

AA 2024 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ DOĞAL YAŞLANDIRMA YÖNTEMİ İLE MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİN İNCELENMESİ

Muzaffer Erdoğan^{1,a}, İbrahim Güneş², Ali Erçetin³,

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, Afyonkarahisar, Türkiye

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji Malzeme Mühendisliği, Afyonkarahisar, Türkiye

³Bingöl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği, Bingöl, Türkiye
a. Corresponding author: merdogan@aku.edu.tr

ÖZET

Alüminyum ve alaşımları günümüzde birçok endüstri dallarında kullanım olanağı mevcut bir elementtir. Alüminyum ve alaşımları hafif metal alaşımları olmaları nedeniyle ısıtma işlemlerinin sonucu mekanik özellikleri iyileştirilebilir. İstenilen mekaniksel özellikleri elde etmek amacıyla alüminyum alaşımlarında yaşlandırma işlemleri uygulanmaktadır.

Bu çalışmada; genellikle uçak yapı malzemesi olarak bilinen Al-Cu-Mg alaşımlarında oluşan fazları daha iyi anlayabilmek ve AA 2024 alaşımı numuneleri üzerinde arzu edilen bazı özellikleri temin edebilmek için ısıtma işlemleri uygulanmıştır. Alaşım numuneleri, havalı tav fırınında 530°C'de 20 dakika bekletilerek yapılar homojenleştirilmiştir. Tav fırınında tek faz bölgesinde ısıtılan numuneler suverme işlemi görmüştür. 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. Alüminyum alaşımları doğal yaşlandırma işlemine tabi tutulduktan sonra, bu alaşımlara mikro sertlik, optik mikroskop görüntüleri, çekme testleri, XRD ve SEM analizleri gerçekleştirildi. Mikro sertlik ve çekme deneyi analizlerine tabi tutulan AA 2024 numuneleri, doğal yaşlandırma sürelerine göre gruplandırılarak, zamana bağlı olarak bu alaşımlarda oluşan çökeltilerin mekanik özelliklere etkileri araştırılmıştır.

Key Words: AA 2024, Suverme, Doğal Yaşlandırma, Mikroyapı, Mekanik Özellikler.

INVESTIGATION OF AA 2024 ALUMINUM ALLOY WITH NATURAL AGING METHOD OF MECHANICAL PROPERTIES

ABSTRACT

Aluminium and aluminum alloys for use in many industries today is the ability of an existing element. Light metal alloys, aluminum and its alloys due to their improved mechanical properties as a result of heat treatment. In order to obtain the desired mechanical properties is performed by aging in aluminum alloys.

In this study; building materials generally known as air Al-Cu-Mg alloys and to a better understanding of the resulting phase sample of AA 2024 alloy on the desired heat treatment to be able to provide some of the features have been applied. Alloy samples, air in an oven at 530°C is made by waiting 20 minutes was homogenated. The sample is heated in an oven in a single phase has seen the quenching process. 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). Aluminum alloys after being subjected to natural aging processes, to these alloys microhardness, optical microscopy images, tension tests, XRD and SEM analysis were performed. The tensile test and subjected to the analysis of microhardness of AA 2024 samples grouped according to the natural aging time, time-dependent mechanical properties of the precipitate formed in these alloys were investigated.

Key Words: AA 2024, Quenching, Natural Aging, Microstructure, Mechanical Properties.

1. GİRİŞ

Bugün, gelişen teknoloji ile birlikte, alüminyum alaşımının hafif, iyi ısı ve elektrik iletkenliği, korozyon direnci ve mukavemet özellikleri nedeniyle mühendisler ve tasarımcılar için önemli bir malzemedir (Baser, 2012).

Alüminyum alaşımlarının fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özellikleri alaşım elementine ve onun mikroyapısına bağlıdır. Bakır, mangan, silisyum, magnezyum ve çinko alüminyumun ana alaşım elementini oluştururlar. 2XXX: Al-Cu alaşımlarının esas alaşım elementi bakırdır. Başta magnezyum olmak üzere diğer alaşım elementleri de bulunabilir. Alüminyumun bakır ve magnezyum ile oluşturduğu (CuAl₂, Mg₂Si) gibi kırılğan ve sert fazlar malzeme dayanımını arttırmaktadırlar ancak sünekliğin düşmesine sebep olduğundan, malzemenin işlenebilirlik (kütlesel şekil değiştirme) kabiliyetini azaltmaktadırlar (Mondolfo, 1976), (Gavali, 1995).

2XXX grubu üzerinde yapılan araştırmalarda CuAl₂ ve Mg₂Si fazlarının parçalanarak α katı eriyiği içerisinde dağıtılması, küçük boyutlu tanelerin birleşerek büyümesi ile arzu edilen yüksek süneklik ve düşük dayanım elde edilmiştir (Gavali, 1995), (Parson, 1988), (Sheng, 1986).

Özellikle bakır esaslı alüminyum alaşımları, kolay şekil verilebilme yanında yüksek mukavemet gerektiren yerlerde kullanılmaları yaygındır. Bu alaşımların mekanik özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik işlemler arasında çökeltme (yaşlanma) sertleştirilmesi önemli bir yer tutar (Sanders, 1983), (Demirci, 1988), (Durmuş, 2003).

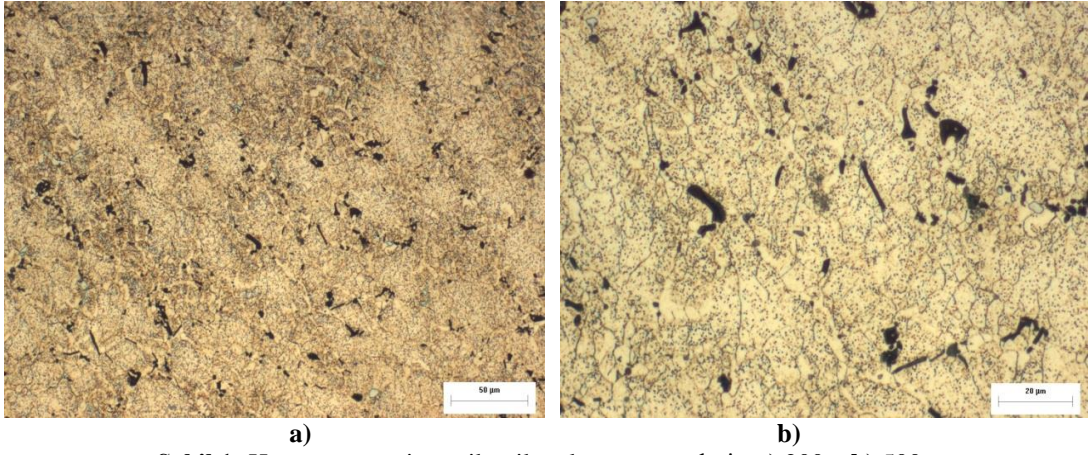
Çökeltmeye karşı duyarlı olan alaşımlar, aşırı doymuş katı çözelti oluşturan alaşımlardır. Aşırı doymuş katı fazdan zaman ve sıcaklık etkisi ile yeni bir fazın çökmesi sonucunda malzemenin sertlik ve mukavemeti artar. Katı bir fazdan solvüs çizgisinin geçilmesi sırasında başka bir katı fazın ayrışması kolayca engellenebilir. Böylece kristal kafesi gerilerek malzemenin dayanımı artar. Bu olay özellikle bazı demir dışı alaşımlar için büyük önem taşıyan çökeltme sertleşmesinin temelini oluşturur (Durmuş, 2003), (Kenneth, 1999).

2. MATERYAL VE METOT

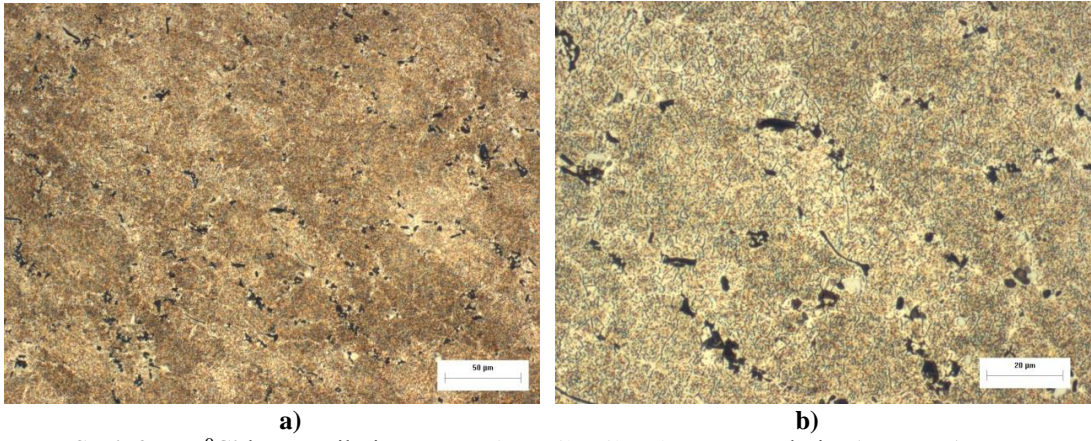
2.1. Metalografik Analiz

2.1.1. Optik Mikroskop Analizi

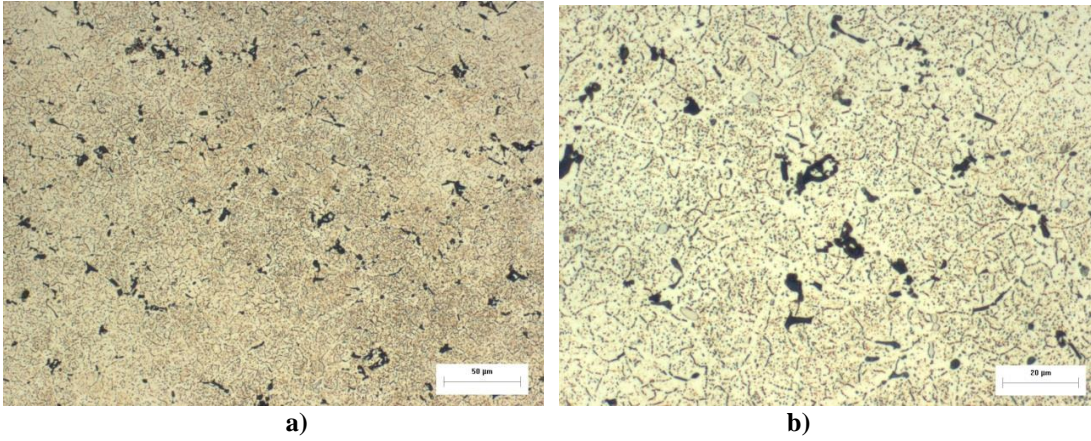
530°C'de su verilmiş numunenin optik mikroskobundan sütunsal şekilde oluşan tanelerin büyüklüğü gözlenmektedir. Ayrıca bazı tanelerin iç yapısında homojen bir şekilde dağılmış küçük gözlenmiş şeklindeki yapılar gözlenmektedir (Şekil 1). Fakat doğal yaşlandırma zamanı attıkça numunelerde gözlenen sütunsal yapılar eriyerek yerini küçük tanelere bırakmıştır. Bu tanelerin iç yapısında mevcut olan gözenek şeklindeki küçük tanelerin homojen dağılımı gözlenmektedir. Fakat 2 aylık (Şekil 5) doğal yaşlandırılmış numunenin iç yapısından oluşan küçük tanelerin varlığının azaldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda kullanılan numunelerin optik görüntüleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



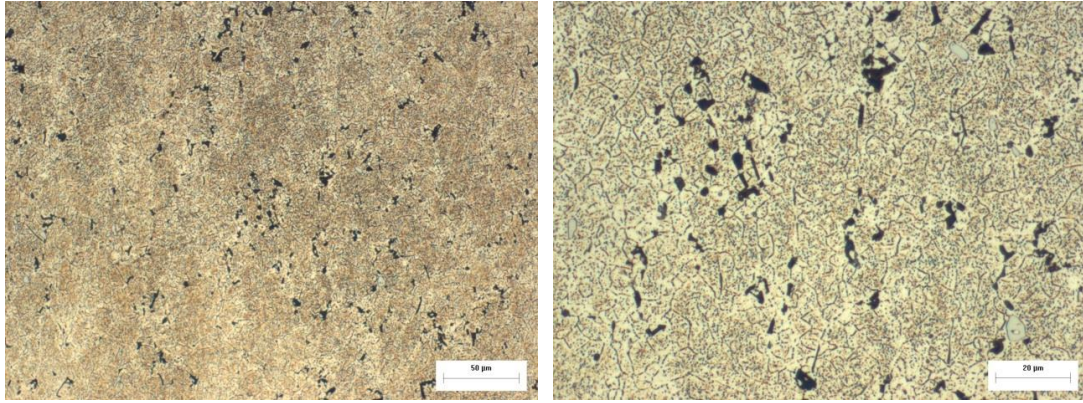
Şekil 1: Ham numunenin optik mikroskop görüntüleri: a) 200x, b) 500x



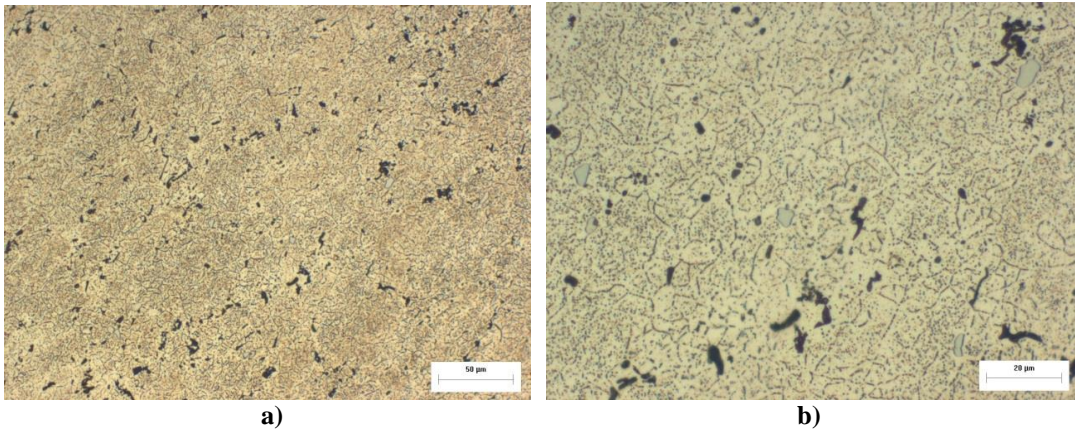
Şekil 2: 530°C'de su verilmiş numunenin optik mikroskop görüntüleri: a) 200x, b) 500x



Şekil 3: 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunenin optik mikroskop görüntüleri: a) 200x, b) 500x



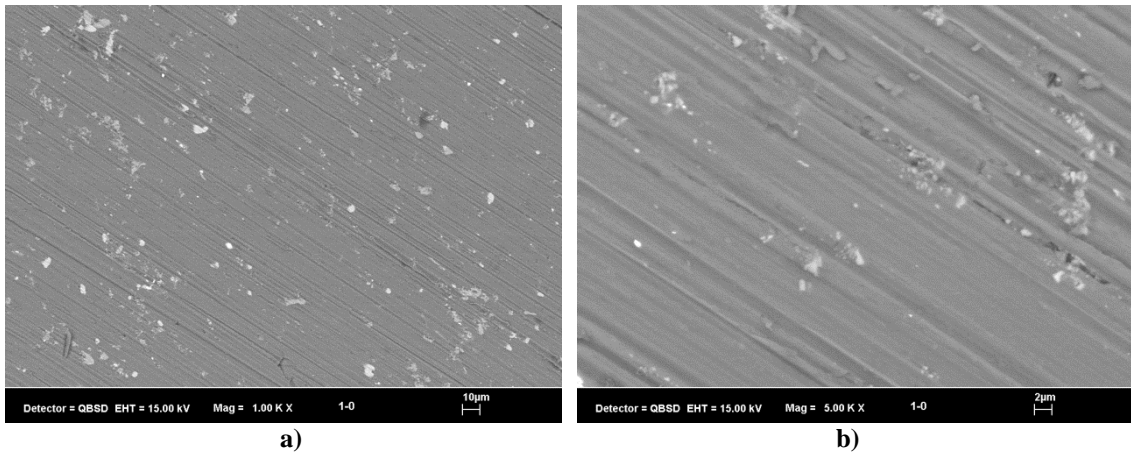
Şekil 4: 1 ay doğal yaşlandırılmış numunenin optik mikroskop görüntüleri: a) 200x, b) 500x



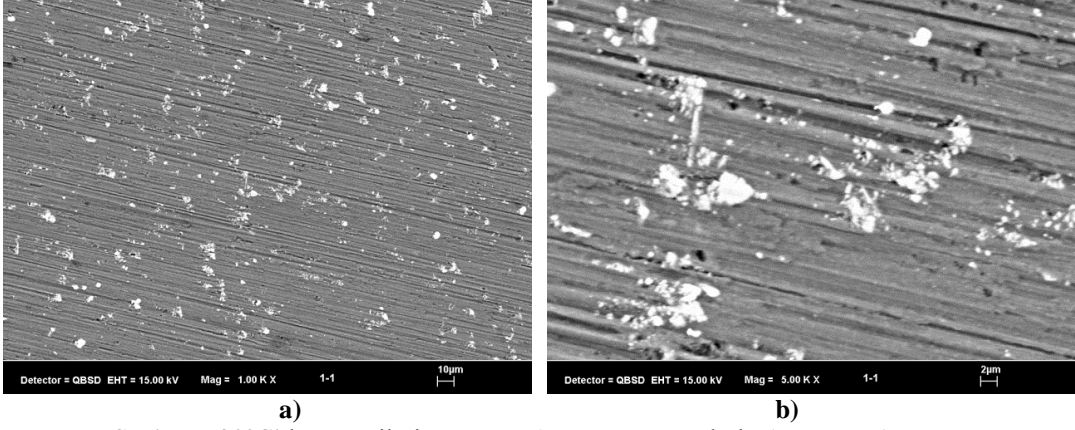
Şekil 5: 2 ay doğal yaşlandırılmış numunenin optik mikroskop görüntüleri: a) 200x, b) 500x

2.1.2. SEM Analizi

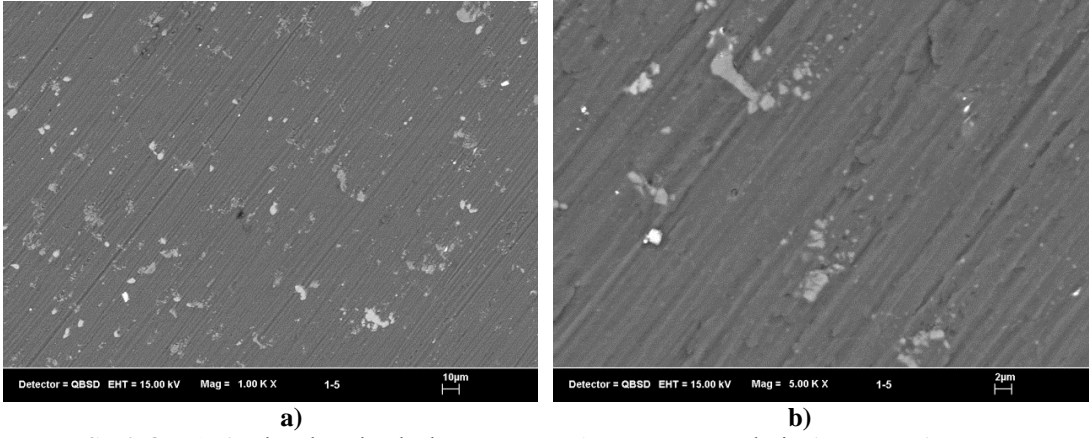
Ham numuneler, 530°C’de su verilmiş, 1 haftalık doğal yaşlandırılmış, 1 aylık yaşlandırılmış ve 2 aylık doğal yaşlandırılmış numunelere ait SEM görüntüleri (Şekil 6-10)’da gözlenmektedir. 530°C’de su verilmiş numunelerin SEM görüntüsünde (Şekil 7) sarkıt şeklinde (sütunsal şeklinde) tanelerin yönlendiği görülmektedir. Fakat 1 haftalık yaşlandırma zamanında sarkıt şeklindeki tanelerin ergiyerek küçük gözenek şeklinde oluşan yeni tanelerin oluşumu gözlenmektedir (Şekil 8). Doğal yaşlandırma zamanında ise gözenek şeklinde oluşan tanelerin sınırlarında çökeldiği gözlenmektedir. 2 aylık yaşlandırma sonunda oluşan bu gözenekli tanelerin içyapı içerisinde homojen bir şekilde dağılımı görülmektedir (Şekil 10).



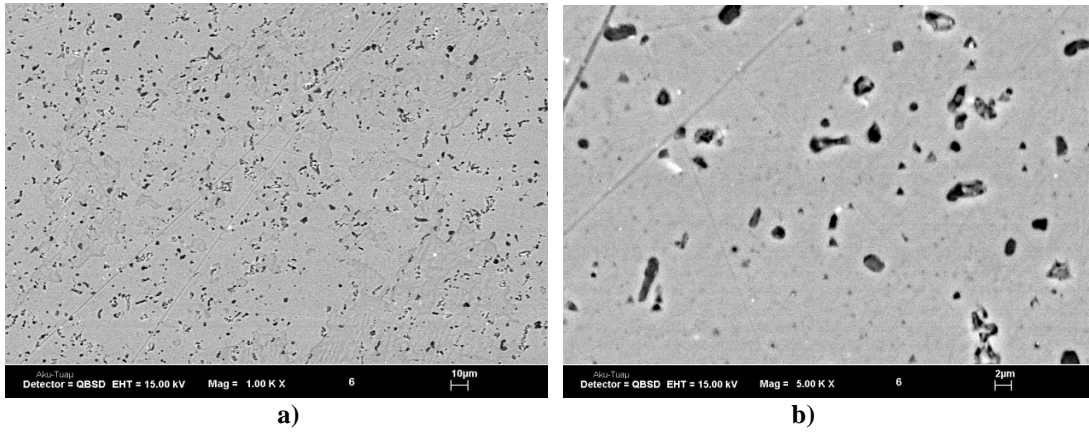
Şekil 6: Ham numunenin SEM görüntüleri: a) 1000x, b) 5000x



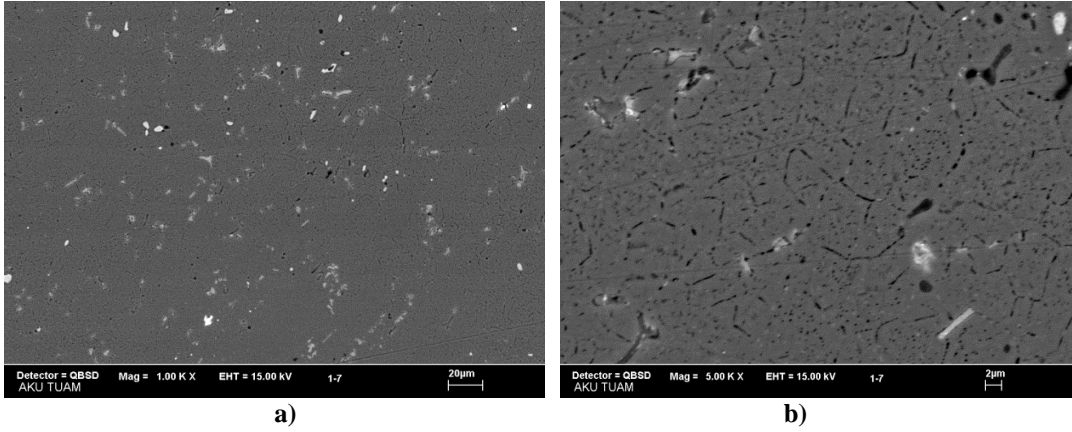
Şekil 7: 530°C'de su verilmiş numunenin SEM görüntüleri: a) 1000x, b) 5000x



Şekil 8: 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunenin SEM görüntüleri: a) 1000x, b) 5000x



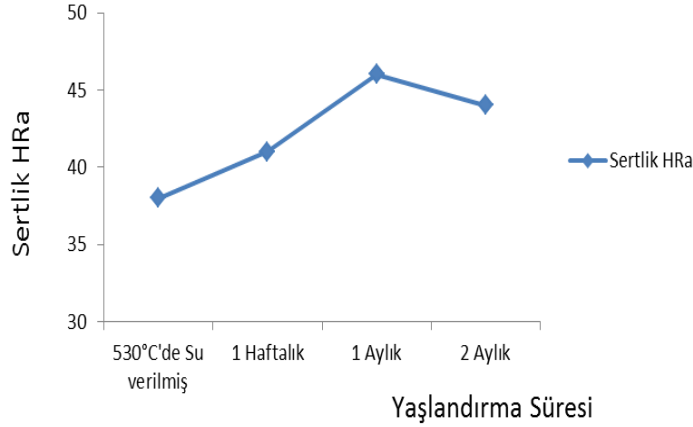
Şekil 9: 1 ay doğal yaşlandırılmış numunenin SEM görüntüleri: a) 1000x, b) 5000x



Şekil 10: 2 ay doğal yaşlandırılmış numunenin SEM görüntüleri: a) 1000x, b) 5000x

2.2. Sertlik Analizi

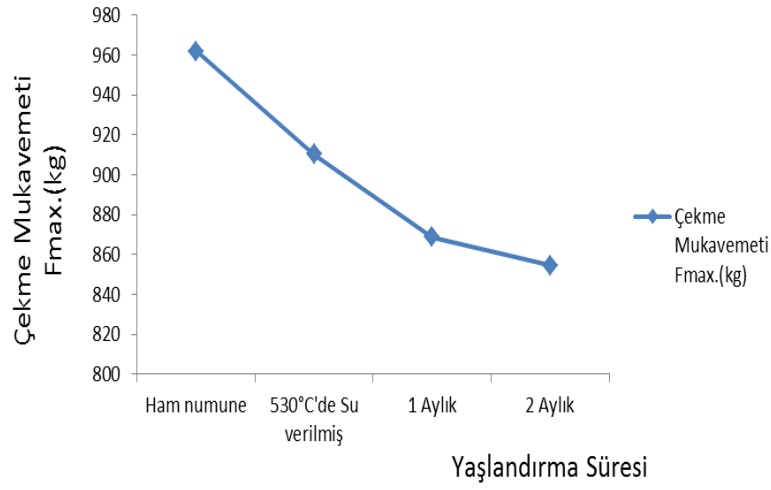
2024 alaşımının 530°C'de su verilmiş ve oda sıcaklığında doğal yaşlandırılmış numunelerin Vickers sertlik eğrileri (Şekil 11)'de verilmiştir. 530°C'de su verilmiş numunede mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının azlığından dolayı sertlik değerinin düşük elde edilmesine neden olmuştur. SEM ve optik mikroskop çalışmalarından görüntülenen numunenin iç yapısında mevcut olan sütun şeklindeki tanelerin kaba oluşu ve FeAl intermetalik fazlarının miktarca azlığından dolayı sertlik değerini düşürdüğünü söyleyebiliriz. 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 aylık doğal yaşlandırılmış numunede mevcut olan intermetalik fazının varlığını (Şekil 14)'deki XRD eğrisinin pik şiddetinde görülmektedir. 1 aylık doğal yaşlandırılmış numunenin Vickers sertlik değerinin yüksek çıkması muhtemelen içyapıda mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının artmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmamızda 1 hafta doğal yaşlandırılmış numunenin XRD analizi yapılmamıştır.



Şekil 11: AA 2024 alüminyum alaşımının sertlik grafiği

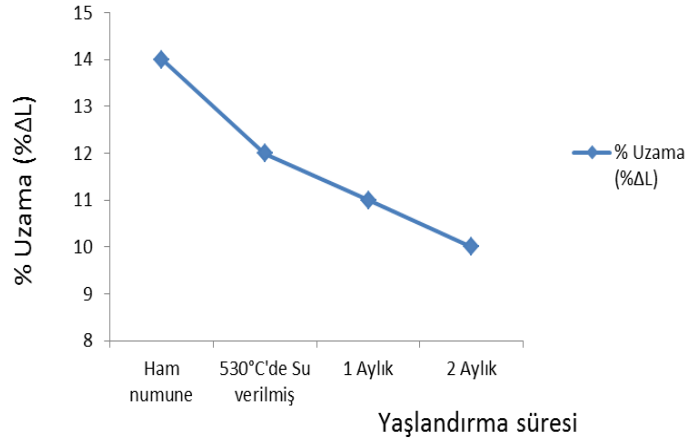
2.3. Çekme Deneyi Analizi

Çekme deneyi sonucu numunelerin Fmax. değerleri (Şekil 12)'de gösterildiği üzere numunelerin ısı işlem sonucunda Fmax. değerlerinde düşüş görülmektedir. Ham numunede Fmax. değerinin yüksek olması malzemede bulunan Al. fazının sünek özellik göstermesidir. 530°C'de su verilmiş numuneden itibaren 1 Aylık ve 2 Aylık numunelerde Fmax. değerinde düşüş gözlenmektedir. Bunun nedeni numune içinde oluşan intermetalik fazların gevrek özellik göstermesi neden olmaktadır.



Şekil 12: AA 2024 alüminyum alaşımının çekme mukavemeti fmax. grafiği

Optik mikroskop görüntülerinde görüldüğü üzere intermetalik fazlar yaşlandırma süresine bağlı olarak artmaktadır. İntermetalik fazının sert olması ve gevrek özellik göstermesi sonunda da numunelerde (Şekil.13)'de de görüldüğü üzere Lson boyundaki uzama miktarı yaşlandırma süresine bağlı olarak değişmekte ve yaşlandırma süresi arttıkça Lson boy azalmakta bu da malzemenin gevreklik özelliğinin arttığını göstermektedir.

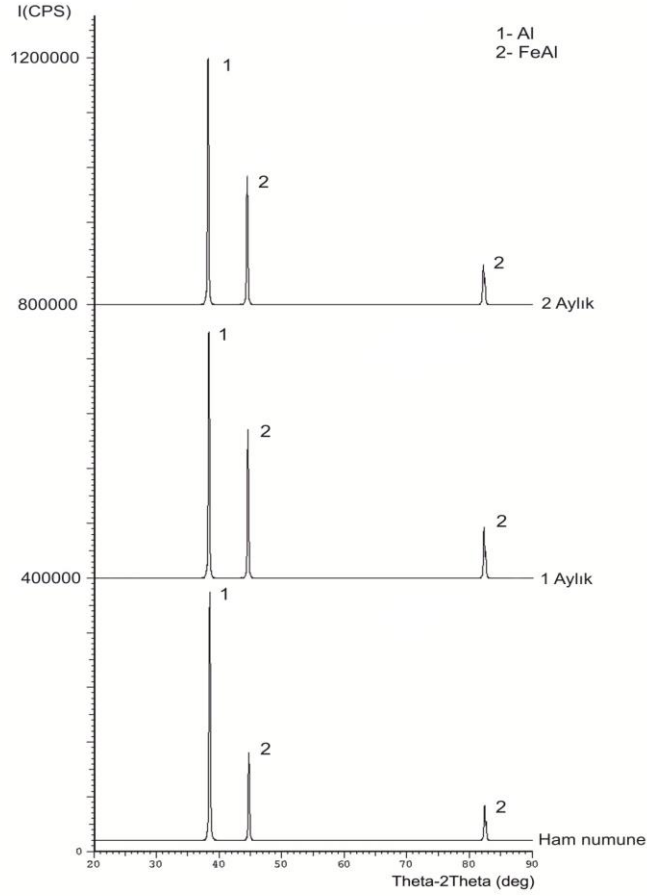


Şekil 13: AA 2024 alüminyum alaşımının % uzama (%ΔL) grafiği

2.4. XRD Analizi

AA 2024 alaşımının ham ve doğal yaşlandırılmış numunelerin XRD eğrileri görülmektedir (Şekil. 14). Ham numunenin XRD eğrisinde oluşan FeAl intermetalik fazlarının pik şiddetleri doğal yaşlandırılmış numunelerin pik şiddetlerinden küçük çıkmıştır. Numune içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik faz oranı az olduğu gözlenmektedir. Bunu da sertlik değerlerinin düşmesine neden olduğu gözlenmektedir. 1 aylık doğal yaşlandırılmış numunenin XRD eğrisinin pik şiddeti artarak FeAl intermetalik faz miktarının arttığını göstermektedir. Böylece 1 aylık doğal yaşlandırılmış numunenin sertlik değerlerinin artmasına neden olmuştur. FeAl intermetalik fazının doğal yaşlandırma ile numunelerin mekanik özellikleri artırılabilir. 2 ay doğal yaşlanmış numunenin içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının azaldığını

(Şekil.14)'deki XRD eğrisinde görülmektedir. Bu durumda 2 ay doğal yaşlandırılmış numunenin sertlik değerini (Şekil.11)'de düşürdüğü gözlenmektedir.



Şekil 14: AA 2024 alüminyum alaşımının XRD eğrileri

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

1. Bu çalışmada oda sıcaklığında AA 2024 alaşım sisteminin doğal yaşlandırılması ile iç yapıda mevcut FeAl intermetalik fazları oluşmuştur.
2. AA 2024 alaşımından ise suni yaşlandırma esnasında FeAl intermetalik fazlarının çökeldiğini XRD analizleriyle tespit edilmiştir.
3. 530°C'de suverilmiş ve 1 ay doğal yaşlandırılmış numunelerin iç yapısında mevcut olan FeAl intermetalik fazlarının arttığından dolayı Vickers sertlik değerinin yükseldiği gözlenmektedir.
4. 1 aylık doğal yaşlandırılmış numunede ise FeAl intermetalik fazlarının termodinamik dengelerini koruyup miktarlarının artması sonucu sertlik değerlerinde artış gözlenmiştir. Yalnız ısı işlem görmüş numunelerin çekme deneyi sonuçlarında kopma dayanımında düşüş görülmüştür sebebi ise FeAl intermetalik fazların malzemenin yapı dayanımını düşürüp gevrek kırılma özelliğini arttırmıştır.
5. Ham numunedeki sünek bir malzeme iken ısı işlem gördükten sonra yaşlandırma süresine bağlı olarak gevrek kırılma özelliği göstermesine neden olmuştur.
6. Çekme deneyi sonucunda numuneler de % uzama miktarı artan yaşlandırma süresine bağlı olarak azalma göstermiştir.
7. AA 2024 alaşım sisteminin en iyi mekanik özellik değerleri 1 aylık doğal yaşlandırılmış numunede görülmüştür.

4. KAYNAKLAR

- Başer T.A., Aluminum Alloys and Use of Them in the Automotive Industry, Engineer and Machine, 53,635, 51-58, 2012.
- Mondolfo, L.F., Alüminium Alloys: Structure and Properties, Butterworths, Guildford, 693-724, 1976.
- Gavgalı, M., ÇETİN R., The Effect of Homogenisation Temperature on the Micro Structure of Aluminium Ingot Alloy (AA2014), 2, 41-46, 1995.
- Parson, N.C., YIU H.L., The Effect of Heat Treatment on The Microstructure and Properties of 6000 Series Alloy Extrusion Ingots, The Minerals Metals and Metals Society, 713-722 , 1988.
- Sheng, L.L., Shinn, T.W., Influence of Soaking Treatments on Hot Ductility Al-4.85 Pct Mg Alloys Containing Mn, Metallurgical Transactions A, 17A, 833-841, 1986.
- Sanders R.E., Sanders T.H., Stalley I.T., Relationships Between Microstructure, Conductivity and Mechanical Properties of Alloy 2024-T4 (1), Aluminum, 59, 13-17, 1983.
- Demirci, A.H., The Effect of Aging Treatment on the Mechanical Properties of Al-Cu Alloy (% 4.5 Cu), 3. National Machine Design and Production Conference, ODTÜ, Ankara, 633-639, 1988.
- Durmuş, H.K., OKUR A., MERİÇ C., A Study on the Effects of Cooling Conditions on Hardness of AA 2014 and AA 2024 Aluminum Alloys, Journal of Engineering Sciences 9, 9-13, 2003.
- Kenneth, G.B., Michael G.B., Engineering Materials Properties and Selection, Sixth edition, Prentice-hall, 1999.

BİYOGRAFİLER

Yrd. Doç. Dr. Muzaffer ERDOĞAN :

11.01.1968 yılında Afyonkarahisar'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Afyonkarahisar'da tamamladı. 1987 yılında Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metalurji Bölümü, Metal Eğitimi ABD'nı kazanarak 1991 yılında mezun oldu. Aynı yıl Kars Gazi Ahmet Muhtar Paşa Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesinde Metal İşleri öğretmeni olarak göreve başladı. Daha sonra Ankara 4. Akşam Sanat Okulu ve Çıraklık Eğitim Merkezinde görevini sürdürdü. 1994 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Bolvadin Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışırken 2004 yılından beri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümün'de görevine devam etmektedir. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metal Eğitimi bölümünde yüksek lisansa başlayarak 1996 yılında mezun olmuştur. 2005 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metal Eğitimi bölümünde doktora eğitimine başlamış ve 2011 yılında bitirmiştir.

Isıl İşlemler, Toz Metalurjisi ve Kompozit Malzemeler üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi olarak çalışmaktadır.

Arş. Gör. Ali ERÇETİN :

04/03/1987 yılında Afyonkarahisar'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Afyonkarahisar'da tamamladı. 2008 yılında Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünü kazanarak 2012 yılında mezun oldu. Mezuniyet sonrası Yapıray Demiryolu A.Ş.' de Makine Mühendisi olarak çalışmaya başladı. Aynı zamanda Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek lisans eğitimine başladı ve halen devam etmektedir.. 2013 yılında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesinde 50/d Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi kadrosuna atanarak akademik hayata başlamış oldu. 2013 yılı sonunda Bingöl Üniversitesinde 33/a Fakülte kadrosuna Konstrüksiyon ve İmalat anabilim dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen aynı birimde öğretim elemanı olarak çalışmaktadır.