



AZ31 Magnezyum Alaşımı İçin Aşırı Yaşlandırmanın Bazı Mekanik Özelliklere Etkisi

Mehmet ŞAHBAZ*^{ID}

(Alınış / Received: 04.10.2021, Kabul / Accepted: 09.12.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Basma Testi
Charpy Darbe Testi
Isıl İşlem
Sertlik Testi

†Öz: Bu çalışmada ağırlığına oranla yüksek mukavemeti ile son yıllarda oldukça ilgi gören magnezyum alaşımlarından alüminyum (Al~%3) ve çinko (Zn~%1) oranının çoğunlukta bulunduğu AZ31 alaşımının ısıl işlemler sonucu bazı mekanik özellikleri incelendi. Numunelere ilk olarak iki saat boyunca 345 °C sıcaklıkta homojenleştirme tavlama yapıldı, böylece malzemedeki iç gerilmeler giderilmiş oldu. Daha sonra karşılaştırma yapmak için numunelerin bir kısmına 180 °C de 12 saat süreyle yapay aşırı yaşlandırma işlemi yapıldı. Mukavemet değerlerinin ölçümü için basma ve sertlik testleri uygulandı ve elde edilen sonuçlar gösterdi ki; aşırı yaşlandırma işlemi malzemenin basma ve sertlik değerlerinde olumlu bir etki göstermedi. Ayrıca bu çalışmada, Charpy impact testi kullanılarak aşırı yaşlandırma işleminin malzemenin ani darbeler karşısındaki dayanımına etkisi incelenmiştir. Sertlik ve basma test değerlerinin aksine darbe test sonuçları, aşırı yaşlandırmadan olumsuz etkilenmemiş olup, aşırı yaşlandırılan malzemenin darbe sönümlenme dayanımı (J/cm²) tavlama sonrası yaklaşık %13 daha yüksek elde edildi. Bunun sebebi aşırı yaşlandırılmış malzemenin tane sınırlarındaki çökelmelerin ani dinamik yükleme sonucu göstermiş oldukları davranışlarıyla açıklanabilir.

The Effect of Over-Aging on Some Mechanical Properties for AZ31 Magnesium Alloy

Keywords

Compression Test
Charpy Impact Test
Heat Treatment
Hardness Test

Abstract: In this study, some mechanical properties of the AZ31 alloy, which has the majority of aluminum (Al~3%) and zinc (Zn~1%) magnesium alloys, which have attracted a lot of attention in recent years due to its high strength compared to its weight, were investigated as a result of heat treatment. The samples were first homogenized annealed at 345 °C for two hours, so that the internal stresses in the material were relieved. Then, for comparison, some of the samples were artificially over-aged at 180 °C for 12 hours. Compression and hardness tests were applied to measure the strength values and the results showed that; The over-aging process did not have a positive effect on the compression and hardness values of the material. In addition, in this study, the effect of over-aging on the strength of materials against sudden impacts was investigated using the Charpy impact test. Contrary to the hardness and compression test values, the impact test results were not adversely affected by over-aging, and the impact damping strength (J/cm²) of over-aged materials was obtained approximately 13% higher than the annealed ones. The reason for this can be explained by the behavior of the grain boundary precipitates of the over-aged material as a result of sudden dynamic loading.

1. Giriş

Metallerin darbe (impact) testleri, malzemelerin kırılma özelliklerini incelemek için kullanılan en yaygın testlerden biridir. Bu test ile önceleri sadece kırılma enerjisi elde edilebilirken günümüzde daha fazla bilgi elde

¹ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 70100, Karaman

edilebilmekte, tüm kuvvet-yer değiştirme eğrisini ölçmeye izin veren aletli Charpy cihazları kullanılmaktadır [1-3]. Bununla birlikte, darbe testleri, hızlı ve ekonomik olma özelliğiyle, bir maddenin tokluğunu değerlendirmek için en yaygın kullanılan testlerden biri olarak kabul edilmektedir. Genellikle Charpy darbe testi, malzemeler darbe yükü ile kırılırken kırılma sırasında emilen enerji miktarını hesaplayarak malzemelerin darbe direncini veya tokluğunu belirlemek için yapılmaktadır. Darbe testi, sıcaklığın darbe enerjisi üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak için çeşitli sıcaklıklarda da gerçekleştirilebilir. Böylece, bir malzemenin belirli şartlardaki ortam ve uygulama için uygunluğunu değerlendirmede ve beklenen hizmet ömrünü tahmin etmede çok faydalı olabilecek test sonuçları elde edilir. Bu test, metaller, kompozitler, seramikler ve polimerler gibi mühendislik malzemelerinin çentik hassasiyetini ve darbe tokluğunu belirlemek için ekonomik bir kalite kontrol yöntemi olarak kullanılmaya devam etmektedir [4].

Metallerin darbe testleri, bir malzemenin gevrek veya sünek olarak sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağını da gösterir. Test esnasında sönmelenen enerji miktarı metalin gevrekliği veya kırılabilirliği hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar. Test sonrası kırılma yüzeyinin görünümü, meydana gelen kırılma tipi hakkında bilgi verir; kırılma bir malzemenin yüzeyi parlak ve kristaldir, sünek bir malzeme yüzeyi ise donuk ve liflidir. Darbe testi sonrası kırılan yüzeyden hesaplanan yüzde (%) kristallik oranı, gevrek kırılma miktarının bir ölçüsüdür. Yine darbe testi sonrası kırılan yüzeyin kesit alanı ölçülerek tespit edilen yanal genişleme ise, numunenin sünekliğinin bir ölçüsüdür. Sünek bir metal kırıldığında, test parçası kırılmadan önce deforme olur ve malzeme, sıkıştırma yüzünün kenarlarından yığılma yapar. Numunenin bu şekilde ne kadar deforme olduğu ölçülür ve milimetre yanal genişleme olarak ifade edilir. Charpy testinin sonuçlarında, emilen enerji (Joule cinsinden) genellikle verilirken, yüzde kristallik ve yanal genişleme çoğu zaman verilmaz [5].

Ayrıca yaşlandırma, tavlama, homojenleştirme ve çöktürme alma gibi ısıl işlemlerin metal malzemelerin mikroyapısı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri de bilinmekte ve bu alanda incelemeler devam etmektedir [6]-[10]. Aşağıda literatürde rastlanan ve bu çalışmanın altyapısını oluşturan çalışmalardan bazıları kısaca özetlenmiştir. Kerenciler vd. yaptıkları çalışmada yaşlandırma işleminin AZ31 Magnezyum alaşımının mekanik ve mikroyapısal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır [16, 17]. Gür vd. yaptıkları çalışmada ramor zırh çeliğinin farklı sıcaklıklarda tavlama ve farklı ortamlarda soğutulması sonucu mikroyapı ve sertlik değerlerindeki değişimleri incelemişlerdir. Kızılkaya ve Ovalı ise AISI-4140 çeliğine yüksek sıcaklıkta östenitleme ve temperleme ısıl işlemleri uygulayıp devamında ise -197 C de kriyojenik işlem uygulamışlardır. Bu işlemlerin malzemenin sertlik ve Charpy darbe dayanımını artırdığını test ederek göstermişlerdir. Matik ise akımsız Ni-B kaplanmış demir esaslı toz metal kompaktların sertlik ve yapısal özelliklerine ısıl işlemin etkisini incelemiş ve sonuçları çalışmada göstermiştir. Şahbaz vd. yaptıkları çalışmada AA5083 ve AZ31 alaşımlarına aşırı plastik deformasyon (APD) uygulamadan önce tavlama ısıl işlemi yaparak malzemeleri homojenleştirmiş, böylece APD işleminin malzemelerin mikroyapısı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini daha doğru ve hassas belirlemişlerdir [9-10].

Bazı çalışmalarda ise doğrudan yapay yaşlandırmanın malzeme tokluğu üzerindeki etkileri incelenmiştir [11], [12]. Alexopoulos vd. farklı yaşlandırma ortamlarının A357 (Al-7Si-0.7Mg) alaşımının dinamik tokluğu üzerine etkisini Charpy darbe testi kullanarak incelemişlerdir. Liu vd. ise bir magnezyum alaşımı olan Mg-10Gd-3Y-0.5Zr için bazı ısıl işlemlerin malzemenin yorulma ve kırılma tokluğu özelliklerinde meydana getirdiği değişimleri incelemişlerdir.

Magnezyum 1.738 g/cm³ yoğunluk ile alüminyumdan üçte bir oranında daha hafif olması nedeniyle, otomotiv, havacılık ve bilişim endüstrisi gibi sektörlerde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Ayrıca magnezyum hekzagonal kristal kafes yapısına sahip bir malzeme olduğu için oda sıcaklığında şekillendirilmesi zordur ve 150 °C altında şekil değişimine karşı yüksek direnç göstermektedir [13].

Bununla birlikte, genel olarak alaşım şeklinde kullanılan magnezyumun alüminyum içeren alaşımlarında (AZ, AS, AM vb. seriler) alüminyum magnezyum ile reaksiyona girerek β (Mg₁₇Al₁₂) fazını oluşturmaktadır. Bu durum, alaşımın genel olarak dökülebilirliğini, sertliğini ve akma mukavemetini arttırmakla birlikte malzemenin sünekliğini de geliştirmekte alaşımın korozyon dayanımını iyileştirmektedir. Çinko (Zn), Mg alaşımlarında genellikle Al ile beraber kullanılmaktadır ve Mg içerisinde kolay bir şekilde çözünebilmektedir. Mg ile reaksiyona girerek ikincil fazı oluşturmakta ve tane sınırları boyunca bu faz yerleşmektedir. Bu durum mekanik özellik olarak alaşımın çekme mukavemetini arttırmakta ve katı çözünebilirlik ve yaşlandırma sertleşmesini geliştirici etki yapmaktadır. Bununla birlikte çinko düşük oranlarda eklendiğinde alaşım üzerinde korozyon direncini artırıcı etki göstermektedir [14], [15].

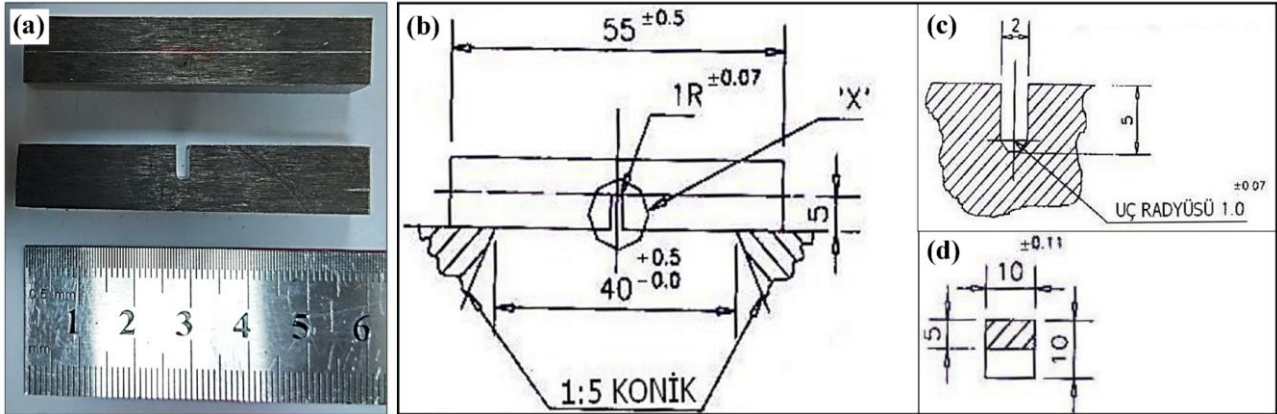
Endüstride kullanımı giderek artmakta olan magnezyum alaşımından üretilen parçalar (özellikle dış yüzeyde kullanılanlar) zamanla doğal yaşlanmaya (hatta aşırı yaşlanmaya) maruz kalmaktadırlar. Ayrıca bu parçalar çevreden gelebilecek darbelere de doğrudan maruz kalmaktadırlar. Literatür incelendiğinde aşırı yaşlandırılmış malzemelerin mekanik özelliklerinin (özellikle sertlik ve mukavemet değerlerinin) aşırı yaşlandırmadan

olumsuz etkilendiği görülmektedir [16]. Fakat çalışmalarda aşırı yaşlandırmanın malzemenin darbe dayanımına olan etkisini araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebepten aşırı yaşlandırılmış magnezyum alaşımının mekanik özelliklerinin (özellikle darbe dayanımının) test edilmesi bu alanda ileride karşılaşılabilecek sorunların öngörülmesi açısından faydalı olacağı düşünülmüştür. Bu çalışmada aşırı yaşlandırma işleminin AZ31 magnezyum alaşımı üzerinde bazı mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir. Mekanik özelliklerin tespiti için sertlik (Vickers), basma ve Charpy darbe testleri standartlara uygun hazırlanmış numuneler üzerine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, ısıl işlem sonucu mikroyapıda meydana gelen değişiklikler ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş olup aralarında bağlantı kurulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada hafifliğine oranla yüksek dayanımı ile son yıllarda alüminyum alaşımlarına alternatif olan magnezyum alaşımlarından AZ31 kullanılmıştır. Metot olarak bu çalışmada öncelikle malzemenin aşırı yaşlandırma sonrası mekanik özellikleri incelendiği için önce ısıl işlem yöntemleri sonrasında ise mekanik test yöntemleri anlatılacaktır. Isıl işlem olarak öncelikle tüm numuneler 345 °C de 2 saat boyunca gerilim giderme ve homojenleştirme tavlmasına tabi tutuldu. Devamında ise bazı numunelere 12 saat boyunca 180 °C de yapay yaşlandırma işlemi uygulandı.

Isıl işlemlerin malzeme üzerindeki etkileri incelemek için ise mekanik test olarak, sertlik, basma ve Charpy darbe testleri uygulandı. Sertlik ölçümlerinde 30kgf yük, 6 saniye bekleme süresi ve elmas piramit uç ile Vickers-30 (HV30) test metodu kullanıldı. Sertlik ölçümleri için her numune üzerinden farklı bölgelerden sekiz iz ölçümü yapıldı. Basma testi ise kenar uzunluğu 10 mm olan küp şeklinde hazırlanan tavllanmış ve aşırı yaşlandırılmış numunelere 1 mm/d hız ile uygulandı, her durum için basma testi beşer defa tekrarlandı. Darbe testi olarak ise Charpy darbe testi 140 derece açılı mesafeden 300 J enerjiye karşılık gelen 21.3 kg ağırlığındaki çekicinin numuneye 5.308 m/s ile çarptırılması ile gerçekleştirildi ve absorbe edilen enerji, cihazın dijital ekranından okundu. Bu test ise her durum için üçer defa tekrarlandı. Şekil 1'de Charpy darbe testi için hazırlanmış çentikli ve çentiksiz numuneler (Şekil 1a) ve test cihazı kataloğunda yer alan standartlara (EN ISO 10045'e) göre hazırlanmış teknik çizimler gösterilmiştir (Şekil 1b-d).

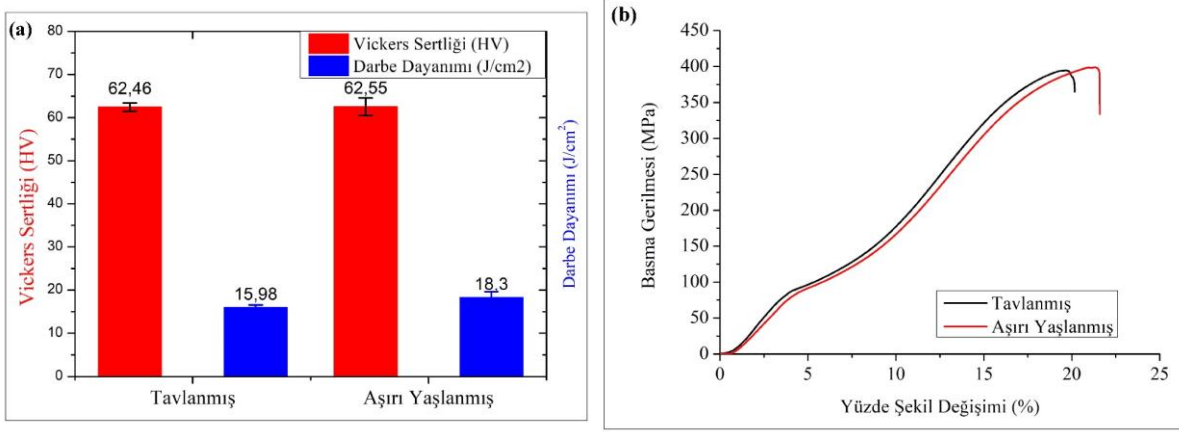


Şekil 1. Charpy test numuneleri ve boyutları, (a) çentikli ve çentiksiz numuneler, (b) u-çentikli numunenin boyutları, (c) u-çentiğin detaylı görünümü, (d) çentik kesit alanı boyutları

3. Bulgular

Bu kısımda uygulanan ısıl işlemlerin malzeme üzerindeki etkilerini görmek için, tavllanmış ve aşırı yaşlandırılmış numunelerin öncelikle sertlik test sonuçları, sonra basma test sonuçları ve son olarak Charpy darbe test sonuçları sunulmaktadır karşılaştırılacaktır.

HV30 sertlik testi ile yapılan ölçümlerin sonuçları alttaki grafikte verilmiş olup aşırı yaşlandırma neticesinde sertlik değerlerinin hemen hemen tavllanmış malzemenin sertlik değerlerinde olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2a). Sertlik ölçümleri sekiz defa yapılmış ve dikkat çeken bir durum olarak, ortalama değerler yakın olsa da ölçümlerdeki standart hatanın aşırı yaşlandırılmış numunelerde diğerinden fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak tane sınırlarındaki heterojen faz çökeltmelerinin sertlik ölçümlerini etkilediği öngörülmektedir. Öyle ki sertlik ölçümlerinin tüm yüzeyde homojenlik göstermediği farklı bölgelerde farklı çıkarak standart sapmayı artırdığı görülmektedir. Tavllanmış numunelerde ise bu durumun aksine sertlik ölçümleri neredeyse homojen olup standart sapmanın düşük olduğu görülmektedir.

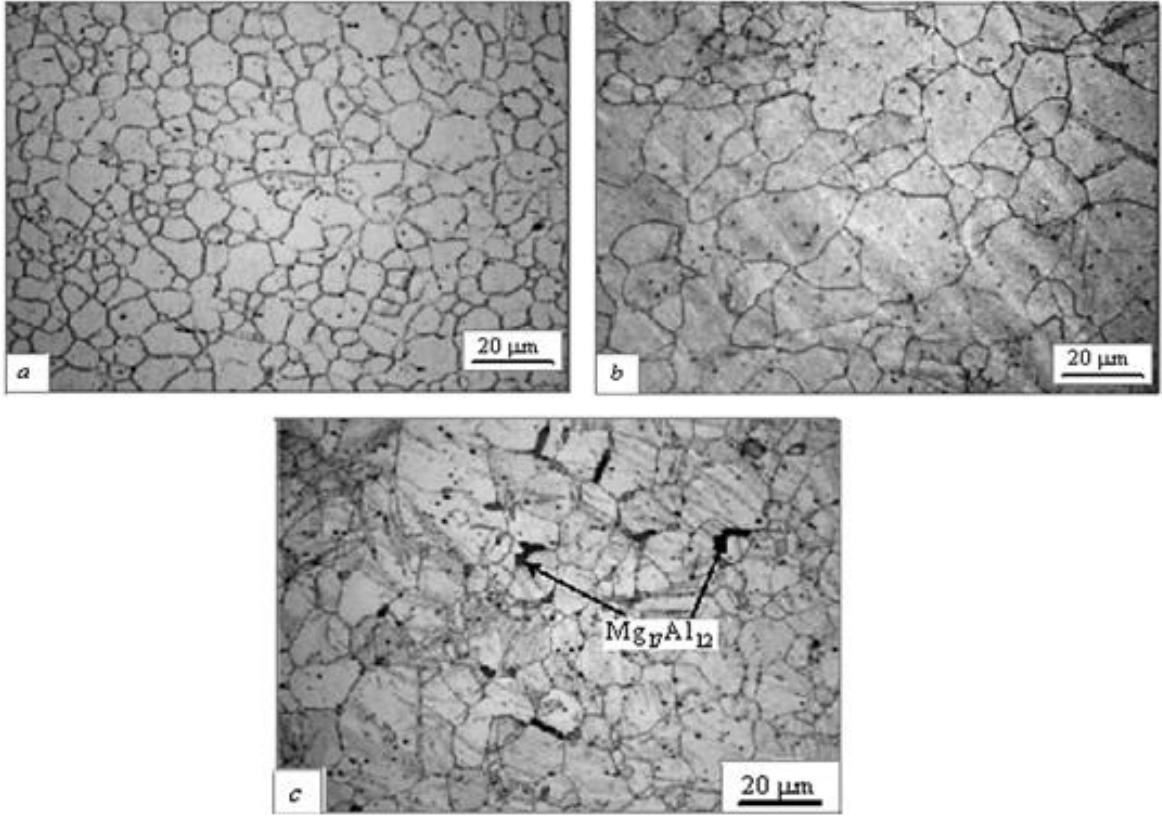


Şekil 2. Tavllanmış ve aşırı yaşlandırılmış AZ31 alaşımı için (a) sertlik ve darbe dayanım testi sonuçları grafiği (b) basma testi sonuçları grafiği

Basma testleri ise tavllanmış ve aşırı yaşlandırılmış numunelere beşer defa uygulanmış ve basma gerilmesinin (MPa) yüzde yer değişimi (%) ile karşılaştırılması grafik olarak incelenmiştir (Şekil 2b). Normal süreli yaşlandırma işleminin malzemenin gerilme değerlerini artırması beklenirken [17], Şekil 2b'de de görüldüğü gibi aşırı yaşlandırma işlemi bu kazanımları yok etmiş ve gerilme değerleri neredeyse tavllanmış malzeme seviyesine kadar düşmüştür. Bu durum yine aşırı yaşlandırma ile çökelen fazın kendi kafes sistemini oluşturması ile matris yapısındaki çarpılmanın azalmasına bağlı olarak sertlik ve mukavemet değerlerinin düşmesi ile açıklanabilir. Bu durum basma testi sonuçlarında da gözlemlenmiş olup aşırı yaşlandırmanın etkisi ile elde edilen değerler yaşlandırma öncesi değerlere yakın çıkmıştır.

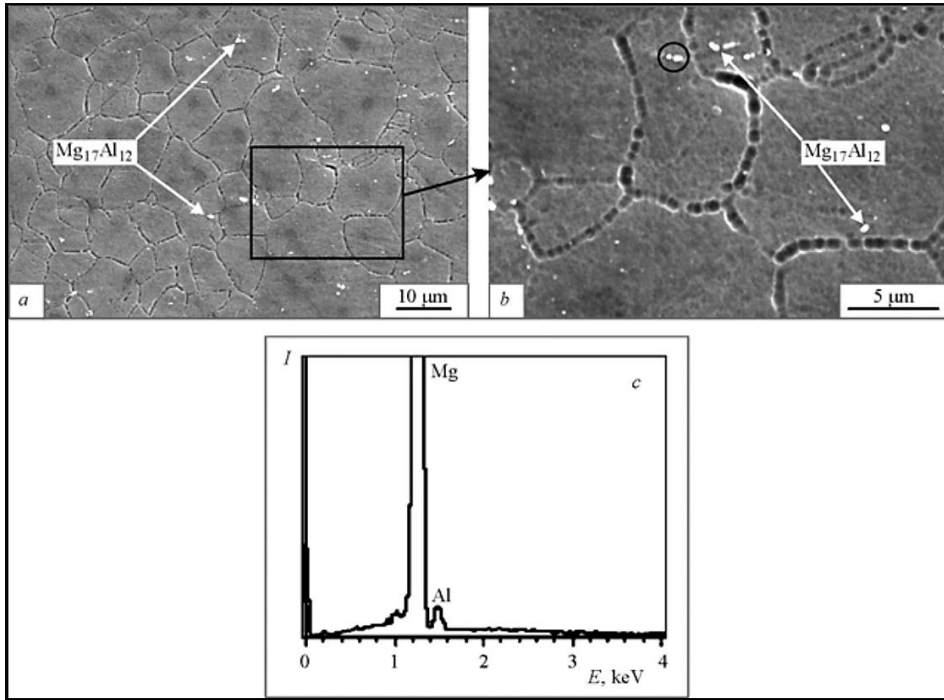
Sertlik ve basma testi sonuçlarının aksine Charpy darbe test sonuçları, aşırı yaşlandırmadan olumsuz etkilenmemiş olup aşırı yaşlandırılan malzemenin darbe sönümlenme dayanımı (J/cm²) tavllanmış olandan yaklaşık %13 daha yüksek çıkmıştır (Şekil 2a, Tablo 1). Bunun sebebi aşırı yaşlandırılmış malzemenin tane sınırındaki çökelmelerin (β fazlarının) ani dinamik yükleme sonucu davranışıyla açıklanabilir. Darbe testindeki hız ve aşırı kuvvet malzemenin, kırılma anında ani pekleşmesine sebebiyet verip malzeme tokluğunu, dolayısıyla darbe dayanımını arttırmış olmalıdır.

Beta fazlarının yaşlandırma ile oluşması, boyutları ve taneler arasındaki dağılımları için aşağıdaki şekiller bilgilendirici olacaktır. Şekil 3'te AZ31 malzemesi için sırasıyla temin edilmiş hali, homojenleştirme tavlama yapılmış hali ve aşırı yaşlandırma yapılmış hali verilmiştir. Aşırı yaşlandırmanın etkisi ile Beta fazlarının irileştiği ve heterojen dağıldıkları görülmektedir.



Şekil 3. AZ31 için optik mikroskop görüntüleri a) temin edildiği hali, b) homojenleştirme tavlaması yapılmış hali, c) aşırı yaşlandırılmış hali [17]

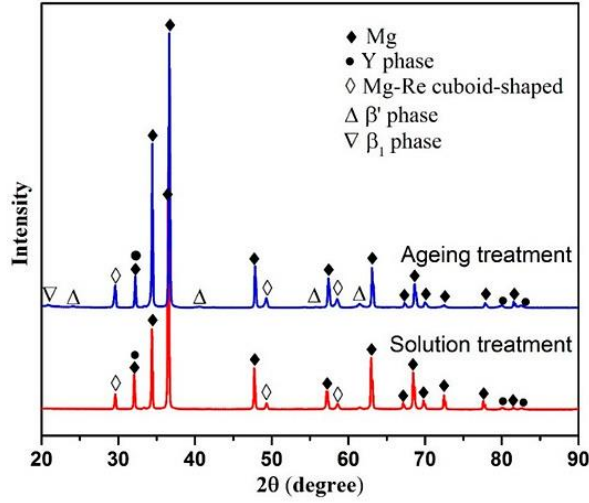
Şekil 4'te ise aşırı yaşlandırılmış malzemenin SEM ve EDS görüntüsü verilmiş olup ((β - $Mg_{17}Al_{12}$) fazları tespit edilmiştir. Ayrıca Şekil 5'te XRD grafiği yardımı ile yaşlandırma işlemi sonucu Beta fazlarının oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 4. AZ31 için SEM ve EDS görüntüleri ikincil fazların gösterimi [17]

Bu durumu daha iyi açıklamak için aynı malzemeden (AZ31) çentiksiz numune hazırlanmış ve darbe testi aynı şartlarda gerçekleştirilmiştir. Şekil 6a-b de görüldüğü üzere kare kesite sahip olan numune yüksek hız ve kuvvetten dolayı kesit alanında yüksek şekil değişimine maruz kalmıştır. Çekicinin vurduğu yerde malzeme

yığılmasından dolayı kalınlaşma (yanal genişleme) olurken diğer tarafta gerilmeden dolayı incelme olmuştur (Aynı durum Şekil 3c de çentikli numunede de kısmen görülmüş olup ölçüm yapılarak bu durum doğrulanmıştır).

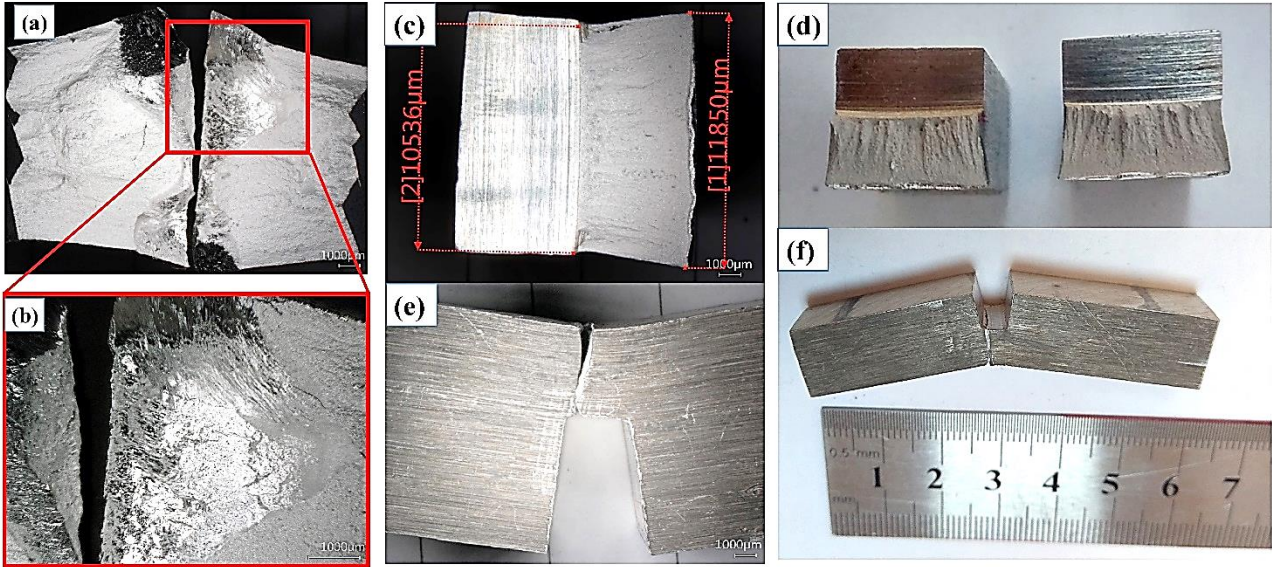


Şekil 5. AZ31 için XRD grafikleri üstte yaşlandırılmış, altta solüsyona alınmış (tavlanmış) [18]

Bu ani ve aşırı yükleme sonucu malzemede gerinim sertleşmesi (strain hardening) meydana gelmiş olup malzeme vurulan alanda pekleşerek sertleşmiş ve kırılganlaşmış olmalıdır. Darbe testi sonunda kırık yüzey incelendiğinde kristalli parlak yüzeyler malzemenin kırılgan olduğu, donuk ve lifli yüzeyler ise malzemenin sünek olduğu hakkında bilgi verdiğinden girişte bahsedilmiştir [5].

Tablo 1. Tavlanmış ve aşırı yaşlandırılmış AZ31 malzemenin sertlik, basma ve darbe test sonuçları

Malzeme Isıl İşlemi	Maks. Gerilme (MPa)	Yüzde Uzama (%)	Sertlik (HV)	Charpy Darbe (J/cm ²)
Tavlanmış	394.44 ± 6.50	20.47 ± 0.52	62,46 ± 0,96	15.98 ± 0.57
Aşırı Yaşlandırılmış	397.70 ± 5.78	21.32 ± 1.13	62,56 ± 2,00	18.30 ± 1.33



Şekil 6. Charpy darbe testi sonucu kırık yüzeyler (a-b) çentiksiz numune yüzeyi, (c-d) çentikli numune yüzeyi, (e-f) kırılma sonrası çentikli numunedeki deformasyonun yandan görünüşü

Ayrıca bu çalışmada çentikli ve çentiksiz darbe testi sonucu malzeme tarafından absorbe edilen enerji miktarını belirlemek ve karşılaştırmak için aynı şartlarda her iki deneyde ısıl işlem yapılmamış ham AZ31 numuneler üzerinde üçer defa tekrar edildi (Şekil 6). Ortalamaları alınan testlerden çentikli test sonucu 16.16 J/cm² çıkarken, çentiksiz test sonucu 62.54 J/cm² olarak ölçülmüştür. Tavlanmış ve aşırı yaşlandırılmış numunelerin

Charpy darbe testi sonuçları Tablo 1 de verilmiş olup diğer mekanik testlerin (sertlik, basma) aksine bu testlerde aşırı yaşlandırılmış AZ31'in test sonuçları tavllanmış olandan daha yüksek çıktığı gösterilmiştir.

4. Tartışma

Bu çalışmada, bir ısıl işlem olan (yapay) aşırı yaşlandırmanın AZ31 magnezyum alaşımının bazı mekanik özellikleri üzerine etkileri araştırıldı. Yapılan çalışmada malzemenin mekanik özelliklerini belirlemede yaygın kullanılan sertlik ve basma testlerinin yanında Charpy darbe testleri de kullanıldı. Bu testler neticesinde tavllanmış ve aşırı yaşlandırılmış numunelerin sertlik ve basma test sonuçları beklendiği gibi çok küçük farklarla yakın değerler olarak elde edildi. Charpy darbe test sonuçlarında ise, aşırı yaşlandırılmış numunelerin test sonuçları %13 daha fazla elde edildi. Bu durumun aşırı yaşlandırma sonucu tane sınırlarında çökelen ikincil ((β - $Mg_{17}Al_{12}$) fazların darbe testinde meydana gelen ani ve aşırı yüklenme ile malzemeyi pekleştirdiği ve netice olarak ta sonuçları yükselttiği ön görülmüştür. Bu görüşü destekler bir durum ise çentikli ve çentiksiz numunelerin darbe test sonuçları karşılaştırılmasında görüldü. Çentiksiz numunelerde daha fazla pekleşme, yanal genleşme meydana geldi ve böylece malzemenin gerinim sertleşmesi yükseldi ve malzemenin enerji sönümleme kapasitesi arttı. Kırık yüzeydeki yanal genleşme ve kristal-parlak alan bu durumun bir göstergesidir [19]. Bu durumun neticesinde ise çentiksiz numunelerin darbe test sonuçları çentikliden yaklaşık dört kat daha fazla çıktı.

Ayrıca bu çalışmada tespit edilen bir durum ise, yapılan ısıl işlemlerin malzemenin homojenliği üzerine etkileri oldu. Aşırı yaşlandırılmış malzemelerin tüm mekanik test sonuçlarındaki standart sapmalar, tavllanmış olanlardan yaklaşık iki kat daha fazla çıkarak bu işlemin malzeme homojenliğini azalttığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi yukarıdaki şekillerde de gösterildiği gibi; yaşlandırma sonucu çökelen fazların boyutlarının irileşmesi ve bu fazların malzeme içinde heterojen bir şekilde dağılmış olması ile açıklanabilir.

5. Sonuç

AZ31 Magnezyum alaşımı üzerinde yapılan bu çalışmada, aşırı yaşlandırmanın basma ve sertlik testi sonuçlarını neredeyse etkilemediği deneysel olarak gösterilmiştir. Fakat yapılan Charpy impact testi sonuçlarında aşırı yaşlandırılan numuneler kırılırken daha fazla enerji sönümledikleri tespit edilmiştir.

Aşırı yaşlandırma, çökelen fazın (çoğunlukla β fazı- $Mg_{17}Al_{12}$) kendi kafes sistemini oluşturması ile matris yapısındaki çarpılmanın azalmasına bağlı olarak sertlik ve mukavemet değerlerinde düşmesine sebep olan bir durumdur. Darbe testindeki hız ve aşırı kuvvet aşırı yaşlandırılmış malzemenin, kırılma anında (malzemenin tane sınırındaki çökeltilerin ani dinamik yüklenme sonucu göstermiş oldukları davranışlarıyla neticesinde) ani pekleşmesine sebebiyet verip böylece malzeme tokluğunu, dolayısıyla darbe dayanımını arttırmış olacağı varsayılmaktadır.

Teşekkür

Laboratuvar imkânları ve malzeme tedariki için KMÜ Makine Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Uğur Köklü ve yönetimine, makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı editör ve hakemlere teşekkür ederim.

Kaynakça

- [1] Russell, S. B. (1898). Experiments with a new machine for testing materials by impact. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 39,1380, 17–45.
- [2] Saba, N., Jawaid, M., & Sultan, M. T. H. (2018). An overview of mechanical and physical testing of composite materials. In *Mechanical and Physical Testing of Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites*, 1–12.
- [3] Tanguy, B., Besson, J., Piques, R., & Pineau, A. (2005). Ductile to brittle transition of an A508 steel characterized by Charpy impact test. Part II: Modeling of the Charpy transition curve. *Engineering Fracture Mechanics*, 72,3, 413–434.
- [4] Laboratory Testing Inc. 2021. Impact testing of metals. <https://www.labtesting.com/services/materials-testing/mechanical-testing/impact-testing/> (Erişim Tarihi: 24.06.2021).
- [5] TWI, L. 2021. What is the Charpy Test? The welding institute website: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-charpy-testing> (Erişim Tarihi: 24.06.2021).
- [6] Gür, A. K., Taşkaya, S., & Özay, Ç. (2019). Ramor 500 çeliğinde ısıl işlemin mikroyapı, mikrosertlik ve abrasiv aşınma direncine etkisinin taguchi metoduyla değerlendirilmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8,3, 1045–1056.

- [7] Matik, U. (2017). Akımsız Ni-B kaplanmış demir esaslı toz metal kompaktların sertlik ve yapısal özelliklerine ısıtma işleminin etkisi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5,2, 223–230.
- [8] Kızılkaya, E., & Ovalı, İ. (2018). AISI 4140 Çeliğine uygulanan sığ kriyojenik işleminin mekanik özellikler üzerindeki etkisi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 6,1, 137–148.
- [9] Şahbaz, M., Kentli, A., & Kaya, H. (2021). Performance of novel TWO-CAP (thin-walled open channel angular pressing) method on AA5083. *Metals and Materials International*, 27,7, 2430–2437.
- [10] Şahbaz, M., Kaya, H., & Kentli, A. (2020). A new severe plastic deformation method: thin-walled open channel angular pressing (TWO-CAP). *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 106,3–4, 1487–1496.
- [11] Liu, W., Jiang, L., Cao, L., Mei, J., Wu, G., Zhang, S., Ding, W. (2014). Fatigue behavior and plane-strain fracture toughness of sand-cast Mg-10Gd-3Y-0.5Zr magnesium alloy. *Materials and Design*, 59, 466–474.
- [12] Alexopoulos, N. D., Stylianos, A., & Campbell, J. (2013). Dynamic fracture toughness of Al-7Si-Mg (A357) aluminum alloy. *Mechanics of Materials*, 58, 55–68.
- [13] Öztürk, F., & Kaçar, İ. (2016). Magnezyum alaşımları ve kullanım alanlarının incelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1,2, 12–20.
- [14] Altay, M. (2012). AZ91 Magnezyum alaşımının mikro ark oksidasyon işleminde elektriksel parametrelerin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [15] Çim, S. (2018). AZ91 Magnezyum alaşımının korozyon özelliklerinin ti mikro alaşımlama ile geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi.
- [16] Kerenciler, H. (2014). Magnezyum alaşımlarında yaşlanma sertleşmesinin mekanik özelliklere etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi.
- [17] Kerenciler H., S. Gündüz, M. A. Erden, M. Türkmen, and H. Karabulut, (2016). Effect of aging on the microstructure and mechanical properties of magnesium alloy AZ31. *Met. Sci. Heat Treat.*, 58, 3–4, 179–184.
- [18] Xu, D., K. Zhao, C. Yang, H. Li, and J. Zhang, (2018). Effect of heat treatment on microstructure and mechanical properties of the az31/we43 bimetal composites. *Metals (Basel)*, 8, 11, 971.
- [19] ASTM E 23-16, (2021). Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials. <https://www.astm.org/e0023-16.html> (Erişim Tarihi: 26.11.2021).