

## 2.4 ALÜMİNYUM VE ALAŞIMLARI

Alüminyumun binalarda, gemilerde ve motor endüstrisinde kullanımı özellikle bunun yeni imal yollarıyla birleştirme yöntemlerinin geliştirilmesi sayesinde olmuştur. Birçok nitelik, alüminyumun öneminde rol oynar:

- (1) 2,7 gibi bir özgül ağırlıkla, çelik ya da pirincinkinin yaklaşık üçte biri gibi bir hafif metaldir.
- (2) Alüminyum, birçok başka metalden daha yüksek bir atmosferik korozyona mukavemeti olup bunu, yüzeyinde oluşan ince; fakat yapışkan bir alüminyum oksidi filminin korumasına borçludur.
- (3) Alüminyum elektriğin iyi bir iletkenidir. Aynı örgülü tel kesit alanı için bakırın elektriksel iletkenliğinin üçte ikisini haizdir. Ama alçak yoğunluğu dolayısıyla eşit ağırlıkta daha iyi bir iletkenidir.
- (4) Alüminyum ısıyı iyi iletir.
- (5) Başka elementlerle birleşince, alüminyum yüksek mukavemetli alaşımlar oluşturur. Bunlardan bazıları, eşit mukavemette, birim hacim başına yumuşak çeliğin sadece üçte biri ağırlığında olur.
- (6) Çok sayıda faydalı alüminyum alaşımı, fazla güçlük çıkarmadan dökülebilir, sac ve tel haddesinden çekilebilir, ekstrüzyona gelir, derin çekilebilir, preste basılabilir, perçinlenebilir, talaşlı işlenebilir ve kaynak edilebilir.

### *Elektrik teli olarak alüminyum*

Önceleri kent şebekelerinde kullanılmış olan örgülü alüminyum teller, sonradan, bir çelik Örgülü telle takviye edilerek, büyük açıklıklı enerji nakil hatlarında kullanılır olmuş. Bir çelik "çekirdek" teli etrafına sarılmış alüminyum tellerin böylece çok büyük açıklıkları, aşırı sarkma olmadan, aşmaları mümkün olduğu gibi rüzgar ve buz yüklerinin karşılanması hususunda da mekanik açıdan pekişmiş olmaktadır.

### *Saf alüminyumun bazı kullanılma yerleri*

0,009 mm ile 0,10 mm arasında değişen alüminyum folioların başlıca pazarı besin maddesi endüstrisidir. Kozmetik, çikolata ve sigara sarılmasının dışında kızarmış et ve tavuk, yağ ile kaplandıktan sonra, folio ile sarılır. Börek ve turtalar, bu foliolar içinde seri halde fırına verilip pişirilmektedir. Süt, yoğurt, krema vb. için şişe ve kutu kapakları da foliodandır.

Alüminyum iyi bir ısı yansıtıcısı (reflektörü)dir; petrol, süt ve sair sıvı muhafaza tankları güneş ısını içine çekeceğine dışarı yansıtan oluklu folio ile kaplanarak içerdeki sıvının gereksiz ölçüde ısınması önlenir. Keza aynı nedenle, sıcak ve soğuk havada sabit sıcaklıkları tutmak için alüminyum, bina kaplaması olarak da kullanılır.

Mekanik ya da elektrolitik olarak parlatılmış yüksek safiyette alüminyum, adi cam, ayna ve bazı hususlarda hatta gümüşten çok daha iyi ışığı yansıtıcı malzemelerden biridir. Alüminyum kaplı reflektörler astronomlar için özellikle ilginçtir şöyle ki bir astronomi teleskopunun cephesi alüminyumla kaplandığında gümüş kadar hızlı donuklaşmıyor ve alüminyum ultraviyole ışınlarını gümüşten daha iyi yansıtıyor.

#### *Alüminyum döküm alaşımları*

Döküm için çok sayıda alaşım ve bir özel kullanım için seçilmiş alaşımı saptayan nitelik çeşitleri vardır. Silisyum, bakır ve magnezyum,-tek başlarına ya da birlikte başlıca alaşım elementi olarak kullanılırlar. Çoğu kez az miktarlarda, manganez, çinko, titanium ve nikel de dahil, başka elementler de eklenir. Alaşımların çoğu %1'e kadar demir kabul edebilir. Bunların hepsi kuma ve az çok çoğu kokile (basınçsız döküm) dökülebilir; sınırlı sayıda alaşım basınçlı döküme (pres döküm) elverişlidir.

%10 ile 13 silisyumlu alaşım kaba bir içyapıya sahip olup çekme ve darbeye dayanımı düşüktür. Buna az miktarda sodyum-potasyum flüorür eklendiğinde içyapısı değişir. Bu koşullar altında ısıtılma tabii tutulan alaşım daha kuvvetli ve kırılmaya karşı tok hale gelir ve kum ve basınçsız kokil dökümünde geniş ölçüde kullanılır. Ayrıca sünek ve korozyona dayanıklı olur.

İki alaşım da yaklaşık %10 silisyum ve biraz da bakır içerir. Bunlar talaşlardan elde edilebilirler ve dolayısıyla göreceli ucuzdurlar; bunlar bundan öncekine göre hızlı talaşlı işlenmeye daha elverişli olup torna kalemi daha uzun ömürlü olur.

#### *Şekillendirilmiş alüminyum alaşımları*

Şekillendirilmiş metal ürünleri sac, tel, dövme ve ekstrüzyon ürünleri ve boruları kapsadıklarından bunlar döküm için kullanılanlar gibi basitçe sınıflandırılmazlar. Her şekillendirme sürecinin bir özgü koşulu vardır.

%1 ile 5 magnezyum ve %1'e kadar manganezli alüminyum esaslı şekillendirilmiş alaşımlar yüksek çekme dayanımı ile korozyona mukavemeti bünyelerinde birleştirmişlerdir. Soğuk çalışma ile (haddeleme vb.) kuvveti artan bu alüminyum-magnezyum alaşımları her tipten deniz teknesi inşasında kullanılırlar. Bu şekillendirilmiş alüminyum alaşımlarının en kuvvetlisi, bakır, magnezyum ve manganezle birlikte %5,5'a kadar çinko eklenmesiyle elde edilir. Şekillendirilmiş, sonra da ısıtılma tabii tutulmuş bu alaşımlar, 600 N/mm<sup>2</sup>'ye kadar bir çekme dayanımını haiz olup uçak çatılarında kullanılırlar.

Her ne kadar teneke konserve kutuları hala alüminyumdan daha geniş ölçüde kullanılmakta ise de, kolay açılan bira ve meşrubat kutularının tepeleri, epey miktar alüminyum tüketmektedir.

## ISIL İŞLEMLER

### *Yaşlanma sertleşmesi*

Yüzyılımızın başlarında Alman metalurjist Dr. A. Wilm, Prusya hükümetinin isteği üzerine mermi kutularının mukavemetini artırmak amacıyla alüminyuma azar miktarda bakır ve sair metal eklenmesinin etkilerini araştırırken çeşitli bileşimler ve ısıl işlem türlerini denemektedir. Büyük bir rastlantı eseri olarak fevkalâde önemli bir keşifte bulunacaktı.

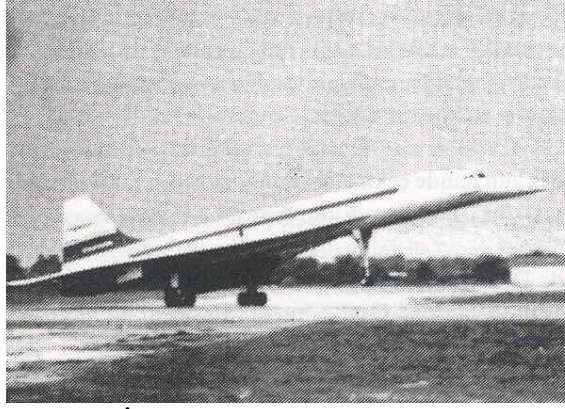
%3,5 bakır ve %0,5 magnezyum içeren bir alüminyum alaşımı ısıtılıp suya daldırıldıktan sonra denenmiş. Sonuçlar fazla heyecan verici olmamış. Ertesi hafta başında, deneylerin doğruluğu üzerinde şüpheler belirmiş ve aynı parçalar yeniden denenmiş. Dr. Wilm, sertlik ve çekme dayanımı değerlerinin, önce bulunmuş olanlardan çok daha yüksek olduklarını görünce şaşırılmış ve hemen yeni araştırmalara koyulmuş: Isıtıp daldırdıktan sonra değişik süreler boyunca dinlenmeye terk etmenin etkileri ne olabilir?...

Dört beş gün içinde çekme dayanımı tedricen bir maksimuma kadar artmış! Bu olgunun adı da "*yaşlanma sertleşmesi*" olmuş.

1909'da Dr. Wilm, Duren kentinde Durener Metallwerke firmasına patentini devretmiş. O gün bugün alaşım "*Duralumin*" adıyla ününü sürdürmüştü.

Seksen kadar yıl öncesinin Zeppelin (balon hava taşıtı) mühendisleri bu hafif, yaşlanma ile sertleşmiş alaşımın kullanılmasıyla hava taşımacılığında bir devrim yapılabileceği gerçeğine varmışlar. Alaşımın sac levha ve band halinde haddelenmesi hayli sorun yaratmışsa da büyük çabalar sonunda bunların da üstesinden gelinmiş.

1914'den önce İngiliz Ulusal Fizik Laboratuvarı, yaşlanma sertleşmesinin daha başka hafif alaşımlarda vaki olup olamayacağı üzerinde araştırmalara başlamış. Özellikle bunun bir uçak pistonunun çalıştığı sıcaklıkta kuvvetini kaybetmeyen bir alaşımda bu güçlenme ve sertleşmenin elde edilip edilemeyeceği üzerinde durulmuş. Bu çabalar %4 bakır, %2 nikel ve %1,5 magnezyum içeren "*Y-alaşımı*"nın keşfine götürmüştü. Şimdi *L 35* adıyla bilinen bu alaşımın dayanımı, yaşlanma sertleşmesiyle yüzde elli oranında arttırılmakta olup alaşım dökümden çıktığı gibi ya da şekillendirilmiş halde ısıl işleme tabi tutulabilir. Bu, daha sonra, %2 bakır; %1,5 magnezyum; %1,5 demir ve %1 nikel içeren özel *RR 58* alüminyum alaşımları serisinin esasını oluşturmuş. Bu sonuncu alaşım, Fransız-İngiliz müşterek yapısı ünlü Concorde uçağının (Şek.35) iç kafesi ve yüzey kaplamasında kullanılmış olup uçak başına bundan 70 ton gitmiştir.



Şekil 35- Fransız- İngiliz müşterek yapısı ünlü Concorde uçağı.

#### *Yaşlanma sertleşmesinin oluşum nedeni*

Bu sertleşme ve kuvvetlenmenin nasıl vaki olduğu, daldırma ile sertleştirme ve yaşlandırmanın geniş ölçüde yıllar boyu kullanılmasından sonra meydana çıkmıştır.

Bu katı alaşım  $500^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta bulunduğunda, %4 bakırın tümü alüminyum içinde katı eriyik haline geliyor. Oysa ki oda sıcaklığında alüminyum ancak %0,5'dan az bakırı katı eriyik halinde tutabilir. Bu alaşım  $500^{\circ}\text{C}$ 'dan itibaren suya daldırılıp oda sıcaklığında soğutulduğunda bakır katı eriyiğin dışına hemen çıkmaz.

Alüminyum-bakır alaşımının daldırılmasından sonra geçen birkaç günlük sürede, daha uzun zaman katı eriyik içinde tutulamayan bakır atomları, alüminyum atomları arasında hareket etmeye veya yayılmaya zorlanır ve ortalamanın üstünde bakır miktarını içeren küçük alanlar oluşturur. Bu alanlar nihayet  $\text{CuAl}_2$  metaller arası bileşiğini meydana getirir. Bu gecikmiş etki bazı ev yapısı reçellerin zamanla şekerlenmesine benzetilebilir; bunun nedeni, reçel sıcakken, daha çok şekeri eriyik halde tutar. Şeker, reçel soğur soğumaz kristalleşmez, bunu birkaç ay sonra yapar.

Bütün bunlar alaşım içinde *neler olduğunu* betimliyor ama *neden*  $\text{CuAl}_2$ 'nin yer yer birikmesinin yaşlanma sertleşmesine götürdüğünü izah etmiyor. Gerçekten bu konuda tartışma, Dr.Wilm'in keşfinden sonra elli yıldan fazla sürüyor ve yavaş yavaş metallerin bu sertleşme ve güçlenmesinin, kristallerin birbirleri üzerinde kaymaya karşı gösterdikleri mukavemet ve kafeste şekil bozulmasının artışıyla ilişkili olduğunun farkına varılıyor.

#### *Çökeltme işlemi*

Yukarıda söylediklerimiz, içinde  $\text{Cu Al}_2$  metaller arası bileşiğin oda sıcaklığında çökerek alaşımın sertliğini artırdığı bir alüminyum-bakır alaşımına dairdi.

Sertleşme, daldırılmış alaşımı birkaç saat  $175^{\circ}\text{C}$  civarında ısıtmakla hızlandırılıp artırabilir. Buna "*çökeltme işlemi*" adı verilir. Bundan başka, magnezyum ve silisyumun da mevcut olmaları halinde bu iki elementin bir bileşiği,  $\text{Mg}_2\text{Si}$  oluşur ve yaşlanmada vaki olan sertleşme sürecine benzer şekilde buna İştirak eder. Yani alüminyum-bakır-magnezyum-silisyum alaşımı daldırılıp ve  $175^{\circ}\text{C}$ 'a yeniden ısıtılırsa,  $\text{CuAl}_2$ 'ye ek olarak  $\text{Mg}_2\text{Si}$  zerrecikleri

çökeler. Bu alaşım böylece, oda sıcaklığında yaşlandırmaya (doğal yaşlandırmaya) göre daha sert olur. Aşağıdaki tabloda verilen değerler bunu gösterir.

O günlerden beri bu tür sertleşme, magnezyum, bakır, çinko, kalay, kurşun ve demir gibi genel olarak kullanılan metallerle alaşımlandırılmış metallerin çoğunluğunda görülmüştür. Bu öbür alaşımların birçoğu, oda sıcaklığında yaşlanma ile sertleşmezler. Süreç önce, alaşıma, uygun alaşım elementinin katı eriyik haline geldiği hayli yüksek sıcaklığa yükseltmeyi gerektirir ki bu, "eriyik ısı işlemi" olarak bilinir. Hızlı bir suya daldırmadan sonra alaşıma çökeltme ısı işlemi uygulanır şöyle ki maksimum sertliğe varıldığı bir boyutta erimiş element çok küçük birikimler halinde eriyikten dışarı taşar.

<i>Alüminyum - bakır- magnezyum-silisyum alaşımlarının durumu</i>	<i>Brinell sertliği (yakl.)</i>
1. Daldırılmış halde	60
2. Daldırılmış ve oda sıcaklığında tutulmuş (yani doğal yaşlandırılmış)	120
3. Daldırılmış ve 175°C'a tekrar ısıtılmış (yani çökeltme işlemi uygulanmış)	150

Yaşlanma sertleşmeli alaşımlar, oda sıcaklığında yaşlananlardır.

Çökeltme sertleşmeli alaşımlar, daha yüksek sıcaklıklardan çökmeyi gerektirenlerdir.

Bu arada, bu tür alaşımların çökeltme işlemleriyle çeliğin ısı işlemi arasındaki başlıca farkın, çeliğin maksimum sertliğe daldırmayla vardığı, menevişlemenin genellikle sertliği azalttığında olduğu kaydedilecektir. Buna karşılık çökeltme işleminin uygulandığı alaşımlar, daldırılmış halde, nispeten yumuşak olup, çökeltme işlemi sertliği artırır.

Yaşlanmayla sertleşen alüminyum alaşımlarının uçak fabrikalarındaki süreci, metalürji uygulamaları arasına buzdolabını da sokmuştur: "*Duralumin*" in ilk kullanıldığı zaman, perçin gibi aksam daldırmadan hemen sonra kullanıma zorunluluğundaydı; aksi halde sertleşir ve işe yaramaz hale gelirdi. Ama daldırmadan sonra alaşım yaklaşık -15°C 'ta bir buzdolabında muhafaza edildiğinde yaşlanma sertleşmesinin yavaşladığı ve perçinlerin, gerektikleri zamana kadar alçak sıcaklıkta muhafaza edilebilecekleri anlaşılmıştır.

İLAVE ELEMENTLERİN ETKİSİ

NİTELİKLER	Cu	Si	Mg	Zn	Ni	Co	Ti	Mn	Fe	Cr
Çekme dayanımı	++	+	+	++	+	+	+			—
Elastik sınır	++	+	—	+	—					
Sertlik	++		—	—	+			+		+
Isya dayanma	++		++		+					+
Kaynaklanabilirlik	—	++	+	—	—		+	+		+
İşlenebilirlik	++	—	+	+	+		++	+	++	+
Elastikiyet modülü	+	++	—	+	+	++		+		—
Döküme elverişlilik	+	++	—	+			+	—		—
Süneklik	—	—	+				+		—	—
Korozyona dayanma	—	+	++	+				—	—	++
+ + Önerilir										
+ iyi										
— — Kapatılacak										
— Ortanın altında										

**DİKKAT** : Al 'u sertleştirilen bütün elementler elektrik ve ısısal iletkenliği ve uzamayı azaltırlar Isıl işlemler süneklik ve sertliği değiştirirler.