IMSMATEC

The International Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive Engineerings and Technology in **TURKEY**
24 th - 26 th JUN 2020

Proceedings

June 24-26, 2020

www.imsmatec.org



NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
2007

Editors
Prof. Dr. Bülent KURT
Doç. Dr. Cemal ÇARBOĞA
Doç. Dr. Zahide BAYER ÖZTÜRK
Dr. Nilüfer KÜÇÜKDEVECİ



BİLDİRİLER KİTABI

Bu kitapta yayınlanan bildirilerin aynen yayınlanması, yazarından ve editörden yazılı izin almak koşuluyla mümkündür. Alıntı için kaynak göstermek yeterlidir.

PROCEEDINGS

Publication of the communiques issued in this book is possible provided that written approval of the author and editor are taken. Given reference is sufficient for extraction.

Bu bildiri kitabı aşağıdaki adresten edinilebilir.
This notification book can be requested from address below.

CONFERENCE SECRETARY / KONFERANS SEKRETERİ

MSc. Eng. Yusuf KARACA

Technical Teach. Murat BAŞAR

Nevşehir Haci Bektas Veli University
Engineering-Architecture Faculty
Metalurgy and Material Engineering
2000 Evler Mah. Zübeyde Hanım Cad. 50300/Nevşehir/TÜRKİYE
Phone: +90 384 228 10 00 (15049)
+90 537 059 17 40
Fax: +90 384 228 10 37
Email: imsmatec@gmail.com

IMSMATEC'20 VİDEOKONFERANS PROGRAM

24 JUN 2020-24 HAZİRAN 2020	
10:00	**OPENING CEROMONY/AÇILIŞ TÖRENİ**
	İstiklal Marşı ve Saygı Duruşu/ National Anthem and Stance of Respect
	Sempozyum Başkanı Doç. Dr. Cemal ÇARBOĞA'nın Konuşması/ President of the Symposium Assoc. Dr. Speech by Cemal ÇARBOĞA
	Mühendislik /Mimarlık Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Aslıhan KARATEPE' nin Konuşması/ Dean, Faculty of Engineering / Architecture Dr. Speech of Aslıhan KARATEPE
	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Semih AKTEKİN'in Konuşması/ Rector of Nevsehir Hacı Bektas Veli University Dr. Speech of Semih AKTEKİN
Session Chairman /Oturum Başkanı: Prof. Dr. Recai KUŞ	**HALL 1 / SALON 1**
10:20-10:40	**INVITED SPEAKER:** Prof. Dr. Hüseyin ÇİMENOĞLU / *Low temperature nitriding of steels*
10:40-11:00	**INVITED SPEAKER:** Prof. Dr. Jamal FAJOUI / *Neutron and X-ray diffraction measurements to explore the influence of thermal, mechanical and thermomechanical loadings on the FCC retained phase of two phase HCP/FCC cobalt*
11:00-11:20	**INVITED SPEAKER:** Prof. Dr. Bülent BOSTAN / *Şekil Hafızalı Alaşımlar*
11:20-11:40	**INVITED SPEAKER:** Prof. Dr. Mohamed KCHAOU / *Performance of friction materials for automotive braking: challenge of the manufacturing process*
11:40-12:00	**INVITED SPEAKER:** Prof. Dr. Ping Xiao
12:00-13:00	**ÖĞLE ARASI/ LUNCH BREAK**
Session Chairman /Oturum Başkanı: Prof. Dr. Bülent KURT	**HALL 1 / SALON 1**
13:00-13:20	**DİZEL MOTORDA ENJEKTÖR PÜSKÜRTME AÇISI VE SİLİNDİR İÇİ DÖNGÜ ORANININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ** Öncel ÖNCÜOĞLU, Ferhat EKİN
13:20-13:40	**HYGROTHERMAL EFFECT ON THE STIFFNESS DEGRADATION OF CRACKED COMPOSITE LAMINATES WITH DIFFERENT OFF-AXIS ANGLES** Mohamed Khodjet-kesba, A. Benkhedda, E.A. Adda bedia, B. Boukert
13:40-14:00	**SHAPE-STABILIZED N-OCTADECANE/*x*-ALUMINA COMPOSITE PHASE CHANGE MATERIALS FOR THERMAL ENERGY STORAGE** Mehmet Selçuk Mert, Hatice Hande Mert
14:00-14:20	**YALIN ALTI SİGMA TEKNİĞİ VE SEKTÖREL UYGULAMASI** Cenk Akan, Levent Urtekin
14:20-14:40	**AL-B_4C-GRAFEN HİBRİT KOMPOZİTLERİN TOZ METALÜRJİSİ YÖNTEMİYLE ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU** Mahmut Can Şenel
14:40-15:00	**FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF AL-AL2O3-GRAPHENE HYBRID COMPOSITES BY POWDER METALLURGY METHOD** Mahmut Can ŞENEL, Mevlüt GÜRBÜZ
15:00-15:20	**DENİZCİLİK SEKTÖRÜNDE KULLANILAN SANDVİÇ KOMPOZİT PANELLERDE OLUŞAN HASARLARIN VE ONARIM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ** Mehmet Özer, T.Kerem Demircioğlu, Fatih Balıkoğlu, Can Çivi
Session Chairman /Oturum Başkanı: Assist Prof. Dr. Nilüfer KÜÇÜKDEVECİ	**HALL 2 / SALON 2**
13:00-13:20	**THE EFFECTS ON ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSION PARAMETERS OF WASTE COOKING OIL - BIOETHANOL BLEND IN A DIESEL ENGINE AS FUEL** İlker Örs, Murat Ciniviz and Bahar Sayın Kul
13:20-13:40	**THE PLACE IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY OF METALLIC FOAM MATERIALS** Nuray BEKÖZ ÜLLEN, Gizem KARABULUT
13:40-14:00	**MAGNESIUM ALLOY APPLICATIONS IN AUTOMOTIVE STRUCTURES** Nuray BEKÖZ ÜLLEN, Gülben BABA
14:00-14:20	**FREN AŞINMA PARTİKÜLLERİNİN MİKRO YAPI ANALİZİ** Bekir GÜNEY
14:20-14:40	**DETERMINATION OF DESIGN PARAMETERS FOR HOMOGENEITY OF REFLECTORS USED IN AUTOMOTIVE LIGHTING FUNCTIONS** Hatice Özbek, Ahmet Rodoplu, Caner Çil
14:40-15:00	**OPTIMISATION OF A VEHICLE ENGINE HOOD HINGE**

MAGNESIUM ALLOY APPLICATIONS IN AUTOMOTIVE STRUCTURES

OTOMOTİV YAPILARINDA MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ UYGULAMALARI

Nuray BEKÖZ ÜLLEN, Gülben BABA
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
E-mail: nbekoz@istanbul.edu.tr
E-mail: gulbenbabaa@gmail.com

Özet

Günümüzde magnezyum alaşımları otomotiv sanayisinde çelik ve alüminyumun arasında yerini almaya başlamıştır. Hafiflik, yüksek dayanım, rijitlik, yüksek ısıl iletkenlik, yüksek boyutsal kararlılık, iyi elektromanyetik koruma, yüksek sönümleme, iyi işlenebilme ve kolay geri dönüşüm gibi üstün özellikleri Mg alaşımlarının kullanımını arttırmıştır. Son yıllarda enerji kaynaklarını daha verimli kullanmak için yapılan çalışmalara hız verilmiştir. Bu kapsamda otomotiv endüstrisi de çevre dostu davranış sergileyerek, yakıt tüketimini azaltmak için araçların daha hafif olması yönünde çalışmalar yapmaktadır. Mg alaşımları da bu anlamda düşük yoğunluğu sebebiyle otomotiv sanayinin tercih ettiği malzemeler içindedir. Otomotiv endüstrisinde Mg alaşımlarına dayalı ürünlerin artması bu konuda yapılan bilimsel ve endüstriyel çalışmalara da önemli bir ivme kazandırmıştır. Bu çalışmada, otomotiv endüstrisinde gün geçtikçe önem kazanan Mg alaşımlarının kullanım alanları son gelişmeler doğrultusunda gözden geçirilmiştir. Aynı zamanda Mg alaşımlarının otomotiv sanayinde kullanımının güncel avantajları, teknolojik engelleri ve gelecekteki durumu hakkında bilgi verilmiştir.
Anahtar kelimeler: magnezyum alaşımları, otomotiv endüstrisi, üstün özellikler, çevre dostu.

Abstract

Today, magnesium alloys have begun to take their place among steel and aluminum in the automotive industry. Its superior properties such as lightness, high strength, rigidity, high thermal conductivity, high dimensional stability, good electromagnetic protection, high damping, good workability and easy recycling have increased the use of Mg alloys. Recently, efforts to use energy resources more efficiently have been accelerated. In this context, the automotive industry also displays environmentally friendly behavior, and works to make vehicles lighter to reduce fuel consumption. Due to its low density, Mg alloys are among the materials preferred by the automotive industry. The increase in products based on Mg alloys in the automotive industry has also given a significant impetus to scientific and industrial studies in this regard. In this study, the usage areas of Mg alloys, which are getting more and more important in the automotive industry, are reviewed in line with the latest developments. At the same time, information is given about the current advantages, technological barriers and future status of the use of Mg alloys in the automotive industry.
Keywords: magnesium alloys, automotive industry, superior properties, environmentally friendly.

1. Giriş

Son yıllarda enerji kaynaklarını daha verimli kullanmak için yapılan çalışmalara hız verilmiştir. Bu kapsamda otomotiv endüstrisinde yakıt sarfiyatını azaltmak amacıyla araçların daha hafif olması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bu sebeple araçların yapımında hafif metaller kullanılmaya başlanmıştır. Hafif metaller hem dövme hem de dökme formlarda araçlarda kullanılabilir. Magnezyum ince kesitlerde eğilmeye karşı yüksek mukavemet, iyi ısıl iletkenlik, yüksek boyutsal kararlılık, enerji sönümleme, rijitlik ve dayanım gibi birçok özellik sağlarken yüksek oranda kütle tasarrufu sağlayabilir. Magnezyum bu özellikleri ile havacılık, uzay ve otomotiv gibi sektörlerde çelik ve alüminyumun yanında yerini almaya başlamıştır. Yoğunluğu gereği hafif bir metal olan magnezyum, otomotiv sektöründe çok fazla ilgi görmeye başlamıştır. Araçlarda sağladığı hafiflik magnezyum alaşımlarının tercih edilebilirliğini arttırmıştır. Alüminyum ve magnezyum gibi hafif metallerin kullanımı yakıt tasarrufu ve aynı zamanda CO_2 emisyonunun azaltılmasıyla çevre kirliliğinin önlenmesini sağlamaktadır [1-2].

Birçok araştırmacı tarafından; Mg alaşımlarının otomotivdeki diğer hafif metallerin yerine kullanılabilmesi için alaşımların iyileştirilmesi üzerine çalışmışlar yapılmaktadır [1-3]. Günümüz otomotiv endüstrisinde ki temel hedefler araç performansını arttırmak ve parça maliyetlerini azaltmaktır. Araçlarda tercih edilen malzemeler toplam ağırlığı önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sebeple yoğunluğu az malzemelerin seçilmesi ve toplam araç ağırlığının azaltılması üzerinde çalışılmaktadır. Toplam araç ağırlığı ve araç performansı ters orantılıdır. Yakıt tüketiminin %60'ı otomobil ağırlığından kaynaklandığından, ağırlığın azaltılması doğrudan yakıt tüketimini ve performansını etkilemektedir. Magnezyum ve alaşımlarının Dünya'da bu kadar rövanşta olmasının ve tercih edilmeye başlanmasının en önemli sebeplerinin arasında geri dönüştürülebilir olması da vardır [4].

Bu çalışmada; otomotiv sanayisinde magnezyum ve alaşımlarının kullanım yerlerinin ve uygulama alanlarının literatür araştırması yapılmıştır. Aynı zamanda magnezyum alaşımlarının gelecekte otomotiv

sanayisinde nerede olacağı hakkındaki görüşlere yer verilmiştir.

2. Genel Kısımlar

2.1. Magnezyumun Özellikleri

Magnezyum için en büyük hammadde kaynağı 1.3x1027 m^3 deniz suyudur. Tahmini miktarı yaklaşık olan yeryüzü deniz sularındaki magnezyum miktarı yaklaşık %0,13 oranındadır. Bugünkü kullanım miktarları üzerinden hesaplandığında, sadece Ölü Deniz'de 22 bin yıl boyunca dünyaya yetecek kadar magnezyum vardır [5].

Magnezyum pratik kullanımlarda tüm metallerin en hafifidir. Gümüş beyazlığındadır. Yoğunluğu 1,74 g/cm^3 tür. Magnezyumun yoğunluğu alüminyumun yoğunluğunun 2/3 ü, demirin yoğunluğunun 1/4 ü kadardır. Bu malzeme elektromanyetik dalgalara karşı koruma, titreşim sönümleme, kaynaklanabilirlik, işlenebilirlik ve insanlarda düşük toksisite gibi üstün özelliklere sahiptir. Ancak, magnezyumun sünekliliği düşük olduğundan elastisite modülü ve belirli kuvvetlerde ve yüksek sıcaklıklardaki sürünme direnci saf magnezyumun kullanılabilirliğini sınırlamakta ve uygulanabilirliğini azaltmaktadır [6].

Tablo 1. Magnezyumun alaşımlarının fiziksel özellikleri

Atom No	:	12
Atom Kütlesi	:	24,3
Özgül Ağırlık (20 °C)	:	1.74 g/cm^3
Erime Noktası	:	651 °C
Isıl İletkenliği (20 °C)	:	0.038 cal/cm.s
Lineer G.K. (20 °C)	:	26.10^{-6}
Elektrik Direnci (20 °C)	:	$4,6.10^{-6}$
Elektrik iletkenliği	:	36,5 ohm.cm
Elastisite Modülü	:	4570 kgf/mm^2
Kristal Yapısı	:	HSP

Magnezyumun saf olarak dayanımı azdır ve soğuk şekillendirilme kabiliyeti düşüktür. Soğuk şekil değiştirme yoluyla dayanımı çok az arttığı için alaşımları daha çok tercih edilir [6-7].

2.2 Magnezyum Alaşımları

Saf magnezyum, özelliklerinden dolayı otomotiv sektöründeki uygulamalar için tercih edilmemektedir. Magnezyumunun özelliklerini iyileştirmek amacıyla alaşımlama işlemi yapılmaktadır. Magnezyumun ana alaşım elementleri, alüminyum mangan ve çinkodur. Alaşım elementlerinden Al, mukavemeti; Zn, tokluğu; Mn, ise korozyona karşı dayanıklılığı arttırmaktadır. Nadir toprak metalleri, mikro gözeneği azaltmak için Zr tane inceltme için, Au veya Cu yüksek sıcaklık özelliklerini geliştirmek için, Th ise sürünme özelliklerini iyileştirmek katılmaktadır [8].

Magnezyum alaşımlarının gösterilmesinde ASTM (American Society for Testing and Materials) B275-94 standardı kullanılmaktadır. Bu sistemde, ilk iki harf magnezyum alaşımında en çok bulunan elementleri ifade etmektedir. Harflerden sonra gelen ilk rakam kodlamanın ilk harfi olan elementin alaşımda bulunan yüzde ağırlığını, ikinci rakam kodlamanın ikinci harfi olan elementin yüzde ağırlığını ifade eder [9]. Mg-Al-Zn-Mn, Mg-Mn, Mg-Al-Mn, Mg-Zr, Mg-Zn-Zr, Mg-RE-Zr, Mg-Ag-RE-Zr, Mg-Y-RE-Zr ticari olarak üretilen magnezyum alaşımı gruplarıdır. Mg-Al-Zn alaşım sistemi ise en yaygın olarak kullanılan magnezyum alaşımıdır. En çok kullanılan alaşımlar; AZ91D, AM60B AE42, AS41XB'dır [9].

Üretimde olan magnezyum parçaları şunlardır: aksesuar tahrik braketleri (AZ91D), otomatik şanzıman debriyaj pistonu ve stator (AS41B), debriyaj gövdesi (AZ91D), kapı aynası braketler (AZ91D), far tutucular (AZ91D), üst ve alt giriş manifoltları (AM60B, AZ91D) yağ filtresi adaptör muhafazası (AZ91D), elektrikli cam regülatör gövdesi (AZ91D), koltuk çerçeveleri (AM60B), direksiyon simidi armatürleri (AM50 [Mg-5Al-0.3Mn], AM60B) ve valf ve kam kapakları (AZ91D) [9].Tablo 2'de AZ91D ve AM60B alaşımlarının içerdiği diğer elementlerin %'de değerleri verilmiştir.

Tablo 2. AZ91D ve AM60B alaşımlarının içerikleri

Alaşım	AZ91D	AM60B
Alüminyum (%)	8,5-9,5	5,6-6,4
Manganez (%)	0,17-0,3	0,26-0,50
Çinko (%)	0,45-0,9	0,20 max
Silikon (%)	0,05 max	0,05 max
Bakır (%)	0,025 max	0,008 max
Nikel (%)	0,001 max	0,001 max
Demir (%)	0,004 max	0,004 max
Berilyum (%)	0,0005-0,0015	0,0005-0,0015
Diğer (%)	0,01 max	0,01 max

AZ91D, en yaygın kullanılan basınçlı döküm alaşımıdır. Oda sıcaklığında iyi dayanım, iyi döküm kabiliyeti, iyi atmosferik kararlılık ve mükemmel tuzlu su korozyon direnci özelliklerine sahiptir [10]. AM60B, iyi uzama ve tokluk, mükemmel tuzlu su korozyon direnci, iyi akma ve çekme dayanımı özelliklerine sahiptir [10]. AE42, nispeten iyi dökülebilirliğe sahiptir. Basınçlı döküm alaşımları içinde en iyi sürünme direncine sahip alaşımlardan biridir. Oda sıcaklığındaki özellikleri iyi ve yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanışlıdır [10]. AS41XB, 175 °C'ye kadar iyi sürünme direncine sahiptir. Oda sıcaklığındaki özellikleri iyi, tuzlu su korozyon direnci mükemmeldir. Yüksek sıcaklık uygulamaları için uygundur [10]. Magnezyum alaşımları yüksek özgül mukavemet, yüksek basınçlı dökümle iyi dökülebilirlik, yüksek hızlarda işlenebilirlik, kontrollü atmosfer şartlarında iyi kaynak edilebilirlik, korozyon direnci, kolay bulunabilirlik gibi özelliklere sahiptir [11].

2.3 Magnezyum Alaşımlarının Titreşim Sönümleme Özelliği

Titreşim enerjisini sönümleme ve metaller vasıtasıyla iletilen titreşimleri tutma elastikliği, metalin titreşim sönümleme kapasitesini ifade eder. Magnezyum ve alaşımları mükemmel sönümleme kapasitesine sahiptirler ve birçok uygulama için titreşim ve gürültüyü azaltabilir [12]. Bu uygulamalardan biri titreşime duyarlı elektronik ekipmanların bağlandığı montaj bloklarında

yapılan titreşim testleridir. Magnezyum alaşımlarının bu özelliği, titreşim ve gürültülünün azaltılmasının önemli olduğu otomotiv endüstrisi için olumlu bir yönü olarak değerlendirilebilir [12].

2.4 Magnezyum Alaşımlarının Sürünme Direnci

Yüksek sıcaklıklarda magnezyum alaşımlarının akma ve çekme dayanımları düşer. Sürekli yük altında yüksek sıcaklıklarda kullanılacak birçok parçanın tasarımı müsaade edilebilecek en büyük deformasyona göre yapılır. Otomotiv hareket ve güç aktarma organlarında kullanılan dişli kutusu, yağ pompası gövdesi, emme manifoldu gibi parçalar yüksek sıcaklıklar altında çalışmak zorundadır. Bu nedenle sürünme direnci ve gerilmeden dolayı şekil değiştirme özellikleri önemlidir. Çeşitli vites kutusu gövdesi, pompa vb. parçalarının üretiminde sürünme dayanımları düşük alaşımların kullanılmasıyla; cıvatalı bağlantılar gevşeyecek ve yağ kaçağı, gürültü ve titreşim artacaktır [13].

2.5 Magnezyum Alaşımlarının Korozyon Direnci

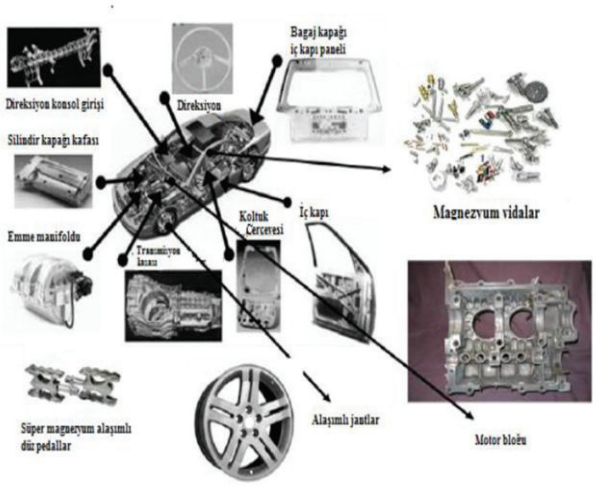
Magnezyum çok yüksek aktifliğe sahip bir metal olup diğer birçok metal ile temasında galvanik korozyona neden olmaktadır. Korozyondan korunma ise tepkimeye müdahale veya koruyucu tabakalarla reaksiyona katılan kısımların ayrılması yoluyla azaltılması veya tamamen ortadan kaldırılması yöntemiyle yapılmaktadır. Magnezyum ve alaşımları üzerinde kimyasal olarak değişmiş bir tabaka oluşturulması korozyon direncini iyileştirmek amaçlı çok önemli bir yüzey işlemidir. Pasivasyon gibi kaplamalar yapılmakta ise de çok etkili olduğu söylenemez [14].

2.6 Magnezyum Alaşımlarının Geri Dönüştürülebilirliği

Genel olarak metaller, eritilip tekrar kullanılabildikleri için geri dönüştürülebilirliği plastiklerden daha fazladır. Özellikle magnezyum diğer metallerden daha düşük özgül ısıya ve erime noktasına sahip olan malzemeler bu geri dönüşümde daha az enerji kullanma avantajı sağlar ve geri dönüşümlü Mg, yeni malzeme üretmek için gereken enerjinin yaklaşık %4'ünden daha azını gerektirir. Ancak şu anda geri dönüşüm teknolojisi henüz tam olarak gelişmemiştir ve nispeten temiz fabrikalardan atıkların geri dönüşümü için gerekli teknolojiler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Gelecekte, geri dönüştürülmüş malzemelerin toplam magnezyum alaşımları üretiminin yaklaşık %10'unu oluşturmasını sağlamak için malzeme akışını gözden geçirmek gerekebilir [13].

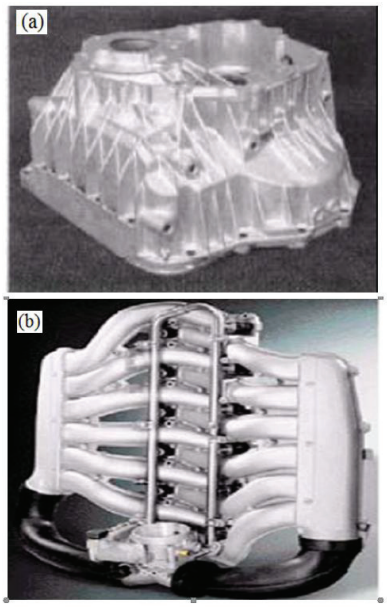
3. Magnezyum Alaşımlarının Otomotivdeki Uygulama Alanı ve Yeri

Magnezyum ve magnezyum alaşımları otomobilde; motor ve transmisyon parçalarında, dâhili parçalarda, şase elemanlarında, kaporta elemanlarında bulunmaktadır**.** Şekil 1'de magnezyum alaşımlarının otomobildeki yerleri gösterilmiştir



Şekil 1. Mg alaşımlarının otomobildeki yeri [7]

Dişli kutuları, emme manifoltları, karterler, silindir üst kapağı, yağ pompası gövdesi, arazi vites kutusu gibi motor parçalarının üretimi için magnezyum bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu parçalar yüksek sıcaklıklarda çalıştıkları için sürünme dayanımlarının ve korozyon dirençlerinin yüksek olması gerekir. Aynı zamanda hassas parçalar oldukları için kolay dökülebilir olmaları gerekmektedir. Magnezyum Geliştirme Endüstrisi (MRI) magnezyum alaşımlarının korozyon ve sürünme dirençlerini iyileştirmek, mekanik ve dökülebilirlik özelliklerini geliştirme çalışmaları çerçevesinde 5 alaşım geliştirilmiştir. Bu alaşımlar MRI151, MRI152, MRI153, MRI154, MRI155'dir. Bu alaşımların 135 °C ve 85 MPa altında sürünme dayanımları ve korozyon dirençleri oldukça iyidir [13]. Şekil 2 (a)'da dişli kutusu ve Şekil 2 (b)'de 12 silindirli bir motorun AZ91HP'den basınçlı kalıp dökümle imal edilmiş emme manifoltları gösterilmiştir.



Şekil 2. (a) Dişli kutusu (b) emme manifoldu [14].

Dâhili parçalar; direksiyon teker göbeği, koltuk parçaları, gösterge panosu, fren ve debriyaj pedal dirseği, hava yastığı tutucusu vb. parçaları kapsar. Emniyetle ilgili bu parçalar halen AM50A ve AM60B alaşımlarından üretilmektedirler. Bu alaşımlar dayanım, süneklilik, enerji absorbe özelliği ve dökülebilirliğin iyi bir kombinasyonunu oluşturmaktadırlar. AM60B alaşımı otomotiv uygulamalarında en sık kullanılan alaşımlardan biridir. Uygulamalar için istenen, daha yüksek sünekliği ve tokluğu olan AM20 alaşımı kötü kalıp döküm özelliği göstermesine rağmen kullanılabilmektedir. Bu yüzden magnezyum geliştirme çabaları AM60B'nin dayanımı ve dökülebilirliği ile AM20'nin sünekliğinin ve tokluğunun birleştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır [13]. Şekil 3'te Mg alaşımlarından elde edilen çeşitli araç parçaları gösterilmektedir.



Şekil 3. (a) kapı çerçevesi, (b) koltuk iskeleti, (c) direksiyon ve (d) şanzıman [7]

Şase parçaları olarak tekerlek jantları süspansiyon parçaları, motor oturma kızağı vb. gibi emniyet gerektiren parçaların üretiminde magnezyumun kullanılması hususunda çalışmalar devam etmektedir. Bu parçalarda hem yüksek süneklilik ve yüksek dayanım hem de korozif bir ortamda değişken gerilmeler altında yüksek yorulma dayanımı bir arada olması gerekmektedir. Geleneksel basınçlı kalıp tekniği ile üretilen AM60B ve AZ91D alaşımları bu istekleri karşılamada tatmin edici değildir. Bu yüzden vakum destekli basınçlı kalıp döküm, düşük basınç kalıp döküm, izostatik sıcak presleme gibi alternatif üretim teknikleri üzerinde durulmaktadır [14].

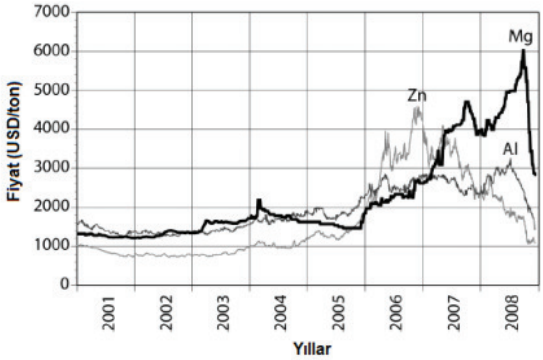
Kaporta elemanları; döküm elemanları, sac elemanları ve ekstrüzyon elemanları olarak sınıflandırılabilir. İç bagaj kapağı gibi ince kesitli ve karmaşık kesitli parçaların başarıyla döküldüğü görülmüştür. Diğer uygulamalar yakın gelecekte kapı iç elemanları üzerine olacaktır. Magnezyum alaşımlarından üretilen kaporta panellerinde istenen mekanik özellikler, korozyon direnci ve yüzey kalitesi ihtiyaçlarını karşılamaktan uzaktır. Bu yüzden sac üretimi geliştirilmelidir. İyi bir yüzey kalitesi için saclar 220°C üstünde haddelenmemeli ve mekanik özellikleri, akma sınırı 160 MPa ve çekme dayanımı 250 MPa 'dan uzama %20'dan büyük olmalı ve 1500 mm genişliğinde üretilebilmektedir [14].

4. Magnezyum Alaşımlarında Diğer Faktörler

4.1 Maliyet Faktörü

Yeni bir malzeme üretildiğinde maddi açıdan tasarruf etmek çok önemli bir husustur. Tasarlanan malzeme diğer seçenekler ile özellikleri üzerinden karşılaştırılır. Bu özellikler arasında maliyet ve tasarım uygulamalarda önemli bileşenlerdir. Doğru işlem ve yapılan hesaplamalar ile yeni kullanılacak olan malzemenin, uygun olup olmadığını belirlemede önem arz eder [15].

Alüminyum ve magnezyum alaşımlarının kullanımı, günümüz teknolojisinde otomobil sektöründe daha düşük parça imalat maliyeti ve rekabet piyasası içerisinde önemli bir yer kaplamaktadır. Daha iyi işlenebilirlik, azaltılmış imalat çevirim süreleri, daha yakın boyutlu toleranslar, montaj sayılarının azaltılması ile son haline daha kolay getirilir. Bu sayede daha az malzeme harcama maliyetleri söz konusu olacaktır. Ancak, işlenmiş alüminyum ve magnezyum bileşenleri neredeyse her zaman daha pahalıdır. Maliyet yüksek olacağından seçim kararları her zaman göz önünde tutulmalıdır [15]. Şekil 4'te magnezyum, alüminyum ve çinkonun yıllara göre fiyat değişimi gösterilmektedir.



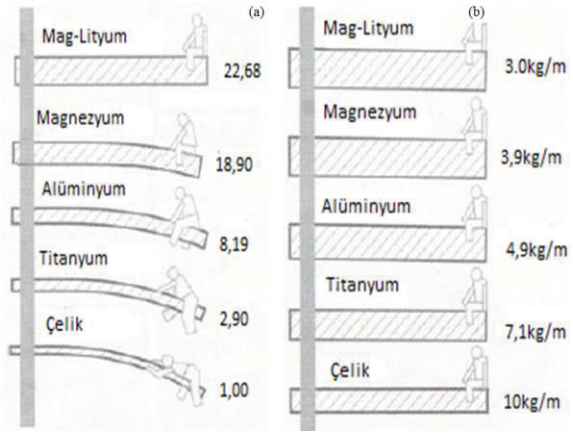
Şekil 4. Magnezyum alüminyum ve çinkonun fiyat değişimi [16]

4.2 Ağırlık Azaltılması

Magnezyum, ağırlığın az olması gerektiği durumlarda en iyi seçeneklerden birisidir. Ancak tek başına kullanılamamaktadır. Alüminyum ile hafif alaşımları yapılırken, lityum ile süper hafif alaşımları bulunmaktadır. Oldukça düşük miktarlarda element ilavesi bile fiziksel özelliklerini geliştirir. %0,6 zirkonyum ilavesi düzgün tane yapısı, uzama, mukavemet, haddeleme özelliklerini arttırır ve döküm özelliğini geliştirir [17].

Otomotiv sektöründe çelik ve dökme demirin yerine magnezyum kullanımı ile teorik olarak %60 ile %75 arasında ağırlık azaltılması mümkün olacaktır.

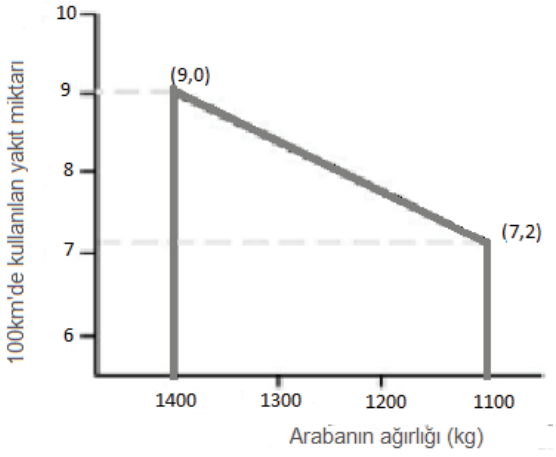
Magnezyumun alüminyum, titanyum ve çelik gibi yapısal metallerle ağırlık–mukavemet ilişkisi şematik olarak Şekil 5'te gösterilmiştir. Soldaki Şekil 5(a) aynı ağırlık ve uzunluğa sahip kirişlerin, aynı yük altında, maruz kaldıkları eğilmeleri ifade etmektedir. Görüldüğü gibi, magnezyumun çeliğe oranla 18,9 kat daha mukavimdir. Sağdaki şekilde (b) ise aynı mukavemete ve uzunluğa sahip kirişler kıyaslanmaktadır. Çeliğin metresi 10 kg iken magnezyumun metresi sadece 3,8 kg ağırlığındadır [17].



Şekil 5. Magnezyum, alüminyum, titanyum ve çelik gibi yapısal metallerin ağırlık-mukavemet ilişkisi [17].

4.3 Yakıt Tasarrufu

Araç tasarımında güç, emniyet ve konfor içeren diğer bütün taleplerin yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu taleplerin yerine getirilmesiyle araç ağırlığı artmaktadır. Ağırlığın fazla olması yakıt tüketimini arttıracağından alüminyumdan %35 daha hafif olan magnezyum alaşımı tercih edilebilmektedir. CO_2 emisyonu çevre kirliliği açısından önemli bir kriterdir. Şekil 6'da magnezyum da dâhil yenilikçi diğer hafif malzemeler ile birlikte ağırlık azaltmanın, yakıt tasarrufunda sağlayabileceği etkiyi göstermektedir [18].



Şekil 6. Araçtaki ağırlığın azalmasıyla elde edilecek yakıt tasarrufu [19].

Bazı motor parçalarında çelik ve alüminyum alaşımlarının yerine Mg alaşımlarının kullanılmasıyla çeliğe göre 48,5 kg ve alüminyuma göre 19,5 g ağırlık azalmaktır. Böylece, her 100 km'de çeliğe göre 0,25 litre alüminyuma göre 0,1 litre yakıt tasarrufu elde edilir [18].

5. Magnezyum Alaşımlarının Gelecekteki Yeri

Magnezyum yüksek mukavemeti ve hafifliğinden dolayı meydana gelen yakıt tasarrufu ve az CO_2 emisyonu nitelikleriyle 21. yüzyılın ürünü olarak görülmektedir. Bu iyi özelliklerinin yanında pahalı ve zor geleneksel üretim şartları söz konusudur. Kaliteli yüzeye sahip otomobil üretimindeki bu arabalar çok üst segment özelliklere sahip otomobillerdir [8].

Bugün yüksek dereceli magnezyum alaşımı içeren araba tekerlekleri "MAG tekerlekleri" olarak adlandırılır. Düşük ağırlık, iyi mekanik ve elektriksel özellikleri nedeni ile magnezyum yaygın olarak kullanılır. Örneğin; cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, kameralar ve diğer elektronik bileşenlerin üretiminde kullanım alanı vardır. Bu da göstermektedir ki; elektronik cihazlar için de magnezyum metali çok önemli bir yere sahiptir. Ayrıca kullanımı açısından, havacılık sektöründe de, yakıt ekonomisi ve ağırlık azaltma ihtiyacı doğrultusunda magnezyum alaşımları kullanımı git gide artmaktadır. Otomobil içi magnezyum bileşenlerinin çoğu gösterge paneli, koltuk çerçeveleri, direksiyon, tekerlek ve diğer parçalardan oluşur. Yakın gelecekte ise araçların; çatı panelleri, başlık, arka içeriği, tekerlekler, yağ karteri, marş ve alternatör sistemlerinde Mg alaşımları ile karşılaşabiliriz. Tüm bu sonuçlar göstermiştir ki; magnezyum ve alaşımları, gerçekte de otomobil sektöründe ihtiyaçları karşılayabilecek potansiyele sahip önemli bir malzemedir [4,13-21].

Kullanılan magnezyumun yakıt tasarrufu sağlaması başta otomotiv sanayi olmak üzere birçok alanda tanınabilirlik sağlamıştır. Yakıt tasarrufu açısından bakıldığında; Mg alaşımları ile ilgili yapılan parça tasarımlarında çok büyük bir değişikliğe gidilmesine gerek yoktur. Sonuç olarak söylenebilir ki; Mg ve alaşımlarının otomotiv endüstrisinde kullanımı atmosferi daha temiz tutmaya yardımcı olabilir. Bu durumda küresel ısınmaya karşı daha iyi bir mücadelenin varlığından söz edebiliriz. Bu amaç doğrultusunda ağırlık tasarrufu adına da araştırmalar yapılmalı, CO_2 gazının havaya salınımının da önemli ölçüde azaltılması hedeflenmelidir [10-20].

Kaynaklar

[1]Benedyk J.J., Magnesium Challenges Aluminum Dominance as the Light Metal of Choice in Automotive Markets, Light Metal Age-The International Magazine of Light Metal Industry, October 2004.
[2]American Society for Testing and Materials-ASM, Metal Handbook, Forming and Forging, 14, p: 791-804,9th Edition, 1988.
[3]Watarai, H. 2006. "Trend of Research and Development for Magnesium Alloys-Re Ducing the

Weight of Structural Materials in Motor Vehicles," Science and Technology Trends, vol. 2.
[4]Kaya A.A., Pekgüleryüz M., Türkoğlu S., Özdoğru E.F., Ağirlik Tasarrufu Amaciyla Otomobil Motor Bölmesinde Magnezyum Alasimlarinin Kullanimi, OTEKON'04, Otomotiv Teknolojileri Kongresi, Bursa, 21- 23 Haziran 2004.
[5]Vanlı, A.S., 2006, Magnezyum Alaşımlarının Basınçlı Dökümünde İşlem Faktörlerinin Araştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
[6]Davies G (2003) Magnesium. Materials for automotive bodies, Elsevier, G. London, pp 91, 158, 159
[7]Kulekci, M.K., "Magnesium and its alloys applications in automotive industry." The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 39.9-10 (2008): 851-865.
[8]Öztürk F., Kaçar İ., Magnezyum Alaşımları ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 1 Sayi 1, (2012), 12 20
[9] Buldum B.B., S. I. K. Aydın, Ozkul I.. "Investigation of magnesium alloys machinability." International Journal of Electronics, Mechanical and Mechatronics Engineering (IJEMME) 2.3 (2013): 261-268.
[10]Altınok.K., Otomotiv Endüstrisinde Magnezyum Alaşımlarının Kullanımı ve Bu Süreçteki Yeni Gelişmeler, Kocaeli Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Lisans Tezi, Kocaeli.
[11]Mert. F., Özdemir. A., Karataş Ç., Magnezyum Alaşımlarının Basınçlı Döküm Yöntemiyle Kalıplanabilirliğin Değerlendirilmesi, Politeknik Dergisi, Cilt 13, Sayı 3, (2010), s165-167
[12]Davis, J. R., Edited By, 1998. Metals Handbook. 558-570 s. Second Edition. ASM International. ISBN: 0-87170-654-7.
[13]:Aghion E., Bronfin B., Eliezer D. 2001. The Role of Magnesium Industry in Protecting the Environment. Journal of Materials Processing Technology, (117), 381-385.
[14]Kandemir. K.,Can. A.Ç., Otomotiv Endüstrisi İçin Magnezyum Alaşımlarının Kullanım Potansiyeli, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 9, Sayı 1, (2003), s37-45
[15]Cole, G. S., and A. M. Sherman. "Light weight materials for automotive applications." Materials characterization 35.1 (1995): 3-9.
[16] : T. Abbott, "Why Choose Magnesium?," Material Science Forum, vol.618-619, pp.3-6, 2009.
[17]Car. E., Termal Redüksiyon (Isıl İndirgenme) Yöntemi İle Birincil Magnezyum Üretimi, Teknik Yazı
[18]Mordike B. L., Ebert T. 2001 Magnesium Properties-Potential. Materials Science and Engineering. A302, 37-45
[19] Anonymous, 1996. Aluminum in the Automotive Industry European Aluminum Association 1996, Pp 8
[20]KACAR İ., ÖZTÜRK. F., Magnezyum alaşımlarının şekillendirilmesindeki son gelişmeler, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2006.
[21] Duygulu Ö., Onuralp Y., KAYA A.A., "Magnezyum levha alaşımlarının üretimi ve geliştirilmesi." İTÜDERGİSİ/d 9.4 (2011).