



En Hafif Arabaya Doğru...

Magnezyum

Benzin fiyatlarının sürekli tırmanışta olduğu günümüzde otomobilinizin Ankara-İstanbul arası mesafeyi 5 litreden az benzin harcayarak kat etmesini ister misiniz?

Son yirmi yılda müşteri memnuniyetini ve güvenliğini artırmak amacıyla otomotiv sanayisinde meydana gelen gelişmeler, otomobiller için yeni malzemelerin geliştirilmesine sebep oluyor. İnsanların beklenti ve ihtiyaçları doğrultusunda artan emniyet tedbirleri sebebiyle ve daha fazla konfor sağlamak amacıyla otomobillerde kullanılan malzemeler değişiyor. Otomobil ağırlığındaki her artış, atmosfere verilen CO₂ gazının da artması sebebi ile küresel ısınmayı hızlandırır. Yakıt tasarrufunun gerekliliği ve çevre ile ilgili Kyoto hükümlerinin yakın gelecekte yürürlüğe girecek olması, son yıllarda otomotiv sanayisinin daha hafif malzemelere yönelmesine sebep oluyor. Magnezyum 1,74 g/cm³'lük yoğunluğu ile bilinen en hafif yapısal metal ve magnezyum alaşımlarının özellikleri, otomotiv sanayisinin gelecekteki uygulamaları için çok büyük bir potansiyel olmasını sağlıyor.

Yakıt tasarrufunun etkisi, ağırlık artışlarının minimize edilmesi ve daimi verimliliğin artırılması ile basit bir hesap yapılarak açıklanabilir. 1997 yılında Almanya'da bir önceki model araçlara göre hafif metal kullanımı ile %5'in üzerinde yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Bu durumun çevre üzerine etkisi apaçık ortada.

21. yüzyıl malzemeleri arasında yer alan magnezyum alaşımları 1,78 g/cm³'lük özkütlesi ile alüminyumdan %36, çelikten ise %78 daha hafif ve yapısal metaller arasında en hafif olanı. Buna ek olarak, yüksek spesifik mukavemeti (en yüksek mukavemet değerinin yoğunluk değerine oranı) ve bükülmezliği, elektromanyetik etkenlere karşı iyi bir kalkan olması, iyi döküm ve işlenebilirlik özellikleri, ısıyı çok iyi dağıtması ve iyi sönümlenme kapasitesi magnezyum alaşımlarının otomobiller için aday malzemeler arasında ilk sıralarda yer almasını sağlıyor. Hammadde ve enerji kaynaklarının korunabilmesi açısından geri dönüşebilirlik özelliği de, otomotiv sanayisinde malzeme seçiminde etken bir faktör haline geliyor. Avrupa Birliği'nin hedefi otomobillerde kullanılacak malzemelerin, 2015 yılına kadar %95 geri dönüşebilir malzemeler olması. Japonya'da ise yeni otomobillerde 2015 yılına kadar %95 geri dönüşebilir malzeme kullanımı zorunlu hale getirildi.

Magnezyum alaşımları çok iyi dökülebilirlik özelliği gösterir. Magnezyum 1-1,5 mm kalınlığa kadar (alüminyuma kıyasla ½ daha ince) dökülebilen bir metal. Magnezyum döküm alaşımları otomobillerde direksiyon simidinden motor bloğuna kadar birçok parçada kullanıma potansiyeline sahip. Araç tasarımında emniyet ve konfor içeren diğer bütün taleplerin yerine getirilmesi şart, ama bu taleplerin yerine getirilmesi araç ağırlığını artırıyor.

Otomotiv sanayisinin magnezyumla tanışması 1920'lere dayanır. Alman Büssing kamyon firması ve Adlerwerke firmasının uygulamaları, İngiliz Thornicroft firmasının otobüs ve kamyonların motorlarında magnezyum kullanması ilk uygulamalara örnek verilebilir. 1930'da Maserati firmasının yarış arabalarında magnezyum kullandığı biliniyor. Bazı otomotiv uygulamalarında profil ve bunları örten saclarda magnezyum alaşımları kullanıldı. 1939'da Bugatti 57C Atlantic prototip arabasında levha şeklinde magnezyum kullanıldı. Mercedes 300SLR, Porsche 962, LeSabre, Era-Bristol, Corvette ve diğer yarış otomobillerinde de magnezyum levha alaşımları kullanıldı. Otomobiller haricinde magnezyum döküm alaşımları motosiklet sanayisinde özellikle de jantlarda kullanılır. Magnezyumun otomotiv tarihindeki en önemli örneği Volkswagen firmasının Beetle modelinde, toplam 17 kg'lık magnezyum alaşımı kullanılmasıdır. Magnezyum ala-

şımlarına olan ilgi 1990'larda tekrar artmıştır.

Bütün magnezyum alaşımlarının, bileşiklerinin ve üretim yöntemlerinin teknik anlamda büyük bir şansı var. Magnezyum döküm alaşımlarının bütün alanlarda kullanımının gelecek yıllarda %100 artması bekleniyor. Özellikle ABD'de, Batı Avrupa ve Asya'da bu gelişmelerin birbirine paralel olacağı tahmin ediliyor. Magnezyum kullanımı, özellikle ABD'de bütün otomobillerde yakıt tüketiminin 8,9 l/100km ile sınırlandırılması sebebiyle otomobil endüstrisinde çok tartışılıyor. Avrupa Birliği ise, önümüzdeki yıllarda ya-



http://www.ritzsite.nl/300SLR_300SL.htm

kıt tüketiminde 3 l/100km hedefine ulaşmak için çalışıyor. Otomobil üretimi için magnezyum dökümdeki gelişmeleri pek çok ülke gibi Almanya da takip ediyor. Örneğin Mercedes-Benz SL arabalarda koltuklar AM50/20 kodu ile tanımlanan, %5 veya %2 oranında alüminyum ve %0,5 mangan içeren magnezyum alaşımlarından üretiliyor. Burada önemli olan düşük yoğunluk ve imalatın gerektirdiği şekilde dökülebilirlik. Bu yüzden üstü açılabilen otomobillerin yeni geliştirilen sınıfları magnezyum için yeni bir kullanım alanı yarattı. Özellikle Japonya'da çoğu direksiyon simidi magnezyum alaşımlarından üretiliyor. Direksiyon simidi için genelde endüstride AM60HP olarak kodlanan, %6 alüminyum ve %0,5 mangan içeren magnezyum alaşımı kullanılır. Bu alaşım sağlamlığı, mukavemeti ve şok enerjileri emme özelliği nedeniyle tercih edilir. Ağırlık burada da baskın rol oynayan en önemli faktör. Çelik ile karşılaştırıldığında, magnezyum alaşımdan üretilmiş parça %45 daha hafif.

Geleneksel uygulamalara göre magnezyum alaşımlarının kullanılması genelde en az %30'luk ağırlık tasarrufu sağlar. Magnezyum alaşımları için uygulama alanlarının artması ağırlık tasarrufunu da artırır. Magnezyum döküm alaşımlarının ileride daha geniş kapsamlı kullanılabileceğine dair en iyi örneklerden biri de BMW firmasının yeni ürettiği magnezyum-

1955 model Mercedes 300SLR Le Mans'da magnezyum alaşımları levha şeklinde kullanılmıştı.

Otomobillerde kullanılan magnezyum parça örnekleri.



<http://magnesiumcasting.net>



Volkswagen

Volkswagen'in VW11 isimli (100 km/1l) prototip aracı

alüminyum kompozit motor bloğu. Bu, magnezyum alaşımlarının bir yüksek sıcaklık motor uygulamasında ilk kullanımı.

Hadde ürünleri (plaka, levha ve folyo), ekstrüzyon (çubuk, boru ve profil) ve dövme mamuller magnezyum yoğurma alaşımlarından yapılıyor. Yoğurma alaşımları, döküm alaşımlarına göre daha iyi mekanik özellikler gösterir. Mukavemetleri ve süneklilikleri döküm alaşımlarına göre ve hatta rakip malzemelere göre daha yüksek. Yüksek eğme dayanıcı ve bükülmezlik gerektiren kapı, kaput ve bagaj kapağı gibi geniş dış panel saclarında magnezyum alaşımlarının kullanımı çeliğe göre %50, alüminyuma göre %20 ağırlık kazancı sağlayabilir. Magnezyum yoğurma alaşımlarının mekanik özellikleri otomotivdeki birçok uygulamaya elverişli. Yeni alaşım bileşimleri geliştirmek ve farklı şekillendirme yöntemlerinin potansiyelini ortaya koymak amacıyla yoğurma alaşımları üzerinde çok kapsamlı araştırmalar sürüyor. Bu alandaki en önemli cephe, ikiz merdaneli döküm sistemleri ile direkt levha üretim çalışmaları.



- Alüminyum profil
- Alüminyum levha
- Magnezyum profil
- Magnezyum levha
- Magnezyum levha + işlenmiş
- Magnezyum levha + yarı işlenmiş
- Karbon fiber kompozit

Sürekli döküm tekniği, döküm ve sıcak haddelemenin tek adımda gerçekleştiği bir işlemdir. Magnezyum alaşımı levha dökümü için alternatif bir yöntem olarak kabul edilir. Ekonomik bir yöntem olmasının yanı sıra mikroyapı üzerinde, yapıdaki alaşımların katılaşması sırasında oluşabilen ve alaşım elementlerinin homojen olmayan dağılımı sonucu döküm parçasında meydana gelen bileşim değişimleri olarak açıklayabileceğimiz ayrışma oranının azaltılması, yapı içerisindeki kalıntı boyut dağılımının ve mikroyapısal homojenliğin iyileştirilmesi gibi oldukça faydalı etkileri var.

Magnezyumun üstün özelliklerine rağmen magnezyum levhanın halen geniş çaplı bir endüstriyel tüketime sahip olmamasının sebebi, geleneksel külçe haddesi ile levha üretiminin son derece pahalı bir yöntem olması. İkiz merdaneli direkt levha dökümü ise, haddeleme kademelerini minimuma indirecek ve ekonomiklik sağlayacak yegâne yöntem. Sistem, sıvı metalin homojen bir sıcaklık dağılımı ile katılaşmanın gerçekleşeceği merdane yüzeylerine taşınması ve burada bir taraftan sürekli olarak katılaştırılması ve diğer taraftan levhanın sarıma girmesi (veya istenilen boylarda periyodik olarak kesilmesi) esasına dayanır. Bu yöntemle direkt olarak levha elde edildiği için külçe haddelemesine dayanan geleneksel levha üretim teknolojisine kıyasla çok daha ekonomik üretim yapılabilir.

Dünya üzerindeki pek çok endüstriyel kurum, üniversite ve araştırma kurumu magnezyum alaşımları için sürekli döküm teknolojisi ile ilgili laboratuvar deneyleri ve endüstriyel ölçekli deneyler gerçekleştiriyor. Başta Kore, Almanya, Avustralya, Çin, Japonya, Norveç olmak üzere birçok ülkede sürekli döküm tekniği ile magnezyum alaşımı levhalar üretildi. Dünyada bu ülkeler tarafından sürekli döküm tekniği ile şu ana kadar elde edilen en geniş magnezyum alaşımı levha 700 mm genişliğinde. Türkiye'de ise 1500 mm genişliğinde magnezyum alaşımı levhalar başarılı şekilde elde edildi.

Kaynaklar

- Kaese, V., Greve, L., Jüttner, S., Goede, M., Schumann, S., Friedrich, H., Holl, W., Ritter, W., "Approaches to Use Magnesium as Structural Material in Car Body", Magnesium, Proceedings of 6th International Conference Magnesium Alloys and Their Applications, Ed. Kainer, K.U., DGM, s. 936-942, 2003.
- Avedesian, M.M., Baker, H., "Magnesium and Magnesium Alloys", ASM Specialty Handbook, ASM International, Ohio, 1999.
- Blawert, C., Hort, N., Kainer, K.U., "Automotive Applications of Magnesium and Its Alloys", Trans. Indian Inst. Met., Cilt 57, No. 4, s. 397-408, Ağustos 2004.
- Moll, F., "Application of Mg Sheets in Car Body Structures" Magnesium, Proceedings of 6th International Conference Magnesium Alloys and Their Applications, s. 936-942, 2003.
- Park, S.S., "The Twin-Roll Casting of Magnesium Alloys", JOM, Cilt 61, No. 8, s. 13-18, Ağustos 2009.
- Duygulu, O., Ucuncuoglu, S., Oktay, G., Temur, D.S., Yücel, O., Kaya, A.A., "Development of 1500mm Wide Magnesium Wrought Magnesium Alloys by Twin Roll Casting Technique in Turkey", Magnesium Technology 2009, TMS 2009, s. 385-390, 2009.

TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü, Magnezyum ve Alaşımları Laboratuvar Grubu

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Malzeme Enstitüsü tarafından Devlet Planlama Teşkilatı Magnezyum Projesi kapsamında, ikiz merdaneli sürekli döküm yöntemi kullanılarak Türkiye'nin ilk ve bu metot ile dünyanın en geniş AZ31, AZ61, AZ91, AM50 ve AM60 magnezyum alaşımı levhaları 1500 mm genişliğinde ve 4-8 mm kalınlığında üretildi.

İkiz merdaneli sürekli döküm yöntemi ile üretilen magnezyum alaşımı levhalar mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile çeşitli işlemlere tabi tutuldu. Bu işlemler sonrası mikroyapı ve mekanik özellikleri incelendiğinde oldukça başarılı sonuçlara ulaşıldı.

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme Enstitüsü bünyesinde yer alan Magnezyum ve Alaşımları Laboratuvar Grubu tarafından yürütülmüş olan proje kapsamında, ikiz merdaneli sürekli döküm yöntemi ile şu ana kadar bilinen en geniş enine sahip magnezyum alaşımı levhalar başarılı bir şekilde üretildi. Üretilen bu levhaların otomotiv sanayisi için mekanik özelliklerinin geliştirilmesi ve uygulamaları konularında çalışmalar devam ediyor.

"Development of 1500mm Wide Wrought Magnesium Alloys by Twin Roll Casting Technique in Turkey-Magnezyum Levha Alaşımlarının 1500mm Eninde İkiz Merdaneli Sürekli Döküm Tekniği ile Türkiye'de Geliştirilmesi" başlıklı, 18 Şubat 2009 tarihinde Amerika Birleşik Devletleri, Kaliforniya Eyaleti, San Francisco şehrindeki 138. TMS Yıllık Kongre ve Sergisi'nde (The Minerals, Metals & Materials Society, 138th Annual Meeting & Exhibition) sunulan ve TMS Magnesium Technologies 2009 Kongre Kitabı'nda yer alan makale 2010 Hafif Metaller Bölümü Magnezyum-Uygulamalar (2010 Light Metals Division Magnesium Best Paper-Application) dalında en iyi makale seçildi. Makale yazarları Dr. Özgür Duygulu, Selda Üçüncüoğlu, Gizem Oktay, Deniz Sultan Temur, Prof. Dr. Onuralp Yücel ve Prof. Dr. Ali Arslan Kaya'dır.

Otomotiv endüstrisi bugün yakıt tüketimini özellikle çevresel yükümlülükler nedeni ile düşürmek zorundadır. Otomobillerde yakıt tüketimini azaltmanın en kısa yolu ağırlığı azaltmaktır. Bu amaçla geliştirilen malzemeler içinde en avantajlı görünen magnezyum, ülkemiz doğal kaynakları arasında da önemli bir paya sahip.



http://www.topspeed.com/cars/bmw/3-series/3-series-coupe-e90-a7412.html

BMW magnezyum-alüminyum kompozit motor bloğu



Özgür Duygulu 1999'da ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2004'te Virginia Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü'nden yüksek lisans derecesini aldı. 1999-2005 arasında ODTÜ ve Virginia Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 2009'da İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği'nden doktora derecesini aldı. 2005'ten beri TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü'nde araştırmacı.



Gizem Oktay, YTÜ Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü'nde 2005'te lisans, İTÜ Müh. İleri Teknolojiler Malzeme Bilimi ve Müh. Bölümü'nde 2007'de yüksek lisansını tamamladı. Halen burada doktora çalışmalarına devam ediyor. 2005'ten beri TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü'nde araştırmacı.



Selda Üçüncüoğlu, Kocaeli Üniversitesi Metalurji Müh. Bölümü'nden 2001'de lisans, YTÜ Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü'nden 2008'de yüksek lisans derecesini aldı. Halen burada doktora çalışmalarına devam ediyor. 2001 yılından itibaren TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü'nde araştırmacı.