

## II-A— BAKIR VE ALAŞIMLARININ KAYNAĞI

Bakır bizi, metalürji tarihinin en ilginç olaylarından birine götürüyor. Truva savaşlarının duygusal öyküsünü biliyoruz. Ama haritaya bir göz attığımızda bu kentin stratejik konumu derhal göze çarpar: Helen dünyası ile Karadeniz arasındaki alışverişin zorunlu bir geçiş noktasında yer alıyor. Oysa ki o günlerde Karadeniz demek, Kafkasya bakırı demektir. Bu metal M.Ö. X. yüzyıl civarında Ak-ha genişlemesi için elzem olup ne pahasına olursa olsun bu değerli mal üzerindeki Truva ambargosunun kaldırılması gerekiyordu. Bu itibarla Truva savaşı, Helen bronzcuların finanse ettikleri bir sefer olmuştu...

### BAKIRIN NİTELİKLERİ

Kübik sistemde kristalleşen bakır, gümüşten sonra en iyi ısı ve elektrik iletkeni olup özellikle bu ikinci iletkenlik, saflığı bozan maddelerin eser miktarda bile olsa varlığı ile önemli derecede azalır. Safiyeti bazen başlıca elementler Fe, Ni, As, Sb, Pb, Ag, Au olup bunların arasında en büyük paya sahip olan oksijendir. Bu element  $Cu_2O$  bir alt oksit şeklinde bulunur.

Bakır  $1083^{\circ}C$ 'ta ergir ve bu sıcaklıkta, katılma sırasında kısmen çıkan gazları eritir ki arda kalan metalin gözenekliliğinin nedeni bu gazlardır.

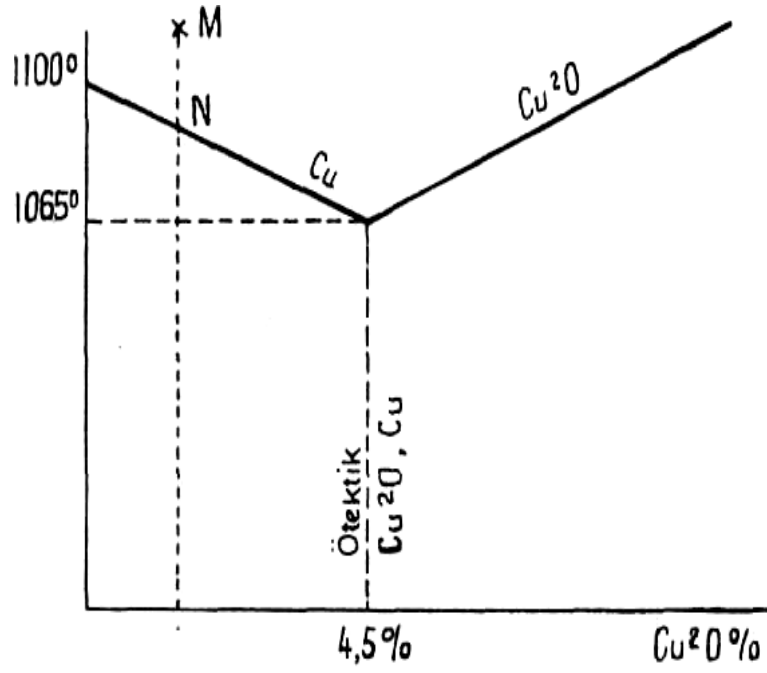
Öbür yandan, kolayca sıcakta oksitlenmesi ve oluşan oksitin bakırın içinde erimesi dolayısıyla, kaydedilen ergime sıcaklığı çoğu kez  $1083^{\circ}C$ 'in epey altındadır.  $Cu-Cu_2O$  ötektiği  $1065^{\circ}C$ 'ta ergir (Şekil: 8 ve 9). Bu ötektik, karışımda % 4.5  $Cu_2O$ 'ya tekabül eder.

Herhangi bir M alaşımının katılmasında önce bakır kristalleri ve bunların etrafında,  $1065^{\circ}C$ 'ta,  $Cu-Cu_2O$  ötektiği çökelecektir. Bu ötektik karakteristik bir pembe rengi haizdir.

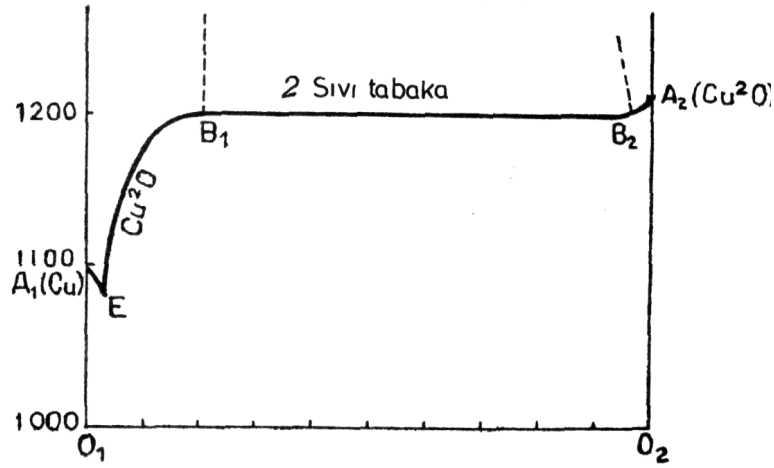
$Cu-Cu_2O$  ikilisinin ergiyebilme diyagramı ayrıca, ergimiş her iki bileşkenin karşılıklı bir eriyebilmesi olayına tekabül eden bir  $B_1B_2$  sahanlığını haizdir (Şekil: 9). Bu nedenle de bakır döküme zor gelir.

Gerçekten bu ötektiğin varlığı, bakırın niteliklerine son derece zararlıdır; bakır tanelerini birbirlerinden ayırır, bu nedenle de metalin yoğurulabilme (maleabilite-haddeden çekilebilme) ve mukavemetini çokça azaltır. Bu itibarla pratikte bu oksit oranını asgariye indirmeye çaba gösterilir ve bunun için P, Mn, Mg veya Al gibi genellikle çok redükleyici olan elementler kullanılır.

Bakır sıcakta önce  $Cu_2O$ , sonra da  $CuO$  oksitlerini hasıl eder; bunlardan ilki kırmızı, ikincisi siyah olup bu olgu kırmızıya ısıtılmış bakır levhalarının aldıkları gitgide açılan renkleri izah eder.



Şekil: 8



Şekil.9

Bakırın, başta oksijene karşı olmak üzere kimyasal olarak çok reaktif bir metal olması onun, herhangi bir ticarî metale göre en saf şekilde üretilip satılmasını mucip olmuştur. Adı rafine\* veya elektrolitik bakır % 99.9 safiyette olup yaklaşık % 0.05 oranında bakır oksidi, gördüğümüz gibi Cu-Cu<sub>2</sub>O ötektiği şeklinde metalin içinde dağılmış halde bulunur. Kaynak sırasında bakır oksidinin tane sınırlarına yürümesi, bu aslında çok sünek malzemenin süneklik kaybına yol açar.

700° C'ın üstünde karbon monoksit ve hidrojen absorpsiyonu, bakır oksidi ile reaksiyon sonucu karbon dioksit ve su buharı hasil edip, iç çatlamlar ve gevrekleşme meydana getirerek bakırın kaynağın güçleştirir.

## **BAKIRIN GÖSTERİLİŞ ŞEKİLLERİ VE ÇEŞİTLİ NORMLAR**

TS 1383'e göre:

Cu - ETP = Elektrolitik özlü bakır

Cu - DHP = Desokside edilmiş yüksek fosfor kalıntılı bakır

Cu - FRHC = Ateşte rafine edilmiş iletkenliği yüksek bakır.

TS 1384'e göre:

M = İmal edildiği şekilde. Biçimlendirme işlemi sırasında ısıtma koşullarına veya soğuk biçimlendirme sertleşmesi üzerinde özel bir kontrol yapılmayan mamuller için kullanılır.

O = Yumuşak tavllanmış. Yumuşatma tavı uygulanmış biçimlenebilen mamuller ile boyutlarda değişmezliği (stabilliği) sağlamak ve sürekli artırmak amacıyla yumuşak tavllanmış döküm mamuller için kullanılır.

H - Soğuk biçimlendirme sertleşmesi (yalnız biçimlenebilen mamuller için). Yumuşak tavlama sonra, soğuk biçimlendirme işlemleri uygulanan veya istenilen mekanik özelliği sağlamak amacıyla kısmî tavlama ve soğuk biçimlendirmenin beraber uygulandığı mamuller için kullanılır.

T = M, O veya H'dan başka, ısı işlemleriyle elde edilen özellikler. Soğuk biçimlendirme sertleşmesi yapılmış veya yapılmamış, ısı işlemleri yardımı ile çekme dayanımları artırılmış mamuller için kullanılır.

(\*) "Tough pitch", Yani oksijen içeriği %0.03 - 0.06 arasında ayarlanmış bakır

TS 188'e göre de:

Cu - CATH = Elektrolitik katod bakır\*\*)

DIN 1787'ye göre en çok kullanılan bakır türleri, bunların özellikleri ve kullanılma yerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir:

DIN 1787'YE GÖRE		BELİRTİCİ ÖZELLİKLERİ	BİLEŞİM %		ELEKTRİKSEL İLETKENLİK (~) m/G. mm <sup>2</sup>	İSL. İLETKENLİK (~) kcal/cm <sup>2</sup> cm <sup>2</sup> C.s	KULLANIM
ADLANDIRMA	GÖSTERİSİ		Cu min.	İLAVELER			
SA - Bakır	SA - Cu	P DEZOKSİDASYONU İLE OKSİJENDEN ARINDIRILMIŞ	99,0	0,02 ..... 0,05 P 0,3 ..... 0,5 As	20 ..... 30	0,3 ..... 0,5	YÜKSEK SICAKLIKTA MUKAVEMETİN ARANDIĞI YERLER ORNEĞİN ATEŞ KUTUSU
SB - Bakır	SB - Cu		99,25				
SD - Bakır	SD - Cu		99,8	0,02 ..... 0,05 P	30 ..... 48	0,5 ..... 0,8	
SF - BAKIR	SF - Cu		99,9	0,02 ..... 0,05 P	35 ..... 50	0,6 ..... 0,8	KAYNAK VE SERTLEHİME YÜKSEK YATKINLIĞIN ARANDIĞI SAÇLAR, BANLAR ve PROFİLER
E - BAKIR	E - Cu	OKSİJEN İÇEREN YÜKSEK İLETKEN	99,9 <sup>1)</sup>	0,02 ..... 0,04 O <sub>2</sub>	55 ..... 57	0,9	ELEKTROTEKNİKTE İLETKEN BAKIRI
SE - BAKIR	SE - Cu	OKSİJENSİZ, YÜKSEK İLETKENLİK	99,9 <sup>1)</sup>		55 ..... 56	0,9	KAYNAK KABİLİYETİ VE ŞEKİL ALMA KABİLİYETİ ARANAN İLETKEN BAKIRI

Burada E-Cu ve SE-Cu türleri için ortalama bakır içeriği değil, ortalama iletkenlik saptanmıştır. Keza bu tabloda oksijen içeren C-Cu, D-Cu ve F-Cu yer almamaktadır; bunlar kaynak ve serdenim hususunda herhangi bir koşulu haiz olmayıp sadece inşaat işlerine uygundur.

DIN 1787'de yarı mamul bakırlar oksijen içeren ve oksijenden (Cu<sub>2</sub>O'dan) arındırılmış olarak yer alırlar. Oksijen içeren E-Cu bakırı yüksek iletkenliği haiz olup elektroteknikte kullanılmaktadır. Mamafih oksijen, kaynak çalışmalarında olumsuz etki yapar. Oksi-asetilenle kaynak ve sertlehimlemede oksijen içeren bakırlar, hidrojen absorpsiyonu sonucu (hidrojen hastalığı) tehlikeli gevrekleşme vaki olur. Bu tehlike ark kaynağında mevcut olmamakla birlikte ergimiş ana metal, kaynak metali aracılığıyla, tane sınırlarında Cu-Cu<sub>2</sub>O ötektiğinden yana zenginleşir ve geçiş bölgesinde gevrekleşme vaki olur. Bu itibarla yüksek derecede kaynak kabiliyeti ve şekillendirilebilmenin arandığı hallerde oksijenden arındırılmış bakır türleri (SA-Cu, SB-Cu, SD-Cu, SF-Cu) kullanılacaktır.

(•) Bunun özellikleri ve bu arada elektriksel özellikleri için bkz. TS 1653

### SD-Cu bakır levhalarının mekanik özellikleri:

DURUM	MUKAVEMET GÖSTERİLİŞİ	ÇEKME DAYANIMI $\sigma_B$ kp/mm <sup>2</sup>	%0,2 UZAMA $\sigma_{0,2}$ kp/mm <sup>2</sup>	KOPMA UZAMASI $\delta_5$ MIN. %	BRINELL SERTLİĞİ kp/mm <sup>2</sup>
YUMUŞAK	F 20	20 ..... 25	4 ..... 10	30	50
YARI SERT	F 25	25 ..... 30	15 ..... 26	8	70
SERT	F 30	30 ..... 37	25 ..... 34	3	90
YAY SERTİ	F 37	37 ..... 45	33 ..... 41	2	100

Desoksidasyon genellikle fosfor ilâvesiyle yapılmaktadır. Bu arada iletkenlik azalmaktadır. Aynı zamanda yüksek iletkenlik ve iyi kaynak kabiliyetinin arandığı hallerde, SE-Cu tipi bahis konusu olur.

Kaynak tekniği açısından bakın çelikten uzaklaştıran husus, onun yüksek ısı iletkenliğidir.

Bunların ötesinde, hızlı katılaşma sonucu, kaynak banyosundan girmiş olan gazlar, çıkmaya vakit bulamayıp gözenekli kaynak dikişi hasıl ederler. Bakırın bu özellikleri dolayısıyla kaynak yönteminin, çalışma şekli ve kaynak ilâve malzemesinin seçimi önemli olmaktadır.

Fransız AFNOR A 53-100'e göre:

- Cu/a1 : Cu + Ag > 99.9 ; P, yok; elektrolitik
- Cu/a2 : Cu + Ag > 99.9 ; P, eser miktarda; ısıl yöntemle rafine edilmiş; yüksek iletkenlik
- Cu/a3 : Cu + Ag > 99.75 ; P, eser miktarda; ısıl yöntemle rafine edilmiş
- Cu/b : Cu + Ag > 99.90 ; P = 0,013-0,050; fosforla desokside
- Cu/c1 : Cu + Ag > 99.92 ; P, eser miktarda; bakiye desoksidan içermez
- Cu/c2 : Cu + Ag > 99.96 ; P < 0,0003; bakiye desoksidan içermez
- Cu/d : Cu + Ag > 99.90 ; P, yok; elektrolitik

Bunlardan Cu/b, Cu/c1 ve Cu/c2, iyi bir kaynak kabiliyetini haiz olup sonucusu çok özel elektrik ve mekanik işlerde, elektronikte kullanılır. Cu/d, yeniden ergitilmeden genellikle kullanılamaz.

Gerek saf, gerekse kalay, çinko, nikel, silisyum, glusinium, kurşun, krom, alüminyum, manganez, demir, arsenik vb. ilaveli bakırların çeşitli ülke normlarının ayrıntılarına burada girmiyoruz(\*)

Gerçekten az miktarda silisyum, fosfor ve başka desoksidanların ilâvesi, MIG, TIG veya karbon-ark yöntemleriyle oldukça iyileşmiş sonuçlarla kaynak edilebilecek desokside bakır hasıl eder. Desoksidan element oksijen içeriğini bağlayıp, tane sınırlarında bakır oksidi oluşmasını önler.

Desokside bakırın bir şekli ticari olarak "oksijenden arındırılmış - oxygen free-OF"

namıyla bilinir. Bu, oksijeni yok etmek için bir hidrojen atmosferinde yeniden ergitilip dökümü bir bakırdır. OF bakır hiç desoksidan element içermez ve böylece de bazı mekanik nitelikleri iyilemiştir; ancak yüksek sıcaklıklarda havada uzun süre ısıtılmada iç oksidasyona uğrayabilir. Bu itibarla OF bakır kaynak sırasında oksijen kapıp bakır oksidi oluşturma eğiliminde olur. Bunun sonucunda kaynaklar, desokside bakırinkilerine göre, daha düşük kalitede olur. Bu nedenle OF bakır, kaynak kabiliyeti itibariyle, aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi, elektrolitik bakırla birlikte irdelenmiştir.

Bakırın oksijene eğilimi, kaynağı güçleştiren birkaç karakteristiğinden sadece bir tanesidir. Herne kadar bakır çelikten çok daha düşük sıcaklıkta ergirse de bir bakır kesitinin arkla ergitilmesi, aynı çelik kesitine göre daha uzun sürer: bakırın ısı iletkenliği çeliğinkinin beş katıdır. Bakır kaynak edilirken kaynağa komşu alan ısıyı, girdiği hızla, uzağa sevkeder. Komşu metal yeterince ısınmaya kadar kaynak edilecek nokta ergime derecesine varmaz. Bu itibarla bakırın yüksek ısı iletkenliği, kaynaktan önce ön ısıtmayı gerekli kılar.

Keza bakır yüksek genleşme katsayısını haiz olup ısıtıldığında çok genişler ve soğuduğunda da çok çeker ve böylece de büzülme ve kaynak çatlağı sorununu artırır. Bu sorun ayrıca bakırın 280°C'in üstünde çekme mukavemetini hızla kaybetmesiyle de önem kazanır.

### Mutat olarak ark kaynağı yapılan biçimlendirilmiş bakırlar ve bakır alaşımlarının nominal bileşimleri, ergime noktaları ve kaynaklanabilirlikleri.

Alaşım No	Alaşımın adı	Nominal bileşim %	Nominal bileşim (likidus)°C	Kaynaklanabilirlik (b)		
				GTAW	GMAW	SAW
102	Oksijenden arındırılmış Cu (OF)	99.95 Cu	1080	G	G	NR
110	Elektrolitik (tough pitch) Cu (ETP)	99.90 Cu, 0.04 O <sub>2</sub>	1080	F	F	NR
		Desokside Bakırlar				
120	P ile desokside Cu, Alçak P (DLP)	99.9 Cu, 0.008 P	1080	E	E	NR
122	P ile desokside Cu, Yüksek P (DHP)	99.9 Cu, 0.02 P	1080	E	E	NR
		Berilyum bakırları				
175	Yüksek iletken berilyumlu Cu, % 0,6	96.9 Cu, 0.6 Be, 2.5 Co	1065	F	F	F
170	Yüksek mukavemetli berilyumlu Cu, % 1,7	98.3 Cu, 1.7 Be	981	GG	GG	GG
172	Yüksek mukavemetli berilyumlu Cu, % 1,9	98.1 Cu, 1.9 Be	981	G	G	G
		Alçak çinko pirinçleri				
210	Yaldızlama % 95	95 Cu, 5 Zn	1063	G	G	NR
220	Ticari bronz % 90	90 Cu, 10 Zn	1041	GG	GG	NR
230	Kırmızı pirinç % 85	85 Cu, 15 Zn	1025	GG	GG	NR
240	Alçak pirinç % 80	80 Cu, 20 Zn	997	G	G	NR
		Yüksek çinko pirinçleri				
260	Kovan pirinç	70 Cu, 30 Zn	953	F	F	NR
268, 270	San pirinç	65 Cu, 35 Zn	931	F	F	NR
280	Muntz metal	60 Cu, 40 Zn	904	F	F	NR
		Kalay pirinçleri				
442-445	Amiralik pirinç	71 Cu, 28 Zn, 1 Sn (d)	937	F	F	NR
464-467	Bahriye pirinç	60 Cu, 39.25 Zn, 0.75 Sn (d)	898	F	F	NR
		Özel pirinçler				
675	Manganez bronz A	58.5 Cu, 39 Zn, 1.4 Fe, 1 Sn, 0.1 Mn	887	F	F	NR
887	Alüminyum pirinç, arsenikli	77.5 Cu, 20.5 Zn, 2 Al (0.06 As)	970	F	F	NR

Alaşım No	Alaşımın adı	Nominal bileşim %	Nominal bileşim (likidus)°C	Kaynaklanabilirlik		
				GTAW	GMAW	SMAW
<b>Nikel gümüşleri</b>						
745	Nikel gümüş .65-10	65 Cu, 25 Zn, 10 Ni	1079	F	F	NR
752	Nikel gümüş .65-18	65 Cu, 17 Zn, 18 Ni	1109	F	F	NR
754	Nikel gümüş .65-15	65 Cu, 20 Zn, 15 Ni	1074	F	F	NR
757	Nikel gümüş .65-12	65 Cu, 23 Zn, 12 Ni	1030	F	F	NR
770	Nikel gümüş .55-18	55 Cu, 27 Zn, 18 Ni	1052	F	F	NR
<b>Fosfor bronzları</b>						
505	Fosfor bronzu % 1.25 E	98.7 Cu, 1.3 Sn (0.2 P)	1074	G	G	F
510	Fosfor bronzu % 5 A	95 Cu, 5 Sn (0.2 P)	1047	G	G	F
521	Fosfor bronzu % 8 C	92 Cu, 8 Sn (0.2 P)	1025	G	G	F
524	Fosfor bronzu % 10 D	90 Cu, 10 Sn (0.2 P)	991	G	G	F
<b>Aluminyum bronzları</b>						
613	Aluminyum bronzu D, Sn ile stabilize	89 Cu, 7 Al, 3.5 Fe (0.35 Sn)	1063	G	F	G
614	Aluminyum bronzu D	91 Cu, 6-8 Al, 1.5-3.5 Fe, 1 max Mn	1045	G	F	G
<b>Silikon bronzları</b>						
651	Açık silikon bronzu, B	98.5 Cu, 1.5 Si	1061	F	F	F
655	Yüksek silikon bronzu, A	97 Cu, 3 Si	1029	F	F	F
<b>Bakır-Nikeller</b>						
706	Bakır nikel .% 10	88.6 Cu, 9-11 Ni, 1.4 Fe, 1.0 Mn	1149	F	F	G
715	Bakır nikel .% 30	70 Cu, 30 Ni	1237	F	F	G

Bu tabloda (b) E = mükemmel, G = iyi, F = orta, NR = tavsiye edilmez; GTAW = TIG, GMAW = MIG, SMAW = örtülü elektrodla kaynak. (d), 443 ve 465 alaşımları bir nominal % 0,06 As, 444 ve 466 alaşımları bir nominal % 0,06 Sb, 445 ve 467 alaşımları bir nominal % 0,06 P içerir.