

INVESTIGATION OF THE CORROSION RESISTANCE OF NATURAL AGED AA 6013 ALUMINUM ALLOY

AA 6013 ALÜMİNYUM ALAŞIMINDA DOĞAL YAŞLANDIRMA İŞLEMİ İLE KOROZYON DAYANIMININ İNCELENMESİ

Muzaffer Erdoğan^a, Ali Erçetin^b, İbrahim Güneş^c

^a Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye, merdogan@aku.edu.tr

^b Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye, aliercetin@bingol.edu.tr

^c Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye, igunes@aku.edu.tr

Özet

Alüminyum ve alaşımları günümüzde birçok endüstri dallarında kullanım olanağı mevcut bir elementtir. Alaşımların sertlik ve mukavemeti soğuk deformasyon veya uygun ısı işlem ile artırılabilir. Bu çalışmada, AA 6013 alaşımına ısı işlem uygulanarak doğal yaşlandırılmasına bağlı olarak yapısında meydana gelen değişim ve korozyon dayanımı üzerine incelemeler yapılmıştır. AA 6013 alüminyum alaşımında doğal yaşlandırma sonrası elde edilen FeAl, Al₂Cu, Mg₂Si ve AlFeSi fazlarının korozyon direncine etkileri araştırılmıştır. AA 6013 alüminyum alaşım numunelerinin içyapılarını homojen hale getirmek için geleneksel fırında 530°C'de 20 dakika bekletilerek suda su verme işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra alaşım numunelerinde faz dönüşümlerinin sağlanması için normal oda şartlarında (25°C) 1 haftalık, 1 aylık ve 2 aylık sürelerde doğal yaşlandırma yöntemi uygulanmıştır. Doğal yaşlandırma sonrası numunelerin; iç yapı karakterizasyonu, mikrosertlik ve korozyon dayanımları incelenmiştir. Optik mikroskobu, XRD ve SEM analizi görüntülerinden elde edilen sonuçlara göre zamanla çökelti miktarı artmış ve artan çökelti miktarına bağlı olarak malzemede mekanik özelliklerin artışı gerçekleşmiştir. Deneysel sonuçlardan elde edilen veriler, literatür bilgileri ile karşılaştırılmalı olarak ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: AA 6013, Doğal Yaşlandırma, Mikro Sertlik, Korozyon Dayanımı, Çökeltme Sertleşmesi.

Abstract

Aluminium and aluminum alloys for use in many industries today is the ability of an existing element. Hardness and strength of the alloys can be increased by cold deformation or suitable heat treatment. In this study, AA 6013 alloys, depending on the heat treatment applied to natural aging changes occurring in the structure and corrosion resistance investigations were carried on. AA 6013 aluminum alloy obtained after the natural aging the corrosion resistance of FeAl, Al₂Cu, Mg₂Si ve AlFeSi phase were investigated. A sample of AA 6013 aluminum alloy to homogenize microstructures in the conventional furnace 20 minutes at 530°C, allowed to stand was subjected to water quenching. Then samples of phase transformations in the alloy to ensure 1 week, 1 month and 2 months natural aging method was used in the normal room conditions (25°C). After natural aging of the samples; characterization of the internal structure, microhardness and corrosion resistance were examined. Optical

microscope, XRD analysis and SEM images based on the results obtained from the amount of the precipitate increased with time and depending on the increased amount of precipitate was increased mechanical properties in the material. Experimental results obtained from the data are discussed in comparison with literature data.

Keywords: AA 6013, Natural Aging, Mikro Hardness, Corrosion Resistance, Precipitation Hardening.

1. Giriş

Alüminyum alaşımlarının hafif, iyi ısı ve elektrik iletkenliği, korozyon direnci ve mukavemet özelliklerine sahip olmaları nedeniyle mühendisler ve tasarımcılar için günümüz gelişen teknolojisinde önemli bir malzeme haline gelmektedir [1-3]. Alaşım elementine ve mikroyapıya bağlı olarak alüminyum alaşımlarının fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özellikleri değişmektedir [4].

Alüminyum ve alaşımları hafif metal alaşımları olmaları nedeniyle ısı işlemler sonucu mekanik özellikleri iyileştirilebilir. Alüminyumun belirli bir sıcaklığa ısıtılması, bu sıcaklıkta tutulması ve fazla doymuş bir katı eriyik elde etmek üzere hızlı soğutması sonucu, alüminyum alaşımlarında sertleşme meydana gelir. Alüminyum alaşımlarına su verme işlemlerinden sonra yaşlandırma yöntemleri takip eder. İstenilen mekaniksel özellikleri elde etmek amacıyla alüminyum alaşımlarında yaşlandırma işlemi uygulanmaktadır [5].

Yaşlandırma işlemi sayesinde malzemede korozyon direnci, aşınma direnci, sertlik gibi değerleri iyileştirilebilmektedir. Isıl işlemin uygulanması ile mukavemet ve sertlik artırılabilirdiği gibi diğer cins bir ısı işlem alaşımların mekanik özelliklerinin ıslah edilmesine yarar [6, 7].

Alüminyum alaşımlarına eritme ısı işlemi uygulanırken sıcaklığın çok iyi takip edilmesi gereklidir. Mekanik özelliklerde en yüksek değerleri elde etmek için ısı işlem sıcaklığı mümkün olduğu kadar yüksek seçilir. Çökeltme ısı işlemi, ekseri eritme ısı işlemi izler. Bu işlem yüksek sıcaklıklarda uygulanırsa genellikle suni yaşlanma meydana gelir. Su verilmiş bir alaşımı birkaç gün oda sıcaklığında bekletmek suretiyle oluşan yaşlandırma işlemi ise doğal yaşlanmadır [6, 8].

Alüminyumun oksijene karşı ilgisi çok fazladır. Hava ile temas neticesinde, kısa zamanda oksijen ile birleşerek korozyona uğrar. Bunun sonucunda yüzeyi alüminyum

oksit tabakası ile örtülür. Alüminyumun bu özelliği korozyona karşı mukavemetini yükseltmektedir. Oluşan bu oksit tabakası su ile yıkamak suretiyle çıkartılmaz. Alüminyum bu özelliği kullanma sahasını genişletmiştir. Alüminyumun saflık derecesi azaldığı takdirde de korozyon mukavemeti düşer. Yabancı elemanlar, korozyon mukavemetini azaltmaktadır [9].

2. Materyal ve Metot

Numuneler istenilen boyutlarda ve istenilen sayıda hazırlandı. Numunelerin çapı 20 mm, boyu ise 10 mm olarak tasarlanmıştır. Bu numuneler önce 240, 320, 600, 800, 1000 ve 1200 nolu zımparalarla zımparalanmış ve Al_2O_3 ile parlatma işlemine tabi tutulmuştur.

Hazırlanmış olan 8 adet numune ilk önce $530^{\circ}C$ 'de 20 dk geleneksel fırında bekletilerek su verme işlemine tabi tutulmuştur. Numuneler bu işlemten sonra, doğal yaşlanma için oda koşullarında beklemeye alınmıştır. belirli zaman aralıklarla laboratuvarında çeşitli deneylere tabi tutulmuştur. Bu deneyler aşağıda kapsamlı bir şekilde bahsedilmektedir:

- Oda koşullarında ($25^{\circ}C$) 1 hafta yaşlandırma,
- Oda koşullarında ($25^{\circ}C$) 1ay yaşlandırma,
- Oda koşullarında ($25^{\circ}C$) 2 ay yaşlandırma.

Yukarıdaki her işlem için 3 adet numune kullanılmıştır.

Ayrıca, doğal yaşlandırılan numunelerin sertliği, Vickers mikrosertlik ($HV_{0,05}$) cihazında 50 gr. yük altında ölçüldü.

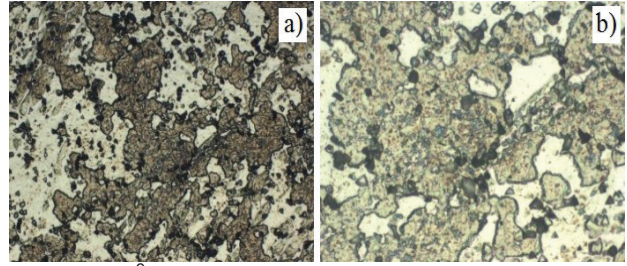
Doğal olarak yaşlandırılan numuneler; molaritesi 4 mol olan HCl çözelti içerisinde daldırılarak, her 5 dakika da ağırlık kayıpları ölçülmüştür.

Optik mikroskop incelemesi ve aşınma sonrası numune aşınma yüzeylerinin incelenmesi için SEM görüntüleri alınmıştır. Doğal yaşlandırma işlemi sonucu numunelerin içerisinde oluşan çökeltiler, XRD analizleri ile tespit edilmiştir. X-ışını difraksiyon analizi termokimyasal yüzey işlemi neticesinde, doğal yaşlandırma işlemi ile numunelerde oluşan çökeltilerin karakterizasyonu için X-ışınları difraksiyon analizleri $10-90$ derece arasında $CuK\alpha$ ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$) gerçekleştirilmiştir.

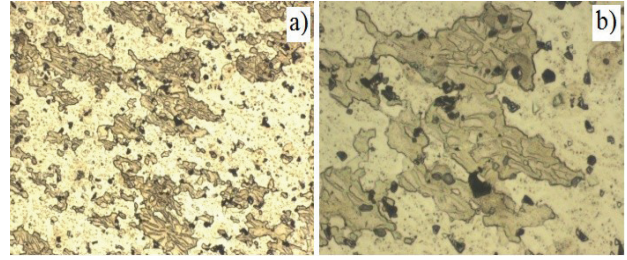
3. Deneysel Sonuçlar ve Bulgular

3.1. Optik Mikroskop Analizi

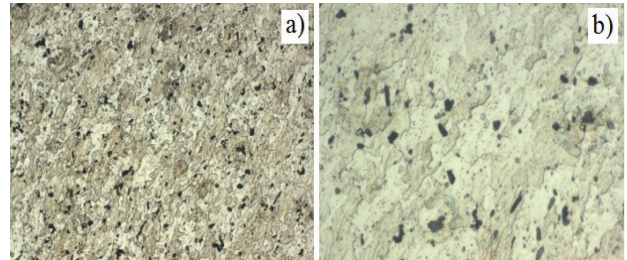
$530^{\circ}C$ 'de su verilmiş numunenin optik mikroskobundan sütunsal şekilde oluşan tanelerin büyüklüğü gözlenmektedir. Ayrıca bazı tanelerin iç yapısında homojen bir şekilde dağılmış, dağlamadan dolayı oluşan küçük gözenek şeklindeki yapılar görülmektedir (Şekil 1). Fakat doğal yaşlandırma zamanı attıkça numunelerde gözlenen sütunsal yapılar yerini küçük tanelere bırakmıştır (Şekil 2). Bu tanelerin iç yapısında mevcut olan gözenek şeklindeki küçük tanelerin homojen dağılımı gözlenmektedir (Şekil 3). Fakat 2 aylık (Şekil 4) doğal yaşlandırılmış numunenin iç yapısından oluşan küçük tanelerin varlığının azaldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda kullanılan numunelerin optik görüntüleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir (Şekil 1, 2, 3, 4).



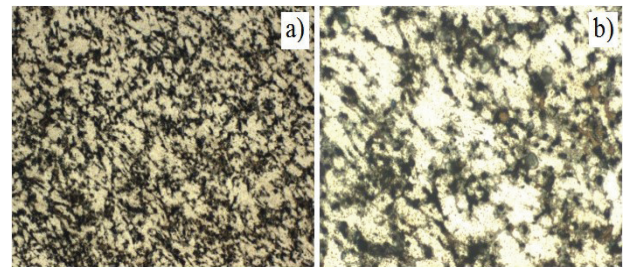
Şekil 1. $530^{\circ}C$ 'de su verilmiş numunelerin optik mikroskop görüntüleri: a) 200x, b) 500x



Şekil 2. 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunelerin optik mikroskop görüntüleri: a) 200x, b) 500x



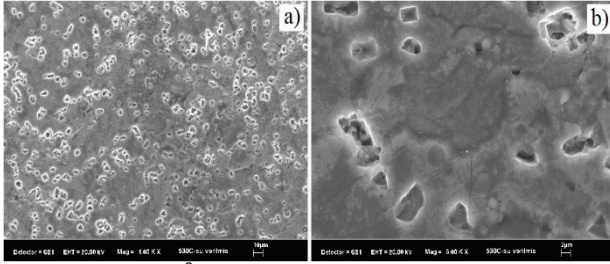
Şekil 3. 1 ay doğal yaşlandırılmış numunelerin optik mikroskop görüntüleri: a) 200x, b) 500x



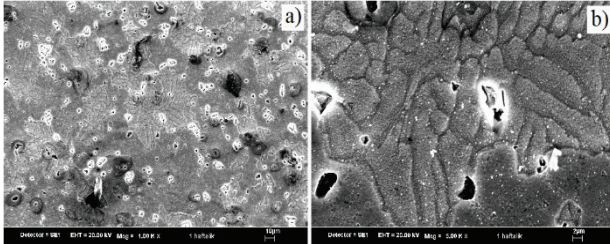
Şekil 4. 2 ay doğal yaşlandırılmış numunelerin optik mikroskop görüntüleri: a) 200x, b) 500x

3.2. SEM Analizi

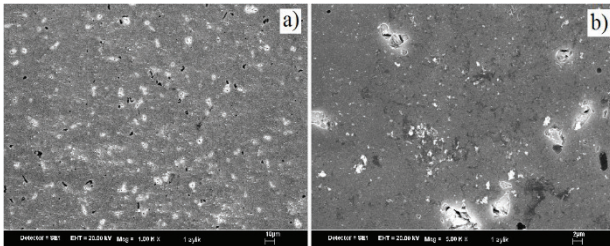
$530^{\circ}C$ 'de su verilmiş numunelerin SEM görüntüsünde (Şekil 5) sarkıt şeklinde (sütunsal şeklinde) tanelerin yönlendiği görülmektedir. Fakat 1 haftalık yaşlandırma zamanında sarkıt şeklindeki taneler termodinamik dengelerini kaybederek, yeni tanelerin oluşumu gözlenmektedir (Şekil 6). 1 aylık doğal yaşlandırma zamanında ise oluşan gözeneklerin tanelerin sınırlarında çökelindiği gözlenmektedir (Şekil 7). 2 aylık yaşlandırma sonunda gözeneklerin oluştuğu ve oluşan gözeneklerin etrafında küresel şekilde tanelerin oluşumu görülmektedir (Şekil 8).



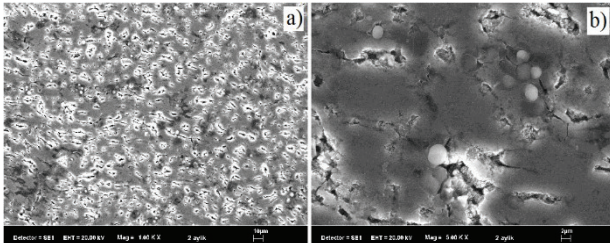
Şekil 5. 530°C'de su verilmiş numunelerin SEM görüntüleri: a) 1000x, b) 5000x



Şekil 6. 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunelerin SEM görüntüleri: a) 1000x, b) 5000x



Şekil 7. 1 aylık doğal yaşlandırılmış numunelerin SEM görüntüleri: a) 1000x, b) 5000x

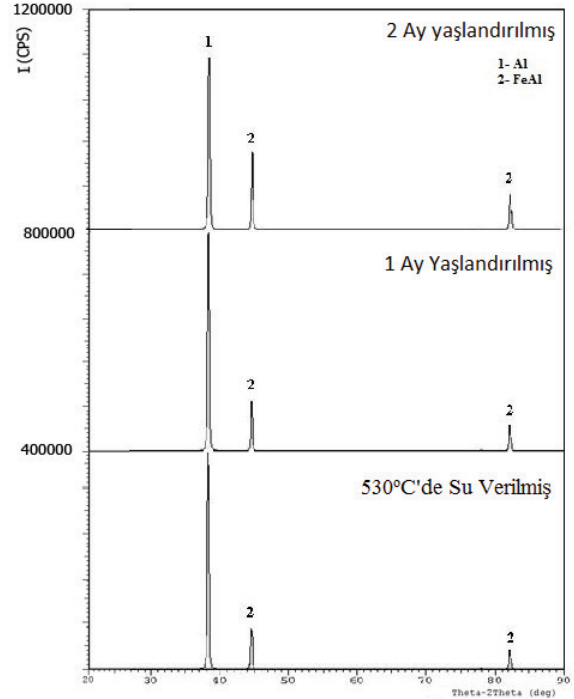


Şekil 8. 2 aylık doğal yaşlandırılmış numunelerin SEM görüntüleri: a) 1000x, b) 5000x

3.3. XRD Analizi

AA 6013 alüminyum alaşımının 530°C'de su verilmiş ve doğal yaşlandırılmış numunelerin XRD eğrileri görülmektedir (Şekil 9). 530°C'de su verilmiş numunenin XRD eğrisinde oluşan FeAl fazlarının pik şiddetleri doğal yaşlandırılmış numunelerin pik şiddetlerinden küçük çıkmıştır. Numune içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik faz oranı az olduğu gözlenmektedir. Bunun da sertlik değerlerinin düşmesine ve % korozyon kayıp miktarlarının artmasına neden olduğu gözlenmektedir. 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunenin XRD eğrisinin pik şiddeti artarak FeAl intermetalik faz miktarının arttığını göstermektedir. Böylece, 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunenin sertlik değerlerini artırarak % korozyon kayıp oranlarının düşmesine neden olmuştur. FeAl intermetalik fazının doğal yaşlandırma ile numunelerin mekanik özellik ve korozyon dayanımları artırılabilir. 2 ay doğal yaşlanmış numunenin

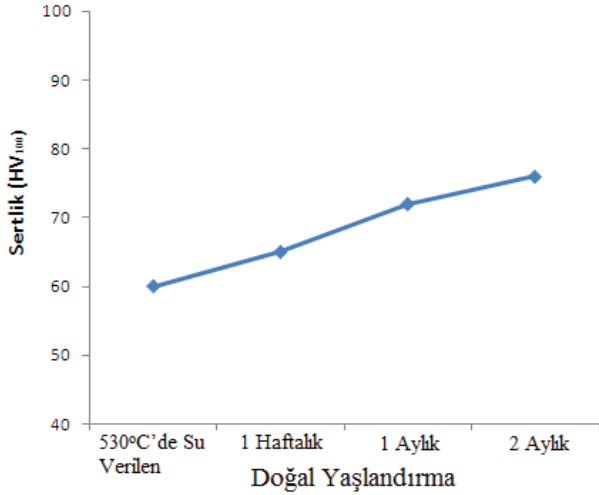
içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının azaldığını (Şekil 9) 'daki XRD eğrisinde görülmektedir. Bu durumda 2 ay doğal yaşlandırılmış numunenin sertlik (HV_{100}) değerini (Şekil 10) ve korozyon direncini (Şekil 11) düşürdüğü gözlenmektedir.



Şekil 9. AA 6013 alüminyum alaşımının XRD eğrileri

3.4. Sertlik Analizi

AA 6013 alüminyum alaşımının 530°C'de su verilmiş ve oda sıcaklığında doğal yaşlandırılmış numunelerin Vickers sertlik eğrileri (Şekil 10)'da verilmiştir. 530°C'de su verilmiş numunede mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının azlığından dolayı sertlik değerinin düşük elde edilmesine neden olmuştur. SEM ve optik mikroskop çalışmalarından görüntülenen numunenin iç yapısında mevcut olan sütun şeklindeki tanelerin kaba oluşu ve FeAl intermetalik fazlarının miktarca azlığından dolayı sertlik değerini düşürdüğünü söyleyebiliriz. Aynı zamanda % korozyon kayıp miktarını artırdığını (Şekil 11)'de gözlemekteyiz. 1 hafta, 1 ay ve 2 ay doğal yaşlandırılmış numunelerin Vickers sertlik değerleri yüksek çıkmıştır. Bu mekanik özellik değerlerinin artmasına neden olan FeAl intermetalik fazıdır. 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunede mevcut olan intermetalik fazının varlığını (Şekil 9)'daki XRD eğrisinin pik şiddetinde görülmektedir. 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunenin Vickers sertlik değerinin yüksek çıkması muhtemelen iç yapıda mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının artmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmamızda 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunenin XRD analizi yapılmamıştır. Aynı zamanda doğal yaşlandırılmış numunenin iç yapısında artan FeAl intermetalik fazı % korozyon oranının düşmesine buna bağlı olarak numunenin korozyon direncinin artmasına neden olmaktadır.



Şekil 10. AA 6013 alüminyum alaşımının mikro sertlik grafiği

Yukarıdaki sertlik değerleri Vickers türü olup, uygulanan kuvvet 980 N'tur.

3.5. Korozyon Analizi

AA 6013 alüminyum alaşım sisteminin 530°C'de su verilmiş ve oda sıcaklığında doğal yaşlandırılmış numunelerin % korozyon kayıp oranları verilmiştir (Şekil 11). 530°C'de su verilmiş numunenin iç yapısında az miktarda mevcut olan FeAl intermetalik fazının (Şekil 11) korozyon direnci düşük çıkmıştır. 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunenin korozyon direncinin artmasına neden olan içyapıda oluşan FeAl intermetalik fazının artışından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda numune içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik fazı numunenin Vickers sertlik değerini (Şekil 10) yaklaşık 65 HV değerine yükselttiği gözlenmektedir. Fakat 1 ay doğal yaşlandırılmış numunede oluşan FeAl intermetalik fazı (Şekil 9)'daki XRD eğrisinin pik şiddetinin azaldığı gözlenmektedir. Bu durumdaki mevcut FeAl fazının azlığı, numunenin Vickers sertlik değerinin (Şekil 10)'da görüleceği üzere düşmesine ve korozyon direncinin azalmasına neden olmaktadır.

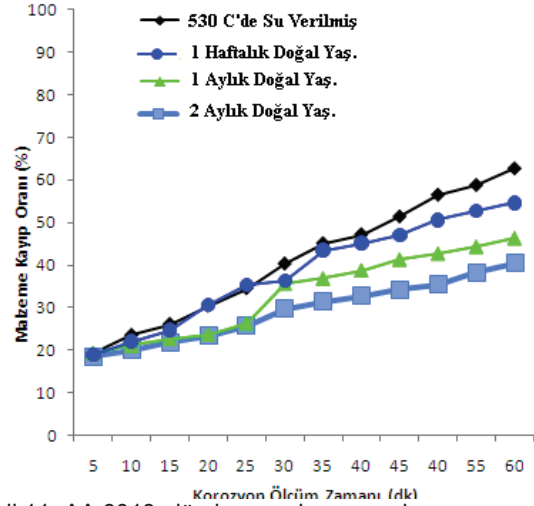
Korozyon analiz işleminde numuneler HCl ortamda korozyona tabi tutulmuştur. Bu işleme göre malzeme (%)kayıp oranı, ilk ölçüm ile son ölçüm arasındaki farkın ilk ölçüme oranı ile hesaplanmış ve elde edilen veriler (Şekil 11)'de gösterilmiştir.

4. Sonuçlar

1. Bu çalışmada oda sıcaklığında AA 6013 alüminyum alaşımının doğal yaşlandırılması ile iş yapıda mevcut FeAl intermetalik fazları oluşmuştur.
2. AA 6013 alüminyum alaşımında ise sunî yaşlandırma esnasında FeAl intermetalik fazlarının çokeldiğini XRD analizleriyle tespit edilmiştir.
3. 530°C'de su verilmiş ve 2 ay doğal yaşlandırılmış numunelerin iç yapısında mevcut olan FeAl intermetalik fazlarının arttığından dolayı Vickers sertlik ve korozyon direncini yükseldiği gözlenmektedir.
4. Su verme işlemi sonrası yapılan 1 haftalık doğal yaşlandırma esnasında sertlik ve korozyon eğrilerinde görüldüğü gibi artış gözlenmektedir. 2 aylık doğal yaşlandırılmış numunede ise FeAl intermetalik fazlarının termodinamik dengelerini artması sonucu

ergimleri nedeni ile artan sertlik ve korozyon direnci eğrilerinin yükseldiği görülmektedir.

5. 2 aylık doğal yaşlandırılmış numunede oluşan FeAl intermetalik fazı mekanik özellik değerlerini artırılmıştır. Yani numunenin Vickers sertlik değerini ve korozyon direncini arttırdığı gözlenmektedir.
6. AA 6013 alüminyum alaşım sisteminin en iyi mekanik özellik değerleri 2 aylık doğal yaşlandırılmış numunede görülmüştür.



Şekil 11. AA 6013 alüminyum alaşımının korozyon analiz eğrileri

Kaynaklar

- [1]. Baser, T.A., Aluminum alloys and use of them in the automotive industry, Engineer and Machine. 53, 635, 51-58, 2012.
- [2]. Akyüz, B. ve Şenaysoy, S., "Yaşlandırma Isıl İşleminin 6013 Alüminyum Alaşımının İşlenebilirliğine Etkisi", 7th International Advanced Technologies Symposium (IATS'13), 30 October-1 November, PP 386-390, İstanbul, 2013.
- [3]. Farshidi, M.H., et al., On the natural aging behavior of aluminum 6061 alloy after severe plastic deformation, Materials Science & Engineering A. Doi: 10.1016/S0921-5093(13)00591-1, 2013.
- [4]. Mondolfo, L.F., Aluminum alloys: Structure and Properties, Butterworths, Guildford, 693-724, 1976.
- [5]. Özdoğru E. F., Eş kanallı açılal pres yöntemiyle üretilen Zr Ve Sc ile modifiye edilmiş AA6082 alüminyum alaşımının karakterizasyonu, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
- [6]. Dennis, W.H., (Çeviren:Tulgar, H.E.), Demirden gayri metaller metalurjisi, İ.T.Ü. Kütüphanesi, sayı: 848, İstanbul, 1987.
- [7]. Panagopoulos, C.N., et al., Corrosion and wear of 6082 aluminum alloy, Tribology International. 42, 886-889, 2009.
- [8]. Tekin, E., Demir dışı metaller ve alaşımlarının uygulamalı optik metalografisi, SEGEM, yayın no:101, II. Baskı, Ankara, 1984.
- [9]. Betton, R.H. and Rollason, E.C., Hardnes reversion of dilute aluminum-copper and aluminum-copper-magnesium alloys, Journal of the Institute of Metals. vol. 86, 77-85, 1957-58.