



MİKRODALGA FIRINDA SUNİ YAŞLANDIRILAN 6013 ALÜMİNYUM ALAŞIMIN KOROZYON DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF CORROSION BEHAVIOR OF 6013 ALUMINUM ALLOYS FOR ARTIFICIAL AGED MICROWAVE FURNACE

Muzaffer ERDOĞAN^{1*}, Ramazan TEKİN¹, Murat KAYA¹

¹Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, 03200, Afyonkarahisar.
merdogan@aku.edu.tr, rtekin47@hotmail.com, muetef@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received: 04.06.2012, Kabul Tarihi/Accepted: 25.12.2012
*Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2014.65375

Özet

Alüminyum alaşımları günümüzde düşük yoğunluk ve yüksek mukavemet elde edilebilen bir alaşım türüdür. Bu alaşımlar özellikle yaşlandırma işlemiyle çökelti oluşturularak daha fazla mukavemetli olur. Bu çalışmada, 6013 alüminyum alaşımını mikrodalga fırında suni yaşlandırarak dayanım değerleri artırılmıştır. Mikrodalga fırında yaşlandırma yöntemi numuneleri hacimsel ve homojen bir şekilde yaşlanmasını sağlamıştır.

6013 alüminyum alaşımları, mikrodalga fırında saf argon gazı atmosferinde suni yaşlandırma işlemine tabi tutulduktan sonra sertlik analizleri, iç yapı (optik mikroskop, SEM) karakterizasyonu çalışılmıştır. Yaşlandırma ısıl işlemleri sonucu numunelerin içerisinde oluşan fazların varlığı XRD eğrileri ile tespit edilmiştir. Suni yaşlandırılmış numunelerin iç yapısında mevcut olan fazların korozyon analizleri gerçekleştirilmiştir. 6013 Alüminyum alaşımının mikrodalga fırında suni yaşlandırma sürelerine bağlı olarak numunelerde meydana gelen çökeltilerin mekanik özellikleri korozyon direnç değerlerini etkilediği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: 6013 Alüminyum alaşımı, Mikrodalga fırın, Suni yaşlandırma, Su verme, Korozyon.

Abstract

Low density and high strength aluminum alloys can be achieved today is a type of an alloy. These alloys are more resistant, particularly the aging process is the precipitate formed. In this study, increased strength 6013 aluminum alloy in a microwave furnace yaşlandırarak artificial. Volume samples in a microwave oven aging method and aging has provided a homogeneous way.

6013 aluminum alloys, pure argon gas atmosphere in a microwave furnace hardness after being subjected to artificial aging process analysis, the internal structure (optical microscope, SEM), characterization of the studied. Aging of the phases, the presence of the phases present. Depending on the time of artificial aging of aluminum alloy 6013 samples in a microwave furnace in the mechanical properties of the sediment affected the corrosion resistance values.

Keywords: 6013 Aluminum alloy, Microwave furnace, Artificial aging, Quenching, Corrosion.

1 Giriş

Arzu edilen bazı özellikleri temin etmek amacıyla alüminyum alaşımları üzerinde ısıl işlem etkileri geniş ölçüde uygulanmıştır. Isıl işlemin tatbiki ile mukavemet ve sertlik artırılabilirdiği gibi, diğer cins bir ısıl işlem alaşımların mekanik özelliklerinin ıslah edilmesine yarar [1]. Yaşlandırma sertleşmesi, su verilmiş alaşımı ısıtılarak hızlandırılabilir. Isıtılarak gerçekleştirilmiş yaşlandırmaya "sunî yaşlandırma"; oda sıcaklığında kendiliğinden olan ise "tabii yaşlandırma" adı verilir. Her iki olayda metal bilimde çökeltme sertleşmesinin birer özel biçimidir [2]. Isıl işlem, katı metallerin ısıtılması ve soğutulmasını icap ettiren ve kimyasal bileşiminde herhangi bir fark meydana gelmeden mekanik özelliklerin değişimini temin eden bir ısıl işlem olarak tarif edilir [3].

Isıl işleme tabi olan alaşımlar, başlıca alaşımlandırıcı elementin katı haldeki çözünürlüğün, normal sıcaklıklara kıyasla yüksek sıcaklıklarda, önemli bir artış gösterdiği alaşımlardır. Genellikle bir katı eriyiğin özellikleri, sistemde fazla miktarda mevcut olan metalin özelliklerine benzer. Fakat bu özellikler, sistemde çözünmüş olan metal miktarına bağlı olarak değişir [1]. Bu bileşimlerin kimyasal bileşimleri muhakkak surette sabit değildir ve belirli limitler arasında değişebilir. Böylece Cu ve Al₂, CuAl₂ takribinde olan bu cins metaller arası bileşik meydana getirir. Fakat alaşımın içinde dağılmış vaziyette bulduklarından, sistemin mukavemetini

yükseltirler. Böyle bir alaşımın ısıl işleminde metaller arası bileşiklerde mevcut elementler, ana kütle tarafından katı eriyik bünyesinde dahil edilebilirler. Böylece bir işlem sonucunda farklı ve çoğu zaman son derece değerli özellikleri haiz bir alaşım meydana getirirler [1, 4].

Alüminyum alaşımlarının en önemli yanı yaşlandırılabilirliktir. Bu olay ilk kez 1906-1909 yılında Alman Metal bilimcisi Alfred WILM tarafından gözlenmiştir [2, 5]. WILM, bileşiminden az olarak Mg, Cu, Mn bulunan bir alüminyum alaşımını 500°C civarında birden soğutup oda sıcaklığında bekletildiğinde alaşımın sertliğinin arttığı gözlenmiştir. Bir haftadan az sürede, oda sıcaklığında en yüksek sertliğine ulaşan alaşım, yaşlandırma sertleşmesi denilen olayın ortaya çıkmasına neden olmuştur [1, 2]. Çökeltme ısıl işlemi, aşırı doymuş bir katı eriyikte bulunan yapı bileşenlerinin çökeltmesini sağlamak gayesiyle alaşımı düşük bir sıcaklığa yeniden ısıtmaktan ibarettir. Bu işlem genel olarak yaşlanma veya çökeltme sertleşmesi olarak bilinir [1]. Yeniden kristalleşme biraz olduğunda yeniden kristalleşmemiş tanecikler, bazı küçük taneciklerle süslenir. Bazı tane sınırları, uygulanan gerilim basıncına dik olarak yerleşirler. Bu zayıf tane sınırları kırılmaya açıktır. Bu alan genellikle denge fazları ve bileşen partiküllerle süslenmiştir [5].

Yaşlanma olayının en çok incelendiği Al-Cu alaşımı olmuştur. Çökeltmenin gözlenmesinde ilk yaşlanma çözüldürme ısıl işleminden sonra su vererek aşırı doymuş durumda Cu

atomları tutulmuş olmaz. Aynı zamanda, çözündürme ısı işlemi sırasında oluşan yüksek orandaki atom boşlukları da oluşturulur. Bu katı eriyikten çıkarak atom boşlukları kümeleri oluşur. Yaşlanma olayının ilk aşamasında aşırı doymuş durumdaki matristen Cu atomları katı eriyik ayrılarak atom boşlukları oluşturur. Konuyu 1938'de ilk inceleyen Fransız A. Guinier ve İngiliz G.P. Preston'un adlarından dolayı, birgün kadar süren bu ilk çalışmada oluşan Cu atomları kümelerine GP.bölgeleri adı verilir [2, 6]. Literatürde bu bölgelerin yapısıyla ilgili pek çok spekülasyon vardır. Karışık GP. Bölgeleri Lampot, [7] ve Bagaryatsky, [8] tarafından tespit edilmiştir. S fazı olarak geçen üçlü Al₂CuMg yapısı Perltz ve Westgen, [9] tarafından belirlenmiştir. Yaşlandırma sırasında, S' fazı homojen olarak çekirdeklerin ve bir Si₂ yapısıyla tam uyumlu bir çökelti olarak büyür [10]. Çökeleğin büyümesi difüzyon katsayısıyla ilgilidir. Bu alanda difüzyon katsayısını belirlemek gerekir. Anand, [11] ve Murphy, [12] bakırın saf alüminyum içinde difüzyon katkısını belirlemiştir. Numunelerde yaşlanma sonrası mukavemet artışı, çeşitli yaşlandırma yöntemleri sırasında oluşan GP. bölgeleri ve β (Mg₂Si) fazlarından kaynaklandığı vurgulanmıştır [13].

Bu konuda yazılmış birçok makalede belirtildiği gibi Al-Cu-Mg alaşımlarının çok faydalı bir takım özellikleri vardır [14]. Al bakımından zengin Al-Cu-Mg alaşımlarının yaşlanmaları sırasında ortaya çıkan biçimsel değişiklikler hakkında uygun bilgi Hardy, [15] tarafından özetlenmiştir. Alüminyum alaşımlarında yaşlanma sırasında oluşan dislokasyonlar özellikle plastik deformasyon üzerine etkisi büyüktür. İç yapıda dislokasyonun hareket kabiliyeti yüksekse iç yapıda heterojenlik ve fazlarda denge dışı yapılar ortaya çıkar. Bu durumda ise özellikle Al-Cu-Mg ve Al-Cu-Mg-Ag gibi alaşımlarda sertlik değerleri yüksek olur [16].

Alüminyum alaşımları, düşük yoğunluk ve yüksek mekanik özelliklerinden dolayı otomotiv, havacılık ve savunma sanayi gibi birçok önemli üretim alanında kullanımları hızla artmaktadır [17]. Bu alaşımın iyi olan fiziksel ve mekanik özelliklerine karşılık korozyona karşı olan dayanımı zayıf kalmaktadır [18-21]. Hava araçlarında görülen malzeme hasarlarının büyük bir kısmı korozyonla ilgilidir. Günümüzde kullanılan hava araçlarının gövde yapılarının büyük bir kısmı alüminyum alaşımları kullanılarak imal edilmektedir [22].

Alüminyumun birçok korozif ortama karşı gösterdiği direnç, mevcut koşullara bağlı olarak yüzeyinde oluşan, amorf veya kristalin alüminyum oksit tabakasından dolayıdır [23]. Alüminyumun saflık derecesi azaldıkça korozyon mukavemeti düşer. Yabancı elemanlar, korozyon mukavemetini azaltmaktadır [24, 25]. Karışık kristal ne kadar safsa korozyon direnci o kadar iyidir. İntermetalik fazlar, korozyon direncini azaltmaktadır. Bu fazlar karışık kristalden daha düşük bir potansiyel farkına sahipse ve fazlar birbirlerine bağlı değilse çözümler, yani, korozyon meydana gelir. Eğer bu fazların potansiyel farkı ana yapıdan daha yüksek ise, karışık kristal yani ana yapı çözünür. Bu çözünüm, birbirine bağlı çökeltiler mevcut değilse bile devam eder [26, 27].

2 Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalarda kullanılan malzeme, ticari bir alüminyum alaşımı olup kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir.

Aşağıdaki malzemenin özellikleri ve kullanım yerleri; yüksek sertlikte, korozyon dayanımı yüksek, iyi kaynak yapılabilir. Uçak sanayinde, koltuk ve kapı yapımında, sertlik ve işlenebilirlik gerektiren her yerde kullanılmaktadır.

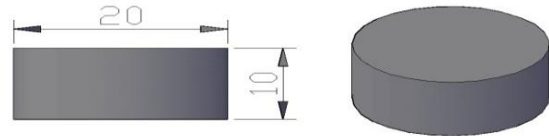
Tablo 1: 6013 Alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyon bileşimi.

Fe	Si	Cr	Mn	Mg
0,50	0,82	0,95	0,63	0,96
Zn	Cu	Ti	Diğer	Al
0,25	0,95	0,10	0,15	Kalan

Numuneler, 20 mm çapında ve 10 mm yüksekliğinde tasarlanıp daha sonra Al₂O₃ ile parlatma işlemine tabi tutulur (Şekil 1). Hazırlanmış olan numuneler ilk olarak 530 °C'de 20 dk geleneksel fırında bekletilerek su verme işlemine tabi tutulmuştur. Numuneler su verme işleminden sonra mikrodalga fırında saf argon gazı ortamında 190 °C'de suni yaşlandırma işlemine tabi tutulmuşlardır. Ayrıca, literatür bilgilerine göre alüminyum alaşımlarına uygulanan yaşlandırma sıcaklık ve süreleri 190 °C'de ortalama 1 saat ile 3 gün bekletilerek uygulanır [28]. Abdala ve arkadaşları [13] tarafından, numunelere 180 °C'de 1 saat ile 16 saat arasında suni yaşlandırma işlemleri uygulanmıştır. Fakat, bu çalışmada ise suni yaşlandırma işlemleri, 190 °C'de 1 saat ile 5 saat bekletme aralıkları seçilmiştir. Deney numuneleri, aşağıdaki gibi mikrodalga fırında suni yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur:

- 190 °C'de 1 saat suni yaşlandırma,
- 190 °C'de 3 saat suni yaşlandırma,
- 190 °C'de 5 saat suni yaşlandırma.

Mikrodalga ısıtmada numunenin ısınması iç kısımda sağlandığı için geleneksel ısıtmadan farklıdır. Bu yüzden mikrodalga ile ısıtılan numunenin sıcaklık nüvesi daha yüksektir. Ayrıca sıcaklık düzgün olarak dağıldığı için termal gerilmeler numunede azalmaktadır. Mikrodalga ısıtma ile elde edilen termal gradyentlerin karşıtıdır. Enerji transferi prensibiyle ısıtma sağlayan konvansiyonel yöntemlerin aksine, enerji korunumu sebebiyle mikrodalga sinterlemede ısıtma çok hızlı gerçekleşir. Mikrodalga sinterleme sırasında numune yüzeylerinin oksitlenmemesi için saf argon gazı atmosferi seçilmiştir.



Şekil 1: Hazırlanan deney numunelerinin görünümü.

Deney numuneleri suni yaşlandırma işlemlerinden sonra Vickers sertlik (HV₁₀₀) ve asitlik molaritesi 12 olan HCl ortamında korozyon direnç analizleri yapılmıştır. Korozyon testine tabi tutulan numunelerin % kayıp oranı aşağıdaki formülle elde edilmiştir.

$$\% \text{ Kayıp Oranı} = \frac{\text{İlk Ölçüm} - \text{Ölçülen}}{\text{İlk Ölçüm}} \times 100$$

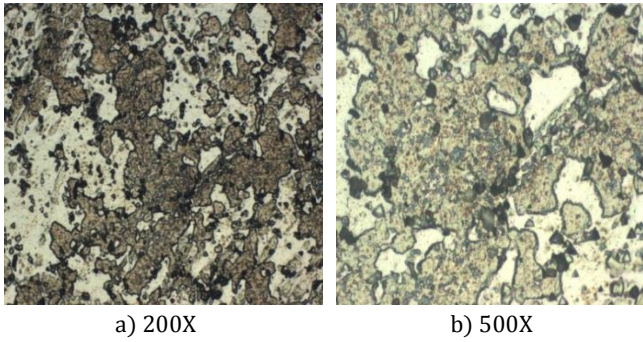
Suni yaşlandırma sonucu numunelerin iç yapısında oluşan FeAl intermetalik fazların korozyon dayanımları test edilmiştir.

Mikrodalga fırında saf argon gazı atmosferinde, suni yaşlandırma işlemlerine tabi tutulan 6013 alüminyum alaşımlarında iç yapıda oluşan FeAl intermetalik fazların mekaniksel özelliklere etkisi ve korozyon dirençleri analiz edilmiştir.

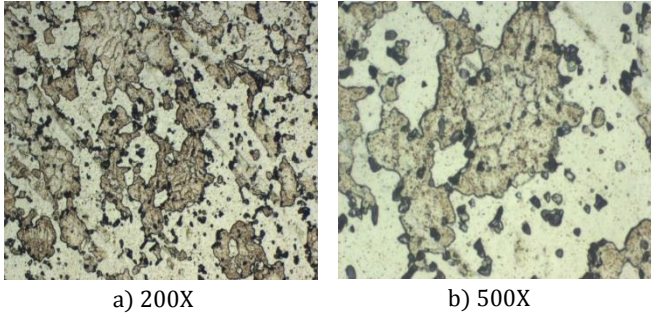
2.1 Mikroyapı Analizi

2.1.1 Optik Mikroskop Analizi

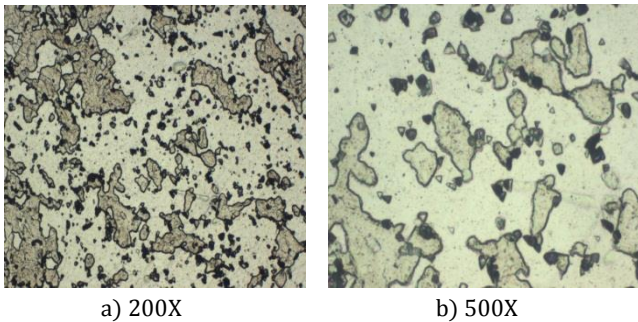
530 °C'de su verilmiş numunenin optik mikroskobu görüntülerinde, numune içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik fazların çökelti şeklinde görülmektedir (Şekil 2). Deney numunelerinde mikrodalga fırında saf argon gazı atmosferinde suni yaşlandırma süreleri arttıkça FeAl fazlarının küçük partiküller şeklinde homojen bir şekilde yayıldığı görülmektedir. Bu homojen iç yapı 3 saat suni yaşlandırılmış numunede daha iyi görüldüğü (Şekil 4), suni yaşlandırılmış numunenin sertlik dayanımını (Şekil 10) ve korozyon direncini (Şekil 12) arttırdığı gözlenmiştir. 6013 alüminyum alaşımının suni yaşlandırılmış numunelerin; mekaniksel özelliklerini ve korozyon direncinin artmasını sağlayan FeAl intermetalik fazlarının varlığını Şekil 12'deki XRD eğrilerinde görülen pik şiddetlerinden anlaşılmaktadır.



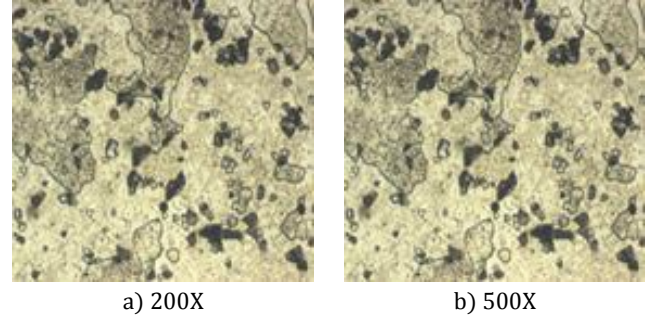
Şekil 2: 530 °C'de su verilmiş numunenin optik mikroskop görüntüleri.



Şekil 3: 190 °C'de 1 saat suni yaşlandırılmış numunenin optik mikroskop görüntüleri.



Şekil 4: 190 °C'de 3 saat suni yaşlandırılmış numunenin optik mikroskop görüntüleri.

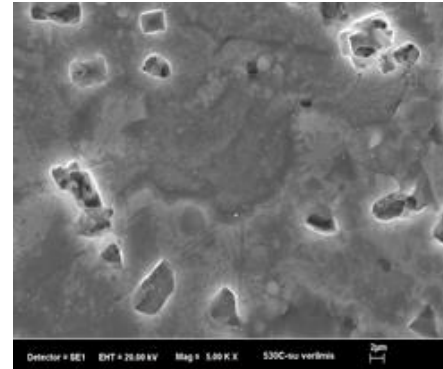


Şekil 5: 190 °C'de 5 saat suni yaşlandırılmış numunenin optik mikroskop görüntüleri.

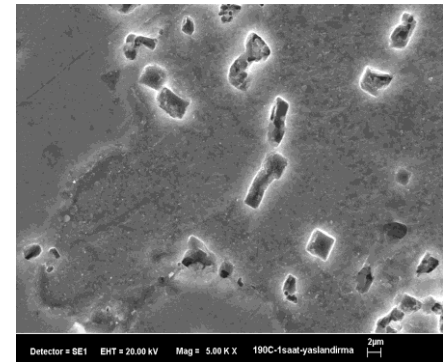
2.1.2 SEM Analizi

530 °C'de su verilmiş numunelerin iç yapısında mevcut olan FeAl intermetalik fazları SEM görüntüsünde kaba partiküllü bir tane yapısı sergilediği görülmektedir (Şekil 6). Artan suni yaşlandırma sürelerine bağlı olarak iç yapıda çökelen FeAl intermetalik fazların küçülerek homojen dağılımı görülmektedir. 3 saat suni yaşlandırılmış numunede oluşan FeAl fazının küçük partiküllü ve homojen dağılımı; sertlik dayanımını (Şekil 10) ve korozyon direncini (Şekil 12) arttırdığı tespit edilmiştir.

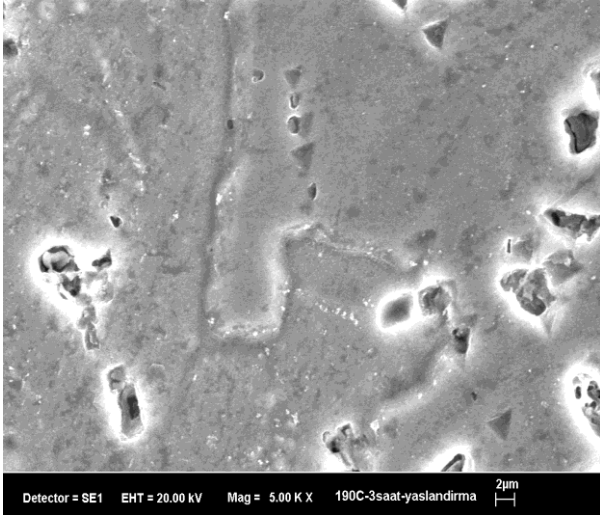
Numunelerin iç yapısında mevcut olan FeAl intermetalik fazların yanında GP. Bölgelerinin de varlığı SEM görüntülerinde toz bulutu şeklinde görüldüğü tespit edilmiştir. Abdala ve arkadaşlarının [13] çalışmalarındaki TEM görüntüleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.



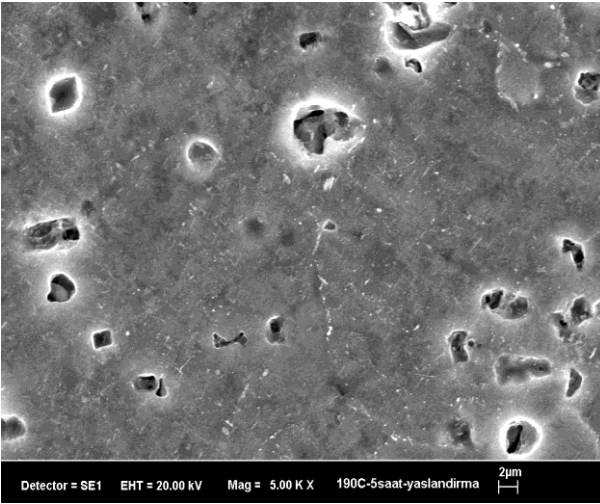
Şekil 6: 530 °C'de su verilmiş numunenin SEM görüntüsü.



Şekil 7: 190 °C'de 1 saat suni yaşlandırılmış numunenin SEM görüntüsü.



Şekil 8: 190 °C'de 3 saat suni yaşlandırılmış numunenin SEM görüntüsü.



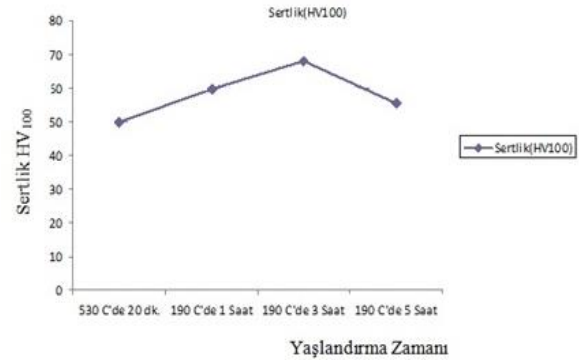
Şekil 9: 190 °C'de 5 saat suni yaşlandırılmış numunenin SEM görüntüsü.

2.2 Sertlik Analizi

6013 alüminyum alaşımının 530 °C'de su verilmiş ve mikrodalga fırında suni yaşlandırılmış numunelerin vickers sertlik eğrisi Şekil 10'da verilmiştir. Vickers sertlik ölçüm değerleri, her bir numuneden üç ayrı ölçüm alınarak aritmetik ortalama değerleri ile tespit edilmiştir. 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 çalışmalarında görüntülenen numunenin içyapısında mevcut olan FeAl intermetalik fazlarının miktarca azlığından dolayı sertlik değerini düşürdüğünü söyleyebiliriz. Aynı zamanda korozyon direncini yani % kayıp oranını artırdığını (Şekil 12) gözlemekteyiz. Mikrodalga fırında 3 saat suni yaşlandırılmış numunenin vickers sertlik değerinin ve korozyon direncinin artmasına neden olan FeAl intermetalik fazlarıdır. 3 saat suni yaşlandırılmış numunenin vickers sertlik değerinin yüksek çıkması muhtemelen içyapıda mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının artmasından kaynaklanmaktadır.

Abdala ve arkadaşları [13], 180 °C'de 3 saat suni yaşlandırılmış numunenin mikrosertlik değerini yaklaşık 120 HV olarak tespit etmişlerdir. Fakat bu çalışmamızda, 190 °C'de 3 saat suni yaşlandırılmış numunenin Vickers sertlik değeri

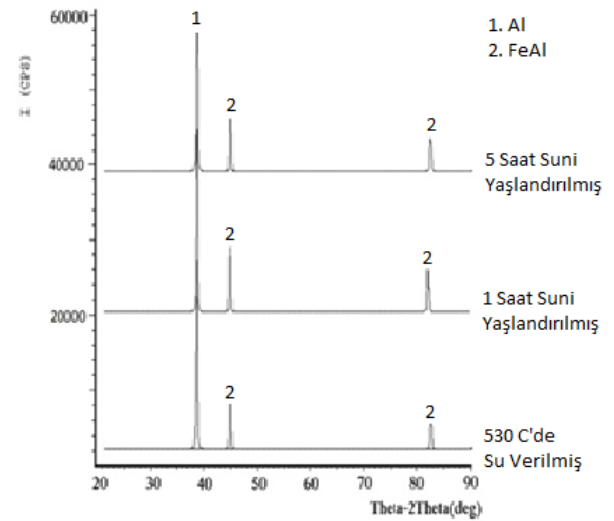
70 HV₁₀₀ civarında ölçülmüştür. Suni yalandırılmış numunelerin sertlik değerlerinin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 10: Suni yaşlandırılmış 6013 alüminyum alaşımının vickers sertlik eğrisi.

2.3 XRD Analizi

6013 alüminyum alaşımının 530 °C'de su verilmiş ve suni yaşlandırılmış numunelerin XRD eğrileri görülmektedir (Şekil 11). 530 °C'de su verilmiş numunenin XRD eğrisinde oluşan FeAl fazlarının pik şiddetleri suni yaşlandırılmış numunelerin pik şiddetlerinden küçük olduğu görülmektedir. Numune içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik faz oranlarının az olduğu gözlenmektedir. Bu durumda sertlik değerlerinin düşmesine ve % korozyon kayıp oranlarının artmasına neden olmuştur. 1 saat suni yaşlandırılmış numunenin XRD eğrisinin pik şiddeti artarak FeAl intermetalik faz miktarının arttığını göstermiştir. Böylece 1 saat suni yaşlandırılmış numunenin sertlik değerinin artmasına ve % korozyon kayıp oranlarının düşmesine neden olmuştur. Mikrodalga fırında 5 saat suni yaşlanmış numunenin içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının azaldığını Şekil 11'deki XRD eğrisinde görülmektedir. Bu durumda 5 saat suni yaşlandırılmış numunenin vickers sertlik değerini (Şekil 10) ve korozyon direncini (Şekil 12) düşürdüğü gözlenmiştir. Bu çalışmamızda 3 saat suni yaşlandırılmış numunenin XRD analizi yapılmamıştır.



Şekil 11: Suni yaşlandırılmış 6013 alüminyum alaşımının XRD eğrileri.

2.4 Korozyon Analizi

6013 alüminyum alaşım sisteminin 530 °C'de su verilmiş ve mikrodalga fırında sunî yaşlandırılmış numunelerin korozyon % kayıp oranları verilmiştir (Şekil 12). 530 °C'de su verilmiş numunenin iç yapısında mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının azlığından dolayı korozyon direnci düşük çıkmıştır. Mikrodalga fırında 3 saat sunî yaşlandırılmış numunenin korozyon direncinin artmasına neden olan iç yapıda oluşan FeAl intermetalik fazının artışından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda numune içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik fazı numunenin vickers sertlik değerini (Şekil 10) yaklaşık 58 HV değerine yükselttiği gözlenmiştir. Fakat 5 saat sunî yaşlandırılmış numunede oluşan FeAl intermetalik fazı Şekil 11'deki XRD eğrisinin pik şiddetinin azaldığı gözlenmektedir. Bu durumda mevcut FeAl intermetalik faz miktarının azlığı, deney numunesinin Vickers sertlik değerinin (Şekil 10) düşmesine ve korozyon direncinin azalmasına neden olmuştur.



Şekil 12: Suni yaşlandırılmış 6013 alüminyum alaşımının korozyon analiz eğrileri.

3 Deneysel Sonuçlar

- 1) Bu çalışmada, mikrodalga fırın kullanılarak saf argon atmosferi ortamında suni yaşlandırılan 6013 alüminyum alaşımının iç yapılarında mevcut FeAl intermetalik fazlarının artışı sağlanmıştır.
- 2) 6013 alüminyum alaşımında sunî yaşlandırma esnasında FeAl intermetalik fazlarının çökeldiğini XRD analizleriyle tespit edilmiştir.
- 3) 530 °C'de su verilmiş ve 5 saat sunî yaşlandırılmış numunelerin iç yapısında mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarlarının azlığından dolayı vickers sertlik ve korozyon direncini düşürdüğü gözlenmektedir.
- 4) Su verme işlemi sonrası yapılan 190 °C'de 3 saat sunî yaşlandırma esnasında vickers sertlik ve korozyon direnci eğrilerinde görüldüğü gibi artış gözlenmektedir. 5 saat sunî yaşlandırılmış numunede ise FeAl intermetalik fazlarının termodinamik dengelerini kaybetmeleri sonucu ergimeleri nedeni ile azalarak vickers sertlik ve korozyon direncinin azaldığı görülmektedir.
- 5) 190 °C'de 3 saat sunî yaşlandırılmış numunede oluşan FeAl intermetalik fazı mekaniksel özellik değerlerini arttırılmıştır. Yani, deney numunesinin vickers sertlik değerini ve korozyon direncini arttırdığı gözlenmektedir.
- 6) 6013 alüminyum alaşımının yüksek mekaniksel özellik değerleri, mikrodalga fırında saf argon gazı

atmosferinde 190 °C'de 3 saat sunî yaşlandırılmış numunede görülmüştür.

- 7) Deney numunelerinde mevcut olan FeAl intermetalik fazların potansiyel farkı ana yapıdan yüksek olduğu için, karışık kristal yani ana yapı çözünür. Bu çözünüm, birbirine bağlı çöktürler olmadığı için devam edecektir. Çalışmamızda da görüldüğü gibi numunelerdeki korozyon çözünürlüğü devam etmektedir. Deneysel sonuçların Craig ve ekibi (1995)/Guillaumin ve arkadaşlarının (1999) literatür verileri ile doğrulanmıştır.
- 8) 6013 alüminyum alaşımında, mikrodalga fırında saf argon gazı atmosferinde sunî yaşlandırma ile mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarları çoğaltılarak mekaniksel özellik ve korozyon direncileri arttırılabilir.

4 Kaynaklar

- [1] Dennis, W.H., (Çeviren: Tulgar H. E.). Demirden Gayri Metaller Metalürjisi, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı: 848, İstanbul, 1987.
- [2] Tekin, E., Demir Dışı Metaller Ve Alaşımalarının Uygulamalı Optik Metalografisi, SEGEM, Yayın No: 101, II. Baskı, Ankara-1984.
- [3] Betton, R. H., Rollason, E. C., Hardness Reversion of Dilute Aluminium-Copper and Aluminium-Copper-Magnesium Alloys, Journal of the Institute of Metals, Vol. 86, 58, 77-85, 1957.
- [4] Ersümer, A., Alüminyum Alaşımalarının Isıl ve Mekanik İşlemleri, Birsen Kitapevi Yayınları, İstanbul, 1980.
- [5] Martin, J. W., Precipitation Hardening, Pergama Pres., Oxford, U.K, 1968.
- [6] Brophy, J. H., Robert M., Rose ve John W., (Çeviren: Onaran K., Altıntaş S.), Malzemelerin Yapı ve Özellikleri, İç Yapılarının Termodinamiği, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Cilt: 2, Sayı: 1325, İstanbul, 1986.
- [7] Lambot, H., Mem. Acad. Ray. Belg., Classe Sci., Vol. 26, P. 1609. 1950.
- [8] Bagaryatsky, Y. A., Zhur. Tekn. Fiziki, (Fulmer Research Inst. Translation No: 12) Vol.: 18, P. 827, 1948.
- [9] Perlitz H., Westgren A., Arkiv Kemi, Min, Geol, Vol. 16-B, P. 13, 1943.
- [10] Bischler, P. J. E., Martin J. W., "Effect of Heat Treatment Upon Tensile Strength and Fracture Properties of An Al-Li-Cu-Mg Alloy", Aluminium-Lithium Alloy-III, 539-546. London, 1986.
- [11] Anand, M. S., Mararka S. P. and Agarwala R. P., J. Appl. Phys., Vol. 36, P. 3860, 1965.
- [12] Murpy, J. B. Acta Met., Vol. 9, P. 563, 1961.
- [13] Abdala, M.R.W.S., Garcia de Blas J.C., Barbosa C., Acselrad O., Thermoelectrical Power Analysis of Precipitation in 6013 Aluminum Alloy, Materials Characterization, 59, 271-277, 2008.
- [14] Material Science and Engineering William B. Callister, Utah University, 1990.
- [15] Hardy, A. K., İbid., Vol. 83, 55, P. 17, 1954.
- [16] www.cemalmetalalasilari.com., 27.01.2011.
- [17] Maddox, S.J., Review of Fatigue Assessment Procedures For Welded Aluminium Structures, Int. J. Fatigue, 25 (12), 1359-1378, 2003.
- [18] Güleç, Ş. ve Aran, A., 1987 Malzeme Bilgisi (Çeviri), Cilt 2, Gebze MBEAE Matbaası. (Bargel, H. J. ve Schulze G., Werkstoffkunde, VDI-Verlag GmbH Duesseldorf), 1980.
- [19] Demirci, A. H., Malzeme Bilgisi ve Malzeme Muayenesi, Alfa, İstanbul, 2003.

- [20] Demirci, A. H., Mühendislik Malzemeleri, Aktüel Yayınevi, İstanbul, 2004.
- [21] Aydın, H. İntermetalik Faz Aşılama Yöntemiyle Al-Cu-Mg Alaşımında Aşınma Dayanımının İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enst., Bursa, 2002.
- [22] Rooy, E.L., Properties And Selection Non Ferrous Alloys And Special-Purpose Materials, Introduction to Aluminum And Aluminum Alloys, Vol. 2, A.S.M Handbook, American Society For Metals, Ohio, 1995.
- [23] Eker, A. A., Alüminyum ve Alüminyum Alaşımlarının Korozyonu Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, 27.01.2011.
- [24] Chonge, P. H., Liu, Z., Skeldon P., ve Thompson, G. E., Corrosion Behavior of Laser Surface Melted 2014 Aluminium Alloy in T6 and T451 Tempers, The Journal of Corrosion Science And Engineering, (6), 12, 2003.
- [25] Anonim, ODTÜ Kaynak Merkezi, Ders Notları, 2011.
- [26] Craig, D. B., and Anderson D. S., Handbook of Corrosion Data, A.S.M International, 16-18, 1995.
- [27] Guillaumin, V., Mankowsky, G., Localized Corrosion of 2024 T351 Aluminium Alloy in Chloride Media., Corrosion Science, 41, 421-438, 1999.
- [28] Özbilen, S., Çifte Yaşlandırılmış Al-Cu-Mg-(Li) Alaşımlarında Heterojen S/ ve T₁ Çökelekleri kristalografisi, TÜBİTAK Mühendislik Ve Çevre Bilimleri Dergisi, 20, 103, 1996.