



**La İLE ALAŞIMLANDIRILMIŞ AZ31 KALİTE Mg
LEVHALARININ KOROZYON ÖZELLİKLERİNE
HADDELEME VE BİLYE PÜSKÜRTME
İŞLEMİNİN ETKİSİ**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ**

Sude Ece YEŞİL

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Hayrettin AHLATCI**

**La İLE ALAŞIMLANDIRILMIŞ AZ31 KALİTE Mg LEVHALARININ
KOROZYON ÖZELLİKLERİNE HADDELEME VE BİLYE PÜSKÜRTME
İŞLEMİNİN ETKİSİ**

Sude Ece YEŞİL

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Hayrettin AHLATCI

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Metalürji Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Haziran 2023

Sude Ece YEŞİL tarafından hazırlanan “La İLE ALAŞIMLANDIRILMIŞ AZ31 KALİTE Mg LEVHALARININ KOROZYON ÖZELLİKLERİNE HADDELEME VE BİLYE PÜSKÜRTME İŞLEMİNİN ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Hayrettin AHLATCI

Tez Danışmanı, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 09/06/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Mustafa ACARER (SÜ)

Üye : Prof. Dr. Hayrettin AHLATCI (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İsmail Hakkı KARA (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Sude Ece YEŞİL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

La İLE ALAŞIMLANDIRILMIŞ AZ31 KALİTE Mg LEVHALARININ KOROZYON ÖZELLİKLERİNE HADDELEME VE BİLYE PÜSKÜRTME İŞLEMİNİN ETKİSİ

Sude Ece YEŞİL

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Hayrettin AHLATCI

Haziran 2023, 37 sayfa

Düşük yoğunluğu ve sahip olduğu özel mukavemeti(mukavemet/ağırlık) sayesinde geniş kullanım alanına sahip Magnezyum (Mg) alaşımları ilgi çekici malzemeler arasındadır. Özellikle yakıt tüketimini azaltmak gerekçesiyle otomobil yapı malzemelerinde kullanılan Mg alaşımları hayatımızda olumlu etkiler bırakmaktadır. Buna rağmen Mg alaşımları zayıf korozyon dirençleri uygulama alanlarını, özellikle biyomedikal ürünlerde, daraltmaktadır. Sıcak haddenin ve sonucunda oluşan ince mikro-yapının korozyon direncini arttırdığı bilinmektedir. Bunun yanında Mg alaşımlarının korozyon direncini arttırmak için pasif film kaplamaları veya alaşım ilaveleri söz konusu olabilmektedir. AZ serisi Mg alaşımlarında korozyon direnci bileşimdeki Al miktarına göre değişmektedir. Al miktarı arttıkça korozyon direnci artmaktadır. AZ31 Mg alaşımlarının korozyon direncini arttırmaya yönelik ısıl işlem metodu, alaşımlandırma ve termomekanik işlemler gibi çalışmalar mevcuttur. Fakat

nadir toprak elementlerinin (NTE) AZ31 Mg alaşımları korozyon direnci özelliklerine etkisi üzerine çalışmalar çok azdır.

Özellikle haddelenmiş La elementi içeren AZ31 Mg alaşımlarının korozyon direnci hakkında inceleme oldukça azdır.

Bu incelemede haddelenmiş AZ31, AZ31+%0,2 La içeren Mg alaşımlarının korozyon direncine alaşım elementini, haddeleme parametrelerinin ve bilya püskürtme (shot peening) işleminin etkisi irdelenecektir. La elementinin mikro yapıda yaptığı değişikliklerin örneğin oluşturduğu ikincil fazların korozyon direncini nasıl etkilediği detaylı şekilde incelenecektir. Ayrıca bu çalışmada incelenen plakaların üretiminde kullanılan %15 haddeleme oranı ve 1,5 ile 4,7 m/sn haddeleme hızı parametrelerin hem mekanik özelliklere hem de korozyon direncine etkisi incelenecektir. Bilya püskürtme işleminde hava basıncı ve püskürtme süresi değiştirilecektir. Bu proje sayesinde AZ serisi Mg alaşımları içinde korozyon direnci düşük fakat şekillenebilme kabiliyeti yüksek AZ31 Mg alaşımının korozyon direnci özelliğinin geliştirilmesi ve ekonomik ve çevresel faktörler bakımından olumlu sonuçların alınması söz konusudur.

Anahtar Sözcükler : Magnezyum, Lantan, korozyon, bilye püskürtme.

Bilim Kodu : 91501

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EFFECT OF ROLLING AND BALL SPRAYING ON THE CORROSION PROPERTIES OF La ALLOYED AZ31 QUALITY Mg PLATES

Sude Ece YEŞİL

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Metallurgy And Materials Engineering**

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Hayrettin AHLATCI

Jun 2023, 37 pages

Magnesium (Mg) alloys, which have a wide range of uses thanks to their low density and special strength (strength/weight), are among the interesting materials. Mg alloys, which are used in automobile construction materials, especially to reduce fuel consumption, have positive effects on our lives. However, the weak corrosion resistance of Mg alloys narrows their application areas, especially in biomedical products. It is known that hot rolling and the resulting fine microstructure increase corrosion resistance. In addition, passive film coatings or alloy additions can be used to increase the corrosion resistance of Mg alloys.

Corrosion resistance in AZ series Mg alloys varies according the quantity of Al in the composition. As the amount of Al increases, the corrosion resistance increases. There are studies such as heat treatment method, alloying and thermomechanical treatments to improve the object's resistance to corrosion of AZ31 Mg alloys. However, there are

few studies on effects of rarity earth elements (REE) on the corrosion resistance properties of AZ31 Mg alloys.

In particular, studies on the corrosion resistance of AZ31 Mg alloys containing the rolled La element are almost non-existent. In this study, the effects of alloying element, rolling parameters and shot peening on the corrosion resistance of rolled Mg alloys containing AZ31, AZ31+0.2% La will be discussed. How the changes in the microstructure of La element affect the corrosion resistance of the secondary phases it forms, for example, will be examined in detail. In addition, the effects of 15% rolling rate and 1.5 to 4.7 m/sec rolling speed parameters used in the production of the plates examined in this study on both mechanical properties and corrosion resistance will be examined. Air pressure and spraying time will be changed in ball spraying process. Thanks to this project, it is possible to improve the corrosion resistance property of AZ31 Mg alloy with low corrosion resistance but high formability among AZ series Mg alloys and to obtain positive results in terms of economic and environmental factors.

Key Word : Magnesium, corrosion, lanthanum, shot peening.

Science Code : 91501

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasında bana planlanmasında, araőtırılmasında, yürütölmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Hayrettin AHLATCI'ya sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

KARDEMİR AŐ'de görev yapmakta olup, tüm yardımseverliğiyle çalıőmaya katkı sağlayan kıymetli meslektaőım Metalürji ve Malzeme Yüksek Mühendisi Abdulrezzak ERDEM'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
MAGNEZYUM VE ALAŞIMLARI	3
2.1. MAGNEZYUM (Mg)	3
2.1.1. Magnezyum Alaşımlarının Standartlarla Gösterimi ve Alaşım Çeşitleri .	5
2.2. MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ KULLANIM ALANLARI	6
2.3. ALAŞIM ELEMENTLERİNİN MG ALAŞIMLARINA ETKİLERİ	7
2.3.1. Alüminyum (Al).....	7
2.3.2. Lantan (La)	8
2.3.3. Kurşun (Pb).....	9
2.3.4. Çinko (Zn)	10
2.4. MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ DÖKÜM YÖNTEMLERİ.....	10
2.4.1. Kum Kalıba Döküm.....	11
2.4.2. Kokil Kalıba Döküm	11
2.4.3. Basınçlı Döküm	12
2.5. BİLYE PÜSKÜRTME (SHOT PEENİNG).....	13
2.6. HADDELEME	16
2.7. KOROZYON.....	16

	<u>Sayfa</u>
2.8. MAGNEZYUM ALAŞIMLARINDAKİ KOROZYON TÜRLERİ.....	17
2.9. EMPÜRİTELERİN ETKİSİ.....	19
BÖLÜM 3	20
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	20
3.1. MALZEME	20
3.2. BİLYA PÜSKÜRTME (SHOT PEENİNG)	20
3.3. HADDELEME	22
3.4. DALDIRMA YÖNTEMİ	23
3.5. POTANSİYODİNAMİK POLARİZASYON YÖNTEMİ	24
3.6. OPTİK MİKROSKOP VE SEM GÖRÜNTÜLEME CİHAZI	26
BÖLÜM 4	27
DENEYSEL SONUÇLAR	27
4.1. MİKRO YAPI İNCELEMELERİ	27
4.2. PÜRÜZLÜLÜK TESTİ SONUÇLARI.....	27
4.3. SERTLİK TESTİNİN SONUÇLARI.....	28
4.4. KOROZYON TESTİNİN SONUÇLARI.....	29
BÖLÜM 5	31
SONUÇLAR VE TARTIŞAMALAR	31
KAYNAKÇA.....	32
ÖZGEÇMİŞ	37

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Magnezyum üretimi yapan ülkeler ve oranları	4
Şekil 2.2. Otomobil üretiminde Mg alaşımından elde edilmiş parçalar	6
Şekil 2.3. Mg alaşımı döküm parçaları a) üst yağ kapağı, b) aktarma parçası.....	7
Şekil 2.4. Mg alaşımı Li katkılı döküm parçaları a) kamera kutusu, b) cep telefonu	7
Şekil 2.5. Mg-Al faz diyagramı	8
Şekil 2.6. Mg-La faz diyagramı.....	9
Şekil 2.7. Mg-Pb faz diyagramı.....	9
Şekil 2.8. Mg-Zn faz diyagramı.....	10
Şekil 2.9. Kum kalıba döküm yöntemi.....	11
Şekil 2.10. Kokil kalıp örneği.....	12
Şekil 2.11. Basınçlı döküm yöntemi şematik gösterimi.....	13
Şekil 2.12. Bir dişlinin dişlerinin bilyalı dövülmesi	14
Şekil 2.13. Bilyalı dövme sonucu oluşan basma artık gerilmesi	15
Şekil 2.14. Pratik uygulamalarda yararlanılan farklı türde bilyalar	16
Şekil 3.1. Hava püskürtmeli bilyalı dövme cihazı.....	21
Şekil 3.2. Deneyde kullanılan numunelerin haddeleme sonrası hali.....	22
Şekil 3.3. Numune temizleme aşamasında kullanılacak MBTU marka ultrasonik temizleme cihazı.....	23
Şekil 3.4. Ağırlık kayıplarının hesaplanmasında kullanılacak Precisa marka XS220A model 0,1 mg hassasiyette elektronik terazi.	23
Şekil 3.5. Potansiyodinamik/Polarizasyon deneylerinde kullanılacak potansiyostatik yöntemle çalışan statik korozyon deney düzeneği.	24
Şekil 3.6. Korozyon deneyleri esnasında kullanılacak olan elektrot.....	25
Şekil 3.7. Statik korozyon deneyi hücresi.	25
Şekil 3.8. Mikro yapı incelemelerinde kullanılacak Leica DM ILM model optik ışık mikroskobu.....	26
Şekil 4.1. Optik Mikroskop Görüntüleri a) AZ31 b) AZ31+%0,2 La.....	27
Şekil 4.2. Pürüzlülük testi sonuç grafiği.....	28
Şekil 4.3. Sertlik sonucu grafikleri a) Schimadzu b) Qnees test cihazında yapılan test sonuçları.....	29

Şekil 4.4. Korozyon testi sonuçları a) AZ31 Mg alaşımı b) AZ31-%0,2 La
Alaşımı 30

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Magnezyumun fiziksel özellikleri.....	3
Çizelge 2.2. Magnezyum alaşımlarının avantaj ve sınırlılıkları.....	4
Çizelge 2.3. Alaşım elementleri ve kısaltmaları.....	5
Çizelge 2.4. Magnezyum Alaşımları serisi gösterimi.	5

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Mn : Mangan

B : Bor

C : Karbon

SEM : Spectron Electron Mikroskop

Ar : argon

Au : altın

Cu : bakır

HBW: Sertlik Ölçü Birimi

La : Lantan

KISALTMALAR

AISI : American Iron and Steel Institute (Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü)

ASTM: American Society for Testing and Materials (Amerika Deneme ve Malzeme Topluluğu)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Düşük yoğunluğu, iyi dökülebilirliği ve işlenebilirliği ve dünyadaki en yaygın altıncı metal statüsü nedeniyle magnezyum, çeşitli mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır [1,2]. Buna bağlı olarak magnezyum alaşımlı dökümler ve diğer uygulamalar kullanımda artış görmeye başlamıştır. Ar-Ge ve otomotiv alanında gelişmesinde, araçlarda yüksek yakıt verimliliği elde edilmesi, enerji tüketiminin Devreden Çıkarma durumuna düşürülmesi ve hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik çalışmaların önemi artmıştır. Önemli unsurlardan biri de otomobil üretiminde beklenen ağırlık artışıdır. Karayolu ve demiryolu taşımacılığı sektörlerinden kaynaklanan CO emisyonlarını azaltmak, çevreyi kirlilikten korumak için en etkili stratejilerden biridir. Bu koşullar altında bir malzemenin yapı malzemesi sayılabilmesi için gerekli üretilebilir tasarıma sahip olması ve makul bir maliyetinin olması gerekir. Magnezyum ve alaşımları için çeşitli şekillendirme teknikleri kullanılmaktadır. Basınçlı döküm ve kum döküm gibi döküm tekniklerine ek olarak, başarılı plastik şekillendirme teknikleri dövme, ekstrüzyon ve haddelemeyi içerir. Ekstrüzyon ve haddeleme, magnezyumu şekillendirmede en iyi işlemlerdir. Magnezyum alaşımlarının kullanımını artırmak için teknolojik parametrenin optimize edilmesi çok önemlidir, çünkü ince taneli ve üstün mekanik nitelikler, ekstrüzyon ve haddeleme gibi termo-mekanik işlemlerle üretilen Mg alaşımlarının üretimi ile ilgilidir [3,8].

Magnezyum (Mg) alaşımları içerisinde Mg-Al-Zn üçlü sistem (AZserisi) Mg alaşımları en geniş endüstriyel uygulamalara sahip gruptur. AZ31 Mg alaşımları ise mukavemet, süneklik ve fiyat bakımından AZ serisi içinde makul olanıdır. Bunun yanında bir diğer önemli özelliği deformasyon işlemlerinde kullanılması bakımından en uygun bileşim olmasıdır [9]. Fakat Mg alaşımlarının hegzagonal sıkı paket (hcp) yapısı oda sıcaklıklarında haddelenme kabiliyetlerini olumsuz etkilemektedir.

Bu nedenle Mg alaşımı plakaların şekillenebilme kabiliyetini arttırmak önem arz etmektedir [10]. H.V. Sun ve ark. Mg-3Al-1La Mg alaşımı üretmiş ve mikroyapıda α -Mg ve Al₄La fazlarını gözlemlemişlerdir. Ayrıca La elementinin iğnemsisi (needle-like) tür faz oluşturduğundan bahsetmişlerdir [9]. S.B. Kang ve ark. Ce ve La içeren AZ61 Mg alaşımına ılık hadde yapmışlar ve artan kesit daralması oranı ile daha fazla yeniden çekirdeklenmiş tanelerin oluştuğunu aktarmışlardır.

Bu çalışmada haddelenmiş AZ31, AZ31+%0,2 La içeren Mg alaşımlarının korozyon direncine alaşım elementini, haddeleme parametrelerinin ve bilya püskürtme (shot peening) işleminin etkisi irdelenecektir. La elementinin mikro yapıda yaptığı değişikliklerin örneğin oluşturduğu ikincil fazların korozyon direncini nasıl etkilediği detaylı şekilde incelenecektir.

Bu proje sayesinde AZ serisi Mg alaşımları içinde korozyon direnci düşük fakat şekillenebilme kabiliyeti yüksek AZ31 Mg alaşımının korozyon direnci özelliğinin geliştirilmesi ve ekonomik ve çevresel faktörler bakımından olumlu sonuçların alınması söz konusudur.

BÖLÜM 2

MAGNEZYUM VE ALAŞIMLARI

2.1. MAGNEZYUM (Mg)

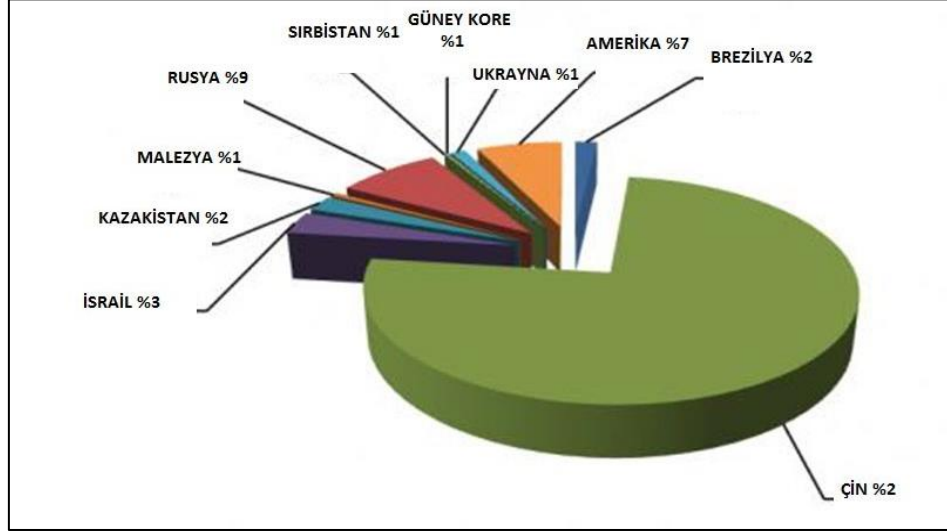
Sir H. Davey, magnezyum elementinin ilk keşfini 1808'de yaptı. Magnezyum, IIA grubunun bir toprak alkali üyesidir. Çizelge 2.1 aşağıda Mg'nin fiziksel özellikleri hakkında bilgi verilmektedir. [10,14].

Çizelge 2.1. Magnezyumun fiziksel özellikleri.

SİMGESİ	Mg
Atom Numarası	12
Atom Ağırlığı	24,312
Kaynama Noktası	1090°C
Ergime Noktası	650°C
Yoğunluğu	1,74 gr/cm ³
Elektron Düzeni	3s ²
Kristal Yapısı	Hegzagonal sıkı paket
Çekme Dayanımı	80-180 MPa
Young Modülü	45 MPa
Çekme (Katı-Sıvı)	%4,2
Atom Hacmi	14,0 (atom ağırlığı/yoğunluk)
Özgül Isısı	0,25 °C/gr
Isı İletkenliği	156 W/m K, s.cm. °C(oda sıcaklığında)
Elektrik İletkenliği	22,4 m(mm ²) (oda sıcaklığında)
Kaynama Isısı	35,517 Kcal/atom. Gram

Birinci Dünya Savaşı öncesinde Mg üretiminin büyük bir kısmını kartuş işi tüketiyordu. Birinci Dünya Savaşı sırasında fabrikalar ordudan gelen yoğun talep nedeniyle İngiltere, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'ne doğru genişlemiştir [4,17].

Şekil 2.1’de 2012 yılında Mg üretiminin oranı ve üreten ülkeler verilmiştir. Ayrıca Çizelge 2.2’de Magnezyum ve alaşımlarının avantaj ve sınırlamaları gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Magnezyum üretimi yapan ülkeler ve oranları [43].

Çizelge 2.2. Magnezyum alaşımlarının avantaj ve sınırlılıkları.

AVANTAJLARI	SINIRLILIKLARI
Tüm yapı metalleri içerisinde en düşük yoğunluğa sahip olması	Geliştirilen alaşımların yetersiz olması
Yüksek özgül direnç	Oda sıcaklığında düşük süneklik ve tokluğa sahip olması
İyi dökülebilirlik kabiliyeti ve basınçlı döküme uygunluğu	Yüksek sıcaklık özelliklerinin sınırlı olması
Yüksek kesme hızlarında kolay işlenebilmesi	Kimyasal reaksiyona girme yatkın olması
Doğada yüksek oradan bulunması	Yüksek çekme oranı
Soy gazlar altında iyi kaynak edilebilirlik	Ayrıntılı geri dönüşüm olmaması
Son derece gelişmiş korozyon direnci	Tutuşma ve korozyon davranışı hakkında bilgi eksikliği
Yaşlanma direnci	Üretici sayısındaki sınırlılık ve fiyatlardaki kararsız durum

2.1.1. Magnezyum Alaşımlarının Standartlarla Gösterimi ve Alaşım Çeşitleri

Bu noktaya kadar magnezyum ve alaşımlarını temsil etmek için kullanılan semboller ve kısaltmalar gösterilmiştir. Magnezyum alaşımlarını tanımlamak için ASTM (A275) standartları prosedürü kullanıldı. Çizelge 2.3, alaşımların kısaltmalarını ve elemanlarını listeler. Aşağıda, magnezyum ve alaşımlarının şimdiye kadar nasıl kategorize edildiğinin bir özeti bulunmaktadır.

Çizelge 2.3. Alaşım elementleri ve kısaltmaları [47].

HARF	A	C	E	H	J	K	L	M	Q	S	W	X	Z
Element	Al	Cu	Re	Tr	Sr	Zr	Li	Mn	Ag	Si	Yi	Ca	Zn

Örneğin; AZ91 alaşımı incelendiğinde;

A: Magnezyumdan önce gelen alaşımdaki maksimum element olan Al'yi ifade eder.

Z: Zn,2, en yaygın elementişaret eder

9: Bu, alaşımın Al oranının kabaca 8,6 ila 9,4 olacağını gösterir.

1: Alaşımın Zn oranının yaklaşık 0,6 ile 1,2 arasında olacağını belirtir.

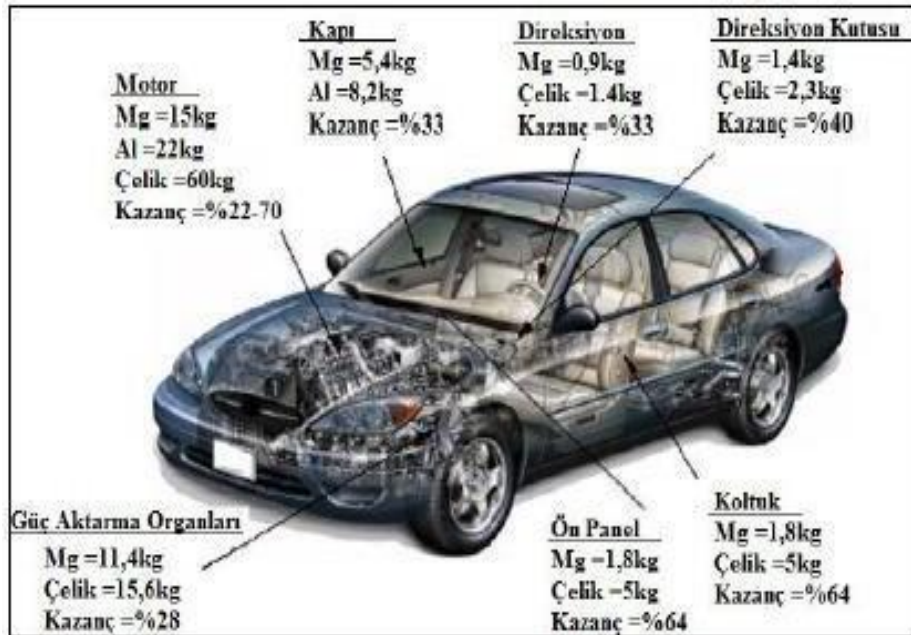
Çizelge 2.4. Magnezyum Alaşımları serisi gösterimi.

AE Serisi	Magnezyum, alüminyum ve nadir toprak alaşımları-Örn:AE42
AJ Serisi	Magnezyum, alüminyum ve stronsiyum alaşımları-Örn:AJ52 HP
AM Serisi	Magnezyum, alüminyum ve mangan alaşımları-Örn:AM60B
AS Serisi	Magnezyum, alüminyum ve silisyum alaşımları-Örn:AS31
AZ Serisi	Magnezyum, alüminyum ve çinko alaşımları-Örn:AZ91D
EQ Serisi	Magnezyum, nadir toprak gümüş ve bakır alaşımları-Örn:EQ21
EZ Serisi	Magnezyum, nadir toprak ve çinko alaşımları-Örn:EZ33A
HM Serisi	Magnezyum, toryum ve mangan alaşımları-Örn:HM21A
HZ Serisi	Magnezyum, toryum ve zirkonyum alaşımları-Örn:HZ32A
QE Serisi	Magnezyum, gümüş ve nadir toprak alaşımları-Örn:QE22A
QH Serisi	Magnezyum, gümüş ve toryum alaşımları-Örn:QH21
WE Serisi	Magnezyum, itriyum ve nadir toprak alaşımları-Örn:WE43
ZC Serisi	Magnezyum, çinko ve bakır alaşımları-Örn:ZC71
ZK Serisi	Magnezyum, çinko ve zirkonyum alaşımları-Örn:ZK11
ZT Serisi	Magnezyum, çinko ve toryum alaşımları-Örn: ZT

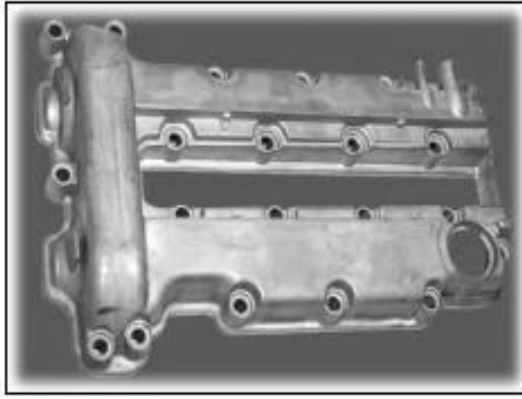
Çizelgede Magnezyum Araştırma Enstitüsünün (MRI) yapmış olduğu yeni alaşımlara dair gösterimler bulunmaktadır.

2.2. MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ KULLANIM ALANLARI

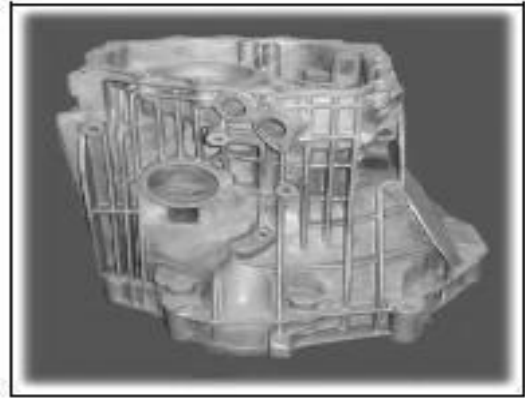
Zayıf mukavemetinden dolayı diğer metallerden farklı olarak saf haliyle kullanılması zordur. Ancak, bulunabilmesi için birkaç alaşımın oluşturulmasını sağlamıştır. Magnezyum alaşımlarının en göze çarpan özelliği hafif olmalarıdır ve bu da önemine katkıda bulunur. Hava, otomobil, elektronik ve diğer endüstriler şu anda yaygın olarak kullanılmaktadır [15,40]. Düşük yoğunluğu nedeniyle magnezyum metal, otomotiv ve havacılık endüstrilerinde ağırlığı azaltmak isterken mühendislik uygulama alanlarında en hafif yapısal metal olarak öne çıkıyor. Bunun temel gerekçesi, hafif magnezyum alaşımlarının kullanılmasının aracın ağırlığını azaltması, bu da yakıt verimliliğini artırması ve gaz emisyonlarını azaltmasıdır. Şekil 2.2, 2.5 Mg alaşımların çeşitli uygulamalarını göstermektedir.



Şekil 2.2. Otomobil üretiminde Mg alaşımından elde edilmiş parçalar [54,55].



(a)



(b)

Şekil 2.3. Mg alaşımı döküm parçaları a) üst yağ kapağı, b) aktarma parçası [60].



(a)



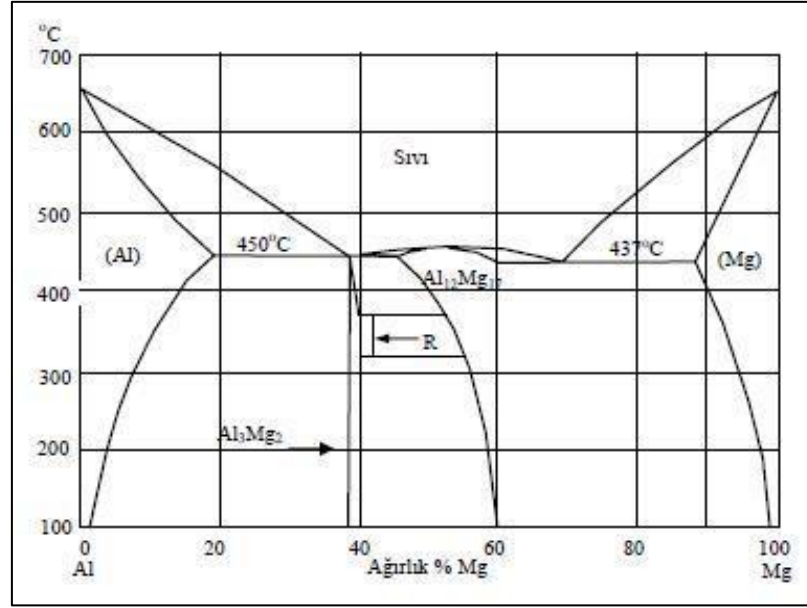
(b)

Şekil 2.4. Mg alaşımı Li katkılı döküm parçaları a) kamera kutusu, b) cep telefonu[61].

2.3. ALAŞIM ELEMENTLERİNİN MG ALAŞIMLARINA ETKİLERİ

2.3.1. Alüminyum (Al)

Metal akışını iyileştirir, dökümdeki mikro gözenekleri azaltır ve döküm alaşımını daha güçlü hale getirir. Alaşımın sertliği, dayanıklılığı ve katılaşma süresi, alüminyum ilavesiyle iyileştirilir, ancak sünek davranışı azalır. Çeşitli sertleşme dönüşümleri (katı ve çökelti) ile üretilen Mg17Al12 intermetalik, düşük sıcaklıklarda (120 ° C) gelişerek dayanıklılığı artırır. Şekil 2.6 [47,48] Mg-Al diyagramını göstermektedir.

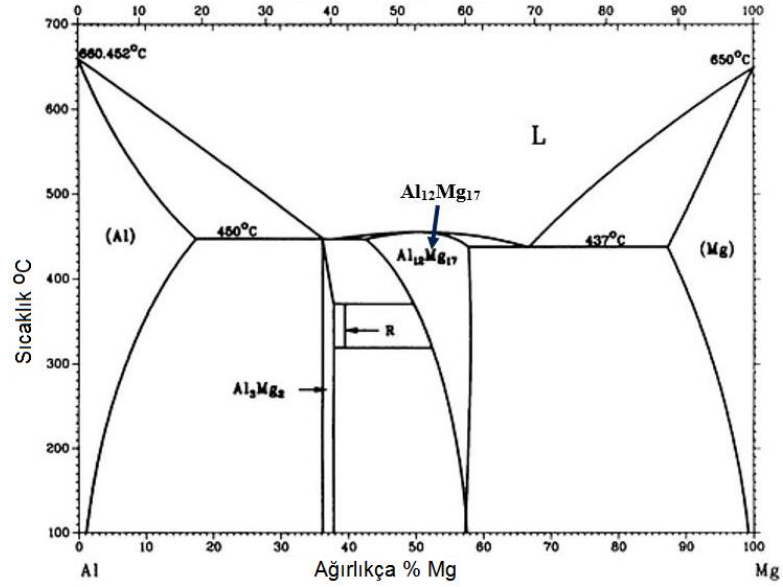


Şekil 2.5. Mg-Al faz diyagramı [49].

2.3.2. Lantan (La)

RE olarak bilinen Lantan vb. elementler iki gruba ayrılır: seryum grupları ve itriyum grupları. Seryum grubu, lantan (La), seryum (Ce), praseodim (Pr), neodim (Nd), prometyum (Po), samaryum (Sm) ve öropiyum Eu dahil olmak üzere hafif RE elementlerine sahiptir. Gadolinyum (Gd), terbiyum (Tb), erbiyum (Er), tulyum (Tm), iterbiyum (Yb), lutesyum (Lu) ve itriyum (Y) dahil olmak üzere itriyum grubundaki elementler nispeten ağırdır. RE elementlerinin kimyasal özellikleri çok benzer olduğundan, doğada sıklıkla bir arada bulunurlar ve birbirlerinden ayrılmaları zordur. Endüstriyel uygulamalarda, tek tek saf elemanlar değil, tipik olarak karışık RE elemanları kullanılır. Magnezyum alaşımlarındaki RE elementleri, yüksek erime noktalı intermetalik bileşiklerin oluşumuna yol açmakla birlikte gaz giderme, temizleme ve saflaştırma işlemlerini etkili bir şekilde gerçekleştirebilir ve yüksek sıcaklık ve korozyon direncinde gelişmiş mekanik özelliklere yol açabilir. Genel olarak, RE öğelerinin +3 değeri vardır. RE elementlerinin elektronegatifliği çok düşüktür; kolayca pozitif iyon haline gelebilirler. Kararlı bileşikler oluşturmak için alaşımlardaki oksijen, hidrojen, halojen ve diğer zararlı maddelerle kolayca reaksiyona girerler. Oda sıcaklığında, RE elementleri kararlı oksitler oluşturmak için hava ile reaksiyona girer. Bu nedenle RE elementleri, magnezyum alaşımlarındaki hidrojeni etkili bir şekilde emebilir. Hidrojenin RE elementlerindeki çözünürlüğü sıcaklık

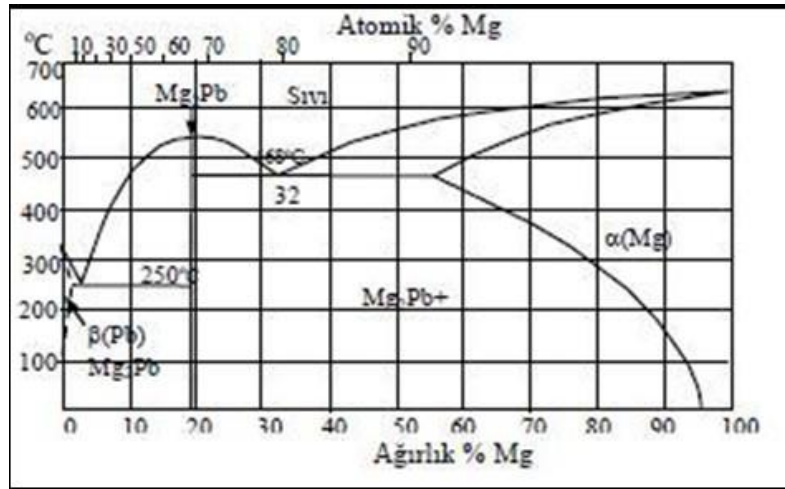
düşükçe artar.



Şekil 2.6. Mg-La faz diyagramı [51].

2.3.3. Kurşun (Pb)

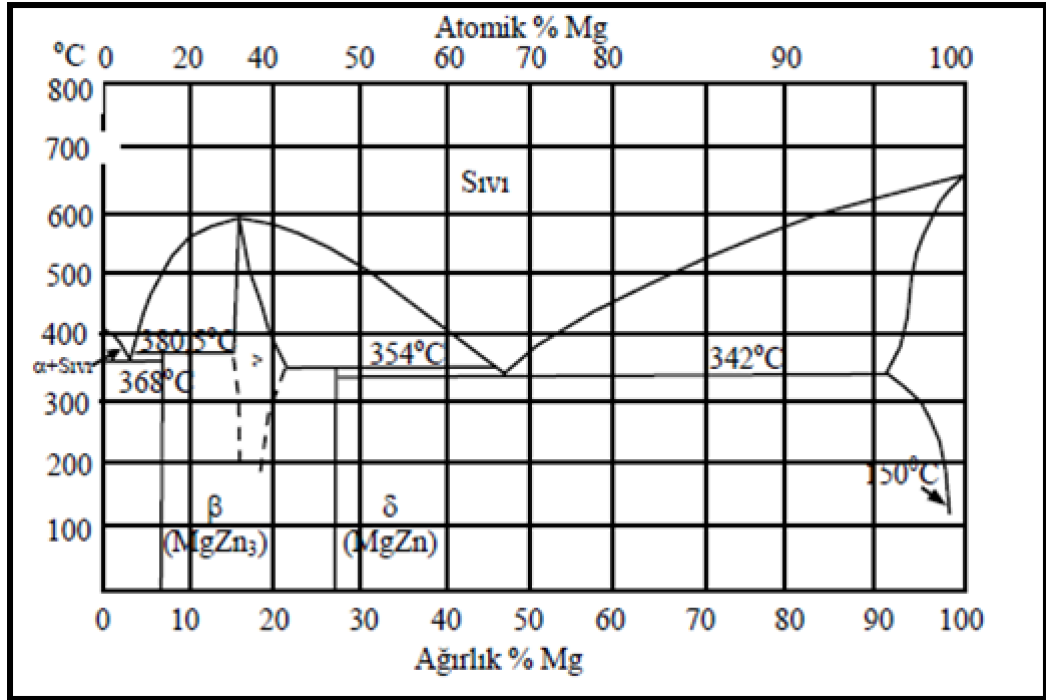
Eklendiğinde çözündüğü için Pb, yeni bir faz oluşturmadan maksimum sıcaklıklarda (ortalama 460 ° C'de)% 40'a kadar çözünür. Pb optimal çözünürlüğe ulaştıkça, Şekil 8'de görüldüğü gibi Mg₁₇Al₁₂ intermetalik fazını da inceltti. Şekil 2.8, Mg-Pb diyagramının bir temsidir [52].



Şekil 2.7. Mg-Pb faz diyagramı [52].

2.3.4. Çinko (Zn)

Mg Cinsinden Al'den sonra çinko en faydalı alaşım elementidir. Al ve çinko, oda sıcaklığında mukavemeti artırmak için sıklıkla birleştirilir. Bununla birlikte,% 7-10 Al içeren Mg'a% 1'den fazla Zn eklendiğinde ısıtılmış kırılma artar. Çökeltme sertleşmesi yoluyla güçlendirilen Mg alaşımları oluşturmak için çinko, nadir metaller, toryum veya nadir topraklar gibi diğer elementlerle de birleştirilir. Muhtemel magnezyum alaşımlarında bulunan demir (Fe) ve nikel (Ni) empenyelerinin zararlı korozyon etkileri azalır. Faz diyagramı, gözlemlenebileceği gibi Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 2.9 [47,48] Mg-Zn diyagramını göstermektedir.



Şekil 2.8. Mg-Zn faz diyagramı [50].

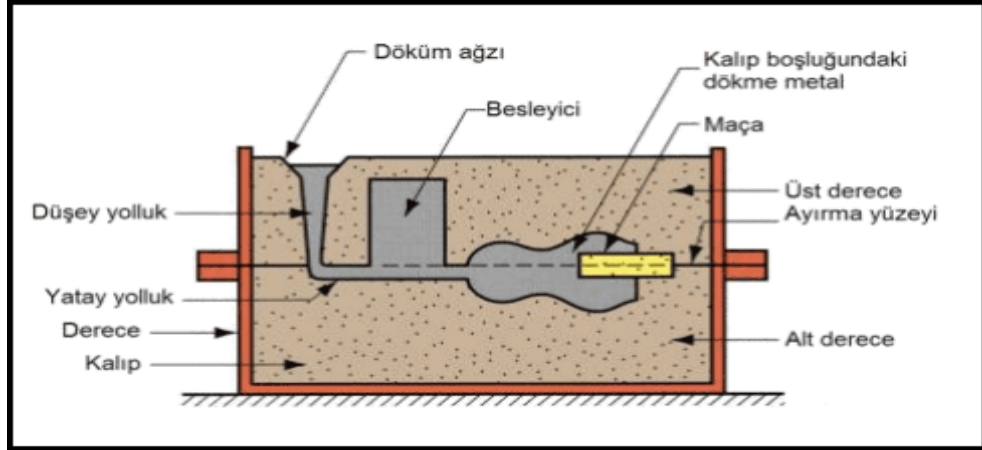
2.4. MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ DÖKÜM YÖNTEMLERİ

Ergimiş Mg alaşımları, eritilmiş Al'den farklı tepki verir. Önlemler alınmazsa, magnezyum oksidasyona karşı savunmasızdır. Eriyik üzerinde oksijen, oksidasyonun hızlanmasına neden olan geçirgen ince bir kaplama oluşturur. Oksit tabakasının altında, oksijenin girmesine izin veren bu oluşumun bir sonucu olarak yanma meydana gelir. Erimiş metalin oksitlenmesini durdurmak için koruma ve döküm sırasında

koruyucu gazlar kullanılır. Bilim adamları, Mg alaşımının erimesi sırasında dikkatli kullanılması gereken koruyucu gazların (Ar, SF6, N ve HFC-134a) etkileriyle ilgilenmeye başladılar [43].

2.4.1. Kum Kalıba Döküm

Yaş kum kalıp döküm sistemi, döküm teknikleri arasında en uygun olan kalıp sistemidir. Dökümde kullanılacak kalıplama kumunun önceden belirlenmiş bir süre oda sıcaklığında tutulmasının ardından, sertleştirmek için bir kimyasal katalizör ve bir bağlayıcı fenolik ürethan reçinesi ile birleştirilir. İşlemi bitirmek için eritilmiş metal bir kum kalıbına dökülür. Kum dökümünün bir sorunu vardır çünkü erimiş metal kalıplama kumu ile reaksiyona girer. Kum, bu işlemi durdurmak için bir inhibitörle karıştırılır. Şekil 2.11 [53,54], bir kum kalıbındaki dökümün bir temsilini göstermektedir.

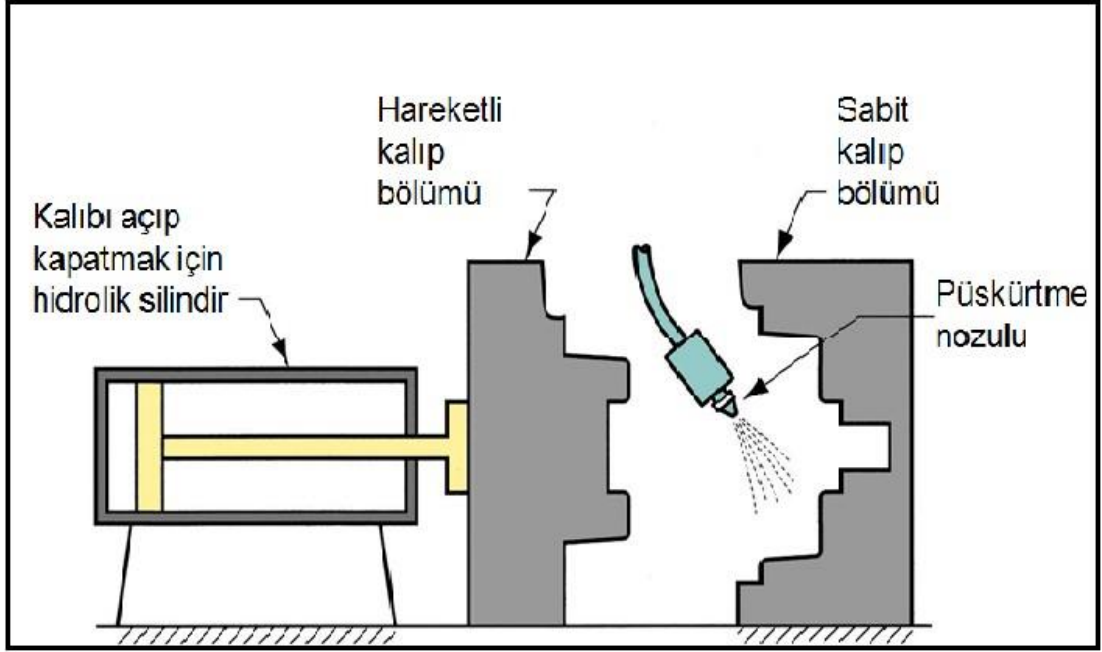


Şekil 2.9. Kum kalıba döküm yöntemi.

2.4.2. Kokil Kalıba Döküm

Bu teknikte kullanılan çelik kalıp malzemesi, dökme hareketi kullanılarak erimiş metal ile doldurulur. Büyük miktarlarda malzeme için tipik olarak tercih edilir. Bu pahalı bir işlemdir. Kalıbın çeşitli kullanımları vardır. Elde edilen ürün kalitesi, kalıp malzemesi dökme demir ve spesifik çeliklerle birlikte yapıldığı için kum kalıp döküm yöntemi kullanılarak oluşturulan ürünün kalitesinden daha iyi ve etkilidir.

Kokil kalıplar üstün yüzey kalitesi ve boyut kontrolü sağlar. Metal, katılaşmaya ve ince taneli parçaların verimli üretimine izin veren kalıp malzemesi görevi görür. Düşük erime noktasına sahip metallerin dökümü ile sınırlıdır, bu da bir dezavantajdır. Kalıp kontrolü gereklidir, bu nedenle karmaşık geometriye üretimi uygun değildir. Kokil kalıplar pahalı kalıplardır. Şekil 2.12'de gösterildiği gibi kokil bir kalıp örneği verilmiştir [50,55].

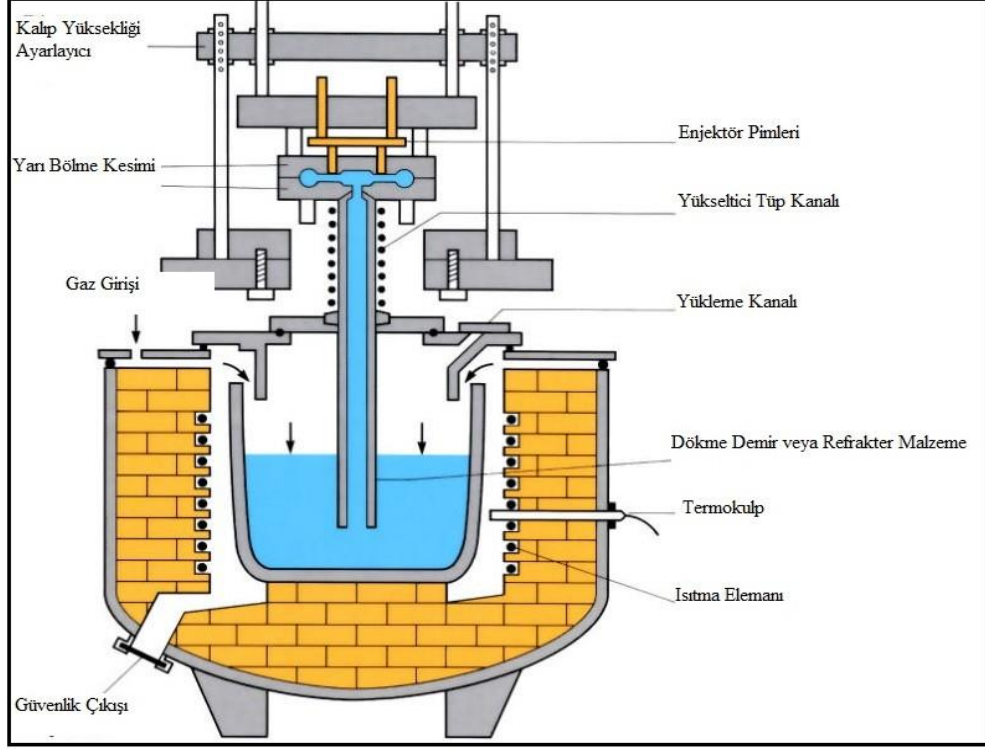


Şekil 2.10. Kokil kalıp örneği.

2.4.3. Basınçlı Döküm

Magnezyum alaşımlarından yapılmış malzemeler oluşturmak için en popüler teknik basınçlı dökümdür. Bu yaklaşım, büyük üretimi kaldırabildiği için yaygın bir kabul görmüştür. Bu yaklaşımın amacı ince taneli bir yapı oluşturmak olsa da, parçaların hızlı soğuması gaz kaçışını kısıtladığı için gözenekliliğe yol açar. Gözenekli parçalar kaynak, ısıl işlem veya mukavemet için uygun değildir. Düşük viskoziteli alaşımlar, ince duvarlı parçalar oluşturmak için kalıp dökümünde kullanılabilir. Aynı tip parçaların büyük üretim hacimlerinde kullanılan kendi kendini tekrarlayan bir kalıplama tekniğidir. Prosedür, erimiş metalin çelik bir kalıba yoğun basınç transferi olarak tanımlanabilir. Basınçlı döküm işleminde, erimiş metali aktarmak için kullanılan kalıp, ögeyi kalıptan çıkarılacak kadar katı olana kadar hızlı bir şekilde

soğutmak için de kullanılır. Şekil 2.13, basınçlı döküm tekniğinin bir örneğini sunmaktadır.



Şekil 2.11. Basınçlı döküm yöntemi şematik gösterimi.

2.5. BİLYE PÜSKÜRTME (SHOT PEENİNG)

Metalleri yorulma ve gerilme korozyonuna karşı güçlendirmek için bilyalı dövme, soğuk veya ısıtılmış olarak uygulanabilen mekanik bir yüzey işlemidir. Bilye dövme olarak bilinen işlemin bir parçası olarak metallerin yüzeyine küçük çaplı bilyalar atılır. Bir dişlinin bilyalı dövülmesi Şekil 3.1'de görülmektedir [12].



Şekil 2.12. Bir dişlinin dişlerinin bilyalı dövülmesi [12]

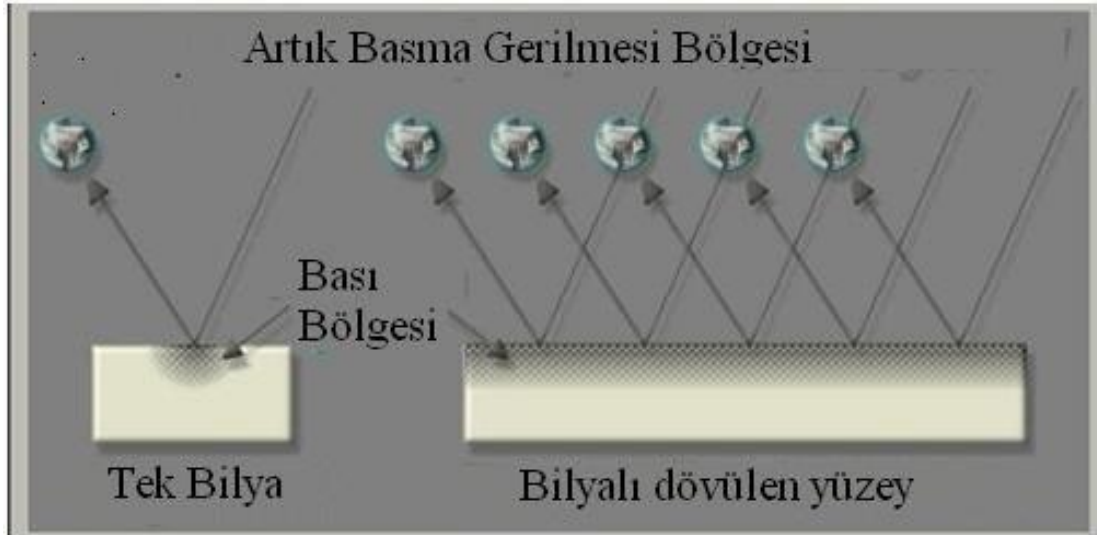
Her bilyenin metalin yüzeyi üzerindeki etkisi, metalin yüzeyinde darbelere ve çukurlara neden olur; bu, malzemenin yüzeyine ince uçlu bir çekiçle vurursanız ne olacağına benzer [12]. Dökme demir, çelik, cam, seramik, kesilmiş tel ve paslanmaz çelik, bilyalı dövmede kullanılan tipik küresel bilyaları oluşturmak için kullanılabilir malzemelerden sadece birkaçıdır. Malzemeyi yenecek bilyelerler, uzun süreli plastik deformasyona neden olacak kadar hızlı oranlarda metal yüzeyine püskürtülmelidir. Tek bir topun hareketi gözlenirse, yüzeye çarpan topun yüzeyde küre başlığına benzeyen bir çukur oluşturması ve malzemenin içinde plastiğin akmasına neden olması mümkündür. Bu, malzemenin yüzeyine atılan topların sayısı su jeti prensibine benzetilmektedir [12]. Sadece yüzeyin alt kısımlarında elastik deformasyona maruz kalan alanlar, topların yüzey üzerindeki şiddetli etkisinin neden olduğu çarpık alanların genişlemesini sınırlayacaktır.

Sonuç olarak, malzemenin iç kısımlarındaki genişmeyi kısıtlamaya çalışan elastik deformasyona maruz kalan alanlarda gerilme gerilmesi gelişir ve yüzeyde ve yüzeyin hemen altında bilyeli dövmeden etkilenen alanlara kadar basınç kalıntı gerilmesi gelişir. Metali yüzeyin hemen altına geri yüklemeye çalışan basınç gerilmesi, yüzeyde çukurlaşmaya neden olan çekme gerilmesini önlemeye çalışır. Sonuç olarak, metal

yüzeyin hemen altında yoğun bir şekilde sıkıştırılır. Üst üste binen çukurların altında, bir sıkıştırma kalıntı gerilimi profili gelişir [12].

Artık gerilmeleri tanımlamak için yalnızca elastik gerilmeler kullanılabilir. Bu nedenle metallerde bilyeli dövme sonrası elastik sınırın altında ve altında gelişen gerilmeler kalıcı gerilmelerdir. Başka bir deyişle, daha fazla plastik deformasyonun oluşmasını önlemek için artık gerilmeler akma dayanımı değerinden büyük olmamalıdır. Çalışmalar, bilyeli dövme işleminden sonraki artık gerilmelerin kabaca o metalin minimum ve maksimum akma dayanımlarına eşit olduğunu göstermektedir [12].

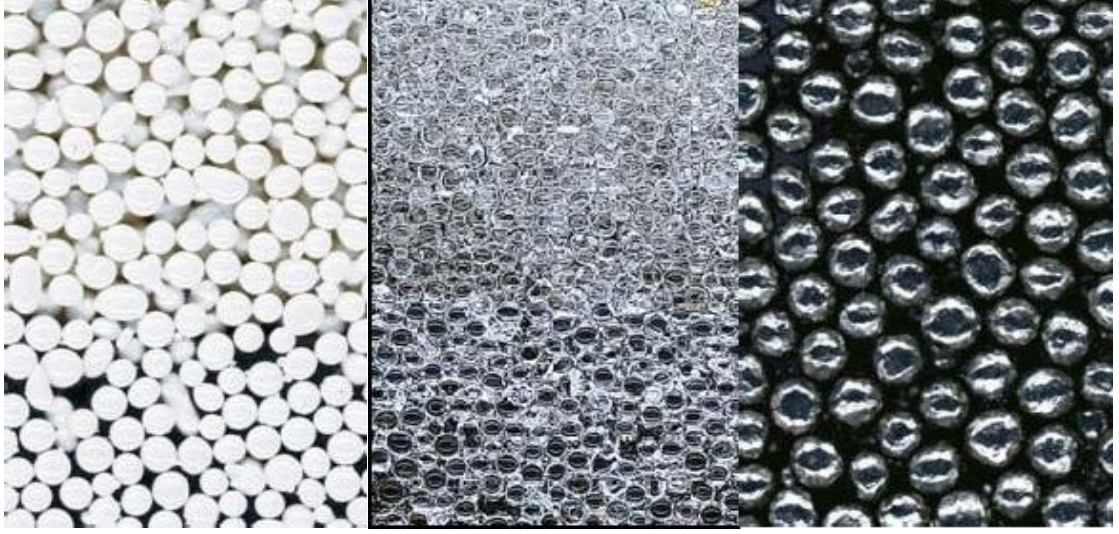
Çatlak başlatma ve yayılma, basınç kalıntı gerilimi ile durdurulur. Bilyalı dövme, tüm yorulma ve gerilme korozyonu hasarı yüzeyde başladığı için makine parçalarının ömrünü uzatan basınç gerilimi üretir. Metalik bir numune üzerindeki basınç kalıntı gerilimi, Şekil 3.2'de şematik olarak gösterilmiştir [12].



Şekil 2.13. Bilyalı dövme sonucu oluşan basma artık gerilmesi [12].

Paslanmaz çelik ve çelik tellerin dövülmesinde kullanılan bilye malzemeleri çelik, dökme demir, dökme çelik, cam, ve seramiktir. Şekil 4, bazı top türlerinin resimlerini göstermektedir. Çelik bilyeler standartlara göre S70 ile S930 arasında değerler almaktadır.

Bilyanın malzemesinin çelikten olduğunu şekilde başa konulan S harfi göstermektedir. Bu değerlerin on binde biri inç cinsinden mertebe olarak bilya çaplarını belirtmektedir [12].



a. Seramik bilya

b.Cam bilya

c.Paslanmaz çelik bilya

Şekil 2.14. Pratik uygulamalarda yararlanılan farklı türde bilyalar [12].

2.6. HADDELEME

Aynı hızda farklı yönlerde dönen merdaneler vasıtasıyla kütük veya levhada kesit daralması sağlamak için yararlanılan plastik şekillendirme yöntemidir. Malzemenin merdaneler arasından her bir geçişine Paso denilmektedir. Merdanelerden gelen radyal basma gerilmeleri ve malzeme ile merdane arasındaki sürtünmeden oluşan yüzey kayma gerilmelerinden Plastik deformasyon oluşmaktadır. Ayrıca sürtünme malzemenin merdaneler arasından kaymasına yol açar. Malzemenin kesit kalınlığı azalırken hacmi sabit kalır ve boyuna uzama, enine genişleme meydana gelir. Haddeleme sonrası malzeme şekil alırken bir diğer yandan mekanik özellikleri gelişir. Soğuk, ılık ve sıcak haddeleme olmak üzere üç çeşit haddeleme işlemi vardır [13,15].

2.7. KOROZYON

Korozyon, çevreleriyle kimyasal ve elektrokimyasal etkileşimlerin neden olduğu metalik özelliklerin kaybıdır. Metaller doğada yaygın olarak oksit ve kükürt

mineralleri şeklinde bulunur. Bu metal kompleksleri en kararlı olanlardır. Metaller bu komplekslerde bulduklarında en düşük serbest enerjiye sahiptirler. Mineraller metallere dönüşmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Metaller ise üretilirken kullandıkları enerjiyi geri vererek doğal hallerine dönmeyi tercih ederler. Örneğin demir, doğada genellikle oksit mineralleri olarak bulunur. Bu minerallerden yüksek fırınlarda enerji harcanarak oluşan demir metal, tıpkı doğada bulunan demir oksit minerali gibi zamanla aşınır ve pas oluşturur [14]. Yüksek sıcaklıkta oksidasyon süreçleri dışında, tüm korozyon olayları elektrokimyasal reaksiyonlardan kaynaklanır. Bu işlemlerde elektron değişimi metal/elektrolit temasında gerçekleşir. Elektrolit olarak tüm iyonik iletken sıvılar, doğal sular, zeminler ve beton korozyona neden olabilir [14].

2.8. MAGNEZYUM ALAŞIMLARINDAKİ KOROZYON TÜRLERİ

Çukur Korozyonu (Pitting): Koruyucu oksit tabakası eşit olmayan şekilde aşındığında tipik olarak pasif metal yüzeyleri etkileyen bir korozyon türüdür. Çukur korozyonunun gerçekleşmesi için metal yüzeyin epitel potansiyelinden daha yüksek bir potansiyele maruz kalması gerekir. Epitel potansiyeline ulaşıldığında ince oksit filmlerinde elektrik alanı oldukça güçlü olacak ve klorür gibi iyonların bu bölgeye adsorbe edilmesini kolaylaştıracaktır. Adsorbe edilen Cl-iyonu okside serbestçe yayılır yayılmaz, oksit kaplama lokal olarak çözülmeye başlar. Bozunma, pasif filmin anot haline gelen bozunma noktasından ve katot haline gelen çevreden metale doğru hareket eder.

Yıkıcı etkisi, yaygınlığı ve kontrolündeki zorlukları nedeniyle homojen dağılım korozyonu, genel metal kaybı homojen dağılım korozyonuna kıyasla nispeten düşük olmasına rağmen en çok korkulan korozyon türlerinden biridir. Ek olarak, gerilme korozyonu olarak bilinen korozyon yorgunluğu ve çatlama fenomeni, çukur tabanlarına yakın mekanik gerilme konsantrasyonu ile başlatılabilir.

Çatlak Kor.ozyonu: Metal yüzeydeki çatlaklar, boşluklar veya cepler gibi çözeltinin durgun olduğu yerlerde oksijen taşınması zorlaşır. Bu alanlar sonuç olarak anot görevi görürken, çatlağın yanındaki metal yüzeyler katot görevi görür. Metalik olmayan bir

malzeme ile metal bir yüzey arasında ve ayrıca metal yüzeydeki bir kırılmada çatlak korozyonu meydana gelebilir.

Galvenik Korozyonu: Birbirine temas eden çeşitli metaller ve alaşımlar aynı ortamda bırakıldığında oluşan korozyon türüdür. Temas halindeki iki metal arasındaki potansiyel farkın büyüklüğü galvanik korozyon olasılığını etkiler. Daha asil metal daha yavaş aşınır veya hiç aşınmaz, ancak temas halindeki aktif metal anodik bir tutum benimseyerek hızla aşınır.

Taneler arası Korozyon: Bir metalin kristal yapısında tane sınır çizgisi boyunca meydana gelen korozyonu tanımlamak için kullanılan terimdir. Metal atom kristallerinin sınır alanları, erimiş bir metalin katılaşması veya katı halde herhangi bir ısıl işlem sırasında korozyona karşı zayıf bazı kusurlar geliştirebilir. Metal aşındırıcı bir ortama maruz kaldığında taneler arası korozyon meydana gelir. Paslanmaz çelik bunun en yaygın örneği olarak hizmet eder. Çelikteki karbon ve krom, bu çelikler yüksek sıcaklıklara ısıtıldığında veya kaynak yapıldığında krom karbür bileşimini oluşturmak üzere reaksiyona girer. Bileşiklerin tane sınırlarına yakın birikmesi sonucu orada korozyon kararsızdır. Taneler arasında bulunan herhangi bir safsızlık, örneğin bir alaşım elementinin daha bol olması nedeniyle taneler arası korozyona neden olabilir. Örneğin, mütevazı seviyelerde demir mevcut olduğunda alüminyumda taneler arası korozyon meydana gelebilir. Demir, metalde çok az çözünür olduğu için alüminyum taneleri arasında toplanır.

Seçici (Selektif) korozyon: Elektrokimyasal gerilim serisinde birbirinden önemli ölçüde farklı olan metallere yapılmış bir alaşım çözündüğünde gelişen bir korozyon türüdür. Bakırdan önce pirinç alaşımındaki çinkonun korozyonu, bu tür korozyonun en iyi örneğidir. Pirinç (Cu-Zn) bileşenlerindeki Zn içeriği% 15'i geçerse seçici korozyon ortaya çıkar. Malzeme korozyon sonucu mukavemetinin çoğunu kaybeder. Korozyonun aktif olduğu yerlerde çekme mukavemetinin sıfırlandığı iyi bilinmektedir. Bu korozyona bağlı olarak parçanın görünümündeki tek dış değişiklik, parçanın mukavemetini kaybetmesine rağmen renk değişimidir.

Aralık Korozyon: Korozyon sıvısı, cıvata ve perçin gibi bağlantı elemanlarının etrafındaki inanılmaz küçük alanlara sızdığında, çatlak korozyonu meydana gelir. Durgun çözeltilerin olduğu durumlarda, kapalı yüzeylerin altında ve çatlaklarda çatlak korozyonu meydana gelebilir. Korozyonun gerçekleşmesi için korozyon çözeltilisinin girmesi için alanın yeterince küçük olması gerekir. Cıvata, perçin ve vidalarla yapılanlar yerine kaynaklı bağlantılar seçilerek çatlak korozyonu önlenir.

2.9. EMPÜRİTELERİN ETKİSİ

Safliklarına bağlı olarak, magnezyum alaşımları çeşitli kalite seviyelerinde gelir. Demir ve nikel en tehlikeli iki ayrışan elementtir. [17].

Nikel: Magnezyumun korozyona direnme yeteneğini azaltır. Aę, ticari alaşımlarda izin verilen maksimum nikel miktarıdır. 0.01 ile% 0.03 arasında değişmektedir. Aralık. Alaşımın iyi bir korozyon direncine sahip olması için nikel miktarının aę oluşturması gerekir. % 0,002'nin üzerine çıkmamalıdır (ASTM B94) [17].

Demir: Magnezyumun korozyona direnme kabiliyeti de demirden olumsuz etkilenir. Ticari alaşımların yalnızca belirli miktarda demir iğermesine izin verilir. 0.01 ile% 0.03 arasında değişmektedir. Aralık. Alaşımın yüksek düzeyde korozyon direncine sahip olması için ağdaki demir miktarı gereklidir. % 0.005'in üzerine çıkmamalı. [17].

Bakır: Magnezyum alaşımı ağında ne kadar bakır var. % 0,05'ten fazla olduğunda alaşımın korozyon direnci azalır, ancak yüksek sıcaklık dayanımı artar [17].

BÖLÜM 3

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. MALZEME

Çalışmada %0,2 La içeren AZ31 kalite plakalar kullanılmıştır. Haddelene numuneleri hazırlanmıştır.

3.2. BİLYA PÜSKÜRTME (SHOT PEENİNG)

Küçük, sert, küresel bilyaların kontrollü bir şekilde atılması, bilye dövme işleminde işlenecek metal bileşenlerin ve parçaların yüzeyinde plastik deformasyona neden olur. Bu prosedürün temel amacı, yüzeyinde sıkıştırıcı kalıcı bir çekme tabakası oluşturmak için malzemeyi plastik olarak deforme etmektir.

Korozyona maruz kalan metal parçaların mukavemetini ve işlevlerinin bir sonucu olarak stres altında çalışan dairesel (tekrarlanan) yükleri güçlendirmek için, bilyeli dövme yöntemi, gelişmiş bir mekanik yüzey işleme işlemi olarak uygulanmıştır.

Bilye püskürtme, çapları 0,25 ila 1 mm arasında değişen bilyalardan sonraki partikül boyutunun belirli bir miktarda kinetik enerji ile substratın yüzeyine fırlatıldığı soğuk işlem uygulaması için kullanılan bir terimdir, yüzey enerjisi orantılı olarak yükseldikçe konsolidasyon gerçekleşir. Genleşme nedeniyle yerinden çıkma yoğunluğuna tahıl sınır alanlarının. [14].

Çok sayıda bilyeli dövme makinesine rağmen, analiz için iki gruba ayrılabilirler. Bilyalı dövme makineleri, bilye fırlatma ve hava basıncı gibi proses değişkenlerinin otomatik olup olmadığına göre gruplara ayrılır. Örnekler arasında küçük parçalar için döner tabla bilyalı dövme makineleri, sert malzemeler için tambur tipi bilyalı dövme

makineleri ve helezon yaylar için doğrusal konveyör bilyalı dövme makineleri sayılabilir.

Bir nozul yardımı ve yerçekimi kuvveti yardımı ile bilyaları cihazın odasından malzemenin yüzeyine fırlatma sürecinde en verimli değişken, hava püskürtmeli bilyaların dövülmesinde hava basıncıdır.

Bu çalışmada kullanılan olan hava püskürtmeli bilyalı dövme makinası Şekil 3'te gösterilmektedir. Uzun bir nozul, makine veya makine elemanları gibi karmaşık geometrilere sahip dişli parçalarının Hava püskürtmeli makinelerle kolayca dövülmesini sağladığı için, klasik bilya makinalarından üstün görülmektedir. Bu, az sayıda etkili şiddet dövmesinin işlenmesi için ekonomik olarak avantajlıdır. Bilya püskürtme işlemi sırasında 0,2-1 mm boyutlarında S110 kalite bilyalar ile farklı hava basıncı ve farklı süreler kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Hava püskürtmeli bilyalı dövme cihazı.

3.3. HADDELEME

Haddeleme, üretim hızı ve sürekliliği ile işlemin ve ürün kontrolünün kolay oluşu nedenleriyle en çok kullanılan plastik şekil verme yöntemidir. Malzemenin merdaneler arasında her bir geçişine “paso” denir. Haddeleme basınçlı bir mekanik işlem olup, genellikle uygulanan tek kuvvet merdanelerle sağlanan radyal basınçtır. Malzemenin deformasyonu merdanelerin malzemeyi sıkıştırmasıyla sağlanan radyal basma gerilmeleri ve malzeme ile merdaneler arasında sürtünme ile oluşan yüzey kayma gerilmeleriyle sağlanır. Sürtünme kuvvetleri aynı zamanda malzemenin merdaneler arasında ilerlemesini de sağlar. Bu işlemde haddelenen malzemenin kesiti küçülürken boyunda uzama ve genişliğinde de bir miktar artış meydana gelir. Bu duruma “yayılma” adı verilir. Yayılmanın miktarı haddelenen malzemenin boyutlarına, uygulanan deformasyon miktarına ve merdanelerin çapına bağlıdır.

Haddeleme prosesinde %15 ezme oranı ile 1,5 ve 4,7 m/sn haddeleme hızları kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Deneyde kullanılan numunelerin haddeleme sonrası hali.

3.4. DALDIRMA YÖNTEMİ

Daldırma yöntemi ile korozyon davranışı tespiti için numuneler 15x15x2 mm ebatlarında plaka şekilli olarak hazırlanmıştır. Alınan örneklerin tüm yüzeyleri, korozyon deneyi yapılmadan metalografik aşamalarına uygun olarak 1000 mesh'e kadar zımpara ile parlatılmıştır.

Alınan örnekler deney yapılmadan önce 5 dakika gibi bir süre ile saf suda ultrasonik olarak temizlenmiştir ve peşi sıra alkol ile arındırılarak kurutulmuştur.



Şekil 3.3. Numune temizleme aşamasında kullanılacak MBTU marka ultrasonik temizleme cihazı

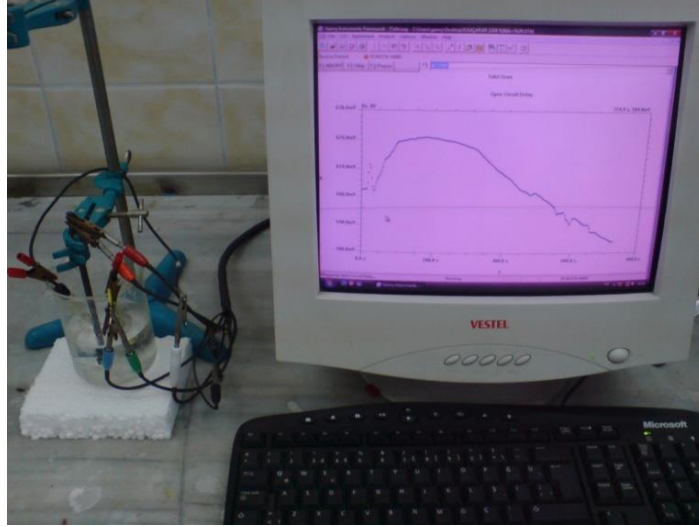
2-12 saatlik Aralık aralığı ile toplam 72 saat boyunca numunelerin ağırlık kayıpları 0,1 mg doğrulukla elektronik ölçekte ölçüldü. Numunelerin birim yüzey alanı başına düşen ağırlık kaybı, deneysel bulgular mg/cm² olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.4. Ağırlık kayıplarının hesaplanmasında kullanılacak Precisa marka XS220A model 0,1 mg hassasiyette elektronik terazi.

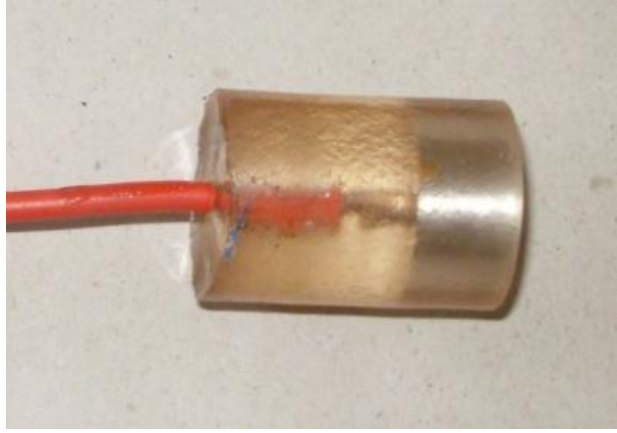
3.5. POTANSİYODİNAMİK POLARİZASYON YÖNTEMİ

Bilgisayar kontrollü Camry model PC4/300mA potansiyostat/galvanostat cihazı ve DC105 Korozyon Analiz programı kullanılarak potansiyodinamik korozyon testleri yapılmıştır (Şekil 3.5).



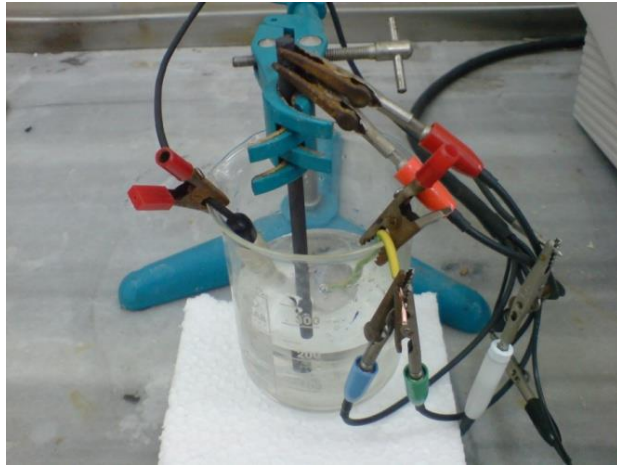
Şekil 3.5. Potansiyodinamik/Polarizasyon deneylerinde kullanılacak potansiyostatik yöntemle çalışan statik korozyon deney düzeneği.

Korozyon testleri için numuneler (çalışma elektrodu) Şeması 9'da görüldüğü gibi iletkenlik sağlamak için arka yüzeye 1,5 mm çapında ve 150 mm uzunluğunda bir bakır tel bağlanmıştır. Bakır tel daha sonra reçine ile kaplandı ve sadece elektrolitle temas etmesi gereken yüzeyler açıkta kaldı. Numunelerin yüzeyleri, 1000 ağırlık boyutuna kadar tipik bir metalografik teknik kullanılarak kumlandı. Numuneler, alkolle durulanmadan önce saf su ortamında beş dakika ultrasonik olarak temizlendi ve korozyon testi başlamadan önce kurutuldu.



Şekil 3.6. Korozyon deneyleri esnasında kullanılacak olan elektrot.

Deney hücresi 400 cc'lik bir beher kabıydı. Deneyler, çalışma elektrodu olarak incelenen alaşımlar, karşı elektrot olarak 6 mm çapında bir karbon elektrot ve referans elektrot olarak doymuş bir kalomel elektrot (SCE) kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Şek.'de gösterildiği gibi., çalışma elektrodu ve karbon elektrot yüzeyleri birbirinden belirli bir mesafede konumlandırılmıştır ve referans elektrot, çalışma elektroduna pratik olduğu kadar yakın konumlandırılmıştır.



Şekil 3.7. Statik korozyon deneyi hücresi.

Korozyon deneylerinin ilk 45 dakikası, elektrolite daldırıldıktan sonra çalışma elektrodu ile referans elektrot arasındaki korozyon potansiyellerinin mV'sindeki değişimin zamanlamasını içeriyordu. Denge potansiyeli (E_{corr}) elde edildikten sonra 1 mV / s tarama hızı uygulanırken potansiyelin katodikten anodik yöne taranmasıyla 1.00 ila 1.00 V arasındaki potansiyodinamik polarizasyon eğrileri çizildi. Tafel eğrileri

kullanılarak korozyon potansiyelini (Ecorr) ve korozyon akım yoğunluğunu (Icorr) belirlemek için DC korozyon yazılımı kullanılmıştır. Sonuçların güvenilirliğini artırmak için, her alaşım grubu, polarizasyon eğrileri kararlaştırılana kadar en az iki kez aynı deney setine tabi tutuldu.

Ağırlık kaybı ve potansiyodinamik polarizasyon üzerine yapılan incelemelerin ardından numuneler solüsyondan çıkarıldı ve saf su ortamında beş dakika ultrasonik temizleme kullanılarak temizlendi. Daha sonra alkolle durulandı ve kurutuldu. Korozyon yüzeyleri ve dilimleri metalografik olarak yapılmış ve korozyon mekanizmasını tespit etmek için optik mikroskop altında incelenmiştir.

3.6. OPTİK MİKROSKOP VE SEM GÖRÜNTÜLEME CİHAZI

Korozyon deneyi yapılan numunelerin korozyon yüzey ve derinliklerini incelemek ve korozyon işlemi sonucunda numuneler üzerinde oluşan korozyon tabakasının kalınlığını tespit etmek amaçlı Optik mikroskop (Şekil 11) ve Carl Zeiss Ultra Plus Gemini Fesem model ZEISSSEM (Şekil 12) görüntüleme cihazı ile görüntü alınmıştır.



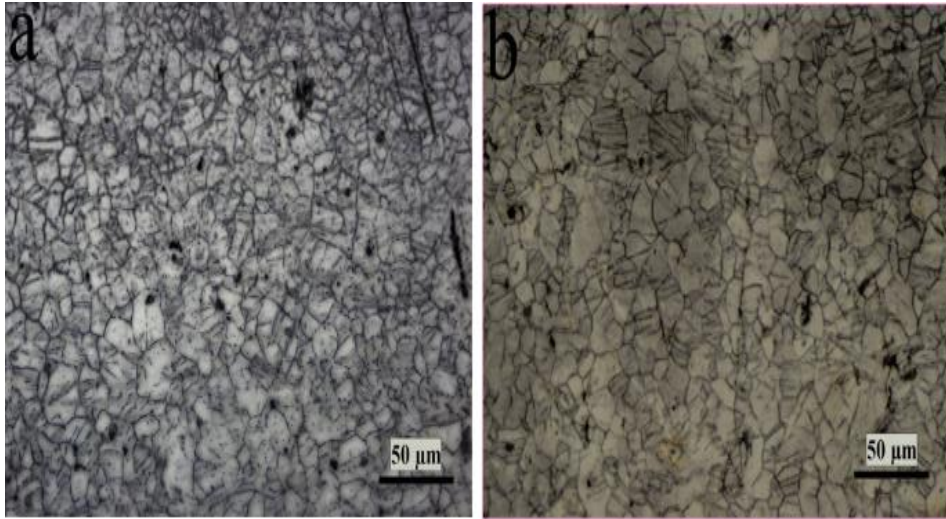
Şekil 3.8. Mikro yapı incelemelerinde kullanılacak Leica DM ILM model optik ışık mikroskobu.

BÖLÜM 4

DENEYSEL SONUÇLAR

4.1. MİKRO YAPI İNCELEMELERİ

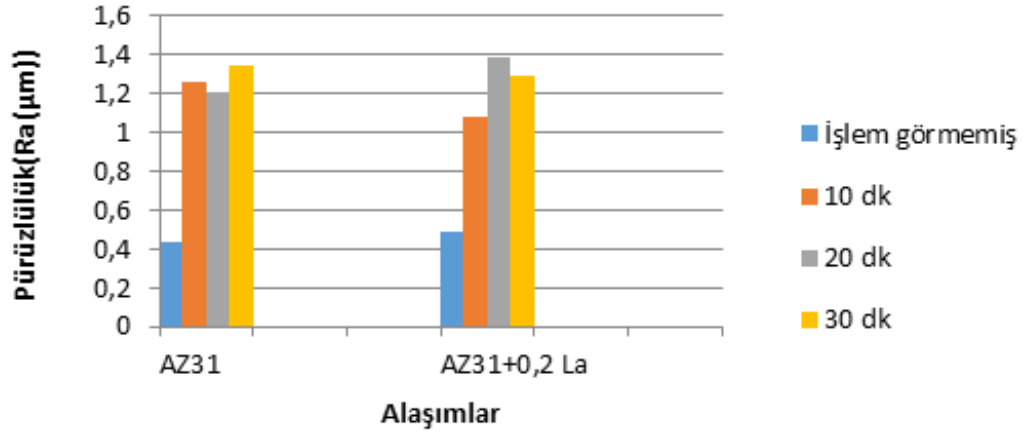
Literatürden yapılan araştırmalara göre, yuvarlanmadan sonra elde edilen görüntülerin de optik mikroskop çalışmasında yeniden kristalleşmiş tanelere ve ikizlemeye sahip olduğu bulunmuştur. Şekil 4.1'de tasvir edilmiştir.



Şekil 4.1. Optik Mikroskop Görüntüleri a) AZ31 b) AZ31+%0,2 La

4.2. PÜRÜZLÜLÜK TESTİ SONUÇLARI

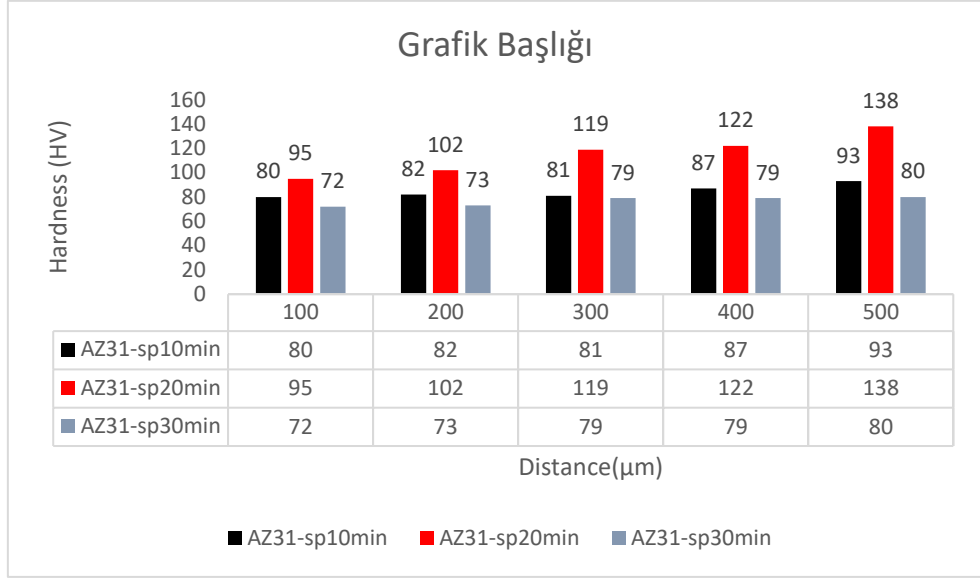
Pürüzlülük testi sonuçlarına göre shot peening işlemi ile her iki malzemenin pürüzlülüğü arttırılmıştır. Az31'in tüm yüzeyinin kaliteli malzeme olduğu tespit edilmiştir 20.dk maksimum pürüzlülüğe ulaşmıştır. Bu 30 için de geçerlidir. dk AZ31 +% 0,2 La materyalinde gözlenmiştir. (Şekil 13).



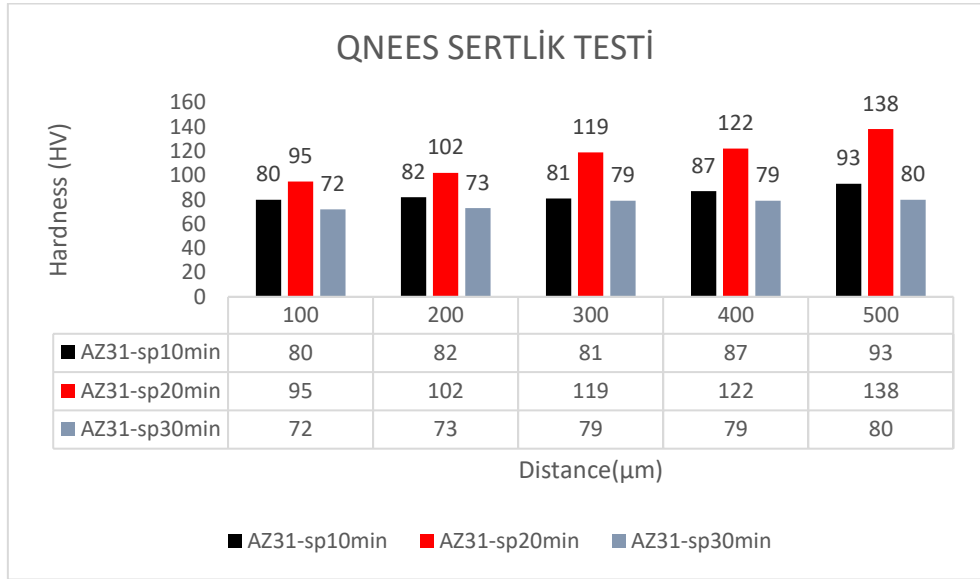
Şekil 4.2. Pürüzlülük testi sonuç grafiği

4.3. SERTLİK TESTİNİN SONUÇLARI

Her iki malzeme de elde edilen sertlik değerlerine göre kumlama işlemine tabi tutulur. Sınavda gerçek bir artış görüldü 10.dk için 20.dk (Şekil 14). 30.dk Bazı anlaşmazlıklar da vardı. Teoriye göre bu, aşırı atışla sertleştirmenin neden olduğu kısmi bir yumuşamadan kaynaklanıyor olabilir. Soğuk deformasyondan sonra o kadar yavaşlaması beklenmez; Bunun, mikro yapıdaki, özellikle tane eşleştirme ve / veya tane kabalaşmasındaki farklı varyasyonlardan kaynaklanabileceğine inanılmaktadır. Malzeme üzerinde kullandığımız —% 0,2 La elemanlı AZ31 dereceli Mg plaka - kumlama prosedürünün zararlı bir etkisi olduğu keşfedildi.



(a)



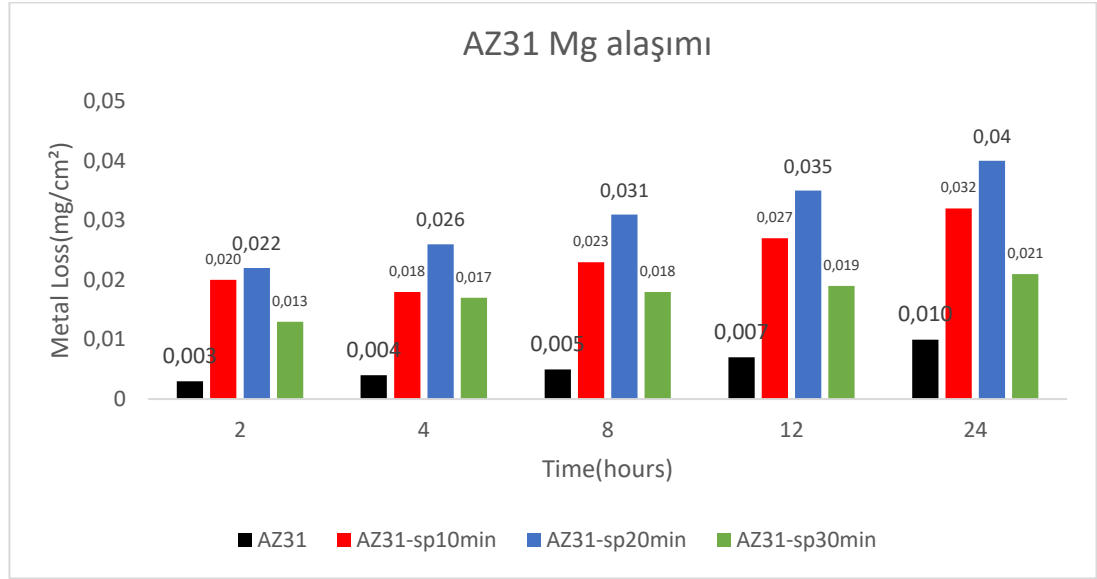
(b)

Şekil 4.3. Sertlik sonucu grafikleri a) Schimadzu b) Qnees test cihazında yapılan test sonuçları

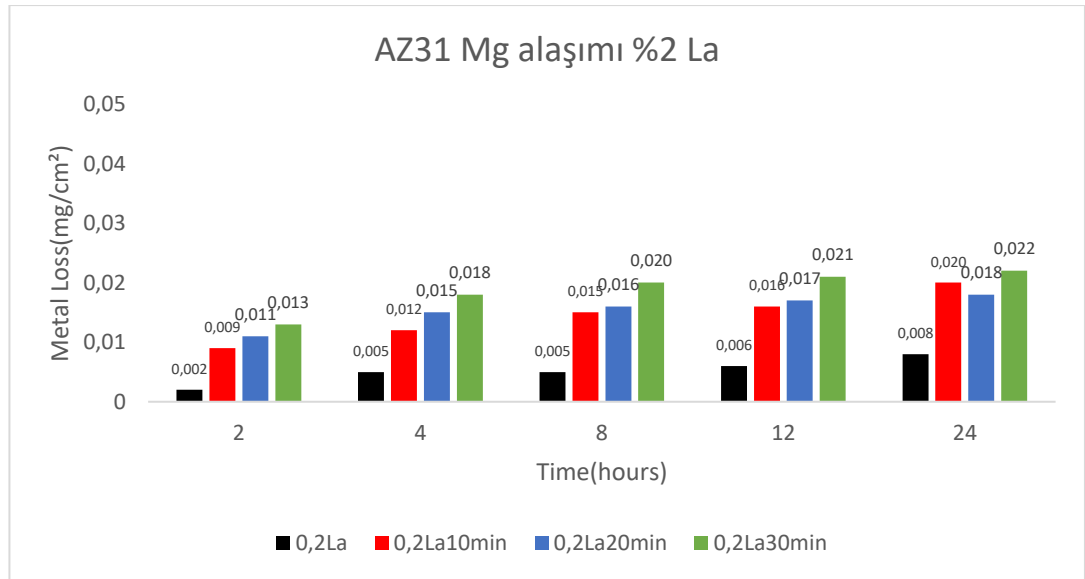
4.4. KOROZYON TESTİNİN SONUÇLARI

Şekil 15, araştırılan alaşımların korozyon testlerinden elde edilen bulguları göstermektedir. Kumlama prosedürü daha yoğun hale geldiğinde korozyon meydana geldi. Bunun nedeni, literatür çalışmalarımızın, yüzey alanı büyüdükçe korozyon direncini düşüren kumlama etkisinin pürüzlülüğü artırdığını da göstermesidir. Mg

bazlı AZ31 sınıfı malzemede 0,2 La ilavesiyle korozyon direncinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun için La unsurunun dahil edilmesi suçludur.



(a)



(b)

Şekil 4.4. Korozyon testi sonuçları a) AZ31 Mg alaşımı b) AZ31-%0,2 La Alaşımı

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE TARTIŞAMALAR

Döküm yöntemi ile üretilen Mg esaslı alaşımların haddeleme sonrası üretilen plakaların yapı analizi ile oluşan fazların adları ve dağılımı belirlenmiştir. Orijinal ve bilya püskürtme sonrası üretilen basma kalan gerilmelerinin malzemenin mekanik özelliklerinde ve mikro yapısındaki değişimler yine mikroskobik inceleme ve sertlik dağılımı ölçümü ile belirlenmiştir. Sertlik sonuçları vickers cinsinden belirlenmiştir. Malzeme - %0,2 La elemanlı AZ31 kalite Mg plaka- üzerinde kullandığımız kumlama işleminin sertliği zararlı şekilde etkilediği gösterilmiştir.

Korozyon sonuçları cihaz tarafından çizilen tafel eğrileri üzerinden amper cinsinde korozyon akımı Volt biriminde korozyon potansiyeli olarak belirlenmiştir. Ağırlık kaybı ölçümleri 0,1 mg hassaslığa sahip terazide yapılacak ve ağırlık kaybı-daldırma süresi grafikleri çıkarılmıştır. Mg bazlı AZ31 sınıfı malzemede 0,2 La ilavesiyle korozyon direncinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun için La unsurunun dahil edilmesi suçludur.

Düşük yoğunluklu ve spesifik mukavemeti yüksek Mg esaslı alaşımların korozyon direncini mekanik özelliklerini iyileştiren optimum haddeleme ve bilya püskürtme parametrelerinin bu proje kapsamında tespit edilmesi hem savunma hem de otomotiv sanayisi için özgün bir değerdir. Bu çalışma ile üniversitemizin bilgi birikimi, AR-GE çalışmaları ve laboratuvar olanaklarından yararlanılarak lisans düzeyinde akademik personel yetiştirilmiş olacaktır. Bu çalışmadan elde edilecek veriler hem ulusal hem de uluslararası kongrelerde sunulmaya değer olup ülkemizde gerçekleştirilecek konferanslarda bildiri olarak sunulup yayınlanmıştır.

KAYNAKÇA

1. Avedesian, M.M., Baker, H. "ASM Specialty Handbook: Magnesium and Magnesium Alloys", ASM International. 336 (1999)
2. Friedrich, H.E., Mordike, B.L., "Magnesium Technology: Metallurgy, Design Data, Applications", Springer Science & Business Media. 696 (2006)
3. Pekguleryuz, M. O., Kainer, K., and Kaya, A. A., "Fundamentals of Magnesium Alloy Metallurgy", Elsevier, 381 (2013).
4. Hicken G. K., "Forging and casting", ASM Handbook, 8th: 397-413 (1993).
5. StJohn, D.H., Qian, M., Easton, M.A., Cao, P., Hildebrand, Z. "Grain refinement of magnesium alloys", Metallurgical and Materials Transactions A, 36(7), pp.(2005-1669–1679)
6. Cáceres, C.H. and Blake, A. "The Strength of Concentrated Mg–Zn Solid Solutions", Physica Status Solidi (a), 194(1), pp.147–158 (2002)
7. Rokhlin, L.L. "Magnesium alloys containing rare earth metals structure and properties", CRC Press. 260 (2003)
8. Bettles, C. and Barnett, M., "Advances in Wrought Magnesium Alloys: Fundamentals of Processing, Properties and Applications", Elsevier, 478 (2012).
9. Chen, Y., Wang, Q., Peng, J., Zhai, C., Ding, W. "Effects of extrusion ratio on the microstructure and mechanical properties of AZ31 Mg alloy", Journal of Materials Processing Technology, 182, 281–285. (2007)
10. Ishihara, S., Shibata, H., Komano, K., Goshima, T., Nan, Z.Y. "Effect of extrusion ratio on fatigue properties of hot-extruded magnesium alloys", Key Engineering Materials, 353–358, 291–294. (2007)
11. Uematsu, Y., Tokaji, K., Kamakura, M., Uchida, K., Shibata, H., Bekku, N. "Effect of extrusion conditions on grain refinement and fatigue behaviour in magnesium alloys", Materials Science and Engineering: A, 434, 131–140. (2006)

12. Liu, G., Zhou, J., Duszczynk, J. "Prediction and verification of temperature evolution as a function of ram speed during the extrusion of AZ31 alloy into a rectangular section", *Journal of Materials Processing Technology*, 186, 191–199. (2007)
13. Nair, K. S. "Effect of extrusion parameters on micro structure and mechanical properties of ZK30 Mg Alloy", *Materials Science and Technology*, 24, 399–405. (2008)
14. Barnett, M.R. "Twinning and the ductility of magnesium alloys: Part I: "Tension" twins", *Materials Science and Engineering: A*, 464, 1–7. (2007)
15. Mackenzie, L.W.F., Lorimer, G.W., Humphreys, F.J., Wilks, T. "Recrystallization Behaviour of Two Magnesium Alloys", *Materials Science Forum*, 467-470, 477–482. (2004)
16. Bauser, M., Sauer, G., Siegert, K. (Eds.), "Extrusion, 2nd ed.", ASM International, Materials Park, OH. (2006)
17. Humphreys, F. J. and Hatherly, M., "Recrystallization and Related Annealing Phenomena", Elsevier, 520 (2012)
18. Park, S.H., Jung, J.-G., Yoon, J., You, B.S. "Influence of Sn addition on the micro structure and mechanical properties of extruded Mg–8Al–2Zn alloy", *Materials Science and Engineering: A* 626, 128–135. (2015)
19. Turen, Y. "Effect of Sn addition on microstructure, mechanical and casting properties of AZ91 alloy", *Materials & Design* 49, 1009–1015. (2013)
20. Dong, X., Fu, J., Wang, J., Yang, Y. "Microstructure and tensile properties of as-cast and as-aged Mg–6Al–4Zn alloys with Sn addition", *Materials & Design*, 51, 567–574. (2013)
21. Chen, J., Chen, Z., Yan, H., Zhang, F., Liao, K. "Effects of Sn addition on micro structure and mechanical properties of Mg–Zn–Al alloys", *Journal of Alloys and Compounds*, 461, 209–215. (2008)
22. Jihua, C., Zhenhua, C., Hongge, Y., Fuquan, Z., Yingliang, C. "Effects of Sn and Ca additions on micro structure, mechanical properties, and corrosion resistance of the as-cast Mg–Zn–Al based alloy", *Materials and Corrosion* 59, 934–941. (2008)
23. Yang, M., Pan, F. "Effects of Sn addition on as-cast micro structure, mechanical properties and casting fluidity of ZA84 magnesium alloy", *Materials & Design*, 31, 68–75. (2010)
24. Kalpakjian, S., Schmid, S. R., and Kok, C.-W., "Manufacturing, Engineering and Technology SI", Sixth edition. Ed., Pearson Education, Singapore Etc., 1216 (2009).

25. Zhang, S., Liu, W., Gu, X., Lu, C., Yuan, G., Ding, W. “Effect of solid solution and aging treatments on the micro structure evolution and mechanical properties of Mg–14Gd–3Y–1.8Zn–0.5Zr alloy”, *Journal of Alloys and Compounds*, 557, 91–97. (2013)
26. Han, X.Z., Xu, W.C., Shan, D.B. “Effect of precipitates on micro structures and properties of forged Mg–10Gd–2Y–0.5Zn–0.3Zr alloy during ageing process”, *Journal of Alloys and Compounds*, 509, 8625–8631. (2011)
27. Son, H.-T., Kim, Y.-H., Kim, D.-W., Kim, J.-H., Yu, H.-S. “Effects of Li addition on the micro structure and mechanical properties of Mg–3Zn–1Sn–0.4Mn based alloys”, *Journal of Alloys and Compounds*, 564, 130–137. (2013)
28. Jung, J.-G., Park, S.H., You, B.S. “Effect of aging prior to extrusion on the micro structure and mechanical properties of Mg–7Sn–1Al–1Zn alloy”, *Journal of Alloys and Compounds*, 627, 324–332. (2015)
29. Mendis, C.L., Bae, J.H., Kim, N.J., Hono, K. “Microstructures and tensile properties of a twin roll cast and heat-treated Mg–2.4Zn–0.1Ag–0.1Ca–0.1Zr alloy”, *Scripta Materialia*, 64, 335–338. (2011)
30. Bhattacharjee, T., Suh, B.-C., Sasaki, T.T., Ohkubo, T., Kim, N.J., Hono, K. “High strength and formable Mg–6.2Zn–0.5Zr–0.2Ca alloys heat processed by twin roll casting”, *Materials Science and Engineering: A*, 609, 154–160. (2014)
31. Bhattacharjee, T., Nakata, T., Sasaki, T.T., Kamado, S., Hono, K. “Effect of microalloyed Zr on the extruded micro structure of Mg–6.2Zn-based alloys”, *Scripta Materialia*, 90–91, 37–40. (2014)
32. Homma, T., Mendis, C.L., Hono, K., Kamado, S. “Effect of Zr addition on the mechanical properties of as-extruded Mg–Zn–Ca–Zr alloys” *Materials Science and Engineering: A*, 527, 2356–2362. (2010)
33. Umehara H., M. Takaya, S. Terauchi, “Chrome-Free Surface Treatments for Magnesium Alloy”, *Surf. Coat. Tech.*, 169-170, p: 666-669, 2003.
34. Song, G.L., Atrens, A., “Corrosion Mechanism of Magnesium Alloys”, *Advanced Engineering Materials*, 1(1), 11-33. (2000)
35. Elkaiam, L., Hakimi, O., Goldman, J., and Aghion, E., "The Effect of Nd on Mechanical Properties and Corrosion Performance of Biodegradable Mg-5%Zn Alloy", *Metals*, 8 (6): 438 (2018).
36. Berkmortel, J. J., Hu, H., Kearns, J. E., and Allison, J. E., "Die castability assessment of magnesium alloys for high temperature applications: Part 1 of 2", *SAE 2000 World Congress*, SAE 2000 World Congress, (2000).
37. Majumdar J.D., Manna I., “A Mathematical Model to Predict the Thermal History and Micro structure Developed in Laser Surface Alloying”, *Laser. Eng.*, 20, pp:

171-190,(2002)

38. FuyongCao, ZhimingShi, Guang-LingSong, MingLiu, Matthew S. Dargusch, AndrejAtrens, Influence of hot rolling on thecorrosionbehavior of several Mg–X alloys, CorrosionScience, Volume 90, January 2015, Pages 176-191
39. Dejiu SHEN, Haojie MA, Changhong GUO, Jingrui CAI, Guolong LI, Donglei HE, Qingxiang YANG, Effect of ceriumandlanthanumadditives on plasmaelectrolyticoxidation of AZ31 magnesiumalloy, Journal of RareEarths, Volume 31, Issue 12, December 2013, Pages 1208-1213
40. Hu, Henry, XueyuanNie, andYueyuMa. "CorrosionandSurfaceTreatment of MagnesiumAlloys." MagnesiumAlloys–Properties in Solid and Liquid States, In-Tech, Croatia (2014): 67-108
41. Jain, Chao-Chi, andChun-HaoKoo. "Creepandcorrosionproperties of theextrudedmagnesiumalloycontainingrareearth." Materialstransactions48.2 (2007): 265-272
42. KUBÁSEK, Jiří, andDalibor VOJTĚCH. "Properties of binaryandternarymagnesiumalloyscontaining Gd, Nd, Znor Y".
43. Guang-LingSong, ZhenqingXu, Effect of microstructureevolution on corrosion of differentcrystalsurfaces of AZ31 Mg alloy in a chloridecontainingsolution, CorrosionScience, Volume 54, January 2012, Pages 97-105
44. Dejiu SHEN, Haojie MA, Changhong GUO, Jingrui CAI, Guolong LI, Donglei HE, Qingxiang YANG, Effect of ceriumandlanthanumadditives on plasmaelectrolyticoxidation of AZ31 magnesiumalloy, Journal of RareEarths, Volume 31, Issue 12, December 2013, Pages 1208-1213
45. H. W. Sun, S. X. Liu, J. Deng, J. Q. Miao, S. K. Guan, Y. Chen, "Effects of RE and Sb on Microstructure of Mg3Al Based Magnesium Alloy", Advanced Materials Research, Vols. 217-218, pp. 1733-1738, 2011
46. S. B. Kang, H. W. Kim, S. S. Jeong, J. W. Kim, "Influence of Misch Metal Addition and Deformation Processes on Microstructure and Mechanical Properties in AZ61 Alloy", Materials Science Forum, Vols. 539-543, pp. 1707-1712, 2007
47. L. Zhang, S. B. Wang, X. Y. Qi, B. S. Xu, "Effects of La on the Microstructures and Mechanical Properties of AZ91 Magnesium Alloy and its Mechanism", Advanced Materials Research, Vols. 328-330, pp. 1650-1653, 2011
48. Okan ÜNAL.Bilyalı dövme işleminin tane boyutuna etkisinin deneysel incelenmesi.2011
49. Prof.Dr. Hayri YALÇIN – Doç .Dr. Metin GÜRÜ Malzeme Bilgisi/Palme Yayıncılık.

50. <http://www.makinaegitim.com/?p=3838> alıntı tarihi: 21.10.2017
51. http://thelibraryofmanufacturing.com/metal_rolling.html alıntı tarihi: 21.10.2017
52. Seçgin G.O., İkiz Merdaneli Sürekli Döküm Yöntemi ile Üretilmiş AZ31 Magnezyum Alaşımının Korozyon Davranışının İncelenmesi, Doktora Tezi, 2012.

ÖZGEÇMİŞ

Sude Ece YEŞİL, 2013 yılı Karabük Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliğini kazandı. 2022 yılında Karabük Üniversitesi Metalurji Ana Bilim Dalında Yüksel Lisans Eğitimine başladı. 2yıl 9 ay Alter Demir Çelik'te üretim mühendisliği, ardından Akçelik Demir Çelik'te hammadde satın alma uzmanı olarak çalıştı. 2022 yılı Aralık ayından bu tarafa BMCPOWER şirketinde tedarikçi kalite mühendisi olarak çalışmaktadır.