

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF ARTIFICIAL AGED AA 7075 ALUMINUM ALLOYS AT MICROWAVE FURNACE

MİKRODALGA FIRINDA SUNİ YAŞLANDIRILAN AA 7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

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

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

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

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

Özet

Alüminyum ile ısıtılma işlemi neticesinde sertleşen alüminyum alaşımları arasında bazı farklar oluşmaktadır. Alüminyum tavlandıktan sonra mukavemetini bir miktar kaybeder ve yalnız soğuk şekil değiştirme neticesinde sertleşir. Buna karşılık sertleşen alüminyum alaşımları, belirli sıcaklıklarda belli zaman bekletilerek mukavemeti ve sertliği yükseltilebilir. Bu bekleme sonucu iç yapıda, dislokasyon hareketlerini engelleyerek dayanımın artmasına sebep olan çok küçük ve ikinci fazların çökeltilmesi işlemi gerçekleşir.

Bu çalışmada, AA 7075 alaşımından elde edilen numuneler, havalı tav fırınında 530°C'de 20 dakika bekletilerek yapılar homojenleştirildi. Tav fırınında tek faz bölgesinde ısıtılan numuneler su verme işlemi gördü. Daha sonra alaşımlarda faz dönüşümlerinin sağlanması için mikrodalga fırınında saf argon gazı atmosferinde 190°C'de suni çökeltme sertleştirme yöntemleri uygulandı. Suni yaşlanma işlemine tabi tutulan AA 7075 alaşımı numunelerinin mikro sertlik değerleri, iç yapıları, çekme testleri, XRD analizleri yapıldı. Deneysel işlemler sonucu suni yaşlandırılan AA 7075 alaşımı numuneleri yaşlandırma sürelerine göre gruplandırılmış ve zamana bağlı olarak alaşımda oluşan çökeltilerin mekanik özelliklere etkileri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: AA 7075, Mikrodalga Fırın, Suni Yaşlandırma, Mikroyapı, Çekme Testi.

Abstract

As a result of the heat treatment of aluminum alloys with aluminum, some differences between curing is composed. Aluminum lose some strength after annealing and hardening as a result of cold-deformed alone. In contrast hardening aluminum alloys, specific strength and stiffness at temperatures can be increased by keeping certain time. This internal structure on standing, by blocking dislocation movement is very small and with a resultant increase of strength of the second phase precipitation process takes place.

In this study, samples derived from AA 7075 alloy air in an oven at 530°C is made by waiting 20 minutes homogenized. Quenching was performed on the samples heated at annealing furnace in the single phase region.. Then phase transformation in the alloy to provide the pure argon gas atmosphere in a microwave at 190°C was applied to artificial precipitation hardening methods.

Artificial aging-treated samples of AA 7075 alloy microhardness values, internal structure, tensile tests, XRD analysis was performed. Experimental procedures the artificial aging of AA 7075 alloy samples grouped according to the aging time and the time of precipitates formed in the alloy mechanical properties were investigated.

Keywords: AA 7075, Microwave Furnace, Artificial Ageing, Microstructure, Tensile Test.

1. Giriş

Alüminyum alaşımları günümüzde düşük yoğunluk ve yüksek mukavemet elde edilebilen bir alaşım türüdür. Bu alaşımlar özellikle yaşlandırma işlemiyle çökelti oluşturularak daha fazla mukavemetli olur. Arzu edilen bazı özellikleri temin etmek amacıyla alüminyum alaşımları üzerinde ısıtılma işlemi etkileri geniş ölçüde uygulanmıştır. Isıtılma işleminin tatbiki ile mukavemet ve sertlik artırılabilirdiği gibi, diğer cins bir ısıtılma işlemi alaşımların mekanik özelliklerinin iyileştirilmesine yarar [1-3].

Yaşlandırma sertleşmesi, su verilmiş alaşımı ısıtılarak hızlandırılabilir. Isıtılarak gerçekleştirilmiş yaşlandırmaya "sunî yaşlandırma"; oda sıcaklığında kendiliğinden olan ise "doğal yaşlandırma" adı verilir. Her iki olayda metal biliminde çökeltme sertleşmesinin birer özel biçimidir. Alüminyum alaşımlarının en önemli yanı yaşlandırılabilirliği olmasıdır. Bu olay ilk kez 1906-1909 yılında Alman Metal bilimcisi Alfred WILM tarafından gözlenmiştir. 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 [4,5].

Alaşım ısıtılma işleminden sonra tatbik edilen su verme işlemi neticesinde, alüminyum alaşımları tam sertliklerine ulaşmazlar. Bunların maksimum mukavemetini elde edebilmek için alaşımı yaşlandırmalı yani çökeltme sertleştirilmesine tabi tutulmalıdır [6]. Suni yaşlandırma sıcaklığı oda sıcaklığından 200°C'ye kadar arttırıldıkça, çökeltme ve bunun sonucu olarak sertleşme hızlanır. Sertliğin en yüksek değerine ulaştığı noktadaki yapıda ışık mikroskobunda, çökeltiler görülmez. Ancak aşırı yaşlandırılmış ve yumuşamış yapılarda çökeltileri görmek olasıdır [4].

Al-Cu-Mg ve Al-Cu-Mg-Ag sistemleri için difüzyon katsayısının deneysel değerleri bulunamaz. Ama hesaplanan sonuçlar, Al-Cu ve Al-Mg sistemlerinde Cu ve Mg difüzyonu için difüzyon için ölçülen değerler karşılaştırıldığında düşük gibi görünmektedir. Üçlü alaşımla karşılaştırıldığında gümüşlü alaşımda daha yavaş difüzyon ve daha güçlü bağlanma kuvvetleriyle tutarlı olacaktır. Gümüşlü alaşımda daha düşük difüzyon oranının olması fikri, silisyumun irileştirmeyi geciktirmekteki etkisi göz önüne alınarak, Weatherly'nin sonucuyla uyuşur [5].

Bu çalışmada alüminyum alaşımını yaşlandırarak dayanımını daha yüksek seviyeye ulaştırılmıştır. Yaşlandırma işlemimizi mikrodalga yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga yöntemi geleneksel fırına göre daha yeni ve daha üstün bir yöntemdir. Bu da malzemenin daha homojen yaşlanmasını sağlamaktadır.

2. Materyal ve Metot

Numuneler istenilen boyutlarda ve istenilen sayıda hazırlanır. Numunelerin çapı 20 mm, boyu ise 10 mm olarak tasarlanmıştır. Hazırlanmış olan 4 adet numune ilk önce 530°C'de 20 dk geleneksel fırında bekletilerek su verme işlemine tabi tutulmuştur. Numuneler bu işlemden sonra mikrodalga fırında yaşlandırma işlemine maruz bırakılmıştır. Numuneler aşağıdaki gibi yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur:

1. 190°C'de 1 saat yaşlandırma,
2. 190°C'de 3 saat yaşlandırma,
3. 190°C'de 5 saat yaşlandırma.

Bu numuneler önce 240, 320, 600, 800, 1000 ve 1200 nolu zımparalarla zımparalanır ve Al₂O₃ ile parlatma işlemine tabi tutulmuştur. Ardından malzemenin ultrasonik banyo ile üzerindeki partiküller ve zımpara izleri minimuma indirilmiştir. Son olarak, numune uygun dağlayıcı ile dağlama işlemine tabi tutulmuştur.

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 α ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$) gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, doğal yaşlandırılan numunelerin sertliği, Rocwell A sertlik ölçme yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 1'de yapılan çalışmalarda kullanılan AA 7075 alüminyum malzemesinin kimyasal kompozisyonu belirtilmiştir.

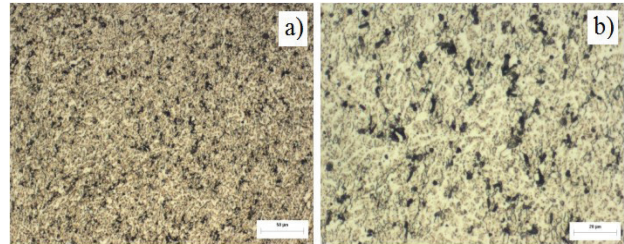
Çizelge 1 AA 7075 Alüminyum alaşımı kimyasal kompozisyonu

Element	%	Element	%
Fe	0,5	Zn	0,25
Si	0,5	Cu	3,8 – 4,9
Cr	0,1	Ti	0,15
Mn	0,3 - 0,9	Diğer	0,2
Mg	1,2 - 1,8	Al	Kalan

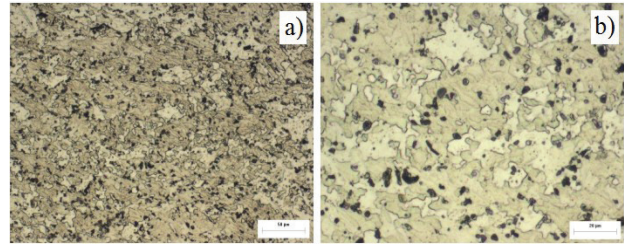
3. Deneysel Sonuçlar ve Bulgular

3.1. Optik Mikroskop Analizi

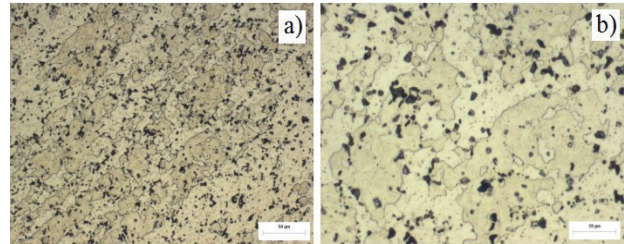
530°C'de su verilmiş numunenin optik mikroskopundan sütunsal şekilde oluşan tanelerin büyüklüğü gözlenmektedir. Ayrıca bazı tanelerin iç yapısında homojen bir şekilde dağılmış dağlamadan dolayı oluşan küçük gözenek şeklindeki yapılar görülmektedir. Fakat sunî yaşlandırma zamanı arttıkça numunelerde gözlenen sütunsal yapılar termodinamik denge durumlarını kaybederek yerini küçük tanelere bırakmıştır. Bu tanelerin iç yapısında mevcut olan gözenek şeklindeki küçük tanelerin homojen dağılımı gözlenmektedir. Yapılan çalışmalarda kullanılan numunelerin optik görüntüleri (Şekil 1-5) şekillerde gösterilmiştir.



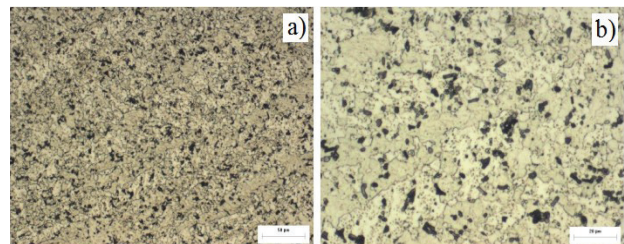
Şekil 1. Isıl işlem görmemiş numunenin optik mikroskop görüntüleri; a) 200x, b) 500x



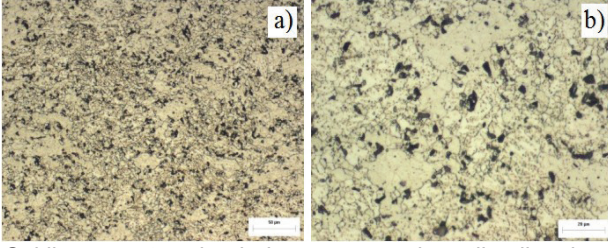
Şekil 2. 530°C'de Su Verilmiş numunenin optik mikroskop görüntüleri; a) 200x, b) 500x



Şekil 3. 1 saat sunî yaşlandırılmış numunenin optik mikroskop görüntüleri; a) 200x, b) 500x



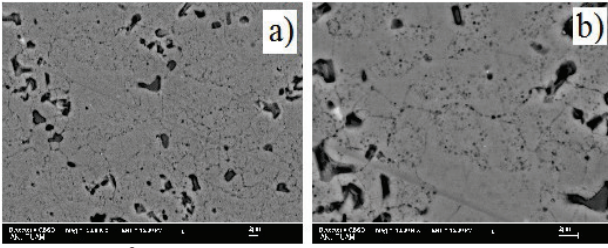
Şekil 4. 3 saat yaşlandırılmış numunenin optik mikroskop görüntüleri; a) 200x, b) 500x



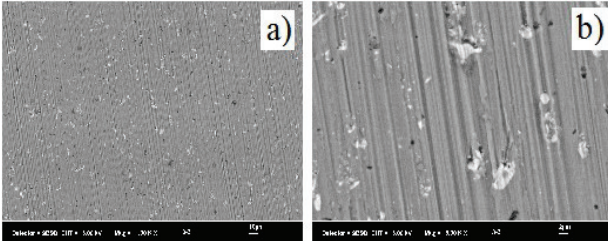
Şekil 5. 5 saat yaşlandırılmış numunenin optik mikroskop görüntüleri; a) 200x, b) 500x

3.2. SEM Analizi

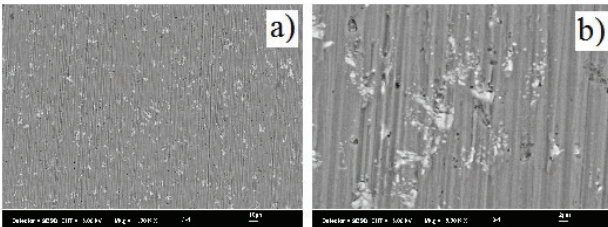
Hazırlık basamaklarından geçtikten sonra numune Elektron Mikroskopunda incelenmeye hazır hale getirilmiştir. Numunenin yapısına göre değişmekte olan vakum süresi beklenmiştir; bu süre ortalama 30 dk'dır. 530°C'de su verilmiş numunelerin SEM görüntüsünde oluşan gözeneklerin tanelerin sınırlarında çökeldiği gözlenmektedir (Şekil 6). 3 ve 5 saatlik suni yaşlandırılan numunelerin iç yapısında da gözenek oluşumunu tane sınırlarında oluştuğu görülmektedir (Şekil 7, Şekil 8).



Şekil 6. 530 °C'de su verilmiş numunenin SEM görüntüsü; a) 1kx, b) 5kx



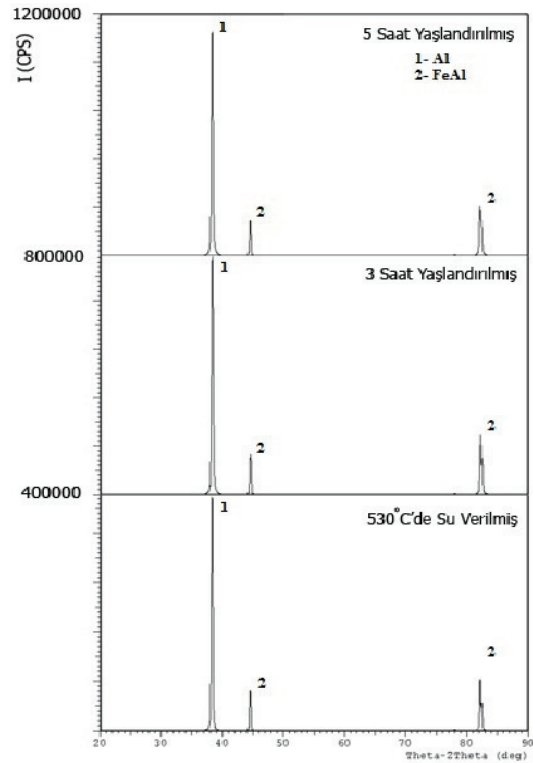
Şekil 7. 3 saat suni yaşlandırılmış numunenin SEM görüntüsü; a) 1kx, b) 5kx



Şekil 8. 5 saat suni yaşlandırılmış numunenin SEM görüntüsü; a) 1kx, b) 5kx

3.3. XRD Analizi

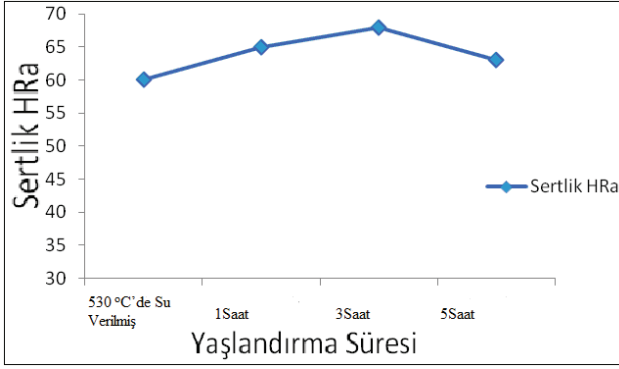
AA 7075 alaşımının 530°C'de su verilmiş ve suni yaşlandırılmış numunelerinin (Şekil 9)'da XRD eğrileri görülmektedir. 530°C'de su verilmiş numunenin XRD eğrisinde oluşan FeAl fazlarının pik şiddetleri suni yaşlandırılmış numunelerin pik şiddetlerinden küçük çıkmıştır. Numune içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik faz oranı az olduğu gözlenmektedir. Burada sertlik değerlerinin ve gevrek kırılabilirliğinin düşmesine neden olmuştur. 1 saat suni yaşlandırılmış numunenin XRD eğrisinin pik şiddeti artarak FeAl intermetalik faz miktarının arttığını göstermektedir. Böylece 1 saat suni yaşlandırılmış numunenin sertlik değerlerini artırarak gevrek kırılma özelliğinin armasına neden olmuştur. 5 saat suni yaşlanmış numunenin içerisinde mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının azaldığını (Şekil 9)'daki XRD eğrisinde görülmektedir. Bu durumda 5 saat suni yaşlandırılmış numunenin sertlik değerinin düştüğü gözlenmektedir.



Şekil 9. AA 7075 alüminyum alaşımının XRD eğrileri

3.4. Rockwell Sertlik Analizi

AA 7075 Al alaşımının 530°C'de su verilmiş ve mikrodalga fırında suni yaşlandırılmış numunelerin Rockwell sertlik eğrileri (Şekil 10)'da verilmiştir. 530°C'de su verilmiş numunede mevcut olan FeAl intermetalik faz miktarının azlığından dolayı düşük sertlik değeri elde edilirken 1 saat ve 3 saatlik yaşlandırma sonrası FeAl intermetalik faz miktarındaki artış sertlik değerinin de artmasını sağlamıştır. Ancak 5 saatlik yaşlandırma sonrasında FeAl faz miktarındaki azalış sertlik değerinin azalmasına neden olmuştur.



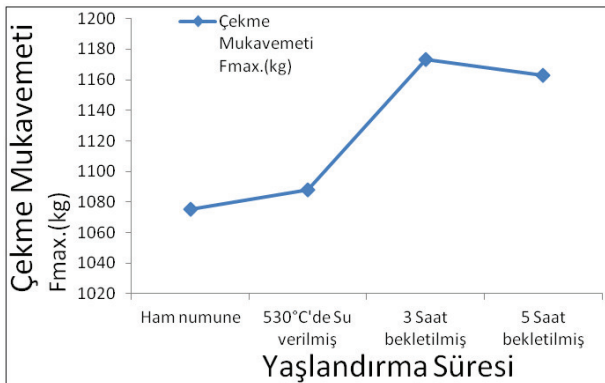
Şekil 10. AA 7075 alüminyum alaşımının sertlik eğrisi

3.5. Çekme Deneyi Analizi

Çekme deneyi sonucu numunelerin en yüksek çekme gerilmesi değerleri (Tablo 2)'de gösterilmektedir. Deneysel numunelerin ısıtılma işlemi sonucunda çekme gerilmesi değerlerinde yaşlandırma sürelerine bağlı olarak artış görülmektedir. Ham numunede çekme gerilmesi değerinin düşük olması malzemede bulunan Al fazının sünek özellik göstermesidir. 530°C'de su verilmiş numuneden itibaren 3 saatlik suni yaşlandırma sonucu çekme mukavemeti en yüksek değerini almıştır. 5 saatlik numunelerde çekme gerilmesi değerinde tekrar düşüş gözlenmektedir. Bunun nedeni numune içinde oluşan intermetalik fazların gevrek özellik göstermesi neden olmaktadır. Ancak 5 saat suni yaşlandırılan numunenin çekme mukavemeti 3 saat suni yaşlandırılan numunenin mukavemetinden düşük olsa da, ham numunenin çekme mukavemetinden yine de yüksek bir değerdedir (Şekil 11).

Çizelge 2. Numunelerin En Yüksek Çekme Gerilmesi Değerleri

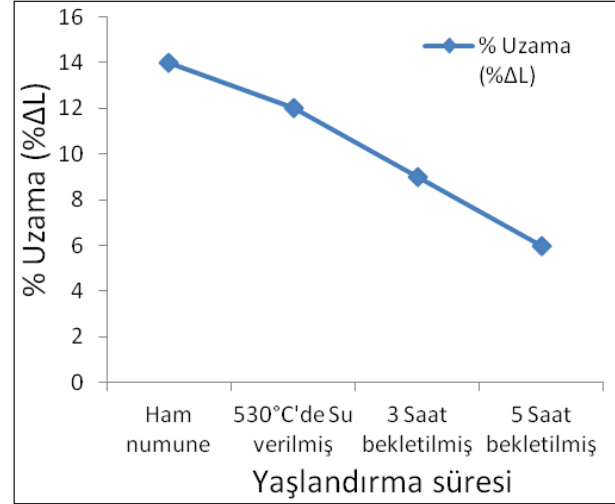
NUMUNE	ÇEKME MUKAVEMETİ F _{max} (kg)
HAM NUMUNE	1075.52
530°C DE SU VERİLMİŞ	1087.62
3 SAAT BEKLETİLMİŞ	1173.08
5 SAAT BEKLETİLMİŞ	1163.12



Şekil 11. AA 7075 alüminyum alaşımının çekme deneyi Fmax eğrisi

Suni olarak yaşlandırılan numunelerin iç yapısında oluşan FeAl intermetalik fazının artmasından kaynaklanan gevrek

kırılma özelliği göstermiştir. Numunelerdeki bu gevrek kırılma özelliği numunelerin çekme deneyi sonucunda oluşan % uzama miktarlarının düşmesine neden olmuştur. Çekme deneyi sonucu kırılan malzemelerde ortaya çıkan uzama miktarlarına bağlı olarak oluşan yüzde uzamalar (Şekil 12)'de gösterilmektedir.



Şekil 12. AA 7075 alüminyum alaşımının % uzama (%ΔL) grafiği

4. Sonuçlar

1. Bu çalışmada mikrodalga fırın ortamında AA 7075 alüminyum alaşım sisteminin suni yaşlandırılması ile iç yapıda mevcut FeAl intermetalik fazları oluşmuştur.
2. AA 7075 alüminyum alaşımında ise suni yaşlandırma esnasında FeAl intermetalik fazlarının çökeldiğini XRD analizleriyle tespit edilmiştir.
3. 530°C'de su verilmiş ve 5 saat suni yaşlandırılmış numunelerin iç yapısında mevcut olan FeAl intermetalik fazlarının azlığından dolayı Rockwell sertlik özelliklerinin azaldığı gözlenmektedir.
4. Su verme işlemi sonrası yapılan 190°C'de 3 saat suni yaşlandırma esnasında sertlik ölçme işlemlerinde görüldüğü gibi artış gözlenmektedir. 5 saat suni yaşlandırılmış numunede ise FeAl intermetalik fazlarının termodinamik dengelerini kaybetmeleri sonucu ergimeleri nedeni ile azalarak sertliğinin azaldığı görülmüştür.
5. 190°C'de 3 saat suni yaşlandırılmış numunede oluşan FeAl intermetalik fazı mekanik özellik değerlerini artırılmıştır. Yani numunenin Rockwell sertlik değerinin arttığı gözlenmektedir.
6. AA 7075 alüminyum alaşım sisteminin en iyi mekanik özellik değerleri 190°C'de 3 saat suni yaşlandırılmış numunede görülmüştür.
7. Çekme deneyi sonucunda numuneler de % uzama miktarının yaşlandırma süresiyle azalma göstermektedir.
8. Ham numune sünek bir malzeme iken ısıtılma işlemi gördükten sonra yaşlandırma süresine bağlı olarak gevrek kırılma özelliği göstermesine neden olmuştur.

Kaynaklar

- [1]. Dennis, W.H., (Çeviren:Tulgar, H.E.), Demirden gayri metaller metalurjisi, İ.T.Ü. Kütüphanesi, sayı: 848, İstanbul, 1987.

- [2]. Akgün, S., ve Şahin, S., T/M yöntemiyle üretilmiş Sic/AA7075 alüminyum kompozitlerinde çökeltme sertleşmesinin mekanik özelliklere etkisi, Proceedings of 11th International Materials Symposium. 19-21 April, 739-742, Denizli, 2006.
- [3]. Gavali, M., et al., Improvements of fatigue behaviour in 2014 Al alloy by solution heat treating and age-hardening, Wear. 236, 144-152, 2004.
- [4]. Tekin, E., Demir dışı metaller ve alaşımlarının uygulamalı optik metalografisi, SEGEM, yayın no:101, II. Baskı, Ankara, 1984.
- [5]. Weaterly, G.C., Ph.D. Thesis. Univ., Cambridge, 1967.
- [6]. Ersumer, A., Alüminyum alaşımlarının ısı ve mekanik işlemleri, Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul, 1980.