



TAM YOĞUN VE TOZ METAL AA2024 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNE YAŞLANDIRMA İŞLEMİNİN ETKİSİ

Hatice VAROL ÖZKAVAK*, Ezgi Eylem BIÇAKLI²

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Yüksek Lisans Öğrencisi, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

AA 2024,
Yaşlandırma,
Mekanik özellikler,
T/M.

Öz

Bu deneysel çalışmada AA2024 Alüminyum alaşımından üretilmiş toz metal ve tam yoğun malzemelere farklı işlem sıcaklıklarında ve sürelerinde yaşlandırma işlemi uygulanarak alaşımın mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 10*10*55 mm boyutlarında hazırlanan numuneler solüsyona alınmış daha sonra 160 °C, 190 °C ve 220°C sıcaklıklarda 4,8,12,16,20 saat sürelerde yaşlandırma işlemine tabi tutulmuşlardır. Yaşlandırılan numunelerin sertlik ölçümlerinin yanında 3 noktadan eğme deneyleri yapılmıştır. Ayrıca yaşlandırılan numunelerin SEM ile içyapı incelemeleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda tam yoğun malzemelerin mekanik özellikleri toz metal numunelere göre daha yüksek elde edilmiştir. Ayrıca tam yoğun ve toz metal malzemeler için mekanik özelliklerin (sertlik ve eğme dayanımı) 220°C işlem sıcaklığında ve 12 saat işlem süresinde en yüksek değerler elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

THE EFFECT OF FULLY DENSE AND POWDER METAL 2024 ALUMINUM ALLOYS ON AGING PROCESS TO THE MECHANICAL PROPERTIES

Keywords

AA 2024,
Ageing,
Mechanical Properties
P/M

Abstract

In this experimental study, the differences were investigated in mechanical properties by applying aging process to AA2024 Aluminum alloy powder metal and fully dense materials at various process temperatures and durations. For this purpose, the specimen prepared in dimensions of 10 * 10 * 55 mm were taken into solutionizing process and then aged at 160 ° C, 190 ° C and 220 ° C for 4,8,12,16,20 hours, respectively. Beside hardness measurements of aged specimens, 3-point bending tests were performed. In addition, aged specimens were examined by using SEM. As a result of the study, the mechanical properties of fully dense materials were better than those of powder metal samples. In addition, the mechanical properties (hardness and bending strength) for fully dense and powder metal materials have reached the highest values at 220 ° C processing temperature and 12 hours processing time.

Alıntı / Cite

Varol Ozkavak H., Bıçaklı E. E., (2018). Tam Yoğun Ve Toz Metal 2024 Alaşımının Mekanik Özelliklerine Yaşlandırma İşleminin Etkisi, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(4), 650-658.

* İlgili yazar / Corresponding author: haticevarol@sdu.edu.tr, +90-246-211-1841

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
H. Varol Özkavak , 0000-0002-0314-0119	Başvuru Tarihi / Submission Date	29.05.2018
E. E. Bıçaklı , 0000-0001-9648-5978	Revizyon Tarihi / Revision Date	23.09.2018
	Kabul Tarihi / Accepted Date	10.10.2018
	Yayın Tarihi / Published Date	10.12.2018

1. Giriş

Hafif metal sınıfında yer alan alüminyum, demirden 3 kat daha hafiftir. Diğer metallerin ilave edilmesiyle yoğunluğu önemli ölçüde değişmeyen alüminyum ve alaşımları mukavemetinde önemli artışlar meydana gelen mukavemet/ağırlık oranı yüksek olan bir malzemedir. Bunun yanında iyi korozyon direnci, elektrik iletimi ve işlenebilme gibi birçok mükemmel özelliğe sahiptir (Yılmaz vd, 2012). Yüksek mukavemet özelliklerinden dolayı AA2XXX ve AA7XXX serisi Al alaşımları havacılık ve otomotiv alanında yaygın kullanım alanı bulmuştur (Chua, 2014).

AA2XXX serisinin en önemli alaşımlarından birisi olan Al2024 %4,5 Cu, %1,5 Mg ve %0,6 Mn içermektedir (Meyveci,2007) . AA2024 Alüminyum alaşımları arasında en sert, dayanım değerleri ile elastisite modülü en yüksek olan alaşımdır. Ayrıca AA2024 alaşımının sahip olduğu yüksek mukavemet/ağırlık oranı uçak gövde ve kanat imalatında yaygın olarak kullanılmasına neden olmuştur (Dilmec vd,2015).

Metallerin mekanik özellikleri ile mikro yapıları farklı ısıtma yöntemleri uygulanarak değişime uğratarak artırılabilir. Alüminyum ve alaşımları için bu yöntem yaşlandırma işlemidir. Yaşlandırma işlemi doğal ve yapay yaşlandırma olmak üzere ikiye ayrılır ve bu işlem ile Al ve alaşımlarının mekanik, iletkenlik özellikleri değiştirilebilir (Sun,1998) . Al ve alaşımlarına uygulanan ısıtma işlemi solüsyona alma, su verme ve yaşlandırma olmak üzere üç aşamada meydana gelmektedir. Isıtma sırasında yapılan solüsyona alma işlemi sıcaklığı alaşım elamanı cinsi ve miktarlarına bağlı olarak element miktarının artmasıyla değişmektedir. Bu nedenle ısıtma işlemi uygulanacak malzemenin kimyasal kompozisyonunun bilinmesi gerekmektedir. AA 2024 alaşımı için tavsiye edilen solüsyona alma sıcaklığı 490- 503°C civarında olup; işlem süresi 30 dakika civarındadır (Meyveci, 2007; Dilmec vd,2015).

Bu çalışmada farklı ısıtma işlem parametrelerinde (160,190 ve 220°C sıcaklıklarda ve 4,8,12,16,20 saat sürede) yapay yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş Tam Yoğun (TY) ve Toz Metal (T/M) malzemelerin mekanik özellikleri incelenerek karşılaştırılmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Erkal (2014) yaptığı çalışmada AA2024 Al alaşımlarında yaşlandırma ısıtma işleminin mekanik özelliklere ve işlenebilirliğe etkisini ele almıştır. Erkal çalışmasında T0, T3, T6 ısıtma işlemi uygulanmış

numunelerde 250m/dk kesme hızı ve 0,1mm/dev ilerleme hızlarında en ideal yüzey pürüzlülüğü ve düşük kesme kuvveti sonucuna ulaşmıştır.

Dilmeç vd. (2015), çalışmalarında AA2024 alaşımının yaşlandırma sertleşmesi işlemi koşullarının şekillendirilebilirliğe etkisini ele almışlardır. Malzemenin en iyi şekillendirilebilirlik ve dayanıma sahip olduğu ısıtma işlem koşullarını çözümlenmiş alma sıcaklığı 493 °C, çözümlenmiş alma süresi 30 dakika ve suda ani soğutma için gecikme süresi için 2 sn olarak tespit etmişlerdir. Çözümlenmiş alma sıcaklığından sonra en etkili parametrelerin su verme gecikme süresi ve çözümlenmiş alma süresi olduğunu gözlemlemişlerdir.

Güven ve Delikanlı (2012), yapmış oldukları çalışmada AA2024 Alüminyum alaşımında çökelme sertleşmesinin mekanik özelliklere etkisini incelemiştir. Yaşlandırma sıcaklığı ve süresi arttıkça, numunelerin de sertlik değerlerinde artış olduğunu gözlemlemiştir. AA2024 alaşımının yaşlandırma sertleşmesi ile Sertlik değerinin ve çekme dayanımının artması ve % uzama değerinin düştüğü belirlenmiştir.

Abdulzahra ve Tunay (2017) yaptıkları çalışmalarında Al-25-1Mg Alüminyum alaşımına suni yaşlandırma işleminin sertlik üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada numunelere 1,3,6,12 ve 24 saat işlem sürelerinde yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Çalışma sonunda yaşlandırma prosesine bağlı olarak numune sertliklerinin arttığını belirlemişlerdir.

Aydın ve Bayram (2010) yaptıkları çalışmada farklı ısıtma koşullarında AA 2024 alüminyum alaşımlarının korozyon öncesi ve sonrası mekanik özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonunda en düşük kaybın T4 temper koşulunda ve en yüksek malzeme kaybının ise W koşulunda olduğunu belirlemişlerdir.

Bishop vd . (2011) yaptıkları çalışmada AA 2024 ve AA7075 alüminyum alaşımlarına sinterleme, ısıtma işlem, sıkıştırma gibi parametrelerin mekanik özelliklere ve mikro yapıya etkisini incelemiştir. Yazarlar çalışma sonucunda her iki alaşım için de sinterlemenin önemli olduğu, sıcak işlem görmüş numunelerde %99,5 yoğunluğa erişebildiği sonucuna ulaşmışlardır.

Literatürde yaşlandırma işlem parametrelerinin çekme deney sonuçlarını ve aşınma davranışlarının değişimi incelenmiştir. Ayrıca toz metal yöntemiyle üretilmiş değişik Al alaşımlarının yaşlandırma işlemi sonrası mekanik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak Tam Yoğun (TY) ve Toz Metal (T/M)

malzemelerin kıyaslaması yapılmamıştır. Bu çalışma literatüre bu açıdan katkı sağlayacaktır.

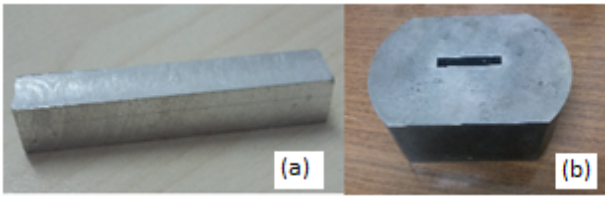
3. Materyal ve Yöntem

Çalışmada piyasadan temin edilen Tam Yoğun (TY) malzemenin kimyasal kompozisyonu ile toz halinde temin edilen AA2024 malzemenin (T/M) kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Deneysel Çalışmalarda kullanılan malzemelerin kimyasal kompozisyonu

Ağırlıkça (%)	Al	Cu	Mg	Mn	Fe
AA 2024 TY	93	4.4	1.5	0.6	0.5
AA 2024 T/M	93.05	4.4	1.8	0.25	0,5

Çalışmanın ilk aşaması deney numunelerinin hazırlanmasından oluşmaktadır. Bu amaçla piyasadan temin edilen TY AA2024 alaşımından 10*10*55 mm boyutlarında prizmatik numuneler hazırlanmıştır. TM numune hazırlığı tozların preslenmesi ve sinterlemesi aşamalarından oluşmaktadır. TM numuneleri için 10*10*55 mm boyutlarında kompakt elde etmek için hazırlanmış kalıp kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Toz metal numunelerin üretiminde kullanılan numune (a) ve kalıp (b)

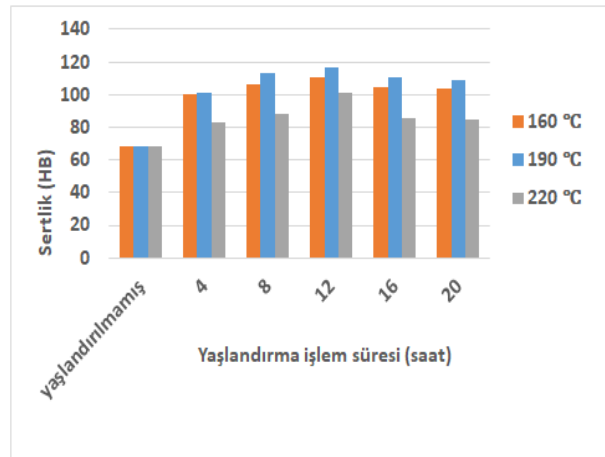
Toz malzeme için belirlenen optimum sıkıştırma basıncı 650MPa'dır. Sıkıştırma ve kolaylıkla numunenin kalıptan çıkarılabilmesi için kalıp duvarları saf alkol içinde çözündürülmüş Zn-Stearat ile yağlanmıştır. Soğuk sıkıştırma işlemi sonrası numunelerin ham yoğunluk değeri 2,60 g/cm³ mertebesinde elde edilmiştir. Sıkıştırma işlemi sonrası numuneler 600°C'de argon gazı ortamında 30 dakika süre ile sinterleme işlemi uygulanmıştır. Sinterleme işlemi sonrası yavaş soğutma uygulanmıştır. Sinterleme sonrası yoğunluk değeri 2,58 g/cm³ elde edilmiştir. Bunu takiben TY ve T/M numuneler yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Bu amaçla TY ve T/M numuneler 500° sıcaklıkta 30 dakika süre ile solüsyona alınmıştır. Solüsyona alma işleminden sonra suda hızlı soğutma işlemi yapılmıştır. Solüsyona alma ve su verme işlemlerinden sonra yaşlandırma işlemine geçilmiştir. Yaşlandırma işlem parametrelerinin etkisini belirlemek amacıyla 3 farklı sıcaklık (160,190 ve 220°C) ve 5 farklı süre (4,8,12,16,20 saat) seçilerek ve bu sıcaklık ve

sürelerde yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Yaşlandırma sonrası numuneler oda sıcaklığına havada soğutulmuştur. Yaşlandırma işlemi sonrasında numuneler 3-nokta eğme deneyleri uygulanmış ve numunelerin sertlik değerleri Brinell sertlik ölçme yöntemi kullanılarak 10kgf ön yük ve 187.5 kgf yükte ölçülmüştür. Bunun yanında yaşlandırma işlem parametrelerinin etkisinin belirlenmesi amacıyla içyapı incelemeleri yapılmıştır. Ayrıca numunelerin kırık yüzeylerinin SEM ve Optik mikroskop incelemeleri de yapılarak mekanik deneyler içyapılar ile desteklenmiştir.

4. Araştırma Bulguları

4.1. Deneysel Sonuçlar

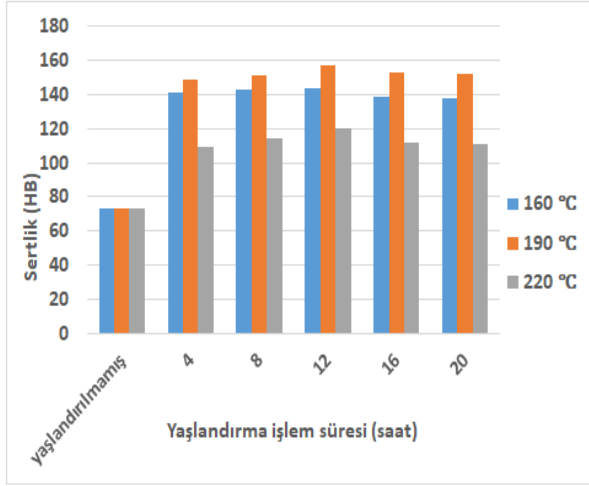
Çalışmada işlem sıcaklığının ve süresinin etkisini belirlemek amacıyla 3 farklı sıcaklıkta ve 5 farklı sürede numunelere yaşlandırma işlemi uygulanmış ve işlem sonrası numunelerin sertlik değerleri ölçülmüştür. Yaşlandırma işlemi uygulanan T/M malzemelerin sertlik değerleri Şekil2' de verilmektedir (Bıçaklı,2018).



Şekil 2. Yaşlandırma işlemi uygulanan T/M malzemelerin sertlik değerleri

Şekil 2 incelendiğinde yaşlandırma işlemi sonrasında en iyi sertlik değerleri 190 °C sıcaklıkta elde edilmiştir. İşlem sıcaklığı 190 °C 'nin üzerine çıkartıldığında sertlik değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Yaşlandırma işlemi yapıda 2. faz çökeltilerin oluşmasına neden olmaktadır. Yaşlandırma işlem sıcaklığının artması ile birlikte çökeltilerin birleşerek kaba hal alması ve 2. fazların irileşmesi dislokasyon hareketini engelleyici mekanizmaları azaltır. Bu durum sertlikte düşüğe neden olmaktadır. Bu nedenle işlem sıcaklığı 220 °C seçilen numunelerin sertlik değerleri düşmüştür. Ayrıca aynı işlem sıcaklığında farklı işlem sürelerinde yaşlandırma işlemi uygulanan numunelerin sertlik değerleri de incelenmiştir. İşlem süresi 12 saate kadar olan numunelerde sertlikte artış meydana gelmiştir. 12 saati geçen yaşlandırma

sürelerinde aşırı yaşlanmanın ortaya çıktığı düşünülmektedir.



Şekil 3. Yaşlandırma işlemi uygulanan TY malzemelerin sertlik değerleri

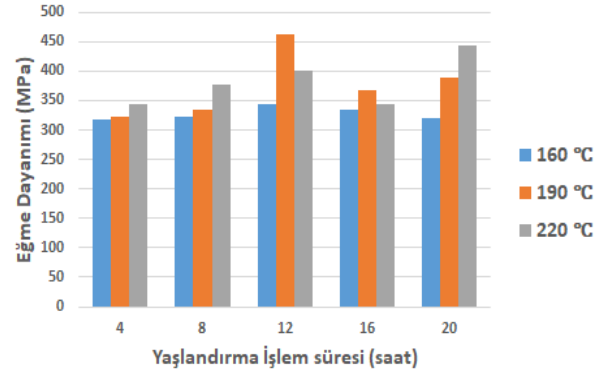
Yaşlandırma işlemi uygulanan tam yoğun malzemelerin sertlik değerleri Şekil 3' te verilmektedir. Şekil 3, incelendiğinde yaşlandırma işlemi sonrası sertlik değerleri yaşlandırılmamış numunelerin yaklaşık 2 katı civarında elde edilmiştir. İşlem sıcaklığı 160 °C seçilmiş tam yoğun numunelerde en yüksek sertlik değeri 144 (HB) olup 12 saat işlem süresinde elde edilmiştir. 12 saati geçen yaşlandırma işlem sürelerinde sertlikte düşüşler meydana gelmiştir. Bu durum 190 °C ve 220 °C işlem sıcaklıkları için de geçerli olup aşırı yaşlanmanın bir sonucu olarak değerlendirilebilir.

Çalışmada ayrıca yaşlandırma işlemi uygulanan numunelerde işlem süresinin yanında işlem sıcaklığının sertliğe etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. İşlem sıcaklığı arttıkça sertlikte artış meydana gelmiştir. Ancak işlem sıcaklığı 190 °C 'nin üzerine çıktığında düşüşler meydana gelmekte olup; 220 °C işlem sıcaklığında yaşlandırılan numunelerin sertlik değerleri diğer işlem sürelerine göre en düşük değerlerde çıkmıştır. 190 °C 'de maksimum sertlik değeri (157(HB)) elde edilmiştir. Bu sonuç literatürdeki diğer çalışmalara benzerdir. (Meyveci,2007). Bu durum difüzyon ile açıklanabilir. Yaşlandırma süresi arttıkça kafes yapıda bulunan boşluklar Guinier-Preston zone (GP) bölgelerinin oluşumuna neden olmaktadır. GP bölgeleri yaşlandırma işleminin ilk aşamalarında meydana gelmektedir. Bu bölgeler matristen daha küçük atom topluluklarının çökmesi sonucu aşırı doymuş katı eriyikten oluşurlar. GP bölgeleri matrisle uyumlu olup kararsızdırlar. Yapıda meydana gelen bölgesel segregasyonlar GP bölgeleri içinde kafes düzlemlerinin distorsiyona uğratarak matris içinde atom tabakalarını genişletir. Ayrıca yaşlandırma işleminin neden olduğu çökelti dislokasyon

hareketini engelleyerek dayanımda artışa neden olurlar. Dayanımdaki artış sertliğe de yansımaktadır. 220 °C 'de meydana gelen düşüş 2. Faz çökeltilerin birleşerek iri hale gelmesi ve çökelti miktarının azalması aşırı yaşlanmayı beraberinde getirmektedir. Dislokasyon hareketleri engelleyici faktörler azalacağı için dayanım ve sertlikte düşüş meydana gelmiştir / Dwright,1999).

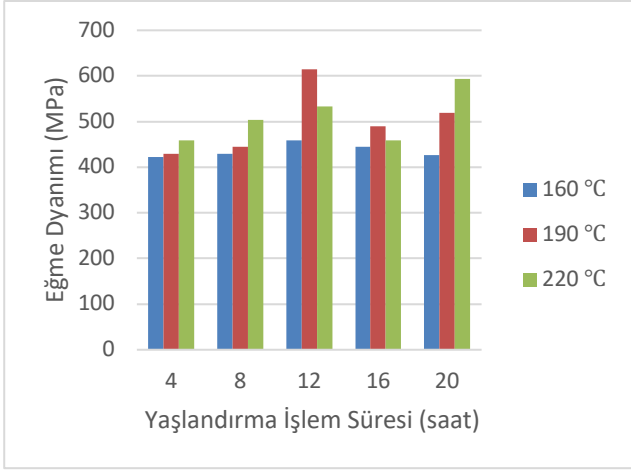
Yaşlandırma işlemi uygulanmış numunelerin eğme dayanımları da incelenmiştir.

Yaşlandırma işlemine tabi tutulan AA2024 T/M numunelerin eğme dayanım değerleri Şekil 4'te verilmektedir. Yaşlandırma sıcaklığı 160 °C seçilen numuneler, 220 °C ve 190 °C sıcaklıkta yaşlandırılan numunelere göre daha düşük dayanım değerleri göstermişlerdir. En yüksek eğme dayanım değeri 190 °C sıcaklıkta yapılan yaşlandırma işleminde 12 saatlik sürede 461,32 MPa olarak elde edilmiştir.



Şekil 4. Yaşlandırma işlemi uygulanan T/M malzemelerin eğme dayanım değerleri

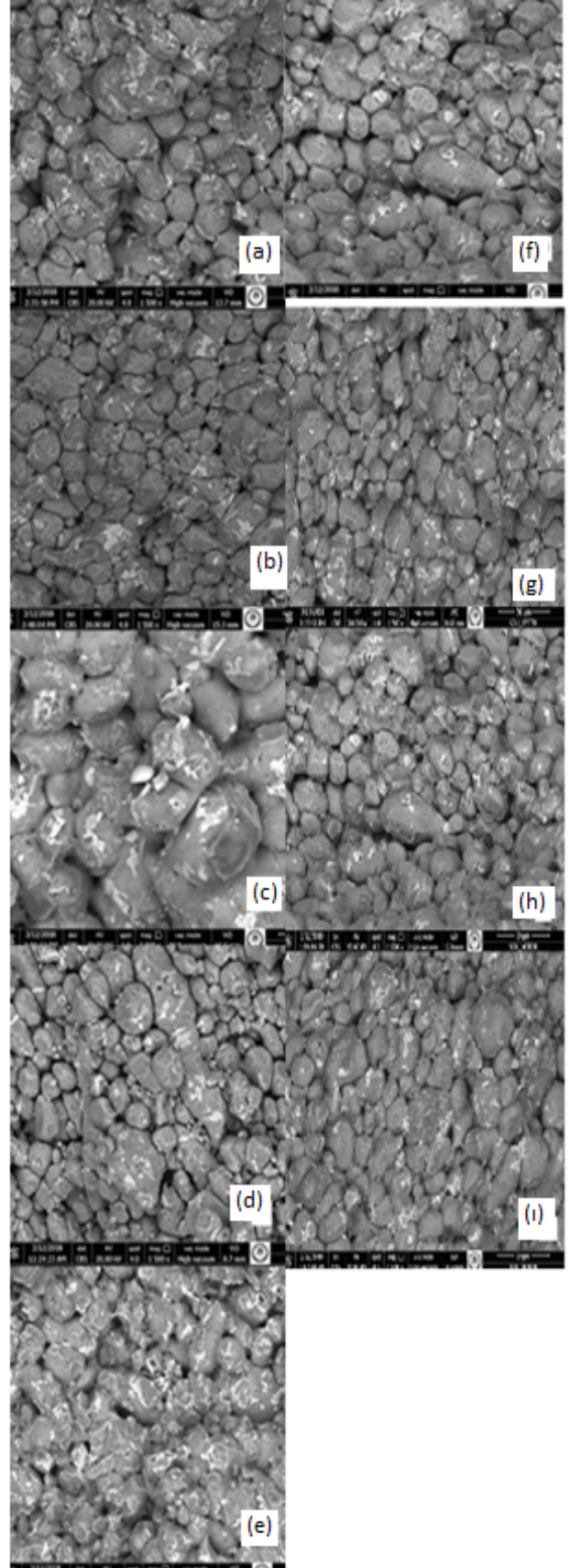
Yaşlandırma ısıl işlemi için seçilen üç sıcaklıkta (160 °C, 190 °C ve 220 °C) da 12 saatlik yaşlandırma süresine kadar eğme dayanım değerlerinde artış gözlemlenmiştir. 12 saatlik işlem süresi sonunda sürenin artması ile eğme dayanım değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Çökelti sertleşmesi işlemi uygulanan bir alaşımın yüksek dayanıma sahip olmasının nedeni, disperse olan çökelti fazları ile dislokasyonların etkileşimleridir. Dislokasyon hareketini engelleyen durumlar malzemenin dayanımını arttırmaktadır. Yaşlanma sırasında GP zonları ve bazı durumlarda geçiş çökeltileri oluşarak, hacim oranları bir denge değerine ulaşana kadar büyümektedir. Bu süreçte hacim oranı esas olarak sabit kalır ve partiküller kabalaşır. Bu durumda dayanım artar ancak partiküllerin büyümesi ile dayanım artışı hızı da yavaşlar. Nihayetinde partiküller, partikül halkalanmasına izin verecek ve dayanımı düşürecek düzeyde büyük hale gelirler veya birbirlerinden uzaklaşırlar (Yaylacı, 2010). Bu durum çökelti sertleşmesi ile maksimum seviyeye çıkan dayanım değerlerinin, sıcaklık ve sürenin etkisi ile aşırı yaşlanmaya bağlı olarak dayanımın düşmesine neden olmaktadır.



Şekil 5. Yaşlandırma işlemi uygulanan TY malzemelerin eğme dayanım değerleri

Tam yoğun malzemelere ait eğme dayanım değerlerinin işlem üresi ve sıcaklığına göre değişimleri Şekil 5'te verilmektedir. Yaşlandırma işlemi uygulanmış TY numunelerin eğme dayanım değerleri incelendiğinde işlem sıcaklığı 220 °C seçilen numunelerin eğme dayanımları en düşük değerlerde elde edilmiştir. İşlem sıcaklığı 160 °C'den 190 °C'ye çıkartıldığında eğme dayanım değerleri artmıştır. İşlem sıcaklığı 190 °C olan numunelerde en yüksek eğme dayanım değeri (615,10 MPa) elde edilmiştir.

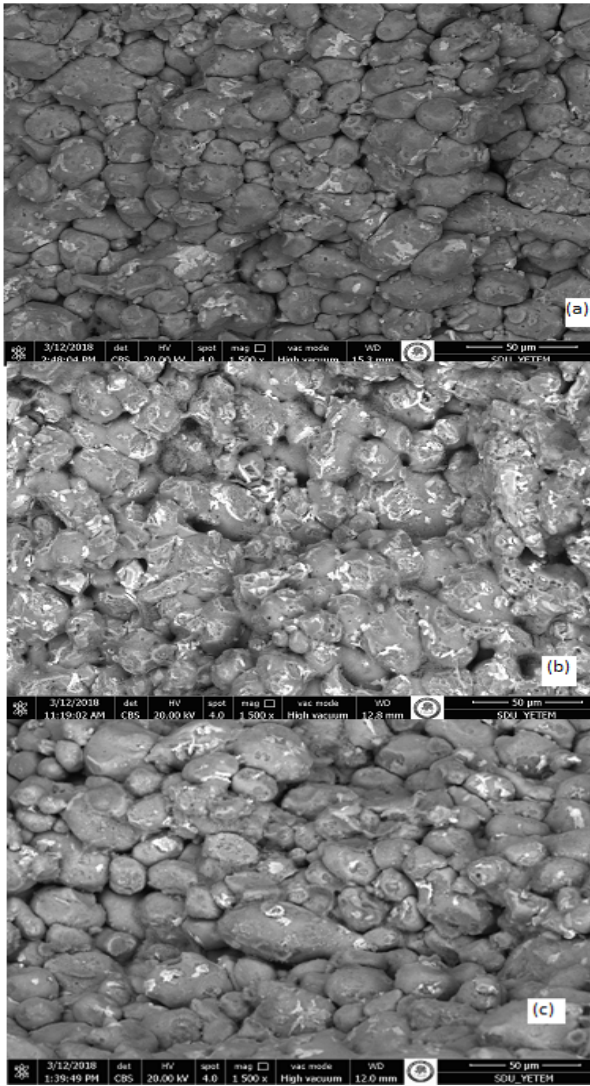
Şekil 6'da T/M yöntemi ile üretilen numunelerde 160 °C , 190 °C ve 220 °C işlem sıcaklığı ve 4,12,20 saat işlem sürelerinde yaşlandırma işlemi uygulanmış T/M numunelere ait kırık yüzey görüntüleri verilmektedir. Bu görüntülerden sinterlemenin yeterince yapıldığı anlaşılmaktadır. Toz partiküllerinin kaybolarak difüzyonla tanelerin oluştuğu ve bu esnada tane sınırlarının ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Bundan başka sinterleme şartlarının uygunluğunun önemli göstergelerinden birisi de gözeneklerin küresel şekil olmasıdır (German,2007).



Şekil 6. (a) 160 °C'de 4 saat; (b) 160 °C'de 12 saat; (c) 160 °C'de 20 saat; (d) 190 °C'de 4 saat; (e) 190 °C'de 12 saat; (f) 190 °C'de 20 saat; (g) 220 °C'de 4 saat; (h) 220 °C'de 12 saat; (i) 220 °C'de 20 saat yaşlandırma işlemi uygulanmış T/M numunelerin kırık yüzey görüntüleri

T/M yöntemi ile üretilen parçaların mekanik özelliklerine gözenek miktarı etki etmektedir. Gözenek miktarının artması ile sertlik, dayanım ve dinamik yüklere karşı tepkide düşüş meydana gelir (German,2007). Çalışmada T/M yöntemi ile üretilen numunelerde yaklaşık % 6,9 oranında gözenek mevcuttur. Gözeneklerin varlığı sonucunda T/M numunelerin sertlik ve dayanım değerlerini TY numunelere göre daha düşük çıkmasına neden olmuştur (Şekil 2-5).

T/M malzemelere ait mekanik deney sonuçları incelendiğinde en yüksek dayanım değerleri tüm işlem sıcaklıklarında 12 saat işlem süresinde elde edilmiştir. Bu nedenle 12 saat işlem süresince yaşlandırma işlemi uygulanan T/M numunelerin kırık yüzeyleri Şekil 7'de verilmektedir.

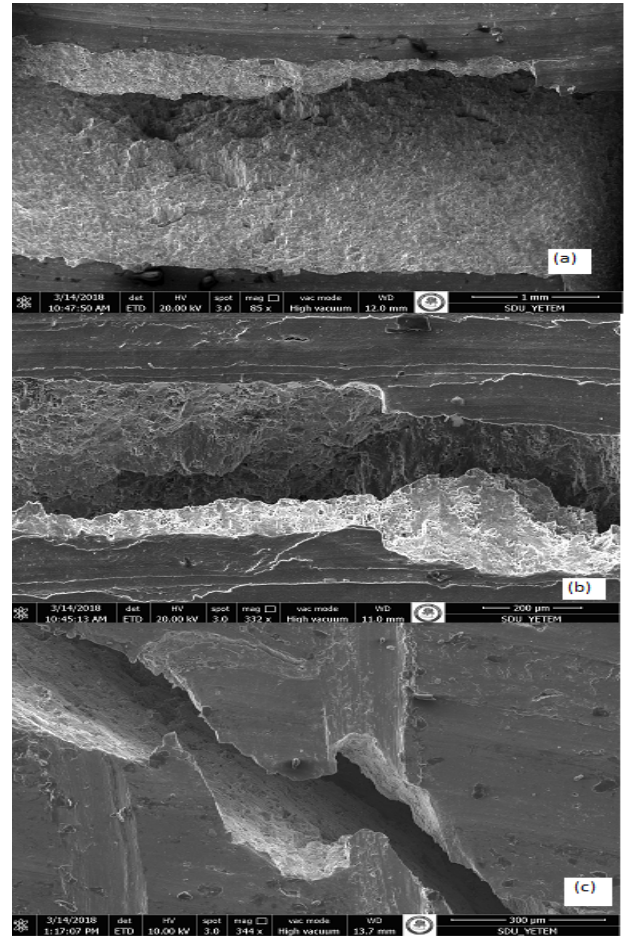


Şekil 7. 12 saat işlem süresinde değişik işlem sıcaklıklarında ((a) 160 °C ; (b) 190 °C; (c) 220 °C) yaşlandırma işlemi uygulanmış T/M numunelere ait kırık yüzey görüntüleri

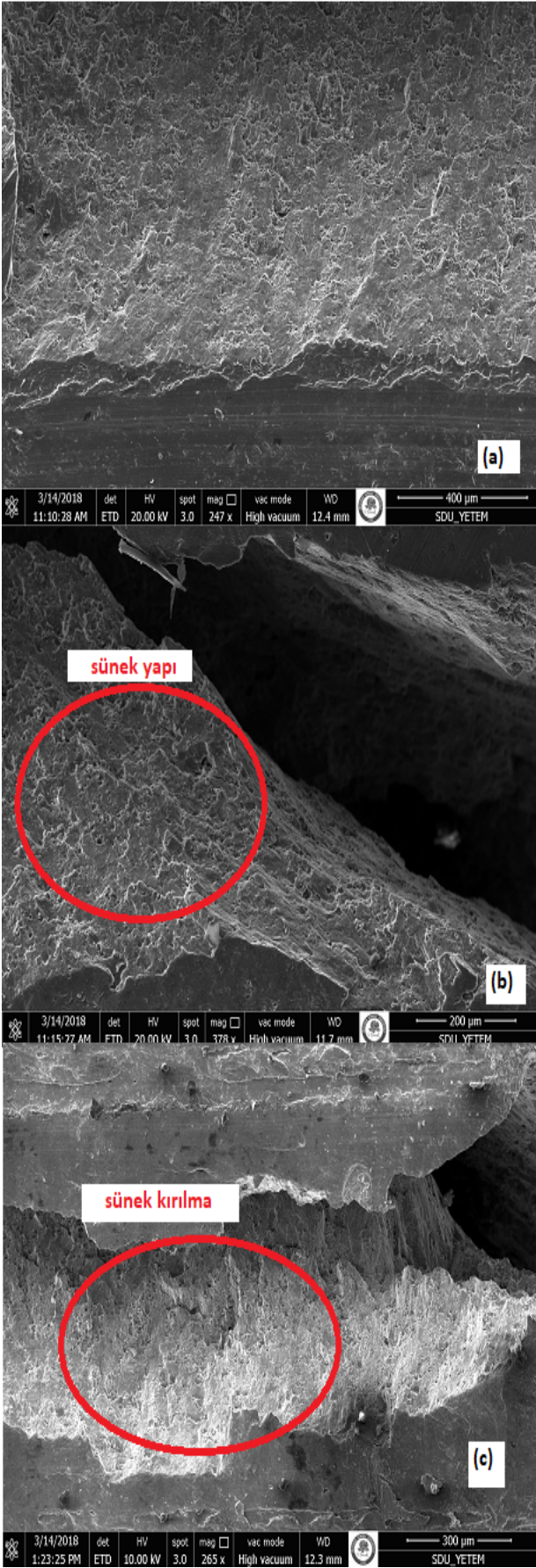
Şekil 7 incelendiğinde 160 °C işlem sıcaklığında tane yapılarının büyük ve gözeneklerinin çokluğu dikkat çekmektedir. Gözenek miktarı 190 °C işlem

sıcaklığında azalmış ve tane sınırlarına doğru kaymıştır. 220 °C işlem sıcaklığında ise tanelerin birleşerek daha büyük hale dönüştüğü gözlemlenmiştir.

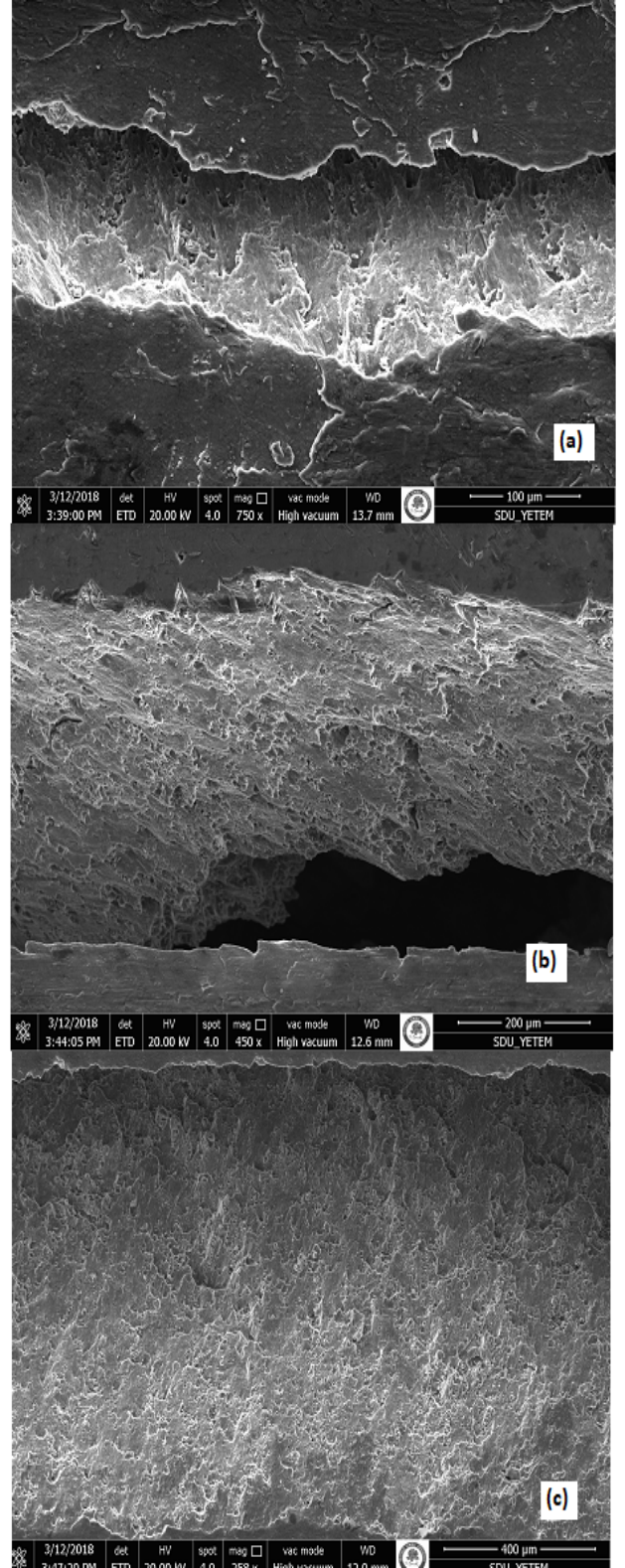
Çalışmada T/M numunelerin yanı sıra tam yoğun (TY) malzemelerin kırık yüzeyleri de SEM ile incelenmiştir. Eğme deneyi sonucu tam yoğun malzemelerin çoğu tamamen kırılmamıştır. Tam yoğun malzemelerin mikro yapı incelemeleri çatlak oluşum bölgelerden yapılmıştır. Şekil 8 'de 160 °C işlem sıcaklığında 4,12 ve 20 saat işlem sürelerinde; Şekil 9' da 190 °C işlem sıcaklığında 4,12 ve 20 saat işlem sürelerinde ve Şekil 10' da 220 °C 'de 4,12 ve 20 saat işlem sürelerinde yaşlandırma işlemi uygulanmış tam yoğun numunelere kırık yüzeylerine ait SEM görüntüleri verilmektedir. Şekil 8 incelendiğinde 160 °C işlem sıcaklığında tam yoğun numunelerde gamzeli bir yapı gözlemlenmiştir. Bu yapılar sünek kopmanın bir göstergesidir. İşlem süresi artırdığında yapıdaki gözenekler gittikçe azalmakta ve yapının daha da sünek hal aldığı gözlemlenmiştir. 190 °C ve 220 °C işlem sıcaklıklarında gözeneklerin varlığı gittikçe azalmış ve değişik partikül gözenekleri meydana gelmiştir. Ayrıca tane içi kopmalar sıcaklık arttıkça artmıştır.



Şekil 8. 160 °C'de değişik işlem sürelerinde ((a) 4 saat; (b) 12 saat; (c) 20 saat) yaşlandırma işlemi uygulanmış TY numunelere ait kırık yüzey görüntüleri

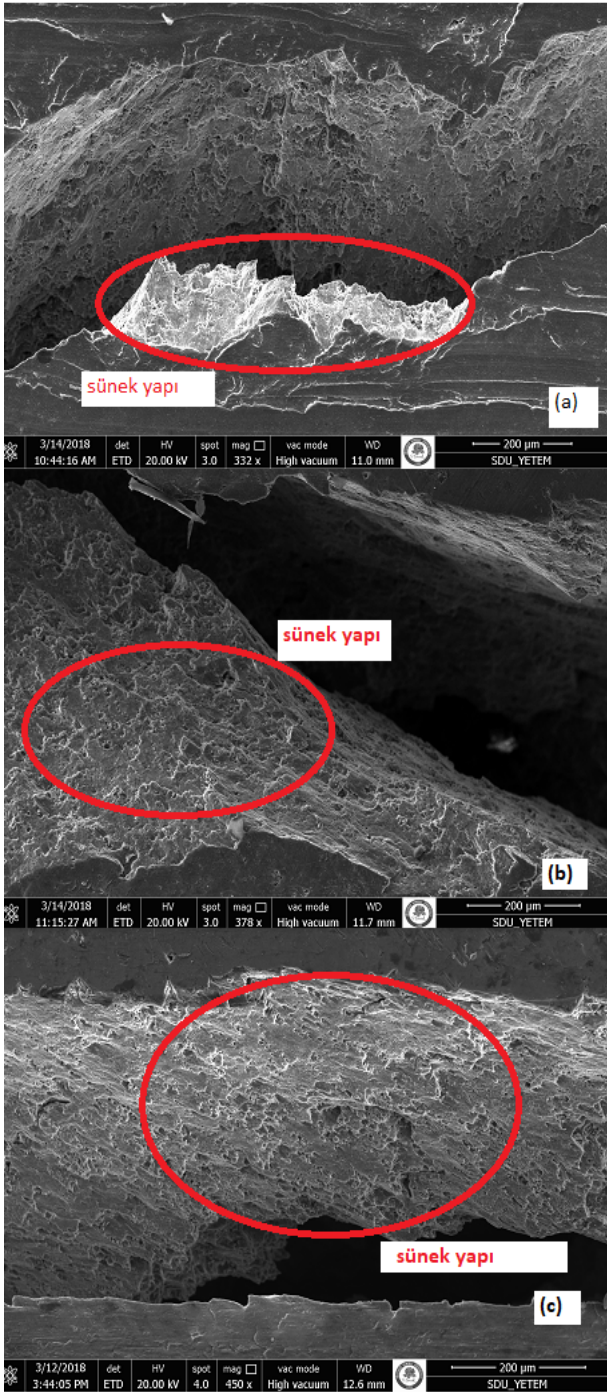


Şekil 9. 190 °C'de değişik işlem sürelerinde ((a) 4 saat; (b) 12 saat; (c) 20 saat) yaşlandırma işlemi uygulanmış TY numunelere ait SEM görüntüleri



Şekil 10. 220 °C'de değişik işlem sürelerinde ((a) 4 saat; (b) 12 saat; (c) 20 saat) yaşlandırma işlemi uygulanmış TY numunelere ait SEM görüntüleri

Mekanik deneylerde en iyi işlem süresi 12 saat belirlenmiştir. 12 saat yaşlandırma işlem süresi ve değişik işlem sıcaklığı (160 °C; 190 °C ve 220 °C) uygulanmış numunelere ait kırık yüzey görüntüleri Şekil 11 'de verilmektedir. Şekil incelendiğinde yapıda sünek davranış belirgin hal almıştır.



Şekil 11. 12 saat işlem süresinde değişik işlem sıcaklıklarında ((a) 160 °C, ; (b) 190 °C; (c) 220 °C; yaşlandırma işlemi uygulanmış TY numunelere ait kırık yüzey görüntüleri

5. Sonuç ve Tartışma

Hafifliğin, sertliğin ve dayanımın önemli olduğu uygulamalarda AA2024 alaşımı yaygın olarak tercih edilmektedir. Çalışmalar bu alaşımın mekanik özelliklerini artırma üzerine yoğunlaşmıştır. Bu amaçla çalışmalarda genelde yaşlandırma işleminin etkisi incelenmiştir. Ancak bu malzemenin T/M yöntemiyle üretimi yapılarak yaşlandırmanın etkisi incelenmemiştir. Bu amaçla bu çalışmada hem T/M

hem de Tam Yoğun malzemelerden hazırlanmış numunelere değişik işlem sıcaklıklarında (160,190 ve 220°C)ve sürelerinde (4,8,12,16,20 saat) yaşlandırma işlemi uygulanmış ve işlemin mekanik özelliklere (sertlik ve eğme dayanımı) etkisi incelenmiştir. Toz metal malzemeler için en yüksek sertlik değeri 12 saat işlem süresi ve 190°C işlem sıcaklığında elde edilmiş olup 144 (HB) değerindedir. Tam yoğun malzemelerde elde edilen maksimum sertlik değeri 157 (HB)'dir. Bu durum T/M numunelerde gözenegin mekanik özelliklere etkisini göstermektedir.

Yaşlandırma işlemine tabi tutulan AA2024 TM numunelerin eğme dayanım değerleri 280-350 MPa aralığındadır. En yüksek eğme dayanım değeri 190 °C sıcaklıkta yapılan yaşlandırma işleminde 12 saatlik sürede 461,32 MPa olarak elde edilmiştir. Yaşlandırma işlemi uygulanmış TY numunelerin eğme dayanım değerleri incelendiğinde yaşlandırma işlem sıcaklığı 220 °C seçilen numunelerin eğme dayanımları en düşük değerlerde elde edilmiştir. Yaşlanma işlem sıcaklığı 160 °C'den 190 °C'ye çıkartıldığında eğme dayanım değerleri artmıştır. İşlem sıcaklığı 190 °C olan numunelerde en yüksek eğme dayanım değeri (615,10 MPa) elde edilmiştir.

Tam yoğun ve T/M malzemeler kendi aralarında kıyaslandığında Tam yoğun malzemelerin sertlik değeri T/M malzemeye göre yaklaşık 1,5 kat fazla elde edilmiştir. Benzer olarak T/M malzemelerin eğme dayanımı tam yoğun malzemelerin eğme dayanımının %75'i civarında çıkmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 4851-YL1-17 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

- Erkal, S., 2011. Aa2024 Alüminyum Alaşımlarında Yaşlandırma Isıl İşlemlerinin Mekanik Özelliklere ve İşlenebilirliğe Etkisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 91s, Ankara.
- Bishop, D.P., Caley, W.F., Kipouros G.J., Hexemer, R.L., Donaldson I.W., 2011. Powder Metallurgy Processing Of 2XXX And 7XXX Series Aluminium Alloys. Canadian Journal of Metallurgy and Material Science, Volume 50, No:3.

Aydın, H., Bayram , A., 2010. Farklı Isıl İşlem

Koşullarındaki 2024 Alüminyum Alaşımının Korozyon Sonrası Mekanik Özelliklerindeki Kaybın Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 15, Sayı1.

Aldulzahra, H.I., Tunay R.F., 2017. Suni Yaşlandırma İşleminin Alüminyum Alaşımının Sertliği Üzerine Etkisi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım dergisi, 5(3)-525-532.

Güven, Ş.,Y.,Delikanlı, Y.,E., 2012. AA 2024 Alüminyum Alaşımında Çökelme Sertleşmesinin Mekanik Özelliklere Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi, Cilt 2, Sayı:2(4), 13-20.

Dilmeç, M., Tınkır, M., Arıkan, H., 2015.Al 2024 Alaşımının Çökelme Sertleşmesi İşlemi Koşullarının Şekillendirilebilirliğe Etkisinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 30, Sayı 1

Meyveci, A., 2007. Yaşlandırılmış 2XXX ve 6XXX Serisi Alüminyum Alaşımının Aşınma Davranışlarının İncelenmesi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilim uzmanlığı Tezi, 109s. Karabük.

Yılmaz, R., Özyürek ,D., Kibar, E., 2012. Yeniden Çözeltiye Alma Parametrelerinin 7075 Alüminyum Alaşımının Sertlik Ve Aşınma Davranışlarına Etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 27,No 2, 429-438.

Sun, Y., 1998. Yaşlanabilir Alüminyum Alaşımının Aşınma Davranışları, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalürji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Chua, A.S., 2014. Development Of Aluminium Powder Metallurgy Alloys For Aerospace Applications. Dalhousie University, Master Thesis, Nova Scotia.

Yaylacı, E., 2010. Malzemelerde Çökelme Sertleşmesi, Erişim tarihi: 04.03.2018. <http://eyupyaylaci.com/malzemelerde-cokelme-sertlesmesi/>.

German, R., M., 2007. Toz Metalurjisi ve Parçacıklı Malzeme İşlemleri, Çev. Sarıtaş, S., Türker, M., Durlu, N. Türk Toz Metalurjisi Derneği Yayınları, 574s, Ankara.

Dwight, J., 1999. Aluminum Design and Construction, E & FN Spon Routledge, New York.

Bıçaklı, E.E., 2018. Tam Yoğun ve T/M AA2024 Alüminyum Alaşımının Mekanik Özelliklerine Yaşlandırmanın Etkisinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.