

2.3 BAKIR VE ALAŞIMLARI

Bakır, kesinlikle insanoğlunun kullandığı ilk metaldir. Her ne kadar "Bronz çağı"nın Taş çağından sonra geldiği genellikle kabul edilmişse de birçok arkeolog, bir "Bakır çağı"nın bunların arasında olduğunu iddia ediyor:

Uygarıklar beşığı Anadolu'da, insanoğlunun ilk örgütlenmiş topluca yerleşim merkezi olarak bilinen, İsa'dan önce 9000 yıllarının Çatal Höyük'ünde (Konya'nın güneyinde) ilk kez bakırın keşfedildiği saptanmış. Bu bakır, dövme parçaların imalinde kullanılmış. Ama onu ergitmenin metalürjik süreci bundan iki ile üç bin yıl sonra Van Gölü civarında keşfedilmiş.

Bakır, gümüş dışında en yüksek ısı ve elektriksel iletkenliği haiz metal olup saf meta! sünek ve haddelenebilir haldedir; 0,25 mm kalınlıkta bantlar; 0,02 mm kalınlıkta foliolar ve 0,02 mm çapında teller halinde çekilebilir. Bu gibi süneklik birçok bakır alaşımı, özellikle pirinçte de vardır. Bakır üretiminin yaklaşık yarısı, saf metal olarak, elektrik malzemesi imalinde kullanılır.

Bakırın çekme dayanımı alaşımlama ile artırılabilir ama her dayanım artışına karşılık iletkenlik azalması vaki olur; örneğin, %10 alüminyum ilâvesi, çekme dayanımını iki katına çıkarır ama iletkenliği de altıda bire İndirir. Mamafih, bir element, kadmium, bir faydalı uzlaşma olanağını sağlar. %0,8 civarında kadmium bakırla alaşımlandırıldığında iletkenlik, saf bakırınkinin onda dokuzu olur, buna karşılık soğuk işlenmiş (çekilmiş, haddelenmiş vb.) alaşımın çekme dayanımı çok artar. Bu kadmium-bakır alaşımı elektrikli tren ya da tramvay teli olarak kullanılır.

Bakırın ısı iletkenliğinden, ev su ısıtıcılarının zarf ve boruları imal edilerek istifade edilir; bu noktada korozyona mukavemet, fazladan bir nitelik oluyor. Keza güneş ısıtıcılarında yassı levha kolektörleri de bu metalden yapılır.

Bakır ve oksijen

Bakır başlangıçta oksijenden arınmış halde üretilmiş olsa bile, ergimiş metali dökerken atmosferden oksijen kapar, bakır oksidi oluşur. Oksijen içeriği %0,2'yi aşacak olursa, bakır gevrekleşir. Öbür yandan oksijen yokluğunda ergimiş metal, yakıt gazının rutubetinden hidrojen emer; hidrojen, sıvı metalde olduğu gibi bunun katısında erimediğinden, açığa çıkar ve gözenekli içyapıya götürür. Ayrıca, ergimiş metalde hem oksijen hem de hidrojen bulunacak olursa metalin çürük olma tehlikesi belirir şöyle ki, bu iki gazın karşılıklı etkileşimleriyle metalin katılaşması sırasında buhar çıkışı vaki olur.

Pratikte oksijen genellikle %0,025 ile 0,05 arasında tutulur. En önemli bakır grade'i (türü) %99,9 saf yüksek iletkenlik bakır olup bu grade, generatörler, kumandan pano baraları, enerji nakil hatları, elektrik motorları, kaynak makineleri ve elektrikli ulaştırma araçlarında kullanılır.

Bundan sonra en çok bakır, oksitten temizlenmiş (desokside) şekilde kullanılır; bunda yaklaşık %0,015 ile %0,05 arasında fosfor bulunur. (Oksitten arındırma fosfor ilâvesiyle yapılır). Bu tür bakırın işlenmesi ve kaynak edilmesi kolaydır ve dolayısıyla de ev sıhhi tesisat borularında, kazanlarında, ısı eşanjörlerinde, otomobil radyatörlerinde, petrol hatlarında vb. yerlerde kullanılır.

Oksijensiz bakır katod bakırından, çevreden oksijen ve hidrojen kapmasını önleyen bir yöntemle üretilir. Radar parçaları ve sair elektronik aparatlarda kullanılır. Oksijensiz bakır, zirkonium, krom ve magnezyum gibi elementleri içeren ve yüksek sıcaklıklarda yüksek çekme dayanımı ve iyi bir iletkenlik gerektiren şalter aksamı için kullanılan esasını oluşturur.

Bakırın Mekanik Nitelikleri

Durum	Tavlanmış	Yoğurulmuş 1/4 sert	Yoğurulmuş 1/2 sert	Yoğurulmuş sert
Elastik sınır	7 ilâ 8	21	25	32
Çekme dayanımı	20 ilâ 22	23 ilâ 25	25 ilâ 27	30 ilâ 32
Kopma uzaması	45 ilâ 50	14 ilâ 15	14 ilâ 15	10 ilâ 6
Kopma büzülmesi	85	≥ 50		≥ 45
Brinell sertliği	35 ilâ 40	53 ilâ 63	65 ilâ 78	85 ilâ 90

Bildiğimiz gibi yoğrulma (dövülme, haddelenme...) ile malzeme sertleşir. Burada bahis konusu olan ortalama yoğrulma

$$\frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100 \text{ formülü ile ifade edilir.}$$

S_o , son soğuk pasodan önceki kesit (mm^2), S_u da nihai kesittir (mm^2). Bunun değerleri şöyledir:

<i>Tavlanmış</i>	<i>1/4 sert</i>	<i>1/2 sert</i>	<i>sert</i>
<i>0</i>	<i>10</i>	<i>25</i>	<i>> 50</i>

İLÂVE ELEMENTLERİN ETKİSİ

İlave elementler	Ag	Cd	Cr	Be	Te	Zn	Sn	Al	Ni	Si	Mn	As
Çekme dayanımı	—		+	+	+	+	+	+	+	+		+
Elastik sınır		+	++	++	+	+	+	++	++	+	+	+
Brinell sertliği	+	++	+	++		+	+	+	+	++	+	+
Uzama	—		—	—	—		+		—	+	—	+
İletkenlik		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
İşlenebilirlik		+			++							

—	Belirgin değişme yok	++	Önemli iyileşme
+	Hafif iyileşme	—	Nitelik azalması

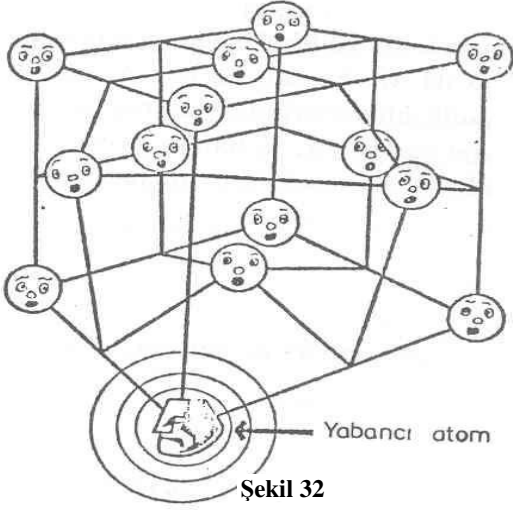
Pirinç

En ünlü bakır alaşımları, bakır ve çinkodan oluşan pirinçler (piyasa diliyle *sarılar*) dır.

%36'dan az çinko içeren pirinçler soğukken sünek (telleşebilen) olup sık sık tavlamaya gerek olmadan ona çapraşık şekiller verilebilir. Örneğin NATO'nun standard 7,65 mm'lik mermi kovanı, %30 çinkolu bir pirinç olup 70/30 pirinç, ya da "kovan pirinci" olarak bilinir.

%36'dan fazla çinko içeren pirinç, %36'dan az içerene göre daha sert ve daha kuvvetlidir. Şimdi bunu, başlarda gördüğümüz atomik tertiplerin ışığında, izah edelim.

Saf çinko içinde atomlar bir altıgen tertibinde iken bakır atomları bir merkezli yüzeyli kübik kafes (Şek.3) içyapısı arz ederler. Çinko ve bakır atomlarının işgal ettikleri hacim farklıdır: Çinkonunki bakırınkinden %13 daha büyüktür. Şöyle ki bu iki metal pirinç oluşturmak için alaşımlandırıldıklarında, bazı güçlüklerin ortaya çıkması beklenebilir. Pirinç içinde sadece az miktarlarda çinko bulunması halinde, ağır basan atomik tertip, bakırınkine benzer yani çinko atomları, katı eriyik halinde, kendilerini merkezli yüzeyli kübik kafese uydurmak zorunda olurlar. Her çinko atomu bir bakır atomunun işgal ettiği hacim bakırınkinden büyük olduğundan, merkezli yüzey kübik kafes "yabancı atom" un girdiği noktada çarpılmalar arz eder ve kafesin tümü hafifçe genişler. Şek.3 ile 32'nin karşılaştırılması, olayı sözlerden daha iyi izah eder.



Tedricen artan miktarlarda çinko bakırla alaşımlandırıldığında, pirinç giderek artan sertlikte olur; bu, yabancı atomun resmine bakarak kısmen anlaşılır. Bu ötekilerden daha büyük atom kafeste çarpılma hasil eder ve bu durum, saf metalde vaki olana göre şekil bozulmasına daha büyük bir mukavemete götürür.

Daha fazla çinko eklendiğinde, atomların merkez yüzeyli kübik tertibi, şeklini daha da çok bozar ve nihayet %36 kadar çinkoya varıldığında, tertip kararlılığını kaybeder ve şurada burada, merkezli kübik olan başka bir atomik kafes oluşu.

Bu noktaya kadar pirincin kuvvet ve sertliği, artan çinko içeriğiyle, tedricen artar; ama %36 bileşiminde nitelikler bıçak gibi değişir ve daha fazla çinko ilavesi, bundan önce olduğundan çok daha hızlı bir sertlik artışına götürür.

%36 çinkoya kadar, alaşım (pirinç) alfa (α) katı eriyikinden ibaret olur. %36 ile 42 arasında, başka bir katı eriyik, beta (β) görünür olur ve bu pirinçlere (α - β) pirinçleri denir. Bunların arasında 60/40 pirinci en iyi bilinen örnektir. Her ne kadar bunlar oda sıcaklığında daha güç yoğrulabilirse de, plastiklikleri yüksek sıcaklıklarda artar; bunlar genellikle sıcak çekme, ekstrüzyon, sıcak dövme, kum veya kokil dökümü ile şekillendirilirler.

Talaşlı işlenme kabiliyetini yükseltmek için pirince çoğu kez kurşun eklenir. Böyle bir "serbest kesme" pirinç tornada işlendiğinde, talaşlar uzayıp kalemi sarmaz, parça parça kırılarak düşer böylece de pirinç çok daha yüksek bir hızla torna edilebilir. Azamî kesme hızı elde etmek için alaşıma %2,5 ile 4,5 kurşun katılır. Ancak bu miktarda kurşun pirincin mekanik niteliklerinde bazı bozulmalar meydana getirir ve sıcak basmayı zorlaştırır; şu halde, pirinç sıcak basma ile şekillendirilip sonra hızla işleneceği zaman, sadece %1 ile 2,5 kurşun eklenir.

Tavlanmış metalde çekme dayanımının (R) Brinell sertliğine (H_B) oranı

%100 ile 80 arasında bakır için $R / H_B = 0,47$

%80 ile 62 arasında bakır için $R / H_B = 0,50$ dir.

Özgül ağırlık, Cu = 42 için 8'den Cu = 90 için 8,72 'ye değişir. Bakır oranı %90'dan fazla ise renk kırmızıdır; Cu = 85-80'de altın; Cu = 75-70'de yeşilimsi sarı; Cu = 60'da sarı; %50'den az bakırda da alaşımlar beyaz olurlar.

Pirinçler, bakır oranı %100 ile 60 arasında iken, soğukta haddelenir ve dövülürler, bakır oranı %64 ile 53 arasında iken, pirinçler sıcak çalışırlar.

Pirincin başka türleri de vardır; bunlardan bazıları şunlardır:

Kalaylı pirinç ("Bahriye pirinci")(Sn=1-1,5); manganezli pirinç (Mn=1-4); alüminyumla pirinç (Al=1-4); demirli pirinç (Fe=2); nikelli pirinç (Ni=6,5-14,5); nikel-manganezli pirinç (Ni=5, Mn=3)...

Bronz

Bronz esas itibariyle bir bakır-kalay alaşımı (piyasa dilinde "*kızıl*") dır. Ancak bu ad, adi pirinçle kıyaslandığında, daha çok "üstün" bir malzemeyi ifade eder olmuş. Örneğin ne *silisyum bronz*, ne de *alüminyum bronz* kalay içerir; *manganez bronzunda* ise kalay sadece az miktarda bulunur.

Madeni para da bakır yerine bronzun kullanılması, Fransız Devrimi'nin sonuçlarından biri oluyor. Kilise mallarına el koyan ihtilâl hükümeti, bronz çanlara pazar aramaya koyuluyor. Bu çan bronzuna, ağırlığı kadar bakır eklemekle, iyi bir madeni para alaşımı elde edildiği görülüyor. İhtilâli takip eden yıllar sırasında çan bronzuna artan oranlarda bakır eklenmiş ve nihayet yarım yüzyıl sonra, deney hata yoluyla, %95 bakır, %4 kalay ve %1 çinkodan oluşan alaşım Fransa'da ve sonra da başka ülkelerde, bozuk para alaşımı olarak kabul edilmiş (1860)

Bakır-kalay bronzunun iyi bilinen bir değişik türü, *fosfor bronzudur*. Bu alaşım %4,5-6 kalay ve %0,3'den az fosfor içerir. Bu tür fosfor bronzu yaylar, alaşımın kırılmaya dayanıklılığı, magnetik olmama niteliği ve korozyonla ilişkisinin bulunmamasının gerektiği kontakt mekanizmalarına çok elverişlidir.

%0,3'den fazla fosforun bulunması halinde fazlası sert Cu_3P bileşeni halinde ayrılır; genellikle yaklaşık %10 kalay içeren bu tip fosforlu bronz geniş ölçüde döküm parçası halinde kullanılır.

Bundan önceki tipten daha sert olup iyi yatak malzemesi olur ve ağır basınç yüküne maruz parçalarda kullanılır: top doldurma halkası, açılır köprü ve döner tablaların parçaları ve hadde yatakları...

Top metali olarak bilinen alaşımlar, yine kalay içeren bakır esaslı alaşımlar olup bunlar, top dökümünde kullanıldıkları zamanlardan beri iyi kabul görmüşlerdir. Kolaylıkla dökülebildiğinden hâlâ itibarını, bundan artık top dökülmemesine rağmen, muhafaza etmektedir. Klasik alaşımlardan biri, Amirallik top metali, %88 bakır, %10 kalay, %2 çinko içerir ve deniz işlerinde, pompa gövdeleri için ve yüksek basınç buhar tesislerinde kullanılmıştır. Kurşunlu top metalleri, başlarında her yerde bulunan 85-5-5-5 alaşımı (%85 Cu ve %5'er Sn, Zn, Pb) olmak üzere genel kullanım ve basınçta sızdırmaz dökümler için kum dökümü sanayiinde başat durumdadır.

Kurşunlu bronz yataklar

Günümüz uçak motorunda olduğu gibi çok yüksek hızlar ve basınçların bahis konusu olduğu yerlerde, yağlama yağı, yatak yüzeyinden atılmak eğiliminde olur. Bir yatak bronzunda kurşunun işlevi, yağ filminin parçalanması halinde bir nevi metalik yağlayıcı rolü oynamaktır.

Günümüz motorları için yataklarda kurşunlu bronz yaklaşık %30 kurşunla bakırdan ibaret olup buna %5 veya daha fazla, çinko, kalay veya nikel gibi başka elementler de eklenir. Bakır, yüksek ısı iletkenliği sağlamakla fazla ısınmayı önlerken bu az miktardaki İlâveler de kurşun dağılımının düzenli hale gelmesine yardımcı olup yatağın mekanik kuvvetini artırır.

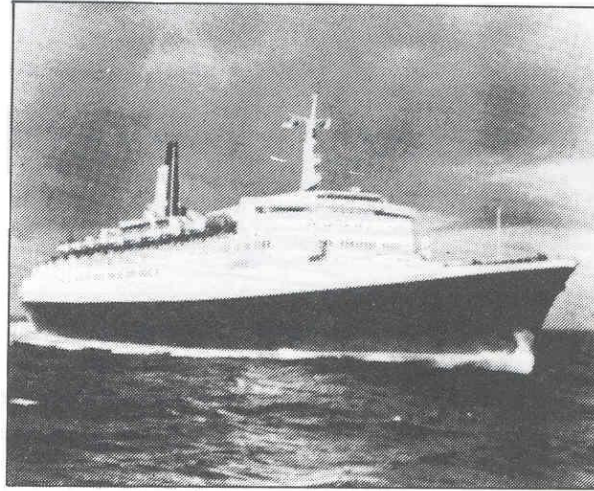
Alüminyum bronzları

Daha önce de sözünü ettiğimiz alüminyum bronzları, içine demir, nikel, silisyum ya da manganezin eklenebildiği bakır alüminyum alaşımlarıdır. Çekici bir altın rengine ve çeliğinki ile kıyaslanabilecek mukavemete sahiptirler; ayrıca korozyona iyi dayanırlar.

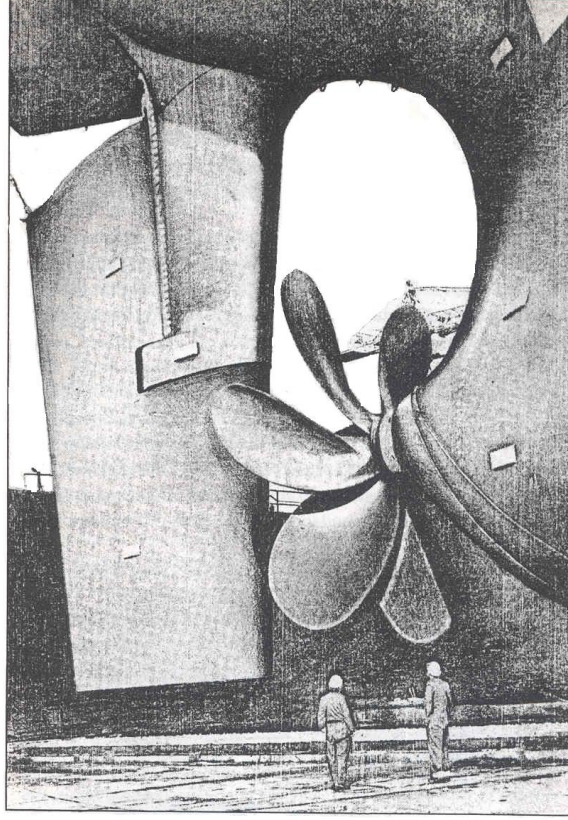
Alüminyum bronzu başlıca deniz işlerinde, bu arada su kesiminin üstünde ve altında çeliğin yerini tutmak üzere kullanılır. Magnetik olmadığından sualtı detektör aksamında da yer alır.

Boru, saç, band ve tel gibi aşın soğuk işlenmeyi gerektiren ürünler genellikle %8'den az alüminyumlu alaşımlardan yapılır; bunlar, %8 ile 11 alüminyumlu bronzlardan daha yumuşak ve daha sünekler; bu sonuncular ise kum dökümü, basınçsız kokil dökümü ve sıcak İşlenmiş işlerde kullanılırlar.

Son yıllarda dökme alüminyum bronzları gemi pervanelerinde geniş Ölçüde kullanılır olmuşlardır. Şek.33'deki *Queen Elizabeth 2* transatlantiğinin yüksek mukavemetli nikel-manganez-alüminyum bronzu pervanesi ile bir V.L.C.C (Very Large Crude Carriers-Çok büyük ham petrol tankeri)nin 70 tonluk %9,5 alüminyum, %4,5 nikel ve %5 demirli alaşımdan pervanesi (Şek. 34) bunlara birer örnektir.



Şekil 33. Queen Elizabeth 2 transatlantiği.



Şekil 34- "Europa sınıfı, 380.000 tonluk bir V.L.C.C. petrol tankerine takılmış 70 ton ağırlığında bir alüminyum bronz pervane.

Sair alaşımlar

Her ne kadar bakır çok yüksek bir elektriksel iletkenliği haiz ise de alaşımlama ile bu iletkenliği o denli azaltmak mümkündür ki bazı bakır alaşımları elektrik akımının geçişine büyük rezistans arz ederler. Böyle bir bakır alaşımı %13 manganez ve %2 alüminyum içerir. Bu alaşımlar ayrıca, ısı değişmesiyle elektrik rezistanslarının değişmemesi niteliğine sahiptirler; bunlar döşeme altı ısıtma ve elektrik motorlarının hızım ayarlayan rezistanslar için kullanılırlar.

Binlerce yıldan beri bilinen bakır o kadar çok elementle alaşıma girebilir ki bunların hepsini burada saymak olanaksızdır.

Bakır ve alaşımlarının ısı işlemleri

Tavlama, bakır ve alaşımlarında da, genellikle bir "yumuşatıcı" işlem olmaktadır: Bakır ve onun birçok alaşımı, bu arada pirinçlerin çoğu, bakır-nikel alaşımları için bir sınırlandırılmış tavlama sıcaklığı yoktur; tavlama, oldukça geniş bir sıcaklık aralığında uygulanabilir.

Sadece bazı alaşımlar, *daldırma* (ve belki de menevişleme) ile endüstriyel açıdan ilginç nitelikler kazanırlar. Bunlara "ısıt işlemlili" alaşımlar denir ve bu alaşımlar, daldırmanın hiçbir faydası olmadığı öbürlerinden böylece ayrılırlar. Örneğin bakır-krom alaşımları, "su alır."

Alüminyum bronzlarında daldırma ve bundan sonra menevişleme, çeliklerdekiyle kıyaslanabilecek bir sertleşme getirmemekle birlikte çentik darbe (kırılmaya) dayanımı ve yorulma sınırı değerlerini gözle görülür ölçüde yükseltir. Keza bu alaşımların korozyona mukavemetleri de bu işlemlerle, değiştirilebilir.

Bakırlı alaşımların tümü için, 1000-1050°C'dan daldırmadan sonra, menevişleme sıcaklıkları 300 ile 500°C, bu sıcaklıkta tutma süresi 30 dakika ile yaklaşık 4 saat arasında değişir.