



Makale / Research Paper

RRA İşleminde Yeniden Yaşlandırma Sıcaklığının AA7075 Alaşımlarının Darbe Dayanımına Etkisi

Doğan ŞİMŞEK¹, İjlal ŞİMŞEK²

¹Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitlis, 13000 Türkiye

²Karabük Üniversitesi, TOBB Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Karabük, 78050 Türkiye

dsimsek@beu.edu.tr, ijlalispir@karabuk.edu.tr

Received/Geliş: 30.06.2018

Revised/Düzeltilme: 03.08.2018

Accepted/Kabul: 28.08.2018

Öz: Bu çalışmada, birçok endüstriyel uygulamada, yaygın olarak kullanılan AA7075 alaşımına T6 ısıl işlemi uygulanmıştır. T6 ısıl işlemi uygulandıktan sonra, 220 °C sıcaklıkta 1 saat yeniden solüsyona alınan numuneler tuzlu suda hızlı soğutulmuştur. Beş farklı (100-110-120-130-140 °C) sıcaklıkta 24 saat süre yeniden yaşlandırılmış ve RRA işlemi tamamlanmıştır. Yaşlandırılan alaşımların sertlik ölçümleri, mikro yapı (SEM) incelemeleri yapılmıştır. Yeniden yaşlandırma sıcaklığına bağlı olarak yapıda çökeltilerin oluştuğu belirlenmiştir. Darbe testi uygulanan alaşımların, en yüksek darbe direnci 100 °C sıcaklıkta yeniden yaşlandırılan alaşımlarda elde edilmiştir. Yeniden yaşlandırma sıcaklığının artması, alaşımın sertliğini artırırken darbe direncinde düşüşe neden olmuştur. Maksimum sertliğin elde edildiği 120 °C sıcaklıkta en düşük darbe direnci elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: AA7075 alaşımı, RRA, mikro yapı, darbe direnci

Effect on Impact Resistance of AA7075 Alloys of Re-aging Temperature in RRA Process

Abstract: In this study, T6 heat treatment was applied to AA7075 alloy which is widely used in many industrial applications. After T6 heat treatment is applied, the samples which have been re-dissolved for 1 hour at 220 °C are rapidly cooled in salty water. The samples were reaged for 24 hours at five different (100-110-120-130-140 °C) temperatures and the RRA process was completed. Hardness measurements of aged alloys, micro structure (SEM) studies were done. Depending on the re-aging temperature, it has been determined that there are precipitates in the structure. For impact tested alloys, the highest impact resistance was obtained at reaging alloys at 100 °C. The increase in reaging temperature caused a decrease in impact resistance while increasing the hardness of the alloy. The lowest impact resistance is obtained at 120 °C temperature where maximum hardness is obtained.

Keywords: AA7075 alloys, RRA, microstructure, impact resistance

1. Giriş

Lüks araç tasarımı, artan emniyet gereksinimleri ve performans özelliklerinin artması, kullanılan araçların ağırlıklarını arttırmaktadır. Bununla birlikte otomobil üreticileri, kullanılan yakıtın verimliliği ve egzoz emisyonu düzenlemelerine de uymak zorundadırlar [1]. Bu düzenlemelere uymak zorunda kalan üreticiler için en etkili yöntemlerden bir tanesi, konfor ve güvenlikten ödün vermeden araç ağırlığının azaltılması yönünde yoğunlaşan çalışmalardır [2,3]. Yapılan bu

Bu makaleye atf yapmak için

Şimşek D., Şimşek İ., "RRA İşleminde Yeniden Yaşlandırma Sıcaklığının AA7075 Alaşımlarının Darbe Dayanımına Etkisi" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(3); 882-887.

How to cite this article

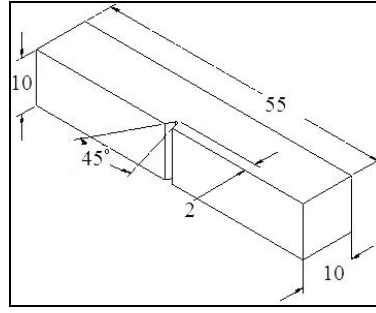
Şimşek D., Şimşek İ., "Effect on Impact Resistance of AA7075 Alloys of Re-aging Temperature in RRA Process" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2018, 5(3); 882-887.

çalışmalarda, alüminyum ve alaşımlarının kullanılması kilit rol oynamaktadır. Yoğunluğunun çelik ve bakırdan yaklaşık üç kat daha düşük olması, hafif olması ve bunun yanı sıra mukavemetinin yüksek olması, alüminyumun başta gelen avantajıdır. Bu avantaj nedeniyle, alüminyum alaşımlarının otomotiv sektöründe çelik ve dökme demire alternatif olarak kullanımı artmaktadır [3]. Ancak, alüminyum alaşımlarının mekanik ve üretim özellikleri açısından otomotiv parçaları için kullanılabilirliği sınırlıdır. Döküm alüminyum alaşımlarında en yaygın kullanılan Al-Si alaşımları, iyi spesifik mukavemet, mükemmel döküm kabiliyeti ve yüksek korozyon direnci gibi özelliklerinden dolayı otomotiv sektöründe yaygın olarak tercih edilen alaşımlardır. Ancak bu alaşımların, kırılma dayanımlarından dolayı, ağır koşullar altında çalışan otomotiv parçalarında veya yüksek mukavemet ve süneklik gerektiren, sürekli darbeye maruz kalan bileşimlerinde kullanılması için uygun bir alaşım olmadığı görülmektedir [4].

7xxx serisi alüminyum alaşımları yüksek mukavemet, süneklik, tokluk ve bunun gibi mekanik özelliklerinden dolayı, özellikle havacılık sektörü başta olmak üzere bir çok mühendislik uygulanmasında kullanılmaktadır [5]. Bu alaşımın en önemli özelliği çeşitli ısı işlemleri ile artırılabilen mekanik özellikleridir [6-8]. 7xxx serili alaşımlarının mekanik özellikleri yapay yaşlandırma ısı işlemi ile artırılırken, korozyon direnci olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle bu alaşımlara, optimum koşullar altında belirli özelliklerini dengelemek amacıyla, T6 ısı işleminin ardından retrogresyon ve yaşlanma (RRA) veya yüksek sıcaklıklarda ön çökeltme (HTPP) yaşlandırma işlemleri uygulanmaktadır [9-11]. RRA ısı işleminde, alaşımın yapısındaki dislokasyon yoğunluğunun az olması nedeniyle, RRA ısı işlemi uygulanan alaşımın sünekliğini, T6 ısı işlem gören alaşımlara göre daha yüksek seviyelere çıkarmaktadır [12]. Ayrıca T6 ısı işlem gören alaşımlarla, RRA ısı işlem gören alaşımların işlem sonrası yapılarının ve çökelti boyutlarının benzediği, bunun yanı sıra yapıda homojen dağılım sergilediği belirtilmektedir. Papazian [13], yaptığı bir çalışmada, T6 ısı işlem gören alaşımlarda RRA işlemi sonrasında elde edilen çekme dayanımları değerlerinin birbirine yakın olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, yapılan bu çalışmada, yeniden solüsyona alınan ve beş farklı sıcaklıkta yeniden yaşlandırma işlemi (RRA) uygulanan AA7075 alaşımında, yeniden yaşlandırma sıcaklıklarının mikro yapı, sertlik ve darbe direnci değişimleri üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Deneysel çalışmalarda kullanılan AA7075 (Al-Mg-Zn alaşımları) alaşımın kimyasal bileşimi, Tablo 1'de verilmiştir. Ticari olarak temin edilen AA7075 alaşımına yapay yaşlandırma (T6) ısı işlemi uygulanmıştır. T6 işleminde alaşım 485 °C sıcaklıkta 2 saat solüsyona alınıp hızlı soğutulduktan sonra, 120 °C'da 24 saat yapay yaşlandırılarak T6 ısı işlemi tamamlanmıştır. T6 ısı işleminden sonra 220 °C, 60 dak. [14] yeniden solüsyona alınan ve tuzlu suda hızlı soğutulan numuneler, beş farklı sıcaklıkta (100 °C, 110 °C, 120 °C, 130 °C ve 140 °C) 24 saat yaşlandırılarak RRA işlemi tamamlanmıştır. T6 ve RRA işlemlerinde Protherm MOS 160/1 model ısı işlem fırını kullanılmıştır. Yaşlandırma işlemlerinde 10 °C/dk ısıtma hızı kullanılmıştır. Yaşlandırılan alaşımların sertlik ölçümleri Affri System sertlik ölçüm cihazında, (HV), beş ölçümün ortalaması alınarak belirlenmiştir. Sertlik ölçümlerinde 10 sn süre ile 3N yük uygulanmıştır. Standart metalografik işlemler ile hazırlanan numuneler 2 ml HF, 3 ml HCl, 20 ml HNO₃, 175 ml H₂O (Keller's) solüsyonunda 15-20 sn dağlanmıştır. Alaşımların mikro yapı incelemelerinde "JEOL JSM-6060" taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Yaşlandırılan alaşımların, darbe testleri Instron Wolpert PW30 markalı cihazda yapılmıştır. Darbe testlerinde kullanılan numune TS269 standardına göre hazırlanmış ve numune ölçümleri Şekil 1'de verilmiştir.



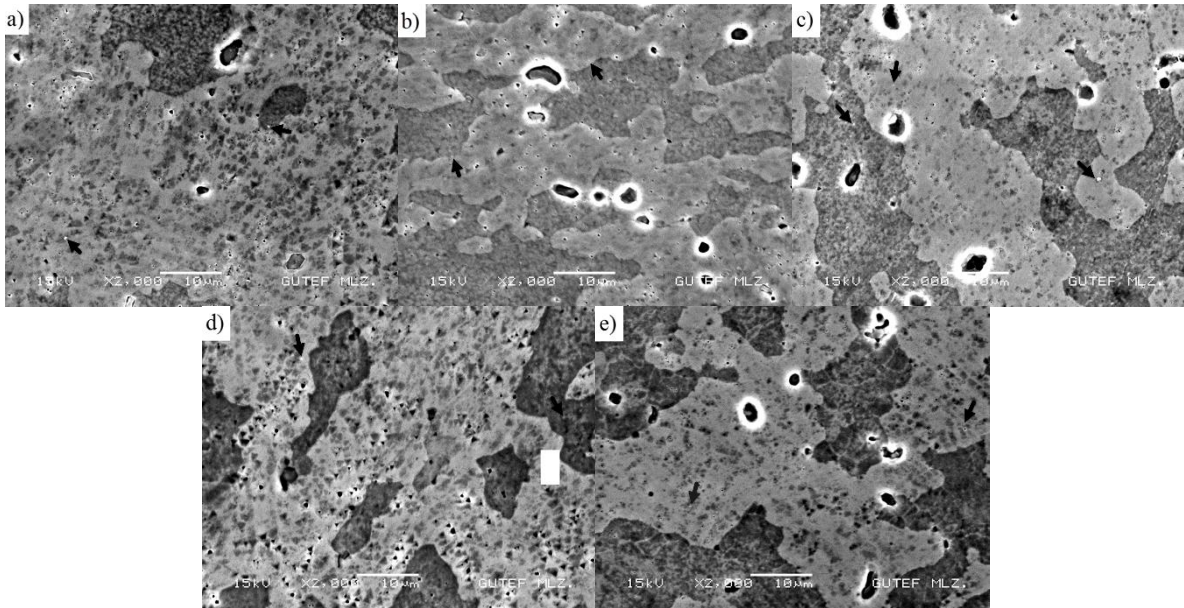
Şekil 1. Darbe testi numune ölçüleri

Tablo1. Deneysel çalışmalarda kullanılan AA7075 alaşımının kimyasal bileşimi.

Element	Zn	Mg	Cu	Fe	Cr	Si
% Oranı	5,9	2,734	1,561	0.196	0.2	0.0117
Element	Mn	Ti	V	Zr	B	Al
% Oranı	0.0687	0.0343	0.0066	0.0091	0.0025	89,2761

3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

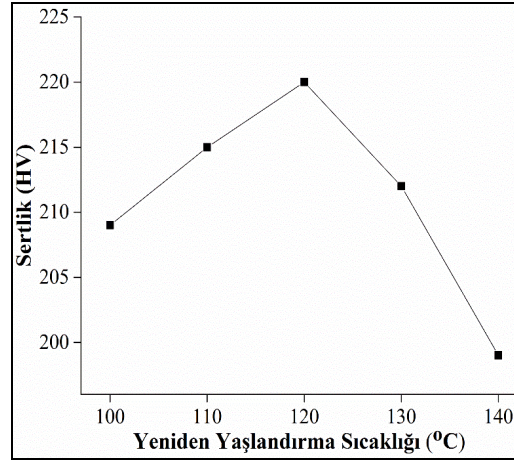
Şekil 2’de farklı sıcaklıklarda yeniden yaşlandırılan alaşımların SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2. Farklı sıcaklıklarda yeniden yaşlandırılan alaşımların SEM görüntüleri a) 100 °C, b) 110 °C, c) 120 °C, d) 130 °C, e) 140 °C

Şekil 2 de verilen farklı sıcaklıklarda yeniden yaşlandırılan alaşımların SEM görüntüleri incelendiğinde, alaşımın yapısında intermetalik fazların oluştuğu görülmektedir. Yapıda oluşan bu fazlar alaşımın mukavemetini geliştirmektedir. Yaşlandırma ısıl işlemi ile alaşımın yapısında in-situ olarak oluşturulan $MgZn_2$ parçacıkları, dayanım artışıdaki en önemli etkidir. Yapıda in-situ olarak oluşturulan bu çökeltilerin mekanik özelliklere olan katkısı Orowan mekanizması ile açıklanabilir. Fakioğlu vd. yaptıkları bir çalışmada, 120 °C 24 saat yeniden yaşlandırılan RRA

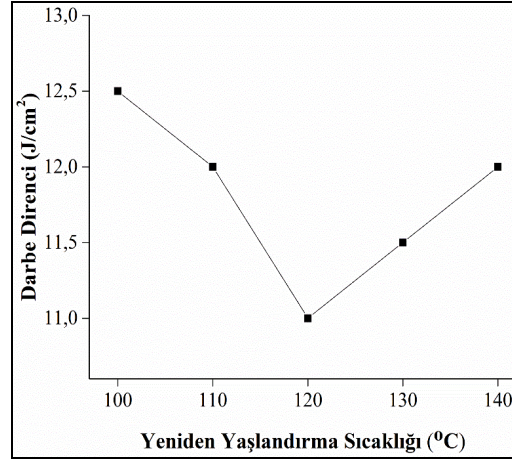
işlemleri alaşımlarda, yapıda oluşan fazlarla ilgili olarak EDS çalışması yapmış ve oluşan çökeltinin iki farklı tür olduğunu belirtmişlerdir. Siyah olan bölgelerde Mg, Zn, Cr ve Fe elementlerinin bulunduğunu, beyaz olan faz bölgesinde ise Mg ve Zn elementlerinin bulunduğunu belirtmişlerdir [15]. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda ise bu fazların $Al_2Mg_3Zn_3$ ve $Mg_3Zn_3Al_2$ olduğu belirtilmektedir [16,17]. Şekil 3’de farklı sıcaklıklarda yeniden yaşlandırılan alaşımların sertlik değerlerinin değişimi verilmiştir.



Şekil 3. Farklı sıcaklıklarda yeniden yaşlandırılan alaşımların sertlik değerlerinin değişimi

Şekil 3 de verilen sertlik değişimleri incelendiğinde, yeniden yaşlandırma sıcaklığının artması ile alaşımın sertlik değerinde bir artış olduğu gözlenmektedir, 120 °C sıcaklıkta yapılan yeniden yaşlandırma ile en yüksek sertlik değerine (220 HV) ulaşıldığı görülmektedir. Bu durum, yeniden yaşlandırma aşamasında oluşan yarı kararlı η' ($MgZn_2$) fazının miktarının maksimum seviyeye çıkmasına ve buna bağlı olarak da alaşımın sertlik değerinin artmasına neden olmaktadır [18]. 7xxx serisi alaşımlarda mukavemet artırma mekanizması, yaşlandırma işlemi ile yapıda oluşan $MgZn_2$ çökeltileri tarafından sağlanmaktadır [19]. 120 °C üzerine çıkan yeniden yaşlandırma sıcaklığı ile sertlik değerinde sürekli bir azalmanın olduğu görülmektedir. En düşük sertlik değeri 140 °C sıcaklıkta yeniden yaşlandırılan alaşımda 199 HV olarak elde edilmiştir. Sıcaklığa bağlı olarak, alaşımın yapısında bulunan yarı kararlı η' ($MgZn_2$) fazının kabalaşması ve kararsız η ($MgZn_2$) fazına dönüşmesi sonucunda, alaşımın sertliğinde azalmaya neden olmaktadır. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan bazı çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmektedir [15, 18, 21]. Bunun yanı sıra Yıldırım vd. [20] yaptıkları bir çalışmada çökelti boyutunun artması ile alaşımın sertlik değerinde azalmanın olduğunu belirtmişlerdir. Şekil 4’de farklı sıcaklıklarda yeniden yaşlandırılan alaşımın darbe direnci değişimi verilmiştir.

Şekil 4 de verilen darbe direnci değişimi incelendiğinde, yeniden yaşlandırma sıcaklığının artması ile darbe direnci azalma göstermektedir. En düşük darbe direnci 120 °C sıcaklıkta $11 J/cm^2$ olarak elde edilmiştir. Bu durum, alaşımın yapısında oluşan $MgZn_2$ çökeltilerinin maksimum seviyeye çıkması ile alaşımın sünekliliğinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Yeniden yaşlandırma sıcaklığının artması ile alaşımın darbe direncinin tekrardan arttığı anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar, alaşımın aşırı yaşlanma periyodunda yapıda oluşan çökeltilerin kabalaşması ve yarı kararlı η' fazının hacimsel oranının azalması ile açıklanabilir. Elde edilen darbe direnci sonuçları sertlik sonuçları ile bir birini desteklemektedir. RRA işleminde alaşımın yapısında oluşan yarı kararlı η' çökelti parçacıklarının hacimsel oranının artması ile alaşımın sertliğini ve çekme dayanımını arttırırken buna bağlı olarak alaşımın sünekliliğini azaltmaktadır [18,22].



Şekil 4. Farklı sıcaklıklarda yeniden yaşlandırılan alaşımların darbe direnci değerlerinin değişimi

4. Sonuçlar

AA7075 alaşımının RRA işleminde farklı yeniden yaşlandırma sıcaklıklarının alaşımın darbe direnci üzerine etkisinin incelendiği çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Alaşımın yeniden yaşlandırma sıcaklığının artması ile sertlik değerlerinin arttığı ve en yüksek sertlik değerinin 120 °C sıcaklıkta elde edildiği görülmüştür.
- Yeniden yaşlandırma sıcaklığının daha fazla artması ile alaşımın sertlik değerinin azaldığı ve en düşük sertlik değerinin 140 °C sıcaklıkta elde edildiği görülmüştür.
- Alaşımın yeniden yaşlandırma sıcaklığı artması ile darbe direncinin azaldığı ve en düşük darbe direnci 120 °C sıcaklıkta elde edildiği görülmüştür. Yeniden yaşlandırma sıcaklığının artması darbe direncinin artmasına neden olmaktadır.

Teşekkür

1. Uluslararası Hafif Alaşımlar ve Kompozit Malzemeler Sempozyumunda sunulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Borns, R., Whitacre, D., “Optimizing Designs of Aluminum Suspension Components Using an Integrated Approach”, (No. 2005-01-1387). 2005, SAE Technical Paper.
- [2] Kim, H.J., McMillan, C., Keoleian, G. A., Skerlos, S.J., “Greenhouse Gas Emissions Payback for Lightweighted Vehicles Using Aluminum and High Strength Steel”, Journal of Industrial Ecology, 2010, 14(6): 929-946.
- [3] Miller, W.S., Zhuang, L., Bottema, J., Wittebrood, A., De Smet, P., Haszler, A., Vierge, A., “Recent Development in Aluminium Alloys for the Automotive Industry”, Materials Science and Engineering: A, 2000, 280(1): 37-49.
- [4] Franke, R., Dragulin, D., Zovi, A., Casarotto, F., “Progress in Ductile Aluminium High Pressure Die Casting Alloys for the Automotive Industry”, La Metallurgia Italiana, 2007, (5): 21-25
- [4] Mahathaninwong, N., Plookphol, T., Wannasin, J., Wisutmethangoon, S., “T6 Heat Treatment of Rheocasting 7075 Al Alloy. Materials Science and Engineering: A, 2012, 532; 91-99.
- [6] Li, J.F., Peng, Z.W., Li, C.X., Jia, Z.Q., Chen, W.J., Zheng, Z.Q., “Mechanical Properties, Corrosion Behaviors and Microstructures of 7075 Aluminium Alloy With Various Aging Treatments”, Transactions of Nonferrous Metals Society of China,

- 2008, 18(4): 755-762.
- [7] De, P.S., Mishra, R.S., Smith, C.B., “Effect of Microstructure on Fatigue Life and Fracture Morphology in an Aluminum Alloy”, *Scripta Materialia*, 2009, 60(7): 500-503.
- [8] Al-Rubaie, K.S., Barroso, E.K., Godefroid, L.B. “Statistical Modeling of Fatigue Crack Growth Rate in Pre-Strained 7475-T7351 Aluminum Alloy”, *Materials Science and Engineering: A*, 2008, 486(1): 585-595.
- [9] Winkler, S.L., Flower, H.M., “Stress Corrosion Cracking of Cast 7xxx Aluminium Fibre Reinforced Composites”, *Corrosion Science*, 2004, 46(4): 903-915.
- [10] Huang, L.P., Chen, K.H., Li, S., Song, M., “Influence of High-Temperature Pre-Precipitation on Local Corrosion Behaviors of Al–Zn–Mg Alloy”, *Scripta Materialia*, 2007, 56(4): 305-308.
- [11] Fakioglu, A., Özyürek, D., Yilmaz, R., “Effects of Different Heat Treatment Conditions on Fatigue Behavior of AA7075 Alloy”, *High Temperature Materials and Processes*, 2013, 32(4): 345-351.
- [12] Talianker, M., Cina, B., “Retrogression and Reaging and the Role of Dislocations in the Stress Corrosion of 7000-Type Aluminum Alloys”, *Metallurgical and Materials Transactions A*, 1989, 20(10): 2087-2092.
- [13] Papazian, J.M., “Differential Scanning Calorimetry Evaluation of Retrogressed and Re-Aged Microstructures in Aluminum Alloy 7075”, *Materials Science and Engineering*, 1986, 79(1), 97-104.
- [14] Özyürek, D., Yilmaz, R., Kibar, E. “RRA İşleminde Yeniden Çözeltiyeye Alma Parametrelerinin 7075 Alüminyum Alaşımlarının Çekme Dayanımına Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2012, 27(1): 193-203.
- [15] Fakioglu, A., Özyürek, D., “Effects of Re-Aging on the Fatigue Properties of Aluminum Alloy AA7075”, *Materials Testing*, 2014, 56(7-8): 575-582.
- [16] Chemingui, M., Khitouni, M., Jozwiak, K., Mesmacque, G., Kolsi, A., “Characterization of the Mechanical Properties Changes in an Al–Zn–Mg Alloy After A Two-Step Ageing Treatment at 70 And 135 °C”, *Materials & Design*, 2010, 31(6): 3134-3139.
- [17] Mondal, C., Mukhopadhyay, A.K., “On the Nature of T (Al₂Mg₃Zn₃) and S (Al₂CuMg) Phases Present in As-Cast and Annealed 7055 Aluminum Alloy”, *Materials Science and Engineering: A*, 2005, 391(1): 367-376.
- [18] Reda, Y., Abdel-Karim, R., Elmahallawi, I., “Improvements in Mechanical and Stress Corrosion Cracking Properties in Al-Alloy 7075 Via Retrogression and Reaging”, *Materials Science and Engineering: A*, 2008, 485(1): 468-475.
- [19] Li, Z., Xiong, B., Zhang, Y., Zhu, B., Wang, F., Liu, H., “Investigation on Strength, Toughness and Microstructure of an Al–Zn–Mg–Cu Alloy Pre-Stretched Thick Plates in Various Ageing Tempers”, *Journal of Materials Processing Technology*, 2009, 209(4): 2021-2027.
- [20] Yildirim, M., Özyürek, D., Gürü, M. The Effects of Precipitate Size on the Hardness and Wear Behaviors of Aged 7075 Aluminum Alloys Produced by Powder Metallurgy Route. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 2016, 41(11), 4273-4281.
- [21] Viana, F., Pinto, A.M.P., Santos, H.M.C., Lopes, A.B., “Retrogression and Re-Ageing of 7075 Aluminium Alloy: Microstructural Characterization”, *Journal of Materials Processing Technology*, 1999, 92: 54-59.
- [22] Chun, F., Liu, Z.Y., Ning, A.L., Liu, Y.B., Zeng, S.M., “Retrogression and Re-Aging Treatment of Al-9.99% Zn-1.72% Cu-2.5% Mg-0.13% Zr Aluminum alloy”, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2006, 16(5): 1163-1170.