

AA6063 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ H₂SO₄ ORTAMINDAKİ KOROZYON DAVRANIŞINA YAŞLANDIRMA SÜRESİNİN ETKİSİ

Alptekin KISASÖZ¹ (ORCID: 0000-0001-8531-8162)*

¹Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Kimya-Metalurji Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Geliş / Received: 31.10.2017
Kabul / Accepted: 24.01.2018

ÖZ

AA6063 alaşımı hafiflik, mekanik dayanım ve korozyon direnci gibi özellikleri bir arada bulundurması nedeniyle yaygın bir kullanıma sahiptir. Özellikle bu alaşımlara uygulanan çökelme sertleşmesi işlemiyle, mekanik özelliklerde önemli artışlar meydana gelmektedir. Ancak çökelme sertleşmesi işlemi alaşımın korozyon direncini düşürmektedir. Bu çalışmada, AA6063 alaşımı 200°C'de 2, 4 ve 8 saat yaşlandırılmış ve yaşlandırılan numunelerin farklı oranlarda H₂SO₄ içeren (%2, %4, %6) ortamlardaki korozyon davranışları araştırılmıştır. Numunelerin korozyon davranışı, ağırlık kayıplarının incelenmesiyle belirlenmiştir. Ayrıca sertlik ölçümleriyle, yaşlandırma işleminin mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Korozyon testleri sonucunda yaşlandırma süresi arttıkça korozyon oranının arttığı, özellikle 8 saat yaşlandırılan numunenin %6 H₂SO₄ içeren çözeltide yüksek oranda korozyona uğradığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AA6063 alüminyum alaşımı, ısıl işlem, korozyon

EFFECT OF AGING TIME ON THE CORROSION PROPERTIES OF AA6063 ALUMINIUM ALLOY IN H₂SO₄ ENVIRONMENT

ABSTRACT

AA6063 aluminium alloy has been widely used due to its combined properties as lightness, mechanical strength, and corrosion resistance. Especially, precipitation hardening process enhances the mechanical properties of the aluminium alloys. Also, precipitation hardening process reduces the corrosion resistance of the aluminium alloys. In this study, aging treatments are applied to AA6063 aluminium alloy at 200°C for 2, 4 and 8 hours and corrosion behaviour of aged samples is investigated in H₂SO₄ solutions with various H₂SO₄ ratio (2%, 4%, 6%). Corrosion behavior of the specimens is determined by measuring the weight loss. Moreover, the effect of aging treatment on mechanical properties is investigated with hardness measurements. As a result of the corrosion tests, it is determined that the corrosion rate increases as the aging time increase, especially the sample aged for 8 hours has the greater corrosion loss in the solution containing 6% H₂SO₄.

Keywords: AA6063 aluminium alloy, heat treatment, corrosion

1. GİRİŞ

Alüminyum ve alaşımları, metal esaslı malzemeler içerisinde en yaygın kullanıma sahip olan malzemelerdendir. Son 50 yıla ait üretim verileri incelendiğinde, alüminyum ve alaşımlarının tüketimi sürekli artan bir eğilim göstermektedir. Alüminyum alaşımları; hafiflik, korozyon dayanımı, kolay şekil alabilirlik, ısıl ve elektriksel iletkenlik gibi özelliklere sahiptir. Bu üstün özelliklerine bağlı olarak otomotiv, kimya, havacılık ve inşaat gibi endüstrilerde geniş bir alanda kullanılır [1-6].

1900'lerin başında Alfred Wim tarafından çökelme sertleşmesi uygulanabilen alüminyum alaşımlarının geliştirilmesiyle, mekanik dayanım açısından demir esaslı malzemelerle rekabet edebilen alüminyum alaşımları

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 212 383 46 61; e-mail / e-posta: akisasoz@yildiz.edu.tr

A. KISASÖZ

ortaya çıkmıştır. Çökelme sertleşmesi uygulanabilir ilk alüminyum alaşım AA2017 alaşımıdır. 1921 yılında ise AA6051 alaşımı elde edilmiş ve AA6XXX serisi alüminyum alaşımları da yüksek mekanik özelliklere sahip olacak şekilde geliştirilmiştir [7].

AA6XXX serisi alüminyum alaşımları, Al, Si ve Mg içerir. Al, Si ve Mg; AlFeSi intermetalik fazıyla birlikte Mg₂Si intermetalik fazının da oluşumunu sağlar. Böylece mekanik dayanım ve sertlik değerleri yüksek bir alaşım elde edilmiş olur [8]. AA6XXX alüminyum alaşımlarının çökelme sertleşmesi prosesinde; çözeltiye alma işlemi 460°C-530°C sıcaklık aralığında, yapay yaşlandırma işlemi ise 160°C-200°C sıcaklık aralığında uygulanır. Çökelme sertleşmesi işlemiyle, AA6XXX alaşımlarının mekanik dayanım ve sertlik değerlerinde önemli artışlar sağlanır [9-13]. Çökelme sertleşmesi sonrasında mikroyapıda oluşan çökeltiler, alaşımın korozyon dayanımı üzerinde etkilidir.

Alüminyum alaşımlarının yüzeyinde koruyucu bir Al₂O₃ tabakası bulunur ve söz konusu alaşımların yüksek korozyon direncine sahip olmasını sağlar [1]. Yüzeyde bulunan oksit tabakası, 4 ile 8,5 pH aralığındaki ortamlarda sürekli ve alaşımı korozif etkilere karşı korur. Bu pH aralığı dışındaki ortamlarda ise Al₂O₃ tabakasının sürekliliği bozulur ve alüminyum alaşımlarında korozyona bağlı hasarlar oluşur. Özellikle HCl ve H₂SO₄ içeren ortamlar alüminyum alaşımları için oldukça tehlikelidir [14-16].

Bu çalışmada AA6063 alaşımının yaşlandırma koşullarının, korozyon özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, 525°C'de çözeltiye alma ve 200°C'de farklı sürelerde (2 saat, 4 saat ve 8 saat) yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Yaşlandırılan numunelerin korozyon özellikleri çeşitli oranlarda H₂SO₄ (%2, %4 ve %6) içeren çözeltilerde araştırılmıştır. Numunelerin sertlik değişimleri ve korozyon testi sonucunda oluşan ağırlık kayıpları incelenerek, yaşlandırma süresinin AA6063 alaşımının özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

DeneySEL çalışmalarda kullanılan AA6063 alaşımının kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir. DeneySEL çalışmalarda kullanılan numuneler 15x10x5 mm boyutundadır.

Tablo 1. AA6063 alaşımının kimyasal bileşimi (%ağ.).

| Si | Fe | Cu | Mg | Al |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,415 | 0,210 | 0,051 | 0,678 | Kalan |

AA6063 alaşımına 525°C'de 1 saat çözeltiye alma ve 200°C'de 2 saat, 4 saat ve 8 saat olmak üzere 3 ayrı sürede yapay yaşlandırma işlemleri uygulanmıştır. Çökelme sertleşmesi uygulanan numunelere, hacimce %2, %4 ve %6 H₂SO₄ içeren çözeltilerde korozyon testi uygulanmıştır.

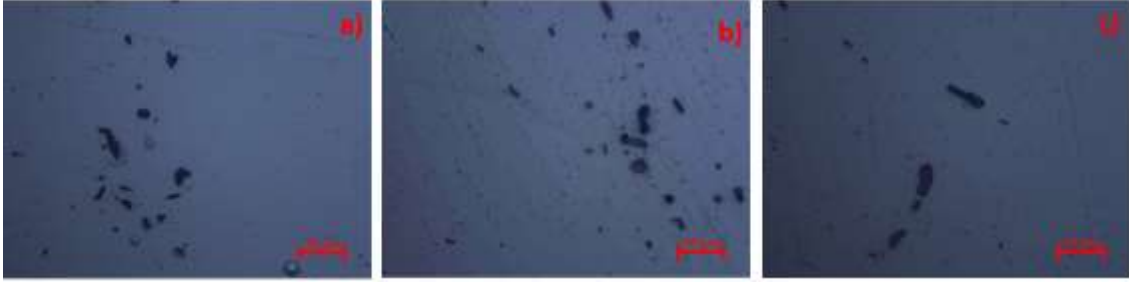
Yaşlandırılan numuneler korozyon testi çözeltilerinde 360 saat bekletilmiştir. Korozyon testi öncesinde numunelerin tartımları yapılmış, yüzey alanları ölçülmüş ve test sırasında 24., 96., 216. ve 360. saatlerde tekrar tartımları yapılarak korozyon kayıpları belirlenmiştir. Korozyon testi sonuçları, birim yüzeydeki ağırlık kaybı olarak ifade edilmiştir. Ayrıca uygulanan korozyon testleri sonucunda (360. saat) Eşitlik (1) yardımıyla korozyon oranı mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

$$r_{cor} = \frac{8760 \cdot m}{S \cdot t \cdot \rho} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de; r_{cor} değeri korozyon oranını (mm/yıl), m değeri korozyon testi sırasında malzemedeki ağırlık kaybını (g), S değeri malzeme yüzey alanını (cm²), t değeri test süresini (saat) ve ρ değeri ise malzemenin yoğunluğunu (g/cm³) temsil etmektedir.

Yaşlandırılan numunelerin mikroyapı özellikleri, ışık mikroskobu incelemesiyle araştırılmıştır. Yaşlandırılan numunelere standart numune hazırlama prosedürü uygulanmıştır. Numuneler 320, 400, 600, 800, 1000, 1200 ve 2000 mesh zımparalar ile zımparalanmış ve 1 µm elmas pasta ile parlatılmıştır. Kimyasal dağlama işlemi ise %0,5 HF çözeltisi kullanılarak yapılmıştır.

Çökelme sertleşmesi işleminin mekanik özellikler üzerindeki etkisi sertlik testiyle araştırılmıştır. Sertlik ölçümleri; Brinell sertlik testi yardımıyla (62,5 kp yük ve 2,5 mm bilya çapı) belirlenmiştir.

AA6063 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ H₂SO₄ ORTAMINDAKİ KOROZYON DAVRANIŞINA YAŞLANDIRMA SÜRESİNİN ETKİSİ

Şekil 1. 200°C’de çeşitli sürelerde yaşlandırılan numunelerin mikroyapı görüntüleri; a) 2 saat, b) 4 saat, c) 8 saat.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Şekil 1’de, 200°C’de çeşitli sürelerde yaşlandırılan numunelerin mikroyapı görüntüleri verilmiştir. Yaşlandırma işlemi sonucunda numunelerin tamamında çökelti oluşumu görülmüş ve yaşlandırma süresi arttıkça çökelti boyutu büyümüştür. Yapay yaşlandırma işleminde sıcaklığın etkisiyle, çökeltilerin oluşumu ve büyümesi doğal yaşlandırmaya göre daha hızlı şekilde gerçekleşmektedir. Çökelti sertleşmesi sonucunda istenen sertlik artışı, doğal yaşlandırmada günler-haftalar mertebesinde gerçekleşmekteyken, yapay yaşlandırmada dakikalar-saatler mertebesinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle 200°C’de 2 saat yaşlandırma süresinden itibaren çökelti oluşumu gerçekleşmiş ve bu çökeltiler işlem süresi arttıkça büyümüştür.

Tablo 2’de farklı derişimlere sahip çözeltilerde uygulanan korozyon testleri sonucunda (360. saat) elde edilen korozyon oranları verilmiştir. Yaşlandırma işlem süresi arttıkça, çökelti miktarının artması ve çökelti boyutunun büyümesi nedeniyle korozyon oranı artmaktadır. Benzer şekilde, korozyon test çözeltisinin H₂SO₄ derişimi arttıkça; korozif ortamın pH değerinin düşmesi ve numune yüzeyindeki oksit tabakasının daha kolay parçalanması nedeniyle korozyon oranı artmaktadır. Özellikle %6 oranında H₂SO₄ içeren çözelti, tüm yaşlandırma sürelerinde önemli bir ağırlık kaybı ve yüksek korozyon oranı oluşumuna neden olmuştur.

Tablo 2. Korozyon testi sonucunda (360. saat) elde edilen korozyon oranları.

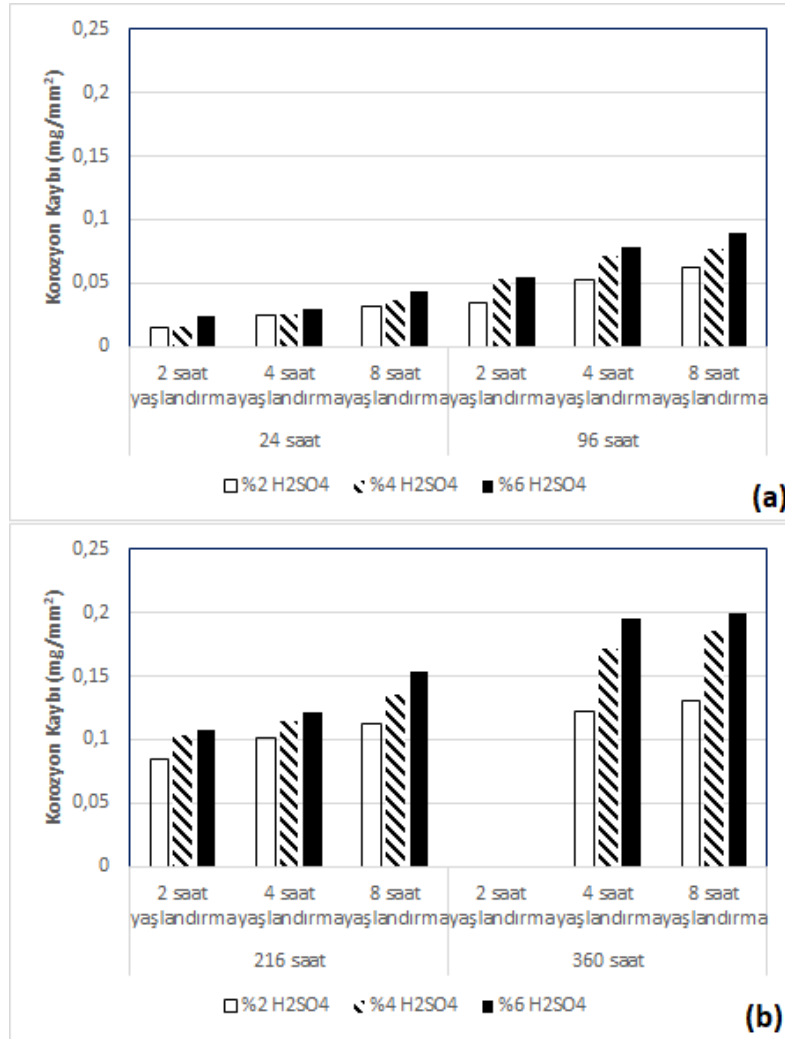
| Yaşlandırma Süresi (saat) | Korozyon Ortamı (% Hacim) | Korozyon Oranı (mm/yıl) |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 2 | %2 H ₂ SO ₄ | 0,110776 |
| | %4 H ₂ SO ₄ | 0,155268 |
| | %6 H ₂ SO ₄ | 0,17706 |
| 4 | %2 H ₂ SO ₄ | 0,11804 |
| | %4 H ₂ SO ₄ | 0,168888 |
| | %6 H ₂ SO ₄ | 0,180692 |
| 8 | %2 H ₂ SO ₄ | 0,119856 |
| | %4 H ₂ SO ₄ | 0,17706 |
| | %6 H ₂ SO ₄ | 0,196128 |

Şekil 2’de üç farklı derişime sahip çözeltilerde uygulanan korozyon testlerinin 24. 96., 216. ve 360. saatlerinde elde edilen korozyon kayıpları görülmektedir. 360 saat sonunda oluşan korozyon kayıpları, 24 saat sonunda oluşan korozyon kayıplarından belirgin şekilde yüksektir. 2 saat ve 4 saat yaşlandırılan numunelerde 24 saat sonunda oluşan korozyon kayıpları, özellikle %2 ve %4 H₂SO₄ içeren çözeltilerde birbirlerine oldukça yakındır. 360 saat sonunda oluşan korozyon kayıpları incelendiğinde ise %2 H₂SO₄ içeren çözeltide, tüm yaşlandırma süreleri için benzer korozyon kayıplarının oluştuğu belirlenmiştir. Şekil 2’de açıkça görüldüğü gibi, korozyon test çözeltisinin H₂SO₄ oranı arttıkça korozyon kayıpları da artmaktadır. Özellikle 8 saat yaşlandırılan ve %6 H₂SO₄ içeren çözeltide korozyon testi uygulanan numunede oldukça yüksek bir korozyon kaybı oluşmuştur.

Şekil 3’te 2 saat ve 4 saat yaşlandırılan numunelere, %2 ve %4 H₂SO₄ içeren çözeltilerde uygulanan korozyon testleri sonucunda elde edilen korozyon kayıpları verilmiştir. 24 saat sonunda numunelerde birbirine oldukça yakın korozyon kayıpları oluşmuştur. Korozyon testi süresi arttıkça meydana gelen korozyon kayıplarında da artış gerçekleşmiştir. 4 saat yaşlandırılan numunede, 2 saat yaşlandırılan numuneye göre daha yüksek oranda çökelti oluşumu gerçekleşmesiyle korozyon dayanımı azalmıştır. Özellikle %4 H₂SO₄ içeren ortamın

A. KISASÖZ

saldırıcılığının yüksek olması (H^+ iyonları artışı nedeniyle düşük pH), malzeme yüzeyindeki oksit tabakasının koruyuculuğunu yitirmesine ve korozyon kaybının artmasına neden olmuştur.



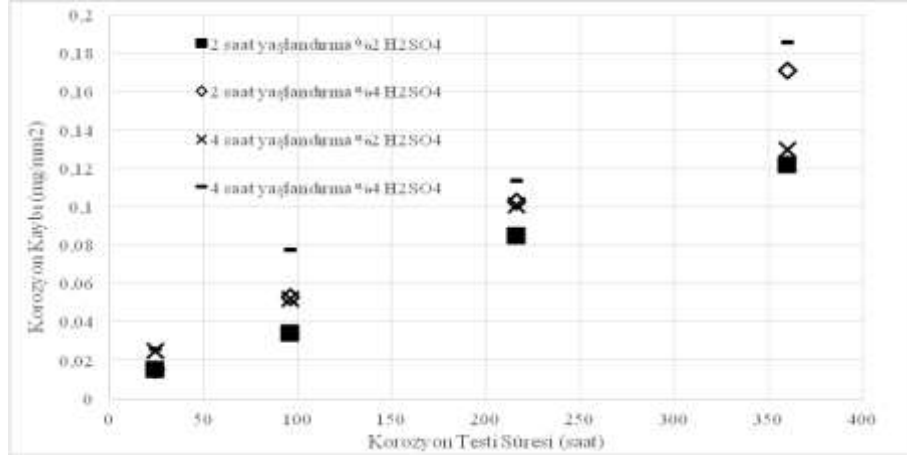
Şekil 2. Korozyon kayıpları; a) 24. ve 96. saat sonunda, b) 216. ve 360. saat sonunda

Yaşlandırılan numunelere, %6 H₂SO₄ içeren çözeltide uygulanan korozyon testlerinin sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. %6 H₂SO₄ içeren çözelti, korozyon oluşumunda diğer iki çözeltime göre oldukça etkili olmuştur. Bunun temel sebebi H^+ iyon derişiminin %6 H₂SO₄ içeren çözeltide yüksek olmasıdır. Tüm yaşlandırma süreleri için, korozyon test süresi arttıkça korozyon kayıpları lineer bir artış göstermektedir. Elde edilen lineer artışın R^2 değerleri incelendiğinde, her üç yaşlandırma süresi için de R^2 değerinin 0,99 olduğu görülmektedir. 8 saat yaşlandırılan numunede oluşan korozyon miktarı, 2 saat ve 4 saat yaşlandırılan numunelerin her ikisinden de belirgin şekilde yüksektir. 4 saat yaşlandırılan numunede meydana gelen korozyon miktarı ise, 2 saat yaşlandırılan numunede meydana gelen korozyon miktarına oldukça yakın değerdedir. Sonuç olarak, 200°C'de 8 saat yaşlandırılan numunede çökelti miktarının artması korozyon dayanımının azalmasına neden olmuştur.

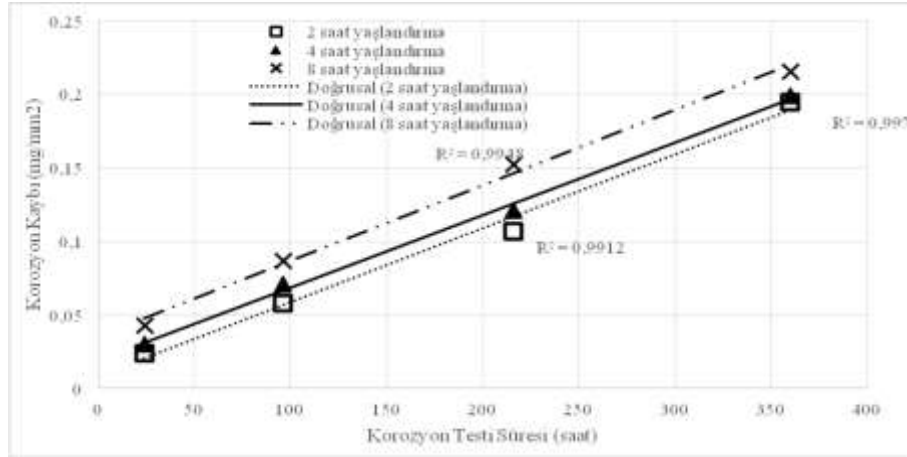
200°C'de farklı sürelerde (2 saat, 4 saat ve 8 saat) yaşlandırılan numunelerin Brinell sertlik değerleri Şekil 5'te görülmektedir. Homojenizasyon tavı uygulanmış numunede ortalama 48 HB olan sertlik değeri, 200°C'de 2 saat yaşlandırma sonucunda ortalama 55 HB değerine yükselmiştir. 4 saat ve 8 saat yaşlandırılan numunelerde ise birbirine oldukça yakın sertlik değerleri elde edilmiştir. Bu numunelerde ortalama 90 HB sertlik değeri ölçülmüştür. 200°C'de 4 saat ve 8 saat süresince uygulanan yaşlandırma işlemleri, AA6063 alaşımının sertliğinde belirgin bir artış meydana getirmiştir. Çökeltme sertleşmesi işleminin, yapay yaşlandırma aşamasında belirli bir işlem süresine kadar sertlik artışı görülmektedir. Artan işlem sürelerinde ise aşırı yaşlanma bölgesine girilmekte ve yaşlandırılan alaşımın sertliğinde düşüş meydana gelmektedir. 200°C'de 4 saat ve 8 saat

AA6063 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ H₂SO₄ ORTAMINDAKİ KOROZYON DAVRANIŞINA YAŞLANDIRMA SÜRESİNİN ETKİSİ

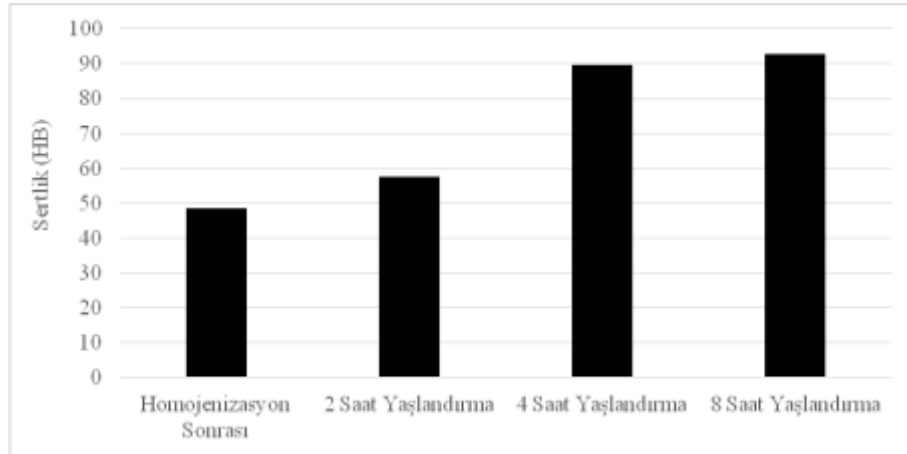
yaşlandırmada yakın sertlik değerleri elde edilmesi; AA6063 alaşımına 200°C’de 8 saatten daha uzun süre uygulanacak olan yaşlandırma işleminde aşırı yaşlanma tehlikesinin var olabileceğini göstermektedir.



Şekil 3. 2 saat ve 4 saat yaşlandırılan numunelerin %2 ve %4 H₂SO₄ içeren çözeltiler içerisindeki korozyon kayıpları.



Şekil 4. Yaşlandırılan numunelere %6 H₂SO₄ içeren çözeltide uygulanan korozyon testlerinin (360. saat) sonuçları.



Şekil 5. 200°C’de 2 saat, 4 saat ve 8 saat yaşlandırılan numunelerin sertlik değerleri.

A. KISASÖZ

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, AA6063 alaşımına 200°C’de üç farklı sürede (2 saat, 4 saat ve 8 saat) uygulanan yaşlandırma işlemlerinin, alaşımın korozyon davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Korozyon testleri farklı oranlarda H₂SO₄ (%2, %4, %6) içeren çözeltilerde, 360 saat boyunca uygulanmıştır. Ayrıca Brinell sertlik ölçümleriyle, yaşlandırma işleminin AA6063 alaşımının mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Korozyon testi sonuçları incelendiğinde AA6063 alaşımının %2 H₂SO₄ içeren çözeltilere karşı korozyon dayanımı olduğu belirlenmiştir. Özellikle 200°C’de 2 saat ve 4 saat yaşlandırılan numunelerin %2 H₂SO₄ içeren çözeltideki korozyon kayıplarının oldukça düşük miktarda olduğu görülmüştür. AA6063 alaşımının, %6 H₂SO₄ içeren çözeltide ise önemli oranda korozyona uğradığı belirlenmiştir. Özellikle 8 saat yaşlandırılan numunenin %6 H₂SO₄ içeren çözeltideki korozyon kaybının, diğer numunelere göre oldukça yüksek miktarda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Sertlik değerleri incelendiğinde, AA6063 alaşımının 200°C’de 2 saat yaşlandırılması sonucunda oluşan sertlik değerinin, homojenizasyon tavı sonrasındaki sertlik değerine oldukça yakın olduğu ve malzemede büyük bir sertlik artışı meydana gelmediği belirlenmiştir. 200°C’de 4 saat ve 8 saat yaşlandırılan numunelerde ise sertlik değerlerinin yakın olduğu ve çökeltme sertleşmesi uygulanmamış AA6063 alaşımının sertliğine göre önemli miktarda artış elde edildiği görülmüştür.

AA6063 alaşımının 200°C’de yaşlandırılmasında 4 saatlik yaşlandırma süresi oldukça iyi sonuçlar vermiştir. 200°C’de 4 saat yaşlandırılan numune; 2 saat yaşlandırılan numuneyle korozyon dayanımı açısından, 8 saat yaşlandırılan numuneyle ise sertlik değerleri açısından rekabet edebilecek niteliktedir.

KAYNAKLAR

- [1] AYTAÇ, A., DAŞÇILAR, B., USTA, M., “The Effect of Extrusion Speed on the Structure and Corrosion Properties of Aged and Non-aged 6063 Aluminum Alloy”, *Materials Chemistry and Physics*, 130, 1357-1360, 2011.
- [2] VARGEL, C., *Corrosion of Aluminium*, Elsevier, Oxford, UK, 2004.
- [3] TOTIK, Y., SADELER, R., KAYMAZ, I., GAVGALI, M., “The Effect of Homogenisation Treatment on Cold Deformations of AA 2014 and AA 6063 Alloys”, *Journal of Materials Processing Technology*, 147, 60-64, 2004.
- [4] TURBALIOĞLU, K., SUN, Y., “The Improvement of the Mechanical Properties of AA 6063 Aluminum Alloys Produced by Changing the Continuous Casting Parameters”, *Scientific Research and Essays*, 6, 2832-2840, 2011.
- [5] SUN, Y., BAYDOĞAN, M., ÇİMENOĞLU, H., “The effect of Deformation Before Ageing on the Wear Resistance of an Aluminium Alloy”, *Materials Letters*, 38, 221-226, 1999.
- [6] ARUN, P.N., GNANAMOORTHY, R., KAMARAJ, M., “Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Oil Jet Peened Aluminium Alloy AA6063-T6”, *Materials Design*, 31, 4066-4075, 2010.
- [7] POLMEAR, I.J., “Aluminium Alloys-A Century of Age Hardening”, *Materials Forum*, 28, 1-17, 2004.
- [8] WU, Y., LIAO, H., “Corrosion Behavior of Extruded near Eutectic AlSiMg and 6063 Alloys”, *Journal of Materials Science and Technology*, 29, 380-386, 2013.
- [9] GAVGALI, M., TOTIK, Y., SADELER, R., “The Effects of Artificial Aging on Wear Properties of AA 6063 Alloy”, *Materials Letters*, 57, 3713-3721, 2003.
- [10] LI, H.Y., ZENG, C.T., HAN, M.S., LIU, J.J., LU, X.C., “Time–Temperature–Property Curves for Quench Sensitivity of 6063 Aluminum Alloy”, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 23, 38-45, 2013.
- [11] HIRTH, S.M., MARSHALL, G.J., COURT, A.A., LYLOYD, D.J., “Effects of Si on the Aging Behaviour and Formability of Aluminium Alloys Based on AA 6016”, *Materials Science and Engineering A*, 319-321, 452-456, 2001.
- [12] ZHAN, Z., MA, X., SUN, Y., XIA, L., LIU, Q., “The Mechanical Properties of Aluminum Alloy by Plasma-Based Ion Implantation and Solution Aging Treatment”, *Surface and Coatings Technology*, 129, 256-259, 2000.
- [13] ESMAEILI, S., LLOYD, D.J., “Modeling of Precipitation Hardening in Pre-aged AlMgSi(Cu) Alloys”, *Acta Materialia*, 53, 5257-5271, 2005.
- [14] PRABHU, D., RAO, P., “Corrosion Behaviour of 6063 Aluminium Alloy in Acidic and in Alkaline Media”, *Arabian Journal of Chemistry*, Basimda, 10.1016/j.arabjc.2013.07.059.

AA6063 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ H₂SO₄ ORTAMINDAKİ KOROZYON DAVRANIŞINA YAŞLANDIRMA SÜRESİNİN ETKİSİ

- [15] OBI-EGBEDI, N.O., OBOT, I.B., UMOREN, S.A., “Spondias Mombin L. as a Green Corrosion Inhibitor for Aluminium in Sulphuric Acid: Correlation Between Inhibitive Effect and Electronic Properties of Extracts Major Constituents Using Density Functional Theory”, Arabian Journal of Chemistry, 5, 361-373, 2012.
- [16] MOON, S.M., PYUN, S.I., “The Formation and Dissolution of Anodic Oxide Films on Pure Aluminium in Alkaline Solution”, Electrochimica Acta, 44, 2445-2454, 1999.