

ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI VE OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI

Tanya Aycan Başer

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği,
TOKSAN Yedek Parça İmalat Tic. ve San. AŞ.,
AR-GE Merkezi - Bursa
tbaser@toksanotomotiv.com

ÖZET

Önümüzdeki yüzyılda artarak devam eden ekolojik kaygılar, dünyadaki otomobil üreticilerini yeni arayışlara ve araştırmalara yöneltmiştir. Güvenlikten ödün vermeden ve konfordan vazgeçmeden az yakıt tüketen otomobiller için hafif, fakat mukavemeti yüksek alaşımların geliştirilmesi otomobil üreticilerinin önemli hedefleri arasında yer almaktadır. Alüminyum, magnezyum, titanyum gibi hafif yapı metalleri, otomotiv endüstrisinde yakıt tasarrufu için gerekli hafif malzeme seçiminde önemli potansiyel kullanım alanına sahiptirler. Ancak bu alaşımlar içerisinde alüminyumun maliyet, işlenebilirlik, korozyon direnci ve geri dönüşüm yönünden avantajları, hızla gelişmekte olan otomotiv endüstrisinde kullanımının her geçen yıl daha da artmasına neden olmuştur. Alüminyum alaşımları bu özellikleri nedeniyle otomotiv endüstrisinde yakıt tasarrufu için gerekli hafif malzeme seçiminde önemli bir kullanım alanına sahiptir. Alüminyumun tercih edilmesinin diğer nedeni ise, araç tasarımı alanında en önemli husus olan yolcu güvenliğidir. Çarpma sırasında ortaya çıkan enerji yolcular tarafından değil darbe emiciler tarafından absorbe edilmelidir. Alüminyum bu amaç için en uygun elementtir. Hem taşıt ağırlığını azaltma, hem de güvenlik önlemlerini iyileştirmek için alüminyum alaşımları kullanımı tercih nedenidir.

Bu makalede, alüminyum alaşımlarının otomotiv sektöründe kullanımının önemi üzerinde durulmuş, alüminyum alaşımlarının geliştirilmesi üzerine bugüne kadar yapılan çalışmalar değerlendirilerek bir derleme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Otomotiv, alüminyum alaşımları, yakıt tasarrufu

Aluminium Alloys and Usage in the Automobile Industry

ABSTRACT

Ecological concerns, which continue to increase in the next centuries, have led to the world's automobile manufacturers to research and new searches. Without compromising safety and comfort, development of light but high strength alloys for low fuel consumption is an important objective of automobile manufacturers. Concerning fuel consumption lightweight metals, such as aluminum, magnesium, titanium, have significant potential for automotive industries. However, the advantages of aluminium in terms of recycling, the cost, machinability, corrosion resistance led to increase application area of these alloys in automotive industry with each passing year. Due to these characteristics of aluminum alloys, fuel-saving lightweight material selection plays an important role for automotive manufacturers. Aluminium alloys should also take into account in the field of passenger safety. The impact energy must be absorbed by the shock absorbers instead of passengers. Aluminum is the most suitable element for energy absorption based on its characteristics. In order to improve passenger safety and weight reduction, aluminum alloys are preferred.

This article focuses on the importance of the use of aluminum alloys in the automotive industry. Research so far of the development of aluminum alloys was also summarized.

Keywords: Automotive, aluminium alloys, fuel consumption

Geliş tarihi : 20.11.2012

Kabul tarihi : 15.01.2013

Başer, T. A. 2012. "Alüminyum Alaşımları ve Otomotiv Endüstrisinde Kullanımı," Mühendis ve Makina, cilt 53, sayı 635, s. 51-58

1. GİRİŞ

Yer kabuğunda en çok bulunan ikinci metal element alüminyumdur. Alüminyum, geri dönüşüm çemberiyle tekrar geri kazanılmaktadır. Alüminyum, ham maddeden üretim için gerekli enerjinin sadece %5'i kadar bir enerjiyle tekrar ergitilebilir ve yepyeni ürünler için kullanılabilir [1]. Günümüz endüstrisinde çelikten sonra en fazla kullanılan alüminyum ve alüminyum alaşımları; hafif olmaları, iyi ısı ve elektrik iletkenlikleri, artırılabilen mukavemet özellikleri ve korozyona karşı dirençleri nedeniyle mühendis ve tasarımcılar için günümüzde önemli bir malzeme konumundadır. Özellikle son yıllarda, enerji tasarrufuna dönük çalışmalar, daha az yakıt harcayan hafif ve ekonomik taşıtların üretimini gündeme getirmiş alüminyum alaşımları, otomobillerde, otobüslerde, trenlerde, deniz taşıtları yapımında öncelikli olarak tercih edilen malzemeler olmuştur [2]. Aslında bu alaşımlar, uzun yıllardır havacılık endüstrisinde kullanılmakta olan malzemelerdir ve artırılmış mukavemet ve darbe özellikleri sayesinde savunma sanayinde de kullanıma girmişlerdir.

Alüminyum, çelik ve demire göre yaklaşık üç kat daha hafiftir. Otomobil toplam ağırlığındaki her %10'luk azalma %5-10 oranında yakıt tasarrufu sağlamaktadır [1]. 1400 kg ağırlığındaki bir taşıtta geniş kapsamda alüminyum kullanımı taşıtın ağırlığında 300 kg azalmaya neden olmakta, taşıtın toplam ağırlığında %20'lik bir azalma sağlanmaktadır [3]. Bir araç için kullanılan her 1 kg çeliğin 500 gr alüminyumla yer değiştirmesi aracın tüm kullanım ömrü için toplam 10 kg daha az emisyonla sebep olacaktır.

Çelik sacların pres operasyonunda kullanılan ekipmanlar alüminyum alaşımları için benzer operasyonlarda kullanılmaktadır. Keskin ve çapaksız kenarlar elde edebilmek için kalıp bıçak aralıklarının alüminyum alaşımlara gereksinimlerine bağlı doğrultularda ayarlanmasıyla mevcut pres operasyonları uygulanabilmektedir. Tüm bunlara ek olarak, alüminyum levha ürünlerine uygulanacak imalat, montaj ve geri kazanım pratikleri çelik saclar için bugün uygulanandan farklı olmadığından, bu değişiklik otomobil üreticisine ek bir yük de getirmemektedir [4].

Bu yazıda, alüminyumun önemini anlamak amacıyla öncelikle alüminyumla ilgili bilgi verilmiş, otomotiv endüstrisinde kullanılan malzemeler içinde önemli bir yere sahip olan alüminyum alaşımlarının özellikleri, bugün ve gelecekteki potansiyel kullanım alanları derlenmiş, uygulama alanlarıyla ilgili örnekler verilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

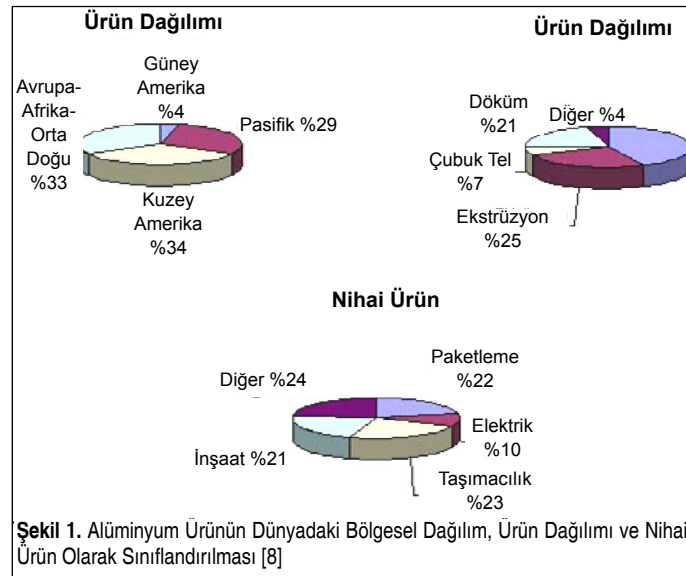
2.1 Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları

Alüminyum, demir-çelik malzemelerden sonra, mekanik

özelliklerinin üstünlüğü nedeniyle, çağımızın en çok kullanılan ikinci metalidir. Alüminyumun metal olarak özellikleri birçok durumda onun ideal ve ekonomik bir malzeme olmasını sağlamaktadır. Alüminyumun;

- 1- Uygun mekanik özelliklerle birlikte düşük ağırlık,
- 2- Korozyona karşı dayanımı,
- 3- Alaşımlarının sağlamlık ve yumuşaklık açısından son derece çeşitli olması,
- 4- Koku ve kimyasallara karşı dayanım ve hijyenik koşullar,
- 5- Uygulanan enerjiyi barındırma yeteneği,
- 6- Geri dönüşebilir olması,
- 7- Yüksek elektrik ve ısı iletkenliği,
- 8- Parlama ve alev almazlık,
- 9- Magnetik nötralite,
- 10- Kolay işlenebilir ve biçimlendirilebilmesi,
- 11- Çok farklı yöntemlerle yüzey işlemleri,

özellikleri kullanımının çok büyük bir hızla yaygınlaşmasına neden olmuş, böylelikle alüminyum 21.yüzyıla damgasını vuran bir metal yapmıştır [5-7]. Şekil 1'de alüminyum ürünün dünyadaki bölgesel dağılım, ürün dağılımı ve nihai ürün olarak sınıflandırılması gösterilmiştir [8].



2.2 Alüminyum Alaşımlarının Gruplandırılması

Alüminyum alaşımları üretim metotları esas alınarak dövme ve döküm olmak üzere iki ana alt gruba ayrılmaktadır. Bu da imal usullerinin farklı ihtiyaçları olduğunu göstermektedir. Plastik deformasyonla şekillendirilen dövme alaşımları, döküm alaşımlardan oldukça farklı mikroyapı ve kimyasal bileşime sahiptirler. Her iki ana grup içindeki alaşımlar, ısı işlem uygulanabilen ve uygulanamayan alaşımlar olmak üzere, iki alt gruba ayrılmaktadır. Isıl işlem uygulanabilir alüminyum

Tablo 1. Alüminyum Alaşımları İçin Temper Seri Numaralarının Tanımları [10]

Temper no	Açıklama
F	İmal edildiği şekilde
O	Tavlanmış (Mümkün olan en yumuşak şartlarda)
H	Soğuk şekillendirilmiş
H1X	Sadece soğuk şekillendirilmiş (x soğuk şekillendirme miktarına ve mukavemetlendirmeye işaret eder)
H12	Soğuk şekillendirme, 0 ve H14 temperleri arasında, ortalarda bir çekme dayanımı sağlar
H14	Soğuk şekillendirme, 0 ve H18 temperleri arasında bir çekme dayanımı sağlar
H16	Soğuk şekillendirme, H14 ve H18 temperleri arasında ortalarda bir çekme dayanımı sağlar
H18	Soğuk şekillendirme, yaklaşık %75 azalma sağlar
H19	Soğuk şekillendirme, H18 temperleme ile elde edilen çekme dayanımından 2000 psi fazla dayanım sağlar
H2X	Soğuk şekillendirilmiş ve kısmen tavlanmış
H3X	Düşük sıcaklıkta yapının yaşlanmasını önlemek için soğuk şekillendirilmiş ve dengelenmiş
W	Çözelti ısı işlemi görmüş
T	Yaşlandırılmış
T1	İmalat sıcaklığından soğutulmuş ve doğal olarak yaşlandırılmış
T2	İmalat sıcaklığından soğutulmuş, soğuk şekillendirilmiş ve doğal yaşlandırılmış
T3	Çözelti ısı işlemi uygulanmış, soğuk işlenmiş ve esas olarak kararlı bir duruma doğal yaşlandırılmış
T4	Çözelti ısı işlemi uygulanmış ve esas olarak kararlı bir duruma doğal yaşlandırılmış
T5	Yüksek sıcaklıktaki şekillendirme işleminden ve soğuduktan sonra yapay yaşlandırılmış
T6	Çözelti ısı işlemi görmüş ve yapay yaşlandırılmış
T7	Çözelti ısı işlemi görmüş ve kararlılaştırılmış
T8	Çözelti ısı işlemi uygulanmış, soğuk işlenmiş ve yapay yaşlandırılmış
T9	Çözelti ısı işlemi uygulanmış, yapay yaşlandırılmış ve soğuk işlenmiş
T10	İmalat sıcaklığından soğutulmuş, soğuk şekillendirilmiş ve yapay yaşlandırılmış

alaşımlarında; bazı ısı işlemle çökeltme sertleşmesi elde edilmektedir. Bahsedilen ısı işlem, alüminyum alaşımlarda istenilen dayanımı elde etmek için uygulanan bir prosestir. Isıl işlem uygulanabilir alüminyum alaşımlarının 2XXX, 6XXX ve 7XXX serileri olmak üzere üç ana grubu bulunmaktadır. Isıl işlem uygulanamayan alüminyum alaşımları ise çökeltmeyle sertleştirilemez, dayanımlarının artırılabilmesi sadece soğuk işlemeyle mümkündür. Katı eriyik mukavemetlendirmesi, pekleşme ve dağılım mukavemetlendirmesiyle mukavemetlendirilirler. Isıl işlem uygulanamayan alüminyum alaşımlarının ise 1XXX, 3XXX ve 5XXX serileriyle üç ana grubu bulunmaktadır [9].

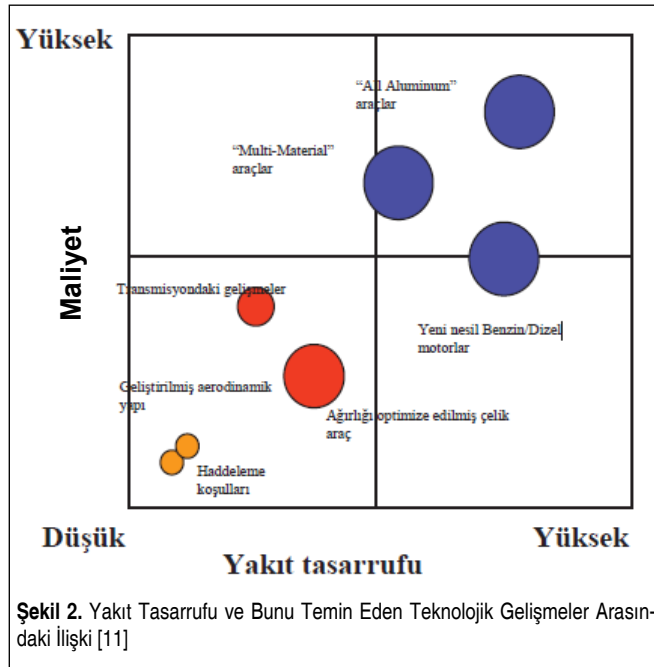
Mukavemetlendirme derecesi, alaşımın ısı işlem görebilir veya pekleştirilebilir olmasına göre temper tanımlaması "T" ve "H" ile gösterilmektedir (Tablo 1). Diğer tanımlamalar alaşımın tavlendiğini (O), çözündürme uygulandığını (W) veya üretildiği şekilde kullanıldığını (F) göstermektedir. "T" ve

"H" yi takip eden numaralar pekleşme miktarını, gerçek ısı işlem tipini veya alaşımın diğer özel üretim işlem durumunu göstermektedir [10].

3. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI

3.1 Otomotiv Endüstrisinde Alüminyum ve Avantajları

Ekolojik dengeyi bozan atık gazların miktarını azaltmak için, daha düşük yakıt tüketimi sağlayacak teknolojileri üretmek ve geliştirerek yakıtı minimum şekilde kullanabilme yoluna gidilmektedir. Otomotiv üreticileri ekolojik dengenin korunmasını sağlayarak ürettikleri malzemelerin maliyetlerinin düşürülmesini istemektedirler. Grafik 2'de yakıt tasarrufu ve maliyetin, teknolojik gelişim basamaklarını da göz önünde



Şekil 2. Yakıt Tasarrufu ve Bunu Temin Eden Teknolojik Gelişmeler Arasındaki İlişki [11]

bulundurarak, ilişkisi gösterilmiştir. Taşıt konforunun artması ve yolcu güvenliğinin önemsenmesiyle yeni aksamlar eklenmekte ve bu da taşıt ağırlığında artışa neden olmaktadır. Taşıtların temel bileşenlerinin ağırlığı azaltılmaktadır. Ancak, bahsedilen sebepler nedeniyle toplam ağırlık aynı kalmaktadır. Yüksek yakıt tasarrufu için çözüm taşıttaki alüminyum parça miktarını arttırmaktır [6, 11].

Yakıt tüketimini azaltmak için diğer bir yöntem de hava direncinin azaltılmasıdır. Ancak bu yöntem otomobil boyutlarıyla ilgili sınırlamalar getirdiği için çok pratik olmamaktadır. Çevre şartlarının iyileştirilmesine yönelik çalışmalarda hava kirliliğinin azaltılmasında, motorlu araçlarda direkt püskürtmeli dizel motorlar ve hafif taşıt üretimi önemli bir çözüm olarak görülmektedir. Güvenlikten ödün vermeden ve konfordan vazgeçmeden az yakıt tüketen otomobiller için hafif, fakat mukavemeti yüksek alaşımların geliştirilmesi, otomobil üreticilerinin önemli hedefleri arasında yer almaktadır [1].

Hızla gelişmekte olan otomotiv endüstrisinde alüminyum alaşımlarının kullanım alanları her geçen yıl artmaktadır. Bu artışın en önemli nedenleri; alüminyumun hafifliği yanında yüksek mukavemete sahip olması, şekil verilebilirliğinin ve korozyon direncinin yüksek olmasıdır. Alüminyum alaşımları, otomotiv endüstrisinde yakıt tasarrufu için gerekli hafif malzeme seçiminde önemli bir kullanım alanına sahiptir. Alüminyum çelik ve demire göre yaklaşık üç kat daha hafiftir ve daha az yakıt tüketecek, çevre-dostu bir otomobil daha hafif olmalıdır. Tasarım değişiklikleri dışında bunu sağlayabilecek tek yöntem otomobil imalatında daha hafif malzeme kullanmaktır [3].

Kaliteden ödün vermeksizin alüminyum tekrar tekrar geri ka-

zanılabilmesi hem ekonomik hem de ekolojik yönden önem taşımaktadır. Geri dönüşüm dikkate alındığında alüminyum diğer tüm malzemelerden daha verimlidir. Yüksek hurda değeri, geri dönüşümü ve tekrar kullanımını garanti etmektedir. Alüminyum bir otomobilde hareket sistemi, motor ve viteslerde kullanılır. Bunun dışında yassı ürün olarak kasa ve soğutma sistemleri de alüminyum alaşımıdır. Bir otomobilde kullanılan parçaların tamamı geri kazanılabilmektedir. Geri kazanma payı %90'ın üzerindedir. Geri kazanım ham madde ve enerji kaynaklarının korunması için çok önemli teknolojik bir parametredir [12].

Otomobillerdeki yapının kinetik enerjiyi absorbe etme kapasitesi, kullanılan malzemenin mekanik karakteristikleri, tasarım ve montaj şekilleriyle belirlenmektedir. Yapılan çok sayıda çarpışma testi, enerji absorbe etme karakteristiklerinin alüminyum kullanımıyla iyileştirilebildiğini göstermektedir. Bu sebeple alüminyum ön darbe sistemlerinde kullanım için idealdir. Tasarımla ilgili olarak uygun yerlerde ekstrüzyon yöntemiyle üretilmiş alüminyum parçalar kullanılarak montaj işlemlerinden kaçınmak ve yapıyı daha güçlü hâle getirmek mümkündür. Böylece hem %50 daha hafif hem de sertliği (rijitliği) artmış bir yapı sağlamak mümkün olabilmektedir [1].

Alüminyumun yoğun olarak kullanıldığı taşıtların sahip olduğu avantajlardan biri de alüminyumun doğasından gelen ve araca kazandırdığı yapısal stabilitedir. Aracın ani yön değiştirmesi esnasında etkiyen kuvvetler, aracın makro boyutlu burkulmalara maruz kalmasına sebep olacaktır. Şayet araç daha hafif ve stabil bir yapıya sahip ise aracın yönünü düzeltme ihtiyacı azalacaktır [13-15].

Yukarıda bahsedilen özelliklerinin yanında alüminyum malzeme, boyasız veya kaplamasız olsa bile sudan ve yol tuzlarından kaynaklanan korozyona karşı dayanıklıdır. Görsel olmayan parçalarda çelik için gerekli olan ve ilave maliyet getiren galvanizleme, kaplama veya boyama alüminyum için gerekli olmayabilir. Alüminyum, boyanın çizilmesi veya kalkması durumunda çelik gibi paslanmaz, korozyona dirençlidir. Bazı plastik malzemeler gibi çöl sıcağı, kuzey soğuğu veya UV ışınlarının etkisi sonucunda özellikleri zayıflayarak kırılma eğilimindedir [16].

3.2 Taşıtlarda Kullanılan Alüminyum Esaslı Parçaların Şekillendirme Yöntemine Göre Değerlendirilmesi

Günümüzde ortalama bir otomobil çok çeşitli alüminyum parçalar içermektedir. Bunların başında döküm yöntemiyle üretilen silindir kafaları, dişli kutuları, jantları; levha ve ekstrüzyon yöntemiyle imal edilen radyatörler, tamponlar, koltuk rayları, yan çarpma çubukları vs. gelmektedir. Bu parçaların bir araçtaki ortalama ağırlığı 100 kg civarındadır. Bu değer toplam ağırlığın %10'una tekabül etmektedir. Her 100 kg ağırlık azaltışında 100 km'de 0,6 litre daha az yakıt tüketil-

Tablo 2. Taşıtlarda Kullanılan Alüminyum Esaslı Bazı Parçaların Şekillendirme Yöntemleri ve Ağırlıkları [1]

Parça Şekillendirme	Yöntemi	Ağırlık (kg)
Kasa	Döküm, ekstrüzyon, hidroform, levha	130-180
Gövde paneli	Levha	50-70
İç yüzey levhaları	Levha	50-70
Motor bloğu ve silindir kapağı	Döküm	60-80
Egzoz manifoldu	Döküm	10
Transmisyon kutusu	Döküm	2-5
Diferansiyel kutusu	Döküm	2
Jantlar	Döküm	5-8
Fren parçaları	Döküm	1
Süspansiyon parçaları	Döküm, ekstrüzyon, hidroform	30-50
Yakıt tankı	levha	5
Radyatör	Ekstrüzyon, Levha	10-20
A/C Kondenser	Ekstrüzyon, Levha	5

mektedir [1,17]. Daha az yakıt tüketimi aynı zamanda daha düşük egzoz emisyon değeri ve çalışma maliyeti demektir. Alüminyum emniyet, konfor ve güvenilirlikten ödün vermeden ağırlık azalması için anahtar bir malzemedir. Düşük özgül ağırlığı ve yüksek mukavemeti sayesinde, alüminyumun yaygın olarak kullanımı orta sınıf bir otomobilde yaklaşık 300 kg ağırlık azaltışı sağlayabilir. Bu oran, aracın toplam ağırlığının %30'una denk gelmektedir.

Bazı parçalar için alüminyum, aynı kalınlıktaki çeliğin yerini alabilmektedir. Böylece %65'lik bir ağırlık tasarrufu dahi sağlanabilmektedir. Ancak çeliğin yerini alan çoğu alüminyum parçada kalınlık artırılmak suretiyle çelikten aynı mukavemet sağlanabilmektedir. Yapısal uygulamalarda en çok karşılaşılan oran 1,5 'tur. Örneğin 0,8 mm kalınlığındaki çelik parça yerine 1,2 mm kalınlığında alüminyum kullanılabilir. Bu durumda ağırlık tasarrufu %50 olmaktadır [15, 18]. Taşıt araçlarında kullanılan bazı alüminyum parçalar ve bunların şekillendirme yöntemleri Tablo 2'de özetlenmiştir [1].

Otomotiv endüstrisinde üretim tekniğine göre alüminyum alaşımlarının sınıflandırılması Şekil 3'te gösterilmektedir. Şekil 4'e göre otomotiv sektöründe de döküm yöntemiyle üretilmiş alüminyum kullanımı daha fazladır. Döküm alüminyum alaşımlarının kullanımı tüm kullanılan alüminyumun %80'i kadardır. Döküm alaşımları içinde en popüler olanları A380, A319, A350 alaşımlarıdır [20].

Alüminyum ve alaşımları, otomobillerde genellikle döküm alaşımı olarak hareket sistemi, motor ve vites gibi parçala-

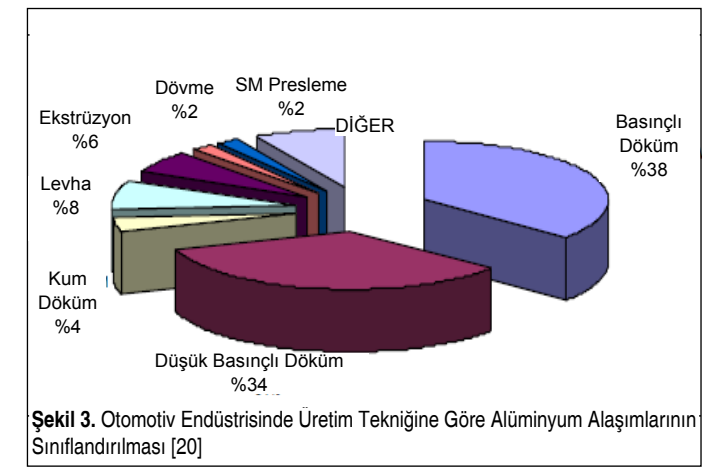
rın üretiminde kullanılırken, döküm alaşımları dışında levha, profil gibi değişik üretim teknikleriyle üretilmiş parçalar, kasa ve soğutma sistemi gibi aksamlarda kullanılmaktadır.

AUDİ AG'nin yaptığı hesaplarda primer alüminyum üretmek için gerekli enerji, bir otomobilin 55.000-79.000 km'de sağlanacak toplam yakıt tasarrufuyla amorti edilmektedir. Geri dönen alüminyumun katkısıyla amortisman süresi daha da kısalmaktadır. Öyle ki, daha ilk kilometrelerde enerji bilançosu geleneksel çelik malzemelere göre çok daha ekonomik olmaktadır [1].

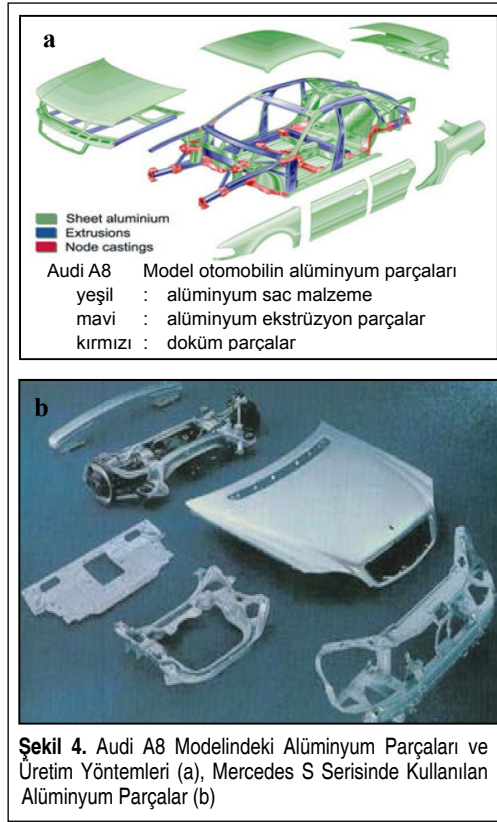
Ağırlıklı olarak alüminyum parçaların kullanıldığı Audi A8 modelindeki alüminyum parçaları ve üretim yöntemleri Şekil 4a'da gösterilmektedir. Levha alaşımlarının önemli olduğu kadar döküm ve ekstrüzyon alaşımlarının da önemli olduğu görülmektedir [19]. Mercedes S serisinde de çoğunlukla alüminyum parça üretimine ağırlık verildiği Şekil 4b'de gösterilmektedir [20].

Otomobillerde kullanılan döküm alüminyum alaşımlı parçalara değişik kutular (transmisyon kutusu, diferansiyel kutusu, vb.), motor sistemi, çerçeve ve bağlantı elemanları, fren sistemi, pistonlar, enjeksiyon sistemi ve egzoz manifoldu örnek gösterilebilir.

Motor, otomobillerdeki en ağır ünitelerden birisidir. Bu sebeple alüminyum kullanımıyla çok büyük miktarlarda ağırlık tasarrufu potansiyeline sahiptir. Birçok motor alüminyum motor kapağına sahiptir ve bazılarının motor blokları da alüminyumdur (Şekil 5a). Motor parçaları genellikle basınçlı dökümle üretilmektedir. Bu parçalar kutulara göre daha yüksek mukavemet gerektirmektedirler. Dizel motorlarda alüminyum kullanımı daha azdır. Çünkü bu motorlar benzin motorlarına göre daha yüksek mukavemetli olmalıydılar. Ancak BMW 320 D modelinde alüminyum dizel motor bloğu kullanılmaktadır (Şekil 5b). Alüminyum motorlarda silindir başlığı dışında silindir krank karteri de hafif metal alaşımlarından üretilmektedir. BMW 6 silindireli motorlar 158 kg civarındadır.



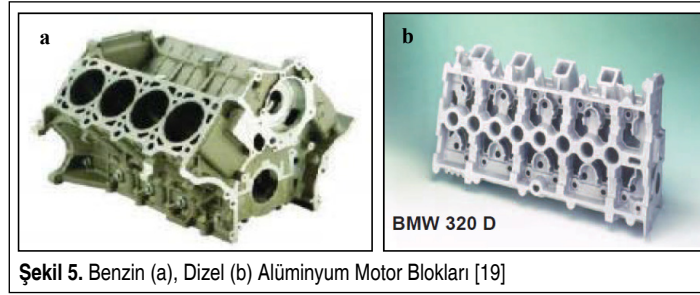
Şekil 3. Otomotiv Endüstrisinde Üretim Tekniğine Göre Alüminyum Alaşımlarının Sınıflandırılması [20]



Her bir taşıtta döküm, ekstrüzyon ve levha ürünü alüminyum alaşımlarının 2050 yılına kadar 250 kg'a ulaşması beklenmektedir. Geçmişte ve 2050 yılına kadar olan süreçte döküm parçalarının oranı azalırken toplam alüminyum miktarının artması öngörülmüştür. Bu da levha ve ekstrüzyon parçalarının miktarının artması anlamına gelmektedir [6].

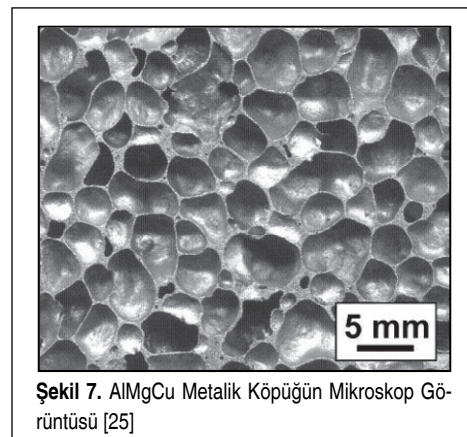
Alüminyumun otomobilde dökümden sonra en yaygın kullanımını alüminyum ekstrüzyon profilleridir. Ekstrüzyon yöntemi karmaşık yapıya sahip parçaların üretimini mümkün kılmaktadır. Alüminyum ekstrüzyon profilleri şasi parçaları, uzay kafes, tampon ve enerji sönmülendirici çarpma kutularında kullanılmaktadır [21]. Alüminyum ekstrüzyon gövde profilleri için iki tip alaşım önerilmektedir. Bunlar; 6xxx (Al-Mg-Si) ve 7xxx (Al-Zn-Mg) serileridir. Bunların dışındaki birçok alüminyum alaşımlarına da ekstrüzyon yapılabilmektedir; fakat üretilebilirlik ve performans özellikleri bakımından en iyi sonuçları, bu iki alaşım grubu vermektedir [9].

Yolcuları korumak için araçların birçoğunda yer alan ve yolcu bölümünü çevreleyen güvenlik kafesi, darbeye içeri doğru çökmemeli, kırılmamalı ve yapısını olabildiğince korumalıdır. Bunu sağlamak için kullanılan yöntemlerden bir tanesi aracın ön ve arkasında deforme olabilen ve enerjiiyi absorbe edebilen parçaların oluşturulmasıdır (Şekil 6). Çarpma sırasında ortaya çıkan enerji yolcular tarafından değil bu sistemler tarafından absorbe edilmelidir. Alüminyumun uygulanan enerjiiyi barındırma yeteneği (akma mukavemetine kadar mu-



kavemet-uzama eğrisi altında kalan alan) çelikten 3 kat daha fazladır. Alüminyum çarpma kutuları içi boş profiller olarak kullanıldığı gibi, içlerine alüminyum köpük yerleştirilerek de kullanılmaktadır (Şekil 6). Alüminyum köpük metaller, çok iyi derecedeki mekanik, akustik, termal, elektriksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı, yapısal ve fonksiyonel ürünlerde geniş bir oranda artan uygulama alanı bulmuştur [22, 23]. Özellikle araç sanayindeki uygulamalar gibi, pek çok yapısal uygulamada köpük metal yapısı, kapalı hücreli olarak adlandırılır. Özellikle alüminyum köpüklerin yüksek enerji sönmülleme yetenekleri ve göreceli uygun maliyetlerle otomotiv sektöründe uygulama alanı bulabilecek malzemelerin başında olduğu söylenebilir. Bu yöntemle karmaşık köpük yapılar hassas bir şekilde üretilebilmektedir [24].

Araçların motor kısmında alüminyum köpük malzemeler, ısı ve ses yalıtıklığı özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Yine otomobillerde ve trenlerde güvenliği artırmak amacıyla



şase ve tampon arasına yerleştirilen çarpışma kutusunda, tampon ve kapılarda dolgu malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Diğer önemli bir sahası da rijitlik/yoğunluk oranının önemli olduğu havacılık sektörüdür. Alüminyum köpükten üretilmiş plaka ve sandviç paneller, özellikle çok pahalı olan bal peteği yapıları kompozit malzemelere alternatif olarak kullanılabilir. Şekil 7'de AlMgCu metalik köpüğün mikroskop görüntüsü verilmektedir [25].

Taşıtlarda iç ve dış paneller, alüminyum levha uygulamalarıyla önemli hafifleme sağlayan ve taşıt ağırlık azaltma çalışmalarına büyük katkıları olan parçalardır. Bugün Kuzey Amerika'da General Motors'un Precept, Ford'un Prodigy ve Daimler-Chrysler'in ESX3 modelleri, Avrupa'da ise Audi'nin A8 ve A2 modelleri tamamen alüminyum gövdeli olarak üretilmektedir [26]. Alüminyum levha üreticileri tarafından, bu uygulamalar için kritik özellikler olan;

- Geri kazanılabilirlik,
- Düşük malzeme üretim ve uygulama maliyetleri,
- Yapısal kararlılık ve dayanıklılık, vuruş ve darbe direnci, çarpışma dayanıklılığı için yeterli mukavemet,
- Gerdirme, bükme ve derin çekme operasyonları için yeterli şekil verilebilirlik,
- Kaynak, lehim ve yapıştırma gibi birleştirme tekniklerine uygunluk,

koşullarını sağlayacak alüminyum alaşımlı levha üretimi ve uygulaması için, çok kapsamlı araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır [27].

Alüminyum levha alaşımlarının otomotiv uygulamalarındaki kullanım alanları oldukça geniştir. Araba gövde panellerinde AA6016 ve AA6111 alaşımları tercih edilmektedir. AA6016 alaşımları Avrupa'da araba gövde panellerinde, AA6111 alaşımları ise genellikle Kuzey Amerika'da tercih edilmektedir [28]. AA6111 alaşımı AA6016 alaşımına göre daha fazla Cu ilavesi içermektedir. Deformasyon sertleşmesi ve yaşlanma karakterini olumlu etkileyen Cu ilavesi ile özellikler daha da iyileştirilebilir. Ancak Cu'nun korozyon dayanıklılığı üzerindeki olumsuz etkisi vardır [29].

Levha üretimi açısından alüminyumun en iyi yanı, fiyatının düşük ve sabit oluşudur [17]. Alüminyum endüstrisi, otomotiv sektörünün gelecekteki gelişimini hedef almıştır. Otomobil iskeletlerinde çelik yerine alüminyum kullanılarak ağırlık %50 oranında azaltılabilmektedir.

Özellikle levha ürünü malzemelerin kullanılarak karmaşık geometrilere sahip parçaların, pres operasyonlarıyla imalatında, alüminyumun düşük akma mukavemetinden yararlanarak parça imalatı daha az enerji harcanarak yapılabilmektedir. Audi A3 örneğinde olduğu gibi aracın motor bloğunu barındıran ön tarafı bu tip bir imalat metodunun ürünüdür



(Şekil 8). Otomobil üretiminde günümüzde en önemli amaç ağırlık artışına neden olan parçaların değiştirilmesidir. Burada en öne çıkan malzeme çelik ince sac St12, St13, St14 malzeme yerine alüminyum levha kullanımınıdır. Çelik yerine alüminyum levha kullanımıyla kasa yapımında ağırlıktan 150 kg kadar tasarruf sağlanabilir. 100 kg ağırlık azaltılması 0.6-0.7 litre/100 km yakıt tasarrufu sağlamaktadır [6, 17].

4. SONUÇLAR

Günümüzde gerek artan küresel rekabet gerekse ekolojik dengeyi koruması, otomobil üreticilerini yeni arayışlara itmiştir. Üretimde verimliliği korurken, aynı zamanda maliyetlerini de makul seviyelerde tutmaya çalışan bir üretim anlayışıyla daha az yakıt sarfıyatı yapan, malzeme geri dönüşümünün çok daha kolay olduğu, emniyetten ödün vermeden konforu da bulduran taşıtlar üretilmektedir. Özellikle otomobillerde hafif metal kullanımının artmasıyla yüksek mühendislik özellikleri taşıyan alüminyum alaşımları otomotiv endüstrisinde vazgeçilmez bir malzeme olmuştur. Çarpma sırasında ortaya çıkan enerji yolcular tarafından değil, taşıttaki enerji sönmülendirici sistemler tarafından absorbe edilmelidir. Bunu sağlamak için kullanılan yöntemlerden bir tanesi aracın ön ve arkasında deforme olabilen ve enerjiiyi absorbe edebilen parçaların oluşturulmasıdır. Alüminyumun uygulanan enerjiiyi barındırma yeteneği (akma mukavemetine kadar mukavemet-uzama eğrisi altında kalan alan) çelikten 3 kat daha fazladır. Hem taşıt ağırlığını azaltmak, hem de güvenlik önlemlerini iyileştirmek için alüminyum alaşımlarının kullanımı giderek artmaktadır. Alüminyum ve alaşımları otomobillerde genellikle döküm alaşımı olarak, hareket sistemi, motor ve vites gibi parçaların üretiminde kullanılmaktadır. Alüminyum otomobilde döküm sonrası en yaygın kullanımını alüminyum ekstrüzyon profilleridir. Ekstrüzyon yöntemi karmaşık yapıya sahip parçaların üretimini mümkün kılmaktadır. Alüminyum ekstrüzyon profilleri şasi parçaları, uzay kafes, tampon ve enerji sönmülendirici çarpma kutularında kullanılmaktadır. Taşıtlarda iç ve dış paneller, alüminyum levha uygulamalarıyla önemli hafifleme sağlayan ve taşıt ağırlık azaltma çalışmalarına büyük katkıları olan parçalardır. Levha ürünü

malzemelerin kullanılarak da karmaşık geometrilere sahip parçaların pres operasyonlarıyla imalatında, alüminyumun düşük akma mukavemetinden yararlanarak parça imalatı daha az enerji harcanarak yapılabilmektedir.

KAYNAKÇA

- Zeytin, H.** 2000. "Alüminyum Alaşımaları Otomotiv Endüstrisinde Uygulamaları ve Geleceği," MAM MKTAE Proje No: 50H5602.
- <http://www.alueurope.eu>, son erişim tarihi: Kasım 2012.
- Hirsch, J.** 1999. Light Metal World, Light Metal Age, p.124.
- IAI-International Aluminum Institute, <http://www.world-aluminium.org/>, son erişim tarihi: Kasım 2012.
- <http://aluminium.matter.org.uk/aluselect/>, Kasım 2012.
- Dündar, M., Güngör, G.** 2002. "Otomotiv Sektöründe Alüminyum Uygulamaları ve Sürekli Döküm Tekniği ile Üretilmiş Alüminyum Levha Alaşımaları," <http://www.assan.com.tr/DC/Image/P3.pdf>, son erişim tarihi: Kasım 2012.
- Matsuda, K., Tada, S., Susuma, I.** 1991. "Aluminium Alloys," Science and Engineering of Light Metals, Proc. Congress'91, p. 899.
- Özer, B., Güven, V., Mustafaoğlu, M.** 2002. "Dünyada ve Türkiye'de Alüminyum Pazarı ve Ticareti," Assan Alüminyum, Seydişehir 2. Alüminyum Sempozyumu, İstanbul.
- Smith, W. F.** 2001. Material Science& Engineering, University of Central Florida, USA.
- Kvande, H.** 1999. Environmental Improvements in Aluminum Production Technology, Light Metal Age, p.44.
- Hagen, E.** 2001. "The Aluminum Market at the Beginning of a New Century," 6th International Secondary Aluminum Congress of the OEA.
- Schultz, R., Hauptlich, A.** 1998. "Trends in Aluminum Use for Passenger Cars and Light Trucks in North America," Light Metal Age, p.108.
- Bellora, V.A., Krauss, R., Poolen, L.** 2001. Meeting Interior Head Impact Requirements, SAE Technical Paper.
- Automotive Aluminum Crash Energy Management Manual 1999, The Aluminum Association.
- European Aluminium Association, Aluminium in Automotive and Industry, www.eaa.net, son erişim tarihi: Kasım 2012.
- Perryman, J.** 2007. Automotive Materials, CMI Technical White Paper.
- Miller, W.S., Zhuang, L., Bottema, J.** 1994. "Recent Trends in Sheet Metals and Their Formability in Manufacturing Automotive Panels," Journal of Materials Processing Technology, vol.46, p.455.
- FKA, Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen, Lightweight Potential of an Aluminium Intensive Vehicle, 2004.
- Hirsch, J.** 2004. "Automotive Trends in Aluminium - The European Perspective," Materials Forum, vol.28, p.288.
- Özcömert, M.** 2006. Otomotiv Endüstrisinde Alüminyum, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Odası.
- The Aluminium Extruders Council, www.aec.org, son erişim tarihi: Kasım 2012.
- Cymat Technologies Ltd., Aluminum Foam Technology Applied to Automotive Design, <http://www.cymat.com/PDFs/Cymat%20SAF%20Automotive%20Applications.pdf>, son erişim tarihi: Ekim 2012.
- Langseth, M.** 2000. Crashworthiness of Aluminium Structures, Odd Sture Hopperstad and Tore Børvik, SINTEF.
- Friedrich, B., Jessen, K., Rombach, G.** 2003. Aluminium Foam – Production, Properties and Recycling Possibilities, Erzmetall, vol. 56 Nr. 11.
- Güven, Ş.Y.** 2011. "Toz Metalurjisi ve Metalik Köpükler," SDU Teknik Bilimler Dergisi, cilt. 1, s. 22.
- Brown, K.R., Venie, M.S., Woods, R. A.** 1995. "The Increasing Use of Aluminum in Automotive Applications," Journal of Metals, p.20.
- Green, J.** 1999. "Recent Metallurgical Advances in Light Metal Industries," Journal of Metals, p.2.
- Miller, W.S., Zhuang, L.** 2000. "Recent Development in Aluminium Alloys for the Automotive Industry," Materials Science and Engineering A280, p. 37.
- Uchida, H., Yoshida, H.** 1996. "Aluminum and Magnesium for Automotive Applications," The Minerals, Metals&Materials Society, p.97.