

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ALÜMİNYUM UYGULAMALARI VE SÜREKLİ DÖKÜM TEKNİĞİ İLE ÜRETİLMİŞ ALÜMİNYUM LEVHA ALAŞIMLARI

Murat DÜNDAR* ve Göksal GÜNGÖR**

*Assan Alüminyum, İstanbul
E-mail:murat.dundar@kibarholding.com
** Assan Alüminyum, İstanbul
E-mail:goksal.gungor@kibarholding.com

ÖZET

Teknolojik geçmişi sadece yüzyılın başlarına uzanan alüminyum, hafifliği, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, korozyon dayancı ve dekoratif özellikleri ile fiyatı ikinci öncelikli olmak üzere çok farklı uygulamalarda vazgeçilmez malzeme olma özelliğini taşımaktadır. Otomotiv sektörünün çevre, petrol türevi yakıtlarda karşılaşılan darboğazlar, yolcu ve araç güvenliği gibi birbirini doğrudan etkileyen ve bunlarında tasarımda değişiklikleri zorunlu kıldığı bir ortam alüminyuma yönelimini hızlandırmıştır. Döküm ve ekstrüzyon metodu ile üretilmiş alüminyum parçaların otomotivde kullanımı fiyat engeline nisbeten daha az takılırken, levha ürünlerinin hala çelik eşdeğerleri ile arasındaki fiyat farkı levha ürünlerinin sınırlı miktarda araçlarda kullanımına sebep olmaktadır. Boksit cevherinden primer alüminyum üretimi girdi maliyetinin çok büyük bir oranını işgal eder. Haddeleme ve ısıl işlem maliyetleri ise levha ürünleri maliyetini belirleyen diğer temel unsurlardır. Primer alüminyum fiyatı baz kalmak üzere proses maliyetlerinde yapılabilecek iyileşmeler alüminyum levha fiyatlarını maliyet-fayda analizinde avantajlı konuma getirecektir. Alternatif alüminyum levha üretim metodlarından olan sürekli döküm tekniği, son yıllardaki yoğun ArGe faaliyetleri sayesinde, otomotiv sınıfı alaşımların üretimini de gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Operasyonel maliyetler, esnek üretim yapısı ve kontrol altına alındığı sürece üstün performans sağlayan malzeme özellikleri yakın gelecekte çeliğin ve kendi sektöründe rekabet ettiği konvansiyonel metodlarla üretilen alüminyum alaşımlarının yerini alacaktır. Bu çalışma sürekli döküm tekniği ile üretilmiş alüminyum alaşımlarının otomotiv sektöründeki spesifik uygulamalarını içermektedir.

Anahtar kelimeler: Otomotiv, Alüminyum alaşımları,

ABSTRACT

Although its technological development has not been very long, its unique properties, low density, superior thermal and electrical conductivity, corrosion resistance, and aesthetic properties raise it to a distinctive position in various applications. Use of aluminum in automotive industry has been spontaneously motivated by the external factors, such as environmental regulations, shortage of petroleum products and its derivatives, safety regulations of transportation sector and all related features. While cast and extruded parts face with relatively small barrier for their further development, sheet products have a strong hurdle to compete with their steel counterparts. Cost structure of aluminum is formed by two principle steps; processing of primary aluminum and cost of further down stream processes accumulated depending on the spesific application of the sheet. Any improvement in down stream processing will significantly contribute to the overall cost of product and will bring it to a better position in cost-benefit analysis. Recent R&D activities conducted to improve performance of

continuously cast aluminum strips allowed those strips to be employed in automotive applications. Its inherently existing properties; low operational cost, flexibility in production and material properties will put this production method in such a position that can compete with its conventionally produced counterparts. Present study reveals specific automotive applications of continuous cast aluminum alloys.

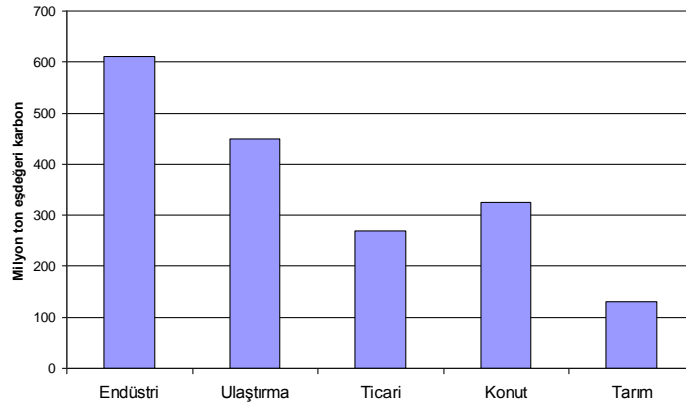
Keywords: Automotive, Aluminum alloys,

1. GİRİŞ

Petrol türevi yakıtların endüstri devrimiyle başlayarak her geçen gün azalıyor olması sınırlı olan bu enerji kaynağının daha etkin kullanılma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu yakıt türüne tamamiyle bağımlı olan otomotiv sektörünün CO₂ emisyonu ile global ısınmaya olan katkısında göz önüne alındığında hükümetlerin ve dünya çapındaki bazı organizasyonların getirdiği ulusal ve uluslararası düzenlemeler otomotiv sektöründe ilk ve en başlıca önlem olarak araçların ağırlıklarının hafifletilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu amaçla, başta Kuzey Amerika ve Avrupa'daki otomotiv üreticileri olmak üzere, firmalar tasarımlarında daha hafif metallerin kullanımını öne çıkarmıştır. Alüminyum ve alaşımları bu amaca hizmet edecek en uygun malzemedir. Döküm parçalarının yanısıra levha ürünleride, özellikle kaporta başta olmak üzere, yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak otomotiv gibi, "insan hayatı" faktörünün ön planda yer aldığı bir sektörde temel girdilerin malzeme türlerinde yapılacak radikal değişimler çok yönlü olarak değerlendirilmeye ihtiyaç gösterir. Alüminyumun otomotiv sektörüne tanıtılması sırasında, sağladığı avantajlar diğer performans özelliklerini gölgelememelidir. Bu makalede sırasıyla, alüminyumun yıllardır kullanımı süregelen konvansiyonel malzemelere karşı yakıt tasarrufu ve bunun çevre mevzuatları ile ilişkisi açıklandıktan sonra izleyen bölümlerde otomotiv sektörünün üretim metodlarıyla uyumu, işlenebilmesi, kaynaklanabilmesi, kaza anında davranışları ve tasarım konusundaki cevaplara ulaşılmaya çalışılacaktır.

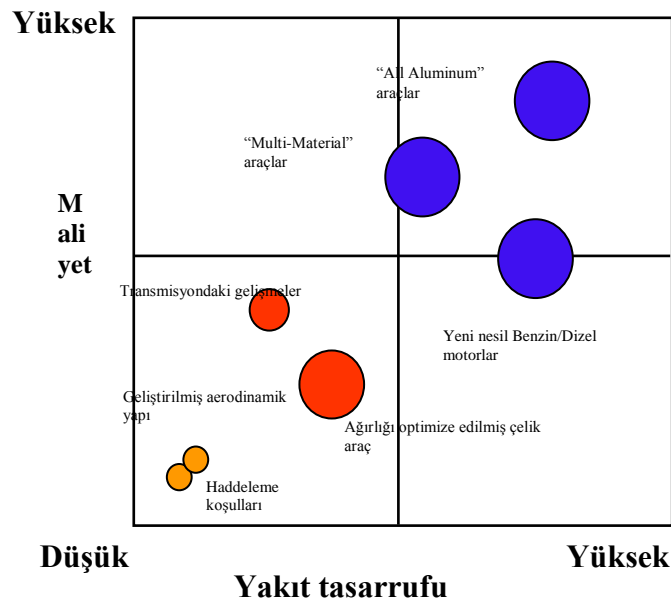
2. YAKIT TÜKETİMİ VE ÇEVRE

Endüstri devrimiyle başlayan süreçte sanayinin her türlü katı, sıvı ve gaz atıkları zamanın şartlarına ve dünya nüfusunun yoğunluğu ile orantılı olarak hiçbir denetleme veya otokontrol olmaksızın doğaya terkedilmekteydi. Atmosfere salınan gazlar orijinleri açısından incelendiğinde ulaştırma sektörü en büyük fraksiyonla ikinci sırada yer alır (Grafik 1). Hükümetlerin, çevre organizasyonlarının ve endüstrinin öteden beri gelen endişesi global mevsim değişiklikleri ve bunun dünyanın logaritmik olarak gelişen endüstrileşme sürecini er veya geç etkileyeceğiydi. Karbon türevi yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılmasının sebebiyet verdiği CO₂ emisyonunun geçen yüz yıl boyunca global ısınmaya önemli katkıları olduğu düşünülmektedir.



Grafik 1. Sektörel olarak sera etkisi yaratan gazların dağılımı.

Seri üretim hatlarında üretilerek araçların ticari ve yaygın niteliğe dönüşmesinin ardından mühendislik çalışmalarının yoğunlaştığı öncelikli konuların başında yakıt tasarrufu ve buna ulaşmanın maliyeti gelmiştir. Harcanan her birim yakıtla çok daha uzun mesafeler katedilmesi aynı zamanda birim yakıtla salıverilen emsionunda azalmasına sebep olmaktadır. Grafik 2 de yakıt tasarrufu ve buna ulaşmak için maliyet arasındaki ilişki teknolojik gelişim basamaklarıyla ilintilendirilmiştir. Artan konfor ve güvenlik ihtiyaçları yeni aksamlar ve sistemlerin araçlara eklenmesine buda eklenen yeni ağırlık anlamına gelmektedir. Araçların temel bileşenlerinin ağırlığı her ne kadar azaltılsada bu tür sebepler toplam ağırlığın aynı kalmasına sebep olmaktadır. Malzeme orijinli çözümler irdelenirken metal dışı malzemelerin kullanılması bazı uygulamalar için (estetik, yük taşımayan parçalar) avantaj sağlarken, yinede birçok uygulama için çok yönlü performansları yeterli değildir. Yüksek yakıt tasarrufu için çözüm tamamı alüminyum komponentlerden oluşan bir araç görünmekle beraber maliyet unsuruda aynı miktarda artmaktadır. Özellikle levhalardan üretilen araç bileşenleri için alüminyumun çelik gibi konvansiyonel ve ucuz bir malzeme karşısında fiyatı hala yüksektir [1].



Grafik 2. Yakıt tasarrufu ve bunu temin eden teknolojik gelişmeler arasındaki ilişki.

Döküm parçalar ağırlıklı olmak üzere yetmişli yıllardan başlayarak araçlarda artan miktarda alüminyum kullanılmaya başlamıştır. Binek araçlarda döküm, ekstrüzyon ve levha ürünü alüminyum alaşımlarının 2050 yılına kadar 250 kg'a ulaşması beklenmektedir. Geçmişte ve 2050 yılına kadar ki süreçte döküm parçalarının oranı azalırken toplam alüminyum miktarının artması öngörülmüştür. Bu da levha ve ekstrüzyon parçalarının miktarının artması anlamına gelmektedir.

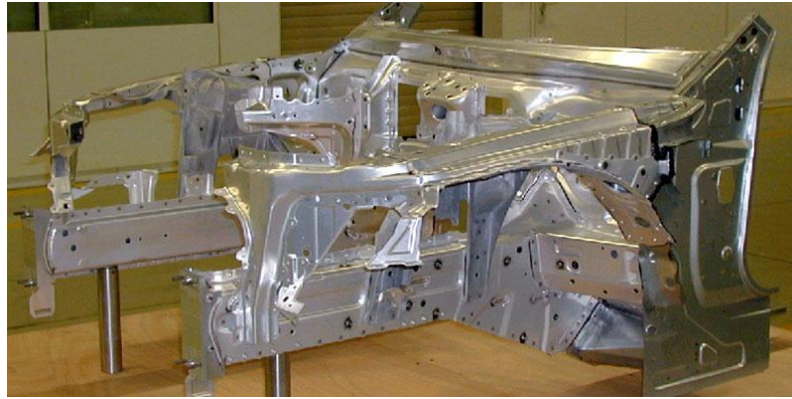
Özellikle alüminyum levha ürünlerinin araçlarda kullanılması konvansiyonel imalat metodlarında daha farklı ve ileri teknolojiler kullanılmasını gerektirmektedir. Alüminyumun sunduğu yüksek teknoloji çözümleri sayesinde güvenlik unsurlarından taviz verilmeksizin bir araçta 2 kg lık konvansiyonel malzemenin 1 kg alüminyumun yerini alması önemli ölçüde araç ağırlığının azalmasına, toplam kullanım süresi boyunca çok ciddi yakıt tasarrufunun elde edilmesine olanak tanıyacaktır. Ford Motor Co. nin 1994 yılında aynı model orta boy kırk araçta yaptığı toplam 310 kg lık bir hafifletme, tüm araçlar için %8 e varan yakıt tasarrufu sağlamıştır [1]. Bu çalışmanın daha kapsamlı sonuçları irdelenecek olursa, ortalama 1 lt benzinle 12 km yol alan bu araçlar için ekonomik kullanım ömürleri boyunca kat edilen 160.000 km yol için 2100 lt yakıt tasarrufu anlamına gelmektedir [2].

Alüminyum, ABD tarihinin en büyük otomotiv endüstrisi-hükümet ortak araştırma programlarından bir tanesinin anahtar malzemelerindedir. Bu amaçla hükümet-endüstri-akademik grupların ortak hedeflerde bir araya gelmesini sağlayacak uzun vadeli yol haritaları hazırlanmıştır. Bu yol haritaları Primer alüminyum üreticilerinden başlamak üzere son kullanıcıları da içine alan bir kapsamda endüstrinin her alanında yoğun kullanımı, performans geliştirmeyi, maliyet düşürme, kalite artırma çabalarını içermektedir. Daimler-Chrysler, Ford Motor, GM ve Federal hükümet arasında geliştirilmiş bu araştırma-geliştirme programı, kısaca PNGV(The Partnership for a New Generation of Vehicles), alüminyum ve alaşımlarını yakıt tasarrufu geliştirme programı için vazgeçilmez bir hedef olarak benimsemiştir. PNGV tarafından, 2004 yılı sonu itibarıyla, hedeflenen amaç; ki bu AMAÇ 3 olarakta adlandırılmaktadır, prototip, orta boy sedan araçlarda güvenlik, boyut, maliyet ve kullanım etkinliğinden taviz vermeksizin 1 lt benzinle kat edilecek 26 km dir.

Alüminyum gibi hafif metallerin araçlarda kullanılması hedeflenen emisyon azaltma/yakıt tasarrufu amacına doğrudan etki eden çözümlerdendir. IAI (International Aluminum Institute) raporlarında açıklandığı şekliyle [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. Ortalama olarak bir araçta 125 kg alüminyumun karşılığı olan çeliğin aracın ağırlığından azalması sayesinde, 1999 yılında ABD de üretilen 15.000.000 araç için toplam ömürleri boyunca 18.750.000.000 kg lık daha az emisyon gerçekleşecektir. Bunun dünya ölçeğine taşınması ise şüphesiz çok ciddi iyileşmeler anlamına gelmektedir. Otomotiv üreticileri artık araçlarının çevre üzerindeki etkilerini daha doğrulukla ölçebilmek amacıyla yeni analitik yöntemler kullanmaktadırlar. "Yaşamçevrimi analizi" olarak adlandırılan bu metoddaki yaklaşım, aracın üretilmesinde ihtiyaç duyulan alüminyumun üretim sürecinin çevre üzerindeki etkilerinden başlayarak, aracın kullanımı ve sonunda hurda olarak çevreyi etkilemesine kadar geçen sürede çevreye etkilerinin kantitatif olarak tanımlanmasıdır. Alüminyumun boksit cevherinden yüksek saflıkta hazırlanması aşamasında önemli miktarda Karbon-Flor temelli gazlar atmosfere salıverilmektedir. Bilindiği gibi sadece CO₂ değil kloroflorokarbon gazlarında global ısınmada olumsuz etkiye sahiptir. Bu noktada alüminyumun geri kazanımı önemli hale gelmektedir. Çünkü geri kazanımla üretilen alüminyum, primer üretimden alüminyumun eldesinin ihtiyaç gösterdiği enerjinin sadece %5 lik bölümüyle elde edilebilmektedir. 1968-1987 arasındaki dönemde ABD alüminyum üretiminde CO₂ emisyonu %33 oranında azalmıştır. Bunun en temel sebebi ise yeniden dönüşümden gelen alüminyum ve alaşımlarının kullanılıyor olmasıdır [4].

3. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ALÜMİNYUM LEVHADAN İMALAT METODLARI

Sahip olduğu yoğunluk ve mukavemet çelikle kıyaslandığında alüminyum açısından önemli avantajlar mevcuttur. Uygulama alanının spesifik ihtiyaçlarından kaynaklanan bir ifade tarzı olan spesifik mukavemet (Mukavemet/yoğunluk) açısından çelikle karşılaştırıldığında çok önemli bir avantaja sahiptir. Bu aynı ağırlığa sahip alüminyum ve çelikten üretilmiş komponentin aynı miktarda yük taşıyabileceği anlamına gelmektedir. Yüksek spesifik mukavemet parçanın tasarım ve imalat metodlarında yapılacak küçük değişikliklerle desteklendiğinde, fonksiyonel olarak konvansiyonel imalat metodu ve malzemelerle üretilmiş aynı parçayla performans açısından birebir özellikler gösterir. Bir diğer önemli özellikte yine hafifliğinden kaynaklanan spesifik rijiditedir. Bu terimde yine rijidite değerinin yoğunluğa bölünmesi ile elde edilen karşılaştırma sağlayabilecek bir diğer ifade tarzıdır. Bu özelliklerden yararlanılarak gerçekleştirilen uygulamalar artık birçok otomotiv üreticisi için sıradan hale gelmiştir. Volvo da yapılan bir çalışma alüminyumun bahsedilen bu özgün karakterinin ortaya çıktığı en güzel örneğidir. S80 modelinde, arka aksın vibrasyon, darbe ve ses absorpsiyon özelliklerinin geliştirilmesi çalışmasında döküm ve ekstrüzyon alüminyum bileşenler kullanılarak, çelikten üretilmiş eski tasarıma kıyasla çok önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu uygulamada, alüminyumun spesifik rijidliğinin yüksek olması önemli bir avantaj sağlamış, alüminyumun düşük yoğunluğu lastiklerin ve yoldan kaynaklanan seslerin yolcu bölümüne aktarılmasını engellemiştir. Özellikle levha ürünü malzemelerin kullanılarak kompleks geometrilere sahip komponentlerin pres operasyonları ile imalatında, alüminyumun düşük akma mukavemeti sayesinde parça imalatı daha az enerji harcanarak yapılabilmektedir. Audi A3 örneğinde olduğu gibi aracın motor bloğunu barındıran ön tarafı bu tip bir imalat metodunun ürünüdür (Resim 1).



Resim 1. Audi A3 levhadan üretilmiş ön bölümü.

Alüminyum bir parçanın agresif çalışma ortamlarında sergilediği korozyon performansı, eşdeğeri olan çelikten üretilmiş parçaya göre çok daha yüksektir. Korozyon, mukavemet ve rijidite gibi özelliklerin aynı malzeme üzerinde toplanması ancak alüminyum için mümkündür. Talaşlı imalat metodu ile üretilecek alüminyum parçalar için özel tezgahlara ihtiyaç duymadan yüksek işleme hızları ile işlem yapılabilir.

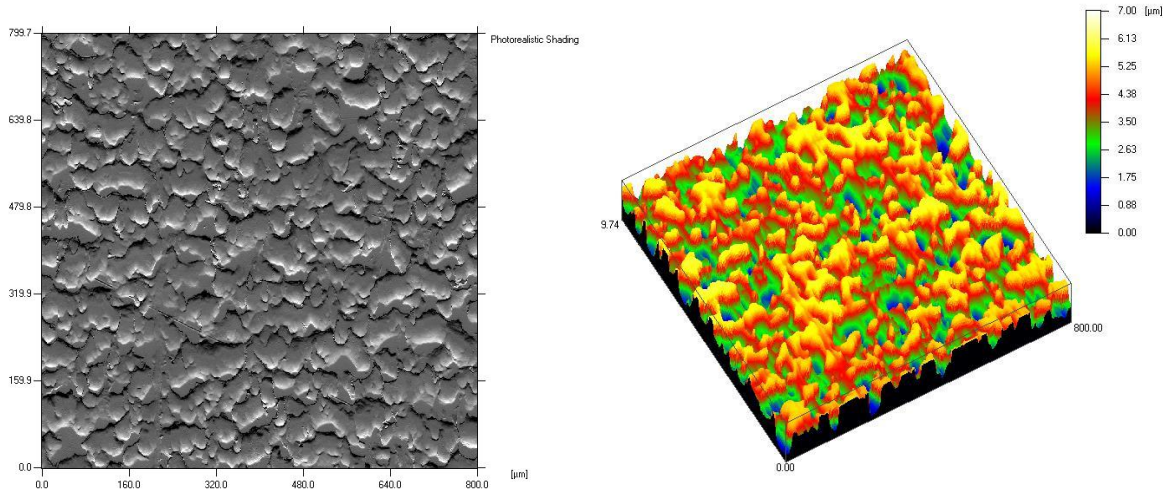
Birleştirme teknikleri açısından bakıldığında ergime-katılma ve dolgu malzemesi içeren TIG kaynağı, konvansiyonel birleştirme metodudur. LBW (Laser beam welding) ileri bir kaynaklama metodudur. Alüminyum parçalar içeren Volvo modellerinde dış ve iç panel uygulamalarında kaynaklamanın %36 sı LBW ile gerçekleştirilmektedir. Çalışma koşullarına bağlı olarak (yük taşıma, vibrasyon v.s) yapıştırımda çok sıklıkla başvurulan bir metoddur.

Alüminyum alaşımlarının kullanıldığı otobüs motor servis kapakları, profillerle desteklenmiş bagaj zemini yapıştırmanın kullanıldığı tipik örneklerdir.

Pres işlemlerinde çelik için kullanılan ekipmanlar alüminyumda da benzer operasyonlarda kullanılabilir. Keskin ve çapaksız kenarlar elde edebilmek için kalıp bıçak aralıklarının alüminyumun gereksinimleri doğrultusunda ayarlanması gereklidir.

Boyama ve son işlemler açısından alüminyum parçalar çeliğe kıyasla çok düşük maliyetli imalat metodlarına ihtiyaç duyarlar. Boyama ilintili koruma özelliklerine en az seviyede ihtiyaç duyduklarından üretimin bu aşamaları düşük maliyetleridir.

Alüminyumun mekanik performansında çelikte rekabet etmesi gerekli bir diğer özelliği uzama sertleşmesi üsteli (n) değeridir. Düşük n değeri derin çekme uygulamalarında lokal deformasyonların ve ilgili incelemelerin yoğunlaşarak belirli noktalarda erken yırtılmaların başlamasına sebebiyet verebilir. Kalıp-metal ara yüzeyinin levhada sebep olacağı sürtünme zaafiyetleri bu prosesi hızlandıracaktır. Metal yüzeyinde yağlamanın “izotropik” olarak sağlanması için levhaların son üretim aşamasında yüzeyinde yağı tutabilen derinlikleri ortalama 1 μm olan havuzcuklar oluşturulur. Bu metodla yaratılmış yüzey EDT (Electron Discharged Texturing) olarak isimlendirilir. Hadde çizgilerinin haddeleme yönüne paralel yönde yarattıkları hadde çizgileri içinde şekillendirme esnasında tek yönde hareket ve yağlama yapmaya zorlanan bir yüzey topografisi yerine havuzcuklar lokal olarak her yönde meydana gelen harekete karşılık verebilen bir yağlamaya olanak tanırırlar. Sürekli döküm tekniği ile üretilmiş ve dış panel uygulamalarında kullanılan AA6016 alaşımının yüzeyleri bu dokuya sahip şekilde üretilmektedir. Resim 2 sürekli döküm tekniği ile üretilmiş EDT yüzeye sahip T4 kondüsyonundaki bir AA6016 alaşımını göstermektedir.



Resim 2. EDT yüzeye sahip sürekli döküm tekniği ile üretilmiş AA6016 alaşımı.

Son dönemlerde üretilen araçların birçoğunda yer alan vazgeçilmez unsur yolcu bölümünü çevreleyen güvenlik kafesidir. Yolcuları korumak için bu kafes çarpma ile içeri doğru çökmemeli ve olabildiğince yapısını korumalıdır. Bunu sağlamak için kullanılan yöntemlerden bir tanesi aracın ön ve arkasında deforme olabilen ve enerjiyi absorbe edebilen komponentler oluşturulmasıdır (Resim 3). Çarpma sırasında ortaya çıkan enerji yolcular tarafından değil bu sistemler tarafından absorbe edilmelidir. Alüminyum ise bu amaç için en uygun elementtir. Çünkü akma mukavemetine kadar Mukavemet-Uzama eğrisi altında kalan alan, yani uygulanan enerjiyi barındırma yeteneği, çelikten 3 kat daha fazladır. 2-3 mm kalınlık aralığındaki AA5754 ve AA5182 alaşımları bu amaç için kullanılan alaşımlardır.



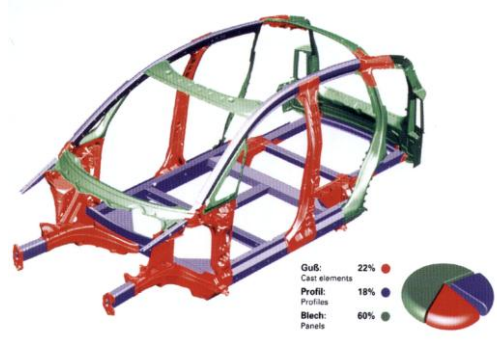
Resim 3. Alüminyumun şok emme kabiliyetinin uygulamam örneği kutucuklar Sürekli döküm tekniği ile üretilen AA5754 alaşımı başarı ile şok absorbe edebilen kutucukların imalatında kullanılmaktadır.

Alüminyum levhalardan derin çekme işlemiyle parçalar üretilmesi yeni tekniklerin gelişmesini sağlamıştır. Çelik levhaların şekillendirilmesi için kullanılan preslerin alüminyum şekillendirme için kullanılması durumunda bu presler önemli modifikasyonlara ihtiyaç duyarlar. Kırışma alüminyumun derin çekme işleminde karşılaşılan önemli sorunlardan birtanesidir. Kalıbın levhayı tutan ve kırışmaya sebebiyet veren kritik noktalarında kuvvetler birbirinden bağımsız olarak hareket edebilen ve farklı yükler uygulayabilen birbirinden bağımsız kalıp parçaları tarafından kırışma yaratmayacak şekilde tutulabilmektedir. Alüminyum-yoğun bir model olan Audi A8 in çarpma test sonuçları, çelikten üretilmiş aynı sınıf eşleneği ile karşılaştırıldığında önde oturan yolcular için bu aracı güvenlik açısından en üst sıraya yerleştirmiştir. Özellikle femur kemiği üzerindeki yükler açısından incelendiğinde alüminyum-yoğun bir aracın çok daha güvenli olduğu görülmüştür.

Alüminyum-yoğun araçların sahip olduğu avantajlardan birtaneside alüminyumun doğasından gelen ve araca kazandırdığı yapısal stabiledir. Aracın ani yön değiştirmesi esnasında etkiyen kuvvetler aracın makro boyutlu burkulmalara maruz kalmasına sebep olacaktır. Şayet araç daha hafif ve stabil bir yapıya sahipse aracın yönünü düzeltme ihtiyacı azalacaktır. Yine hafifliğin temin ettiği bir avantajla, frenleme mesafesi de çok daha kısa olacaktır [6,7].

4. SÜREKLİ DÖKÜM TEKNIĞİ İLE ÜRETİLMİŞ LEVHALARIN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Uygulama kolaylığı, servis ömrü süresince ihtiyaç duyacağı mekanik yükler, boyama, korozyon gibi detay üretim aşamaları gözönünde bulundurulduğunda alüminyum döküm, ekstrüzyon ve levha ürünleri bir aracın her parçasında veya birlikte bulunabilir. Yük taşıyan tüm yapısal elemanların ve dış panellerin alüminyumdan üretildiği otomotiv uygulamaları her geçen gün artarken hemen her üretici firma belirli komponentlerde alüminyum levha ve döküm parçalarını kullanmaktadır. Yapısal parçaların üretiminde şekillendirme kolaylığı sağlayabilmek için hydroforming örneğinde olduğu gibi yeni metodlar geliştirilmektedir. Hydroforming işleminde levha ürünü bir alaşımdan kaynakla oluşturulan silindir, nihai şekli verileceği kalıp içine yerleştirilerek silindir içine bir akışkan basınçla pompalanır. Silindir kalıbın şeklini alarak istenen form oluşur. AA5754 ve AA5182 hydroforming için kullanılan tipik otomotiv alaşımlarıdır. Sürekli döküm tekniği ile Assan alüminyumda üretilen AA5754 alaşımı hydroforming uygulaması için GM firmasında başarı ile denenmiştir. Deneme yapılan parça şaseyi oluşturan alt ana karkasın her iki yanındaki temel taşıyıcı barlardır.



Resim 4. Audi A2 de döküm, levha ve profilden oluşmuş şase.

Bagaj ve ön kaputun alüminyum alaşımlarından imal edildiği uygulamalar ise artık hemen her üreticinin bazı modellerinde sıradan hale gelmiş uygulamalardır. BMW, Renault-Laguna, Volvo örneklerinde ön kaput AA6016 alaşımından, kaput altında yer alan destek atkılar ve kaburgalar AA5754 veya AA5182 alaşımından imal edilmektedir.

Sürekli döküm tekniğinin doğası gereği zihinlerde beliren en önemli soru işareti geniş katılma sıcaklık aralığına sahip bazı alaşımların bu metotla üretilmeyeceği yolundaydı. Ancak Assan alüminyum da yürütülen yoğun çalışmalar AA6016 ve AA5754 alaşımlarının sürekli döküm tekniği ile üretilebileceğini göstermiştir. Mikroyapısal ve mekanik özellikler olarak son derece tatminkar bir performans sergileyen bu alaşımlar yukarıda bahsi geçen uygulamaların beklentilerine cevap verebilecek yetenektir[9-11]. DC döküm ve sıcak haddeleme ile üretilen eşdeğerlerine kıyasla sahip oldukları mikroyapısal ve mekanik özellikler, rekabetçi maliyetleri ile kıyaslandığında otomotiv sektörünün alüminyum kullanımında takıldığı fiyat darboğazına çözüm getireceği düşünülmektedir.

Isı kalkanı alüminyum alaşımlarının (AA1050, AA3005, AA5052, AA5754) yaygın kullanıldığı bir diğer otomotiv uygulamasıdır. Bu uygulama içinde bahsi geçen tüm alaşımlar sürekli döküm tekniği ile başarı ile üretilmektedir. Türkiye de yan sanayinin önemli otomotiv kuruluşlarına imalatı olan bu parçaların alüminyum hammaddesi sürekli döküm tekniği ile üretilmiş levhalardır. Alüminyumun yüksek ısı iletkenliğinden yararlanan bu örnekte derin gofrajlama işlemi ile levha yüzey alanı genişletilerek egzostta oluşan ısı için daha geniş bir transfer yüzeyi meydana getirilmektedir (Resim 5). Sürekli dökümle üretilmiş alaşımların performansı bu uygulama için oldukça tatmin edicidir.



Resim 5. Değişik alaşımlardan üretilmiş ısı kalkanları.

AA8006 ve AA3003 alaşımlarından üretilen parçalar daha çok ısı değiştirici, radyatör ve benzeri aksamlarda çok uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Sürekli döküm tekniği ile de

üretileen her iki alaşımın derin çekme performansları folyo üretim proses adımları tasarlanarak maksimum hale getirilmiştir.

Sürekli döküm tekniğinde katılaşma işleminin çok yüksek hızlarda gerçekleşmesi bazı mikroyapısal bileşenlerin boyut ve dağılımlarını etkilemektedir. Bu bileşenler özellikle derin çekme ve büküm işleminde yırtılma ve çatlama kusurlarının orijinini oluşturabilir. Sürekli döküm tekniği bu anlamda mikroyapıyı düzenleme yeteneğine sahiptir. Toplu taşıma araçlarının bagaj kapakları bu tür araçlarda ağırlık azaltma çalışmalarının başlatıldığı ilk parçalardır. 2-3 mm kalınlık aralığında kullanılan 3003 alaşımları keskin büküm işleminin olduğu bu uygulamanın tipik alaşımıdır. Sürekli döküm tekniğinde kontrol edilen mikroyapı ise bu büküm işlemlerinin sorunsuz olarak yapılmasına olanak tanır (Resim 6).



Resim 6. Sürekli döküm tekniği ile üretilmiş AA3003 alaşımından toplu taşıma aracı motor servis kapağı.

Taşıma kapasitesini arttırmak amacıyla yük taşıyan kamyon kasaları alüminyum alaşımlarından imal edilmektedir. Yoğun şekilde kaynakla birleştirme ve büküm işlemleri olan imalata ve bitmiş dorselere ait görüntüler Resim 7 de verilmiştir. Alüminyum alaşımlarının (AA5754 ve AA3003) kullanılması sayesinde taşıma kapasitesinde %15 lik bir artış sağlanabilmektedir. Bu artış çok kısa sürede alüminyumun çeliğe karşı sahip olduğu ekstra maliyeti amorti etmektedir. Dorsenin fiziksel ömrünü tamamlayıp hurda olarak satılması durumunda ise ilk satınalma bedelinin %70 ine varan bir bedelle satılmaktadır. Kullanım ömrü boyunca yakıt tasarrufu konusunda sağlayacağı avantajda alüminyum dorsenin taşımacılık sektörüne getirdiği bir başka önemli avantajdır. Bu sebeplerden ötürü alüminyumun otomotivde kullanımı; alüminyumun üretimi esnasında, nihai ürünün kullanım süreci boyunca ve geri dönüşüm maliyetlerinin tamamının değerlendirildiği bir bütün içinde değerlendirilmelidir.



Resim 7. Sürekli döküm tekniği ile üretilmiş AA5754 alaşımından imal edilmiş kamyon kasası.

5. SONUÇLAR

Endüstrileşmenin yaşanılan çevre ile olumsuz etkileşiminin ve bunun insan yaşamına verdiği zararın farkına varılması çok uzun yıllar almıştır. Geriye dönüşü olmayan çevre zararlarını en aza indirmek için gösterilen çabada atmosferin endüstriyel gazlarla kirletilmemesi önemli bir aşamadır. Atmosferin kirletilmesinde taşımacılık sektörünün büyük payını en aza indirmek için araçlarda yakıt tüketiminin azaltılması ve emisyonun düşürülmesi ilk önceliklidir. İlk çözümler bu iki yaklaşım üzerine inşa edildiği için araçların ağırlıklarının hafifletilmesi ilk akla gelen çözüm olmuştur. Bu sistematik içinde Alüminyum metali ve alaşımları en iyi alternatiftir. Çok kısa sürede farklı komponentler ve fonksiyonlar için alaşımlar geliştirilmiştir. Otomotiv sektörünün baştan beri kullanmakta olduğu çelik gibi konvansiyonel malzemelerin performansına eş değer ürünlerin üretimi için yoğun çabalar harcanmaktadır. Alüminyumun otomotiv sektöründe kendini kabul ettirmesi rekabetçi olmayan fiyatı sebebiyle kolay olamamıştır. Performans açısından bir çok kendini isbat etmiş olmasına karşılık fiyat söz konusu olduğunda kullanım yaygınlaşmamaktadır. Geri dönüşümün, veya daha kapsamlı bir ifadeyle yaşam çevriminin, etkin olarak sağlanması fiyat dezavantajını önemli ölçüde iyileştirecektir. Yeni ve daha ekonomik üretim metodlarının geliştirilmesi, özellikle levha ürünleri için, fayda maliyet analizinde alüminyumun daha benimsenen noktalara getirecektir. Levha üretimi için sürekli döküm tekniği bu çözümlerin en önemlilerindedir. Düşük ilk yatırım ve operasyon maliyeti en önemli avantajıdır. Döküm işleminden başlamak üzere gerekli operasyon parametrelerinin tasarımı ile spesifik uygulamaların ihtiyaç duyduğu spesifik özelliklerdeki malzemelerin üretimi mümkündür. Performans açısından DC döküm eşdeğerleriyle aynı özelliklerde üretilebiliyor olması sürekli döküm tekniği ile üretilen malzemelerin otomotiv yan sanayinin önümüzdeki yıllarda hızla artacak taleplerini yerli kaynaklardan karşılamasında olanak sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Hagen, E., “*The Aluminum Market at the Beginning of a New Century*”, 2001, 6th International Secondary Aluminum Congress of the OEA.
2. Kocka, A., *Automotive News*, 2002.
3. Aluminum Industry Road Map for the Automotive Market, May 1999, The Aluminum Association.
4. Wall Street Journal, Aralık, 10 1999.
5. Rombach, G., “*Technical Progress in the Aluminum Industry*”, 2001, Light Metals, TMS.
6. Bellora, V.A., Krauss, R. and Poolen, L., 2001, “*Meeting Interior Head Impact Requirements*”, SAE Technical Paper.
7. Automotive Aluminum Crash Energy Management Manual, 1999, The Aluminum Association.
8. Dündar, M., Sarioğlu, A.S. and Akkurt, A.S., TMS 2002, “*Formability Performance of 5XXX Series Aluminum Alloys Produced With Twin-Roll Casting Technology*”, Automotive Alloys, ed. Das, S.,Pa.
9. Dündar, M., Birol, Y., Akkurt, A.S., “*Formability of Twin Roll Cast AA5XXX Alloy Sheet for Automotive Applications*”, 2002, ICAA8, Cambridge, UK.
10. Slamova, M., Birol, Y., Dündar, M., Akkurt, A.S., Janecek, M., “*Microstructure Evolution of Twin-Roll Cast AA5XXX Alloys During Homogenization-Like Annealing*”, 2002, ICAA8, Cambridge, UK.
11. Doğan, N., Keles, Ö., Dündar, M., Kerti, B., Anger, G., “*Development of AA6016 for Automotive Applications*”, 2005, Automotive Alloys, TMS, San Francisco.