



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



## 7075-T6 alaşımının mikroyapı ve mekanik özelliklerine tavlama işleminin etkisinin deneysel olarak araştırılması

### *Experimental investigation of annealing parameters effects on microstructure and mechanical properties of 7075-T6 alloy*

*Yazar(lar) (Author(s)):* Mehmet Yasin DEMİREL<sup>1</sup>, İbrahim KARAAĞAÇ<sup>2</sup>

*ORCID<sup>1</sup>:* 0000-0002-4244-8562

*ORCID<sup>2</sup>:* 0000-0001-6727-3650

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Demirel M. Y., Karaağaç İ., “7075-T6 alaşımının mikroyapı ve mekanik özelliklerine tavlama işleminin etkisinin deneysel olarak araştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 23(2): 283-289, (2020).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.534322

# 7075-T6 Alaşımının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Tavlama İşleminin Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması

*Araştırma Makalesi / Research Article*

Mehmet Yasin DEMİREL<sup>1\*</sup>, İbrahim KARAAĞAÇ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 01.03.2019 ; Kabul/Accepted : 02.04.2019)

## ÖZ

7075-T6 alaşımları yüksek mekanik özelliklere ve oda sıcaklığında sınırlı şekillendirilebilirliğe sahip malzemelerdir. Şekillendirme öncesi uygulanan tavlama işlemi alüminyum alaşımlarında şekillendirilebilirliği arttırmakta ancak alaşımın mekanik ve mikroyapı özelliklerini de etkilemektedir. Bu etkileri belirlemek amacıyla, 7075-T6 sac malzemesinin mekanik ve mikroyapı özelliklerine tavlama işleminin etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Tavlama sıcaklığı (100°C, 200°C, 300°C ve 400°C) ve tavlama süresi (6, 30 ve 60 dk.) deney parametreleri olarak belirlenmiştir. Alaşımın mekanik özelliklerindeki değişimi tespit etmek için çekme ve sertlik ölçme testleri kullanılmıştır. Tavlama işleminin 7075-T6 malzemesinin mekanik özelliklerini azalttığı gözlemlenmiştir. Oda sıcaklığı (20°C)'nden 100°C-60 dk. tavlama parametresine kadar sac malzemenin mekanik özelliklerinde değişim gözlemlenmezken, 200°C-6 dk. tavlama parametresinden itibaren mekanik özelliklerin azalmaya başladığı ve 200°C-60 dk.'dan sonra da bu azalmanın belirgin bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. Malzemenin oda sıcaklığında sahip olduğu mekanik özelliklerin 400°C deki tavlama işlemi sonucunda %68,85 azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durumun, 200°C tavlama sıcaklığı 60 dk. tavlama süresinden sonra malzemenin mikroyapısında çökelti oluşumunun ve tanecik boyutunun artmaya başlamasından kaynaklandığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 7075-T6, tavlama süresi, tavlama sıcaklığı.

## Experimental Investigation of Annealing Parameters Effects on Microstructure and Mechanical Properties of 7075-T6 Alloy

### ABSTRACT

7075-T6 alloys have high mechanical and limited formability properties at room temperature. In aluminium alloys, the applied annealing process before the forming operation improve formability but also affect the mechanical and microstructural properties of the alloy. In order to determine these effects, the effects of annealing parameters on the mechanical and microstructural properties of 7075-T6 sheet material were investigated experimentally. Annealing temperature (100, 200, 300 and 400 °C) and annealing time (6, 30 and 60 min.) were determined as experimental study parameters. Tensile and hardness measurement tests were used to observe the variation in mechanical properties of the alloy. It was observed that the annealing process reduces the mechanical properties of the 7075-T6 material. In experimental study, it was determined that while annealing parameters changed from 20°C to 100°C-60 min. mechanical properties of sheet were not changed. Also, it was determined that the mechanical properties of sheet started to decrease after the 200°C-6 min. annealing parameter and this decrease was significantly increased after 200°C-60 min. annealing parameter. It was observed that the mechanical properties of the material at 20°C were decreased by 68,85% as a result of the annealing process at 400°C. It was determined that, this situation comes from due to precipitation formation and material grain size increase after the 200 °C annealing temperature and 60 min. annealing time.

**Keywords:** 7075-T6, annealing time, annealing temperature.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

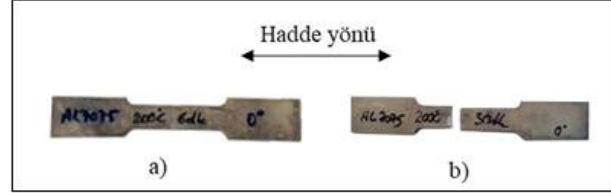
Havacılık başta olmak üzere çok sayıda endüstrisinde sıklıkla kullanılan ve ısıl işlem uygulanabilen 7XXX serisi alüminyum alaşımları, yüksek mekanik özelliklere ve oda sıcaklığında düşük şekillendirilebilirlik özelliklerine sahiptirler. Şekillendirme kabiliyetini arttırmak için, Al-Zn-Cu alaşımı olan 7XXX serisi alüminyum malzemelere şekillendirme öncesi ısıl işlem

uygulamak veya şekillendirme esnasında ısı kullanmak gerekmektedir [1, 2]. 7075 malzemeler için sıklıkla uygulanan yaşlandırma ısıl işlemi, bu alaşıma yaygın olarak uygulanan ısıl işlem yöntemidir. Bu ısıl işlem süreci sırasıyla; çözültü alma, su verme ve yaşlanma olmak üzere üç basamakta gerçekleşmektedir. Çözültü alma işleminde fazların çözülmesi, su verme işleminde aşırı doymuş yapının oluşturulması ve yaşlanma işleminde ise çözünen atomların oda sıcaklığında veya daha yüksek sıcaklıklarda çökmesi işlemlerinden oluşmaktadır. 7XXX alaşımlarının oda sıcaklığı gibi

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : yasindemirel@outlook.com

düşük sıcaklıklarda yaşlandırılmasıyla, yoğun Guinier - Preston (GP) bölgelerinin oluşumu sağlanmaktadır. T6 işlemi, çözelti ısıtma işlemi görmüş ve suni olarak yaşlanmış olarak tanımlanmaktadır [3, 4]. Literatürde 7075 malzeme için tavlama ve yaşlandırma ısıtma işlemleri için sınırlı sayıda çalışma yapıldığı tespit edilmiştir. Isadare v. d. yaptıkları çalışmalarında tavlama ve yaşlandırma ısıtma işleminin Al-Zn alaşımının mikroyapısı ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini deneysel araştırmışlardır. Tavlama işleminin malzemede yüksek tokluk ve süneklik, yaşlandırma ısıtma işleminin ise yüksek çekme, akma dayanımı ve sertlik değerleri oluşturduğu gözlemlenmiştir [5]. Diğer taraftan literatürde tavlama ısıtma işleminin 7075 alaşımının mekanik özelliklerine etkileri de deneysel araştırılmıştır. Çetin v. d. çalışmalarında, 7075-T6 alüminyum alaşımının 20°C, 100°C, 150°C, 200°C, 250°C ve 300°C sıcaklıklardaki çekme davranışlarını deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Çalışmalar sonucunda, 100°C sıcaklığa kadar 7075-T6 malzemenin mekanik özelliklerinin sıcaklıkla önemli bir oranda değişim göstermediğini, 100°C'den 250°C'ye kadar lineer azalan bir trendle

kullanılmıştır. Deney numuneleri 0° hadde yönünde, tel erozyon tezgahında ASTM-E8M standardına uygun olarak kesilerek, çekme testi için hazırlanmıştır. Hazırlanan çekme numuneleri 100, 200, 300 ve 400°C sıcaklıklarda ve 6, 30, 60 dk. tavlama süreleri parametrelerine göre elektronik kontrollü fırında tavlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Çekme numunelerinin test öncesi ve test sonrasında ait görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. 7075-T6 çekme testi numuneleri a) Test öncesi b) Test sonrası (7075-T6 tensile test samples a) Before the test b) After the test)

Malzemenin yapılan kimyasal analiz testi sonucu elde edilen kimyasal bileşimi de Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. 7075-T6 alüminyum alaşımının kimyasal analiz sonuçları (Chemical analysis result of 7075-T6 aluminium alloy)

Malzeme	% Al	% Zn	% Cu	% Cr	% Ti	% Fe	% Mn	% Zr	% Ni	% Diğer
7075-T6	92,432	5,481	1,534	0,169	0,144	0,112	0,037	0,035	0,016	0,04

mekanik özelliklerin değiştiğini, 300°C sıcaklıkta ise mekanik değerlerin ciddi oranda düştüğünü tespit etmişlerdir [6]. Panigrahi ve Jayaganthan da çalışmalarında, 7075 alaşımına -150°C ve -75°C sıcaklıkta uygulanan kriyojenik soğutma işlemi (CR) sonrasında 150°C ile 400°C sıcaklıkları arasında 1 saat boyunca tavlama işlemi uygulamışlardır. CR işlemi uygulanmış 7075 alaşımının yeniden kristalleşme sürecinin 150°C tavlama sıcaklığında başladığı ve 250°C sıcaklıkta tamamlandığı gözlemlenmiştir. Bu alaşımın sertlik ve çekme mukavemeti değerlerinin 150°C ile 250°C tavlama sıcaklıkları arasında ani olarak azaldığı ancak daha sonraki sıcaklık değerlerinde ise ani bir değişiklik olmadığını gözlemlemişlerdir [7].

Literatürde 7075 malzemenin ısıtma işlemi ile ilgili çalışmalarda tavlama sürelerinin etkilerinin yeterince araştırılmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerinde ısıtma işleminin malzemeye olan etkileri de araştırılmamıştır. Yapılan bu çalışmada, endüstriden hazır olarak temin edilen çözelti ısıtma işlemi görmüş ve suni olarak yaşlandırılmış 7075-T6 sac malzemenin, elektronik kontrollü fırınla tavlama işlemi sonucunda malzemenin mikroyapısındaki ve mekanik özelliklerindeki değişimlerin deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Deneysel çalışmada; T6 ısıtma işlemi uygulanmış 3 mm kalınlığında 7075 alüminyum sac levha malzeme

### 2.1. Tavlama İşlemi (The Annealing Process)

Çalışma kapsamında mikroyapı incelemesi ve sertlik ölçümü için 20 mm x 40 mm boyutlarında kesilerek hazırlanan deney malzemelerine değişen sıcaklıklarda (100, 200, 300, 400°C) ve değişen tavlama sürelerinde (6, 30, 60 dk.) tavlama ısıtma işlemi uygulanmıştır. Tavlama sıcaklığında bekleme süreleri, literatürde 25,4 mm (1 inch) parça kalınlığı için 1-2 saat olarak belirlenmiştir [8]. Bu çalışma kapsamında da 3 mm kalınlığındaki deney numuneleri için tavlama sıcaklığında bekletilme süresi 6 dk. olarak hesaplanmıştır. Diğer tavlama süreleri ise tavlama süresinin etkilerini daha iyi gözlemlemek amacıyla 30 ve 60 dk. olarak belirlenmiştir.

Tavlama işleminde çekme numuneleri ve deney malzemeleri fırın içerisinde bulunan seramik raflara yerleştirilerek fırının kapağı kapatılmıştır. Fırının kontrol ünitesinden tavlama işlemi için ayarlanan program numarası seçilerek tavlama işlemine başlanmıştır. 60 dk.'da belirlenen tavlama sıcaklığına ulaşan fırın, bu sıcaklıkta belirlenen tavlama süresince bekletilmiştir. Tavlama sıcaklığında bekleme süresi bittikten sonra, sirkülasyon fanı çalışır halde fırının kapağı kapalı olarak oda sıcaklığına ulaşana kadar beklenmiştir. Oda sıcaklığına gelen fırının kapağı açılarak numuneler çıkarılmış ve ayrı ayrı numune kaplarına konulmuştur. Tavlama işleminde kullanılan fırın ve tavlama işlemi için deney numunelerinin fırındaki yerleşimleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Tavlama işlemi ortamı a) Elektronik kontrollü fırın b) Tavlanan deney numuneleri (The environment of annealing process a) Electronic controlled furnace b) Annealed test samples)

## 2.2. Mikroyapı İncelemesine Hazırlık (The Preparation for The Microstructure Investigation)

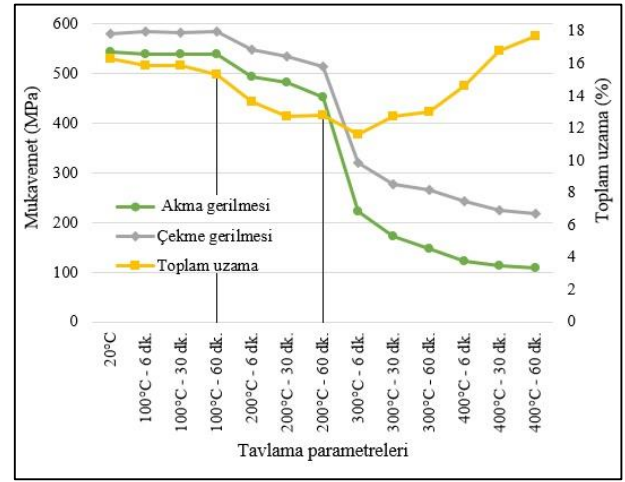
7XXX alaşımları genellikle GP bölgeleri ve / veya  $\eta'$  /  $\eta$  çöktürmeleri içermektedir. GP bölgeleri çözülmüş elementlerle zenginleştirilmiş ve istisnai olarak küçük boyutlara (<3 nm) kümelere benzemektedir. Yaşlandırma ısıl işlemi sırasında, kararlı GP bölgeleri, T6 temperin güçlendirici fazı olan yarı kararlı  $\eta'$  (MgZn<sub>2</sub>) fazının çekirdeklenme merkezleri olarak işlev görmektedir. Bu alaşımların sertleşme kabiliyeti buna bağlı olarak hem çözelti hem de söndürme banyosu sıcaklığına ve ayrıca soğuma hızına bağlı olmaktadır [9-11].

Tavlama sıcaklıklarının ve tavlama sıcaklığında bekletme sürelerinin deney malzemelerinin mikro yapısına etkilerinin incelemek amacı ile çalışma kapsamında deney malzemelerinin mikro yapılarının incelemesi taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Mikro yapı incelemesi öncesinde deney numuneleri metalurjik ön işlemlerden geçirilerek hazırlanmıştır. Deney numunelerinin dağlanmasında Keller ayracı (1 ml HF, 1,5 ml HCl, 2,5

ml HNO<sub>3</sub>, 95ml H<sub>2</sub>O) kullanılarak yaklaşık 30 sn. boyunca dağlama işlemi yapılmıştır.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

7075 alüminyum alaşımına değişen sıcaklık ve sürelerde uygulanan tavlama işleminin mekanik özelliklere etkileri incelenmiştir. Bu amaçla; öncelikli olarak tavlanan malzemelere çekme deneyleri uygulanarak gerilim uzama diyagramları elde edilmiştir. Şekil 3'te tavlama parametrelerine göre çekme testinden elde edilen mekanik özelliklerdeki değişimler grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 3. Tavlama parametrelerine göre mukavemet ve toplam uzama değişimi (Strength and total elongation change according to annealing parameters)

7075-T6 malzemenin 100°C sıcaklık ve 60 dk. tavlama süresine kadar mekanik özelliklerinde herhangi bir değişim gözlenmediği 20°C'de ki özelliklerini koruduğu gözlemlenmiştir. Malzemenin 200°C sıcaklık ve 60 dk.

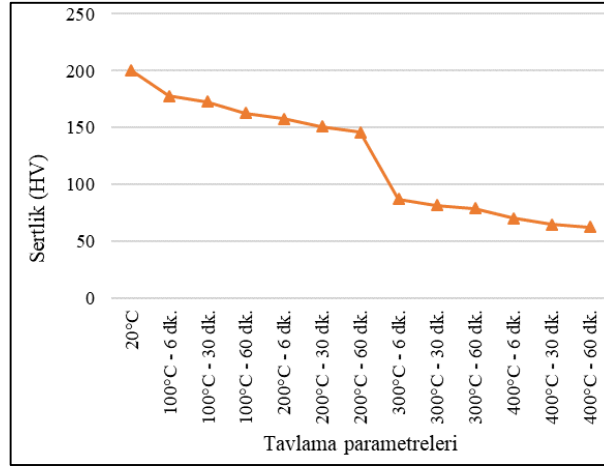
Çizelge 2. Tavlama parametrelerine göre 7075-T6 sac malzeme çekme testi sonuçları (The tensile test results for 7075-T6 sheet material according to annealing parameters)

Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)	Akma dayanımı (MPa)	Çekme dayanımı (MPa)	Maksimum çekmedeki çekme gerinimi (%)	Kopmadaki çekme gerinimi (%)
20	-	542,253	579,336	0,163	0,191
100	6	539,156	583,438	0,159	0,191
	30	538,755	581,581	0,159	0,200
	60	538,688	583,365	0,153	0,194
200	6	493,425	548,164	0,136	0,162
	30	482,021	533,840	0,127	0,155
	60	451,467	513,534	0,128	0,156
300	6	221,437	319,663	0,116	0,154
	30	172,125	277,109	0,127	0,171
	60	148,134	265,356	0,130	0,175
400	6	123,105	241,977	0,146	0,192
	30	113,081	223,914	0,168	0,216
	60	108,317	218,203	0,177	0,225

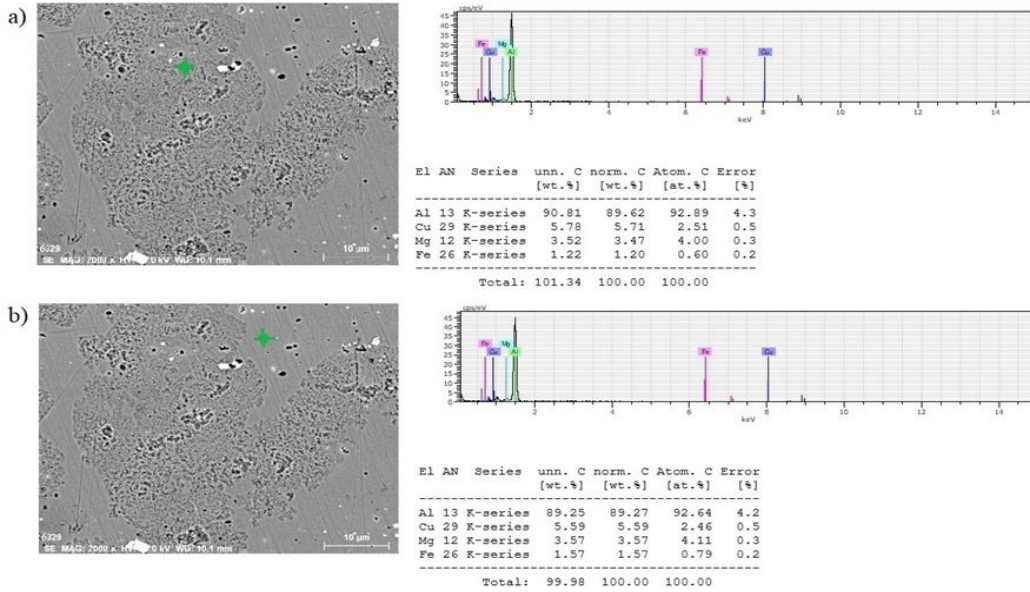
tavlama süresine kadar akma gerilmesinin %16,74 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 300°C sıcaklık ve 6 dk.'lık tavlama işleminin kritik bir işlem olduğu mekanik özelliklerin %59,16 oranında belirgin bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde sıcaklığın 400°C'ye kadar artırılması ile de mekanik özelliklerin azalmaya devam

numunelerin sertlik ölçümlerinden elde edilen sertlik değerleri Şekil 4'te verilmiştir.

Deney numunelerinin ölçülen sertlik değerlerinde 200°C sıcaklık ve 60 dk. tavlama süresine kadar düzgün bir azalma gözlemlenmiştir. Bu noktaya kadar sertlik değerlerinin %27,24 oranında azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4. Tavlama parametrelerine göre sertlik değerlerindeki değişim (Change in hardness values according to annealing parameters)



Şekil 5. 20°C mikroyapı incelemesi a) Ana metal b) Tanecik / çökelti (RT microstructure analysis a) Base metal b) Particle / precipitate)

ettiği gözlemlenmiştir. Tavlamanın mekanik özelliklere etkisi çekme testleriyle de gözlemlenmiştir. Test sonrası elde edilen mekanik özellikler de Çizelge 2'de verilmiştir.

Numunelerin sertlik değerleri parçanın uzun kenarı referans alınarak aralarında 10 mm uzaklık olan birbirini izleyen 3 noktadan Vickers sertlik ölçüm cihazı ile ölçülmüş, ölçülen değerlerin ortalamaları alınmıştır. Malzemenin 20°C'de ki sertlik değeri 200,67 HV ölçülmüştür. Farklı tavlama parametrelerinde tavlanan

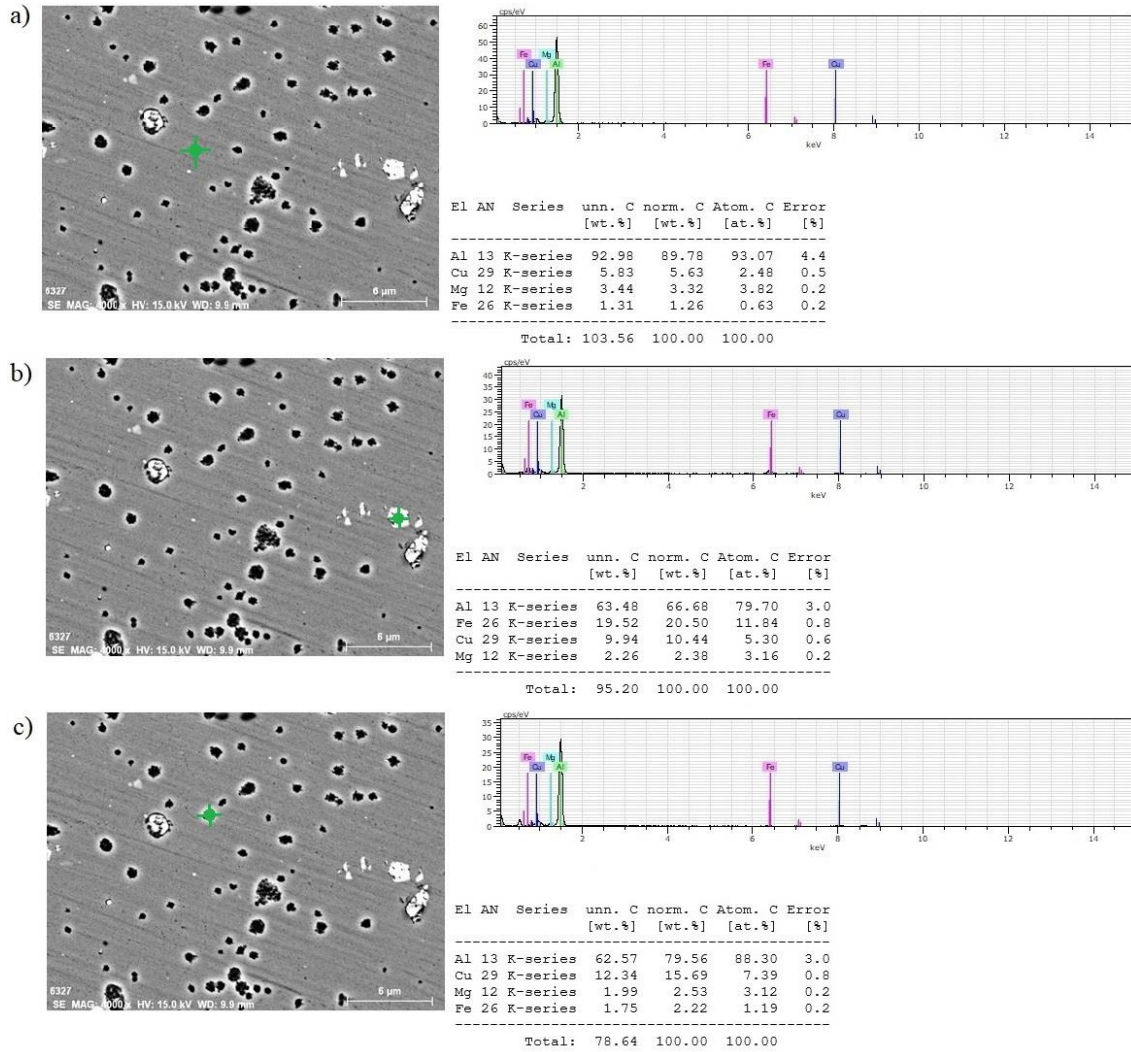
300°C sıcaklık ve 6 dk.'lık tavlama işlemi sonucunda ölçülen sertlik değerinde %56,39 oranında belirgin bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen tavlama işlemlerinde süre artışına paralel olarak sertlik ve mekanik değerlerin azalmasının, GP bölgeleri ile η' fazının ana yapı içerisinde çözünmesinin bir sonucu olduğu literatürde de belirtilmiştir. Ayrıca, yüksek tavlama sıcaklıklarında ise aşırı yaşlanma ile tane içi ve tane sınırlarındaki çökeltilerin kabalaşmasına bağlı olarak sertlik değerlerinin azaldığı belirtilmektedir [12].

Mekanik özelliklerdeki değişimi daha iyi yorumlamak için ısıtılma işlemlerinin malzemenin iç yapısında oluşturduğu etkiler de araştırılmıştır. Mikroyapıya ait SEM görüntüleri ve analiz sonuçları Şekil 5-7'de verilmiştir.

Mikroyapı incelemeleri baz metalde bazı intermetaliklerin varlığını göstermektedir. Bu intermetalikler literatürde  $Al_7Cu_2Fe$ ,  $(Al, Cu)_6(Fe, Cu)$  ve  $Mg_2Si$  olarak tanımlanmıştır. T6 tavlama işlemi sonrası oluşan karakteristik mikroyapı bileşenleri GP bölgeleri ile yarı kararlı  $\eta'$  ( $MgZn_2$ ) çökeltilerinden oluşmaktadır. Buna bağlı olarak, malzemede  $20^\circ C$  ile  $200^\circ C$  sıcaklık 60 dakika tavlama süresi arasında yüksek mekanik özellikler görülmektedir. Bu durum malzemelerin uzama miktarlarında da azalmaya sebep olmaktadır. Düşük sıcaklık değerlerinde, nanometre boyutlu yarı kararlı  $\eta'$  çökeltiler, uyumlu GP bölgelerine bağlıdır. Bu çökeltiler, dislokasyon hareketlerini önleyen bir sabitleme mekanizması gibi hareket ederek, mukavemet değerlerinin artmasına yol açmaktadır [13-15].

$217-250^\circ C$ 'de  $\eta'$  fazının oluşması,  $\eta$  fazının çözünmesi ve  $\eta$  fazının oluşması bir arada gerçekleşmektedir. Ortalama  $250^\circ C$ 'de kararlı  $\eta$  fazının çekirdeklenmesinin ve büyümesinin gerçekleşmeye başladığı literatür araştırmasında da görülmüştür (Şekil 6) [16].  $\eta$  fazının oluşumu genellikle alüminyum alaşımının mukavemetinde azalmaya yol açmaktadır [17]. Buna bağlı olarak,  $200^\circ C$  sıcaklıkta 60 dakika tavlama noktasından sonra malzemelerin mekanik özelliklerinde ani bir azalma olduğu gözlemlenmektedir.

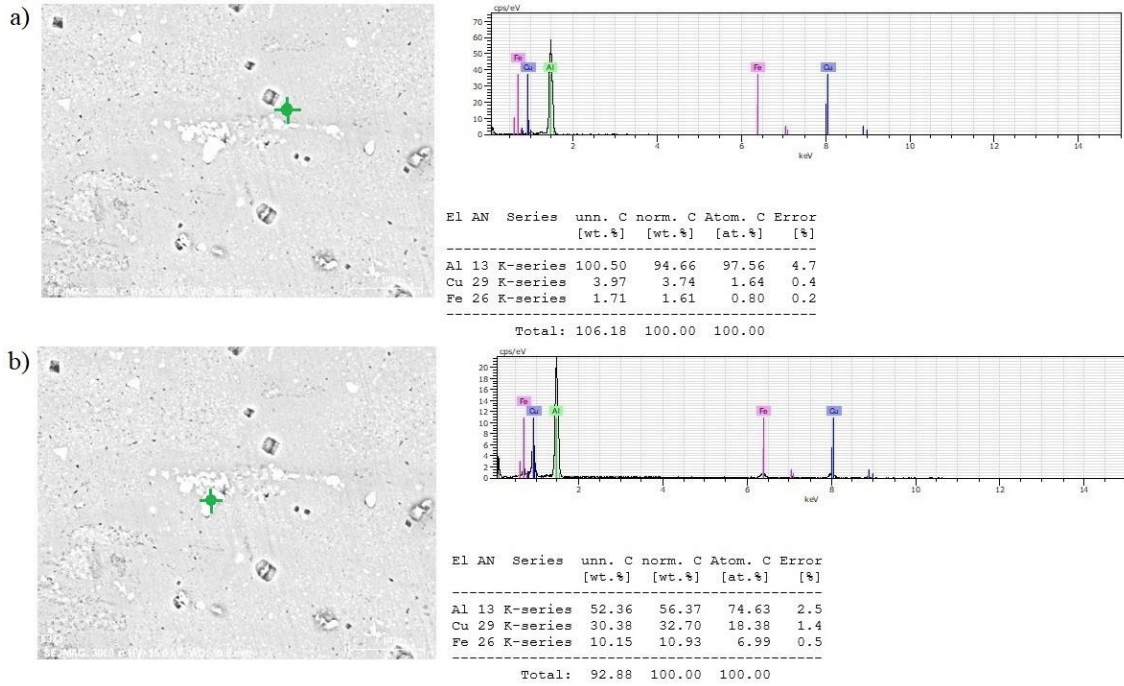
$300^\circ C$ 'nin üzerindeki tavlama sıcaklıklarında tavlama işlemi malzemelerin mekanik değerlerinde ise ani bir değişim olmamıştır. Sıcaklığın ve sürenin artması tanelerin difüzyon imkanı bularak zamanla büyümesine neden olmaktadır. Şekil 7'de verilen mikroyapıda gözlemlenen tane büyümesi ile malzemenin mukavemet ve sertliğinde azalma olmaktadır [18].  $300^\circ C$  ve  $400^\circ C$  sıcaklıklarda farklı sürelerde gerçekleştirilen tavlama işlemi sonucunda, çökeltilerin boyutlarının artışının mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilemiş olduğu, ölçülen



Şekil 6.  $200^\circ C$  60 dk. tavlama parametresinde mikroyapı incelemesi a) Ana metal b) Tanecik / çökeltiler c) Tanecik / çökeltiler (Microstructure analysis at annealing parameter  $200^\circ C$  60 min. a) Base metal b) Particle / precipitate c) Particle / precipitate)

sertlik ve mukavemet değerlerindeki azalma ile de gözlemlenmiştir. Aynı zamanda malzemenin süneklik değerlerinde de artış belirlenmiştir.

gözlemlenmiştir. 200°C 60 dk. tavlama parametresinden sonra  $\eta$  fazının çekirdeklenmesinin ve büyümesinin gerçekleşmesiyle akma ve çekme gerilmesinin sırasıyla %59,16 ve %44,82 oranında belirgin bir şekilde azaldığı



Şekil 7. 400°C 60 dk. tavlama parametresinde mikroyapı incelemesi a) Ana metal b) Tanecik / çökelti (Microstructure analysis at annealing parameter 400°C 60 min. a) Base metal b) Particle / precipitate)

Tavlama sıcaklığında bekleme süresindeki artış tane büyümesine, difüzyonun artmasına ve malzemede renk dönüşümüne neden olmaktadır. Deneysel çalışmalarda, estetik açıdan problem oluşturabilecek düzeyde artan renk değişimleri gözlemlenmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışmada, oda sıcaklığında şekillendirilebilirliği kısıtlı olan 7075-T6 alaşımına farklı sıcaklık ve sürelerde tavlama işlemi uygulanarak malzemenin mekanik özelliklerine ve mikroyapısına etkileri incelenmiştir. Bu etkileri daha iyi görebilmek için tavlama sıcaklıkları yeniden kristalleşme sıcaklığının altındaki ve üzerindeki sıcaklıklar (100, 200, 300 ve 400°C) seçilmiştir. Tavlama sıcaklığında bekletilme süresi 6 dk. olarak hesaplanmıştır. Diğer tavlama süreleri ise tavlama süresinin etkilerini daha iyi gözlemlenmek amacıyla 30 ve 60 dk. olarak belirlenmiştir.

1. 7075-T6 malzemenin tavlama işlemine karşı duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak, tane sınırlarının ergimesiyle mukavemet ve mekanik özelliklerde azalma gözlemlenirken, süneklik değerlerinde ise artış gözlemlenmiştir.

2. Akma ve çekme gerilmesinde 100°C 6 dk. tavlama parametrelerine göre anlamlı bir değişim gözlemlenmezken, bu değerden sonra akma ve çekme gerilmesinin 200°C 60 dk. tavlama parametresine kadar sırasıyla %16,74 ve %11,35 azalmaya başladığı

gözlemlenmiştir.

3. Tavlamanın etkisi ile mikroyapıdaki bu değişimler sebebiyle, 20°C'den 400°C sıcaklık ve 60dk.'lık tavlama parametrelerine kadar akma gerilmesi %80,02 sertliğin de %68,65 azaldığı ancak toplam uzamanın %8,58 arttığı gözlemlenmiştir.

4. Malzemede tavlama sıcaklığına ve süresine bağlı olarak aşırı yaşlanma meydana geldiği için tane içi ve tane sınırlarındaki çökeltilerin kabalaşmasına bağlı olarak mekanik özelliklerin azaldığı tespit edilmiştir.

5. Tavlama sıcaklığı ve bekleme süresindeki artışın malzemede çok belirgin olmayan renk dönüşümüne neden olduğu ver malzeme renginin sarı renge almaya başladığı gözlemlenmiştir.

#### 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Vallengano C., Morales D., and Garcia-Lomas F., "A study to predict failure in biaxially stretched sheets of aluminum alloy 2024-T3", *Materials and Manufacturing Processes*, 23 (3): 303-310, (2008).
- [2] Hui W., et al., "Warm forming behavior of high strength aluminum alloy AA7075", *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 22 (1): 1-7, (2012).
- [3] Gülerüz K. and Kaçar R., "Deformasyon yaşlanmasının AA7075 alüminyum alaşımının mekanik özelliklerine etkisinin incelenmesi", *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, (2011).

- [4] Zhao Y., et al., "Enhanced mechanical properties in ultrafine grained 7075 Al alloy", *Journal Of Materials Research*, 20 (2): 288-291, (2005).
- [5] Isadare A.D., et al., "Effect of heat treatment on some mechanical properties of 7075 aluminium alloy", *Materials Research*, 16 (1): 190-194, (2013).
- [6] Çetin M.H., et al., "AA7075-T6 alaşımının farklı sıcaklıklardaki çekme davranışının deneysel ve nümerik yöntemler ile incelenmesi", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (4): 902-915, (2018).
- [7] Panigrahi S.K. and Jayaganthan R., "Effect of annealing on thermal stability, precipitate evolution, and mechanical properties of cryorolled Al 7075 alloy", *Metallurgical and Materials Transactions A*, 42 (10): 3208-3217, (2011).
- [8] LeMaster R., et al., "Grinding induced changes in residual stresses of carburized gears", *Lateral*, 4 (3): 42-47, (2007).
- [9] Bobor K., et al., "Microstructure and mechanical properties of Al 7075 alloy processed by differential speed rolling", *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 56 (2): 111-115, (2012).
- [10] Karaaslan A., Kaya I., and Atapek H., "Effect of aging temperature and of retrogression treatment time on the microstructure and mechanical properties of alloy AA 7075", *Metal Science and Heat Treatment*, 49 (9-10): 443-447, (2007).
- [11] Mukhopadhyay A., "Development of reproducible and increased strength properties in thick extrusions of low-alloy Al-Zn-Mg-Cu based AA 7075", *Metallurgical and Materials Transactions A*, 28 (11): 2429-2433, (1997).
- [12] Yılmaz R., Özyürek D., and Kibar E., "Yeniden çözültüye alma parametrelerinin 7075 alüminyum alaşımlarının sertlik ve aşınma davranışlarına etkisi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (2): 429-438, (2012).
- [13] Naeem H.T., Mohammad K.S., and Ahmad K.R., "The effect of microalloying of nickel, RRA treatment on microstructure and mechanical properties for high strength aluminum alloy", *Advanced Materials Research*, 925: 253-257, (2014).
- [14] Kumar P.V., Reddy G.M., and Rao K.S., "Microstructure, mechanical and corrosion behavior of high strength AA7075 aluminium alloy friction stir welds-Effect of post weld heat treatment", *Defence Technology*, 11 (4): 362-369, (2015).
- [15] Özyürek D., Yılmaz R., and Kibar E., "RRA işleminde yeniden çözültüye alma parametrelerinin 7075 alüminyum alaşımlarının çekme dayanımına etkisi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (1): 193-203, (2012).
- [16] Temmar M., Hadji M., and Sahraoui T., "Effect of post-weld aging treatment on mechanical properties of Tungsten Inert Gas welded low thickness 7075 aluminium alloy joints", *Materials & Design*, 32 (6): 3532-3536, (2011).
- [17] Chen J., et al., "Investigation of precipitation behavior and related hardening in AA 7055 aluminum alloy", *Materials Science and Engineering: A*, 500 (1-2): 34-42, (2009).
- [18] Kavaklıoğlu Z.B., "Alüminyum alaşımlarında yeniden kristalleşme", *6. Aluminium Symposium*, İstanbul, Türkiye, (2013).