

DEMİR DIŐI METALLER

ALÜMİNYUM

1. GENEL BİLGİLER

Tablo G/1'de, yer kabuğunun ihtiva ettiği en önemli metallerin oranları verilmiştir. Bunların arasında en çok bulunan alüminyumdur.

Tablo. G/1. Önemli metallerin yer kabuğundaki oranı.

Element	Al	Fe	Mg	Ti	Zn	Ni	Cu	Pb
% oranı	7,5	4,7	1,9	0,58	0,02	0,018	0,01	0,002

Buna rağmen alüminyum, demirin ifade ettiği değere ulaşamamıştır. Bunun sebeplerini de şöyle sıralayabiliriz :

Alüminyum, parçalanması mümkün olmıyan birçok minarelin bileşiminde vardır.

Alüminyum ilk olarak 100 sene önce teknik olarak üretilmeye başlanmıştır. Demir ise, ilk çağlardan beri tanınmaktadır.

Alüminyum sertleştirilemez; bu nedenle takım malzemesi olarak kullanılması imkânsızdır.

Örnek:- Al'un yumuşak durumdaki mukavemeti,

Malzeme	Mukavemet [τ p mm ²]		Sertlik HB 2,5 [kp/mm ²]
	σ_{25}	σ_s	
Al 99.98 R (En saf)	4	1	15
Al 99 (Izabik)	8	2	22

Malzeme	Durumu	Sac kalınlığı (mm)	σ_{25} (kp/mm ²)	$\sigma_{0.2}$ (kp/mm ²)	δ_5 (%)	H _B (kp/mm ²)
Al 99 wh	Haddelenmiş	Her kalınlık	Tespit edilmemiş değerlerde			
Al 99 F 8	Yumuşak	20'ye kadar	8	2	30	22
Al 99 F 10	Yarı sert	12'ye kadar	10	7	5	30
Al 99 F 14	Sert	2,5'a kadar	14	12	4	38

Mukavemetin giderek yükselmesinin sebebi haddeleme sırasında meydana gelen soğuk sertleşmedir. Tablo da malzemelerin bu esnada uzama kabiliyetlerini kaybettikleri görülür. Çekme yolu ile elde edilen profiller için de aynı hususlar geçerlidir. Ayrıca bakır ve magnezyumun döğme alaşımları da bu özelliği gösterir.

Kurşun, kalay ve çinko metalleri oda sıcaklığında yeniden kristalleştikleri için, bu usul ile mukavemeti daha yüksek yarı mamüller halinde üretilemezler.

G : Kum dökümü

GK : Kokil dökümü

GD : Basınçlı döküm

GZ : Savurma döküm (Santrifüj döküm)

GC : Sürekli döküm

Döküm alaşımlarının normlarında (standartlarında) genellikle iki mukavemet değeri verilir.

3. ALÜMİNYUM (DIN 1712)

a) Özellikleri :

Çekme Mukavemeti	(σ_B):	4 ... 8 kp/mm ² 1)
Akma sınırı	(σ_S):	1 ... 3 kp/mm ² 1)
Sertlik (HB 2,5)	:	12 ... 20 kp/mm ² 1)
Elastiklik Modülü	(E) :	7,2 10 ⁵ kp/cm ²
Kayma Modülü	(G):	2,7. 10 ⁵ kp/cm ²
Çentik Darbe Sünekliği (α_k)	:	10 kpm/cm ²
Kopma Uzaması	(δ_5) :	30 ... 38 % 1)
Ergime Noktası	:	660°C
Döğülme sıcaklığı	:	300 ... 500°C
Yeniden Kristalleşme sıcaklığı	:	250 ... 300°C
Yoğunluk (ρ)	:	2,7 kg/dm ³
Kristal çeşidi	:	Kübik yüzey merkezli (KYM)

1) Safiyet derecesine bağlı olarak

İyi Özellikler	Kötü Özellikler
a — Düşük yoğunluk	a — Düşük mukavemet ve akma sınırı
b — İklim'e dayanıklılık	b — Bazik karakterli maddelere karşı dayanıksızlık
c — İyi ısı ve elektrik iletkenliği	c — Kaynak ve lehimleme kabiliyeti ancak dekaplarla veya özel usullerle mümkündür.
d — Soğukta şekil değiştirme kabiliyeti	
e — Yüksek parlaklıkta cilalanabilme	

Aluminyum kullanımının avantajları

- Fiziksel, kimyasal ve mekanik davranış olarak değerlendirildiğinde **alüminyum** da **çelik, bronz, bakır, çinko, kurşun** veya **titanyum** gibi metal sınıfında değerli bir maddedir.
- Alüminyum metal olarak değerli yapan özelliklerin başında **hafifliği, mukavemeti, geri dönüşüm özelliği, korozyon dayanımı, dayanıklılığı, sünekliği, şekil verilebilirliği ve elektrik-ısı iletkenliği** gelir.
- Diğer ticari metaller gibi **ergitilebilir, dökülebilir, makinada işlenebilir** ve ayrıca **kolaylıkla dövülebilir**.
- Çok üstün korozyon özelliklerine sahip olması, havaya maruz kaldığında üzerinde oluşan ince oksit tabakasının koruyucu olmasındandır.

- 
- Endüstrinin pek çok kolunda milyonlarca farklı ürünün yapımında kullanılmakta olup dünya ekonomisi içinde çok önemli bir yeri vardır.
 - Alüminyumdan üretilmiş yapısal bileşenler **uzay ve havacılık** sanayisi için vazgeçilmezdir.
 - Hafiflik ve yüksek dayanım özellikleri gerektiren **taşımacılık** ve **inşaat** sanayiinde geniş kullanım alanı bulur.
 - Alüminyum kolay soğuyup ısıyı emen bir metal olması nedeniyle özellikle soğutma sanayinde, bakırdan daha ucuz olması ve daha kolay işlenmesi nedeniyle de daha bir çok sektörde yaygın kullanılan bir metaldir.

- Alüminyum hafif metaller grubuna giren ve teknik alanda çok kullanılan bir metaldir.
- Özgül ağırlığı 3.8 gr/cm^3 'den küçük olan elemanlar hafif metaller grubuna girer.
- Hafif metaller sınıfında alüminyum, magnezyum, potasyum, lityum ve berilyum bulunur.
- Bunlardan özellikle alüminyum ve magnezyum en önemlileridir.
- Alüminyumun önemli olmasının sebebi hafif olmasıdır.
- Ayrıca yüksek elektrik ve ısı iletkenliği atmosferik dayanıklılığı, imal kolaylığı ve diğer metaller ile yüksek çekme mukavemetine sahip alaşımlar oluşturabilmesi diğer önemli hususlardır.
- Alüminyum doğada bol bulunduğ u için kullanılma sahaları çoktur.
- Bütün metallerde yaygın olana yer kabuğunun % 15'ini (Al_2O_3) olarak oluşturmaktadır Alüminyum kaynak, sıcak ve soğuk lehim veya mekanik bağlanma usulleri ile kolayca birleştirilebilmektedir.
- Alüminyum diğer metallerde kullanılan cihazlar ve teknikle birleştirme yöntemini belirleyen faktördür.

Alüminyumun elektrik alanında iletken olarak ilk kullanımları

1895 yılında Amerika ve Fransada hava hattı örgülü alüminyum iletkeni;

1908 yılında hava hattı çelik özlü alüminyum iletkeni;

1910 yılında Boston ve Ealing'de alüminyum iletkenli, kağıt yalıtkanlı, kurşun kılıflı yeraltı güç kablosu;

1912 yılında Aquitana isimli gemide alüminyum bara;

1917 yılında transformatör sargısı;

1920 yılında sincap kafesli motor rotoru olarak gerçekleşmiştir.

- Pek çok ülkede, alüminyumun iletim ve dağıtım sistemlerinin tüm elemanları için bakırın yerine, ana iletken malzemesi olarak kabul edilmesinde pek çok neden bulunmaktadır.
- Alüminyum bakıra göre çok hafiftir, alüminyumun yoğunluğu, yaklaşık olarak bakırın % 30'u kadardır.
- Özellikle, hava hattı direk konstrüksiyonlarında hafiflik çok önemlidir, çünkü ağır iletkenler, ağır direk yapılarına ihtiyaç gösterir.
- Ayrıca, alüminyum iletkenlerin taşınması, işlenmesi ve montajı, ağır bakır iletkenlere göre daha kolaydır
- Alüminyumun hafifliği, ağır bakır iletkenlere göre birçok avantaj sağlamaktadır. Alüminyum cevheri, yer yüzü kabuğunda en çok bulunan bir metaldir, yaklaşık yer yüzünün % 8' ini kapsamaktadır.

- Günümüzde bakır cevherleri çok azalmış ve sınırlı olması sonucu bakır fiyatları yüksek ve yükselme eğilimindedir.
- Son 20 yılda LME (Londra Metal Borsası) bakır ve alüminyumun yıllık ortalama fiyatlarından anlaşılacağı gibi senelerdir, alüminyum fiyatları bakıra göre düşük, arada bazı sıçramalar yapmasına rağmen fazla hareketli olmayan bir şekilde gelişmiştir.
- Alüminyum, ucuzluğun, hafifliğin ve özelliklerinin verdiği avantajları nedeni ile alüminyum çıplak iletken ve kablo fiyatları, bakır çıplak iletken ve kablo fiyatlarının çok altındadır.

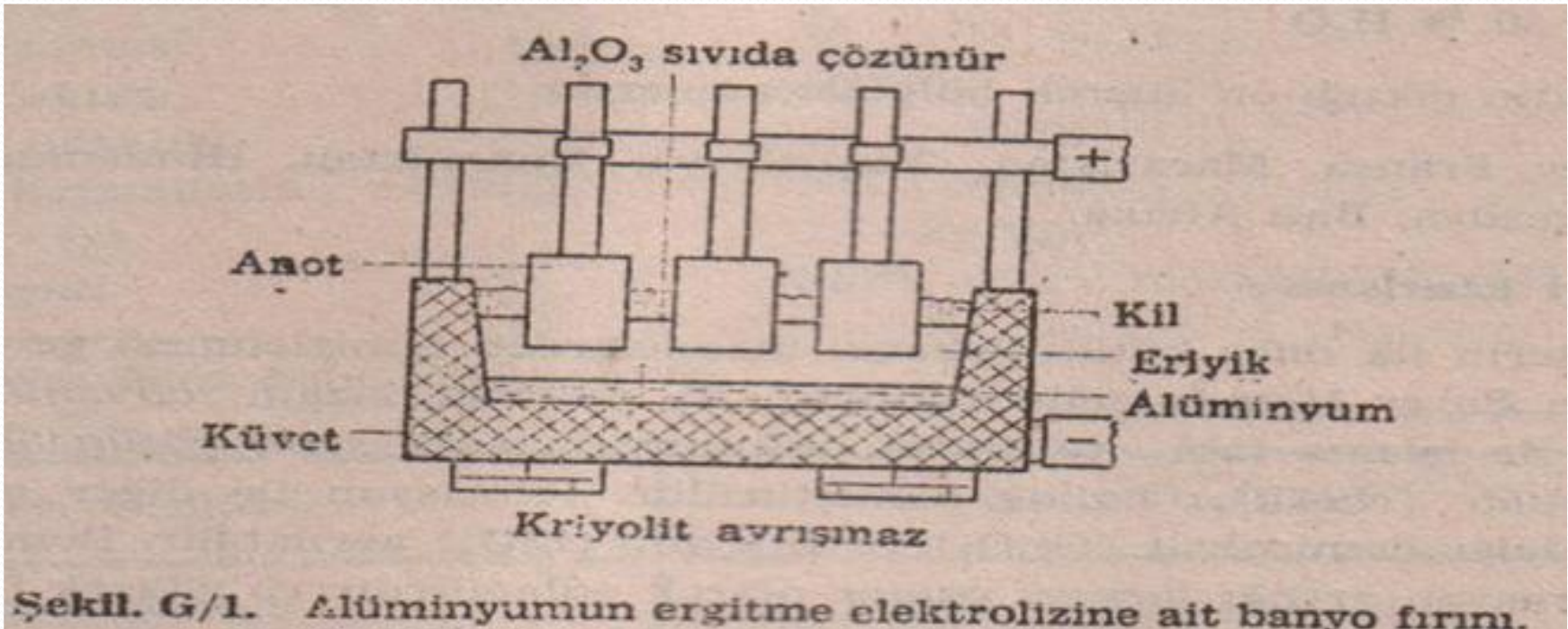
Alüminyum ve Bakırın Fiziksel Özellikleri

Özellikler	Birim	E-Cu Bakır	E-Al Alüminyum	AlMgSiAl Alaşım
Özgül Ağırlık	kg/dm ³	8,9	2,7	2,7
Çekme Gerilmesi (sert...tavlı)	kg/mm ²	450...240	180...80	310
Kopma uzaması (sert...tavlı)	%	1...35	2...35	3
Elastisite Modülü	kN/mm ²	120	70	70
Ergime sıcaklığı	°C	1083	658	658
Isı genleşme katsayısı	10 ⁻⁶ / °C	16,6	23,8	23,0
+20 °C’de direnç ısı değişim katsayısı	1/ °C	0,0039	0,0040	0,0036
+20 °C’de iletkenlik	IACS %	97...100	61...62	53
+20 °C’ de özgül direnç	W mm ² /m	0,01786	0,02857	0,03280

Şartlar Bakır - Alüminyum		
Eşit Kesit	1	1
* Ağırlık	1	0,3
* İletkenlik	1	0,62
* Akım Taşıma Kapasitesi	1	0,8
Eşit İletkenlik	1	1
* Kesit Alanı	1	1,6
* Çap	1	1,3
* Ağırlık	1	0,49
Eşit Sıcaklık Artışı	1	1
* Kesit Alanı	1	1,4
* Çap	1	1,17
* Ağırlık	1	0,42

- Alüminyumun oksijene karşı olan yüksek afinitesi nedeni ile, yüzeyde havanın teması sonucu ince fakat yoğun bir oksit tabakası (Al_2O_3) teşekkül eder.
- Oksit tabakası alüminyumı diğer etkilerden korur. Bu tabaka bazılar ve bazı asitlerle tuzlara karşı dirençsizdir.
- Oksit tabakası dirençlendirilebilir. (Eloksal Metodu).
- Elkosalda metal Anot olarak galvanik bir banyoya asılır.
- Elektrik akımı ile anottan oksijen ayrılır. Yüzeyde tabii oksit tabakası oluşturulur.
- Sert ve mikroboşluklu olan bu tabaka elektriğe karşı izolatördür. Bu sebeple iyonları ve yağlama maddelerini iyi tutmaz.
- Alüminyumun üretiminde elektroliz kullanılır. Al_2O_3 elektron olarak metal halinde indirgenir.
- Alüminyum oksidin çok yüksek bir ergime noktasına sahip olması (2000 oC) nedeni ile 1896 yılında Herault tarafından geliştirilen usul büyük önem kazanmıştır.
- Bu usulde yüksek sıcaklıkta eriyen oksit, ilk önce eritilmiş kriyolit içinde çözündürülmektedir.
- İşlem sırasında karışımı sıvı halde tutabilmek için 950 oC civarındaki bir sıcaklık yeterli gelmektedir.
- Yaklaşık 5 V luk bir doğru akım uygulanınca Al_2O_3 parçalanırken kriyolit değişime uğramaz
- Kriyolit bir Na-Al-F bileşiğidir.

- Bu usul karbon astarlı banyo fırınlarında uygulanır.
- Eriyiğin içine Anot olarak karbon bloklar daldırılır.
- Serbest kalan oksijen elektrotlardaki karbonu oksit halinde bağlar.
- Aluminyum banyonun dibinde toplanır ve peryodik olarak dışarıya pompalanır.
- Aluminyum oksit yerine de peryodik olarak yenisi doldurulur
- Enerji harcaması yaklaşık olarak 17 kW/kg dır.
- Aluminyum içeriği %99,8 dir.



Sert Eloksal Kaplama

- Yüzey işlemleri, bir kaplama olmayıp, sadece alüminyumun kendisini oksitleyerek bir tabaka oluşturmaktadır.
- Söz konusu sert tabaka anodik film oluşumu esnasında metal tüketilmesi ile meydana gelir.
- Film kalınlığı 40-80 mikron arası, Alaşımlı Alüminyum üzerinde 800-850 HV elde edilebilmektedir.
- Sertleştirme işlemi ile alüminyum üzerinde oluşacak kalınlıktan dolayı sert eloksalları yapılacak parçalarda, özellikle hassas parçalarda ölçüm toleransı hesabı iyi yapılmalıdır.
- Sert Eloksal; Tekstil, Silah ve Medikal alanlarında tercih edilmektedir.
- Tekstil makineleri yedek parçalarında, kayış aktarma dişlilerinde kullanılan alüminyum bilye yatağı gibi sert yüzey istenilen yerlerde tercih sebebi olmuştur.
- "**Renkli Eloksal**" Anodize edilmiş alüminyum yüzeyi özel renklendirme yöntemiyle istenilen renkte kaplama yapılmasına olanak sağlayan bir anodizing işlemidir.
- Renkli Eloksal yüksek korozyon dayanımına sahip alüminyum parçalar üzerine uygulanabilmekte ve kullanım alanı çok fazla olan bir yüzey sertleştirme işlemidir.
- Renk seçimi olması nedeniyle tercih edilmektedir.
- Alüminyum üzerine uygulanan en iyi renklendirme yöntemi olarak bilinmektedir.



www.huglukaplama.com







www.huglukaplama.com

c) Yarı mamullerin ticarî şekilleri :

Alüminyum ticarî olarak şu şekillerde satışa çıkarılır:

Sac (levha), band, folye, derin çekme sacı, sürekli presleme sacı, tel, dolu profil, sürekli pres profili (ekstrüzyon mamülleri).

d) Saf alüminyumun kullanılma alanları :

Paketleme (ambalaj) malzemesi olarak; mutfak ve ev aletlerinde; depolama ve transport kaplarında; elektrik iletim malzemesi olarak kablolar-
da; akım raylarında; serbest iletkenlerde (sert çekilmiş); kondansatörlerde
ve kablo kılıflarında; elokse edilmiş sac ve profil olarak dekorasyon için
inşaat ve taşıt imalinde; yüksek sıcaklıkta ergiyen metallerde redüksiyon
maddesi olarak; *kaplama malzemesi* olarak alüminyum alaşımlarında; alü-
minyum tozu olarak alüminyum boyalarında ve kaplamalarda kullanılır.

e) Alüminyum alaşımları :

Alaşım elementlerinin ilk görevi *yüksek uzama kabiliyeti* ve *korozyona dayanıklılık* gibi faydalı özellikleri kötü yönde etkilemeden saf alüminyumun *düşük akma sınırını* yükseltmektir. Bu özelliği kazandıran elementler :

Manganez, magnezyum, silisyum, bakır ve çinko olup, düşük miktarlarda bile istenilen amaca ulaştırırlar. Kübik yüzey merkezli alüminyum kristal kafesi yapısına, ancak *çok küçük oranlarda* bu elementlerden alabilir ve *karışım kristali* teşkil edebilir. Yabancı atomlar kristal kafesi içerisinde kaymaya karşı direnci arttırırlar; yani akma sınırını yükseltirler; şekil değiştirme kabiliyeti ise etkilenmez.

Bu elementlerin oranlarının *daha yüksek* olması halinde alüminyum atomlarından ve alaşım elementlerinin çözünmeyen kısımlarından sert, kırıl-
gan kristal çeşitleri oluşur. (metaller arası = intermetalik bileşikler). Böylelikle mukavemet daha da yükselir ancak şekil değiştirme kabiliyeti kaybolur. Bu nedenlerle dövme alaşımları, az alaşım elementi ihtiva ederler (toplam olarak 3 ... 8 %). Alüminyum-Silisyum (Al-Si) alaşımı istisnaî bir durum teşkil eder. 13 % silisyumda bir ötektik noktaya sahip olan bu alaşım en çok tanınan alüminyum döküm alaşımıdır (Silümin).

Alüminyum karışım kristalleri yüksek sıcaklıklarda oda sıcaklığına göre daha fazla element çözündürürler. Bu nedenle soğuma sırasında sekonder ayrışmalar vukua gelir (demir-karbon diyagramındaki sekonder sementitin ayrışmasına benzer). Böylelik'e birçok alüminyum alaşımı *sertleşme kabiliyetine* sahip olur ve alaşımsız çeliklerin sertliğine erişecek hafif inşaat konstrüksiyonlarında kullanılabilirler.

Saf alüminyumun korrozyona karşı olan yüksek *dayanıklığı* daha soğuk olan *bakır* elementi tarafından azaltılır. Bu etkiyi sağlamak için 0.1% Cu bile yeterlidir. Hurdaların *tekrardan* metal halinde *ergitilmesi* sırasında bakır uzaklaştırılmaz. Şayet bu sıvı metalden dökme alaşımları üretiliyorsa 1 % oranında bakır yapıda kalır. Bu dökme alaşımları korrozyona karşı dayanıklı değildir ve tanınmaları için arkalarına (Cu) işareti eklenir. Genellikle alaşımlar yeni metalden (izabik alüminyum: H) üretilir. Bu metallere bakır oranı çok düşüktür.

Bütün alaşımlarda alüminyumun tabii oksit tabakası kuvvetlendirilebilir.

f) Alaşım tiplerine genel bir bakış :

(DIN 1725, Al-Döğme ve dökme alaşımları)

Burada bahsi geçen sadece ana katkı maddeleridir. Alaşımlar ayrı kalıntılar ve ince taneli katılaşmayı veya yorulma mukavemetini arttırmak amacıyla ile bazı elementleri küçük oranlarda ihtiva ederler.

Sertleştirilmeyen döğme veya hadde alaşımları :

Yarı mamüllerin soğuk sertleştirilmesi ile mukavemet yaklaşık olarak $F 100 \text{ N/mm}^2$ 'den $F 310 \text{ N/mm}^2$ 'ye çıkarılabilmektedir. Ancak bu sıradan uzama kabiliyeti büyük ölçüde azalır. Bu sacların ve profillerin kaynak edilmesi sonucu kaynak bölgesinde mukavemet düşüşü ortaya çıkar. Bunların arasında Al Mg Mn alaşımı yarı sert durumda bir ısnisna teşkil eder ve bu sebeple kap (depo) ve taşıt yapımında kullanılır.

Sertleştirilemezler :

Al R Mg 0,5 Al 99,9 Mg 0,5

Al R Mg 1 Al 99,9 Mg 1

Al R Mg 2 Al 99,9 Mg 2

Sertleştirilebilirler :

Al 99,9 Mg Si; Al 99,9 Zn Mg

Yüksek mukavemetler için sertleştirilebilir cins olan iki alaşım kullanılabilir. Ürünlerin mukavemeti soğuk sertleştirmenin miktarına göre $F 70$ ilâ $F 210 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ arasındadır.

Manganez ($F = N/mm^2$) :

Al Mn F 130 ve F 160

1 % Mn ihtiva eden bir çeşittir. 99,9 % Al'ün özelliklerinde ayrıca yüksek mukavemete sahiptir.

Kullanma alanı :

Çatı kaplaması, taşıt ve inşaatlarda kaplama maddesi, yiyecek endüstrisinde kap ve alet yapımında.

Mağnezyum :

Al Mg 1 F 130 ve F 160

Al Mg 2 F 180 ... F 210

Al Mg 3 F 230 ... 250

Al Mg 5 F 270 ... 310

Al Mg Mn F 230 ... 250

Al Mg 4,5 Mn ... 270

Mağnezyum miktarları, 1 ... 5 % arasında olan altı çeşidi mevcuttur. Bunlar meselâ, deniz suyuna karşı yüksek korrozyon dayanıklılığı gösterirler; ayrıca kaynak edilebilir ve anodik olarak oksitlenebilirler.

Kullanma alanı :

Mimaride (Al Mg 1 ve 2), balık işleme makinalarında, tuz endüstrisinde, taşıt yapımında konteyner imalatında, deniz teknelerinin yapımında, teknelerin iskeletlerinde ve yüzme havuzlarında kullanılır.

Mağnezyum-Silisyum :

E-Al Mg Si

E-Al Mg Si 0,5

Al Mg Si 0,5 F 140 ... 240

Al Mg Si 0,8 F 200 ... 270

Al Mg Si 1 F 210 ... 310

Al Mg Si Pb F 200 ... 270

Al Si 5 F 130 ... 220

0,4 ... 1,3 % Mg ve 0,35 ... 14 % Si ihtiva eden yedi çeşidi mevcuttur. Kurşunlu otomat tipi 1 ... 3 % Pb + Sn + Cd + Bi + Sb ihtiva eder.

Kullanma alanı :

Ana alaşım Al Mg Si 1 dir. İyi kaynak edilebilir. Deniz suyuna dayanıklıdır. Soğuk sertleştirilmiş durumda, kısmen soğuk şekil değiştirebilir. Bu nedenle universal bir kullanma alanına sahiptir. Her türlü amaç için kullanılan basamak saçları, vagon saçları (duvarları için) ve kapıları, gemi inşasında kullanılır. E-Al Mg Si alaşımları serbest iletkenlerde, iletken malzemesi olarak kullanılır. (Aldrey kabloları).

Al Si 5, dekoratif ve gri tonda anodik olarak oksitlenebilen bir alaşımdır. Mimaride kullanılır.

Bakır-Mağnezyum :

Al Cu Mg 0,5 F 270

Al Cu Mg 1 F 370-390

2 ... 6 % Cu ve 0,2 ... 1,8 % Mg li 5 çeşidi vardır. Soğuk sertleşebilen, yüksek mukavemetli alaşımlardır. De-

Al Cu Mg 2 F 380-470

niz suyuna dayanıklı değildirler. Bu nedenle saf alüminyum ile kaplanmış (Al Cu Mg 1 ile) olarak satılırlar. Al Cu Mg 0,5 sertleşmiş durumda soğuk dövülerek perçinlemeye uygundur.

Çinko-Mağnezyum :

Al Zn Mg 1 F 310 ... 350

Kullanma alanı :

Taşıt ve makina yapımında kullanılır. Ancak Al Mg Si 1 yeterli değilse ve düşük korrozyon dayanıklılığı bir problem yaratmıyorsa. Meselâ dişli çarklar, delme altlıkları, pres parçaları, uçak sacları.

4 ... 5 % Zn ve 1 ... 1,4 % Mg'li bir çeşittir. Sıcak sertleştirilebilen, yüksek mukavemetli, kaynak edilebilir bir alaşımdır. Korrozyona dayanıklılığı yüksektir ve kaynak edildikten sonra kendiliğinden yaklaşık, F 290'a sertleşir.

Kullanma alanı :

Kaynak konstrüksiyonları (taşıt imalinde, transport tekniğinde ve köprü yapımındaki)

Çinko-Mağnezyum-Bakır :

4 ... 6 % Zn, 2,1 ... 3,6 % Mg ve 0,5 ... 2 % Cu'lu iki çeşidi vardır. En yüksek mukavemete sahip olan, sıcak sertleşebilen, korrozyona dayanıklılığı düşük bir tiptir.

Kullanma alanı :

Al Cu Mg alaşımlarına benzer.

Dökme alaşımları :

Standardlaşmış çeşitler üç gruba ayrılmıştır (Tablo G/2). Her çeşit için num dökümü veya kokil döküm, bazılarında ise basınçlı dökümün seçim

Tablo G/2. — Alüminyum-Dökme alaşımları, özelliklerin karşılaştırılması.

Kısa işaret	Şekil verme usulü			Yüzey işlemi		Dayanıklık gösterdiği şartlar		Ayrışma sertleşme usulü	Özellikleri, Kullanma Alanı	
	Dökme	Talaş kaldırma	Kaynak etme	Parlatma	Anodik Oksidasyon	İklim	Deniz suyu			
Genel kullanma alanı										
G-Al Si 12	S, K, D	1	3	1	4	—	2	3	—	karmaşık şekilli, ince cidarlı, basınca dayanıklı dökme parçaları.
G-Al Si 10 Mg	S, K, D	1	3	1	3	—	2	3	sı	yukarki gibi, daha yüksek mukavemette, direksiyon kutusu
G-Al Si 8 Cu 3	S, K, D	1	2	2	3	—	4	—	—	yukarki gibi, ısıya dayanıklı
G-Al Si 6 Cu 4	S, K, D	2	2	3	3	—	4	—	—	ısıya dayanıklı, silindir kafaları

Ozel Kullanma Alanı, korrozyona dayanıklı dökme parçaları veya yüzey işlemi görmüş dökme parçaları.

G-Al Si 5 Mg	S,K	3	2	3	2	4	2	3	si, so	
G-Al Mg 3	S,K	4	1	4	1	2	1	1	—	dekoratif yüzeyli dökme parçaları
G-Al Mg 3 Si	S,K	3	1	4	1	2	1	1	si	yukarki gibi, daha iyi dökülür, ısıya dayanıklı
G-Al Mg 5	S,K	4	1	3	1	1	1	1	—	
G-Al Mg 5 Si	S,K	3	1	3	1	2	1	1	—	yiyecek ve kimya endüstrisinde yangın söndürme aletleri ve karışık dökme parçalar
GD-Al Mg 9	D	3	1	—	1	4	1	1	—	optik büro ve ev a'etleri
G-Al Mg 10 ho	S	4	1	4	1	1	1	1	—	gemi yapımında kullanılan koruyucu kaplama

Yüksek mukavemet özellikleri

G-Al Si 9 Mg	S,K	1	2	1	3	—	2	3	si	karmaşık şekilli, ince cidarlı, sünek yüksek mukavemetli dökme parçalar, uçak yapımı, orta cidar kalınlıkları
G-Al Si 7 Mg	S,K	2	2	1	3	—	2	3	si	silindir blokları
G-Al Cu 4 Ti	S,K	4	1	4	2	—	4	—	si, so	en yüksek mukavemet ve süneklige sahip basit dökme parçalar
G-Al Cu 4 Ti Mg	S,K	4	1	4	2	—	4	—	si, so	

İşaretlerin Anlamı: 1: mükemmel; 2: çok iyi; 3: iyi; 4: yeterli, şartlı; —: kullanılmaz (uygulanmaz) S: kum dökümü; K: kokil içerisine döküm; D: Basınçlı döküm; SI: sıcak sertleştirme; SO :soğuk sertleştirme

imkânı vardır. Bazı çeşitleri tavllanmış ve su verilmiş şekilde üretilirler veya tekrar ergitilmiş a'aşım iseler, bakır miktarları yüksektir (bunlar Cu işareti ile gösterilir) Bakırlı olanların korrozyon dayanıklılığı düşüktür.

Örnek :

Kısa işareti	Dökme Usulü Ticarî şekli	σ_{2B}	$\sigma_{0.2}$	δ_5
		(N/mm)		(%)
G-Al Si 12 (Cu) G-Al Si 12 g	Kum dökümü, döküm halinde, tavllanmış, su verilmiş	160...210	55...65 85...100	5...10 6...12
GK-Al Si 12 (Cu) GK-Al Si 12 g	Kokil dökümü, döküm halinde, tavllanmış, su verilmiş	180...230	70...80 90...100	6...12 6...12
GD-Al Si 12 (Cu)	Basınçlı döküm, döküm halinde	220...270	60...70	1...3

Formül işaretlerinin anlamı :

σ_{2B} : Çekme mukavemeti

$\sigma_{0.2}$: Sürekli eğme mukavemeti ($50 \cdot 10^6$ yük değişiminde)

δ_5 : Kopma uzaması

g) Alüminyum alaşımlarının ayrışma sertleşmesi :

Ayrışma sertleştirilmesi olayı 1906 yılında A. Wilm tarafından Al Cu Mg alaşımları üzerinde keşfedilmiştir. Sonraları diğer araştırmacılar tarafından başka alaşımlarda da keşfedilmiştir.

Ayrışma sertleşmesi atomların oda sıcaklığında (*soğukta ayrışma sertleştirilmesi*) veya çok uzun sürüyor ise, 120 ... 180°C civarında olan daha yüksek sıcaklıkta (*sıcakta ayrışma sertleşmesi*) kristal kafesi içerisinde dolaşması (diffüzyon olayı) sonucu meydana gelir. Bu diffüzyon olayı kristal içerisinde ancak ön işlemlerle bir zorunlu durum yaratılırsa ortaya çıkar.

Isıl işlem :

Ayrışma sertleşmesi ısıl işleminin tamamı üç kademeden meydana gelir.

1. Çözeltiye alma tavlaması :

Yavaş soğuma sonunda alaşım meydana getiren bileşenler, karışım kristalleri ve kaba şekilli sekonder ayrışma maddeleridir. Çözeltiye alma tavlaması sonucunda karışım kristallerinin çözündürme kabiliyeti yükselir ve ayrılmış olan maddeleri tekrar yapısına alır. Tavlama süreleri döğme alaşımları için 30 dakikaya kadar dökme alaşımları için ise 3 ... 6 saate kadar olan süreleridir.

ALÜMİNYUM VE ALAŞIMLARDA ISIL İŞLEMLER

Isıl İşlem Esası

- Alüminyum ile ısıtıl işlem neticesinde sertleşen alüminyum alaşımları arasında şu fark vardır.
- Alüminyum tavlandıktan sonra mukavemetini bir miktar kaybeder ve yalnız soğuk şekil değiştirme neticesinde sertleşir.
- Sertleşen alüminyum alaşımları, belirli sıcaklıklarda belli zaman bekletilerek mukavemeti ve sertliği yükseltilebilir.
- Bu bekletmeye **yaşlandırma** ve bu olaya da **ayrışma sertleşmesi** denir.
- Yaşlandırma belirli sıcaklıkta yapılırsa **sunî yaşlandırma** oda sıcaklığında yapılırsa **tabii yaşlandırma** adını alır.
- Bir alüminyum alaşımının ısıtıl işlemle sertleştirilmesi 4 kademedir:
 - 1)Önceden tayin edilen bir sıcaklığa kadar ısıtma.
 - 2)Belirlenen bir sürede bu sıcaklıkta bekletme.
 - 3)Düşük bir sıcaklığa hızla su verme.
 - 4)Su vermeye takiben, yaşlandırma veya çökelme sertleşmesi.

2. Su verme :

Su içerisinde yapılan hızlı soğutma sonucu sekonder ayrışma vuku bulmaz ve karışım kristalleri oda sıcaklığında *aşırı doymuş* halde bulunurlar. Alaşımın mukavemeti yükselmemiştir. Alaşım 1 ... 2 saat içerisinde soğuk şekil değiştirebilir.

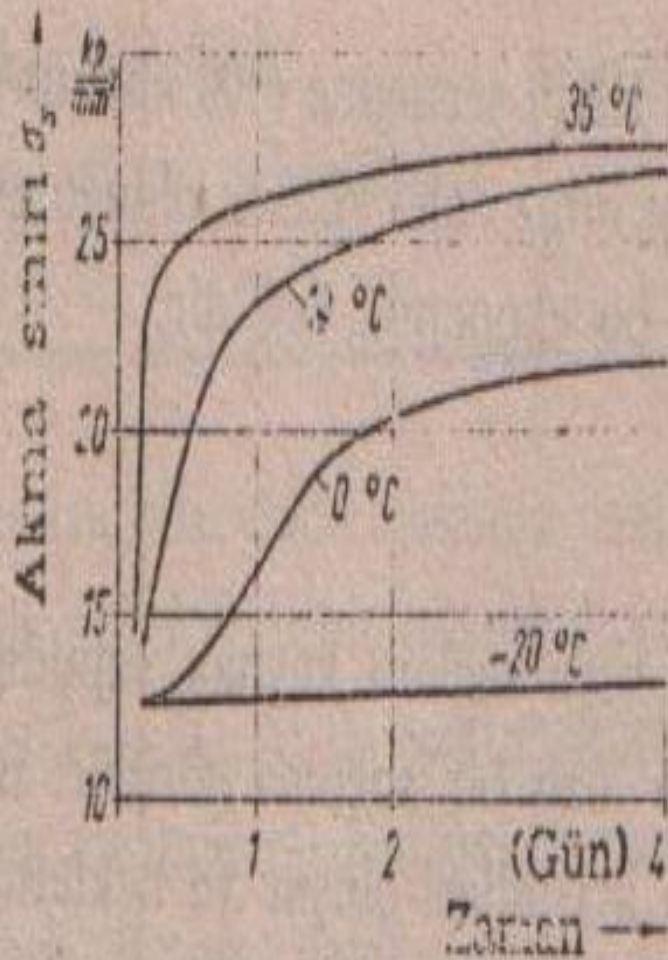
3. Ayrışma :

Parça oda sıcaklığında (soğukta ayrışma) veya daha yüksek bir sıcaklıkta (sıcakta ayrışma) bekletilir. Aşırı doymuş karışım kristalleri bu sırada normal durumlarına (oda sıcaklığında doymuş hale) gelmeye çalışırlar. Bu nedenle yapıda fazla olarak bulunan alaşım elementleri ayrışırlar ve tane sınırlarına itilirler. Düşük sıcaklık nedeni ile diffüzyon olayı zorlaşır.

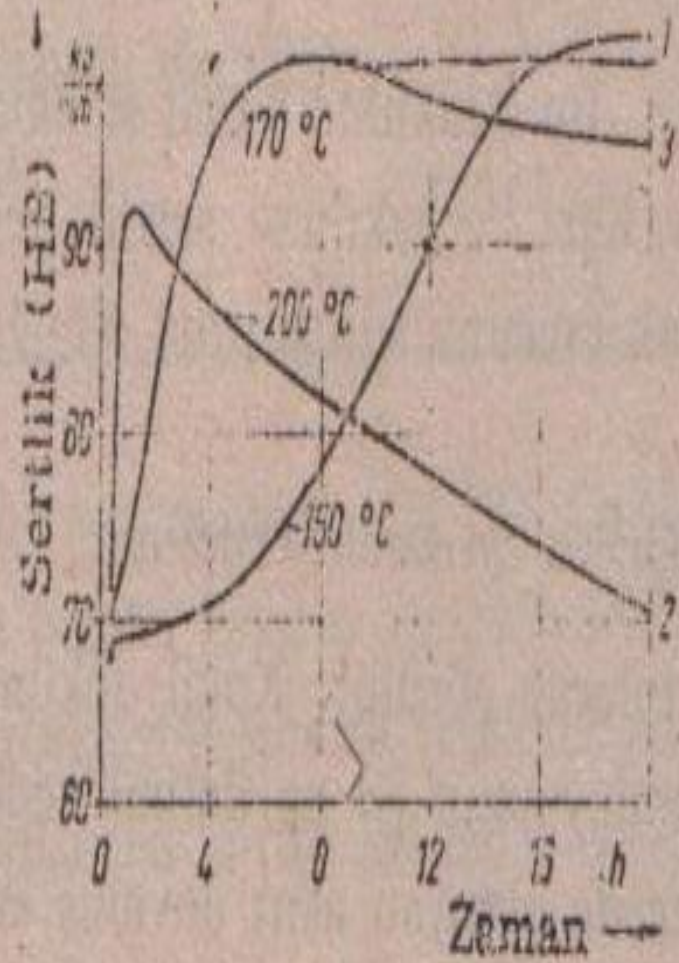
Soğukta ayrışma :

Karışım kristali içerisinde alaşım elementlerinin biriktiği bölgeler meydana gelir. Bu bölgeler mikroskopta görülemez. İkinci bir kristal çeşidi oluş-

madığından, korrozyona karşı dayanıklılık, yumuşak durumdakinden daha iyidir. Şekil G/2de ayrışma sırasında akma sınırının yükselmesi görülmektedir.



Şekil. G/2. Eir Al Cu Mg alaşımasının ayrışma sertleşmesi. Değişik sıcaklık dardaki ayrışma sonucu akma sınırının yükselmesi.



Şekil. G/3. Alüminyum dökme alaşımı G - Al Si 10 Mg'nin ayrışma sertleşmesi. Çeşitli sıcaklıklarda yapılan sıcakta ayrışma.

Düşük sıcaklıklar nedeni ile ayrışma sertleşmesi önceleri engellenir. Uygulama alanı, yumuşak halde olan parçalar için perçin konstrüksiyonlarıdır. Çözeltiye alma tavlama ve su verme işleminden sonra, oda sıcaklığına bağlı olarak kısa süre içerisinde döğülmeleri gerekir; aksi taktirde, ayrışma sertleşmesi tam olarak meydana geleceğinden, kafaya çatlamadan şekil verilmesi imkânsız hale gelir. Şekil G/2'de, ilişkiler görülmektedir. Yaklaşık 20°C'deki soğuk kaplarda bekletme ile su verilmiş perçinleri daha uzun süre özellikleri fazla değişmeden tutmak mümkündür.

Sıcakta ayrışma :

Sekonder ayrışma sonucu *sub mikroskopik* parçacıklar meydana gelir. Aşırı yüksek olan ayrışma sıcaklığında bu parçalar büyürler ve görünür hale gelirler. Ancak bu durumda karışım kristali içerisinde kayma olayını önleyecek engeller kalmaz. Önceleri yükselmiş olan akma sınırı tekrar düşer (Şekil G/3). Her malzeme için en iyi değerlere ulaşılan belirli bir ayrışma sıcaklığı ve süresi vardır.

Örnek :

Çeşitli sıcaklıklardaki sıcakta ayrışma (Şekil G/3).

Eğri 1 : Sıcakta çok düşüktür. 20 saat sonra en iyi değerlere varılamamıştır.

Eğri 2 : Sıcaklık aşırı yüksektir. Sertlik 1 saat içerisinde en yüksek değerine ulaşmıştır. Ancak doğru ayrışma sıcaklığını gösteren eğri 3'deki değere varamamıştır.

Eğri 3 : Bu sıcaklıkta 8 saat sonunda 100 HB10 sertliğine (100 kp/mm²) erişilmiştir. Eğri 1'e bakılırsa, sertlik değerinin biraz daha yüksek olduğu görülür. Ancak tavlama süresi uzun olduğu için bu ekonomik değildir.

Kendiliğinden ayrıışarak sertleşme :

Bazı tiplerde görülür. Kokil dökümünde veya saclara kaynak yapıldığı zaman alüminyumun iyi ısı iletimi nedeni ile hızlı bir soğuma görülür. Bu sırada dengede olmıyan aşırı doymuş karışım kristalleri oluşur ve bekletme sırasında sertleşir. Bu amaçla geliştirilen bir alaşım Al Zn Mg 1 dir. Ayrıışma sertleştirmesinden sonra bu alaşım kaynak edilebilir. İlk önce kaynak bölgesinin yapısı yumuşatılır; ancak 1 ... 3 haftalık süre içerisinde kendiliğinden tekrar sertleşir.

Bu sebeplerden dolayı dökme alaşımlarında mukavemet deneyleri ayrıışma sertleşmesinin sona ermesi beklenerek, 8 gün kadar sonra yapılır.

ENDUTHERM®
Endüstriyel Fırınlar

EDT-340 KDB Alüminyum Bekletme Fırınlar



Model	Pota	Kapasite Kg	Güç Kw	T max °C
EDT - 341 KDB	A-400	130 Kg	18 Kw	850 °C
EDT - 342 KDB	BU-200	200 Kg	20 Kw	850 °C
EDT - 343 KDB	BU-300	300 Kg	30 Kw	850 °C
EDT - 344 KDB	BU-350	350 Kg	35 Kw	850 °C
EDT - 345 KDB	BU-500	500 Kg	50 Kw	850 °C

4. BAKIR (DIN 1708)

a) Özellikleri :

Çekme mukavemeti σ_{11}	:	20 ... 25 kp/mm ²
Akma sınırı σ_s	:	4 ... 8 kp/mm ²
Sertlik HB10	:	45 kp/mm ²
Elastiklik Modülü E	:	12500 kp/mm ²
Çentik darbe sünekliği α_k	:	Soğukta sünek
Kopma uzaması δ_5	:	45 %
Büzülme ψ	:	75 %
Ergime sıcaklığı	:	1083°C
Döğme sıcaklığı	:	950 ... 800°C
Yeniden kristalleşme sıcaklığı	:	400 ... 100°C (Şekil değiştirme miktarına göre değişir)
Yoğunluk ρ	:	8,95 kg/dm ³
Kristal çeşidi	:	Kübik Yüzey Merkezli

Faydalı özellikler

Yüksek ısı ve elektrik iletkenliği;
Su, buhar ve iklime karşı dayanıklılık;
Yüksek soğuk şekil, değiştirme kabiliyeti;
Soğukta süneklik;
İyi kaynak ve lehimleme kabiliyeti;

Kötü özellikler

Yapısına hidrojen girdiği için döküm kabiliyeti kötüdür;
Talaş kaldırma işlemine gelmez;
Kükürt ve oksitleyici asitlere (HNO₃) karşı dayanıklı değildir.

Ergitme :

Saf bakır kademeli olarak oluşur. Kalsine ilk önce yüksek fırında ve reverber fırınında *mat* ve cüruf halinde ergitilir. Mat 40 % Cu, 30 % Fe, 30 % S ihtiva eder ve sıvı halde konvertöre doldurulur. (Ham demirin karıştırıldığı konvertöre benzer) Burada mat Bessemer metoduna göre hava üflenerek *Blister* bakırı haline getirilir. İşlem sırasında kükürt SO_2 şeklinde yanarak gaz halinde uzaklaşır; demir ise oksitlenir ve ilâve edilen silis(SiO_2) içerisinde demir silikat halinde cürufa geçer. Blister bakır ağırlığı nedeni ile dibe çöker; ve yaklaşık olarak 96 ... 98 % Cu ihtiva eder. Cevherin çıkarılmış olduğu bölgeye bağlı olarak blister bakırında ayrıca metal olmıyan kalıntılar : kükürt, selenyum, arsenik ve metal kalıntıları : bizmut, antimuan, kurşun kısmen de nikel, gümüş ve altın bulunur. Bu kalıntılar *Rafinasyon* işlemi ile temizlenir.

Rafinasyon

Ateşte rafinasyon :

SM-Fırınlardaki çelik üretimine benzer. Hava üflenerek rafinasyon yapılır. Burada da önce bakır oksit (Cu_2O) oluşur; banyoda çözünür ve temizlenmesi istenen maddeleri oksitler. Geriye kalan oksijenin bakıra gevrek bir yapı verdiğinden uzaklaştırılması gerekir. Bu işlem, taze kavak kütükleri daldırılarak yapılır ve «kavaklama» ismini alır. Tahta kütüğünün içerisinden çıkan gazlar ilk önce blister bakırda oluşan sülfürdioksiti temizler. Daha sonra ise, artta kalan bakırdioksidi redükler. *Rafine bakırda* halen 0,015 ... 0,04 % oksijen vardır.

Oksijen Cu_2O şeklinde kimyasal olarak bağlanmış halde bulunur. Bu bileşik bakır ile bir ötektik teşkil eder. Oksijen ihtiva eden bakır bu nedenle

bakır kristallerinin, ötekiğin ince ve sürekli ağı içerisinde yer aldığı bir iç yapıya sahiptir. Sıcak şekil değiştirme ile bu yapı ince tanecikler halinde dağıtılır. Yukarıda sözü geçen miktarlar içerisinde oksijenin, bakırın özelliklerine ve iletkenliğine büyük bir etkisi yoktur; ancak bakırın *hidrojen hastalığına* yakalanmasının başlıca nedenidir.

Bakırın elektrik iletkenliği özellikle *fosfor, arsenik ve alüminyum* elementleri tarafından düşürülür. Bu elementlerin hepsi bakır içerisinde çözünürler ve karışım kristalleri teşkil ederler. 0,1 % fosfor iletkenliği 58 den 30'a indirmeye yeterli gelir; yani yarıya düşürür.

İletken olarak kullanılacak bakır, bu nedenlerle elektrolitik olarak rafine edilir. Böylece kıymetli kalıntı maddeleri de, meselâ soy metaller veya selenyum, yan ürün olarak kazanılabilir.

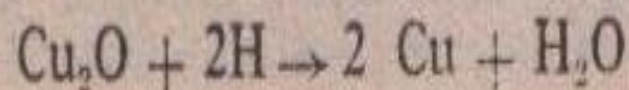
Elektroliz :

Bu işlem için önceden rafine edilmiş 99 % Cu ihtiva eden bakır, *anot plakası* halinde, bakırsülfat ve sülfürik asitten meydana gelen sulu bir çözelti içerisine daldırılır. 0,2 ... 0,35 Voltluk bir doğru akım altında, katotta yalnız bakır ayrışır; diğer elementler ise, çözeltiye geçer veya çamur halinde çöker.

Bu *anot çamuru* selenyum, gümüş, altın, platin ve diğer platin metallerini ihtiva eder. Karışık kimyasal usullerle bu metaller ayrılır. Teşekkül eden katot veya elektrolitik bakır 99,98% bakır ihtiva eder ve en yüksek elektrik iletkenliği ile uzama kabiliyetine sahiptir. Ayrıca yüksek bakır ihtiva eden alaşımların ve iletken bronzların üretimi için başlangıç maddesi olarak kullanılır.

Hidrojen hastalığı :

Isıtılmış (tavlanmış) bakır, hidrojen ihtiva eden gazlarla temas ederse (meselâ lehimlemede, kaynakta veya tavlama sırasında), hidrojen atomları bakırın içerisine girer ve bakır oksiti redükler. Bu sırada aşağıdaki formülle göre :



su buharı teşekkül eder. Su buharı, moleküllerinin büyüklüğü nedeni ile diffüzyon hareketi yapamaz ve yaptığı basınç sonucu, yapının çatlamasına neden olur. Bunun için bakır da hafif oksitleyici bir alevle (oksijen fazlası olan alev) çalışılması gerekir. Daha emniyetli bir çalışma ise, oksijensiz bakır ile yapılır. Öne koyulan bir S harfi ile, (meselâ SF-Cu, en az 99,9% Cu ihtiva eden oksijensiz bakır, DIN 1708) bu özellik gösterilir.

c) Saf bakırın kullanma alanı ve ticarî şekli :

Bakır ürününün yaklaşık olarak %50'si elektrik işlerinde kullanılır. Bakır, ayrıca pirinç, bronz, yeni gümüş, kızıl döküm ve sert lehim imalinde ana maddedir. Isı değiştiriciler, salmastralar, çatı kaplaması için saclar ve inşaatlarda yağmur suyu oluklarının yapımında malzeme olarak bakır kullanılır.

Bakır ticarî olarak : saclar, bandlar, borular, çubuklar, teller ve sürekli pres profilleri (DIN 17670 ... 74) şeklinde piyasaya sürülür.

d) Bakır alaşımları, genel olarak

Alaşımların elementlerinin etkisi :

Özellik değişimi :

Bakırın çok sayıdaki alaşımlar, geniş bir alana yayılmış özelliklere sahip oldukları için, elektroteknik ve makina yapımı alanında büyük ölçülerde kullanılır. Bütün alaşımların elementleri bakırın kötü olan *dökülme özelliğini* düzeltir (hidrojen alma isteği nedeni ile sınırlıdır), *akma sınırını* yükseltir ve kısmen belirli kimyasal maddelerin korrozyon etkisine karşı dayanıklılığı artırır.

En eski alaşım bir bakır-kalay alaşımı olan *bronzdur*. Tabiatta tesadüfen kalay ihtiva eden bakır cevherlerinin bulunması, bronzun ilk çağlardan beri tanınmasının başlıca nedenidir.

Pirinç de çok tanınan ve çok kullanılan bir bakır-çinko alaşımıdır. Kalay ve çinko arasındaki fiyat oranı yaklaşık 10:1 olduğundan pirinç daha ucuzdur :

Bronz ve pirinçlerden başka elementlerin de ilâvesi ile çok maddeli ve özel bronzlar, ayrıca özel pirinçler elde edilmiştir. Alaşımların mukavemeti alaşımsız çeliklerinkine eşittir. Uzama kabiliyeti ve korrozyona karşı dayanıklılığı ise, daha yüksektir. Dökme alaşımlarının söz konusu olduğu durumlarda döküm işlemi dökme çeliğe göre daha kolaydır.

Yapı değişimi :

Bakırın kübik yüzey merkezli kristal kafesi, nkel istisna olmak üzere, diğer atomları sınırlı miktarlarda zndrerek karışım kristalleri teşkil edebilir. zndrme oranları yaklaşık olarak 10 ... 37% arasındadır. Böylelikle daha yüksek akma sınırı ve kısmen daha iyi uzama kabiliyetine sahip malzemeler meydana gelir. Bu elementler, bakırın zndrebileceği miktardan daha fazla miktarda alaşımlandırılırsa, değişimler ncefikle kristal kafesinde ortaya çıkar (inko hekzagonal, kalay tetragonaldır, alüminyumun ise kafes parametresini daha büyütür). Karmaşık kristal kafeslerine sahip olan ikinci ve üçüncü kristal eşilteeri ortaya çıkar. Bunlar malzemenin sertliğini ykseletirler; ancak şekil değişirme kabiliyetlerini de azalttıkları için bu gevrek kristal eşitleri çok az miktarlarda iç yapıda bulunmalıdır. Aksi takdirde oluşan alaşımlara ne talaş kaldırma işlemi ne de talaşsız bir işlemle şekil vermek mümkün değildir.

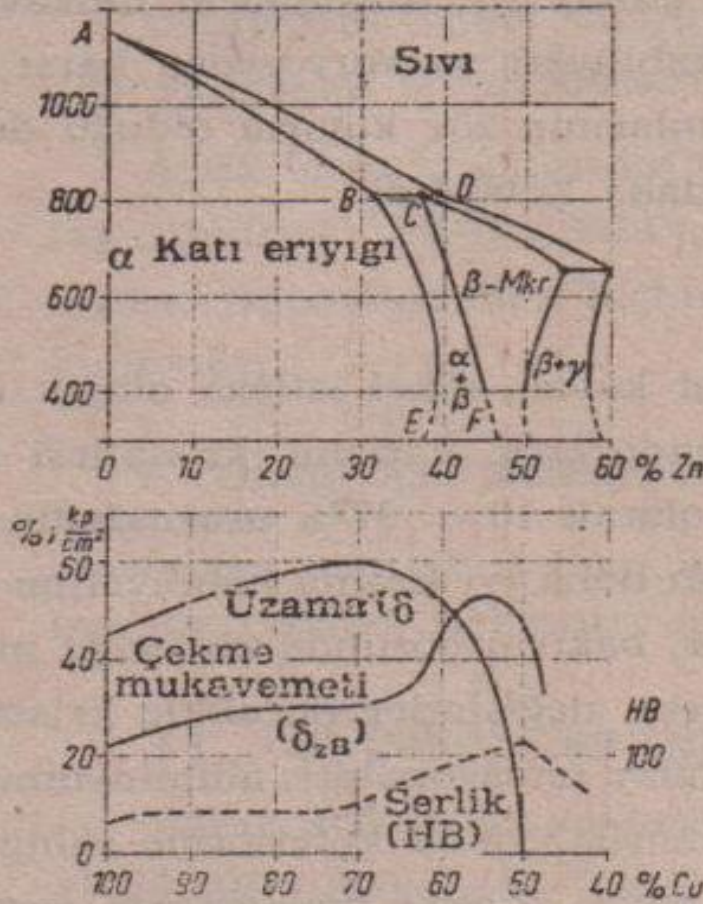
Burada rnek olarak bakır-çinko alaşımı ele alınmıştır. Bakır-kalay ve bakır-alüminyum da benzer denge diyagramlarına ve katılaşma şekillerine sahiptir.

Denge diyagramı :

Şekil G/4, bakır-çinko denge diyagramının teknik bakımdan önemli olan kesimini göstermektedir. Oda sıcaklığında bakır yaklaşık olarak 37% ye kadar çinko çözündürebilir. Bu kübik yüzey merkezli karışım kristalleri α -pirinci olarak adlandırılır. Soğuk şekil değiştirme kabiliyeti çok iyidir. Uzama kabiliyeti ise, çinko oranı arttıkça (Şekil G/4, Eğri δ) daha da yükselir. Mukavemete yaklaşık olarak 30% Zn ya kadar yavaş yavaş artar. 30% Zn'dan daha fazlasını ihtiva eden alaşımlar küçük bir miktar β -pirinç de ihtiva ederler. β -Pirinci BC solidus eğrisi üzerinde teşekkül etmeye başlar ve soğuma sırasında denge diyagramındaki BE eğrisini kesince α -pirincine dönüşür; ancak düşük sıcaklık nedeni ile dönüşüm tam olarak neticelenmediği için Cu Zn 37'de pratik olarak az bir miktar β -kristalleri mevcuttur.

β -Kristalleri kübik hacim

merkezli olup, sert ve kırılğandırılar; ancak 600 ... 700°C da iyi sıcak şekil değiştirebilirler. Yapıda β -kristalleri bulunduğu sürece uzama kabiliyeti azalır; mukavemet ve sertlik ise kuvvetli olarak artar (Şekil G/4). Meselâ, 47 ... 50% Zn'lu pirinçler hemen hemen sadece β -kristalleri ihtiva ettiklerinden, en yüksek sertliğe sahiptir; fakat bunların uzama kabiliyeti yaklaşık sıfır olduğu için, teknik bakımdan bir öneme sahip değildirler (Şekil G/4). Cu-Al ve Cu-Sn sistemlerinde bu durum alaşım elementlerinin çok küçük miktarlarında başlar.



Şekil. G/4. Bakır - Çinko denge diyagramı ve mekanik özelliklerin çinko miktarının artması ile beraber gösterdiği değişimler.

Standartlaştırma :

Bakır malzemelerin bileşimleri, mukavemet özellikleri ve ticari şartları Tablo G/3'de verilmiş olan standart yapraklarında belirtilmiştir.

Bakır - Çinko Alaşımları (Firinçler ve özel pirinçler) :

Çinko fiyatının düşük olması nedeni ile bu alaşımlar, geniş bir kullanma alanına sahiptirler. Çok yönlü konstrüksiyon ve işleme problemleri için standardlaştırılmış 32 dögme alaşımı ve 10 dökme alaşımı mevcuttur.

Dögme bakır alaşımlarından yapılan ürünler

Saclar, bandlar	Mukavemet	DIN 17670
Borular	özellikleri sahife	DIN 17671
Çubuklar ve teller	(yaprak) 1'de	DIN 17672
Kalıpla dögme parçaları	Ticarî şartlar	DIN 17673
Sürekli pres profilleri	sahife (yaprak)2'de	DIN 17674

Cu Zn 37

Cu Zn 36

Cu Zn 36 Pb 1

Basınçlı

pirinç

Ms 63

Çekme, basma yığma, haddeme ve ezme yolu ile yapılan soğuk şekil verme işlemlerinin ana alaşımıdır. Bu işlem esnasında kuvvetli bir soğuk sertleşme meydana gelir ve alaşımın sertliği F 290 dan F 610'a yükselir (Yay sertliğindeki saclar) Talaş kaldırma işlemine daha iyi uyması gereken parçalar için Pb ihtiva eden çeşit kullanılır.

Çinko miktarı az olan çeşitlerin derin çekme kabiliyeti daha iyidir (Cu Zn 28). Bunların renkleri bakırın kırmızısına yakındır.

Cu Zn 40 Pb 3		Otomat	Talaş kaldırma yolu ile devam edilen
Cu Zn 39 Pb 2	}	pirinci	işlemler için ana alaşımdır. Düşük
Cu Zn 39 Pb 3		Ms 58	çinko miktarları için perçinleme, ke-
			netleme ve eğme yolu ile soğuk şekil
			verme mümkündür.

Daha yüksek çinko miktarlarında (40%) yapı daha fazla β -kristalleri ihtiva ettiği için sıcak şekil değiştirmeye daha iyi uyar. Bunların kullanma alanı daha çok şekil değiştirmeye ihtiyaç göstermeyen ince çidarlı kalıpla döğme parçaları ve sürekli pres (ekstrüzyon) profilleridir. Meselâ, *Cu Zn 44 Pb 2* (Ms 65) İlâveli bakır-çinko alaşımları (özel pirinçler), alüminyum, nikel, manganez, silisyum, demir ve kalay elementlerini genellikle birkaçı bir arada olmak üzere küçük miktarlarda ihtiva ederler. Bu elementler β -kristalinin kaba iç yapısını inceltirler; ayrıca karışım kristalinin mukavemetini arttıırırlar. Böylece mukavemetleri 600 ... 700 N/mm² uzama kabiliyeti ise, 10 ... 15% (iyi) olan alaşımlar oluşur. Bunlar kısmen deniz suyuna dayanıklıdır. (*Cu Zn 35 Ni*) veya iyi kayma özelliklerine sahiptir (*Cu Zn Al 2*); ancak alüminyum miktarının artması ile lehimlenme kabiliyeti kaybolur.

Dökme alaşımları (DIN 1709) :

G-Cu Zn 15

G-Cu Zn 33 Pb (G-Ms 65)

GK-Cu Zn 37 Pb (GK-Ms 60)

Dökme pirinçlerin, dökümden sonra talaş kaldırma yolu ile işlenmeleri gerekir. Bu nedenle heterojen bir ($\alpha + \beta$) yapısına sahiptirler ve 55 ... 85% bakır ile bir miktar kurşun ihtiva ederler.

Deniz suyuna dayanıklılığı nedeni ile birinci alaşım gemi inşaatında kullanılır; lehimlenebilen bir alaşımdır. Bu alaşım, ikinci alaşım gibi, düşük mukavemette (180 N/mm^2) yüksek uzama kabiliyetine sahiptir. Çinko miktarının artması ile beraber korrozyona karşı dayanıklılık da azalır; ancak kullanılan sulara karşı dayanıklıdırlar (gaz ve su armatürleri için kutular). Daha büyük talaş kaldırma işlemleri için düşük uzama kabiliyeti (4%) nedeni ile G-Cu Zn 37 Pb daha uygundur.

İlâveli dökme alaşımları (özel dökme piriçler), özel piriçlerin ihtiva ettiğı alaşım elementlerinin aynilerini ihtiva eder; ancak mukavemetleri 300 ... 750 N/mm², uzama kabiliyetleri ise 25 ... 8% civarındadır. Alüminyum bakımından zengin olanlarının uygun kayma özellikleri vardır ve küçük kayma hızları için çok yüksek miktarlarda yüklenebilirler.

GK-Cu Zn 38 Al

G-Cu Zn 40 Fe (G-SoMs F 30)

GK-Cu Zn 37 Al 1

G-Cu Zn 35 Al 1 (G-So Ms F 45)

G-Cu Zn 34 Al 2 (G-SoMs F 60)

G-Cu Zn 25 Al 5 (G-So Ms F 75)

G-Cu Zn 15 Si 4

En son alaşım yüksek dayanıklık istenen, ince cidarlı, deniz suyuna ve korozyona dayanıklı karışık konstrüksiyon parçaları için kum kokil ve basınçlı döküm yolu ile üretilir.

Bahsi geçen kum dökümü alaşımlar, savurma (santrifüj) döküm (GZ) ile de dökülebilir.

Bakır - Kalay alaşımları (Bronzlar) :

Bronzların korrozyona karşı dayanıklılığı, aşınma mukavemetleri ve kayma özellikleri pirinçlerden daha iyidir; fakat bunların yanında fiyatı da pirinçten daha yüksektir.

Kalay miktarının 9%'a kadar olduğu durumda alaşım, karışım kristallerinden (KYM) meydana gelir. Bu karışım kristallerinin soğuk şekil değiştirme kabiliyeti ve soğuk sertleşmeye eğilimi çok yüksektir. *Döğme bronzları* olarak adlandırılan bu alaşımlar sac, band, bõru, çubuk ve tel halinde satılırlar. Kalay miktarının daha yükselerek 20% ye yaklaşması halinde sertliği yükselten yeni kristal çeşitleri ortaya çıkar ve artık plastik şekil değiştirme imkânı kalmaz (dökme bronzlar).

Üretim sırasında zararlı kalay oksitlerin uzaklaştırılması gayesi ile bronzlar dezokside edilir. Bu amaç için fosfor kullanıldığı için *fosfor bronzu* ismi doğmuştur. Uzaklaştırılamayan küçük miktarlar aşınma mukavemeti ve soğuk sertleşme kabiliyeti üzerinde olumlu tesirler yaparlar (uzama kabiliyeti azalmaz)

Döğme alaşımları (DIN 17662):

Cu Sn 2 (Sn Bz 2)

Cu Sn 6 (Sn Bz 6)

Cu Sn 8 (Sn Bz 8)

Cu Sn 6 Zn (Sn Zn Bz 6)

2 mm kalınlığa kadar olan soğuk
delennmiş sac ve bandların çekme
kavemetleri F 250 ... F 750 civarındır.

Kullanma alanı:

Elek telleri, elek sacları, vidalar,
değiştiricilerde kullanılan borular,
tak kovanları, her türlü yaylar, mem
hortumlar, membranlar.

Dökme alaşımları (DIN 1705) :

G-Cu Sn 12 (G-Sn Bz 12)
G-Cu Sn 12 Ni
G-Cu Sn 12 Pb
G-Cu Sn 10 (G-Sn Bz 10)

G-Cu Sn 10 Zn (Rg 10)
G-Cu Sn 7 Zn (Rg 7)
G-Cu Sn 5 Zn Pb (Rg 5)

G-Cu Sn 2 Zn Pb.

G-Cu Sn 6 Zn Ni

Dokuz çeşitte standardlaştırılmış Kalay miktarı ile beraber sertlik aşınma mukavemeti de artar. Yüksek dayanıklılığa sahip kaymalı yataklar elemanları, salyangoz çarklar (Gz ya Gc halinde) yapımında kullanılır.

Kalayın bir kısmı yerine 1 ... 6% Zn kullanılırsa daha düşük mekanik özelliklere sahip, fakat daha iyi dökülebilen alaşımlar oluşur (kızıl döküm). Bunlar 2% Ni ihtiva ederse cidar kalınlığının etkisi ve kalın kesitli parçaların merkezindeki mikro porozite azalır.

İnce cidarlı armatürler için 225°C'ye kadar ısı mukavemetine sahiptir.

Basıncılı muhafaza kabloları ve armatürler için 225°C'a kadar iyi uzama kabiliyeti ve daha yüksek mukavemet gösterirler. Ayrıca deniz suyuna dayanıklıdır.

Bakır - Alüminyum alaşımları (Alüminyum bronzları) :

Bu alaşımlar 9%'a kadar alüminyum ihtiva eden karışım kristallerinden (homojen KYM iç yapı) meydana gelirler. Bu nedenle çok yüksek şekil değiştirme kabiliyetine sahiptirler (55% uzama) Daha yüksek alüminyum miktarında daha sert kristal çeşitleri ortaya çıkar. Bunlar sıcak şekil de

tirmeye daha yatkındır (heterojen tip). 11%'in üzerinde alüminyum ihtiva eden alaşımların sünekliği olmadığından, teknik bir değere ulaşamamışlardır. Alüminyum bronzları *korrozyona karşı* yüksek dayanıklılık gösterirler; özgül ağırlıkları küçüktür ($7,6 \text{ kg/dm}^3$) ve kalay bronzlarının yerine kullanılabilirler. Ancak lehimlenme kabiliyetleri kötüdür. Kaynak için de önceden kaynak edilecek dikiş bölgesinin dikkatlice hazırlanması gerekir. Su verme ve temperleme yoluyla yapılacak bir ısıtma işlemi, heterojen alaşımlarda mümkündür.

Demir, nikel ve manganezin çeşitli oranlardaki ilâvesiyle çok maddeli alüminyum bronzları oluşur. Bunların ayrıca ısıtma mukavemeti ve daha yüksek aşınma mukavemeti gibi faydalı özellikleri vardır. *Errozyona* ve birçok kimyasal maddelere karşı hassas değildirler (kum taşıyan sular tarafından aşındırılmazlar)

Demir ince taneler oluşturur; Manganez ısıtma mukavemeti yükseltir; Nikel korrozyona karşı dayanıklılığı yükseltir ve korrozyon etkisi altındaki yorulma mukavemetini arttırır.

Döğme alaşunları (DIN 17665) :

Cu Al 5 F 340 ... F 440 (Al Bz 5)

Cu Al 8 F 370 (Al Bz 8)

Cu Al 10 Ni F 550 (Al Bz 10 Ni)

Cu Al 8 Fe F 440 (Al Bz 8 Fe)

Yedi çeşit halinde standartlaşmıştır. Çok iyi soğuk şekil değiştirir; sülfürik aside dayanıklıdır. Kondansatör tabanları, emme haddeleri, kimyasal cihazlarının yapımında kullanılan saclar.

(Mukavemet değerleri, saclara ve bandlara aittir)

Cu Al 10 Fe F 590 (Al Bz 10 Fe)

Cu Al 9 Mn F 490 (Al Bz 9 Mn)

Cu Al 11 Ni F 830 (Al Bz 11 Ni)

Kav teşekkül etmeyen parçalar, ısıya dayanıklı, yatak parçaları, ventil yatakları ve yüksek yüklemelerde kullanılan parçalar.

Dökme alaşımları (DIN 1714) :

Altı çeşit olarak standardlaştırılmıştır. Dökme alaşımlarına benzer bileşimlere sahiptirler; ancak aynı mukavemet ve uzama değerlerine erişemezler.

Göl suyundan etkilenmeyen ve manyetik olmıyan alaşımlardır. Deniz suyunda veya tuz çözeltilerinde ve belirli bazlar içerisinde yüksek yorulma mukavemeti gösterirler.

Kullanılma alanı :

Gemi pervaneleri, ve boruları pompa muhafazaları, sıcak buhar armatürleri, kaymalı yataklar (yüksek darbeli yüklemeler altındaki), salyangoz ve vidalı çarklar (yüksek yüzey basıncı altındaki). Makina ve yiyecek endüstrisinde kullanılan parçalar.

Bakır - Nikel alaşımları :

Bu iki element her oranda alaşım meydana getirebilir ve daima karışım kristalleri oluşur (A/29'daki denge diyagramına bak). Alaşım oranlarına bağlı olarak farklı malzemeler teşekkül eder.

Bakır şekil değiştirebilme (uzama) kabiliyetini arttırır.

Nikel mukavemeti ve korrozyona karşı dayanıklılığı yükseltir.

Bakırın kırmızı rengi 20% nikel'den itibaren beyazlaşır. Yaklaşık olarak 1% Fe ilâve edilerek alaşımlar akan göl suyunun vereceği zararlara karşı dayanıklı hale getirilir (*Cu Ni 10 Fe* ve *Cu Ni 30 Fe*). Çelikleri kaplama malzemesi olarak *Cu Ni 20*, metal para alaşımı olarak da *Cu Ni 25* kullanılır. *Cu Ni 44* ise, elektrik direnç malzemesi olarak kullanılır.

Döğme alaşımları DIN 17664 altı çeşit halinde; dökme alaşımları DIN 17658 ise, iki çeşit halinde standardlaştırılmıştır.

Bakır - Nikel - Çinko alaşımları (Yeni gümüş) DIN 17663.

Bakır - Nikel - Çinko alaşımları (Yeni gümüş) DIN 17663.

Kalay bronzunun ucuz bir çeşidi olan kızıl döküm gibi, yeni gümüş de ucuz bir bakır-nikel alaşımıdır. Bu alaşımda nikel yerine kısmen ucuz çinko ısı mukavemeti ve sertliği artırır; ancak korrozyona karşı dayanıklılığı azaltır.

Bilinen altı çeşidin analizi aşağıdaki değerler arasındadır :

45 ... 66% Cu

9 ... 26% Ni

15 ... 45% Zn

Bunların arasında maksimum 2% Pb ihtiva eden üç tip otomat alaşımı olarak hazırlanmıştır.

Cu Ni 10 Zn 42 Pb (Ns 47 11 Pb)

Talaş kaldırma işlemine uygundur. Döner parçalara ait çubuklar bundan imal edilir.

Cu Ni 12 Zn 24 (Ns 65 12)

İyi soğuk şekil değiştirir. Çatal, kaşık, bıçak sapı olarak, derin çekilmiş parçalar, yaylar, iç mimarî parçaları.

Cu Ni 12 Zn 30 Pb (Ns 57 12 Pb)

Talaş kaldırma işlemine uygundur. Anahtar, ve hassas mekanik parçalar.

Cu Ni 18 Zn 20 (Ns 62 18)

Daha yüksek kavlanma dayanıklılığı istenen parçalar, yaylar.

Cu Ni 18 Zn 19 Pb (Ns 62 18 Pb)

Talaş kaldırma işlemine uygundur. Daha yüksek bir kavlanma dayanıklılığına sahiptir.

Cu Ni 25 Zn 15 (Ns 60 25)

En yüksek bir kavlanma mukavemetine sahiptir. Tezgah cephesi olarak kullanılır.

0,2 ... 5 mm sac kalınlığı için, sacların ve bandların mukavemet değerleri F 340 ... F 590 arası, uzama değerleri ise 5 ... 45% arasındadır.

BRONZLAR

TEKNİK ÖZELLİKLERİ

FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

KOMPOZİSYON %	CU:90 SN:10
ÖZGÜL AĞIRLIĞI (Kg/dm ³)	8.802
ERGİME SICAKLIĞI (°C)	1020-1045
ISI İLETKENLİĞİ (Kcal/Sa/Cm/°C)	162
GENLEŞME KATSAYISI (20-200 °C)(°C) X 10-6	18,36
ISINMA ISISI (20 °C),(Kcal/Kg/°C)	0.09
ELEKTRİK İLETKENLİĞİ (20°C tavlanmış),(%ACS)	101
ÖZDİRENÇ (20°C tavlanmış)(μΩ-cm)	3.92

MEKANİK ÖZELLİKLERİ

ÇEKME DAYANIKLILIĞI (Kg/cm²)	
TAVLANMIŞ	2600
YAY	4290
AKMA DAYANIKLILIĞI (Kg/cm²)	
TAVLANMIŞ	705
SERT	3795
UZAMA (5.cm.de)%	
TAVLANMIŞ	45
SERT	5
KESME DAYANIKLILIĞI (Kg/cm²)	
TAVLANMIŞ	1970
SERT	2670

İŞLENME ÖZELLİKLERİ

SOĞUK İŞLENMESİ	ÇOK İYİ
SICAK İŞLENMESİ	İYİ
SICAK İŞLEME SICAKLIĞI °C	760-870
TAVLAMA SICAKLIĞI °C	425-785
TALAŞLI İŞLEME	20

KAYNAK ÖZELLİKLERİ

SOĞUK LEHİM	ÇOK İYİ
GÜMÜŞ ALAŞIMIYLA PİRİNÇ KAYNAĞI	ÇOK İYİ
OKSİASETİLEN KAYNAĞI	İYİ
DİRENÇ KAYNAĞI	İYİ

KOROZYON ÖZELLİKLERİ

Bakır alaşımları (düşük alaşımlı):

Saf bakırın elektrik ve ısı iletkenliği çok iyidir; ancak mekanik mukavemeti, döküm ve talaş kaldırma işlemine uyma özelliği kötüdür. Bütün çözünebilir alaşım elementleri iletkenliği farklı ölçüde etkiler (Şekil G/5).

Gümüş, kadmiyum, çinko ve nikel faydalı etkide bulunurlar. Bu elementler *iletken bronzlarda* bulunurlar. Örnek: serbest iletkenler, iletken teller, kollektör lamelleri, rotor sargıları.

Alaşım elementlerini çözünmeyen, metaller arası bağlar halinde yapı içine inşa etmek mümkün olduğundan, elektrik iletkenliği de fazla etkilenmez. Bu tiplerin bazıları ayrışarak sertleşebilirler, yüksek mukavemetleri ve orta derecede iletkenlikleri vardır.

Tablo. G/4. Döğme bakır alaşımlarından seçilmiş örnekler.

Kısa adı	Durumu		Özellikleri-Kullanma alanı
	Yumuşak	Ayrışarak sertleşmiş (sıcakta)	
Cu Mn 2	F 290	—	Yükseltilmiş ısı mukavemet ve korozyona dayanıklılık, kazan yapımı
Cu Si2Mn	F 290	—	Yükseltilmiş basma mukavemeti, vidalar
Cu Si2Mn	F 440	—	Saplamalar, somunlar
Cu Be 2	F 720	F 1280	Yaylar, kıvılcım çıkarmıyan malzemeler
Cu Cr	F 360	F 440	Çok yüksek iletkenlik, nokta kaynağı elektrotları, kollektör lamelleri
Cu Ni 2 Si	F 420	F 640	Orta iletkenlik, baca gazlarına dayanıklılık, serbest iletken armatürleri