AŞIRI PLASTİK DEFORMASYON YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN AA6082 MALZEMESİNİN KOROZYON ÖZELLİKLERİ

Soner YAZGI
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği
soner_yazgi@hotmail.com

Mehmet UÇAR
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
ucarm@kocaeli.edu.tr

Hasan KAYA
Kocaeli Üniversitesi, Hereke Asım Kocabıyık Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Metalurji Programı
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Hakan ATAPEK
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
hatapek@kocaeli.edu.tr

Özet
Bu çalışmada, aşırı plastik deformasyon (APD) ve yaşlandırma işlemleri uygulanarak AA6082 malzemenin korozyon direnci incelenmiştir. Malzemede APD'yi sağlamak için Eşit Kanal Açısal Presleme (EKAP) yöntemi kullanılmaktadır. EKAP, malzemenin katı halde iken pres yardımıyla kalıp kanallarından geçerek tane yapılarında yönelmelerini ve tanecikler arası mesafelerin azalmasını sağlamaktadır. Bu durum malzemenin mekanik özelliklerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Prosesler sonucunda malzemenin mekanik özelliklerinin yanı sıra elde edilen iş parçalarının birbirlerine göre korozif etkisi ve mikro yapı değişimleri de gözlemlenmiştir. Bu çalışma kapsamında; numuneler EKAP ile 1 geçiş, 2 geçiş, 3 geçiş 4 geçiş ve 1 geçiş + yaşlandırma işlem parametrelerinde malzeme deformasyona uğratılmıştır. EKAP yapılan numunelerin geçiş sayılarının artması ile birlikte 1. geçişte ortalama 120 vickers sertliğine sahip olan numunenin 2. geçişte %10, 3. geçişte %35, 4. geçişte %40 artış yaptığı görülmüştür. Korozyon dayanımları ise %3,5 NaCl içeren çözelti ortamında potensiyodinamik polarizasyon yöntem kullanılarak incelenmiştir. Korozyona uğramış yüzeyler incelendiğinde EKAP işlemleri ile birlikte sertlik gibi mekanik özellikler artış gösterirken, azalan Mg tane boyutları Mg2Si oluşumu ile birlikte korozyon direncini azalttığı görülmüştür. Mekanik özelliklerde elde edilen bu artışın korozyon özellikleri incelendiğinde yüzdelik oranların tam tersi nitelikte etki ettiği ölçülmüştür. EKAP ile 4 geçiş yapılmış malzeme en düşük korozyon direncine sahipken 3 geçiş, 2 geçiş ve 1 geçişlerde düzenli aralıklarda yüzde ikilik olumlu bir direnç kazanmıştır. EKAP ile 4 geçiş yapılmış malzemeye göre en yüksek korozyon direnci ise yüzde 20 artış oranıyla homojenize numunede görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: AA6082, Aşırı Plastik Deformasyon, EKAP, Korozyon, Yaşlandırma

CORROSION PROPERTIES OF AA6082 MATERIAL PRODUCED BY SEVERE PLASTIC DEFORMATION METHOD

Abstract
In this study, the corrosion resistance of AA6082 material was investigated by applying severe plastic deformation (SPD) and aging processes. Equal Channel Angular Pressing (ECAP) method is used to provide SPD in the material. ECAP ensures that the material is oriented in the grain structures by passing through the mold channels with the help of the press while it is in solid state and the distances between the particles are reduced. This helps to improve the mechanical properties of the material. As a result of the processes, besides the mechanical properties of the material, the corrosive effect and microstructure

HAZIRLAK

changes of the obtained workpieces relative to each other were also observed. This scope of work; The samples were subjected to material deformation with ECAP in 1 pass, 2 pass, 3 pass 4 pass and 1 pass + aging process parameters. With the increase in the number of passes of the ECAP-treated samples, it was observed that the sample, which had an average of 120 Vickers hardness in the 1st pass, increased 10% in the 2nd pass, 35% in the 3rd pass, and 40% in the 4th pass. Corrosion resistance was investigated using a potentiodynamic polarization method in a solution containing 3.5% NaCl. When the corroded surfaces were examined, it was observed that mechanical properties such as hardness increased with ECAP processes, while the decreasing Mg grain sizes decreased the corrosion resistance with the formation of Mg2Si. When the corrosion properties of this increase obtained in mechanical properties were examined, it was measured that the percentages had the opposite effect. While the material that has been made 4 passes with ECAP has the lowest corrosion resistance, it has gained a positive resistance of 2 percent at regular intervals in 3 passes, 2 passes and 1 passes. The highest corrosion resistance was observed in the homogenized sample, with an increase of 20 percent, compared to the material that was made 4 passes with ECAP.

Keywords: AA6082, Severe Plastic Deformation, ECAP, Corrosion, Aging

1.Giriş

Malzemede istenilen mekanik özellikler, korozyon gibi tercih edilen uygulamaları daha iyi hale getirebilmek için 1970'li yıllarda Rusya'da bilim adamları tarafından APD (Aşırı Plastik Deformasyon) yöntemi literatüre sunulmuştur. Kullanılan bu yöntemde asıl istenilen malzemede bulunan tanecik yapılarını daha ufak hale getirerek ve bununla birlikte taneciklere yönelmeler vererek mekanik özelliklerini daha da artırmaktır (Valiev et al. 2006). Bununla birlikte APD seçerken ekonomik sebepler, malzemenin alanları, şekil kısıtlamasının olup olmadığı gibi farklı birçok yöntemler denenmiştir. Bunların içinde en çok kullanılan Eşit Kanallı Açısal Presleme (EKAP) yöntemidir. (Segal et al. 1981).

EKAP işlemi; kalıp açıları, presleme hareketi, uygulama rotaları, presleme öncesi sıcaklıklar, geri presleme (karşı basınç), preslenecek malzeme şekli ve paso sayısı olmak üzere belli işlem değişkenlerini içermektedir. EKAP'ın en karakteristik özelliği uygulaması kolay olması ve uygulamadan sonra malzemenin kesit alanını değiştirmiyor olmasıdır (Develioğlu et al. 1981). Dolayısıyla kesit değişikliği olmaksızın yüksek gerilmelerle plastik deformasyon mümkündür. Bir numune plastik gerilmeyi artırmak için birden fazla geçişle ciddi deformasyona maruz kalabilmektedir (Kaya 2013). EKAP'ta geçişle birlikte oluşan gerilme numunenin kanal açısıyla ilişkilidir. Yapılan çalışmalar sonucunda en uygun olarak elde edilen açı 90° olduğudur (Valiev 2000).

EKAP işlem rotaları birbirinden farklıdır. Bunlar numunenin döndürülmeden veya belli açılarla döndürülmesiyle elde edilen farklılıklardır. Bunlar genellikle;

Numune döndürülmeden yapılan işlem (Rota A)
Numune ±90° döndürülerek yapılan işlem (Rota Bᴀ)
Numune +90° döndürülerek yapılan işlem (Rota Bc)
Numune +180° döndürülerek yapılan işlem (Rota C) (Werenskiold 2000).

EKAP uygulanacak Alüminyum malzemenin mekanik özellikleri, korozyon dayanımı, yüksek elektrik iletimi ve hafiflik gibi özelliklerinden dolayı gelişen teknolojik dünyamızda çok önemli bir yer tutmaktadır (Demirci et al. 2004). Günümüzde üst düzey teknolojik çalışmalarda kullanıldığı gibi en alt düzeyde bile yaygın olarak kullanılan malzeme olarak karşımıza çıkmakta ve giderek talep artmaktadır (Demirci 2005). Mukavemet değerlerinin diğer metallere göre az oluşu bu alanda kullanımını sınırlı bırakmaktadır. Bundan dolayı mekanik özelliklerini daha iyi hale getirmek için alaşım yapılmaktadır (Baydur 1989). Alüminyum alaşımları dövme ve döküm olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır. Mikroyapı ve kimyasal bileşenler açısından birbirlerinden çok farklı bir yapıya sahiptirler (Henry et al. 2002).

TASLAK

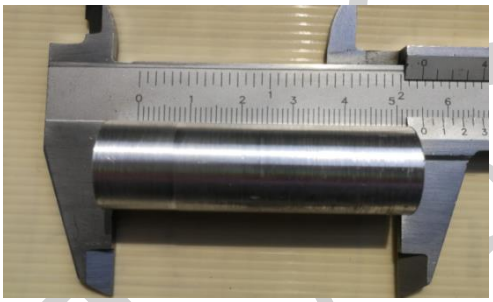
Kullanılan bu alaşımların içerisinde AA6082-T6 alaşımı içeriğindeki Mg ve Si elementleri ile mekanik özelliklerinin yanı sıra yüksek derecede korozyon direnci sebebiyle otomotiv sektöründe, havacılıkta, savunma sanayinde, inşaat sektörü ve raylı ulaşım araçlarında sıklıkla tercih edilmektedir (Özbeyaz et al. 2020), (Yağmur et al. 2021). AA6082 malzemesi emniyet, konfor ve güvenilirlik açısından baktığımızda da ihtiyaçların hepsine cevap vererek ağırlığın azaltılması noktasında otomotiv ve havacılık sektörlerinde çok fazla tercih edilmektedir. Özellikle yakıt tasarrufu açısından kullanılan malzemeler hafif olmalıdır.

Alüminyumun korozyona dayanıklılığı (paslanmaz çeliklerde olduğu gibi) yüzeyin koruyucu ve sıkı bir oksit tabakasıyla (Al2O3) kaplanmasından ileri gelir. Özellikle korozyon dayanımının arandığı durumlarda, alüminyumun saflığının %99,5'un altında olmaması gereklidir. Fakat genellikle alüminyumun mekanik özelliklerini geliştirebilmek için alaşımlama yapıldığından dolayı, alüminyum alaşımlarının korozyon direnci, saf alüminyumdan daha düşüktür. Alüminyumun birçok Korozif ortama karsı gösterdiği direnç, mevcut koşullara bağlı olarak yüzeyinde oluşan, amorf veya kristalin alüminyum oksit tabakasından dolayıdır. Atmosferde oluşan yüzey filmi daha çok amorftur, su ve su buharı içerisinde ise daha çok kristalin yapıda yüzey filmi oluşur. Oluşan tabaka ne kadar homojen ise, aynı koşullarda korozyon dayanımı da o kadar iyidir (Temel 2001).

Bu çalışmada APD yöntemi olan EKAP ile 1 paso, 2 paso, 3 paso, 4 paso, 1paso + yaşlandırma, homojenize yapılmış AA6082 ve T6 olarak birbirleri arasındaki mikro yapıları korozyon özellikleri ile birlikte karşılaştırılarak mekanik özelliklerdeki değişimler incelenmiştir.

2.MATERYAL VE METOT

Bu çalışma kapsamında 6082 Alüminyum alaşımı T6 malzemesi Seykoç alüminyum fabrikasından 55 mm boyunda 20 adet çıkacak şekilde malzeme tedarik edilmiştir. 20 adet AA 6082-T6 malzemeyi 55 mm boyunda 19,8 mm çapında ölçülerine tornalanmıştır. (Şekil 1). Bu malzemelerden 5 adedi T6 olarak bırakılmış ve 15 adedi 510 °C'de önceden ısıtılan fırında 90 dakika fırınlama süresi olacak şekilde ısıl işlem uygulanarak homojenize edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. AA 6082 Numune



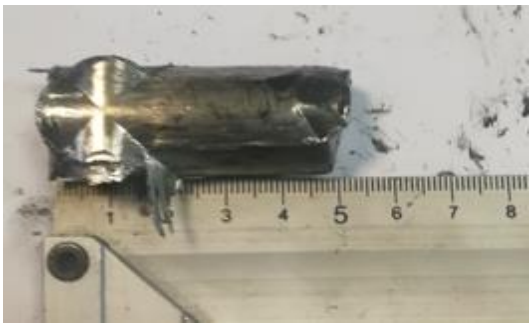
Şekil 2. Isıl İşlem Fırını

Homojenize edilen 10 adet numune önceden ısıtılmış 215 C' ısıl işlem fırınında 2 saat bekletilmiştir. Bu işlemin ardından 90 derece dönüş açısına sahip Hexa dia kalıbında 1, 2, 3 ve 4 geçiş yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Hexa dia kalıbı (Hasan Kaya 2013)

EKAP işlemlerinde 2mm/s presleme hızı kullanılmış olup yağlayıcı olarak MOS2 kullanılmıştır. Bu şekilde 5 adet T6, 5 adet EKAP1 geçiş, 5 adet EKAP2 geçiş, 5 adet EKAP3 geçiş, 5 adet EKAP4 geçiş ve 5 adet EKAP1 geçiş + yaşlandırılmış parça elde edilmiştir (Şekil 4). Yapılan EKAP sonucunda numunelerin tanecik yapılarındaki değişim, optik mikroskop yardımıyla görüntülenmesi için numuneler hassas kesim makinesiyle kesilerek hazır hale getirildi (Şekil 5).



Şekil 4.EKAP1 Pas Yapılmış Numune



Şekil 5. Hassas kesimle hazır hale getirilmiş numuneler

Kesilen numuneler optik mikroskop yardımıyla taneciklerin yapılarında oluşan değişimler izlenmiştir. Bunun için ön hazırlık olarak sırayla 120-240-320-400-800-1000 SiC zımparalama yapıldı (Şekil 6). Daha sonra elmas pasta ile parlatma yapılarak işlem tamamlanmıştır (Şekil 7). Mikroskopta yapının daha iyi gözlemlenmesi için bu numunelerin hepsi dağlama yapılarak merkez ile kenar arasında optik mikroskop görüntüleri alınmıştır.

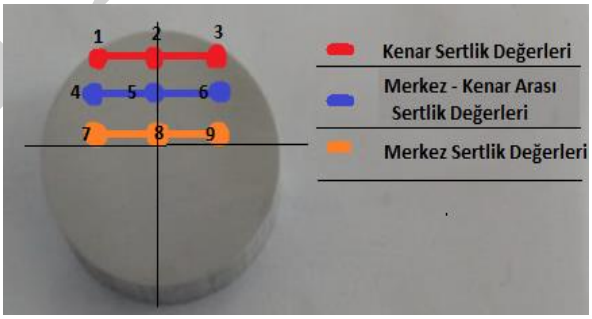


Şekil 6. Zımpara Makinesi



Şekil 7. Elmas parlatma makinesi

Optik mikroskop ile bakıldıktan sonra sertlik değerli incelendi. Numunelerden merkezde 3 adet, Merkez ile kenar arasında 3 adet ve kenar tarafında 3 tane olmak üzere toplamda 9 adet değer alındı ve bunların ortalama değerleri çıkartıldı (Şekil 8). Ölçümler "Microhardness Tester Future-Tech FM-700" cihazında deney aşamasında numunelere 10 saniye boyunca 1000g kuvvet uygulanmış, sonuçlar Hardness Vickers olarak hesaplanmıştır.

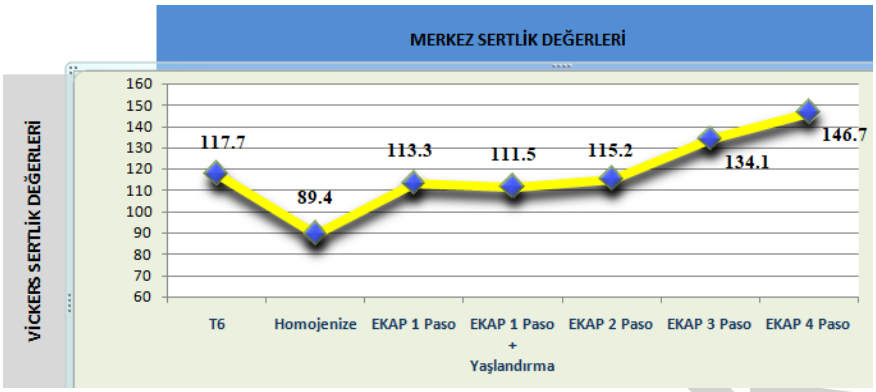


Şekil 8. Numune Üzerinden Alınan Sertlik Değerlerinin Yerleri

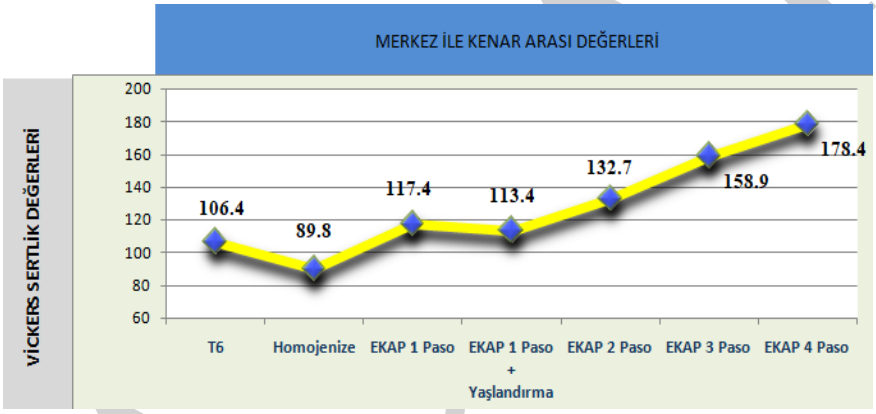
APD işlemeleri tamamlanan numunelerin korozyon dayanımları ise %3,5 NaCl içeren çözelti ortamında potensiyodinamik polarizasyon yöntem kullanılarak incelenmiş ve Tafel eğrileri çıkarılmıştır.

3.SONUÇ ve TARTIŞMA

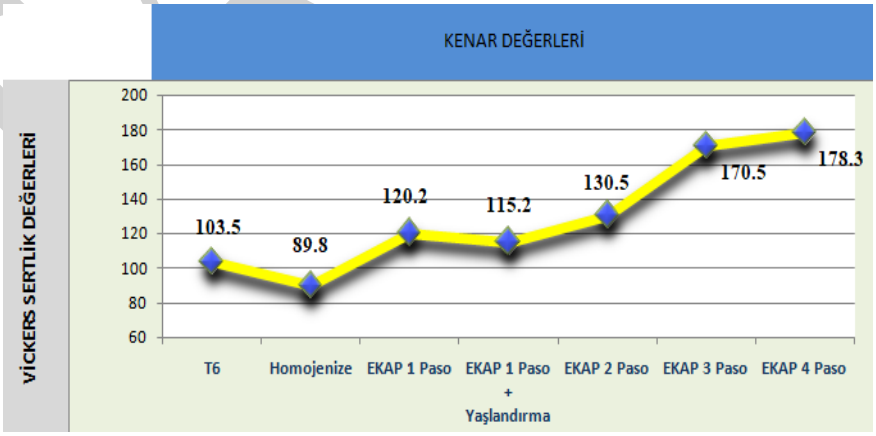
Sertlik analizi için alınan 9 ölçü değerinin en büyük ve en küçük değerler çıkartılmış geriye kalan ölçü değerlerinin aritmetik ortalamasına göre değerler oluşturulmuştur. Şekil 9. (a), (b) ve (c)' de geçiş sayısına ve sertlik değerlerinin alındığı bölgeye bağlı olarak parçaların sertlik sonuçları grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 9. (a) Merkez Bölgeye Göre Alınan Sertlik Değerlerinin Grafiksel Gösterimi

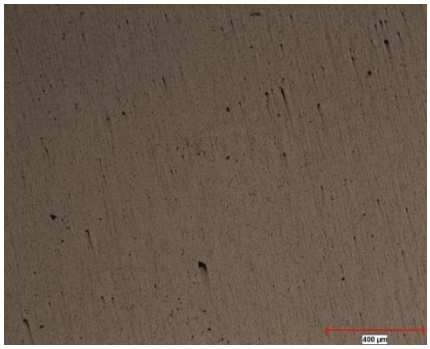


Şekil 9. (b) Merkez ile Kenar Arası Bölgeye Göre Alınan Sertlik Değerlerinin Grafiksel Gösterimi



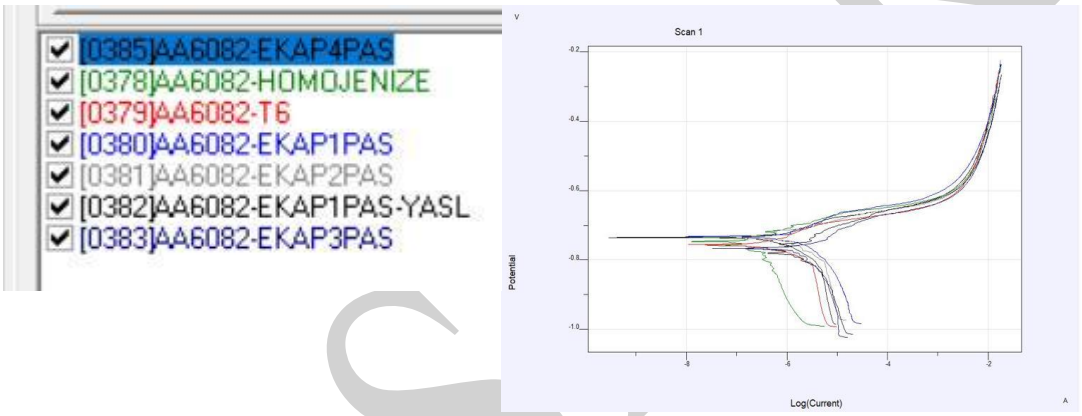
Şekil 9. (c) Kenar Bölgeye Göre Alınan Sertlik Değerlerinin Grafiksel Gösterimi

Yukarıdaki grafikleri incelediğimizde, EKAP sayısı artan numunelerin sertlik değerlerinde de artış görülmektedir. Bu bağlamda EKAP yapılmış numunenin optik mikroskopla incelenen görüntüsünde eğilimler açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 10). Bu eğilimler daha çok merkezden kenara doğru oluşmaktadır. Buda mekanik değerleri daha iyi hale getirmektedir.



Şekil 10. (a) EKAP1 Pas Yapılmış Numunenin Mikroyapı incelemesi

APD'ye tabi tutulan AA6082 numunelerin korozyon özellikleri hakkındaki literatürü gözden geçirdiğimizde özellikle EKAP işlemi uygulanmış yazılarda, ultra tanecikli yapıya sahip alüminyum alaşımları için korozyon direncinde bir azalma görüldüğü sonucuna varılmıştır. Bu, ikincil fazların veya intermetalik partiküllerin boyutunun küçültülmesi ile ilgili olduğu görülmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Numunelerin Tefal Eğrileri

Korozyona uğramış yüzeyler incelendiğinde EKAP işlemleri ile birlikte sertlik gibi mekanik özellikler artış gösterirken, azalan Mg tane boyutları Mg2Si oluşumu ile birlikte korozyon direncini azalttığı görülmüştür.

Mekanik özelliklerde elde edilen bu artışın korozyon özellikleri incelendiğinde yüzdelik oranların tam tersi nitelikte etki ettiği ölçülmüştür. EKAP ile 4 geçiş yapılmış malzeme en düşük korozyon direncine sahipken 3 geçiş, 2 geçiş ve 1 geçişlerde düzenli aralıklarda yüzde ikilik olumlu bir direnç kazanmıştır. EKAP ile 4 geçiş yapılmış malzemeye göre en yüksek korozyon direnci ise yüzde 20 artış oranıyla homojenize numunede görülmüştür. Malzeme geçişleri arttıkça hem dislokasyon yoğunluğu yüksek hem de çökelti miktarı yüksek alanlar oluşuyor. Buda korozyon özelliklerini tersine çevirmiş oluyoruz.

Literatür taramasında (Annamaria Viceré 2019) yaptığı çalışmada korozif özelliklerin düştüğü ama belirgin bir düşmenin görülmemiş olduğu sonucu bulunmuş. Yine başka bir çalışma olan (Matthias Hockauf 2008)' a göre EKAP'lı malzemelerinin korozyon hasarının sonuçlarıyla işlenmemiş malzemenin korozyon hasarına kıyasla daha yüksek oyuk korozyon direnci gösterdiğini görülmüştür. Bu sonucu göre bizim korozyon sonuçlarının düşük çıkmasının sebebinin, numunenin ısıtılmadan yani oda sıcaklığında geçişlerin yapılmasından dolayı, çökelti miktarları ön ısıtılmış şekilde yapılan geçişlere göre daha dayanımı yüksek çıkabileceği yönünde düşünülmektedir.

Sonuç olarak korozif ortamlarda EKAP yapılacak olan AA6082 malzemenin geçiş sayısının artışı korozyon özellik değerlerini düşürdüğünden önerilmemektedir.

KAYNAKLAR

Baydur, G. Malzeme, MEB Türk Hava Kurumu Basımevi, 7. Basım, Ankara, 1989

Demirci,A.H., Yiğit, K., Aydın, H. (2004). Mg partikülleri içeren Al-Cu alaşımının verilen bir tribosistem ve yaşlandırma şartlarında aşınma davranışlarının belirlenmesi. 10. Denizli Malzeme Sempozyumu ve Sergisi Konferansı, Denizli, Türkiye, 187-193.

Demirci, A.H. (2005). Mühendislik Malzemeleri, Alfa Yayınevi.

Develioğlu Ş., Eş Kanallı Açısal Presleme (Ekap) Yönteminin 6063 Alüminyum Alaşımının Mekanik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması, İstanbul Aydın Üniv. Dergi 36, (2017) (41-50)

Dündar, M., Güngör. G. 2002. "Otomotiv Sektöründe Alüminyum Uygulamaları ve Sürekli Döküm Tekniği ile Üretilmiş Alüminyum Levha Alaşımları,

Furuno, K., Akamatsu, H., Oh-ishi, K., Furukawa, M., Horita, Z., Langdon, T. G. (2004). Microstructural Development İn Equal-Channel Angular Pressing Using A 60° Die, Acta Materialia, 52, 2497–2507

Hagen E, "The aluminium market at the beginning of a new century," (Cannes, France: 6th International Secondary Aluminium Congress of the OEA, 6-7 March 2001)

Henry R. Clauser, John A. Vaccari,Materials Handbook by George Stuart Brady, 15. baskı,40-59 2002

Kaya H. Eşit Kanal Açısal Presleme (EKAP) ve Yarı Katı İşlemle Üretilen AA7075 Alaşımının Mikroyapı, Sertlik ve Yorulma Davranışının İncelenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2013, 348739.

Segal V. M., Reznikov V. I., Drobyshevskiy A. E., Kopylov V. I., Plastic working of metals by simple shear, Russian Metall., 1981, **1**, 99-105.

Özbeyaz, K. Kaya, H. Kentli, A. Eş Kanallı Açısal Presleme (Ekap) Yapılan AA6082 Alaşımının 4 İşlenebilirliğinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi, International Marmara Sciences Congress (Autumn), 423-429, 2020

Temel, Ahmet, Dizmetal Üretim Müdürü, Korozyonun Tanımı ve Alüminyumun Korozyonu , Makina&Metal Haziran 2001/Sayı 114.

Valiev R. Z., Langdon T. G., Principles of equal channel angular pressing as a processing tool for grain rafinement, Prog. Mater. Sci., 2006, **51**, 881-981.

Valiev, R.Z., Islamgaliev, R.K,. Alexandrov, I.V. (2000). Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation, Prog. Mater. Sci., 45:103-189.

Werenskiold, J. C. (2004). Equal Channel Angular Pressing (ECAP) of AA6082: Mechanical Properties, Texture and Microstructural Development, Doctoral Theses, Norwegian University, Trondheim.

Yağmur S , Kaya M. K, and Şeker U, "Investigation of the Effects of Chip Breaker Forms Applied to Polycrystalline Diamond (PCD) Tools on Cutting Forces in Turning AA-6082 T4 Alloy", Gazi Journal of Engineering Sciences, vol.7, no.1, pp. 51-57, 2021. doi:10.30855/gmbd.202.01.06

TASLAK