

# Çağın Metali

## Alüminyum



*Her ne kadar yerkürede en fazla bulunan metalik element olsa da alüminyum ile tanışmamız çok eskilere dayanmamaktadır. Yüz yılı biraz aşan teknolojik geçmişine karşılık, otomotivden uçak sanayiine, enerji iletim hatlarından inşaat uygulamalarına kadar kullanım alanlarının yaygınlığı düşünülürse alüminyum, çağın metali olarak nitelendirilebilir. Günümüzde alüminyum ve alaşımları demir çelikten sonra en çok tüketilen metalik malzemelerdir.*

**A**LÜMİNYUMUN geçmişini öğrenmek için, yaygın olarak kullanılan demir ve bakır benzeri pek çok metalde olduğu gibi çok eskilere gitmeye gerek yoktur. Bunun nedeni, alüminyum içeren minerallerin genellikle karmaşık ve kararlı olmasıdır. Bu minerallerden alüminyum metalinin indirgenmesi için çok enerji ve yüksek sıcaklık gerekmektedir. Onsekizinci yüzyılın sonları ile ondokuzuncu yüzyılın başlarında Berzelius, Dalton, Davy, La-



Friedrich Wöhler



Christian Oersted

voisier ve Oersted gibi ünlü bilim adamları alüminyum bileşikleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. 1807'de Sir Humphrey Davy bu bileşiklerin içerisinde bir metal bağlı olduğunu ileri sürmüştü ve buna alüminyum adını vermiştir. 1821'de Fransa, Les Baux'ta alüminyum üretiminin temel hammaddesi cevher bulunmuş ve yörenin adına dayanarak buna boksit adı verilmiştir. Daha sonra 1825'te Hans Christian Oersted, metal alüminyum üretimi için önemli bir bileşik olan alüminyum klorid bileşiğini ha-





sa'da Paul L. T. Heroult tarafından birbirlerinden habersiz ve hemen hemen aynı zamanlarda patenti alınmıştır. 1887'de Avusturyalı kimyacı Karl J. Bayer boksitten alümina üretimi için geliştirdiği yöntem için patent almıştır. Böylelikle günümüzde de kullanılan alüminyum üretim teknolojisinin temelleri oluşmuştur.

## Modern Üretim Yöntemi

Modern üretim tesislerinde elektroliz birimlerinde kriyolit içinde çözümlenen alümina, karbon ile indirgenerek sıvı alüminyum üretimi gerçekleştirilir. Hall-Heroult hücreleri anot, katot, bara sistemi ve eriyikten oluşur. Eriyik sıcaklığı 960°C'dir, 4 voltluk doğru akım uygulanarak yapılan elektrolizde alümina parçalanır. Ayrışan oksijen karbon anoda gider, CO<sub>2</sub> ile CO karışımı oluşur. Alüminyum ise elektroliz kabının dibindeki karota toplar. Hücrelerde dolaşan elektrik akımının şiddeti 100 000 amperdir. Bir ton alüminyum üretimi için 2 tona yakın alümina, 450 kg anot malzemesi ve 13 000 kW-saat elektrik enerjisi gerekir.

İlk uygulamalarda görülen ve bazı

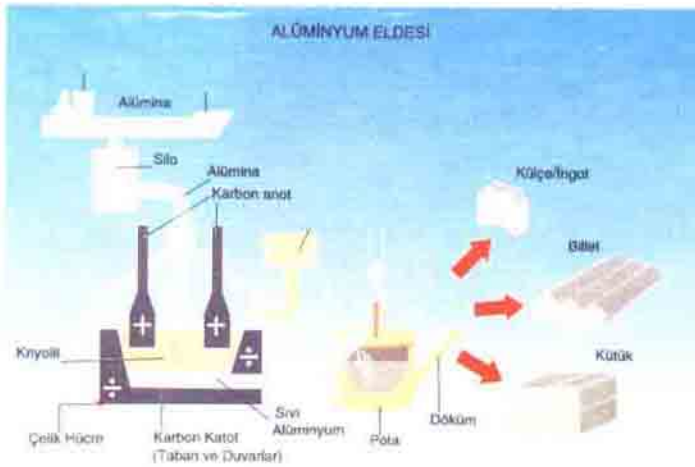
tesislerde de kullanılan Soderberg tipi anotlar, anot oluşumunu sağlayan petrol koku pasta ile taşkömürü ziftinin periyodik olarak beslenmesi ve yerinde pişmesi ilkelerine dayanır. Atmosfere açık bu tür hücrelerde kullanılan emek yoğun teknoloji metal kalitesi, hammadde tüketimi ve üretim verimliliği gibi bazı konularda dezavantajlara sahiptir. Bu dezavantajları gidermek ve üretim kalite ve verimliliğini artırmak için daha sonraları değişik bir tip anot geliştirildi. Bu tip önceden pişirilmiş anotlar artık kabul edilmiş teknoloji olarak değerlendirilebilir. Atmosferden izole olan bu tip hücrelerde daha önceden hazırlanıp pişirilen anotlar ile daha az enerji ve hammadde tüketilerek daha fazla metal üretimi söz konusudur. Bunlara ek olarak hücreler daha uzun ömürlüdür. Bunları sağlayan faktörlerden biri de bu tür hücrelerde tam olarak otomasyonun sağlanabilmesidir. Norveç dışında artık hiç bir ülke Soderberg tipi anot kullanan hücrelerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi konusunda çalışma ve yatırım yapmamaktadır.

## Neden Alüminyum?

Alüminyumun çok farklı alanlarda kullanımı vardır. Çekici özellikleri nedeniyle ile çoğu zaman diğer metallerle tercih edilmektedir. Öncelikle alüminyum hafif (daha doğrusu düşük yoğunluklu) bir metaldir. Yoğunluğu 2.7 g/cm<sup>3</sup> ile demirin yoğunluğunun yaklaşık üçte biridir. Buna karşılık mekanik dayanımı yeterince yüksektir. Gerek ısı gerek elektriksel iletkenliğinin yüksek olması ile mühendislik uygulamalarına uygun bir metal olarak karşımıza çıkar. Elektrik iletkenliği bakırın %65'i düzeyindedir. Ergime sıcaklığının 660°C olması yüksek sıcaklık uygulamalarında alüminyumun kullanımını kısıtlamaktadır. Alüminyum teknolojik metaller

zırlamayı başarmıştır. Bundan iki yıl sonra 1827'de Friedrich Wöhler bu bileşiğin potasyum ile reaksiyonu sonucu ilk metal alüminyum kimyasal yollarla elde etmeyi başarmıştır. Ondokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında alüminyum üretimi için değişik kimyasal yöntemler geliştirilmiş; bu yüzyılın sonunda alüminyum suyu çözeltilerinden elektroliz ile elde etmek için yapılan girişimler başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

Günümüzde kullanılan alüminyum üretim teknolojisi Hall-Heroult prosesidir. Bu proses alüminyum cevheri boksitten elde edilen ve kimyasal yapısı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olan alüminanın Na-AlF<sub>6</sub> (kriyolit) içerisinde çözüldürülmesi ve bu çözeltinin elektrolizine dayanır. Bu prosesin 1886'da Amerika'da Charles Martin Hall ve Fran-







arasında oksidasyonu en kolay olanlardan biri olmasına karşın, pek çok ortamda kararlılığı bozulmaksızın kullanılabilir. Bunun nedeni kuru oksijenli ortamlarda alüminyumun yüzeyinde 2.5 ile 3 nanometre kalınlığında sık ve koruyucu bir tabakanın oluşmasıdır. Ortamdaki nem oranı arttıkça bu tabakanın kalınlığı artmakta ve neme doymuş ortamlarda iki katına çıkabilmektedir. Bu koruyucu tabakanın özelliğinden dolayı, yüzeyde oluşan küçük çizikler kısa süre içerisinde herhangi bir zararlı etkisi olmaksızın giderilebilmektedir. Alüminyumun tercih edilmesinin bir başka nedeni de döküm, dövme, hadde ve ekstrüzyon gibi hemen hemen tüm şekil verme yöntemleri ile kolaylıkla işlenebilmesidir. Doğal olarak bütün bu özelliklerinden öte alüminyumun nispeten ucuz olması çekiciliğini artırmaktadır. Uygulamalarda alüminyum, genellikle silisyum ve magnezyum

benzeri elementlerle alaşımlandırılmış olarak kullanılır. Bu alaşımlandırma mekanik özelliklerde önemli miktarlarda iyileştirme sağlar ve malzeme dayanımını artırır.

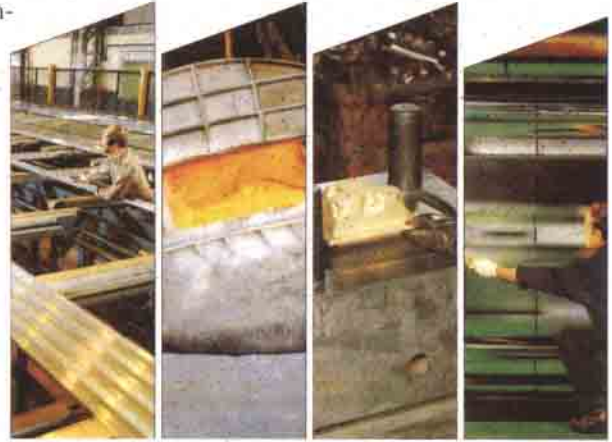
Boksit	%	Alümina	%	Alüminyum	%
Avustralya	37	Avustralya	30	ABD	22
Gana	15	ABD	14	BTD	11
Jamaika	10	BTD	10	Kanada	10
Brezilya	9	Kanada	4	Avustralya	7
BDF	4	Brezilya	4	Brezilya	6
Hindistan	4	Şurina	4	Çin	5
Çin	3	Hindistan	3	Norveç	5
Surinam	3			Batı Almanya	4

## Dünya Alüminyum Üretimi

Her ne kadar alüminyum üretimi değişik ülkelerde gerçekleştiriliyorsa da üretimin büyük bir kısmı az sayıda çok uluslu şirketler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunlardan ALCOA, Almax, ALCAN, Pechiney, Reynolds Metals Co., VAW Aluminum AG, Alusuisse-Lonza Holding Ltd., Kaiser, ve Norsk Hydro şirketleri ilk akla gelenlerdir. Bu şirketler toplam dünya üretiminin %50'sini gerçekleştirirler. Üretim rakamlarına baktığımız-

da dünyanın ekonomik ve politik durumuna bağlı olarak önemli dalgalanmalar görülebilir.

Dünyada ilk ticari alüminyum üretimi, üretim yönteminin patentini alan Hall tarafından kurulan şirketçe Kasım 1888'de ABD'de gerçekleştirildi. Bu şirket daha sonra günümüzün alüminyum devi olan ALCOA, Alüminyum Company of America'nın çekirdeğini oluşturdu. Aynı zamanlarda Heroult ve şirketi de İsviçre'de üretim tesisini işletmeye başladı. Bu şirket yine günümüzün önemli alüminyum üreticilerinden Alusuisse'nin çekirdeği idi. Bu sıralarda yılda 10 ton düzeyinde olan dünya alüminyum üretimi 20. yüzyılın başında 10 bin tona, İkinci Dünya Savaşı sırasında, 1 milyon tona kadar çıkmıştır. 1980'lerde ise dünya yıllık üretim rakamı 16 milyon tona ulaşmıştır. Son yıllarda alüminyum üreticileri eldeki stokların artması ve uluslararası



## Alüminyum Bileşim ve Alaşımları

Alüminyum ucuz ve yaygın bir metal olduğundan pek çok bileşiği de farklı alanlarda uygulama bulmaktadırlar. Alümina basit bir oksittir. Alüminyum, metal üretiminin temel hammaddesidir. Senterik olarak üretilenler zımparalarda aşındırıcı olarak kullanılır. Porselen, refrakter tuğla ve seramik yapımında kullanılan killerin temel bileşenlerindedir. Hidrate alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>H<sub>2</sub>) katalizör olarak kullanılır. Cam ve emaye yapımında dayanım artırıcı olarak yararlanır. Alüminyum hidroksit suda çözünmeyen beyaz ince toz halindedir. Boya yapımında, tekstil ve kağıt kaplamada ıslanmayı engellemek için kullanılır ve tıpta antiasit olarak yararlanır. Alüminyum sülfat kağıt, deri ve tekstil endüstrisinde önemli işlem malzemelerinden biridir. Daha pek çok alüminyum bileşiği özellikle kimya

ve seramik alanında yaygın kullanım bulmaktadır.

Alüminyum pek çok element ile alaşım yapabileceğine sahiptir. Bu nedenle sayısız kombinasyonlarla karşılaşmak olasıdır. Özellikle şekillendirme yöntemi ve ısı işleme bağlı olarak aynı kimyasal kompozisyona sahip çok farklı özelliklerde alaşım üretimi yapılabilir. İşte yaygın olarak kullanılan bazı alüminyum alaşımları:

**Al-Cu Alaşımları:** En yaygın kullanılan alaşımdır. Duralüminyum olarak adlandırılır. %2-6 bakır içerirler. Diğer Al alaşımlarına göre korozyona karşı dirençleri azdır. Kaynak kabiliyetleri sınırlıdır.

**Al-Si-Mg Alaşımları:** %1.3'e kadar eşit miktarda Si ve Mg içerirler. Az miktarda Cu, Cr ya da Pb yaşlandırılmış durumda korozyon direncini ve dayanımını artırmak için ilave

edilir. Vida, makine parçaları, mobilya ve köprü taşıma elemanları yapımında kullanılır.

**Al-Mg-Zn Alaşımları:** %1-7.5 Zn ve 2.5-3.3 Mg içerirler. Cr ve Cu dayanımı artırmak için eklenebilir. Ancak bu kaynaklanabilme yeteneğini azaltır. Klasik alaşımlar arasında en yüksek dayanımlı olanıdır. Uçak yapımında yapısal malzeme olarak kullanılır.

**Al-Mg Alaşımları:** %10' kadar Mg içeren döküm alaşımları otomotiv ve uçak yapımında kullanılır. Korozyon dirençleri yüksektir.

**Al-Si Alaşımları:** En yaygın döküm alaşımdır. Tuzlu ortamlarda korozyona karşı yüksek dirence sahip olmalarından dolayı denizcilik sektöründe kullanılırlar.

**Al-Sn Alaşımları:** Yüksek yolculma direncine sahiptirler. Yüksek yük taşıma kapasitesine de sahiptir. Otomotiv sektöründe bağlama elemanı ve ambalaj sektöründe konserve kutusu olarak kullanılırlar. %20-30 Sn içerirler.





piyasalarda fiyatların düşmesi nedeni ile üreticilerini önemli ölçülerde kıstamaktadırlar.

1988 yılında 3600 dolar/ton düzeyine ulaşan uluslararası alüminyum fiyatları, daha sonra düşme eğilimine girmiş ve 1994 başlarında 1000 dolar/tona kadar inmiştir. Bu düşüşün en önemli nedeni Doğu Avrupa ülkelerindeki siyasi istikrarsızlık ve bu ülkelerin döviz gereksinimi nedeni ile uluslararası piyasalarda çok miktarda alüminyum satmalarıdır. Ocak 1994'te belli başlı uluslararası alüminyum üreticileri ile Rusya'nın yaptığı anlaşma çerçevesinde üretimin önemli ölçülerde azaltılması kararlaştırılmış; bunun etkisi ile son aylarda uluslararası piyasalarda fiyatlar tekrar artma eğilimine girmiş ve 1500 dolar/tona kadar çıkmıştır.

Dünyanın en büyük üreticisi ALCOA 1992'de 2.315.000 ton alüminyum üretilip 112 milyon dolar zarara girmiş; buna karşılık 1993'te 1.631.000 ton üretilip 4.8 milyon dolar kâr etmiştir. ALCOA Audi ile yapılan işbirliği ile tümü alüminyum olan araba üretmeyi başardı. Bu araba 1993'te Avrupa ve Detroit'teki araba sergilerinde şahsa sunuldu. İkinci büyük dev Kanada kökenli ALCAN şirketi ise 1992'de 1.612.000 ton ve 1993'te 1.631.000 ton üretime karşılık bu yıllarda 112 milyon ve 104 milyon dolar zarardan kurtulamamıştır. Şirket otomotiv üreticilerine önerilmek üzere yeni uygulamalar üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Bu konuda Ford ve General Motors ile işbirliği yapmaktadırlar.

## Türkiye'de Alüminyum

Dünyada bir asrı aşan geçmişi olmasına karşın, alüminyum Türkiye için çok daha yeni bir metal. Yaygın kullanım 1950'li yıllarda başlamış ve giderek artmıştır. İlk birincil, yani doğrudan cevherden alüminyum üretimi de 1974'te Etibank Seydişehir Alüminyum Tesisleri'nde gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin birincil üretim rakamları son yıllarda 55 ila 60 bin ton düzeyindedir. Ancak bu gerek iç tüketime gerekse dışarıya yönelik metal işleme sektörünün gereksinimine yetmeyip önemli boyutlarda dışalım sözkonusudur. Örneğin 1992'de üretim 58 bin ton iken 77 bin ton alüminyum da yurtdışından sağlanmıştır. Türkiye'de kişi başına alüminyum tüketimi sanayileşmiş ülkelere göre çok düşüktür. Ülkemizde 2 ila 2.5 kg olan bu rakam ABD'de 27, Japonya'da 31, Avrupa'da 18.3 kg dolaylarındadır.

Avrupa'da alüminyum kullanımının sektörel dağılımı (1991)

Sektör	%
İnşaat	27
Ulaşım	24
Ambalaj	15
Elektrik	10
Genel mühendislik	9
Mobilya, ev eşyaları	6
Metaller	3
Kimya, tarım ilaçları	1
Diğer	7



## Tüketim Eğilimleri

Sanayi toplumlarında alüminyum kullanımının sektörlere göre dağılımı ilginç bir tablo gösterir. Alüminyum kullanımında en önemli payı inşaat, ulaşım, enerji iletim ve ambalaj sektörleri alır. Alüminyumdan, sağlamlığı ve dayanıklılığı nedeni ile inşaat sektöründe dış cephe kaplamalarından, kapı pencere doğramalarına kadar pek çok şekilde yararlanılır. Özellikle anodik oksidasyon ile üretilen eloksal kaplama çeşitli renkleri ve estetik görünümü nedeni ile dekoratif uygulamalarda tercih edilen bir malzemedir.

## Ulaşım Alüminyum

Günümüzde tüketilen her ton alüminyumun yaklaşık 250 kilogramı taşıt araçlarının üretiminde kullanılır. Diğer kullanılabilir metallerle göre yoğunluğunun az olması, alüminyuma bu konuda önemli avantajlar sağlamıştır. Günümüzde tipik bir otomobilde yaklaşık 80 kg alüminyum kullanılmaktadır. Bu, çelik ve benzeri başka bir metalin kullanılmasına göre araç ağırlığında yaklaşık 160 kg'lık bir avantaj sağlamaktadır. Bu ağırlık farkının, otomobilin ortalama kullanım süresinde tüketeceği yakıt etkisine

bakarsak yaklaşık 2 400 litrelik bir benzin tasarrufu ile karşılaşıyoruz. Bu da çevre kirlenmesinde önemli iyileştirmeleri beraberinde getirmektedir. Bugünlerde alüminyum ve demir çelik üreticileri otomotiv sektöründe alüminyum kullanımının artırılıp artırılmaması konusunda tartışmaktadırlar. Her şeye





karşın alüminyumun bu alanda kullanımını günden güne artmaktadır. 1977'de otomobil başına 43.9 kg olan kullanım 1993'te 80.3 kg'a kadar çıkmıştır. 1994 yılı için dünyanın önemli alüminyum üreticilerinden Reynolds'un başkan yardımcısı Yale Brandt tarafından verilen tahmini rakam ise 90 kilogramdır. Bu artışın önemli nedenlerinden biri Ford, Audi, General Motors gibi büyük üreticilerin, otomobil kasası ve şasisi gibi önemli parçalarını alüminyum alaşımından yapmaya başlamalarıdır. Ulaşım sektöründe otomotivden sonra, ancak daha yüksek oranlarda alüminyum kullanımı uçak sanayiindedir. Bir uçağın ağırlıkça %70'i bu metalden oluşmaktadır. Uçak yapımında alüminyum ve alaşımlarının tercih edilme nedenlerinden en önemlisi Al alaşımlarının özgül dayanımlarının diğer uygulanabilir metal alaşımlarına göre yüksek olmasıdır. Bu alanda yaygın olarak kullanılan alüminyum-bakır alaşımı Duralüminyum'un yerini gelecekte alüminyum-lityum alaşımlarının alması beklenmektedir. Böylelikle uçakların %15 hafiflemesi sağlanacaktır. Bunların dışında kamyon kasaları, deniz ve hava taşımacılığında hafiflik-

leri nedeni ile tercih edilen konteynırlar ve çağdaş ulaşım araçları hızlı trenler bu sektörde alüminyumun ne kadar yaygın olarak kullanıldığını vurgulamak için yeterlidir.

## Ambalaj Sanayii

Alüminyum için diğer bir kullanım alanı da ambalaj sanayiidir. Bu alanda kullanım o kadar yaygındır ki örnekler çoğaltmakla bitmez. İlk akla gelenler ilaç kutuları, diş macunu tüpleri, içecek kutuları olarak verilebilir. Özellikle alüminyumun ince folyo olarak üretilmesi ve böylelikle ambalaj kolaylığı sağlaması bu alanda kullanımı artırmıştır. Alüminyum folyo, hava ile teması önlediği ve mor ötesi ışıkların ulaşması engellendiği için vakumlu ambalajlarda gıda maddeleri uzun süre saklanabilir.



Alüminyumun ambalaj sektöründe kullanımında en büyük pay, son yıllarda ülkemizde de yaygınlaşan bira ve meşrubat kutularındadır. Bu alanda alüminyum kutular dünyada %80 pazar payına sahiptirler. Yalnız ABD'de içecek üreticileri yıllık 100 milyar kutu düzeyinde bir üretim rakamına ulaşmışlardır. Bu da her Amerikalı için günde bir kutuya karşılık gelmektedir.

İlk alüminyum kutulu içecek 1958'de piyasaya sunulmuştu. Önceleri yalnız bira üreticileri tarafından kullanılan bu kutular daha sonra 1967'de Coca Cola ve



## Otomotiv Teknolojisinde Alüminyum

Gözdem Gürbüzatık  
Doğuş Otomotiv

Sürekli artan "daha çok performans, ekolojik dengeyi bozmayan güvenli, konforlu, lüks araba" talepleri, günümüzün lüks arabalarının çok geçmeden yetersiz kalmalarına neden oluyor. Dünyanın en büyük araba üreticilerinden Volkswagen-Audi Grubu'nun son yıllarda özellikle ekonomik krizin tüm dünya üzerindeki sosyo-ekonomik yapılanmaya etkisiyle gelişen muhafazakâr akıma uygun çözümler üretebilmek için çalışmaları var. Amaç, kaliteden hiçbir ödün vermeksizin doğaya ve ekonomik değişimlere uyumlu, yeni bir teknoloji geliştirmek. Bu amaca ulaşabilmek için özellikle büyük otomobiller için gövde teknolojisinin devrimsel bir değişim tasarlandı.

Audi A8, dünyada fabrika üretimine giren ilk alüminyum araba. Gövde teknoloji-

sindeki bu devrimin adı ASF (Audi Space Frame: Audi Uzay Kafesi). Bu teknoloji Audi'de kullanılan yeni materyali ve bu materyalin tasarımını açıklıyor. Tasarımın, yeni alüminyum gövde yapısıyla ağırlıktan büyük kazanç sağlayan, can güvenliği ve konfor açısından taviz vermeyen özellikleri kısaca şöyle sıralanabilir:

- Araba gövdesinde yeniden kullanımı en kolay maddelerden biri olan alüminyumun kullanılması, dünyanın ekolojik dengesinin korunmasına duyarlı bir yaklaşımın sonucu.
- A8, araba üretim teknolojisinde bir basamak olarak görülebilir. Arabanın ağırlığının azalmasıyla motor, iletim ve süspansiyonda avantajlar sağlanıyor; yakıt deposu da küçülüyor.
- Arabanın hafiflemesi ile can güvenliği artıyor. Yapılan 'crash test'lerle can güvenliği

kanıtlanan hafif arabalar, performans ve yakıt tüketimi bakımından istenen özellikleri yakalarken, motor gücünden de birşey kaybetmiyor.

Çelik madde dayanıklılık açısından "iyi" olarak değerlendirilirken, son on yıldır kaza testlerinde ağırlıklı olarak kullanılmaya başlayan alüminyum "çok iyi" olarak niteleniyor. Bilgisayarların kullanımı da, alüminyum arabaların tasarımını kolaylaştırarak hafiflik ve can güvenliğinin optimum düzeye ulaşmasını sağlayan önemli bir etken.

Audi'nin geliştirdiği ASF teknolojisi lüks arabaların gelişmelerinde son yıllarda görülen durgunluğa yepyeni bir çözüm olarak görülüyor. Alüminyumun şu ana kadar otomobil üreticileri tarafından seri üretim bakımından benimsenmemiş olmasında en büyük etken olarak alüminyum üretiminin seri üretim boyutlarında hâlâ pahalı olması gösterilebilir. Bununla birlikte lüks araba piyasasındaki bu gelişmenin alüminyum üretim fiyatlarının aşağı çekilmesiyle diğer araba piyasalarına da girmesi, pek uzak bir olasılık gibi görünmüyor.



PepsiCo şirketleri tarafından da kullanılmaya başlandı. Böylelikle daha önce-leri kullanılan ve 1970'te 30 milyar dü-zeyine çıkan çelik içecek kutusu üreti-mi yavaş yavaş yerini alüminyuma bı-raktı. Günümüzde ABD için çelik kutu-ların toplam kutu sayısı içinde payı %1'den azdır. Tipik bir alüminyum içecek kutusunun yapımı karmaşık ta-sarım ve üretim aşamalarından geçerek tamamlanır. Kapak, taban, boyun gibi bölgeleri özel işlemler sonucu hazırla-nır. İstenilen özellikler arasında kutu kalınlığının 0.27 mm dolayında olması, 110 kg yük taşıyabilmesi, ve yaklaşık 6 atmosferlik iç basınca dayanabilmesi sa-yılabilir. Bu kadar yaygın kullanılan iç-cek kutularının daha iyi özelliklere sa-hip olmaları için sürekli yeni tasarım ç-alışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalarda alüminyum tüketiminin azaltılması için de çaba sarfedilmektedir. 1960'larda 18.7 gram gelen kutuların ağırlıkları gü-nümüzde 13.6 grama kadar düşürülmüş-tür. Bu konuda yapılan çalışmalar ile, kutu başına yüzde birlik bir ağırlık azal-tılmasının yılda 20 milyon dolar değe-rinde alüminyum tasarrufuna neden ol-ması beklenmektedir.



## Geri Kazanım

Bir tek içecek kutusundaki alümin-yumu üretmek için yaklaşık 2.3 milyon Jullük bir enerji üretimi gerektiği he-saplanmıştır. Bu yaklaşık 100 wattlık bir ampulün 6 saat süre ile harcadığı enerji-ye eşdeğerdir. Bu da alüminyum üreti-minin ne kadar enerji yoğun bir tekno-lojiye gereksindiğini göstermektedir. Bu da özellikle Türkiye gibi elekt-rik enerjisinin pahalı oldu-ğu bir ülkede önemli maliyet artışlarına neden olur.

İlk uygula-malarda bir ton alüminyum üre-timi için 42 000 kW-saat olan enerji tüketimi günümüzde 16 500 kW-saat'e ka-dar düşürülmüş. En son teknolojik gelişme-ler ile bunun 13 000 kW-saat dolaylarına kadar indirilebileceği sanıl-maktadır. Bu kadar yüksek enerji kulla-nımına karşın özellikle ulaşım alanında kullanım uzun dönemde enerji tasarru-funu sağlamaktadır.

Bir kamyon kasasının alüminyum-dan yapılışı sırasında 70 000 kW-saat enerji harcanırken, 5 yıllık kullanım sı-rasında çelik kasalı kamyonu göre 250 000 kW-saat'lik yakıt tasarrufu sağlar. Yine de alüminyumun doğrudan cev-herden üretimine alternatif olan kulla-nılmış hurda alüminyumun yeniden ka-zanımı enerji tasarrufu konusunda en önemli yoldur. Bu konuda ambalaj ve otomotiv alanlarında önemli gelişmeler söz konusudur. İçecek kutularında geri ka-zanım oranları 1989 rakamları ile ABD'de %61, Avustral-ya'da %60, Kanada'da %45, Japonya'da %42'dir. Avrupa ise bu konuda biraz geridedir ve 1989 geri kazanım oranı %16'dır. Elektrik, inşaat ve taşıt araçlarında geri kazanım oranları %70'lere kadar çıkar. 2000 yılına kadar ABD'de otomobillerin 136 kg'a kadar geri kazanılmış alüminyum ile yapılması beklenmektedir. Bununla birlikte otomobiller-deki alüminyumun %95'e ka-



dar geri kazanılması ve otomobillerin toplam alüminyum içeriğinin %50-70'e kadar çıkarılması amaçlanmaktadır. Böylelikle orta boy bir otomobil 161 000 km'lik bir kullanım süresince 2 900 lt benzin tasarrufu ve 5.9 ton daha az CO<sub>2</sub> emisyonu sağlayacaktır.

## Geleceğin Metali

Alüminyum çağımızın metali olmak-la beraber aynı zamanda geleceğin de metali olmaya adaydır. Gelecekte alü-minyum için bir kaynak sorunu yaşan-mayacaktır. Özellikle bilinen boksit rezervleri günümüz tüketim hızı ile 3000 yıl yeterli olacaktır. Buna ek olarak yeni boksit rezervleri de bulunmakta ve bok-sit yerine kaolinit minerali kullanılarak alüminyum üretim teknikleri geliştiril-mektedir. Gün geçtikçe artan geri ka-zanım hem enerji hem de çevresel açıdan birincil üretimi azaltıcı yönde etki edecektir.

Yeni geliştirilen alışmlar, teknolojik uygulamalar ve özellikle uzay araçların-da alüminyum kullanımı alüminyum geleceğin de metali yapacaktır.

Üner Çolak

**Kaynaklar:**  
Alüminyum Dünyası, Sayı 1 ve 2, Türkiye Alüminyum Sanay-cileri Derneği (TALSAD), 1994.  
"The Aluminum Beverage Can", Scientific American, Ey-lül 1994: 34-39  
"The Role of Aluminum in Automotive Weight Reduction", Jou. of Metals, Şubat 1994: 33-35, Mayıs 1994: 12-13.  
Dünyada ve Türkiye'de Alüminyum, TALSAD.  
"Events and Trends in Metal and Mineral Commodities", Jou. of Metals, Nisan 1994: 30.  
Light Metal Processing, Jou. of Metals, Mayıs 1994: 5, August 1994: 5-7.  
"Recent Technology and Trends in Automotive Recycling", Jou. of Metals, Şubat 1994: 36-37.