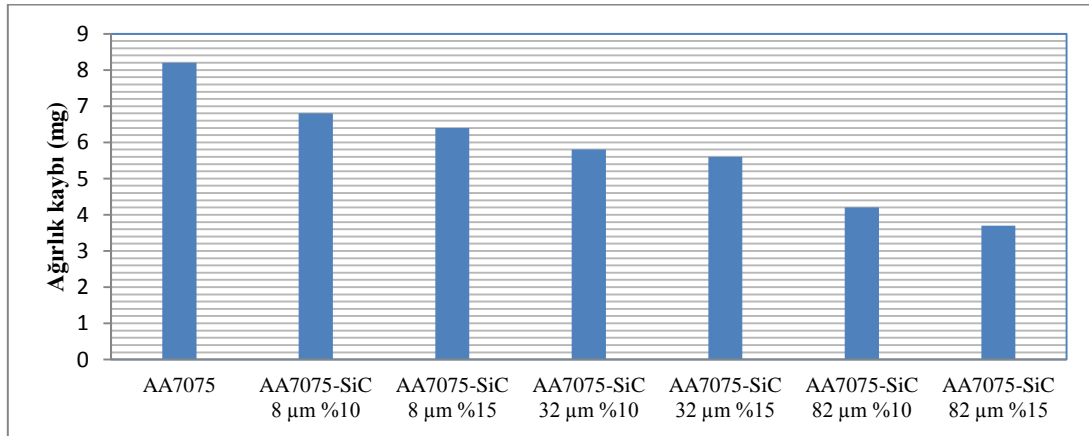


Şekil 6. AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin sertliği
(The hardness of AA7075 alloy and composite samples)

Şekil 6'ya göre, saf AA7075 alaşımı ile karşılaştırıldığında SiC_p miktarının artışına bağlı olarak MMK'lerin sertliğinde artış meydana gelmiştir. Bu durumu Kang et al. karışımlar kanunu ile açıklamaktadır [12]. Kanuna göre matris yapıya göre daha sert olan partiküllerin miktarı arttıkça kompozitinde sertliği artmaktadır. Ayrıca Şekil 6'ya göre 8 ve 32 μm boyutlu partikül takviyeli kompozitlerde sertlik değerleri birbirine yakın değerlerdeyken, 82 μm partikül takviyeli kompozitlerde sertlikte bir miktar azalma meydana gelmiştir. Bu durumu El-Kady et al. iki şekilde açıklamaktadır. Birincisi sertliğin yumuşak ve sert ara yüzey arasındaki daha büyük ara yüzey alanına bağlı olduğu. İkincisi ise, iri taneli sert parçacıklar ile matris ara yüzeyindeki kusurlar, yük altında kolaylıkla kırıldığından sertlik değerlerinde azalma meydana gelmektedir [11]. Saf AA7075 alaşım numunelerinde sertliğin oldukça düşük değerlerde elde edilmesinde gözenekli yapının da etkisi vardır.

3.3 Aşınma Deneyi (Wear Test)

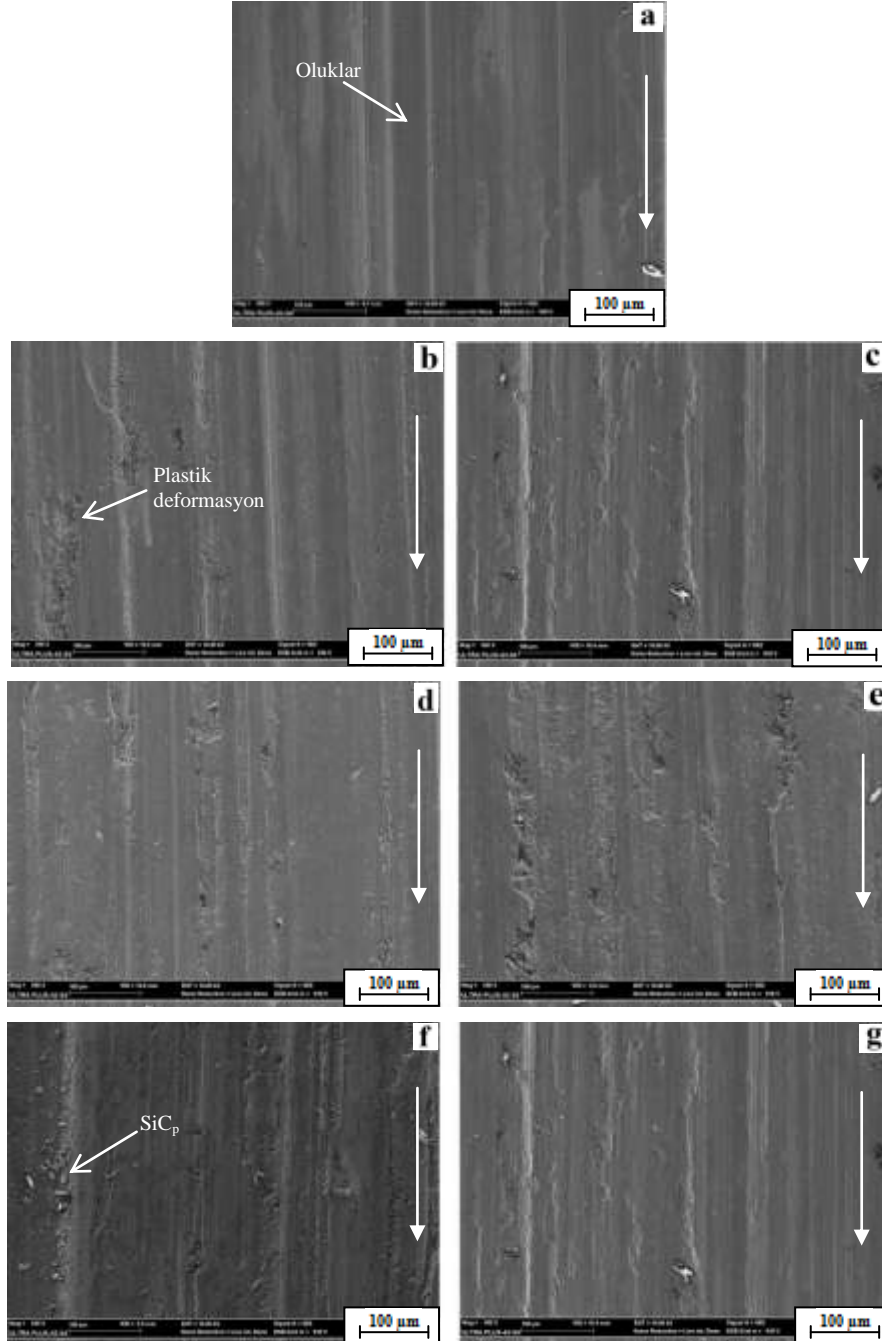
Aşınma sonucu SiC_p boyut ve oranına bağlı olarak meydana gelen aşınma miktarları Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. AA7075 alaşım ve kompozit numunelerde aşınmaya bağlı ağırlık kaybı grafiği
(The wear loss depend on wear in AA7075 alloy and composite samples)

Aşınma sonuçları yapıya eklenen partiküllerin aşınma direncini arttırdığını göstermektedir. Matris yapıya ilave edilen partiküllerin neden olduğu sertlik artışı, kompozitin aşınma direncinde de artışa neden olmaktadır [12]. Aşınma numunelerindeki ağırlık kaybı, SiC partiküllerinin miktar ve boyut artışına bağlı olarak azalma göstermektedir. Seramik partiküllerle matris yapı arasındaki zayıf kimyasal bağın yanı sıra partikül boyutunun

küçülmesine bağlı olarak azalan temas yüzey alanı, matrisle partikül arasındaki mekanik bağ kuvvetini de zayıflatmaktadır. Azalan mekanik bağ kuvveti, partiküllerin matris yapıdan kolayca ayrılarak aşınma miktarının artmasına neden olmaktadır. Aşınma yüzeylerine ait SEM görüntüleri Şekil 8'de verilmiştir. Aşınma yüzeyleri incelendiğinde saf AA7075 alaşım numunelerde daha düzgün ve oluk şeklinde aşınma yüzeyi gözlenirken, MMK numunelerde adhesif aşınmanın yanı sıra yapıya ilave edilen partiküllerin neden olduğu abrasif aşınma mekanizmalarının da meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 8. AA7075 alaşım ve kompozit numunelerin aşınma yüzeyleri

- a) AA7075 alaşımı, b-c) 8µm %10-15, d-e) 32µm %10-15, f-g) 82 µm %10-15
 (The worn surfaces of AA7075 alloy and composite samples)
 a) AA7075 alloy, b-c) 8µm %10-15, d-e) 32µm %10-15, f-g) 82 µm %10-15

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

AA7075 alaşım tozlarına farklı boyut ve oranlarda SiC_p ilavesi ile elde edilen toz karışımlarının soğuk preslenmesi ve sıcak ekstrüzyonu ile MMK'ler başarı ile üretilmiştir. AA7075 alaşım numunelerde yaklaşık %7-8 gözenekli bir yapı elde edilirken partikül takviyeli kompozitlerde gözenek oranı %1,5 ve altındaki seviyelerde gerçekleşmiştir. Matris yapıya ilave edilen SiC_p ilavesinin artışına bağlı olarak kompozitin sertliğinde de artış meydana gelmiştir. Aşınma testleri yapıya ilave edilen partiküllerin aşınma direncini arttırarak aşınma sonucu meydana gelen ağırlık kayıplarını azaltmıştır. En yüksek sertlik değerleri 8 µm partikül takviyeli kompozitlerde elde edilirken. En yüksek aşınma direncini 82 µm partikül takviyeli kompozitler göstermiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri programı ile desteklenmiştir (Proje No: KBÜ-BAP-14/2-YL-019). Yazarlar olarak, sağlamış olduğu mali destek ve sunmuş olduğu laboratuvar imkânları sebebiyle Karabük Üniversitesine minnettarız.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Sun, Y., Zhou, D., Xu, W., Shi, D. and Li, W., (2013). Effect of hot extrusion on microstructure and mechanical properties of P/M Al/SiC_p composite, *Applied Mechanics and Materials*, 281, 453-456
- [2]. Jin N., Zhang H., Han Y., Wu W., Chen J., (2009). Hot deformation behavior of 7150 aluminum alloy during compression at elevated temperature, *Materials Characterization*, 60(6), 530-536.
- [3]. Rokni MR, Zarei-Hanzaki A, Roostaei AA, Abolhasani A., (2011). Constitutive base analysis of a 7075 aluminum alloy during hot compression testing, *Materials & Design*. 32(10), 4955-4960.
- [4]. Yang Y, Zhang Z, Li X, Wang Q. and Zhang Y., (2013). The effects of grain size on the hot deformation and processing map for 7075 aluminum alloy, *Materials & Design*, 51, 592-597
- [5]. Rokni M. R., Zarei-Hanzaki A., Roostaei A. A. and Abedi H. R., (2011). An investigation into the hot deformation characteristics of 7075 aluminum alloy, *Materials & Design*, 32(4), 2339-2344
- [6]. MacAskill I. A, LaDepha A. D. P, Milligan J. H., Fulton J. J. and Bishop D. P., (2009). Effects of cold and hot densification on the mechanical properties of a 7xxx series powder metallurgy alloy, *Powder Metallurgy*, 52(4), 304-310
- [7]. Taleghani, M. A.J, E.M. Ruiz Navas, E.M.R. and Torralba, J.M. (2014). Microstructural and mechanical characterisation of 7075 aluminium alloy consolidated from a premixed powder by cold compaction and hot extrusion, *Materials & Design*, 55, 674-682
- [8]. Rendigs, K. H., (1997). Aluminum structures used in aerospace Status and prospects, *Mater Sci Forum*, 242, 11-24
- [9]. Williams, J. C. and Jr Starke, E. A., (2003). Progress in structural materials for aerospace systems, *Acta Mater*, 51(19), 5775-5799
- [10]. El-Kady, O., Fathy. A., (2014). Effect of SiC particle size on the physical and mechanical properties of extruded Al matrix nanocomposites, *Materials and Design*, (54), 348-353
- [11]. Kang., Y. C. and Chan, S. L. I. (2004). Tensile properties of nanometric Al₂O₃ particulate-reinforced aluminum matrix composites, *Materials Chemistry and Physics*, 85 (2-3), 438-443

- [12]. Yalcin, Y. and Akbulut, H., (2006). Dry wear properties of A356-SiC particle reinforced MMCs produced by two melting routes, *Materials & Design*, 27(10), 872-881