

E-BAKIR VE ALAŞIMLARIN SERTLEHİMLENMESİ

Eiffel kulesi dünyanın en uzun bakır borudan (100x103mm) pis su kanalizasyonuna sahiptir. Bu borular gümüşle sertlehimlenmişlerdir.



Bakır ve alaşımları mukavemetle yüksek sünekliği ve başlıca da, yüksek ısıl ve elektriksel iletkenliği kendi bünyelerinde birleştirmiş metallere olup, içlerinden bir çoğu ayrıca çeşitli çevresel koşullar altında korozyona da dayanıklıdır.

Bakır ve alaşımlarına özgü karakteristikler arasında ve bunların sert-lehimlenme tekniklerine uygunluğu bakımından önemli olan oksitlerin kimyasal stabilitesi; alaşımların birçoğunda çinko, kadmium, manganez gibi uçucu elementlerin varlığı; oksijen içeren bakır ve bunun bazı alaşımlarının hidrojen gevrekleşme eğilimi; bakırın, ilâve metallerin özgül bileşenleriyle metaller arası birleşmeler teşkil etme ileri kabiliyeti; ergimiş ilâve metallerle temasta bakır ve alaşımlarının gevrek kırılmaya artan yatkınlığı, sayılır.

Bakır ve alaşımları, sertlehimleme güçlüğü bakımından iki gruba ayrılır: (1) sertlehimleme için ve bunun sırasında ısıtıldıklarında, bir alçak serbest oluşma enerjisi ve dolayısıyla dekapanlı sertlehimlemede nispeten kolay bertaraf edilmesiyle karakterize olan bir oksitler kaplamasıyla kendini örten bakır ve alaşımları; (2) ısıtmada, yüksek bir serbest enerji oluşmasını haiz bir oksitler tabakası edinen alaşımlar.

Birinci grup saf bakırla bunun başlıca çinko, kalay, kurşun, fosfor, antimuan, demir, nikel, manganez gibi elementler içeren alaşımlarını kapsar. Oda sıcaklığında bakırın yüzeyi ince bir Cu_2O oksit tabakasıyla kaplanır. Yüksek sıcaklıklarda bu kabuk iki tabakada oluşur: CuO 'nun üstünde Cu_2O . X- ışını muayenesinde gözleendiği gibi kabuk başlıca CuO 'dan, ve daha aşağı derecede, Cu_2O 'dan oluşur.

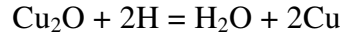
Cu-Zn-Sn alaşımları (ve Pb, As, Fe, Ni, Mn içerenlerin) zerinde teşekkül eden oksitler, alçak oluşma serbest enerjisini haiz olup böylece sertlehimleme sırasında kolayca ayrışırlar, ince CuO ve CU2O tabakaları reina içinde erirler.

Al, Be, Cr, Si, Zr, Ti ve aynı zamanda periyodik sistemin ilk grup elementleri ilaveli bakır alaşımları, sertlehimleme sırasında bu elementler esaslı oksit tabakalarıyla kaplanırlar; bu oksitler dekapanlar içinde az erirler ve başka türlü ayrışırlar.

Silisyumlu bakır alaşımları üzerinde silikatlara, kalay bronzları üzerinde oluşan kabuğun i tabakasında da SnİO oksidine rastlanır; %7 ve daha fazla nikel içeren Cu-Ni alaşımları üzerinde oluşan kabuğun dış tabakalarında bakır oksidi, i tabakalarında da NiO oksidi bulunur. Al, Be, Si ve fazla miktarda Zn içeren bakır alaşımları üzerinde yüksek kimyasal stabilite ve serbest oluşma enerjisi ile karakterize olan alaşım elementleri oksitleri bulunur.

Hidrojen gevrekleşmesi

Bakır ve alaşımları az miktarda, çoğunlukla bakır oksitleri şeklinde oksijen içerip hidrojenin varlığında ısıtıldıklarında hidrojenin alaşımları içine difüze olması tehlikesi vardır: ortaya su çıkar.



Su buharının yüksek iç basıncı ana metali (bakır veya alaşımını) iten birkaç noktadan yırtar ve böylece onu gevrekleştirir. Isıtma sıcaklığı ne kadar yüksek olursa bakır içindeki su buharının gevrekleştirici etkisi de o denli fazla olur. Bu nedenle sertlehimlemede desoksidede bakır kullanılır. Özellikle bakır, bir bakiye %0,01 ilâ 0,04 düzeyinde fosfor ilâvesiyle oksijenden arındırılır ama bu, elektriksel iletkenliğin aleyhine olur.

Bakır ve alaşımları içinde oksitler, örneğin haddeleme veya çekme sırasında çizikler vb hasıl ederek işlenme operasyonlarına zarar vermeleri veya sadece mamulün görünümünü bozmaları itibariyle, bertaraf edilmelidirler. Oksitlerin mekanik ya da kimyasal yollarla yok edilmesi pahalı özel tesisleri gerektirip metal kaybını mucip olduğundan genellikle işlem görecek ürünleri uygun atmosferler altında ısıtarak oksitlenmeden azami lde kaçınmak daha ekonomik olmaktadır.

Suyun kritik sıcaklığının (374°C) altında, CuO taneciklerinin boşluğunda teşekkül eden su, sıvı halde kalır; bundan hasıl olan İ zorlamalar nispeten zayıf (azami 1,5 hbar mertebesinde) olup genellikle olumsuz bir durum yaratmaz.

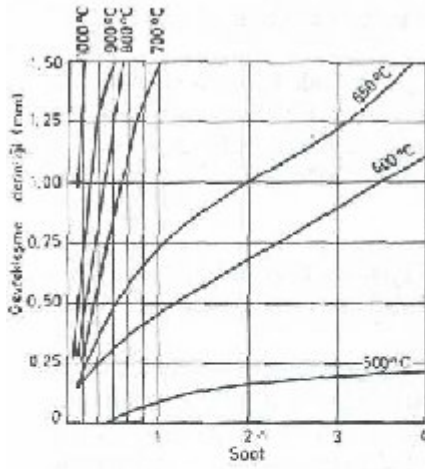
Ama bu kritik sıcaklığın üstünde su ancak gaz halinde kalabilir ve 60 hbar'a varabilen i zorlamalar meydana getiren çok yüksek bir basıncı altında olur; bakırın kopma mukavemeti böylece iyice aşılmış olacağından, bakırı kırılğan hale getiren bir taneler arası çözülme hasıl olur. Bu olaya "hidrojenin hastalığı" ya da "hidrojen tarafından gevrekleştirilme" denir.

Hidrojenin bakır içinde difüzyonu ve dolayısıyla, gevrekleşmiş tabakanın kalınlığı, sıcaklık derecesi ve sıcaklıkta tutma süresi ile önem kazanır.

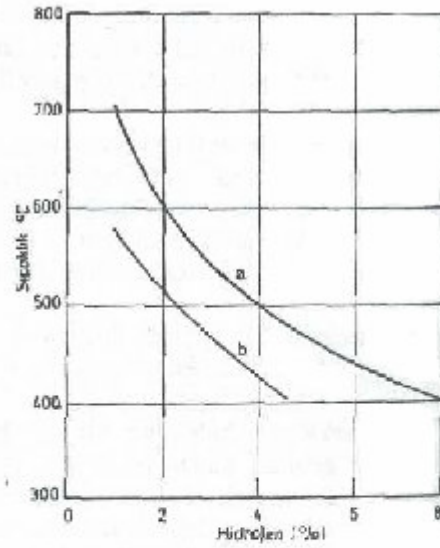
Gevrekleşme, hidrojenli atmosferde tavlamanın hemen başından itibaren meydana gelmez; bunun başlaması, ısıtma sıcaklığı ve atmosferin hidrojen oranına tabi olan bir "kuluçka dönemi"nden sonra olur. Bu itibarla desoksidede olmamış bakırların hidrojenli atmosferlerde parlak tavlamalarını gerçekleştirmek mümkün olmaktadır şöyle ki sıcaklıkta tutma süresi, kuluçka döneminden az olacaktır. Öbür yandan belli bir ısıtma süre ve sıcaklığı için hidrojen oranı bir kritik değeri aşmayacaktır. (Şek. 179).

Bütün bu hususların, bir ısıl işleme bağlı olan sertlehimleme açısından önemi aşikâr olmaktadır.

Aşağıdaki tablolarda hadde ürünü ve dökme alaşımların bileşimleri verilmiştir. Çeliklere kıyasla bakır ve alaşımları yüksek ısıl iletkenlikler ve daha yüksek ısıl genleşme ile belirginler. Bu husus farklı metallerin sertlehimlenmesinde özellikle önemli olmaktadır.



Şek. 178.- % 0,042 oksijen içeren bir bakır için hidrojen içinde ısıtma ile "gevrekleşmiş" bölgenin derinliği



Şek. 179.- Desoksidede olmamış bakırın sınav parlaklık tavlama sırasında hidrojen gevrekleşmesi hasıl etmeyen hidrojen oranı ve tavlama sıcaklığı sınırı.

a) 1,5 saatlik bir tav süresi için deneysel eğri

b) Önerilen pratik sınırlar.

Çatlama, şekil bozulması (distorsiyon) ve yumuşama gibi güçlülere götüren faktörlerin bilgisi, bunları bertaraf etmede veya nihaî sertlehimli birleşmenin niteliklerini önceden kestirmede yardımcı olabilir.

Birçok bakır esaslı alaşım niteliklerini nispeten alçak sıcaklıklarda veya soğuk işleme ya da her ikisiyle edindiklerinden sertlehimlenme sırasında ana metalin yumuşaması sık vaki olur. Belli bir sertlehimleme sıcaklığında ve bu sıcaklıkta tutma süresinde, ısı işleme tabi tutulmuş alaşımlar, genellikle soğuk işlenmiş alaşımlara kıyasen daha az yumuşarlar. Yumuşama derecesi ısı yükseldikçe ve yüksek sıcaklıklarda tutma süresi uzadıkça artar.

Hadde ürününü bakırlar ve bakır alaşımları

Seri No	Betimleme	Bileşim alanları	Temsilî elektriksel iletkenlik % IAGS
101-107	Oksijenden arındırılmış ve desoks ide	%99,95 veya daha fazla Cu,	>100
109-142	Serbest talaslı işleme	Oksijen ve desoksitanlar içerir	80-100
145-147	Yüksek bakır alaşımları	Az miktarda S. Te vb. İlâveler	>90
150-194		Yaklaşık %1 ilâ 12 Cd, Be, Cr, Co, Zn ve/veya Sn	20-85
205-240	Kırmızı pirinçler	% 20'ye kadar Zn	35-60
250-298	San pirinçler	% 25 ilâ 50 Zn	25-35
310-385	Kursunlu pirinçler	% 10 ilâ 45 Zn ve %4.5 a kadar Pb	25-45
405-485	Kalav pirinçleri	%5.5 a kadar Sn. %48 e kadar Zn	25-30
502-529	Bakır-kalav alaşımları (fosfor bronzları)	% 1 Uâ 11 Sn	10-50
532-546	Kursunlu fosfor bronzları	% 1-4 Pb, vakt. % 5 Sn, biraz Zn	10-20
606-642	Alüminyum bronzları	% 2.6 ilâ 13 Al. %5 e kadar Fe, biraz Ni ilaveli	10-20
647-661	Silisyum bronzları	% 1 ilâ 3 Si, bazıları Mn, Si veya cinko İçeren alaşımlar; Ni, Sn, Mn, Si ilaveli	20-25
665-697	Alaşım pirinçleri	% 2 ilâ 40 Ni, Fe, Be, Mn veya Cr	4-10
701-720	Bakirli nikeller	Yakl. % 43 ilâ 73 Cu. % 7 üâ 23 Ni, veya Mn'li, gerisi Zn	5-10
732-798	Nikel gümüşler		

Bunların özgül bileşimleri ve nitelikleri için bkz. Standards Handbook, No, 2 Copper Development Association

(*) Inleminatinal Annealed Copper Standard (20°C'ta).

Dökme bakırlar ve bakır alaşımları

Bunların özgül bileşimleri ve nitelikleri için bkz. Standards Handbook No. 2 Copper Development Association, N.Y.

Sertlehimleme yerinden uzak alanların yumuşaması, sertlehimlenecek bölge dışında birleşecek parçalan suya daldırarak, ıslak bez ya da asbeste sararak asgaride tutulabilir. Her halükârda, mümkün olan en alçak sıcaklıkta en düşük ergime noktalı sertlehimleme ilâve metali kullanılarak çalışmak, yumuşamayı azaltacaktır.

Soğuk işleme dökme, ya da telaşlı işleme operasyonlarından kalan gerilmeler, sertlehimleme sırasında çatlamalara neden olabilirler. Isıtma ve soğutma, uniform olmayan genleşme ve büzülme sonucu, ek gerilmeler hasil ederler. Bütün faktörlerin meydana getirdikleri toplam gerilmeler yeterli olunca, yüksek sıcaklıklarda çatlama ortaya akabilir. Uniform ve kontrollü ısıtmanın önemi, özellikle bazı pirinçler, soğuk işlenmiş fosfor

Seri No	Betimleme	Bileşim alanları	Temsilif elektriksel iletkenlik % IACS
801-811	Bakırlar	Minimum % 99,7 Cu, gerisi Ag	92-100
813-828	Yüksek bakır alaşımları	Yakl. %2,5 a kadar Be, Co, Si, Ni ve/veya Cr	20-80
833-838	Kırmızı pirinçler	% 83-93 Cu, % 12'ye kadar Zn ve daha az miktarda Sn, Pb	115-40
842-848	Yarı kırmızı pirinçler	% 76-80 Cu, % 8-15 Zn ve daha az oranda Sn, Pb	15-20
852-858	Sarı pirinçler	% 57-72 Cu, gerisi öncelikle Zn, % 1-2 Sn, Pb, Ni veya Al	18-28
861-868	Yüksek mukavemetli sarı pirinçler	% 55-67 Cu; Fe, Ni, Mn, Al ilâveleri, gerisi Zn	7-22
872-879	Silisyum pirinçleri ve silisyum bronzları	% 65-90 Cu, yakl. % 3-5 Si, bazıları büyük Zn oranlı	6-15
902-945	Kalay bronzları	% 3-19 Sn, bazıları büyük Pb, daha az Zn, Ni oranlı	7-15
947,948	Nikel-kalay bronzları	Yakl. % 5 Sn ve % 5 Ni; % 2,5 'a kadar Zn, bazılarında % 1 Pb	12
952-958	Alüminyum bronzları	% 7-11 Al, en az % 71 Cu, gerisi Ni, Fe, Mn, ve/veya Si	3-13
962-966	Bakırlı nikeller	% 10-31 Ni, yakl. %1 Fe, Cb, Si, Mn ve/veya Si ilâveleri	4-11
973-978	Nikel gümüşler	% 55-65 Cu, Pb ve Sn ilâveleri, % 12-25 Ni, gerisi Zn	4-5

Bu grup ateşte tasfiye edilmiş ve elektrolitik grade bakırlarla gümüş içeren (300-600 gr/ton) balarları içine alır. Ateşte tasfiye edilmiş bakır, talaş ya da cevherin işlenmesinden elde edilir (blister bakın). Çok küçük oranlarda ademi safiyetlerle birlikte bakır-bakır oksidi ötektiği şeklinde %0,02 ilâ 0,05 oksijen içerir. Bu bakır-bakır oksidi ötektiği hadde mamulü metal içinde tanecikler halinde dağılmış olup dökme mamullerde dendritler arası bir içyapı şeklinde belirir. Mekanik nitelikler ve elektriksel iletkenlik üzerinde ciddi etkileri olmaz; bununla birlikte, bir hidrojen atmosferinde ısıtılmış bakırın gevrekleşmesini mucip olur şöyle ki yukarda ifade edildiği gibi hidrojen metalin içine difüze olur ve oksitle reaksiyona girerek buhar oluşturur; bu da genişler bakırın tane sınırlarında gözeneklik hasil eder. Oksiasetlen alevinde ya da redükleyici ortamda mevcut olabilen karbon monoksit, rutubetin de aynı zamanda mevcut olması halinde bu zayıflamaya yardımcı olur; karbon monoksit su buharım redükleyip hidrojeni şerbet bırakır, o da metal içine difüze olur. Gevrekleşme konusunda akılda tutulacak bir nihai husus da oksijen içeren bakırın bazı sertlehimleme işlemlerinde olduğu gibi uzun süre 920°C'ın üstünde bir sıcaklıkta tutulması halinde bakır oksidinin tane sınırlarında yoğunlaşp mukavemet ve süneklikte büyük azalmayı mucip olduğudur.

Oksijen içeren bakırlar orta mukavemet ve düşük sertliktedir; bakır oksidinin uniform olarak dağılmış olması halinde bu bakırlar tok, sünek ve yüksek derecede haddelenebilirler. Elektriksel ve ısı iletkenlikleri oksijenden arındırılmış grade'ler dışında bütün öbür bakır alaşımlarının en yükseğidir. 232 ilâ 816°C arasında, süre ve sıcaklığa bağılı olarak, yumuşatılabilirler. Hidrojen içeren redükleyici atmosferde bunların tavlanması kaçınılmazdır.

b) Desokside ve oksijenden arındırılmış bakırlar

Bu grup fosforla desokside edilmiş ve oksijenden arındırılmış bakırları içine alır. Fosforla desokside edilmiş bakır genellikle döküm öncesinde %0,01 ilâ 0,04 fosfor ilâvesiyle oksijeni yok edilmiş bakırdır. Bazı hallerde fosfor, hidrojen gevreklesmesine karşı daha geniş bir emniyet payı sağlamak üzere, oksijenden arındırılmış bakıra eklenir. Fosfor ilâvesi, %0,01'den az bakiye elde edecek gibi kontrol edildiğinde, bakır, yüksek iletkenlikli (alçak fosforlu) desokside bakır olur.

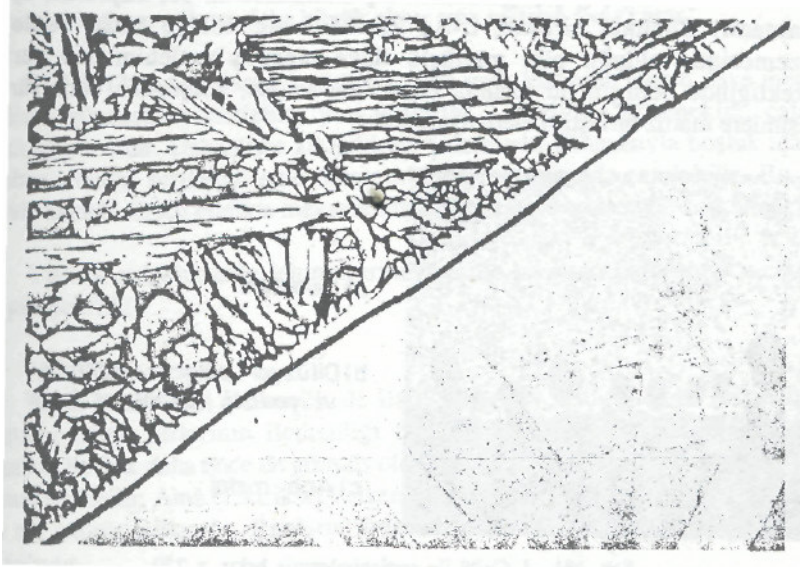
Oksijenden arındırılmış bakır, oksijeni yok edip döküm sırasında oksitlerin oluşmasını önleyen atmosferler altında bakır katotlarını ergitip dökerek elde edilen bakırdır. Dökülmüş bakıra herhangi bir desoksidan ithal edilmediğinden, bu yoldan elde edilmiş bakır, çok yüksek sıcaklıklarda uzun süre ısıtılmakla havadan bir miktar oksijen kapabilir ve böylece oksijenden arındırılmış karakteristiklerini hiç değilse yüzeye yakın yerlerde, kaybeder.

Fosforla desokside ve oksijenden arındırılmış bakırlar, yüksek derecede sünektirler. Bakır - bakır oksidi ötektiğinin bulunmayışı bu bakırların soğuk işleme niteliklerini, oksijen içeren bakırlara göre, özellikle derin çekme ve eğilme (örülme) kabiliyetlerini iyileştirir. Hidrojen tarafından gevrekletilmeye çekleri için bu bakırlar 232 ile 816°C arasında tavlanabilirler. Bunların korozyona mukavemetleri, oksijen içerenlerinkiyle aynıdır.

Bütün bu bakırlar DİN 8513'de gösterilmiş ilâve metallerle sertlehimlenebilir. Bu keyfiyet nikel gümüşler (yeni gümüş) için de geçerli olmakla birlikte bu ilâve metal, açık rengi dolayısıyla burada az kullanılır. AWS RBCu Zn, BCuP, BAu ve BAg tiplerinden herhangi biri az çok herhangi bir bakır veya bakır alaşım türü ile kullanılabilir şöyle ki, sertlehimlemeyi mümkün kılmak için bunların likidus sıcaklığı, ana metalin ergime aralığından yeterince alçak olacaktır.

Pirinç ilâve metaller, en yüksek çalışma sıcaklığını haiz olanlardır. Bunlar sertlehimleme yerinde ana metalle hızlıca alaşımlaşp onu eritirler. Mutat sertlehimleme süreleri içinde çinkonun ana metal içine bir difüzyonu vaki olmaz. Şek. 180'de böyle bir sertlehimleme yeri görülür. Bakırın erimesine bağılı olarak ilâve metalin ergime noktası yükselir, vizkozitesi artar ve böylece de sertlehimleme süresi nispeten uzun olur. Sertlehimleme sıcaklığını artırarak süresini kısaltmaya çalışmanın hiçbir anlamı yoktur, şöyle ki bu durumda

alaşım süreci hızlanır ve çinkonun buharlaşması sonucu gözeneklilik teşvik edilmiş olur. Bu nedenler, yüksek çalışma sıcaklığıyla birlikte, yüksek fiyatına rağmen birçok durumda pirinç sertlehim malzemesi yerine gümüşlüsünü kullanmak ekonomik açıdan daha uygun olmaktadır.



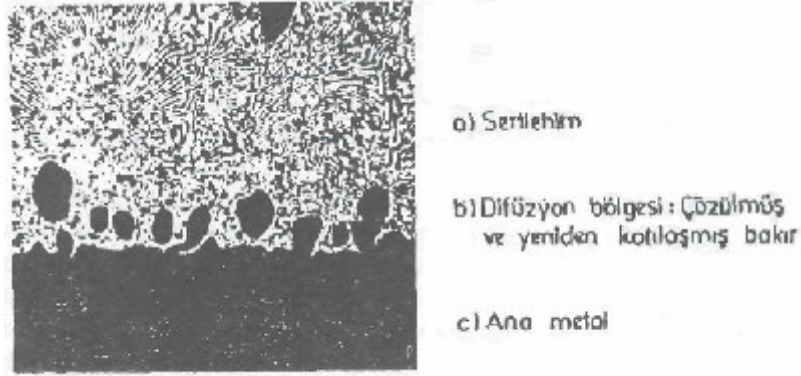
Şek. 180.- (DİN 1787) SF-Cu bakırla L- Ms60 arasında sınır tabakası. V diğişi, x 65

Saf bakırın kapiler ve kaynak ağızlı (lehim kaynağı) ve önceden yerleştirilmiş ve aradan verilmiş ilâve metalle bütün sertlehimleme yöntemleri için standart gümüş ilâve metali olarak L-Ag 20 Cd kullanılır. Geri kalan gümüş ilâve metallerin kullanımı, çalışma sıcaklığı ve sertlehimleme yerinin durumuna göre ayarlanır. L-Ag40 Cd sertlehim malzemesi 620°C'lık alçak çalışma sıcaklığıyla büyük anlam taşır. Dar katılma aralığıyla özellikle kapiler sertlehimlemeye uygundur.

800°C çalışma sıcaklığına varılıp bunun biraz üstünde durmak gerektiğinde L-Ag 5, L-Ag 12 ve L-Ag 12 Cd kullanılır; sonuncusu sadece önceden yerleştirilmiş olarak, L-Ag 12 de, dar katılma fasılası dolayısıyla, sadece kapiler sertlehimlemede kullanılır.

Çalışma sıcaklığının 700°C'm biraz üstüne çıkması halinde fosfor içeren sertlehimin fazla gevrek olup olmadığı denenecektir. Birçok halde rekristalize olmuş ana malzeme, sertlehimleme yerinin muhtemel eğilme yüklemeleri ya da şekillendirilmesine dayanacak yeterli uzama kabiliyetini haiz olur ve bu durumda da gümüşsüz L-Cu P8 ilâve metali artan bir anlam kazanır. Böyle bir sertlehimleme yerinin içyapısı şek. 181'de görülür. İlâve metalle ana metal arasındaki sınır yüzeyinde bakır tanelerinin ilâve metal içine geçişleri belirgindir. Böylece de gevrek sertlehim malzemesinin mekanik niteliklerinden de dayanıklı ana malzemeye kesin geçişi garantilenmiş olmaktadır ki bu, kuşkusuz, uygun olmaktadır. Bununla birlikte, L-Ag 2P ilâ L-Ag 15P'ye kadar sertlehim malzemesinde olduğu gibi gümüşlü ilâve metali,

sertlehimleme yerinin gevrekliğinde belirgin bir azalma hasıl eder ve bu, her şeyden önce sürekli titreşimlere maruz birleştirmelere uygun olur.



Şek. 181.- L-CuP8 ile sertlehimlenmiş bakır. x 250

Fosfor içeren ilâve metallerin bir başka avantajı da bunların bakır üzerinde dekapana gerek göstermeden kendiliğinden akmaları ve buharlaşan herhangi bir bileşen içermemeleridir.

Saf bakır her sertlehimleme sıcaklığında rekristalize olup zayıfladığından sertlehimlenmiş yerin mukavemeti konusu belirgin olur. Ana metal, birleştirme yeri ve bunun civarında her halükârda 22 kp/mm² yi geçmeyen bir çekme mukavemetini haiz olur. Sertlehimleme dikişinin mukavemeti için ilâve metalin dökülmüş haldeki mukavemeti esas alınacaktır. Ana metalin sınır yüzeyinde gerçek kristal türlerinin oluşmasına götürebilecek difüzyon olayı, sözü edilen ilâve metallerle bakır parçalarının sertlehimlemesinde vaki olmaz. Sertlehimlenmiş bakır parçalarının lehim dikişi çekme mukavemeti daima civardaki ana metalinkinden yüksek olur. Fazla yüklemekten meydana gelen kopma, sertlehimleme yerinden başka bir yerde vaki olur.

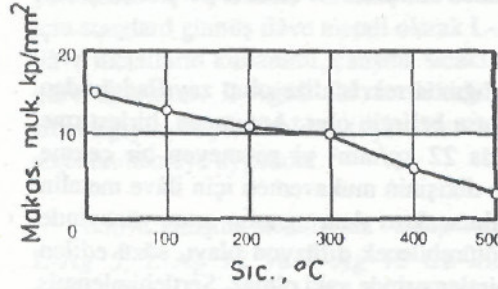
Bindirme birleşmesinde makaslama gerilmelerinin irdelemesinde genellikle (*t*) bindirme uzunluğu iş parçasının (*s*) kalınlığına göre saptanır. Her ne kadar sertlehimlemelerde bundan hayli yüksek ise de lehimin makaslama mukavemeti 10 kp/mm² olarak alınır ve buna göre saf bakırda $l=2s$ olması yeterlidir. Sertlehimleme aralığı yakl. 0,1 mm olmalıdır; bu aralık 0,05 ile 0,3 mm sınırlan içinde bulunabilir. Muhtemel eğilme yüklemeleri veya ince iş parçalarının kırılması veya daha sonra vaki olması muhtemel şekil değiştirmeler dikkate alınarak bindirme miktarı daha büyük alınır ama nadiren $l=4s$ 'i aşar.

DİN 8513'un tablolarında görülen çinko veya kadmiun içeren ilâve metaller nadiren gözeneksiz sertlehim yeri sağlarlar. Genellikle gözeneklik, çalışma sıcaklığıyla artar. Daha önce zikredilmiş önlemlerin alınmasıyla boşluk alanları toplamı, bütün sertlehimleme alanının %10'unun altında tutulabilir. Bu sınır içinde kaldığı sürece pratikte mekanik niteliklere zarar vermesinde korkulmaz.

Yüksek sıcaklıklarda lehim yerinin çekme ve makaslama mukavemetleri düşer (Şek. 182).

Keza elektriksel iletkenlik de ilâve metal seçiminde başat etkindir. Bu metalin bütün türlerinin iletkenliği bakırınkinden önemli şekilde düşüktür. Pratikte bu fark daha önce de görmüş olduğumuz gibi herhangi bir rol oynamaz ve ihmal edilebilir. Ama elektriksel iletkenliğin ilk plana çıktığı hallerde L-Ag 72 ya da saf gümüş kullanılır. Bunların iletkenliği $32Q/m.mm^2$ olup saf bakırınkinden %56'sıdır.

Sertlehimleme yerinin korozyon mukavemeti ve elektriksel iletkenliği



Şek. 182.- Bakırın L-Ag15P ile sertlehimleme yerinde sıcaklıkla makaslama mukavemetinin değişmesi

Bakır, korozyon etkilerine karşı dayanması gereken iş parçası malzemesi olarak sık kullanılır. Bu husus serdenim malzemesi seçiminde dikkate alınacaktır. Normal içme ve kullanma suyu, besin maddeleri sıvıları, organik çözeltiler ve sulandırılmış asit ve bazlarla teknik gazlar, ana metala yaptıklarında fazla sertlehimleme yerini tahrip etmezler.

Tehlikeli olan bütün oksitleyici ve kükürt içeren ortamlardır. Korozyon sorunu, tahrip edici ortamın sertlehimlenmiş balarla temas etmesi halinde her zaman özenle kontrol edilecektir.

Keza elektriksel iletkenlik de ilâve metal seçiminde başat etkindir. Bu metalin bütün türlerinin iletkenliği bakırınkinden önemli şekilde düşüktür. Pratikte bu fark daha önce de görmüş olduğumuz gibi herhangi bir rol oynamaz ve ihmal edilebilir. Ama elektriksel iletkenliğin ilk plana çıktığı hallerde L-Ag 72 ya da saf gümüş kullanılır. Bunların iletkenliği $32ti/m.mm^2$ olup saf bakırınkinden %56'sıdır.

Dekapan olarak da, çalışma sıcaklığına göre F-SH1 veya F-SH2 tipi kullanılır. Bunlar bakır üzerinde oluşan bakır dioksit ve bakır monoksit tabakalarını kolaylıkla çözerler.

b) Özel bakırlar

Bu grup, adi bakırlarda elde edilmeyen özel nitelikleri dışında yüksek elektriksel iletkenlik arz eden bazı alaşımları içerir. Kurşun, tellür, selenyum ve kükürtlü bakırların

(talaşlı) işlenebilirliği, adi bakırlarinkinin 20 olmasına karşın yaklaşık 80 mertebesinde (serbest kesme-imalât-pirinçlerininki 100). Bunlar büyük ölçüde irtibat parçalarında kullanılır.

c) Yüksek bakırlar

Bu gruba küçük miktarlarda alaşım elementi ilâvesiyle artmış mekanik karakteristikli bakırlar dahil olmaktadır. Kromlu bakırlar (şek. 183) 55 kp/mm² (517 MPa) ye varan çekme mukavemetinin yanı sıra, yaşlanma sertlehimlemesinden sonra yakl. % 80 IACS iletkenliği haizdirler. Zirkoniumlu bakır kromlu bakıra göre daha düşük mukavemet arz etmekle birlikte iletkenliği % 90 AICS'tir.

Bakır-berilyum alaşımları (berilyumun zehirli madde olduğu unutulmayacaktır) iki tiptir: biri % 1,5-2 Be, öbürü % 0,5 Be lu. Tavlama sırasında tane büyümesini sınırlamak için bu alaşımlara Co ilâveleri yapılmaktadır. Yaklaşık % 0,5 Be'lu alaşımlar daha yüksek iletkenliği ama daha düşük mukavemeti haizdirler.

Soğuk işlenmeden sonra 370 ilâ 760°C arasında sıcaklık alanında tavlama ile yumuşatılabilir. Tavlama sıcaklığında su verildiğinde *a-fi* pirinçleri artan bir sertlik arz ederler şöyle ki havada ya da ocakta soğumadan sonra bulunandan daha çok β fazından daha yüksek oranda bulunur. 260 ilâ 370°C'ta yapılmış bir gerilim giderme işlemi, çatlama olasılığını azaltır.

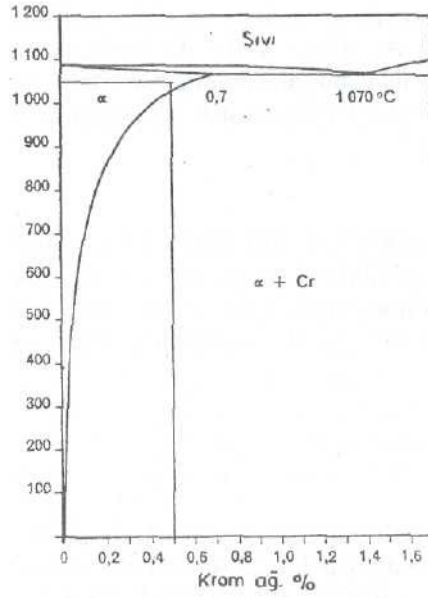
d) Kurşunlu pirinçler (şek. 185)

% 'li aşmayan küçük gümüş, kurşun, tellür, selenyum veya kükürt ilaveli bakırlar kendi kendine dekapanlayan BCuP ilâve metalleriyle hemen sertlehimlenebilirse bir dekapanın kullanılması ve ilâve metal henüz sıvı haldeyken komponentler arasında bir kayma hareketi, ıslatma etkisini artırır. Berilium, krom veya zirkonium içeren bakırlar çökme sertleşmesine uğrayabilirler. Bu bakırların yaşlanmış koşulda sertlehimlenmesi bunların mekanik karakteristiklerini bozar. Bununla birlikte sertlehimlemenin eriyik ısı işlemleriyle birleştirilmesinin mümkün olduğu hallerde nitelikler, sonradan bir yaşlandırma işlemiyle kısmen bile olsa, geriye getirilebilir.

Bakır - Çinko alaşımları (pirinçler)

Genel olarak pirinçler üç kategoriye ayrılır: % 20'den az Zn içerenler, % 20'den çok Zn içerenler ve alaşımlı pirinçler. Yüksek sıcaklıklara ani olarak maruz kalan (kaynak işlemlerinde olduğu gibi) gerilme altında pirinçler çatlama eğiliminde olurlar. Bu gibi olumsuz durumlardan kaçınmak için yüksek derecede gerilmiş malzeme, tedrici olarak sertlehimleme ya da ısı işlemleri sıcaklıklarına getirileceklerdir.

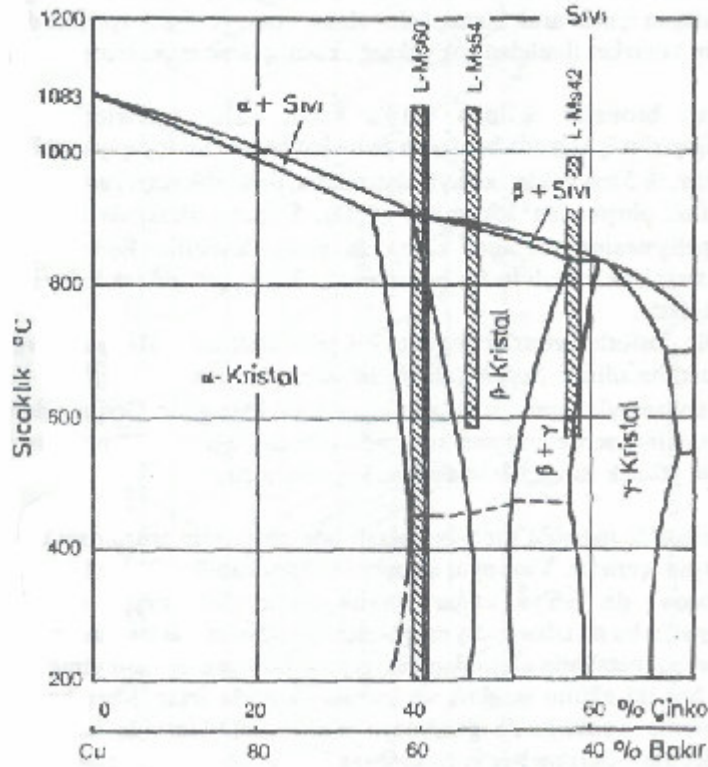
Bazı özel mekanik ya da korozyon nitelikleri yükseltmek üzere başka elementler de pirinçlere eklenir: Al, Mn, Sn, Fe, Si, Pb ve Al. Bunlar ya tek tek ya da birlikte eklenir ama toplam oranlar % 4'ü geçmez. Bu ilâvelerin pirinçlerin sertlehimlenme karakteristikleri üzerinde önemli etkileri olabilir.



Şek 183.- Cu-Cr diyagramının bakırdan yana zengin bölümü

Beriliumlu bakır 788°C'a ısıtılıp hızla soğutulmak suretiyle sertlehimlenip eriyik ısıl işlemlerine tâbi tutulabilir. Bundan sonra yakl. 315°C ta yaşlandırmayla maksimum sertlik elde edilir. Sertlehimlenecek kesitlerin ince olması ve hızla soğutulabilmesi halinde çoğu kez eriyik ısıl işleminden geçmiş beriliumlu bakırın, 620 ile 650°C alanında sertlehimlemek, hızla su vermek (soğulmak) ve elde edilebilen maksimum sertliğe yakın bir sertliğe yaşlandırmak mümkün olur. Uygun bir ıslatma elde etmek için beriliumlu bakırın birleşme yüzeyleri sertlehimlemeden hemen Önce talaşla işlenecek veya mekanik abrazyona tâbi tutulacaktır. Birleşecek yüzeylerden berilium oksidini kaldırmak için yüksek flüorür içerikli bir dekapan kullanılacaktır.

Krom ve zirkonîumlu bakırlar eriyik işlemi mertebesinde (örneğin 980°C) bir sıcaklıkta sertlehimlendiklerinde parçaların sertlehimleme sıcaklığından hızla soğutulabilmeleri şartıyla sertlehimleme ve eriyik işlemi birleştirilebilir, istenilen mekanik nitelikleri ve elektriksel iletkenliği elde etmek için sertlehimlenmiş parçalar daha sonraki bir işlemle yaşlandırılabilirler.



Şek. 184.- Bakır-çinko diyagramı

Kurşun genellikle (talaşlı) işlenebilirliği artırmak için pirinçlere % 5'e kadar katılır. Bunun çekme mukavemeti üzerinde etkisi olmaz; ama gerilmiş ve ısıya maruz malzemelerde çatlama olasılığını artırır. Kurşunun korozyon mukavemetine etkisi yoktur fakat sertlehtirilebilirliğe olumsuz etki yapar.

e) Bakır-kalay alaşımları (fosfor bronzları)

Desoksidan olarak döküm sırasında % 0,03 ilâ 0,4 fosfor eklendiğinden bu element alaşım içinde artık olarak kalır. Kalay oranı ve soğuk işleme derecesine göre fosfor bronzları ılımlıdan çok yükseğe kadar çekme mukavemetini haizdirler.

Ticari bronzlar %1'den %10'a kadar kalay içerirler*. Tamamen homogenleştirilmiş koşulda bunlar, α pirincine benzer bir içyapıya sahip tek fazlı alaşımlardır. % 5'ten yukarı, kalaylı alaşımların, dendritik segregasyon (toplanma) ve bir $J3$ fazı oluşmadan dökümleri güçtür. Soğuma sırasında bu fi fazı bir S fazının gelişmesine yol açar ki bu da gevrekleşebilir. Elektriksel ve ısıl iletkenlikler, alçak kalaylı fosfor bronzlarında düşük, çok yüksek kalay içeriklerinde çok düşüktür.

Bütün fosforlu bronzlar soğukta iyi şekil alabilme kabiliyetini ve yüksek mukavemeti haizdirler. Soğuk çalışmadan sonra hasil olan sertlik 480 ile 760°C arasında tavlama ile yumuşar ve alaşım malleabl hale gelir. Gerilme durumunda fosfor bronzları sertlehtirme

sırasında çatlama eğiliminde olup bu nedenle bunlara ani yüksek ısı uygulanmasından kaçınılacaktır.

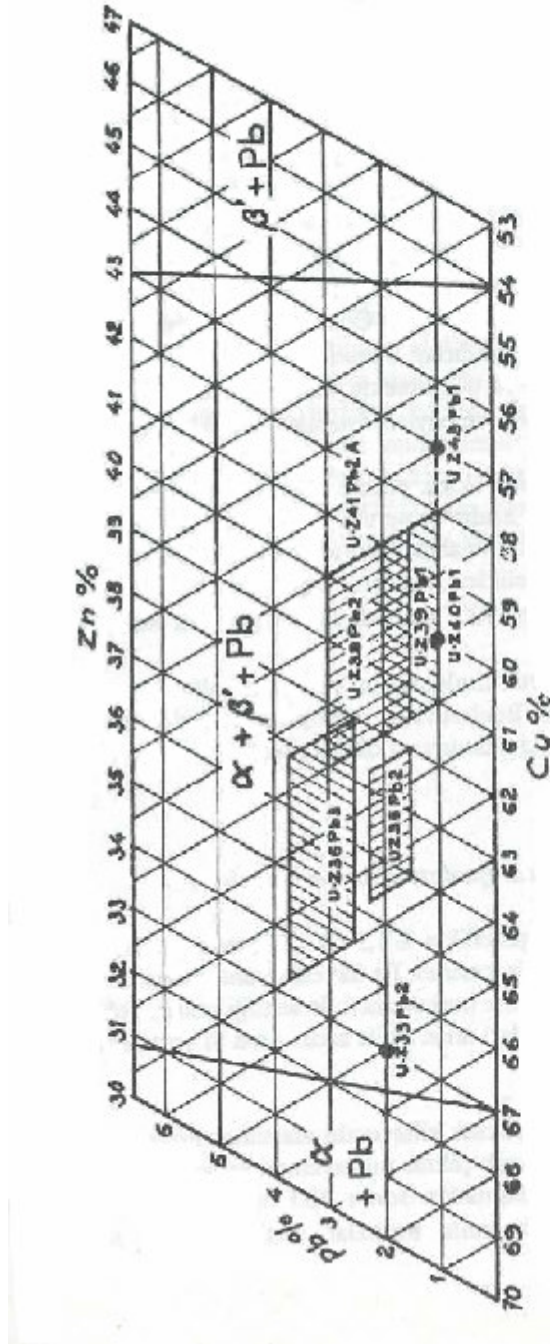
Bazı hadde mamulü bronzlar talaşlı işlenebilirliğin artırılması için %4,5'a kadar kurşun içerirler. Yine aynı amaç ve döküm kabiliyetinin İslahı için birçok dökme bronz da %6'ya kadar kurşun içerir. Bu kurşun sertlehimleme sıcaklıklarında bu metallerin dışına çökebilir; ilâve metal tarafından ıslatılmayı önleme ve bu metallerle alaşımlanarak gevrek birleşmeler hasıl etme eğiliminde olur. Bu her iki eğilim sıcaklık ve kurşun oranıyla artar. Keza bu alaşımlar, sertlehimleme sıcaklığında gerilmeye maruz kaldıklarında hemen çatlama eğilimindedirler. Gerilmeleri yoğunlaştıran keskin köşeleri haiz birleşmelerin ve sıcaklık değişmeleriyle aşın ısı gerilmeler hasıl eden büyük kesik değişmeleri olanların sertlehimlemesinden kaçınmak çoğu kez gerekli olur.

Bunların ayrıntıları, uluslararası norm ve kullanılma yerleri için bkz. *Nomenclature de aJJIages cuivreux. Editions lechniques des Industries de la Fonderie, Pa.ris 1965*

f) Bakır-âlüminyum alaşımları (alüminyum bronzları)

Alüminyum bronzları, % 3 ilâ 13 Al ile değişen oranlarda Fe, Ni, Mn ve Si (veya bunlarsız) içeren yüksek bakır alaşımları olup iki tipe ayrılırlar. Bunlardan ilkinde, ısı işleme faz değişmesine uğramayan alaşımlar, *a* veya tek faz alaşımları dahildir, ikinci tip ısı işleme sertleştirilebilenleri, nitelikleri bileşim ve ısı işleme bağlı olan ikili veya daha çok fazlı alaşımları içerir. Bu her iki tip alüminyum bronzları düşük elektriksel ve ısı iletkenliği haizdirler. α fazlı Al-bronzlan göreceli olarak yüksek çekme mukavemeti, yüksek tokluk, iyi süneklik ve ılımlı sertlikle belirgindirler. Oldukça geniş bir plastik aralığa sahip olup 785 ve 900°C arasında işlenebilirler. Keza soğuk şekillendirilmeye de yatkındırlar; bununla birlikte hızla sertleşirler ve genellikle ağır haddeden çekme ve döğülmekte kullanılmazlar. 482 ile 760°C arasında tavlanarak yumuşatılabilir ve böylece istenilen niteliklere varabilirler. İkili alaşımlar çok yüksek çekme mukavemetini haizdirler. Alüminyum oranı arttıkça süneklik azalır ve sertlik artar ve bu sert grade'ler metal metala aşınma uygulanmalarında ve abrazif koşullar altında çalışmada çok aranılır, ikili alaşımların fiziksel nitelikleri, bunları, Özgül bileşimlerine göre 845 ile 955°C arasında su verip 425 ile 650°C arasında menevişleyerek ıslah edilebilir.

Bu alaşımlar sertlehimlenirken refrakter alüminyum birleşmelerinin oluşması zorluk çıkarır. Bunların kuru hidrojen atmosferlerinde sertlehimlenmeleri tavsiye edilmez şöyle ki alüminyum oksitler redüklenmeyip ilâve metalin akışını engeller.



Şek. 185.- Cu-Zn-Pb diyagramında kurşunu pürüncülerin bileşim alanları

g) Bakır - silisyum alaşımları (silisyum bronzları)

Cu - Si alaşımları genellikle % 1,5 ilâ 3,25 arasında silisyumla % 1,25 veya daha az Zn, Sn, Mn ve Fe içerirler, Fe ilâvesi (muhtemelen demir silisyürlerinin oluşması dolayısıyla) çekme mukavemetiyle sertliği artırır. Tokluk ve makaslama mukavemeti (% 3,5 a kadar) artan Si ile artar. Ama Si oran artınca elektriksel ve ısı iletkenlikler azalır.

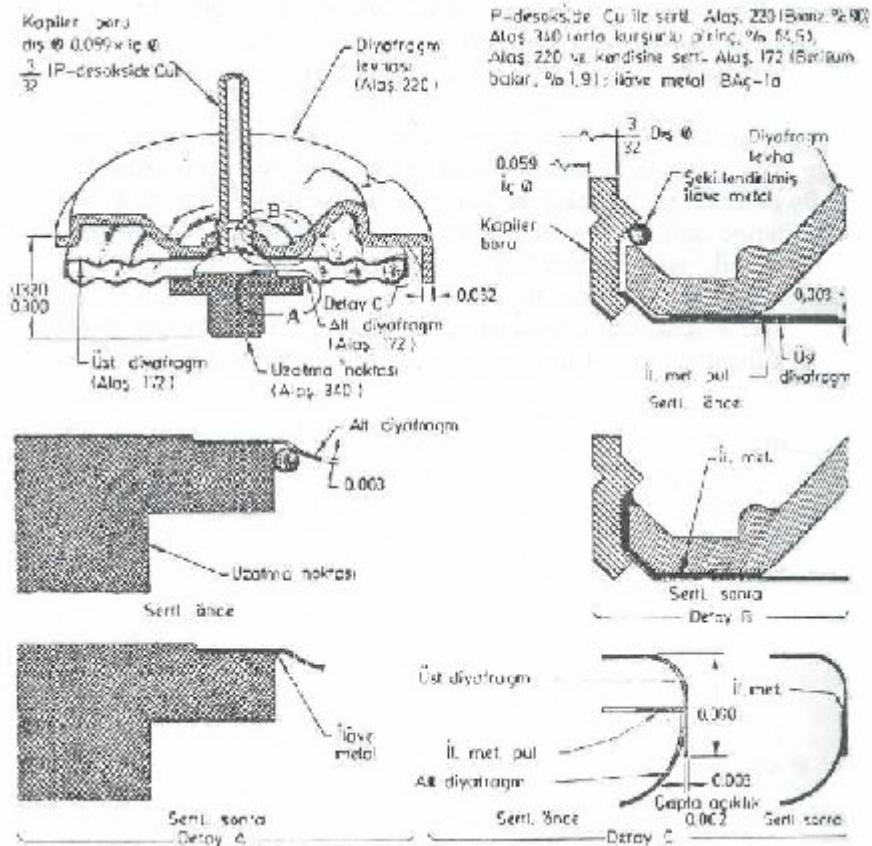
Soğuk çalışmayla yüksek silisyumlu alaşımlar hızla sertleşirler ve soğuk işlenmiş mamullerde yüksek çekme mukavemeti ve sertlik elde edilebilir. Bütün bu alaşımlar soğuk çalışmadan sonra 480 ilâ 760°C arasında tavlanarak yumuşatılabilirler. Silisyumlu

bronzlar sertlehimleme sırasında çatlama eğiliminde olup bu eğilim, artan silisyum oranıyla artar. Bu alaşımların tümü ergimiş ilâve metal tarafından gerilme çatlamasına manız bırakılırlar, bu yüzden ısıtılma sırasında aşın gerilmelerini önlemek üzere iyice tespit edileceklerdir.

k) Bakır - nikel alaşımları

% 5'den 30'a kadar nikel içeren Cu-Ni alaşımları satışa arz edilmiş olup imalâtta genellikle kullanılanlar % 10, 20 ve 30 Ni' li olanlardır. Bu alaşımlar ayrıca az miktarda Fe, Mn veya Zn gibi alaşım elementleri de içerebilirler.

Cu - Ni alaşımları ılımlı derecede yüksek çekme mukavemeti, iyi süneklik ve tokluğu haiz olmakla birlikte bunların elektriksel ve ısıl iletkenlikleri düşüktür. Bu iletkenlikler, Ni oranı arttıkça azalır. Bu alaşımlar iyi sıcak çalışma karakteristiklerine sahip olmakla birlikte sıcakta dögülmeye çok müsait değillerdir. Soğuk işleme nitelikleri mükemmel olup bunların alçak nikellilerinin maleablık derecesi, bakırinkine yakındır. Bunlar çalışma sertleşmesine hızla uğramadıklarından derin çekme, basma ve eğirme (örme) işlemlerinde kullanılabilirler, istenilen niteliklere göre 650 ile 870°C arasında tavlanylrlar.



Şek. 186.- Bakır ve üç değişik bakır alaşımından, bir azot esaslı atmosferde hızlı ısıtım; temposuyla sertlehimlenmiş körük. Atmosfer: % 75N₂, %25 H₂. ilâve metal: önceden şekillendirilmiş BAg-la. Dekapan yok; sertlehimleme sıcaklığı: 635°C

i) Bakır - nikel - çinko alaşımları (nikel gümüşleri)

Bezeme amaçlarıyla görünürde gümüşe benzetmek ve mukavemetle korozyona dayanımın artırılması için Cu - Zn alaşımlarına nikel eklenir; meydana gelen alaşımlara nikel gümüşleri adı verilir. Bunları eskiden "Alman gümüşü" denirdi.

Bu alaşımlar iki genel tipe ayrılır: (1) % 65 Cu artı Ni içerip tek bir *a* fazından ibaret olanlar. (2) % 55 ilâ 60 Cu artı nikel içerip iki *a* ve (5 fazlarından ibaret olanlar. Mn ve Mg bunlara eklenerek serbest kükürt redüklenir. Ağır şekil verilmede (% 37 soğuk haddelenme), akma mukavemeti 50 kp/mm²(480 MPa) ye kadar yükselir. Bu alaşımların her iki iletkenliği İyice düşüktür.

Tek fazlı nikel gümüşleri demir çekme, basma ve eğrilme (Örme) ye uygundur. Geniş bir sıcaklık alanında iyi bir plastiklik arz etmeleri dolayısıyla iki fazlı nikel gümüşleri, alışlagelmiş yöntemlerden herhangi biriyle sıcak çalışılabilir. Her ne kadar istenilen niteliklere göre 482 ile 704°C arasında tavlanmakla yumuşatılabilirlerse de, iki fazlı alaşımların soğuk çalışılması güçtür.

j) Farklı alaşımların sertlehimlenmesi

Yukarıdaki gruplardan herhangi bir alaşım bir başka grubun bir alaşımıyla genellikle sertlehimlenebilir. Mamafih, uygunluğun sağlanabilmesi için sertlehimlenme sıcaklığı, ilâve metal ve dekapanın seçiminde bazı uzlaşmalar gerekli olabilir. Örneğin bir bakır parçasının alüminyum bronz parçaya sertlehimlenmesinde çalışma sıcaklığı yüksek ergime noktalı bakıra göre değil, alçak ergime noktalı bronzla göre seçilecek ve bakırın bir BCuP serisi ilâve metalle dekapansız sertlehimlenebilmesine rağmen bronzla uygun bir dekapan kullanılacaktır.

Üç ya da daha fazla bakır alaşımının tek bir bütün içinde birleştirilmesi sık görülür (Şek. 186)

İlâve metaller

Bakır alaşımlarını birleştirmenin etkin yolu sertlehimleme olup 618 ilâ 871°C sertlehimleme sıcaklığı gümüş esaslı ilâve metallerle 704 ilâ 816°C sıcaklığı gerektiren bakır - fosfor ilâve metaller en çok kullanılanlarıdır. Bütün RBCuZn, BCuP, BAu ve BAg ilâve metaller, bakır esaslı metallerle kullanılmaya elverişlidirler. BCu ilâve metali Cu - Ni alaşımlarını sertlehimlemede kullanılabilirse de öbür bakır esaslı metallere uygun olmayacak kadar yüksek bir likidusa sahiptir.

Bakır ve alaşımlarının sertlehimleme rehberi

Malzeme	Genellikle kullanılan ilâve metaller	AWS serti.	AWS serti.	Mülâhazat
Bakırlar	BCuP-2**, BCuP-3** BCuP- 5** RBCuZn, BAg-1a, BAg-1 BAg-2, BAg-5, BAg-6 BAg-18	1 veya 2 veya	3 veya 5	Oksijen taşıyan bakırlar hidrojen içeren atmosferler içinde sertlenimlenmeyeceklerdir
Yüksek bakırlar Kırmızı	BAg-8, BAg-1 BAg-1a, BAg-1, BAg-2 BCuP-5, BCuP-3, BAg-5, BAg-6, RBCuZn	1 veya 2 veya	3A 3; veya RBCuZn için,	
San pirinçler	BCuP-4, BAg-1a, BAg-1 BAg-5, BAg-6 BCuP-5, BCuP-3	3 veya 4 veya	3	Serti, sayıklı kısa tutulacak
Kurşunlu	BAg-1a, BAg-1, BAg-2 BAg-7, BAg-18 BCuP-5	3 veya 4 veya	3	Serti, sayıklı kısa tutulacak ve seti. den önce gerilim giderilecek
Kalay pirinçleri	BAg-1a3Ag-1, BAg-2 BAg-5, BAg-6 BCuP-5, BCuP-3 (alçak Sn için RBCuZn)	3 veya 4 veya	3	
Fosfor bronzları	BAg-1a, BAg-1, BAg-2 BCuP-5, BCuP-3 BAg-5, BAg-6	1 veya 2 veya	3	Seril, den önce gerilim giderilecek
Silisyum	BAg-1a, BAg-1, BAg-2	4 veya 5	3	Seril, den önce gerilim giderilecek. Abrazif temizleme faydalı olabilir.
Al. bronzları	BAe-3, BAg-1a, BAg-1	4 veya 5	4	
Nikelli bakır	BAg-2 BAg-1a, BAg-1, BAg-2 BAg-18, BAg-5 BCuP-5, BCuP-3	1 veya 2 veya 5	3	Seril, den önce gerilim giderilecek
Nikel gümüşleri	BAg-1a, BAg-1, BAg-2 BAg-5, BAg-6 BCuP-5, BCuP-3	3 veya 4 veya 5	3	Seril, den önce gerilim giderilecek. ve üniform ısıtma yapılacaktır

* Asal gazlar, hidrojen dahil veya vakum atmosferleri genellikle kabul edilir. (AWS tip 6 veya 9 veya 10).
Bunların maksimum çığ noktalarına uyulacaktır.

** Bakırın sertlehimlemesinde koruyucu atmosferler gerekmezler.

RBCu Zn ilâve metalleri bakırları ve Cu-Ni, Cu-Si ve Cu-Sn alaşımlarını sertlehimlemede kullanılabilir. Bunların likidus sıcaklıkları pirinçlerle nikel gümüşlerine elverişli olamayacak kadar yüksektir. Bunların sertlehimleme sıcaklıkları, alüminyum bronzları için gerekli dekapan tiplerinin etkinliğini tahrip ettiğinden bu ilâve metaller, bu alaşımlar için de kullanılamaz.

BCuP ilâve metaller, Cu-Ni alaşımları dahil, bakır esaslı metallerin çoğuna uygundur. Bunlar 90Cu-10Ni'li alaşımların sertlehimlenmesinde kullanılmışlarsa da nikel içeren alaşımlara uygunlukları her uygulamada münasip deneylerle saptanmalıdır. Gerekli

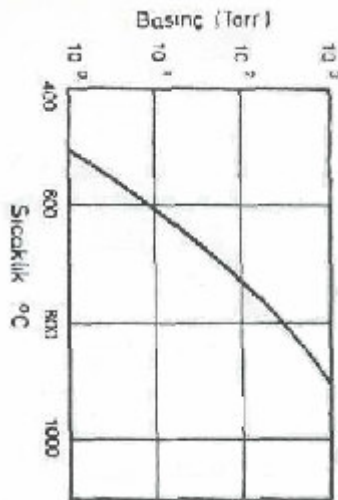
şekilde dekapanlamak ve fazla ısıtmadan kaçınmak üzere önlem alınması koşuluyla bunlar Standart dökme pirinç boru fittinglerinde kullanılan yüksek kurşunlu alaşımları sertlehimlemede kullanılır. Birleştirme yerinde gözeneklilik ve dolayısıyla burasının düşük mukavemeti nedeniyle bunlar berilyumlu bakırların birleştirilmesine tavsiye edilmezler.

B_{Ag} ilâve metaller bütün bakır esaslı metallerle kullanılabilir. B_{Au} serisi başlıca, bir alçak buhar basınçlı ilâve metalin gerekli olduğu durumlarda, elektronik uygulamalarda kullanılır. Çoğu kez bir bakır esaslı malzeme, korozyon direnci dolayısıyla ele alındığından bir ilâve metal seçiminde bu korozyon direnci önemli bir etmen olmaktadır. Cu - Ni, Cu - Si, Cu - Sn alaşımlarının bahis konusu olduğu birçok durumda RBCuZn ilâve metaller, bu alaşımlarla temasta uygun korozyon direncini göstermezler. Keza oda sıcaklığının üstünde kükürtlü atmosferlerde B_{Cu} P ilâve metallerinin kullanılması önerilmez.

Amerikan normlarına göre bakır ve alaşımlarının sertlehimleme rehberi aşağıdaki tablodadır.

Konuyu bir kez de DİN 8513 deki sertlehim malzemelerine göre irdeleyelim.

Bakırlı sertlehimler. Çok sayıda pirinç malzeme arasında sadece 4'ü (Blatt 1) ele alınacaktır: L-Ms60, özel alaşım L- SoMs, L-Ms54 ve L-Ms42. Bu sertlehimlerin içyapıları şek. 184'deki Cu-Zn denge diyagramında görülür. L-Ms60 ile L-SoMs, α kristal sınırında bulunan ($\alpha+\beta$) sarı pirinçleri olup bunlar preste şekil alabilirler ve tel halinde çekilebilirler. L-Ms54, daha koyu renkli bir β alaşımıdır. L-Ms42, daha gri renkli bir γ pirincidir.



Şek 187.- Sıcaklığa bağlı olarak çinkonun buhar basıncı

Çinko içeriği arttıkça serilenimin ergime noktası düşer. Çinko alçak sıcaklıkta kaynayan metallere aittir. Buhar basıncı şek. 187'de görülür. Bunun kaynama noktası atmosfer basıncında 906°C'tir. Esaslı düşük sıcaklıklarda çinko çok kuvvetli buharlaşır ki bu, daha 650'de rahatsız edici şekilde belirli olur. Çinko buharı zehirli olup ateşli "sarı dökme hastalığı"nın nedenidir. Havada çinko buharı oksitlenip çinko oksidi oluşturur; bu da ince dağılımı nedeniyle bir beyaz duman hasil eder.

Çinkonun bu buharlaşması Özellikle, bir Cu-Zn alaşımı redükleyici bir atmosferde ergitildiğinde, tehlikelidir. Eriyik ayrıca hidrojeni çözer ki bu da, dökümden sonra alaşımın katılaşmasında ayrılır ve gözenek meydana getirir. Pirincin sertlehimlenmesi ve kaynağında, veya pirinçle sertlehimleme ve kaynakta, ergiyikte mevcut çinkonun %10 ilâ 40'ı buharlaşır.

Çinkonun buharlaşması bazı önlemlerle sınırlandırılır:

1. Pirinç sertlehimle çalışma redükleyici atmosfer altında yürütülmeyecektir. Sertlehimleme alevi buna göre ayarlanacaktır. Lehim ergiyiki üzerinde, geçici dahi olsa mutlaka bir ince çinko oksidi kabuğu oluşup bu kabuk, dekapan tarafından hemen çözülmesine rağmen çinko buharının teşekkülüne engel olur.
2. En fazla çinko buharlaşması tehlikesi arz eden L-MS60, L-SoMs ve L-Ns az miktarda silisyumla alaşımlandırılmalıdır. (Blatt l'e bkz). İlâve metalin ergimesinde hasil olan kısa süreli silisyum dioksit, oksit tabakasının teşekkülünü güçlendirir, şöyle ki sertlehimleme sırasında ilâve metal ancak biraz "tüter".

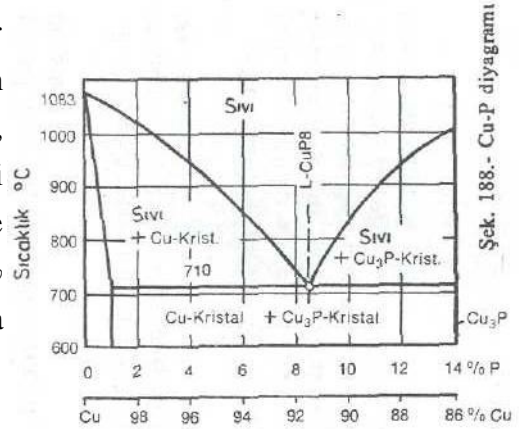
Bu itibarla sertlehimleme malzemesi imalcileri hiçbir surette bileşimi kontrol edilmemiş pirinç hurdası kullanmayacaklardır. Bilindiği gibi birçok pirinç türü kurşun içerir; bunun oksidi, bu ilâve metalin çalışma sıcaklığı civarında kaynar. Sadece % 0,1 oranında kurşun içeren pirinç ilâve malzemesi tümünden kullanılamaz halde olur ve birleştirme yeri tamir kabul etmeyecek şekilde gözenekli olur. Bu nedenle DİN 8513'te saptanmış azami % 0,03 Pb sınırı hiçbir surette aşılmayacaktır.

L-MS60 ile L-SoMs esasta ergime aralıklarından fark ederler. Bu aralık ilkinde 10°C'tan ibaret olup dar (kapiler) aralıklar doldurmaya çok elverişlidir. Öbürü daha çok kaynak ağızlı sertlehimlemelere (lehim kaynağına) uygundur. Daha geniş katılaşma alanlarına önce kalay ve manganez, ama nikel ve gümüş ilâvesiyle de varılabilir.

Alçak çalışma sıcaklıkları dolayısıyla L-MS54 ve L-MS42 de çinko buharlaşması fazla olmaz. Bu nedenle DİN 8513 bunlara silisyum ilâvesini öngörmemiş ve biraz daha fazla kurşuna müsaade etmiştir.

Bu nedenle sertlehim malzemesi olarak sadece ötektiğe yakın alaşımlar bahis konusu olur. Bu alaşımlar oda sıcaklığında çok gevrek olmakla birlikte yüksek sıcaklıklarda tel halinde çekilebilirler. Çekme sıcaklığı 450°C'in üstünde olup şekil verme sıcaklık aralığı oldukça dardır. En ince telin çapı 1,5 mm dir. 500°C'in üstünde alaşım haddelenebilir ve 0,3 mm kalınlığında saçlar elde edilebilir. Önceden yerleştirilmiş ilâve metalle çalışmada gevrekleşme bir gerçek engel olmaktadır. Lehim malzemesi halkası ve presli parçaları yüksek sıcaklıklarda şekillendirilmiş olmalıdır.

Gri rengi dolayısıyla L-Ms42 genellikle nikelli bakır alaşımlarında, özellikle yeni gümüşte (Alman gümüşünde) kullanılır. Bakır fosfor sistemi (şek. 188), bir ara kristal türü, gevrek Cu_3P bakır fosfürü bileşimi arz eder. Bakırla bakır fosfürü, 707°C ergime noktalı ve % 8,25 fosfor oranlı bir Ötektik meydana getirirler. % 14'den yukarı fosforlu alaşımlar atmosfer basıncında stabil olmaktan çıkarlar.



Bu sertlehim malzemesi iki nedenle yeğlenir:

1. Fosfor içeriği sertlehimleme sırasında kuvvetli bir redükleyici etki yapar. Böylece saf bakır ve bazen hafif alaşımlı bakır malzemeler üzerin de bu ilâve metalleri "kendiliğinden akar", yani dekapana gerek göstermezler.
2. Koruma gazlı ocak sertlehimlenmesinde kullanılabilir göreceli olarak alçak çalışma sıcaklıklı sertlehim malzemeleri arasındadır, içindeki kolay uçucu fosforun buhar basıncı bunda o denli alçaktır ki redükleyici atmosferde pratik olarak hiç fosfor sertlehimden kaçmaz.

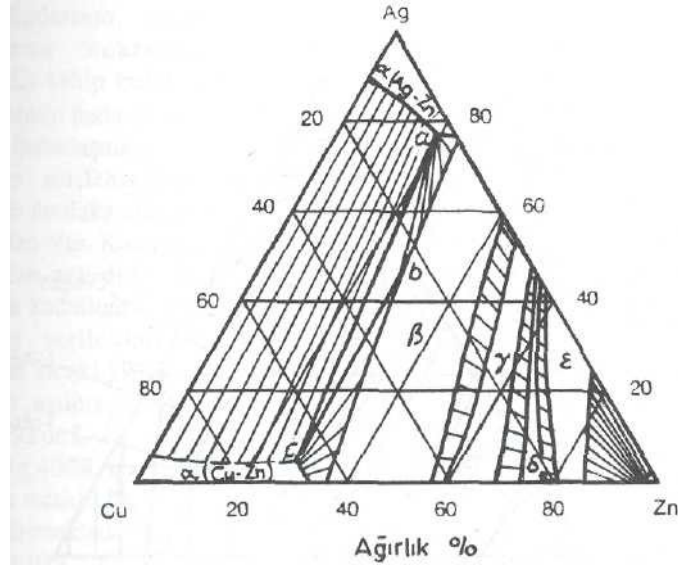
Gümüüslü ilâve metaller. Bunlar değişik ve ötekilerinin karşılayamadığı koşullara uygundur, ezcümle:

- Belirli çalışma sıcaklığının tutulması,
- Çekme, makaslama, eğilme mukavemetleriyle şekil alabilme kabiliyeti bakımından sertlehimleme yerinden beklenen niteliklere uygunluk,
- Daha yüksek ıslatma olanağı,
- Ana metalin rengine uygunluk,
- Korozyona yüksek mukavemet

Alçak çalışma sıcaklıkları ve iyi ıslatma olanakları sayesinde gümüüslü lehim malzemeleriyle daha kısa sertlehimleme süresi ve daha yüksek temizlik, yani sertlehimleme yerinde daha az son çalışma sağlanır; bunun anlamı çok daha yüksek bir çalışma produktivitesidir. Bütün bunlar gümüüşün yüksek fiyatını dengeler.

Başlarda verilmiş Cu-Ag diyagramında görülen alçak ergime noktalı ötektikten önceden yerleştirilmiş ilâve metalle örneğin ocak sertlehimlemede faydalanılır.

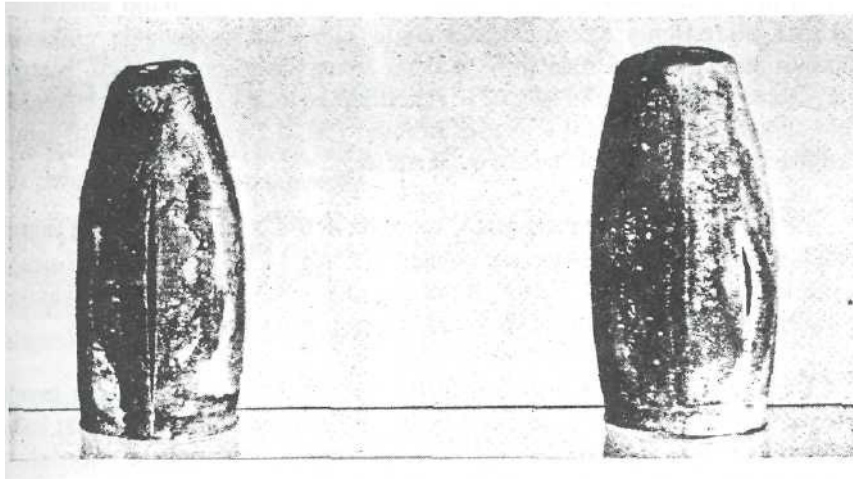
Bu ötektik alaşımı L-Ag 72 olarak da kullanılır. Bu yüksek gümüş oranı, buharlaşan çinko ya da kadmium gibi alaşım bileşimini içermemesi gereken hallerde, örneğin yüksek sıcaklıklarda koruma gazlı ocak ya da vakum sertlehimlemede anlamlı olmaktadır. Bunun dışında şek. 189'daki deney sonuçları ayrıca çok şeyi ifade etmektedir: gümüşlü ilâve metalin fiyatı, ilk ağızda korkutmamalıdır.

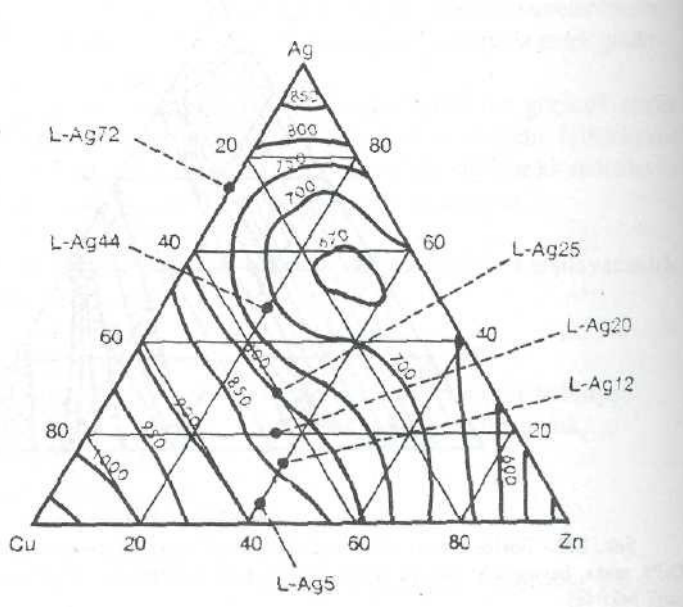


Şek. 189.- Fosfor içeren ilâve metallerle sertlehimleme yerinin patlama deneyi (Sol, L-CuP8, maks. basınç 200 atü, yarık dikişte); (sağ, L-Ag15P ve L--Ag2P, maks. basınç 400 atü, yarık bakırda).

Şek. 190.- Ag-Cu-Zn diyagramı, katılaşma sonunda

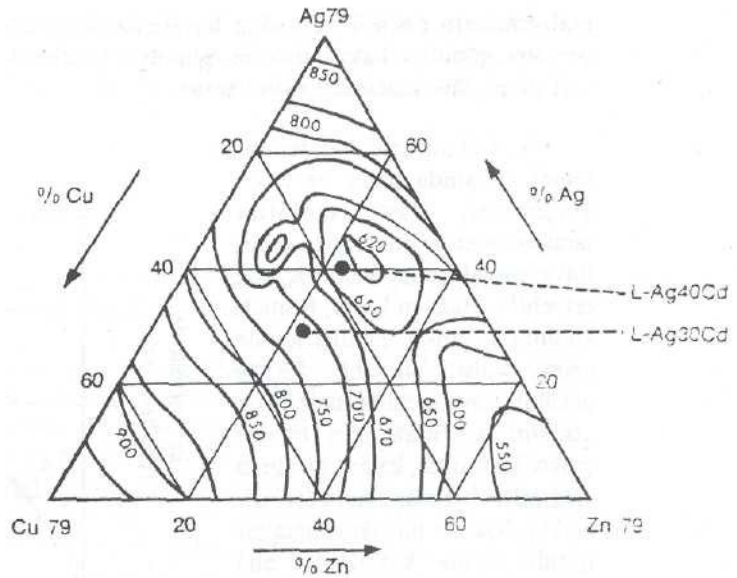
Üç malzemeli alaşımların şekil ve ergime noktaları şek.189 ve 190'da görülür.





Şek. 191.- Ag-Cu-Zn diyagramı, likidus isotermleri

Likidus isotermlerinden görüldüğü gibi likidus sıcaklıkları, %50 Ag sınırına kadar 730°C'ın altına inmez. Normlaşmış sertlehim malzemelerinin çalışma sıcaklıkları tamamen bunun üstündedir. 800°C çalışma sıcaklığı aşıldığında yukarıda zikredilmiş sakıncalar, ezcümle gümüşlü malzeme çinkonun buharlaşmasından hasil olan sertlehimleme dikişinin gözenekleşmesi, belirgin olur. Bunun için, örneğin L-Ag20'yi genellikle kaynak ağızlı sertlehimlemede (lehim kaynağında), daha alçak oranda (% 0,2'ye kadar) silisyumla alaşımlandırarak kullanmak, amaca uygun düşer.



Şek. 192.- %21 kadmiumlu Ag-Cu-Zn denge diyagramı, likidus isotermleri

L- Ag 25 de, Önce pirinç rengi, sonra da 400°C'a kadar sıcaklığa maruz sertlehimleme yeri dolayısıyla sık kullanılır. L-Ag 44 bu anlamda yine sıcağa dayanıklı olarak telakki edilir. Buna karşılık öbür malzemelerle yapılan birleştirmeler 300°C'ın üstünde bir sıcaklığa maruz bırakılmamalıdır.

Üç malzemeli sertlehimlerin bazı İlâvelerle ıslah edilebildiğini çok sayıda deney göstermiştir. Pratik sonuçlara Mn, Ni ve Cd ile varılmış olup bunlar bakır malzemeler için az anlam taşır. Kadmiumun yardımıyla, sertlehim gevrekleşmeden çalışma sıcaklığını 600°C'a kadar düşürmeye muvaffak olunmuştur.

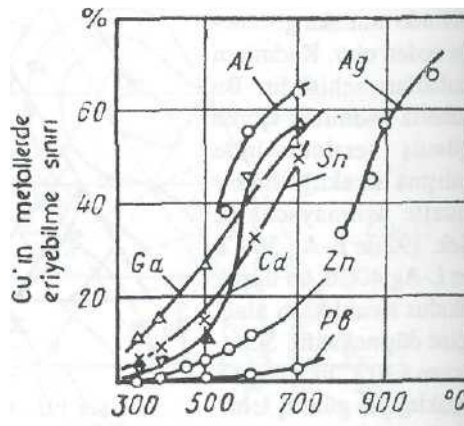
Kadmium, alçak kaynama noktasına (770°C) sahip bulunup sertlehimin fazla ısıtılmasıyla buharlaşmaya başlar ve sertlehimleme yerinde mutlaka gözeneğe neden olur. Kadmium buharları zehirlidir. Bu itibarla kadmium içeren gümüş sertlehiminde çalışma sıcaklığı hiçbir surette aşılmayacaktır. Şek. 192'de L-Ag 30 Cd ve L-Ag 40Cd, en düşük likidus sıcaklıkları alanı İçine düşmektedir. Sonuncusu 610°C'lık çalışma sıcaklığıyla gümüş lehi-himi olarak geniş kullanma sahası bulmuştur.

Rengi açık sarı olup sertlehimleme yeri çok iyi dögülebilir ve soğukta iyi şekil alır. L-Ag 30 Cd da iyi şekil alabilen birleştirme yeri sağlar ve açık pirinç rengindedir. L-Ag 20 Cd, geniş katılma aralığı ile belirgin olup bu nedenle geniş (kapiler) aralıklarla lehim kaynağına Özellikle uygundur.

Aynı parçalar üzerinde birkaç birleşme yerinin kademeli sertlehimlemesinde ilk birleş-tirme sertlehiminin sadece likidusu değil, aynı zamanda solidusunu da dikkate almak gerekir. İkinci lehimin likidus sıcaklığı birincisinin solidusundan mümkün olduğu kadar aşağı olacaktır. Bu itibarla kadmium içeren sertlehimler, ilk birleştirmede nadiren kullanılır.

DİN 8513'teki fos-forsuz gümüş sertlehim malzemeleri dekapanla kullanılırlar. Dekapanın istenmemesi halinde fosfor içeren "kendinden akan" ilâve metaller yerleştirilir. Keza dayanıklı gümüş ilâve metallerle, yakl. %0,2 kithiumla alaşımlandırılmak koşuluyla dekapsız olarak çalışılabilir

Normlaşmış ilâve metallerin yanı sıra özel amaçlar için, örneğin kolay buharlaşan çinko ve kadmium bileşenlerinin kullanılmadığı yerlerde çok sayıda sertlehim malzemesi vardır. Elektron tüpleri ve sair vakum kaplarında bakır malzemelerin önemli yeri olup buralarda, sözü edilen ötektik L- Ag 72'nin yanısıra gümüş - bakır- indium, gümüş - bakır- altın ve de gümüş - bakır -palladium ilâve malzemeleri kullanılır.



Şek. 193.- Sıcaklığa göre bakırın ergimiş metaller içinde erime kabiliyeti

Sertlehimleme (ve lehimleme) sırasında bakır ve bakır alaşımları, ilâve metal lar tarafından erozyona uğratabilir, ilâve metaller da bakır içinde eriyebilir. Bakırın kalay, bismüt, kadmium, çinko, gümüş içinde erime kabiliyeti şek. 193'te görülür, ilâve metallerin erozyon etkisini artırmak için bunlar çinko, kadmium, kalay, galiumla alaşımlandırılmış metaller olmakta, bakırın bu ilâve metaller içinde erime kabiliyeti, ana metalin ilâve metala eğilimi ölçüsünde artar. 500 ilâ 550°C in üstünde sıcaklıklarda kadmium ve çinko özellikle eroziftir.

Bakırın kalay, kadmium, çinko içinde erime derecesinde özellikle dik bir artış $V_1/A > 4,0$ sıvı faz özgül hacim için görülür, (A, temas yüzeyi). En alçak ergime noktalı metaller arası birleşmenin peritektik dönüşümüne yakın sıcaklıklarda (ısı stabilite düzeyi), bakır ergimiş ilâve metal içinde eritme süreci engellenir, ki bu da, örneğin yüksek sıcaklıklarda birleştirme gerektiğinde erozyon derecesini azaltmak gibi sertlehimleme koşullarını seçerek, faydalı işe dönüştürülebilir. $V_1/A = * 0,02$ ile (ocakta kapiler sertlehimleme vb), birleştirmede sınırlayıcı bakır konsantrasyonuna varıldığında erozyon derecesi keskin şekilde azalır.

Göreceli olarak yüksek erozyon kabiliyetleri dolayısıyla çinko esaslı ilâve metal ler bakır ve alaşımlarına 500°C ve daha aşağı sıcaklıkta birleştirmede kullanılır. 500°C'in üstünde sıcaklıklarda sertlehimlemede, ergimiş çinko ilâve metalleriyle ana metalin teması mümkün olduğu kadar kısa olacaktır; bu nedenle endüksiyon veya direnç ısıtması en iyi seçim olmaktadır.

Bakır ve alaşımları ergimiş gümüş ve Cu-P ilâve metaller içinde, Cu-Ni alaşımları da ergimiş bakır içinde serbestçe eriyebilirler; sertlehimleme süresi, katı ve sıvı fazlar arasında temas süresini azaltmak için kısa tutulacaktır.

Süreç ve donanım

Bakır ve alaşımları az çok bütün sertlehimleme süreçleriyle birleştirilebilirler. Ancak bazı önlemler zorunlu olmaktadır:

1. Ocak sertlehimlemesi, ana ve ilâve metallerin aynı ergime alanlarına sahip bulunmaları ya da bu metallerin birbirleri içinde hemen eriyebilmeleri halinde, uygun olmayabilir. Uzun sürmüş ısıtma, aşın reaksiyona ve yerel ergime meydana gelecek kadar ana metalin ergime alanının düşmesine neden olabilir; örneğin 90 Cu-10 Ni alaşımının BCu ilâve metalle sertlehimlemesinde bunlar vaki olur. Uygun sıcaklık kontrolünün mümkün olduğu ($\pm 11^\circ\text{C}$) birçok durumda bütün ana metal-ilâve metal birleşmeleri sertlehimlenebilir şöyle ki sertlehimleme sıcaklığında tutma süresi sınırlı olacaktır. Zira önceden bir sıvı fazın ortaya çıkmasıyla ilâve metalin solidusunun üstünde erime vaki olur.

2. Soğuk çalışma koşullarında fosfor bronz, silisyum bronz ve nikel gümüşleri gibi metaller sertlehimlenirken ısı darbeden kaçınılacaktır; aksi halde çatlama meydana gelir.

Direnç, endüksiyon, daldırma ve oksiasetlen ısıtma süreçleri, ısıtmanın çok hızlı olması halinde, zorluklar çıkarabilirler.

3. Oksijen içeren bakırların hidrojenli atmosferlere maruz kalmaları, bakırın gevrekleşmesine neden olur. Büyük parçaların üfleçle birleştirilmesi ve hidrojenli atmosferlerde ocak sertlehimlemesinden kaçınılacaktır: ancak böylece iş parçasının bütünlüğü korunmuş olur. Hidrojenle gevrekleşme, sıcaklık ve süreye duyarlıdır: sıcaklık ve süre arttıkça zarar da artar.

4. Kurşun içeren bakır alaşımları uzun süre ısıtıldıklarında kurşun "terlemesi" meydana getirebilirler; bunun sonucunda büyük iş parçalarının üfleç ve ocak sertlehimlenmesi, süre uzun olduğundan, sorun yaratabilir. Aşırı kurşun terlemesi, özellikle yakl. % 2,5 dan fazla kurşun içeren alaşımlarda gevrekleşme ve tam olmayan bağlantıdan doğan kusurlu birleştirmeler meydana getirir.

5. Kükürt içeren bakırların ocak sertlen imlemesi de sorun yaratabilir şöyle ki bu sertlehimleme hidrojen ya da asal gazlar içinde yapıldığında kükürt buharı ıslatmayı engelleyebilir.

Ön temizleme ve yüzey hazırlanması

Birleşecek yüzeyler oksitlerden, kir ve sair yabancı maddelerden arındırılmadıkça yüksek kaliteli sertlehimleme elde edilmesi olanak dışıdır. Standart solventler ve alkalilerle yağdan temizleme yöntemleri bakır esaslı metallerin temizlenmesine uygun olup mekanik yollar, tel parçalar, kum püskürtme vb., oksitlerin atılmasında kullanılabilir. Oksitlerin tam kimyasal yolla atılması, dekapaj eriyikinin münasip şekilde seçilmesini gerektirir. Kimyasal temizleme için tipik süreçler şunlardır:

Alüminyum bronzları

Birbiri ardından iki eriyike daldırmak gerekir:

1. % 2 hidroflüorik asitle % 3 sülfürik asilinin soğuk karışımı.
2. Hacmen % 5 sülfürik asit eriyiki (27 ilâ 50°C sıcaklıkta). Temizlenene kadar tekrarlanacak.

Kromlu bakır ve nikelli bakır

Hacmen % 5 sıcak sülfürik asit eriyikine daldırılacak.

Bakır silisyum alaşımları

Önce hacmen % 5 sıcak sülfürik asite, sonra hacmen % 2 hidroflüorik asitle hacmen % 5 sülfürik asidin soğuk karışımına daldırılacak.

Pirinç ve nikel gümüşü alaşımları

Hacmen % 5 soğuk sülfürik asite daldırılacak.

Bakırlar

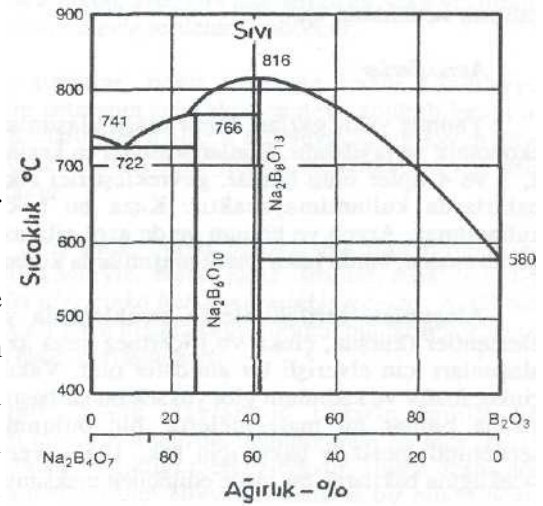
Hacmen % 5 ilâ 15 soğuk sülfürik asite daldırılacak.

Kuvvetli oksit oluşturuç elementler içeren alaşımların, sertlehimleme ve dekapanlama gereksinmelerini basitleştirmek üzere, sertlehimlemeden önce bakırla kaplanması çoğu kez arzu edilir. Kromlu bakırlar üzerinde yakl. 0,03 mm beriliumlu bakırlarla silisyumlu alüminyum bronzları üzerine de 0,013 mm kalınlıkta bakır kaplanır.

Dekapanlar ve atmosferler

Dekapanlar

Alüminyum bronzları dışında bütün bakır esaslı metalleri sertlehimlemede AWS tip 3A ve 3B dekapanları BCuP ve BAg ilâve metallerle kullanılmaya elverişlidir. Alüminyum bronzları üzerinde kolaylıkla refrakter oksitler oluştuğundan daha aktif Tip 4 dekapanları ancak bunları çözebilir. 3A dekapanının etkinliği RBCu Zn ilâve metallerine gerekli sıcaklıklarda hızla azalabilir, bu etkinlik BCu ile sertlehimlemede tamamen yok olur. Bu ilâve metallerle tip 5 deka pan, alüminyum bronz ve beriliumlu bakır ana metalleri dışında, kullanılabilir.



Şek. 194.- Boraks - bortrioksit diyagramı

Bu sonuncular için daha aktif dekapanlar gerekmekte olup bu tür az sayıda uygulama için tip 4 ve 5 karışımları ihtiyacı karşılayabilir. Böyle bir durumda değişik bor tuzları, asidi, flüorür vb. lerin karışımı bahis konusu olur. Şek. 194'deki denge diyagramı, yakl. % 8 B2O3'de 722°C ergime noktalı bir ötektik arz eder. Bu, dekapan karışımının az çok en alçak etkinlik sıcaklığıdır. Aktiviteyi artırmak için soda, sodyum klorür, fosfat veya silikatlar eklenmiştir. Bundan amaç, bu dekapanları her tür çalışma koşuluna elverişli kılmaktır.

DİN 8511 de verilmiş dört tip dekapandan F-SH3, yüksek aktivite sıcaklığı dolayısıyla bakırlı malzemelerde bahis konusu olmaz. F-SH4 de, F-SH1 gibi, alçak ergime noktalı

gümüş ve fosfor ilâve metallerine uygun olmakla birlikte bakır malzemeler için F-SHİ daha çok yeğlenir.

Bakır malzemelerin sertlehimlenmesi için DİN 8511, Blatt l'deki tipler şunlardır

F-SH1: Bor bağlantılarının yanı sıra basit ve karmaşık flüorürler: etkinlik sıcaklığı 550°C a kadar; 600°C a kadar çalışma sıcaklıkları için.

F-SH2: Bor bağlantıları: etkinlik sıcaklığı 750°C'a kadar; 800°C'a kadar çalışma sıcaklıkları için.

Atmosferler

Yanmış yakıt gazları, bakır esaslı alaşımların çoğunu sertlehimlemek için ekonomik ve faydalıdır. Bunlar arasında en kesin istisna, yüksek hidrojen içerikli 2, 3 ve 4 tipler olup bunlar, gevrekleştirici etkileri dolayısıyla oksijen içeren bakırlarda kullanılmayacaktır. Keza bu bakırlarla ayrılmış amonyak da kullanılmaz. Argon ve helium ve de azot gibi asal gazlar, herhangi bir ters ekti göstermeden, bütün bakır esaslı alaşımlarda kullanılabilir.

Alaşımlar, sertlehimleme sıcaklığında yüksek buhar basıncına sahip elementler (kurşun, çinko vb.) içermez veya az içerirse vakum, bakır ve bakır alaşımları için elverişli bir atmosfer olur. Vakumda sertlehim malzemeleri de çinko, fosfor ve kadmium gibi yüksek buhar basınçlı elementlerden az içerecekler ya da bunlar bu malzemelerde hiç bulunmayacaklardır. Yüksek vakum sertlehimlemesinde bakır için şek. 195'te verilmiş bakır için buhar basıncı sıcaklığına bakılarak müsaade edilebilen maksimum sıcaklıklar saptanacaktır.

Sertlehimleme sonrası işlemler

Yaşlanma sertlehimlemesine tâbi alaşımların yeniden ısıl işleminin yanı sıra sertlehimleme sonrası işlemler dekapanın kaldırılması ve temizlikten ibarettir. Dekapan artıkları bir korozyon menbaı olabilir ve bunların kaldırılması gerek birleşmiş parçalar üzerinde sonradan yapılacak işler, gerekse doğruca iyi görünüm mülâhazarlanıya genellikle istenir. Bu artıklar, sıcak suya daldırılarak hemen erirler. Oksitlerin yok edilmesi mekanik temizleme (tel fırça) veya yukarda sözü edilen eriyiklerle dekapaj suretiyle olur.

Süreçler ve nitelikler

Bakır

Sertlehimlemeden önce yüzey bakır oksidi filmi, mekanik yolla kolayca temizlenir. Geniş alanlar bahis konusu olduğunda % 5 ilâ 15 (hacmen) soğuk sülfürik asit dekapajı tavsiye edilir.

Oksijenden arındırılmış yüksek iletkenliği haiz bakırla desoksidede bakırlar ocak ya da üfleç yöntemleriyle hemen sertlenebilirler*. Oksijen taşıyan bakır, yüksek sıcaklıklarda oksit göçü ve/veya hidrojen gevrekleşmesine uğrayabilir; bu nedenle oksijen taşıyan bakır ocakta argon, azot gibi asal atmosfer veya vakumda; üfleçle de *nötr veya hafifçe oksitleyici alevle* sertlehimlenecektir.

Cu-P ve Cu-Ag-P ilâve metaller, bakır üzerinde kendi kendilerini dekapanlarlar; mamafih uzun süre ısıtmanın aşın oksitlenmeye götürebileceği iri parçalarda dekapan faydalı olur. Korozif atak tehlikesi nedeniyle fosfor içeren ilâve metalle sertlehimlenmiş birleştirmeler uzun süre yüksek sıcaklıklarda kükürtlü atmosferlere maruz bırakılmayacaktır.

Cu-Zn ilâve metalleriyle çalışmada, çinko buharlaşmasının birleştirme alanında boşluklar hasıl etmesi nedeniyle, metal fazla ısıtılmayacaktır. Üfleç sertlehimlemesinde, bir oksitleyici alev çinko buharını redükleyecektir. AWS No. 5 dekapanı kullanılacaktır. RBCuZn ilâve metallerinin sorunu, bunlaein korozyon mukavemetlerinin bakırinkinden aşağı olmasındadır.

Tasarım için alışlagelmiş kaide, tavlanmış bakırın bindirmeli birleştirilmesinde azami bağlantı kuvveti, bindirme uzunluğunun en ince parça kalınlığının üç katı olduğu zaman elde edildiği merkezindedir. Halen desoksidede bakır bindirme birleştirmesi ana metalin tüm kuvvetini daha az bir bindirmeyle sağlamaktadır. Çekme mukavemeti-bindirme mesafesi ilintisi üzerine yapılan deneyler, ince parça kalınlığının iki katı bindirmede, kırılma yerinin değiştiğini göstermiştir: iki katı bindirmede kırılma, birleştirme yerinden ana metala kaymıştır. Daha büyük bindirmede kırılma, genellikle ana metalde, birleştirme yüzey arasına paralel bir düzlemde vaki olmaktadır. Bunun nedeni, BAg ve BCu P serdenim malzemesinin oda sıcaklığında mukavemetinin, tavlanmış ana metalinkinden yüksek oluşudur. Yüksek sıcaklıklarda sertlehim malzemelerinin mukavemeti bakırinkinden daha hızlı düşer ve kırılma muhtemelen bu malzemelerde olur. Yüksek sıcaklıklar için önerilen ilâve metaller aşağıdaki tabloda göstermiştir:

* Bakır ve alaşımlarının üfleç sertlen imlemesinin pratik ayrıntıları bu bahsin sonunda verilmiştir.

Sertlehim ilâve metaller için önerilen maksimum çalışma (hizmet) sıcaklıkları (°C)

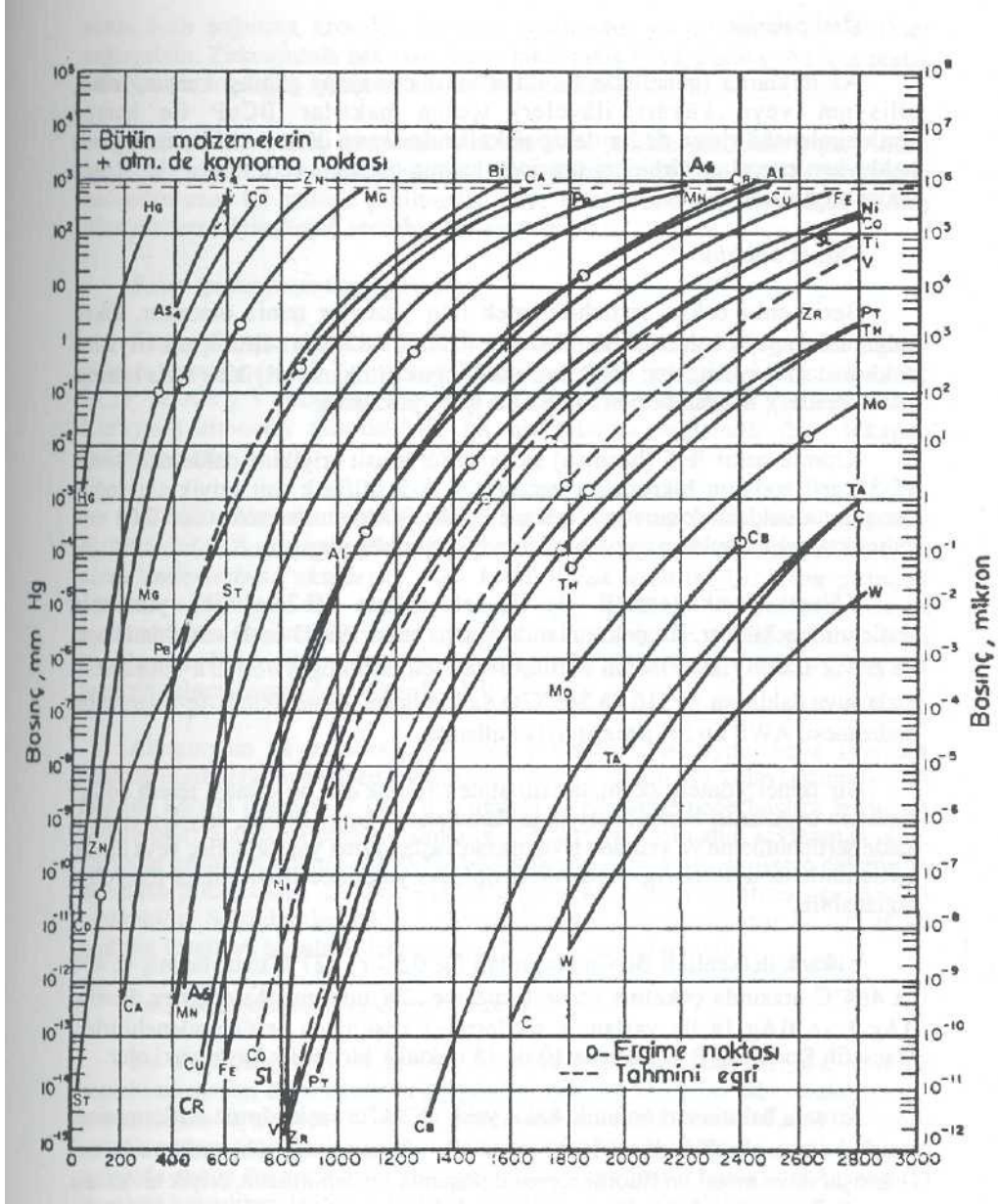
İlave	Çalışma (hizmet) sıcaklığı	
	sürekli çalışma	kısa süre çalışma
BCuP	149	204
BAG	204	316
BAu	427	538
RBCuZn	204	316

Elektrolitik bakırla fosforla desoksidede bakırın birleştirme nitelikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Bakırın bindirme birleştirmesinde çekme mukavemeti

İlave metal	Çekme mukavemeti				
		Elektrolitik bakır		Desoksidede bakır	
		oda sıc.	-196°C	oda sıc.	+ 204°C
BAG	ksi	18-20	24-30	17-19	10-11
	MPa	124-138	165-207	117-131	69-76
BCuP	Ksi	18-20	17-22	18-20	10-11
	MPa	124-138	117-152	124-138	69-76

Not. Deney parçaları 6,4mm saç; bindirme 3,8 mm; köşede dolgu yok.



Şek. 195.- Sıradan elementler için buhar basıncı ile sıcaklık arasında ilinti.

Özel bakırlar

Az miktarda (genellikle % 1'den fazla olmayan) gümüş, kurşun, tellür, silisyum veya kükürt ilâveleri içeren bakırlar BCuP ile hemen sertlehimlenebilirlerse de bir dekapan kullanılması ve ilâve metal henüz ergimiş haldeyken parçaları birbirleri üzerinde kayma hareketi verdirilmesiyle ıslatma etkisi artmış olur.

Yüksek bakırlar

Beriliumlu bakırı sertlehimlemek için yüzeyler temiz olacaktır. Oksit kabuğu dekapaajla kaldırılabilir: Hacmen % 20, 71-82°C'ta sülfürik asit eriyikine daldırma; suda

çalkalama; % 30 (hacmen) soğuk nitrik asit eriyikine hızla batırma (30 sn den az); bundan hemen sonra suda İyice çalkalama.

Kromlu bakır % 5 (hacmen) sıcak sülfürik asit eriyikine daldırmak, sonra 15-37 gr/l sodyum bikromatla hacmen % 3-5 sülfürik asit eriyikinin soğuk karışımına daldırmak suretiyle dekape edilir. Sertlehimlemeden önce 0,03 mm kalınlıkta bakır kaplama, sertlehimleme işlemini kolaylaştırır.

Yüksek mukavemetli Be-Cu alaşımları (%2Be) iki yöntemle sertlehimlenebilirler. En çok kullanılanı aynı anda 788°C ocak sertlehimlemesi ve eriyik işlemi, ilâve metali katılaştırmak için sıcaklığın 760°C'a indirilmesi, hızla suya daldırma ve 316 ilâ 343°C'ta yaşlandırma. Genellikle BAg-8 sertlehim malzemesi, AWS tip 3A dekapanıyla kullanılır.

Bir ikinci yöntem de hızla ısıtılabilen (1 dak'dan az olması tercih edilir) kesitlere uygulanır; bununla eriyik tavlama sıcaklığının altında, eriyik tavlama halde sertlehimleme ve yeniden tavlama yaşlandırma yapılır. Üfleç veya direnç sertlehimlemesiyle (BAg-1 ve AWS tip 3A) yeterince hızlı ısıtma tempoları sağlanabilir.

Yüksek iletkenlikli Be-Cu alaşımları (% 0,5 Be) 927°C'ta tavllanmış ve 454 ile 484°C arasında çökeltme sertleştirmesine tâbi tutulmuş haldedirler. Bunlar BAg-1 ve BAg-la ile yaşlanma sertleşmesi koşulunda sertlehimlenebilirler. Mamafih Rockwell B skalasında 10 ile 15 noktalık bir sertlik kaybı vaki olur.

Kromlu bakırla zirkoniumlu bakır yakl. 482°C'ta yaşlandırma sertleşmesine, bundan sonra da 899 ilâ 1010°C ta eriyik tavlama tâbi tutulmuşlardır. Gümüşlü ilâve metal ve flüorür içeren dekapanla sertlehimleme, eriyik tavlama ve soğuk çalışmadan sonra, ama yaşlandırma sertleştirilmesinden önce yapılmalıdır. Bununla birlikte bu yolla elde edilen ısıtma nitelikleri, normal değerlerden düşük olur. Eriyik tavlama sıcaklığında sertlehimleme ve bundan sonra hızlı soğutma kromlu bakırlara optimuma yakın mekanik nitelikler sağlayabilir. Zirkoniumlu bakırlar, sertlehimlenmiş iç yapıların çoğu için pratik olmayan bir ara soğuk işleme kademesini gerektirirler.

Kadmiumlu bakır, desokside bakırla aynı şekilde sertlehimlenir. Ancak kadmiumun zehirli oluşu bazı emniyet önlemlerini gerektirir. Cd-Cu çubukların haddeden uzun tel halinde çekilmeden önce birbirlerine eklenmesi için gümüş ilâve malzemesiyle direnç sertlehimlemesi önerilir.

Bakır - çinko alaşımları (pirinçler)

Bütün pirinçler BAg ve BCu ile sertlehimlenebilirler ye yüksek ergime noktalı pirinçler (alçak Zn) ayrıca RBCuZn ile de birleştirilebilirler. BAg ve BCuP ile AWS 3 dekapanı,

RBCuZn ile de AWS 5 dekapanı kullanılacaktır. Koruyucu atmosfer altında bile iyi bir ıslatma sağlamak için dekapan kullanılmalıdır.

400°C'ın üstünde ısıtıldığında pirinçler, buharlaşmayla çinko kaybetme eğilimindedirler. Bu kayıp, ocak sertlehimlemesi sırasında dekapanlayarak ve *iifleç sertlehimlemesinde oksitleyici alev kullanılarak* azaltılabilir. Keza pirinçler çatlama eğiliminde de olurlar, bunun için dikkatle ve uniform olarak ısıtılmalıdırlar. Gerilmeleri yoğunlaştıran keskin köşeler ve ısı değişmesiyle şekil bozulmaları hasıl eden büyük kesit değişmelerinden kaçınılacaktır. Parçalar tedricen çalışma sıcaklığına çıkarılmalıdır.

Alüminyum ya da silisyum içeren pirinçler alüminyum veya silisyum bronzlarınıninkilerle aynı işlemi gerektirir. Talaşlı işlenmeyi kolaylaştırmak için eklenen kurşun oranı % 2 ilâ 3'ü aştığında, sertlehimlemede başlıca zorluğun nedeni olur. Sertlehimleme sırasında iyi bir akış ve ıslatmanın sağlanması için, kurşunlu pirinçler, kurşun oksidi ve kopuk oluşmasını önlemek üzere dekapanla tamamen örtülecektir. Yüksek kurşunlu pirinçlerin hızlı ısıtılması, çatlama götürebilir. Sertlehimlemeden Önce gerilim giderme tavlama ve yavaş ve uniform ısıtma ve soğutma, bu çatlama eğilimini asgariye indirir.

Bakır-kalay alaşımları (fosfor bronzları)

Bu alaşımlar, gerilim altında, çatlama eğilimi arz ederler. Bu nedenle sertlehimlemeden önce bunların bir gerilim giderme işlemine tâbi tutulup yavaş ısıtma sayıklı uygulayarak ısı darbeden kaçınılması önerilir. Kalay oranının yüksek olması veya fazlaca miktarda kurşun bulunması halinde, sertlehimleme sırasında uygun dekapan koruması gereklidir. Bütün fosfor bronzlar BAg ve BCu ile, alçak kalaylıları da RBCuZn ilâve metalleriyle sertlehimlenebilirler.

Fosfor bronz parçalar bazen toz metalürjisi yöntemiyle elde edilmiş (sıcakta pres edilmiş) halde olurlar. Bu takdirde bunlar, sertlehimlenmeden önce bir ön işlemi gerektirirler: yüzeyleri su ya da yağ esaslı bir kolloidal grafit süspansiyonu ile boyanır, alçak sıcaklıkta fırınlanır, temizlenir ve yağdan arındırılır. Bu süreç gözenekleri tıkar ve böylece de sertlehimleme uygulanabilir.

Bakır-alüminyum alaşımları (alüminyum bronzları)

Bunlar gümüşlü ilâve metaller ve AWS tip 4 dekapanla sertlehimlenebilirler. Mamafih % 8'den fazla alüminyum içeren alaşımlarda refrakter alüminyum oksidinin oluşması, zorluk çıkmasına neden olur. Bu zorluğun arkası, sertlehimlenecek yüzeylerin üstüne en az 0,013 mm bakır elektro kaplaması yapılarak alınır. Kaplanmamış yüzeylerin ocak sertlehimlemesinde dekapan, bir koruyucu atmosferle birlikte kullanılacaktır.

Bakır - silisyum alaşımları (silisyum bronzları)

Cu-Si alaşımları, refrakter silisyum oksidinin oluşmasını önlemek üzere sertlen imlemeden önce temizlenecek, dekapanla veya bakırla kaplanacaktır. Mekanik temizleme önerilir veya hafif oksit durumunda daha önce söylendiği gibi dekapaj edilebilir. Genellikle gümüş ilâve metaller ve AWS 3 tipi dekapan kullanılır.

Silisyum bronzlarında, ilâve metal taneler arasına nüfuz edebilmekte olup bu bronzlar gerilim altında çatlamaya hazır olurlar. Bunlar sertlehimlemeden önce gerilim giderme tavlamaına tâbi tutulacak ve 760°C in altında birleştirileceklerdir.

Bakır - nikel alaşımları

Cu-Nİ alaşımları genellikle BAg ilâve metalleriyle sertlehimlenirler. Cu -Ni'leri birleştirmek için BCuP ilâve metal klasından alaşımlar seçilmeden Önce performans ve içyapı dikkatle gözlenecektir şöyle ki gevrek bir nikel fosfürü teşekkül etmiş olabilir. Ana metal, sertlehimleme sırasında çatlamaya götürebilen kükürt ve kurşundan arındırılmış olacaktır. Standard solvent veya alkali yağdan arındırma süreçleri kullanılabilir. Oksitler mekanik abrazyon ya da hacmen % 5 sıcak sülfürik asit eriyikinde dekapaj ve bundan hemen sonra iyice suda çalkalamak suretiyle kaldırılabilir.

Cu-Ni alaşımları da, gerilmiş halde ergimiş ilâve metalin taneler arası nüfuzuna uğrayabilir. Çatlamayı önlemek için bunlar sertlehimlemeden önce gerilim giderme işlemine tâbi tutulacak ve birleştirme sırasında herhangi bir gerilme yeniden ithal edilmeyecektir.

Bakır - nikel - çinko alaşımları (nikel gümüşleri - Alman gümüşleri)

Nikel gümüşleri pirinçlerin sertlehimlemedeki yolların aynılarıyla hemen birleştirilebilirlerse de RBCuZn ilâve metalleri kullanıldığında, göreceli olarak yüksek sertlehimleme sıcaklığı nedeniyle dikkatli olunması gereklidir. Sertlehimlemeden önce gerilim giderilmesinin uygulanmaması halinde bu alaşımlar ilâve metallerin taneler arasına nüfuz etmesi olayına açık olurlar. Bu metallerin ısı iletkenliklerinin düşük olması yerel fazla ısınmalara neden olduğundan yavaş ve uniform ısıtma ve gereksiz oksitlenmenin önlenmesi için de yeterli dekapanın kullanılması, önerilmektedir.

Farklı metaller

Bakır alaşımlarının farklı birleşimleri hemen sertlehimlenebilirler; farklı birleşimler çelik, austenitik paslanmaz çelik ve nikkelle, BAg ilâve metalleri kullanılarak, meydana getirilebilir. Farklı metal sistemler için tavsiye edilen ilâve metaller aşağıdaki tabloda verilmiştir. Alüminyum ve magnezyum alaşımlarına sertlehimleme, pratik olarak mümkün değildir. Ana metallerin çok büyük genleşme katsayısı farkı arz etmeleri halinde uygun

karakteristikleri haiz birleştirmelerin tasarım ve gerçekleştirilmesi, fevkalâde güç ve pratik olarak imkansız olabilir.

BAKIR VE ALAŞIMLARININ SERTLEHİMLENMESİNE DAİR PRATİK MÜLÂHAZALAR

Üfleçle Sertlehimleme

Autogen kaynağa göre sertlehimlemede alev daha yaygın olacak, iş parçasına mızrak değil, zarf temas edecektir. (Bu kaide sadece bakırlı metallere özgü olmayıp öbür metallerin sertlehimlenmesinde de geçerli ve zorunludur.)

Yine bir genel kaide olarak alevi ana metalin üzerinde geniş bir alan içinde durmadan gezdirerek iş parçası ısıtılacaktır.

Bakır ve bakır alaşımlarında alev nötr olacaktır. Ancak ana metallerin ya da ilave metalin kendisinin fazlaca çinko içermesi halinde bu alev, çinkonun buharlaşmasını önlemek üzere, yeterince oksitleyici olacaktır.

Üfleçle pirinçlerin sert lehîmlenmesi

İlave metal, ana metala göre çinkodan yana daha zengin bir pirinç olacaktır (pirinç ilâve metal kullanılması halinde).

Farklı metalların birleştirilmeleri için ilâve metallar

Al ve Al al.	Mg ve Mg al	Cu ve Cu al.	karbon ve alçak al. çelikleri	dökme demir	Paslanm. çelik	Ni ve Ni al.	Ti ve Ti al.	reaktif metallar	refrakter metallar	takım çelikleri
—	—	B _{Ag} , B _{Au} B _{CuP} R _B CuZn	B _{Ag} B _{Au} R _B CuZn	B _{Ag} B _{Au} R _B CuZn	B _{Ag} B _{Au}	B _{Ag} B _{Au} R _B CuZn	B _{Ag}	B _{Ag}	B _A	B _{Ag} B _{Au} R _B CuZn B _{Ni}

Üfleçle altın ve gümüş alaşımlarının sertlehimlenmesi

Bu alaşımlar binde bir veya karat (500 bindebir = 12 karat) olarak ifade edilen altın oranıyla tanımlanırlar. Bu her iki metal her oranda birleşir, 994°C'ta ergiyen ötektik karışım % 81,5 altına tekabül eder. Kuyumculukta Au-Cu alaşımlarının lehim ya da sertlehimlenmesi havagazı ve oksijenle beslenen küçük debili üfleçlerle olur. İlâve metallar, ana metalle aynı

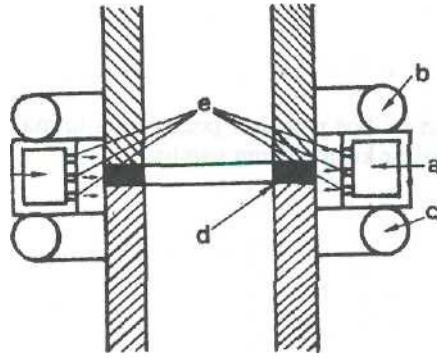
rengi haiz ve çok daha alçak sıcaklıkla eriyen alaşımlardır. Örneğin 14 Kt'lık bir alaşımın bileşimi Au = 58,40; Ag=20,80; Cu=19,0; Zn« 1,80. Bunun likidusu 829°C"tir.

Ocakta sertlehimleme

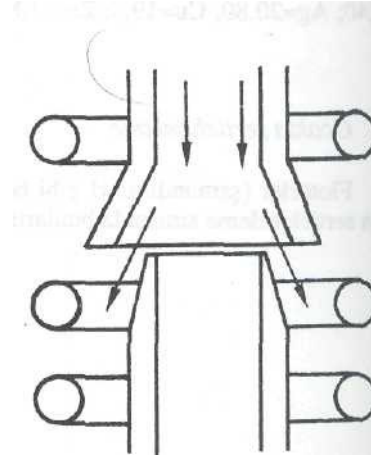
Flotörler (şamandıralar) gibi bakırdan içi boş parçalan pozisyonda tutmak için sertlehimleme sırasında bunların içinde bir kısmî vakum yapılır.

Endüksiyonla koruyucu gaz altında sertlehimleme

Bu yöntemle dekapansız olarak asal ya da redükleyici atmosferler altında pahalı olmayan bir tertip kullanılarak sertlehimleme yapılır; bu tertip bir gaz dağıtım odası (a), önceden yerleştirilmiş (d) ilâve metalin iki tarafına yerleştiril miş (b) ve (c) endüktörlerinden ibarettir. Gaz, basınç altında, (e) deliklerinden gelir. (Şek. 196).



Şek. 196



Şek. 197

Yine, parçalardan birinin boru şeklinde olması halinde, bu parça gazın sevk edilmesinde kullanılabilir (şek. 197).