



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



Basınçsız infiltrasyon yöntemiyle üretilen SiO₂ takviyeli alüminyum kompozitlerin aşınma davranışlarının incelenmesi

Investigation of wear behaviors of SiO₂ reinforced aluminium composites produced by pressureless infiltration method

Yazar(lar) (Author(s)): İjlal ŞİMŞEK¹, Musa YILDIRIM², Dursun ÖZYÜREK³, Doğan ŞİMŞEK⁴

ORCID¹: 0000-0001-6542-8567

ORCID²: 0000-0002-2464-1182

ORCID³: 0000-0002-8326-9982

ORCID⁴: 0000-0001-8339-9704

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Şimşek İ., Yıldırım M., Özyürek D. ve Şimşek D., “Basınçsız infiltrasyon yöntemiyle üretilen SiO₂ takviyeli alüminyum kompozitlerin aşınma davranışlarının incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 22(1): 81-85, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.389637

Basıncısız İnfiltrasyon Yöntemiyle Üretilen SiO₂ Takviyeli Alüminyum Kompozitlerin Aşınma Davranışlarının İncelenmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

İjral ŞİMŞEK^{1*}, Musa YILDIRIM², Dursun ÖZYÜREK³, Doğan ŞİMŞEK⁴

¹TOBB Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine Bölümü, Karabük Üniversitesi, Türkiye

²Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Müh. Bölümü, Karabük Üniversitesi, Türkiye

³Teknoloji Fakültesi, İmalat Müh. Bölümü, Karabük Üniversitesi, Türkiye

⁴Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Otomotiv Bölümü, Bitlis Eren Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 07.11.2017 ; Kabul/Accepted : 11.12.2017)

ÖZ

Bu çalışmada, basıncısız infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş olan SiO₂ takviyeli AA7075 matrisli kompozitlerin aşınma davranışları incelenmiştir. Çalışma kapsamında 7075 Al alaşımı içerisinde %10, 20, 30 ve 40 takviye-hacim oranı oluşturacak şekilde farklı oranlarda SiO₂ ilave edilerek infiltrasyon yöntemiyle üretilmiştir. Üretilen numunelerin yoğunluk ölçümleri Archimet prensibine göre, sertlik ölçümleri ise mikro sertlik cihazında 2 N yük uygulanarak Vickers olarak ölçülmüştür. Aşınma testleri pin-on-disk tipi aşınma cihazında 1 ms⁻¹ kayma hızında 15 N yük altında beş farklı kayma mesafesinde test edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, takviye elemanı olarak AA7075 alaşımına ilave edilen SiO₂ miktarı arttıkça, kompozitlerin yoğunlukları azalırken sertlikleri artmaktadır. Bununla birlikte, ilave edilen SiO₂ miktarındaki artışa bağlı olarak alüminyum kompozitlerin ağırlık kaybının ve sürtünme katsayılarının da azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AA7075, SiO₂, infiltrasyon yöntemi, aşınma davranışı.

Investigation of Wear Behaviors of SiO₂ Reinforced Aluminium Composites Produced by Pressureless Infiltration Method

ABSTRACT

In this study, the wear behaviors of SiO₂ reinforced AA7075 matrix composites produced by pressureless infiltration method were investigated in the scope of the work, 10%, 20%, 30%, and 40% SiO₂ were added into AA7075 Al alloy and produced by infiltration method. Produced samples' density values were measured by Archimedes method, hardness values were measured in micro hardness device under 2 N load. Wear tests were performed using 1 ms⁻¹ sliding speed at five different sliding distance under 15 N load by pin-on-disc type apparatus. As a result of the study, the density values were decreased by increasing SiO₂ amount and hardness values were increased by increasing SiO₂ amount. In addition the weight loss and friction coefficient were decreased depending on increasing of SiO₂ amount.

Keywords: AA7075, SiO₂, infiltration method, wear behavior.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Modern mühendislik alanlarında kaydedilen yeni gelişmeler, geleneksel metal ve alaşımlarının yeni hizmet alanlarının ihtiyaçlarını karşılayamadığı için, yeni malzemelere olan talepleri de arttırmaktadır. Son yıllarda, bu boşluğun kapatılmasında tercih edilen en önemli malzeme grubu, metal matrisli kompozit malzemelerdir. Metal matrisli kompozitlerin üretiminde en yoğun kullanılan metal alaşımları, düşük yoğunlukları ve kolay üretilebilirlikleri nedeniyle alüminyum alaşımlarıdır. Alüminyum ve alaşımlarının iyi özelliklerinin yanı sıra aşınma dayanımının düşük olması

gibi bazı önemli dezavantajlarının olması bu malzemelerin kullanımlarını sınırlandırmaktadır [1,2].

Ticari alüminyum ve alaşımlarının bu olumsuz özelliklerinin giderilmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden birisi de bu malzemelere sert takviye elemanları ilave etmektir [3-10]. Bu şekilde bu malzemelerin dayanım ve sertlikleri önemli derecede artırılmaktadır [11]. Bu malzemeler, yapısal ve fonksiyonel kullanım alanlarında mukavemetleri, iyileştirilmiş aşınma dirençleri, yüksek sıcaklık dayanımları ve avantajlı termal-fiziksel özellikleri ile cazip durumdadırlar [12,13]. Metal matrisli kompozit malzemeler yüksek sıcaklıkta yüksek mukavemet, oldukça iyi yapısal ve boyutsal kararlılık, hafiflik ve kolay üretilebilirlik gibi özelliklerin önemli olduğu ileri

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : ijralispir@karabuk.edu.tr

teknoloji alanlarında, bu özellikleri karşılamaya en kuvvetli aday malzeme grubu durumundadır. Alüminyum matrisli kompozitlerin üretiminde kullanılan yöntemlerden birisi de, infiltrasyon yöntemidir. Bu yöntemle üretilen parçacık takviyeli kompozit malzemeler, otomotiv sektöründe ve özellikle motor parçalarının üretiminde kullanıldıkları için bu malzemelerin aşınma davranışları önemlidir. Kayma hızı, uygulanan yük, kayma mesafesi, takviye elemanı oranı ve takviye elemanı boyutu gibi parametreler kompozit malzemelerin aşınma davranışı üzerinde etkilidir [14]. Bundan dolayı alüminyum kompozit malzemelerin aşınma testleri sırasında meydana gelen aşınma mekanizmalarının, sürtünme davranışlarının ve meydana gelen aşınma miktarlarının iyi tanımlanması gerekir. Yapılan bu çalışmada, basınçsız infiltrasyon yöntemi ile üretilen ve farklı miktarlarda SiO₂ ile takviye edilen AA7075 alaşımlarının aşınma davranışları incelenmiştir. Üretilen kompozit malzemelerin mikro yapıları baz alınarak ağırlık kaybı ve sürtünme katsayıları açıklanmaya çalışılmıştır. Ayrıca aşınma yüzeyi incelemeleri ile de testler sırasında meydana gelen muhtemel aşınma mekanizmaları tanımlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

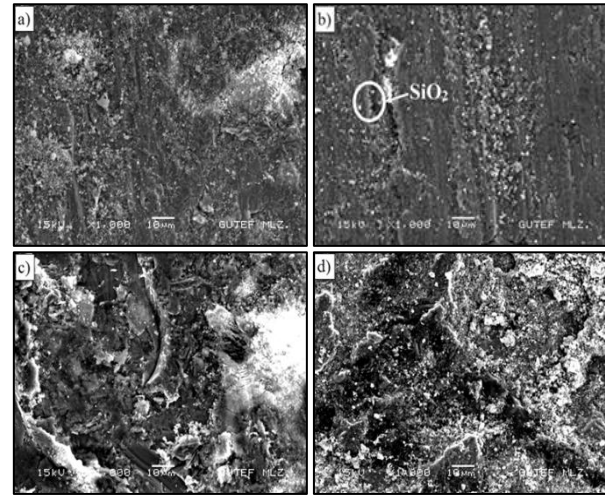
İnfiltrasyon yöntemi ile SiO₂ parçacık takviyeli alüminyum matrisli kompozitlerin üretimi gerçekleştirilmiştir. İnfiltrasyon işleminde, 30 mm dış çap ve 1 mm et kalınlığına sahip 300 mm boyunda paslanmaz çelik borular kullanılmıştır. Çelik borunun alt kısmına, tozların dökülmesini engelleyecek 75 µm göz açıklığına sahip paslanmaz çelik filtre yerleştirilmiştir. AA7075 ve SiO₂ tozları %10, 20, 30 ve 40 takviye-hacim oranı oluşturacak şekilde karıştırılarak, çelik boru içerisine 70 mm yüksekliğinde serbest halde doldurularak üst kısmına aynı filtre yerleştirme işlemi uygulanmıştır. Böylece tozların vakumlama sırasında vakumla yukarı çekilmesi önlenmiştir. Vakum sonrası borular sıvı metalden çıkarılıp normal ortamda soğutulmuştur. Çelik borular kesilerek infiltre edilmiş kompozit malzemeler çıkarılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan AA7075 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi, Çizelge 1’de verilmiştir.

Üretilen alaşımların yoğunluk ölçümleri PRECISA XB200 marka (maksimum 220 gr 0,01-1/10000 gr hassasiyetli) yoğunluk ölçüm kitinde Arşimet prensibine göre yapılmıştır. Yoğunluk ölçümleri yapılan alaşımların sertlik ölçümleri Shimadzu marka mikro sertlik ölçüm

işlemler ile hazırlanan numuneler 95 ml saf su, 2,5 ml HNO₃, 1,5 ml HCl, 1 ml HF (Keller's) dağılayıcı ile 15-20 saniye dağlanmıştır. Mikro yapı incelemelerinde Jeol JSM 6060 model tarama elektron mikroskop (SEM) kullanılmıştır. Aşınma testleri laboratuvar ortamında kuru şartlar altında pin-on-disk tipi cihazda ASTM:G99-05 standartına göre yapılmıştır. 10 mm çapında ve 7 mm yüksekliğinde üretilen aşınma numunelerinin yüzeyleri 1 µm elmas pasta ile parlatılıp asetonla temizlenmiştir. Testlerde 15 N yük, beş farklı kayma mesafesi (300-600-900-1200-1500 m) ve 1 ms⁻¹'lik kayma hızı kullanılmıştır. Karşılık diski olarak AISI 4140 malzemeden yapılmış ve Ø230 mm çapında, 20 mm kalınlığında ve 60-64 HRC sertliğinde çelik disk tercih edilmiştir. Her test öncesinde hem numune hem de disk yüzeyleri aseton ile temizlenmiştir. Böylece testler öncesinde her numune için aynı yüzey kalitesi sağlanmıştır. Ayrıca aşınma testleri yapılan numunelerin, aşınma yüzeyleri SEM ile incelenmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Şekil 1’de basınçsız infiltrasyon yöntemi ile üretilen ve farklı miktarlarda SiO₂ ile takviye edilen AA7075 alaşımlarının mikro yapı SEM görüntüleri verilmektedir.



Şekil 1. Basınçsız infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş olan SiO₂ seramik partikül takviyeli alüminyum kompozit malzemelerin mikro yapı SEM görüntüleri; %10 (a), %20 (b), %30 (c) ve %40 (d) (The microstructure SEM images of Al composites reinforced by SiO₂ ceramic particle produced by pressureless infiltration method; 10 % (a), 20 % (b), 30 % (c), 40 % (d))

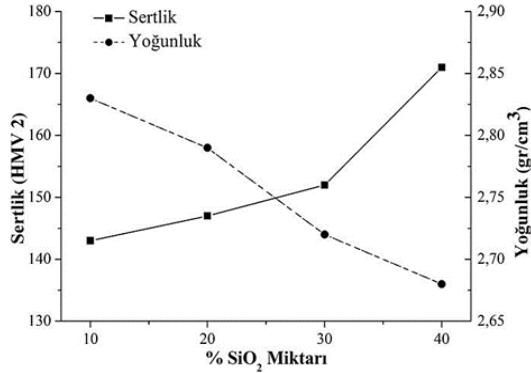
Çizelge 1. AA7075 alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonunun analizi (Chemical composition of AA7075 Al alloy)

Element	Zn	Mg	Cu	Fe	Cr	Si	Mn	Ti	Al
% Oranı	5,16	2,19	1,30	0,28	0,19	0,17	0,15	0,009	Kalan

cihazında (HMV 2) yapılmıştır. Her bir numuneden 10 noktadan sertlik ölçülerek ortalaması hesaplanmıştır. Mikro yapı incelemeleri için standart metalografik

Şekil 1’de verilen SEM görüntülerinde, takviye fazının matris içerisinde homojen bir dağılım sergilediği net olarak görülememektedir. Buna karşılık, genel olarak

takviye elemanı miktarındaki artış, SEM görüntülerinden de kolaylıkla görülebilmektedir. Şekil 2’de ise üretilen SiO₂ takviyeli alüminyum kompozitlerin yoğunluk ve sertlik değişimleri verilmektedir.

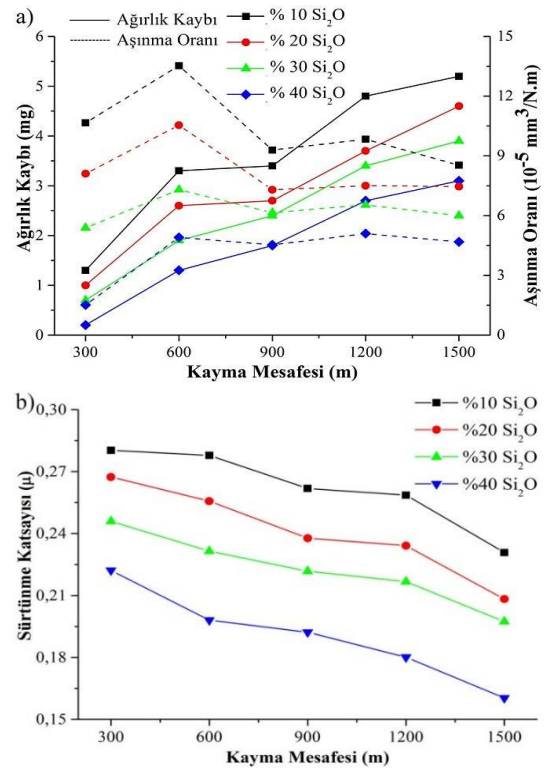


Şekil 2. SiO₂ miktarına bağlı olarak sertlik-yoğunluk değişimleri (Hardness and density changing depending on SiO₂)

Şekil 2’de verilen yoğunluk ölçüm sonuçları incelendiğinde, farklı miktarlarda SiO₂ içeren alüminyum kompozitlerin yoğunluklarının, SiO₂ miktarı arttıkça azaldığı net olarak görülebilmektedir. En yüksek yoğunluk %10 SiO₂ ilave edilen alüminyum kompozitlerde elde edilirken, en düşük yoğunluk %40 SiO₂ ilave edilen kompozit numunelerde elde edilmiştir. Bunun görünen en belirgin sebebi SiO₂’nin yoğunluğunun (2,65 gr/cm³), AA7075 alaşımından (2,84 gr/cm³) daha düşük olmasıdır. Yine Şekil 2’de verilen sertlik değişimleri incelendiğinde, AA7075 alaşımına ilave edilen SiO₂ miktarı arttıkça üretilen alüminyum kompozitlerin sertlikleri de artmaktadır. Elde edilen sertlik sonuçlarına göre en yüksek sertlik değeri %40 SiO₂ içeren kompozitlerde (171 HMV) elde edilirken, en düşük sertlik değeri %10 SiO₂ ilave edilen kompozitlerde (143 HMV) elde edilmektedir. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda da buna benzer sonuçlar elde edilmiştir [15]. Metalik alaşımlara ilave edilen takviye fazının artmasıyla birlikte sert ve kırılgan parçacıklar yapı içerisinde homojen dağılarak kompozitlerin sertliği de artmaktadır. Bunun nedeni ise Orowan mekanizması ile açıklanmaktadır [16]. Şekil 3’de 15 N sabit yük altında aşındırılan SiO₂ takviyeli kompozit malzemelerin ağırlık kaybı, aşınma oranları, hacimsel kayıpları ve sürtünme katsayıları verilmektedir.

Şekil 3.a’da verilen ağırlık kaybı sonuçları incelendiğinde, basınçsız infiltrasyon yöntemiyle üretilen ve farklı miktarlarda SiO₂ ilave edilen alüminyum kompozitlerde, en yüksek ağırlık kaybı, %10 SiO₂ takviyeli numunelerde elde edildiği belirgin olarak görülmektedir. Bu kompozitleri %20 ve %30 SiO₂ takviyeli kompozitler takip etmektedir. En düşük ağırlık kaybı ise % 40 SiO₂ takviyeli kompozitlerde elde edilmiştir. SiO₂ miktarının artması ile malzemenin sertliğinin arttığı, aşınma sırasında aşınmaya karşı direnç göstererek ağırlık kaybını azalttığı anlaşılmaktadır. Yine

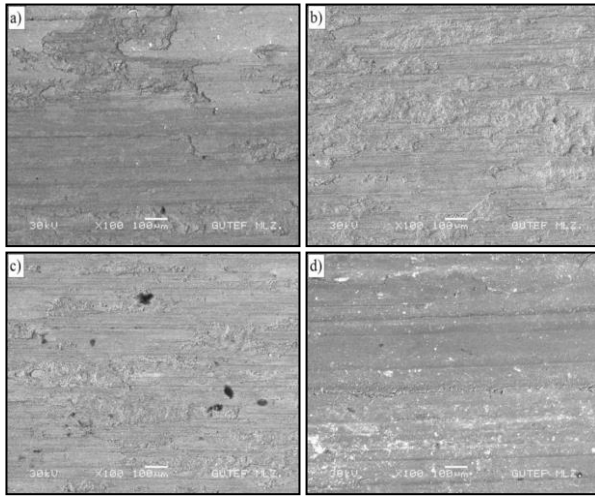
Şekil 3.b’de verilen sürtünme katsayıları sonuçlarına göre, kayma mesafesi arttıkça, sürtünme katsayısının da azaldığı net olarak görülebilmektedir. Verilen sürtünme katsayısı grafiğinde %40 SiO₂ takviyeli alüminyum kompozitlerin sürtünme katsayılarının, %30 ve %20 SiO₂ takviyeli kompozitlere göre daha düşük olduğu görülebilmektedir. En yüksek sürtünme katsayısı ise, %10 SiO₂ takviyeli kompozitlerde elde edilmiştir. Sinek malzemelerde (Al, Cu gibi) aşınma oranları mesafe arttıkça azalır. Bunun nedeni ise mesafe arttıkça malzemede termomekanik işlem ve termal nedenden dolayı malzeme yüzeyinde oksit film tabakası oluşmaktadır. Oluşan oksit film tabakası malzeme yüzeyinde yağlayıcı görevini görmektedir ve sürtünme katsayısı azalmaktadır [17-19]. Şekil 4’de aşınma yüzeyi SEM görüntüleri verilmektedir.



Şekil 3. 15 N sabit yük altında aşındırılan SiO₂ takviyeli kompozit malzemelerin ağırlık kaybı ve aşınma oranları (a) ve sürtünme katsayıları (b) (The weight loss and wear rate (a), friction coefficient (b) of composites materials reinforced SiO₂ under 15 N loads)

Şekil 4’de basınçsız infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş olan SiO₂ seramik partikül takviyeli alüminyum kompozit malzemelerin aşınma yüzeyi SEM görüntüleri incelendiğinde, %10 ve %20 SiO₂ takviyeli (Şekil 4(a,b)) numunelerin aşınma yüzeylerinde deformasyon etkileri net olarak görülmektedir. Artan SiO₂ miktarı ile birlikte, %30 ve %40 SiO₂ takviyeli (Şekil 4(c,d)) numunelerin aşınma yüzeylerinde ise plastik deformasyonun daha az olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 2’de verilen sertlik sonuçlarına bağlı olarak sertlik arttıkça, aşınma

yüzeyinde meydana gelen plastik deformasyon da azalmaktadır. Bu durum Şekil 3’de verilen ağırlık kaybı sonuçları ile de desteklenmektedir. Ayrıca %30 SiO₂ takviyeli (Şekil 4.c) numunenin aşınma yüzeylerinde, kısmen döküntüler de meydana gelmektedir. Bunun nedeni ise, kayma sırasında numune yüzeyinde ve/veya yüzeyin hemen altında yorulma sonucu çatlakların oluşması ve testin ilerleyen aşamalarında bu çatlak çevresinden kopan parçacıklardır [20]. Genel olarak aşınma yüzeyi SEM görüntülerinden, abrasif aşınma mekanizmasının ve kısmen de adhesif aşınma mekanizmasının baskın olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. Basıncsız infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş olan SiO₂ seramik partikül takviyeli alüminyum kompozit malzemelerin aşınma yüzeyi SEM görüntüleri; %10 (a), %20 (b), %30 (c) ve %40 (d) (The worn surface SEM images of Al composites reinforced by SiO₂ ceramic particle produced by pressureless infiltration method; 10 % (a), 20 % (b), 30 % (c), 40 % (d))

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Basıncsız infiltrasyon yöntemiyle üretilen SiO₂ takviyeli alüminyum kompozitlerin aşınma davranışlarının incelendiği bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

İlave edilen SiO₂ miktarı arttıkça, kompozitlerin yoğunlukları azalmaktadır. En yüksek yoğunluk %10 SiO₂ içeren kompozitlerde (2,83 gr/cm³), en düşük yoğunluk %40 SiO₂ içeren kompozitlerde (2,68 gr/cm³) elde edilmiştir.

İlave edilen SiO₂ miktarına göre sertlik değişmektedir. En yüksek sertlik değeri %40 SiO₂ içeren kompozitlerde (171 H MV), en düşük sertlik değeri %10 SiO₂ ilave edilen kompozitlerde (143 H MV) elde edilmiştir.

İlave edilen SiO₂ miktarındaki artışa bağlı olarak alüminyum kompozitlerin ağırlık kaybının azaldığı belirlenmiştir.

Üretilen alüminyum kompozitlerin ağırlık kaybı azaldıkça, sürtünme katsayıları da azalmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Cambroner L. E. G., Sánchez E., Ruiz-Roman J. M. and Ruiz-Prieto J. M., “Mechanical characterization of AA7015 aluminium alloy reinforced with ceramics”, *Journal of Materials Processing Technology*, 143: 378-383, (2003).
- [2] Son H. T., Kim T. S., Suryanarayana C. and Chun B. S., “Homogeneous dispersion of graphite in a 6061 aluminium alloy by ball milling”, *Materials Science and Engineering A*, 348: 163-169, (2003).
- [3] Ruiz-Navas E. M., Fogagnolo J. B., Velasco F., Ruiz-Prieto J. M. and Froyen L., “One step production of aluminium matrix composite powders by mechanical alloying”, *Composites: Part A*, 37(11): 2114-2120, (2006).
- [4] Cintas J., Cuevas F. G., Montes J. M. and Herrera E. J., “Microstructural control of sintered mechanically alloyed Al-1%Ni materials”, *Scripta Materialia*, 52: 341-345, (2005).
- [5] Manna I., Nandi P., Bandyopadhyay B., Ghoshray K. and Ghoshray A., “Microstructural and nuclear magnetic resonance studies of solid state amorphization in Al-Ti-Si composites prepared by mechanical alloying”, *Acta Materialia*, 52: 4133-4142, (2004).
- [6] Tousi S. R., Rad R. Y., Salahi E., Mobasherpour I. and Razavi M., “Production of Al-20 wt. % Al₂O₃ composite powder using high energy milling”, *Powder Technology*, 192: 346-351, 2009.
- [7] Vogt R. G., Zhang Z., Topping T. D., Lavernia E. J. and Schoenung J. M., “Crymilled aluminum alloy and boron carbide nano-composite plate” *Journal of Materials Processing Technology*, 209: 5046-5053, (2009).
- [8] Aksöz S., Ozdemir T., Çalın R., Altınok Z. and Bostan B., “Sinterleme, Yaşlandırma Ve Kriyojenik Isıl İşlemlerinin AA2014-B₄C Kompozit Yapısına ve Mekanik Özelliklerine Etkileri”, *J. Fac. Eng. Archit. Gaz.*, 28(4): 831-839, (2013).
- [9] Camurlu H. E. and Magliab F., “Self-propagating high-temperature synthesis of ZrB₂ or TiB₂ reinforced Ni-Al composite powder”, *Journal of Alloys and Compounds*, 478: 721-725, (2009).
- [10] Tesfay A., Nath S. K. and Ray S., “Effect of transfer layer on dry sliding wear behaviour of cast Al-based composites synthesized by addition of TiO₂ and MoO₃”, *Wear*, 266: 1082-1090, (2009).
- [11] Godfrey T. M. T., Wishbey A., Goodwin P. S., Bagnall K. and Ward-Close C. M., “Microstructure and tensile properties of mechanically alloyed Ti-6Al-4V with boron additions”, *Materials Science and Engineering A*, 282(1): 240-250, (2000).
- [12] Chou T. W., Kelly A. and Okura A., “Fibre-Reinforced Metal-Matrix Composites”, *Composites*, 16: 187-206, (1985).
- [13] Fischer J. J. and Heaberle R. M., “Modern developments in metal composites” Int. Conf. Proc., Illinois, Chicago, U.S.A., 24-30 September, 461-477, (1988).
- [14] Cholewa M., Gawronski J. and Ignaszak Z., “Technological aspects of particle-reinforced composites production”, *Materials & Design*, 18(4): 401-405, (1997).
- [15] Karademir İ. ve Ateş S., “SiO₂ Takviyeli Etial 21 Esaslı Kompozit Malzemelerin Basıncılı İnfiltrasyon Yöntemi İle Üretimi Ve Özelliklerinin İncelenmesi”, *Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 2(1): 1-12, (2014).

- [16] Aksöz S., Bican O., Çalm R., Bostan B., “Effect of T7 heat treatment on the dry sliding friction and wear properties of the SiC-reinforced AA 2014 aluminium matrix composites produced by vacuum infiltration” *Proc IMechE Part J: J Engineering Tribology*, 228(3): 312-319, (2014).
- [17] Qi W.X., Tu J. P., Liu F., Yang Y. Z., Wang N. Y., H. Lu M., Zhang X. B., Guo S. Y., Liu M. S., “Microstructure and tribological behavior of a peak aged Cu-Cr-Zr alloy”, *Materials Science and Engineering A*, 343(1): 89-96, 2003.
- [18] Saka N., Eleiche A. M. and Suh N. P., “Wear of metals at high sliding speeds”, *Wear*, 44(1): 109-125, (2003).
- [19] Tu J. P., Meng L. and Liu M. S., “Friction and wear behavior of Cu-Fe₃Al powder metallurgical composites in dry sliding”, *Wear*, 220(1): 72-79, (1998).
- [20] Yılmaz R., Özyürek D., Kibar E., “The effect of retrogression parameters on hardness and wear behaviors of 7075 aluminum alloys”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27(2): 429-438, (2012).