

YÜZEY TEMİZLEME YÖNTEMLERİNE GÖRE SERTLEHİMLEME VE LEHİMLEMENİN SINIFLANDIRILMASI

DEKAPANLAR VE ATMOSFERLER

Tamamen uygulama açısından dekapanların pratik rolleri şöyle özetlenin

- Önısıtma ve sert lehimleme sırasında ana metal üzerinde oksit oluşmasını önler, böylece de ilâve metal parçayı münasip şekilde ıslatabilir. Bazı hallerde, Örneğin hafif metallerde, bunlar ayrıca, oda sıcaklığında oluşan oksitleri eritir ya da redüklerler.
- Aynı şekilde, ilâve metal üzerinde oksit oluşmasını önler ve bazı hallerde de yüzey oksitlerini eritir ya da redüklerler.
- Dekapanlar, akışını kolaylaştırmak üzere ilâve metalin yüzey gerilimini azaltırlar.
- Ergime sırasında ufalanıp derhal ana metalle alaşımlaşan metalik ionler içerebilirler. Birleşme böylece kolaylaştırılmış olabilir.
- Bazı hallerde, birleşme bölgesinin çok hızlı soğumasını önlerler.
- Dekapanlar sadece sıvı durumda iş görebildiklerinden, bunların ergime sıcaklığı daima ilâve metalinkinden aşağı olacaktır. Bu suretle bunlar birer gerçek sıcaklık göstergesi olmaktadır şöyle ki ergiyerek kaynakçıya sertlenim için imâmın başlayabileceği anı gösterirler.

Bu tamamen pratik mühâhazaların ışığında bir. Sert lehimleme dekapanının amacının bir sert lehimlenmiş birleşme oluşmasının teşviki olduğu söylenebilir. Bu anlamda bir gaz veya hatla bir vakum, işi çevreleyip bir aktif ya da koruyucu atmosfer sağlamakla, dekapan sayılır.

Dekapanların çoğu sert lehimlenecek parçalardan önceden mevcut oksitlerin, kaplamaların, yağ, gres, kir ve sair yabancı maddelerin yok edilmesi amacını gütmeyen ve buna göre hazırlanmamışlardır. Sert lehimleme için bütün parçalar, ilerde ayrıntıları ayrı bir bahiste verileceği gibi, uygun temizleme işlemine tabî tutulacaklardır.

Ama yine de bir dekapanın en alışılmış işlevi, sert lehimleme sırasında oluşacak oksitlerin eritilmesi ve yok edilmesidir. Metal akışına engel olmaması için dekapan, ergimiş ilâve metal tarafından hemen ileri sürülebilirdir ve bu itibarla sert lehimleme sıcaklığında bir dekapanın viskozitesi, onun önemli bir niteliği olmaktadır.

Bazı hallerde dekapandan bir ilâve metaldeki yüksek buhar basınçlı bileşenlerin buharlaşmasını durdurması beklenir. Bu fiziksel karakteristiklerin sıcaklıkla değişmesi, özellikle üfleçle sert lehimlemede faydalı olmaktadır, şöyle ki, yukarıda söylendiği gibi, bir sıcaklık göstergesi olmaktadır.

Lithium içeren ya da fosfor-bakır ilâve metaller, bazı alaşımlar üzerinde kendi kendini dekapanlayıcı olurlar. Örneğin fosfor-bakır İlâve metallerde CU3P bileşkeni, bakır veya bunun alçak alaşımları üzerinde kullanıldığında bir dekapan gibi hareket eder. Birçok halde, kendi kendini dekapanlayan ilâve metallerin kullanımı, ayrıca dekapan kullanılmış olanların kalitesinde birleşmeler hasıl eder. Bu tür ilâve metaller sadece ergimiş halde kendi kendilerini dekapanlarlar ve kendileri de ısıtma sayıklı sırasında oksitlenirler. Geniş kesitlerin sert lehimlenmesinde ve uzun ısıtma süresinin gerektiği hallerde, ilâve dekapanın kullanılması önerilir.

Dekapanlann fiziksel davranışı

Sert lehimleme ve lehim kaynağı dekapanlannda bir "aktivite sıcaklıkları fasılası" kavramı bahis konusudur.'

"Minimum sıcaklık", dekapanın iş parçasını ıslatmaya başladığı sıcaklık; "maksimum sıcaklık" da, dekapanın bozulmaya başlayıp buharlaştığı sıcaklık olarak tanımlanırlar.

Bkz. Fransız normu NFA. 81 360 : "Flux de brasage fort et de soudobrasage. Code de symbolisation" (1982).

Bakirli metallerin sert lehimlenmesi için mutad dekapanlar üzerinde yürütölmüş deneylerde, 19 mm çap ve 10 mm yükseklikte yuvarlak bakır pulların bir yüzüne 14 mm çap ve 2 mm derinlikte bir kör yuva açılarak küçük kaplar meydana getirilmiş. Bunlara dekapan doldurulup 800°C'a kadar dakikada 15°C yükselen bir ocağa konmuş. Gözlemler şöyle özetleniyor:

ilk dakikalardan sonra dekapanlar, suyun gitmesinin etkisiyle, şişiyorlar.

Bu safhadan sonra bütün dekapanlar, Amerikalıların "kuru pasta" tâbir ettikleri hali alıyorlar. Burada iş parçasına (yani küçük bakır kaba) yapışmış veya yapışmamış olabilen bir sert kabuk bahis konusudur. İlk duruma göre bir büzölme vaki olmuştur.

Bu safhayı ya bir ani sıvı hale geçiş, ya da daha sık olarak, katı halden sıvı hale bir tedricî geçiş takip etmektedir.

Bu arada, hamurlaşmanın başlangıcından itibaren, ıslatma olmamasına rağmen, dekapanın CuO bakır oksidini redüklediği kaydedilecektir. Bu redükleme rahatlıkla görülebilmektedir şöyle ki bakır oksidi siyah olup redüklenmiş bakır, pembe/kırmızı olmaktadır.

Normlandırılmış" sert lehim dekapanları için minimum aktivite sıcaklığı 450°C'tan itibaren tespit edilmiştir. Denenmiş yedi dekapandan üçü bu sıcaklıkta sıvı halde olmayıp iş parçasını gereği gibi ıslatamazlar.

Sonuç olarak, istenilen minimum aktivite sıcaklığında bir dekapan sıvı halde olacak ve önceden oksitlenmiş bir bakır deneği oksitten temizleyecektir.

Dekapanların kitlesi, sıcaklığın fonksiyonu olarak değişmektedir. Bunun saptanması için termogravimetrik yöntem kullanılır: bir terazinin kefesine bîr küçük kap asılır, bu kap içinde dekapanla birlikte bir ocağa sokulur. Ocak, $\delta = kt$ tipinde lineer bir kanuna göre ısınacaktır (θ = sıcaklık; t = zaman).

Sıcaklık gradieni 500°C/saat ile 20°C/saat arasında değişebilir. Bir sabit ısı sahanlığı herhangi bir sıcaklıkta tutulabilir. Teraziyi bozabilecek olan dekapan buharlarının yükselişini önlemek için sürekli bir gaz akımı tesis edilmiştir. Ayrıca dekapanlardan çıkan flüorlu buharların kuartztan kılıfı etkilemesine mani olmak için bu kılıfla kap arasında bir inconel boru yerleştirilmiştir. Deneyler sonucu çizilmiş $\Delta m = f(\theta)$ eğrilerinden (m = kitle) genellemelere gidilmiştir:

sıfır ile θ_1 arasında, su gidiyor.

θ_1 ile θ_2 arasında bir sahanlık olup dekapanın kitlesi sabit kalmaktadır. θ_2 nin ötesinde, dekapanın kitlesi, buharlaşmayla azalmaktadır. Bu koşullar altında θ_2 , maksimum aktivite sıcaklığı olmaktadır.

Denenmiş on adet dekapanda θ_1 ve θ_2 ile, yatay sahanlık düzeyinde $\Delta m/m_0$ izafî kitle değişmesi için elde edilmiş değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Dekapan No.	Am		92
	70		
1	39	500	680
2	42	350	600
3	35	450	850
4	37	350	650
5	36	350	600
6	44	350	650
7	28	350	650
8	30	450	680
9	52	500	>1000
10	60	600	>950

Son iki dekapan, lehim kaynağı dekapanıdırlar. Eğrilerin kıyaslanmasından aşağıdaki sonuçlar çıkabilir:

Yatay sahanlığın sonuna, yani θ_2 sıcaklığına kadar, dekapanlar bakırı oksitlenmeden korurlar: bu sıcaklığa kadar "aktif tirler.

Bu sıcaklığın ötesinde, dekapanda bozulma vaki olup bakırın oksitlenmesinden ötürü bir kitle artışı olur. Daha sonra bu kitle artışı, dekapanın buharlaşmasından ileri gelen kitle kaybıyla telâfi olur.

Lehim kaynağı dekapanlarıyla olay değişik görünüm arz eder. Bakırın oksitlenmesine bağlı çok hızlı kitle artışı, 850°C'a doğru koruyucu filmin ıslatma niteliklerinde azalma dolayısıyladır. Bu dekapanlar muhtemelen hâlâ aktiftirler ama oluşturdıkları koruyucu kaplama bu sıcaklıkta yırtılır.

Zaman, sıcaklık ve kalınlık parametrelerinin fonksiyonu olarak dekapanların koruma kapasitelerinin saptanması için iki tip yuvarlak bakır pul kullanılmış. Birisinde oyuk derinliği 2 mm, Öbüründe sadece 0,3 mm olarak açılmış. Bu kaplar tetkik edilecek dekapanla doldurulup 750°C'ta sabit tutulmuş bir ocağa konmuş. 10 dakika sonra, pullar çıkartılmış ve oyuk diplerinin oksitlenmiş olup olmadıklarına bakılmış. Daha başka deneyler de 600°C'ta yürütülmüş."

Sonuçlar şöyle özetlenir

θ_2 sıcaklığına kadar, sert lehim dekapanları, kalınlık ve tutma süresi ne olursa olsun, metali koruyorlar. Bu sıcaklığın ötesinde, sıcaklık artışıyla hızlanan bir bozulma vaki oluyor. Koruma, parçanın üzerinde kalan dekapan miktarına bağlı kalıyor. Yani O_2 ' nin ötesindeki sıcaklıklarda bir zam an-sıcaklık-kalınlık münasebetinin yarlığı ortaya çıkıyor. Böyle olunca da ft'ye eşit kalan maksimum aktivite sıcaklığı bir maksimum kullanma sıcaklığı ile tamamlanabilir ki bu sonuncusu şöyle tanımlanır:

2 mm derinlikte oyulmuş bir bakır pul, dekapanla dolu olarak ve maksimum kullanma sıcaklığında tutulmuş bir ocak içinde 10 dakika bırakıldığında, dekapanla kaplı yüzeyde oksitlenme olmayacaktır.

Zaman-sıcaklık-kalınlık münasebeti üzerine su içeriğinin etkisini incelemek üzere damıtık su ilâvesi yapılmıştır. Sonra da denekler, bundan önce olduğu gibi (2 mm derinlikte oyuk, süre 10 dak., sıcaklık $750^{\circ}C$) deneye tabî tutulmuş ve θ_2 sıcaklığının Ötesinde, su içeriğinin dekapanların koruma kabiliyeti üzerindeki rolü ortaya çıkmıştır.

Burada önemli bir husus bahis konusu oluyor: maksimum kullanma sıcaklığı, su oranının bir fonksiyonudur. Bu itibarla maksimum kullanma sıcaklığında tahkik ele alındığında buna su oranı hakkında bilgi eklenecektir.

* Bu deneylerde kullanılan dekapan kitlesi 2 mm derinlikle oyuldu kaplar için 500 mgr, 0,3 mm derinlikliler için de 74 mgr mertebesindedir. Bu rakamlar, aynı konuda AWS C3 10 20 norm taslağında kilerle kıyaslanacaktır. Bu taslakta, maksimum aktivite sıcaklığında deney sırasında öngörölmüş olan miktar, 30 mm x 60 mm lik bir yüzey için 700 mgr olup dekapan yoğunluğu $1,6 \text{ kg/dm}^3$ kabul edilerek ortalama 0,24 mm lik bir kalınlık ifade eder. Ayrıca bu taslakta $870^{\circ}C$ veya $980^{\circ}C$ 'ta, dekapanına göre, tutma süresi 10 dakikadır.

Yukarda söz konusu edilmiş deneyler, bakır ve alaşımlarının sert lehimlenmesinde kullanılan hamur halinde dekapanları kapsamıştır.

"Aktivite" kriteri olarak bakırın oksitlenmesi alınarak aşağıdaki sonuçları çıkarmak mümkündür:

-Bir dekapan hamur halindeyken oksitleri sökebilir ama iyice ıslatabilmek için sıvı halde bulunmalıdır. Dolayısıyla minimum "aktivite" sıcaklığı likidus sıcaklığına eşit olarak alınabilir şu şartla ki bu sıcaklıkta, önceden oksitlenmiş bir denek desoksidedilsin.

-Bir dekapanın, ondan itibaren bozulmaya ya da buharlaşmaya başladığı bir sıcaklık vardır ki bu, maksimum aktivite sıcaklığıdır.

-Bu sıcaklığın altında, süre ve kullanılan miktar ne olursa olsun, dekapan parçayı korur.

-Bu sıcaklığın üstünde, dekapandan malzeme gidişi, koruma süresini sınırlandırmaya götürür. Bu süre dekapanın, bunun kalınlığının ve sıcaklığın fonksiyonudur.

-Kriter olarak, seçilmiş bir sıcaklıkta, saptanmış bir süre boyunca belli bir dekapan kalınlığı ile örtülü bir bakır kabın (pulun) oksitlenmemesi alınarak itibarî olarak bir maksimum kullanma sıcaklığını tanımlamak mümkündür.

NF A81 360 normu, incelenmiş sert lehim dekapanları için 450 - 750°C sıcaklık fasılasını öngörüyor. Bakırlı metallere kullanılan bu dekapanlar için çalışma şekli şöyle olacaktır:

. 450°C'ta : dekapan sıvı halde olup önceden oksitlenmiş bir deneğin oksitini çözecektir (desokside edecektir).

. 750°C'ta : 2 mm derinlikte oyulmuş, 10 dakika süreyle 750°C'ta sabit tutulmuş bir ocakta durmuş bir pulu oksitlenmeden koruyacaktır.

Öbür yandan su oranının rolü önemli olduğundan dekapan imalcisi bu değeri müşteriye garanti edecektir. O da dekapanı fazla sulandırmaktan kaçınmak için bunu dikkate alacaktır.

ETP (Electrolytic Tough Pitch)* bakırında sert lehimlemeden ileri gelen hidrojen gevreklemesine ait çalışma sonuçları bu bağlamda önemli olmaktadır: bazı dekapanlı ilâve metal bileşimlerinin hidrasyon suyu, hidrojen gevreklemesinin başlıca nedeni olarak beliriyor. Bunun yanısıra sert lehimleme sıcaklığında tutma süresinin de gevreklenme derinliğini kuvvetle etkilediği, daha uzun bir sürenin daha büyük bir gevreklenme derinliğine götürdüğü gözleniyor. Değişik sert lehim ilâve metali değişik gevreklenme derinliği veriyor.

Gerçekten ETP bakırının hidrojen gevreklemesi çok iyi bilinen bir olgu olup hidrojen bakır içine atomik hidrojen olarak yayılır (difüze olur) ve bakır oksidi zerreleriyle reaksiyona girip bakır ve su hasil eder. Bu olay 150°C kadar düşük sıcaklıklarda da vaki olabilirse de buna genellikle daha yüksek (400°C'ın üstünde) sıcaklıklarda rastlanır. 374°C'ın altında olay daha çok bir oksit azalması ya da bakır oksidi tanelerinin kenarlarında delikler halinde belirir. Suyun kritik sıcaklığı 374°C'ın üstünde buhar, suyun bulunabileceği tek hal olup meydana getirilen basınç 80000 psi (5.52x10 MPa) kadar yüksek değerlere varabilir. Olay, her ne kadar sadece oksit yok olması şeklinde gözlenirse de, uzun çatlaklar ve yarıklar şeklinde kendini gösterir.

Hidrojen gevrekleşmesi ETP bakırının çekme mukavemetiyle kopma uzamasını ciddi şekilde etkilemiyorsa da yorulma mukavemetine olumsuz etkide bulunuyor. Bu itibarla devrî (sayklik) gerilme veya titreşime maruz konstruksiyonlarda bundan kaçınılacaktır.

Sert lehimlenmiş bakırda hidrojen gevrekleşmesinin genellikle ocak sert lehimlemesinde, ocak gazının bu sıcaklıkta fazla redükleyici olduğu hallerde vaki olduğu sanılırdı. Oysa ki bu çalışmalarla bunun, redükleyici ocak gazları içinde ısıtılmadan başka koşullarda da meydana geldiği anlaşılmıştır: dekapanı gerektiren ilâve metaller, dekapansız kullanılanlara göre, gevrekleşmeden daha çok etkilenmektedirler. Ancak derin hidrojen gevrekleşmesinin, dekapan ilâve suyundan daha çok potasyum tetraborat ($K_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$) içindeki hidratasyon suyundan ileri geldiği saptanmıştır.

Yeni çalışmalar yerleşmiş bulunan bazı teorik düşüncelere yenilik getiriyor: Cu-P ilâve metaller uygulamasıyla iş gören ıslatma ve yayılma mekanizması, genel olarak kabul edilmiş bulunan buhar taşınmasını artık göz önünde tutmuyor, buna karşılık bu mekanizmada, oksit-metal yüzey arasında bir korozyon hücresini öngörüyor, ilerlemekte olan korozyon hücresi, fosfattan yana zengin sıvı tarafından besleniyor; bu da, ilerlemekte olan hücre tarafından korozyon ve erozyona uğratılmış tünellerden kapiler etkiyle yüzeyler arasında taşınan sıvı olmaktadır. Böylece de, yeni teoriye göre, genel inanca karşılık, yüzey oksitleri ve oksitleyici koşullar, ıslatma ve yayılma olgusuna karışmamaktalar. Hatla, aksine, sert lehimlenmiş birleşmenin oluşmasına yardımcı oluyorlar gibi görünüyorlar.

Aslında, yüksek sıcaklıklarda çok kısa süreler içinde oluşmuş bakır oksitlerinin fiziksel ve kimyasal karakteristiklerine dair literatürde çok az sayıda bilgi mevcuttur.

Son on yılların çalışmaları, 800 ile 1000°C arasında bakır yüzeylerinin oksitlenme derecesinin, bakır iyonlarının bakır oksidi içinde difüzyon derecesine bağlı olduğunu göstermiştir. Daha önce de oksijen difüzyonunun, bu dereceyi ayarlayan kriter olduğu saptanmıştı. Halen hem bakır, hem de oksijen difüzyonunun önemli rol oynadıkları sanılmakta olup iş bu difüzyon muhtemelen, oksit ağında boş bulunan mevkiler yoluyla vaki olmaktadır.

Wagner'in metallerin oksitlenmesi teorisi, oksitler arasında difüzyonun ileri bir ayrışmayı bahis konusu ettiğini ifade ediyor; bunda kation ve elektronlar filmin arasından dışarıya doğru, anionlar da içeriye doğru hareket etmektedirler. Bu teorik ifadeler, oksitlenmenin mekanizmaları üzerindeki varsayımları doğrulayıcı deneysel ölçümlerle pekiştirilmiş durumdadır.

Son çalışmaların başlıca üzerinde durduğu husus, fosforun hangi kimyasal ve mekanik yolla kuvvetli bir sert lehimlenmiş birleşmeyi sağladığıdır. Bu çalışmalar şimdilik şöyle özetlenebilir:

1. Isıtılmış bir bakır yüzey üzerinde oksit filmi, başlıca CuO ve CU₂O olmak üzere en az dört tabakadan oluşmaktadır (SEM - Scanning Electron Microscope'la gözlemler)
2. Oksitle bakır ana metal arasında yüzey arası önemli gözeneklilik arz eder.
3. Cu₃P, P₂O₂ ve Cu₃PO₄'ten oluşmuş fosfordan yana zengin sıvı, ana metale nüfuz edip oksitle reaksiyona girmekle birlikte onu erozyona tabî tutmaktadır. Islatma ve yayılma mekanizması, oksit-metal yüzey arasında kapiler akışla beslenen bir korozyon hücresini bahis konusu etmektedir, ilave metal fosfat arasından akışı, oksidin üstünde ve altında, takip eder.
Başlıca yayılma cephesi bütün bakiye oksit ve fosfatı önünden sürer, erozyona uğramış mecraları doldurup katı, sürekli bir "birleşme" hasıl eder.
4. Bakır - fosfor alaşımı kullanıldığında zaman-sıcaklık sayıklarının kesinlikle sınırlanması önemlidir. Özellikle havanın varlığında, yüksek sıcaklıkta uzun süre kalmak, ana metalin fazlaca erozyonunu olduğu kadar kaba oksit teşekkülünü de mucip olur. Bununla birlikte çok daha önemli olan, serdenim ilâve metalinin sınırlı "ömür"dür; yani bütün fosfor tamamen oksitlendiğinde artık hiçbir bakır oksidi yeniden oluşamaz ve yayılma duracaktır.

Dekapanların bileşenleri

Bir dekapanı meydana getirmek için çok sayıda kimyasal birleşige gerek vardır. Bunlar karıştırıldıktan sonra, özellikle ısıtıldıklarında, bu değişik öğeler arasında reaksiyon vaki olur şöyle ki sert lehimleme sıcaklığında, meydana gelmiş olan karışım fiziksel ve kimyasal olarak reaksiyon öncesi bileşenlerden tamamen farklıdır. Örneğin, flüoborat bir dekapanda bir öğe ise, öğeler reaksiyona girdikten sonra, flüorürler oluşur. Sert lehimleme işlemi sırasında kimyasal olaylar, dekapanın, ana metallerin ve ilâve metallerin ve mevcut herhangi gaz halindeki malzemelerin reaksiyon dereceleri sıcaklıkla arttığından, geçici olur. Bu itibarla dekapanın malzemesi, zaman dahil bütün faktörlere uygun düşecek şekilde özenle seçilip oranları saptanacaktır. Dekapanın metaller üzerindeki etkisi sınırlandırılmakla birlikte birleşmenin arzu edilen şekilde gerçekleşmesine imkân verecek gibi sert lehimleme sıcaklığında yeterli şiddet ve sürede olacaktır. Klörür ve flüorürler gibi aktif halidlerin (bir halojenin bir metalle karışımı), örneğin, alüminyum ve başka yüksek dereceli elektropozitif metal içeren alaşımlar için dekapana karıştırılmaları gereklidir ve stoklama sırasında

malzemeler arasında reaksiyonları önlemek üzere de bazı özellikle aktif dekapanlar, kullanmadan hemen önce karıştırılacaktır.

Aşağıdaki tablo, piyasada bulunan dekapanların sınıflandırılmasına rehber olabilir. Tek başına kullanıldığında, burada verilen bilgiler bir özgül uygulama için genellikle yeterli olmaz. Bu itibarla bu bahsin iyice okunması gereklidir. İlâve metallerin başındaki (B) harfi, AWS spesifikasyonunda "sert lehim (brazing)"i ifade eder.

Sertlehim için dekapanlar

AWS serti. dekapan tip No	Önerilen ana metallar	önerilen ilâve metaller	önerilen yararlı sıcaklık alanı "C	Malze meler	Dekapanın şekilleri
		BAİSİ	371 - 643	Klorürl er Flüorür ler	Toz
	Sertlehimlenebilir bütün alüminyum alaşımları*				
		B	482 - 649	Klorürl er Flüorür ler	Toz
	Sertlehimlenebilir bütün magnezyum alaşımları*				
	Mg				

3A	No. 1,2 ve 4 dışında kalan her metal	BCuP, BAg	566 - 871	Borik asit Boratlar Flüorürler Flüoboratlar Islatma	Toz Pas Sıvı
----	--	--------------	--------------	---	--------------------

* AWS.- brazing manual'ın sonundaki Appendix'e bkz.

3B	No. 1, 2 ve 4 dışında kalan her metal	BCu, BcuP BAg, BAu RBCuZn, " BNİ	732 - 1149	Borik asit Boratlar Flüorürler Flüo boratlar Islatma öğeleri	Toz Past a Sıvı
----	---	---	---------------	--	--------------------------

Alüminyum bronzu, alüminyum pirinci ve az miktarda Al ve/veya Ti içeren demir	veya nikel esaslı alaşımlar	BAg (hepsi ne) BCuP (sadece bakır esaslı	alaşımlar a)	566 - 871
---	-----------------------------------	--	-----------------	--------------

Klorürler
Flüorürler
Boratlar Islatma
öğeleri

Toz
Pasla

<u>No 1 2 ve 4 kalan her metal</u>	3R ile aynı (BAσ hariç)	760 1204	Boraks Borik asit Boratlar Islatma öğeleri	Toz Pas Sıv
--	----------------------------	----------	---	-------------------

**hem kaynak çubuğu, hem sertlehim ilâve metali olarak

Aşağıdaki sıralamada en çok kullanılan dekapan melzemeleri verilmiştir

Boratlar (sodyum, potasyum, lithium vb.)
Ergimiş boraks
Flüoboratlar (potasyum, sodyum vb.)
Flüorürler (sodyum, potasyum, lithium vb.)
Klorürler (sodyum, potasyum, lithium)
Asitler (borik, kavrulmuş borik)
Alkaliler (potasyum hidroksit, sodyum hidroksit)
Islatma öğeleri
Su (ya hidratasyon suyu ya da pasta halinde dekapanlar için ilâve su).

Bu dekapanların etki türleri de, koruyucu, kimyasal, reaktif veya elektrokimyasal etki olarak tefrik edilir.

Boratlar - Boratlar, yüksek derecede ergiyen dekapanların formülünde önemlidirler, iyi bir oksit eritme gücüne sahip olup oksitlenmeye karşı uzun süreli koruma sağlarlar. Boratların çoğu 760°C civarında veya daha yüksek sıcaklıkta ergiyip etkin olurlar. Ergimiş halde nispeten yüksek bir viskoziteyi haiz olduklarından başka tuzlarla karıştırılmaları gerekir.

Ergimiş boraks - Ergimiş boraks, yüksek sıcaklıklarda aktif olan ve bir başka yüksek sıcaklıkta ergiyen malzeme olup alçak sıcaklık sertlehimleme işlemlerinde fazlaca kullanılmaz.

Flüoboratlar - Flüoboratlar birçok bakımdan öbür boratlar benzer şekilde reaksiyona girerler. Her ne kadar öbürleri kadar oksidasyona karşı koruma sağlamıyorlarsa da ergimiş halde daha iyi akarlar ve daha büyük oksit eritme niteliklerini haizdirler. Flüoboratlar, dekapan yapmak üzere sair boratlar ya da karbonatlar gibi alkalın karışımlarla birlikte kullanılırlar.

Flüörürler - Fluörürler yüksek sıcaklıklarda metalik oksitlerin çoğuyla hemen reaksiyona girerler ve dolayısıyla dekapanlarda temizleyici öge olarak geniş ölçüde kullanılırlar. Krom ve alüminyum oksitleri gibi refrakter oksitlerle karşılaşıldığında bunlar önem kazanırlar. Fluörürler çoğu kez, ergimiş boratların akıcılığını artırmak için bunlara karıştırılırlar; böylece de ergimiş sertlehim ilâve metalinin hareket ve kapiler akışını kolaylaştırırlar*

* Fluorin içeren karışımda emniyet önerilen için "Emniyet ve sağlık koruması" bahsine bkz.

Klorürler - Klorürler, flüörürlerle aynı şekilde davranırlar ancak bunların etkinlik alanı daha alçak sıcaklıklardır. Klorürler, yüksek sıcaklıklarda İş parçasını oksitleme eğiliminde olduklarından, dikkatle kullanılmalıdırlar. Daha alçak sıcaklıkta ergimekle bunlar flüörür esaslı dekapanların ergime sıcaklıklarını düşürmede kullanılırlar.

Borik asit - Borik asit, sertlehim dekapanlarında kullanılan başlıca bileşendir. Hidrate halde, bazen de kalsine halde kullanılır. Borik asit, ser [lehimlemeden sonra kalan cam gibi dekapan bakiyesinin temizlenmesini kolaylaştırma niteliğini haizdir. Ergime noktası boratlarınıninkinin altında, flüörürlerinkinin üstündedir.

Alkaliler - Potasyum ve sodyum hidroksiti, rutubet kapma nitelikleri dolayısıyla, idareli kullanılırlar (eğer kullanılırlarsa). Sair dekapan öğeleriyle birlikte bunlardan az miktarların bile bulunması, rutubetli havada sorun yaratıp dekapanın depolama süresini ciddi şekilde sınırlayabilir. Alkalilerin işlevi, dekapanın faydalı çalışma sıcaklığını yükseltmektir. Bunlar, molibden içeren takım çeliklerinde, dekapanlara faydalı ilâveler şeklinde kullanılır.

Islatma öğeleri - Islatma öğeleri, sertlehimlemeden Önce dekapanın iş parçası üzerinde

akmasını ya da yayılmasını kolaylaştırmak için pasta ve sıvı dekapanlarda kullanılırlar. Tabii bunların sertlehimleme dekapanının normal işlevine ters etkide bulunmaması gerekir.

Su - Su, ya dekapanı oluşturan kimyasal maddelerin içinde hidrasyon suyu ya da pasta veya sıvı hale getirmek için ayrıca ekleme suyu olarak bulunur. Hidrasyon suyunun istenmemesi halinde, kalsine edilmek (kavrulmak) suretiyle bertaraf edilebilir. Pasta haline getirmek için kullanılan su uygunluk bakımından değerlendirilecek olup sert sulardan kaçınılacaktır. Eldeki suyun uygun olmaması halinde damıtık su kullanılması gerekir.

DİN 8511, Blatt 1 : Metalik malzemelerin sert lehimlenmesi, lehimlenmesi ve lehim kaynağı için dekapanlar. Ağır metallerin sert lehimlenmesi ve lehim kaynağı için dekapanlar.

Bu dekapanlar 4 tipe ayrılır. Tiplerin simgesi 3 harften oluşur:

F, dekapan için S, ağır metal için

H, sert lehimleme için (DİN 8505'e bkz.) Bunlara bir de rakam eklenir.

Tip F-SH1 : 550 ilâ yakl. 800°C'a kadar sıcaklık için dekapan. Bunlar, bor bileşiklerinin yanısıra basit ve kompleks flüorürler içerirler ve 600°C'ın üstünde çalışma sıcaklığında sert lehimlemelerde kullanılırlar.

Tip F-SH2 : 750 ilâ yakl. 1100°C'a kadar sıcaklık için dekapan. Bunlar bor bileşikleri içerirler ve 600°C'ın üstünde çalışma sıcaklığında sert lehimlemelerde kullanılırlar.

Tip F-SH3 : 1000°C'a kadar sıcaklık için dekapan. Genellikle bor bileşikleri, fosfat, silikat vb. lerini içerip yüksek sıcaklık ergime noktalı İlâve metallere uygundur.

Tip F-SH4 : 600 ilâ yakl. 1000°C'a kadar sıcaklık için dekapan. Bunlarda bor bileşikleri bulunmaz. Genellikle klorürler ve flüorürler içerip 600°C'ın üstünde çalışma sıcaklığında sert lehimlemelerde kullanılırlar.

DİN 8511, Blatt2 : Metalik malzemelerin sert lehimlenmesi, lehimlenmesi ve lehim kaynağı için dekapanlar. Hafif metallerin sert lehimlenmesi, lehim kaynağı ve lehimlenmesi için dekapanlar.

Bu dekapanlar 2 grupta toplanıp gruplar da tiplere ayrılır. Tiplerin simgesi 3 harften oluşur:

F, dekapan için

L, hafif metal için

H, sert lehimleme ve W, (yumuşak) lehimleme için (DİN 8505'e bkz.)

Bunlara bir de rakam eklenir.

1. Grup, F-LH, hafif metallerin sert lehimlenmesi için dekapanlar.

Tip F-LH1 : Higroskopik klorür ve flüorürler, özellikle lithium bileşikleri esaslı dekapanlar. Dekapan artıkları sulandırılmış nitrikasit ve/veya sıcak suyla yıkanarak temizlenecektir.

Tip F-LH2 : Higroskopik olmayan flüorür esaslı dekapanlar. Dekapan artıkları genellikle iş parçası üzerinde kalabilir. Sert lehimleme yeri rutubetten korunacaktır.

2. Grup, F-LW, hafif metallerin (yumuşak) lehimlenmesi için dekapanlar.

Dekapan seçiminin esasları

Tüm sert lehimleme uygulamaları için tek bir genel, hepsine en iyi uyan dekapan mevcut değildir. Birçok değişken koşul (ana metal, ilâve metal, sert lehimleme yöntemi, sert lehimleme için gerekli süre, birleşmenin çapraşıklığı vb.) var olduğundan ister istemez birçok faydalı dekapan bileşiği ortaya çıkmıştır. Her dekapan bir ölçüde farklı bir karışım olup her birinin kendi optimum performans alanı vardır.

Herhangi bir AWS dekapan tip No.su içinde, maksimum etkinlik için bir özgül dekapan seçimi kriterleri vardır:

1. Daldırma sert lehimlemesi için (hidratasyon suyu dahil) sudan kaçınılacaktır.

2. Direnç sert lehimlemesi için, dekapan karışımı akımın geçmesine müsaade etmelidir. Bu da genellikle sulandırılmış, ıslak bir dekapanı gerektirir.

3. Dekapanın etkin sıcaklık alanı, kullanılan özgül ilâve metal için sert lehimleme sıcaklığını içine almalıdır. Bu, sert lehimleme sıcaklık alanının yüksek ve alçak sınırları için önemlidir. Sert lehimleme süresinin uzun olması halinde (birkaç dakika), daha az aktif ve daha uzun ömürlü dekapan aranır; bir hızlı ısıtma saykılı (endüksiyon sert lehimlemesinde olduğu gibi) daha aktif bir dekapanı gerektirir ve uzun ömür istenmez. Oksitlemeyen bir atmosferin kullanılması halinde, dekapanın ömrü uzamış olur.

4. Dekapan bakiyesinin temizlenme kolaylığı dikkate alınacaktır.

5. Ana ve ilâve metaller üzerinde korozif etki asgariye indirilecektir.

KONTROLLÜ ATMOSFERLER

Kontrollü atmosferler, sert lehimleme sırasında oksitlerin oluşmasını önlemek ve çoğunlukla da mevcut oksitleri redüklemek için kullanılır ve böylece de sert lehimleme ilâve metali temiz ana melal yüzeyini ıslatıp üzerinden akabilir. Kontrollü atmosferli sert lehimleme, yüksek kaliteli birleşmeler üretiminde geniş ölçüde kullanılır.

Tıpkı dekapanlar gibi, kontrollü atmosferler de sert lehimlenecek kısımlardan oksitlerin, kaplamaların, gres, yağ, kir ya da sair yabancı maddelerin peşin temizlenmesi amacıyla kullanılmaz. Sert lehimlenecek bütün kısımlar, her metalin gerektirdiği uygun peşin temizleme işlemine tâbi tutulacaktır*. Kontrollü atmosferler genellikle ocak sert lehimlemesinde olduğu gibi, endüksiyon ya da direnç sert lehimlemesinde de kullanılır. Sadece bir kontrollü atmosferin kullanıldığı uygulamalarda sert lehimleme sonrası temizlik genellikle gerekmez. Dekapanın istenmesi halinde, bunun faydalı ömrünü uzatmak ve sert lehimleme sonrası temizliği asgariye indirmek için bir kontrollü atmosferin kullanılması yine de arzu edilebilir.

Kontrollü atmosferlerin kullanımı, bütün bölümlerin üzerinde oksitlerin ve tufalın oluşmasını önleyerek birçok uygulamada nihaî işlemenin, sert lehimlemeden önce yapılmasını mümkün kılmaktadır. Elektronik tüplerin imali gibi bazı uygulamalarda, dekapanın temizlenmesi son derece önemlidir. Metalik ocaklar ve vakum sistemleri gibi bazı donanım tipleri, dekapan kullanılmasıyla zarar görebilir ya da kirlenebilir.

Heme kadar kontrollü atmosferde sert lehimleme birçok uygulamada nispeten basit bir süreç ise de sürecin daha çapraşık durumlarda kullanımı artmaktadır. İyi durumda olan bir sert lehimleme ocağına yeterince saf redükleyici atmosfer sağlamakla sert lehim için mutlaka uygun bir çevrenin oluştuğu söylenemez. Bunu aşağıdaki iki örnek gösterecektir:

1. 1093°C sıcaklıkta paslanmaz çeliğin sert lehimlenmesi için kullanılan alçak çığ noktalı bir saflaştırılmış hidrojen atmosferi, yine de reaksiyona girmeye yeterli oksijen içerecek olup paslanmaz çelik, oksitlerin redüklenmesinin yer aldığı sıcaklık alanının altında bir sıcaklığa ısıtıldığında, oksitlenir. Bu, nice bir süngerleşmiş metal filmini oluşturur; bu film kapiler akışa yardım ederse de ısıtmanın yavaş olması halinde büyük miktarda oksit teşekkül edebilir. Bu oksidin redüklenmesi için yüksek sıcaklıkta yeterince uzun süre tutulacaktır.

2. Oksijen taşıyan bakır veya gümüş esaslı ilâve metaller, paslanmaz çelik yüzeylerinin hemen yakınındaki çevrede hidrojen atmosferini bulaştırabilir şöyle

ki ağır, yeşil bir oksit, oluşur. Sonra da bakır ya da gümüş kısımlar muhtemelen,

"Ön temizleme ve yüzey hazırlığı" bahsine bkz.

ilâve metalin oksijen içeriği ile hidrojen atmosferi arasındaki reaksiyon sonucu olarak, sert lehimleme girişiminden sonra gevrekleşip gözenekli hal alacaklardır. Hidrojenin bakır ve gümüşteki az miktarda oksijenle reaksiyonu sonucunda hidrojenin çığ noktası yükselir ve bu olay, parlak metalik yüzeylerde herhangi bir oksit belirmese de, vaki olabilir.

Bazı atmosferler havayla karışma sonucunda patlayıcı hale gelirler. Bu tür atmosfer içeren ocak hücrelerini ısıtmadan önce bütün havanın boşaltılması gerekir. Örneğin %4 ilâ 75 hidrojen hacimli hava-H karışımı patlayıcı olur. Kullanılmamış atmosfer ya yakılacak ya da hızla sulandırılacaktır.

Kullanılan metal veya dekapların toksik (zehirli) elementler içermeleri halinde "Emniyet ve sağlık koruması" bahsinde emredilen hususlara uyulacaktır. Bazı atmosferler zehirli olan (CO) karbon monoksit içerirler. Artık gazların yakılması ya da uygun yerel havalandırma gereklidir.

Sert lehimleme için atmosferler

AWS atmosfer tip No.	Menba	Giren çığ noktası	Yaklaşık bileşim %				Uygulama		Mülâhazat
			H ₂	N ₂	CO	COa	ilâve metallar	Ana metallar	
1	Yanmış yakıt gazı (alçak sıcaklığı)	Oda sıcaklığı	5- 1	87	5-1	11 - 12	B _{Ag} ^(*) , B _{CuP}	Bakır, Pirinç	
2	Yanmış yakıt gazı (dekarbüredici)	Oda sıcaklığı	14- 15	70- 71	9 - 10	5-6	B _{Cu} , B _{Ag} [*] , R _B C _u Z _n , * B _{CuP}	Bakır , pirinç alçak karbonlu çelik, nikel,	Dekarbüre eder
3	Yanmış yakıt gazı kurutulmuş	-40°C	15 - 16	73 - 75	10- 11	-	2 ile aynı	2 ile aynı+yüksek karbonlu	

4	Yanmış yakıt gazı kurutulmuş	-40°C	38-40	41-45	17-19	-	2 ile aynı	2 ile aynı+yüksek karbonlu	Karbürededer
---	------------------------------	-------	-------	-------	-------	---	------------	----------------------------	--------------

5	Aynışmış amonyak	~54°C	75	25	-	-	BAG*, BCuP RBCuZn*	1, 2, 3, 4 ile aynı +krom İçeren	
6	Hidrojen	Oda sıcaklığı	97 - 100	-	-	-	2 ile aynı	2 ile aynı	Dekarbürededer
7	Oksijeni alınmış ve kurutulmuş hidrojen	-59°C	100	-	-	-	5 ile aynı	5 ile aynı+kobalt, krom, tungsten	
8	Isıtılmış uçucu malzemeler	inorganik buharlar (yani kadmium, lithium, uçucu flüorürler)					BAG	Pirinçler	özel amaç. Dekapan kullanılmakta

9	Saflaştırılmış asal gaz	Asal gaz (h Basınç	lithium, argon vb.)				5 ile aynı	5 ile aynı + titt-nium, zirkonium, hafnium	özel amaç. Parçalar çok temiz
10	Vakum	2 torr'un üstünde			-		BCuP, BAG	Cu	
İOA	Vakum	0,5 - 2 torr					BCu, BAG	Alçak karbonlu	
İOB	Vakum	0,001*0,5 torr					BCu, BAG	Karbonlu ve alçak alaşımlı	
İOC	Vakum	-3 1x10 torr ve daha aşağı					BNi, BAu BAlSi, Ti alas	Isı ve korozyona dayanıklı celikler Al	

*Uçucu karışımları içeren alaşımlar kullanıldığında, atmosfere ek olarak dekapan da gerekir.

**Bakır tamamen deoksida ya da oksijenden temizlenmiş olacaktır.

***Önemli miktarda alüminyum, titanyum, silisyum veya berilyumun mevcut olması halinde atmosfere ek olarak dekapan da kullanılacaktır.

Zararlı dekarbürasyondan kaçınmak için ısıtma süresi asgariye tutulacaktır.

Sert lehimleme için atmosferlerin bileşimi

Yukardaki tabloda tavsiye edilmiş on tane atmosfer tipiyle, uygulanabildikleri yerlerde bunların yaklaşık bileşimleri gösterilmiştir. Bu tipler yaklaşık olarak artan uygulanabilme ve bakımının yapılabilmesi güçlüğüne göre sıralanmıştır.

Sıralanmış ilk dört atmosfer, ölçülü miktarda hidrokarbon yakıt gazı ile havanın, reaksiyon için, bir distilasyon kabından geçirilmesiyle elde edilir. Doğal gazla, hava/gaz oranı, yararlı atmosferler üretimi için 9,5/1 ve 2/1 arasında bulunacaktır. 5/1 ilâ 9,5/1 arasındaki oranlarda, reaksiyon eksotermik olup serbest kalan ısı onu devam ettirmeye yeterli olur. 5(hava)/1(gaz) dan daha zengin (doğal gazdan yana) karışımlar, yanmanın vaki olabilmesi için ısı ilâvesi ile kap içinde bir katalizöre gerek gösterirler. Bu tip reaksiyonlara andotermik reaksiyon adı verilir. 9,5/1'den daha fakir karışımlar, kontrollü bir sert lehim atmosferi için uygun olamayacak kadar fazla oksijen içeren gaz ürünü hasıl ederler. Böyle bir hava-gaz karışımının yanmasını takiben su da, ya tek başına soğutulmuş, ya da çığ noktasını kabul edilebilir bir değere indirmek için bir ilâve absorpsiyon tipi kurutucu kullanılarak yok edilebilir. Gerektiğinde karbon dioksit yıkanarak temizlenir.

AWS No.5 sert lehimleme atmosferi, kuru amonyağın (NH_3) bir katalizörle dolu distilasyon kabında hidrojen ve azota, ayrıştırılmasıyla elde edilir. Ayrışmış amonyağın kurutulması istenebilir.

Bazı atmosferlerle atmosfer bileşenlerinin etkisi de şöyledir:

Hidrojen (H_2) - Hidrojen, birçok metal oksidinin yüksek sıcaklıkta redüklenmesi için etkin bir öğedir. Ama bazı ana metallere, hidrojen kevrekleşmesi suretiyle zarar verdiği de unutulmayacaktır*.

* Bu konunun ayrıntıları için bkz. Burhan Oğuz. - Karbonlu ve alaşımlı çeliklerin

kaynağı, OERLIKON Yay. 1987, s.56 ve dev.

Karbonmonoksit (CO) - Karbonmonoksit, demir, nikel, kobalt ve bakır gibi bazı metal oksitlerinin yüksek sıcaklıkta redüklenmesi için etkin bir öğedir. Karbonmonoksit, karbonlu çelikler üzerinde bazı uygulamalarda olduğu gibi, istenilen bir karbon menbaı olabileceği gibi başka uygulamalarda da arzu edilmeyen bir karbon ve oksijen menbaı olabilir. Sert lehimleme sıcaklığında, parçalar üzerinde bulunabilen yağdan hasıl olur. Zehirli olup uygun havalandırma ve yakma işlemlerine Özen gösterilecektir.

Karbondioksit (CO₂) - Karbendioksit, tavsiye edilen uygulamalarda gerekli CO/CO₂ oranını tutturmak için sert lehimleme atmosferinde karışım elementi görevini yapar. Karbonlu çelikler üzerinde uygulamalarda yararlı karbonu sağlayabilir. Ama ayrışmış halde de istenmeyen bir oksijen, karbon, karbonmonoksit menbaı olabilir. CO-CO₂ atmosferlerinde ocağın CO₂ içeriği hava kaçağı ile gereksiz olarak artabilir.

Azot(N₂) - Azot, bir kontrollü atmosferde önerilen uygulamalar için karışım elementi olarak kullanılır. Ancak, nitrür oluşmasının vaki olup bunun istenmediği hallerde azot kullanımından kaçınılacaktır.

Su buharı (H₂O) - Atmosfer içinde su buharı miktarı çığ noktası (gazın içindeki rutubetin yoğuşacağı sıcaklık)* ile belirlenir. Çığ noktası sıcaklığı ile gazların hacim olarak rutubet içeriği arasındaki ilişki şöyledir:

Ciğ noktası sıcaklığı (°C)	Rutubet içeriği Hacim olarak %	Rutubet ppm
-18	0.150	1500
-34	0.0329	329
-51	0.0055	55
-62	0.0014	14
-73	0.0002	2

Sert lehimleme sırasında dekarbürasyonun yararlı olduğu uygulamalar dışında su buharının varlığı istenmez. Su buharı istenmeyerek atmosfere hava kaçağı, iş parçasıyla birlikte ocağa taşınan hava, atmosferdeki serbest oksijen, metal oksitlerinin redüklenmesi, su ceketinden sızmlar, bulaşmış gaz hatları, uygun olmayan alev perdesi arasından oksijen yayılması vb.

menbalardan karışır. Varlığı, oksitlenmeyi teşvik ederek ıslatmayı önlediğinde özellikle istenmez.

Oksijen (O_2) - Yukarda sözü edilen menbelara ek olarak oksijen, ısıtma odasında (hücrelerinde) yüzeylerde biriken gazlardan gelebilir. Sert lehimleme atmosferinde serbest oksijen hiçbir zaman istenmez.

Methan (CH_4) - Methan, üretildiği şekliyle atmosfer gazından ya da yetersiz temizleme sonucu parçalar üzerinde kalmış inorganik maddelerden gelebilir. Methan, gazla, üretildikten sonra özellikle katılabilir ve bir karbon ve hidrojen menbaı olarak iş görebilir.

Kükürt (S) - Kükürt ya da bunun karışımları, atmosferi istenmeden bulaştırabilir ve sert lehimde bahis konusu metalle reaksiyona girerek ıslatmayı önleyebilir. Kükürt karışımları, atmosfer üretiminde kullanılan yakıt gazından, yetersiz temizleme sonucu parçaların üzerinde kalmış yağlardan, fırının yalıtımında kullanılmış tuğla ve sair malzemeden girebilir.

İnorganik buharlar - Çinko, kadmium, lithium ve flüorin karışımlarının gibi buharlar, bunların kullanımı için tasarlanmış teçhizatta, metal oksitlerini redükleyip oksijen atmosferin temizlemeye yarar. Sert lehimleme sırasında gelişen alaşımların bileşenlerinin yerini almada yararlıdırlar. Bu buharlar zehirlidirler.

Kitabın sonundaki EK I'e bkz.

Asal gazlar - Helium ve argon gibi asal gazlar metallerle karışımlar hasıl etmezler. Bunların kullanımına göre tasarlanmış donanımda, sert lehimleme sırasında uçucu komponentlerin buharlaşmasını engellerler.

Vakum – Her gün artan miktarda sert lehimleme vakumda yapılmaktadır. Vakum ölçümüne ait çok kullanılan bazı birimler şunlardır:

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ torr} (135 \text{ Pa})$$

$$1 \text{ mikron Hg}(\mu.) = 1 \times 10^{-3} \text{ mm Hg} (0,15 \text{ Pa})$$

$$= 1 \times 10^{-3} \text{ torr} (0,15 \text{ Pa}) \quad 1 \text{ Pa} = 102.10^{-7} \text{ kg/cm}^2 = 0,102 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$= 0,0075 \text{ mm Hg}$$

Sert lehimleme sıcaklığına ısıtılma sırasında gelişmiş olanlar dahil gazların bir uygun basınca getirilmeleriyle çok temiz yüzeyler elde edilebilir. Bir vakum özellikle uzay, elektronik tüp, ve nükleer alanlarda olduğu gibi redükleyici atmosferlerle reaksiyona giren metallerin kullanıldığı veya sıkışmış dekapan ya da gazlara hiçbir suretle izin verilmediği

durumlarda faydalıdır. Başarılı sert lehimleme için müsaade edilen azami basınç başlıca ana metallerin bileşimi, sert lehimleme ilâve metali, boşaltılmış hücrede kalmış gaz tarafından belirlenen birçok faktöre bağlıdır.

Vakum sert lehimlemesi birçok eş ve farklı ana metallerin dekapansız birleştirilmelerinde ekonomik olmaktadır. Vakumlar özellikle (1) sert lehimleme sırasında yüzey aralarından katı veya sıvı dekapanların gerekli şekilde temizlenemediği ve (2) hassas alıştırılmış sert lehimleme yüzey aralarında hasıl olan birikmiş gazların temizlenmesinde gazlı atmosferlerin yeterli etkinliği gösteremedikleri çok geniş, sürekli alanların sert lehimlenmelerinde uygundur. Keza vakum titanium, zirkonium, kolombium, molibden ve tantal gibi eş ve farklı ana metallerin sert lehimlenmesine uygundur. Bu metallerin karakteristikleri gereği, çok az miktarlarda bile atmosferik gazlar, sert lehimleme sıcaklıklarında gevrekleşme ve bazen de çözülmeye götürebilir. Bu metaller ve alaşımları asal gaz atmosferlerinde de sert lehimlenebilirler ancak bunun için bu gazların yeterli derecede saf olmaları gerekir; aksi halde bulaşma ve metal niteliklerinde kayıplar vaki olur.

Vakum sert lehimlemesinin, öbür yüksek safiyet sert lehimleme atmosferleriyle kıyaslamada aşağıdaki yarar ve sakıncaları vardır

1. Vakum başlıca, bütün gazlan sert lehimleme alanından temizler ve böylece sağlanan atmosferi tasfiye gereği ortadan kalkar. Ticarî vakum sert lehimlemesi genellikle 0,5 ile 500 militorr (0,065 ile 65 Pa) arasında değişen basınçta yapılır; bu da sert lehimlenen malzemeler, kullanılan ilâve metaller, sert lehimleme ara yüzeylerinin alanları ve sert lehimleme sayıklı sırasında ana metaller tarafından gazların hangi ölçüde tart edildiğine bağlıdır.

2. Ana metalin bazı oksitleri sert lehimleme sıcaklıklarında vakum içinde ayrı saçaklardır. Vakum, paslanmaz çelik, süper alaşımlar, alüminyum alaşımları ve, özel tekniklerle, refrakter malzemelerin sert lehimlemesinde geniş ölçüde kullanılır.

3. Ana metalin gaz ihraç etmesinden ileri gelen sert lehimleme ara yüzeylerinin bulaşması, bazen zorluklara neden olursa da bunun vakum sert lehimlemesinde hiçbir önemi yoktur. Biriken gazlar, metallere ihraç edilir edilmez ara yüzeylerden temizlenir.

4. Ana ve ilâve metallerin çevresinde bulunan alçak basınç, metallere uçucu ademi safiyetleri ve gazlan temizler. Çoğu kez ana metallerin nitelikleri iyileşir. Ancak, ana ve ilâve metallerin veya bunların elementlerinin bu çevreleyen alçak basınç yüzünden buharlaşması halinde yarar, sakıncaya dönüşür.

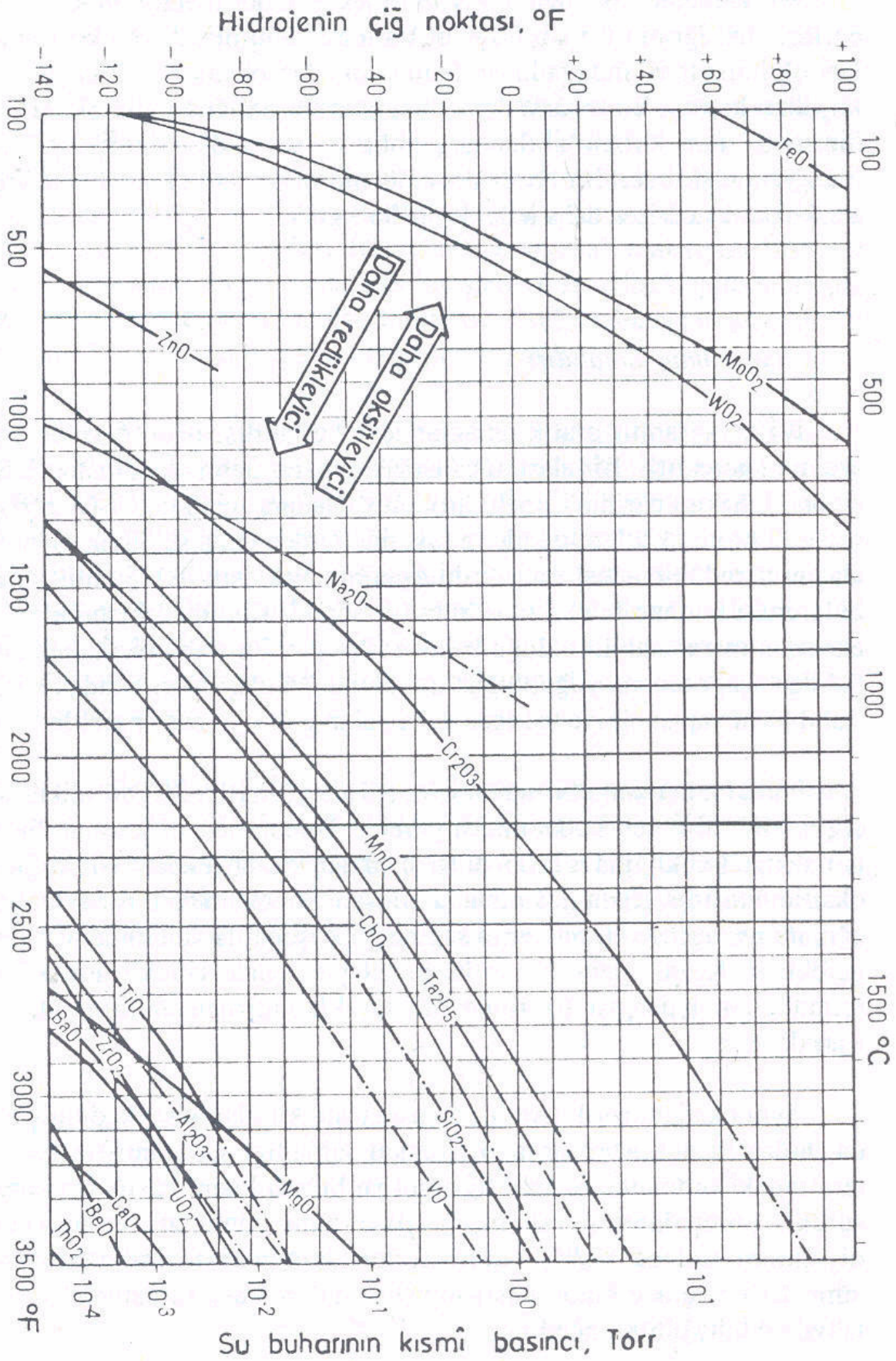
Hidrojen içinde metal-metal oksit dengesi

Sek.76. metal-metal oksit dengesinin bir grafik gösterilişidir ve metal-oksit oluşumunun termodinamiğine dayanır.

Metalik oksitlerin hidrojen atmosferi içinde redüklendikleri ocak sert lehimlemesi, tavlama, sinterleme ve sair bütün metalürjik süreçler, oksit redükleme sürecinde etkin olan faktörlerin tam olarak bilinmesini gerektirir. Saf hidrojenin, metal ve alaşımların yüzeylerindeki oksitleri redükleme kabiliyeti, üç esas faktör tarafından saptanır: (1) sıcaklık, (2) hidrojenin (çiğ noktası olarak ölçülen) oksijen içeriği ve (3) gazın basıncı.

Uygulamaların çoğu bir atmosferde olur; bu nedenle, sadece iki değişken faktör kalır: sıcaklık ve çiğ noktası. Şek.76'da gösterilmiş diyagram, değişik sıcaklıklarda oksit ile metalin dengede buldukları çiğ noktasının saptanmasını ifade eder. Bu diyagramda gösterilen yirmi adet eğri, yirmi saf metal-metal oksit sistemi için denge koşullarını tanımlar. Eğrileri bu grafiğin dışına çıkan on üç elementin pozisyonu da altta bildirilmiştir. Bu diyagramın hesaplanması için seçilmiş oksit, her metalin en güç redüklenen oksididir.

Metal-metal oksit denge eğrileri (şek.76), her metal için sağa yukarı doğru eğilir. Her eğrinin üst sol bölgesi, bu metal için oksitleyici koşulu temsil eder. Her eğrinin alt sağında bulunan bütün noktalar, oksitleri redüklemek için gerekli koşulları kapsar. Bu itibarla diyagram, işlem sıcaklığının yüksekliği oranında, her bir metal için kullanılabilen çiğ noktası (veya oksijen içeriği) nin yüksek olduğunu ifade eder. Bir başka deyimle, hidrojenin belli bir safiyeti, tedricen artan sıcaklıklarda tedricen daha redükleyici hale gelir.



Şek. 76.- Hidrojen atmosferlerinde metal-metal oksit dengesi

Au, Pt, Ag, Pd, Ir, Cu, Pb, Co, Ni, Sn, Os, Bi oksitleri, grafikte bulunanlardan daha kolay redüklenirler. La'nınki ise daha güç redüklenir.

Metal-metal oksit denge eğrileri (şek.76), her metal için sağa yukarı doğru eğilir. Her eğrinin üst sol bölgesi, bu metal için oksitleyici koşulu temsil eder. Her eğrinin alt sağında bulunan bütün noktalar, oksitleri redüklemek için gerekli koşulları kapsar. Bu itibarla diyagram, işlem sıcaklığının yüksekliği oranında, her bir metal için kullanılabilen çığ noktası (veya oksijen içeriği) nin yüksek olduğunu ifade eder. Bir başka deyimle, hidrojenin belli bir safiyeti, tedricen artan sıcaklıklarda tedricen daha redükleyici hale gelir.

Diyagramın kullanılışı

Bu diyagramın pratik amaçlar için kullanılışı önce eğrinin doğru olarak seçimini gerektirir. Bir alaşımı çalışmak için, en stabil oksidi haiz element (sağda en uçta), hâkim eğridir. Örnek: kromlu paslanmaz çelikte, Cr_2O_3 eğrisi uygundur şöyle ki krom oksitleri, demir ve nikelinkilerden daha stabildir. Genel olarak, bir alaşımın redüklenmesi en güç bileşenin yaklaşık %1 atomik orandan fazla bulunması halinde bunun oksidinin bir sürekli filminin oluştuğu ve dolayısıyla eğrisinin uygulanabilir olduğu kabul edilmiştir. En stabil oksit yapıcının tedricen %'den aşağı oranda yoğunluğunun bulunduğu alaşımlar, bundan sonra gelen en stabil oksit yapıcı eğriye tedricen daha yakın gelmeye başlar gibidir.

Pratikte, herhangi bir metal için, eğride gösterilenden bir miktar daha düşük çığ noktalı hidrojen kullanılması gerekir. Bunun nedeni kısmen, bu çığ noktası için denge sıcaklığına tekabül eden sıcaklığa varılana kadar ısıtıldığında yüzeyin oksitlenmesidir. Isıtma sırasında oluşan bu oksitlerin redüklenmesi, denge eğrisinin yeterince altında veya sağındaki koşullarda yeterli zaman bırakılmasını gerektirir. Keza, işlem sırasında, metal yüzeyinde gerekli atmosfer safiyetini tutmak için iş parçası üzerinde bir sürekli hidrojen akımını idame ettirmek icap eder.

Aynı oksijen içerikli ve iş parçasına sürekli olarak sevk edilmiş asal gazların da, hidrojen atmosferiyle aynı sonucu sağladığı saptanmıştır. Şek.76'nın sağ tarafındaki ordinatta gösterildiği gibi su buharı kısmî basıncına kabaca eşit bir sürekli pompalanmış vakum, pratikte aynı sonuçları vermektedir. Denge diyagramı sadece H_2/H_2O atmosferleri için verilmiş olduğundan, hidrojen atmosferleri içinde bütün oksijenin (O_2), çığ noktası saptanmadan önce H_2O 'ya tahvil edilmiş olması gerekir.

H_2 'ye yüksek eğilimi bulunan metallere iş görüldüğünde özel dikkatin gereğine işaret edilmiştir. Başlıca titanium, zirkonium, hafnium, tantal, kolumbium (niobium) ve bazı başkalarından oluşmuş saf metal ve alaşımlar, yeterli yüksek sıcaklıklarda H_2 ile derhal

reaksiyona girecekler ve hidratlar hasil edecekler veya hidrojeni ana metal içinde eriteceklerdir.

Şek.76 ve neşredilmiş başka çalışmalarda* verilmiş bu tür eğriler, sırasıyla redükleyici ve oksitleyici metal oksitleri ve metallerde hidrojen ve su buharının etkilerini anlamaya yardımcı olursa da kontrollü atmosferlerin kullanımında hasil olan her şeyi betimlemezler. Ne redüklemenin vaki olma derecesini, ne de oksidin fiziksel şeklini gösterirler. Eğriler, farz edilen kimyasal reaksiyon için bu oksitlerin temizlenmesinin, işaret edilen gaz bileşimi ve sıcaklık koşulları altında mümkün olup olmadığını gösterirler. Her durumda, oksidin metala tek bir işlemde redüklendiği farz edilirse de, bu her zaman böyle olmayabilir.

Keza çapaşık metal oksitleri, basit oksitlerle aynı şekilde davranmayabilirler. Alüminyum, magnezyum, berilyum, kalsium ve titanium oksitlerinin sadece çok yüksek sıcaklıklar ve çok düşük çığ noktalarıyla redüklenebildikleri kaydedilecektir. Genellikle denge sıcaklığı, sert lehimleme için kullanılan sıcaklığın çok üstünde bulunur. Bir ana metalin bu elementlerden az miktarda (%0,5'den az) içermesi halinde çoğunlukla memnuluk verici bir sert lehim elde edilebilir. Ama ana metalde bunlardan daha çok miktarda bulunuyorsa, ya bir dekapan kullanılacak, ya da redüklenemeyen oksitleri örtmek üzere bir yüzey kaplamasına başvurulacaktır.

Şek.76'nın önceden bildirdikleri gerçek gözlemlerle kabaca uyum halindedir. Bir ciddi sapma, bakırın 150 ile 350°F (66-177°C) arasında, 0°F (-18°C) in altında bir çığ noktasına sahip bir hidrojen atmosferinde bile, oksitlenmesidir. Kontrollü atmosferli sert lehimleme deneylerinin, atmosferin bulaşmasını önlemek üzere çok sıkı önlemler alınmadıkça, büyük hatalara maruz oldukları akılda tutulacaktır.

Bredzs, N. and Tennenhouse, C.C. 1970. Metal-metal oxide-hydrogen atmosphere chart for brazing or bright metal processing. *Welding Journal* 49 (5), Research Supplement, pp. 189-s to 193-s.

Atmosfer seçiminin esasları

Maliyet açısından, belli ana ve ilâve metallere tavsiye edilen uygulamalar için yukarıdaki tablonun en üstüne en yakın olarak sıralanmış atmosfer seçilecektir. Tablonun altındaki dipnotlar önemlidir. Karbürlenmeye ya da dekarbürasyona duyarlı ana metallerin atmosfer içinde bu reaksiyonların hasil oldukları sıcaklığa ısıtılmaları halinde, bu gereklere

uygun bir atmosfer seçilecektir. Hidrojen tarafından gevrekleştirilebilen ya da onunla kimyasal olarak bileşebilen (örneğin tantal) metallerin bahis konusu olduğu uygulamalarda, atmosferde mevcut hidrojen miktarı uygun bir maksimum değer altında tutulacaktır.

Tonaj olarak en geniş ölçüde kullanılan kontrollü atmosfer sert lehimlemesi, çelikten beklenene ve bunun bileşimine göre AWS No. 1, 2, 3, 5 veya 6 atmosferleriyle, çelik üzerine BCu'nun kullanımınıdır. Döneceğiz konuya.

Konunun teorik ve teknolojik önemi itibariyle bunu daha değişik açılardan özetle bir kez daha ele alacağız.

Ana metallerin dekapansız aktivasyonu

Oksijenin kısmî basıncının 0,21 at. olduğu bir normal çevrede, az çok bütün metal ve alaşımların dekapansız sert lehimlenmesi (ve lehimlenmesi), bunların oksitlerinin, bunların ergime noktalarının çok üstünde sıcaklıklarda ayrışması olgusuna bağlı kalır (bunda sadece platin, gümüş, altın ve bunların alaşımları istisna teşkil eder).

Bir alaşımla havanın oksijeninin kimyasal reaksiyonundan hasıl olan oksit filmi, reaksiyona giren elementlerle denge halinde bulunmaz. Müteakip ısıtma sırasında alaşım elementlerinin kendi iç tabakalarından yüzeye doğru ve oksijenin de alaşımın içine bir çapraşık difüzyon süreci vaki olur. Her iki yöndeki difüzyon, oksit filminin arasından gerçekleşir. Birçok metalin oksitlenmesinde başat süreç, metalik ionların oksit filminin içine difüze olması olup oksit filmi, sonuç olarak, ana metalin üzerinde oluşur. Metal-oksijen katı eriyiklerinin teşekkül ettiği yerde başat süreç, oksijenin, oksit filminin arasından metal kitlesinin içine difüzyonudur, tıpkı titaniumun yüksek sıcaklıkta oksidasyonunda olduğu gibi. Bu itibarla difüzyon süreçleri filmin içyapısı ve gevşekliğine, alaşım elementlerinin yoğunluk (konsantrasyon) gradienine ve de sistemin daha dengeli bir hali için termodinamik koşullara bağlı olmaktadır. Bileşmiş oksijenin azalan içeriği ile oksit tabakaları (demir içinde Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO ; titanium içinde TiO_2 , TiO , vb.), oksitlenmiş yüzeyden saf metalin derinliklerinde artar.

Oksitler, metal içerikleri itibariyle ortalama alaşım bileşimlerinden fark ederler. Oksitlerde büyük ölçüde bulunan, oksijene büyük kimyasal eğilimi olan elementlerdir. Bazı durumlarda, özellikle yüksek sıcaklık oksitlenmesi sürecinde, ana metalinkilerden çok alaşım elementlerinin oksitleri oluşur.

Bu itibarla alaşımların yüzey tabakaları, alaşım elementlerinden yana fakirleşir.

Bazı alaşım elementleri, ilâve metalin akış ve ıslatma kabiliyetini azaltıcı nitelikte olurlar.

Bu elementlerden fakirleşen yüzeylerin ıslatılabilme kabiliyeti, dolayısıyla, artmış olur. Böylece de, oksit tabakasının uygun bir yöntemle kaldırılmasıyla bu yüzeyler sert lehimlenmeye bir nevi hazırlanmış olur. Krom, buna bir örnek teşkil eder. Bu süreç içinde karbon, uçucu CO ve CO₂ oksitler halinde bileşir.

Yüzeyde oluşmuş oksitlerin dengesiz koşulu, bütün sistem dengeye yaklaşırken, oksit filmini ayrıştırmada kullanılabilir şu şartla ki alaşım oksijenle temastan men edilecek ve oksit gelişmesi önlenecek. Bu yöntem sadece oksijenin, ana alaşımda ciddi ölçüde eriyebilme kabiliyetini haiz olması halinde etkin olur. Yüzeyi oksitlenmiş bir alaşımın vakum ya da nötr atmosferde ısıtılması oksitlerin tahribine yol açar şöyle ki oksijenin, ana metalin katı eriyiği içinde tedricî erimesi vaki olur.

Oksijeni büyük ölçüde eriten titanium veya zirkoniumun oksitleri vakum ya da nötr atmosferde etkin şekilde ayrışır. Bu itibarla TiO₂ oksit oluşmasının yüksek serbest enerjisine rağmen titanium ve alaşımları nispeten yumuşak vakumda (10 mm Hg) veya argon içinde sert lehimlenebilir: burada oksit filminin oksijeni metal içinde, oksitlerde bileştiğinden daha yüksek derecede erir. Bu nedenle çelik ısıtıldığında oksitlerin tahribi daha güç olur zira*oksijen çelik içinde ancak hafifçe eriyebilir.

Sadece ihmal edilebilir ölçüde oksijen eriten ana ve ilâve metaller üzerinde oluşan oksitler, ergimiş dekaplan ya da kendi kendini dekaplayan ilâve metaller olmadan, yani bir aktif atmosfer içinde, ayrıştırılabilirler.

Yüzeyleri önceden temizlenmiş metal veya alaşımlar bir asal gaz atmosferi ya da vakumda ısıtıldıklarında, çevredeki atmosferde çok az miktarda oksijen bulunduğundan oksit filmi bütün yüzey üzerinde uniform olarak değil de belli noktalarda gelişmeye başlar. Bunun yanısıra, tekdüze kalınlıkta olmayan ince film, meselâ lineer uzama katsayısı ile ana metalinkinin farkından ötürü yer yer yırtılabilir; böylece de ana metal yüzeyi, ergimiş ilâve metal ve temas eden metallerin buharlarıyla temasa gelir ki bu da onda temas ergimesi hasıl eder.

Ana metalin ergimiş ilâve metal veya ötektik içinde eriyebilme sınırı iyice yüksek ise, oksit filminin ana metalin yüzeyinden tamamen yok edilmesine gerek kalmaz: filmdeki yerel süreksizlikler bu yüzeyi aktive edip onun sıvı faz tarafından ıslatılması için yeterli olur. Oksit filmi, ergimiş ilâve metal içinde alttaki ana metalin katı-sıvı temas ergimesi sonucunda tamamen bertaraf edilir.

Sert lehimlenecek yüzeyin, bir ergimiş ilâve metal tabakası altında oksit filminin yerel olarak yırtılması şekliyle aktive edilmesi, abraziyfler ve ultrasonikle de kir tabakasının tamamen temizlenmesi ile sağlanır.

Abrazif lehimleme

Abrazif lehimleme başlıca alüminyum ve bunun alaşımlarına uygulanır. Bu yöntemde alçak ergime noktalı ilâve metallerle lehimlenecek yüzey, abrazif tekniği ile önceden kalaylanır. Parçalar birbirlerine bastırılır ve bunlar, kalaylı kaplama tamamen ergiyene kadar art ardına ısıtılarak birleştirilir.

Kalaylamada, alüminyumun yüzeyinden oksit filmi sadece bir kazıyıcı ile değil, metal fırçalar, ergimiş ilâve metala daldırılmış abrazif zerrelere de temizlenebilir: kalaylanmış yüzeyler birbirlerine sürtülür ve böylece oksit filmi yırtılır. Kalaylamada kullanılan abrazif olarak asbest, metal tozlan... sayılabilir.

Ultrasonik seri lehimleme ve lehimleme

Abrazif lehimlemede olduğu gibi bu teknik de genellikle alüminyum ve alaşımlarının birleştirilmesinde kullanılır. Bu, birleştirilecek yüzeylerin bir ön kalaylanması ve sonra da fiilen sert lehimlenmesinden ibarettir.

Ultrasonik kalaylama, ultrasonik havayalarla ya da uygun ultrasonik kaplar içinde olur. Ultrasonik kapta yapıldığında oksit filmi, ergimiş lehimin temas ettiği bütün yüzeyden aynı anda yok edilir.

Bir ultrasonik lehimleme kabında kalaylamadan önce, parçanın lehimlenmeyecek bölümleri, anodize edilerek korunur; ama bundan önce, lehimlenecek bölümler bir vernikle kaplanır; bu vernik sonradan asetonla temizlenir. Parçanın ultrasonik lehimleme kabına daldırılmasından önce, ergimiş yüzeyden cüruf temizlenir ve ultrasonik güç devresine enerji verilir. Daldırma süresi, parçaların boyut ve kitlelerine göre 5 ile 30 saniye arasında değişir. Lehim fazlası silkilerek ya da silinerek atılır.

Ultrasonik lehimleme, çok iyi bilinen ultrasonik temizleme tertiplerinde kullanılanlara benzer şekilde, ergimiş lehim içinde oyuklar (kavitasyon) meydana getirmeye dayanır. Kaviteasyon, oksit kaplamasını yırtan ve ortaya çıkan alüminyum yüzeyinin lehim tarafından ıslatılmasına imkân veren bir fırçalama-kazma etkisi hasıl eder.

Yapılacak işe göre boyutlandırılmış lehim potasının şekli ve temel akustik fiziği, ergimiş lehim hacmi içinde sürececek olan dalga koşullarının varlığına âmil olur. Lehim-hava yüzey arası, bir sıfır ultrasonik enerji yüzeyidir. Dolayısıyla, ergimiş lehim yüzeyinden banyo hacmine doğru bir ultrasonik enerji ve bir kaviteasyon şiddeti gradieni mevcuttur. Tipik üretim lehim potalarında, maksimum kaviteasyon şiddeti alanı, lehim yüzeyinden 25 ilâ 50 mm derinlikte vaki olur.

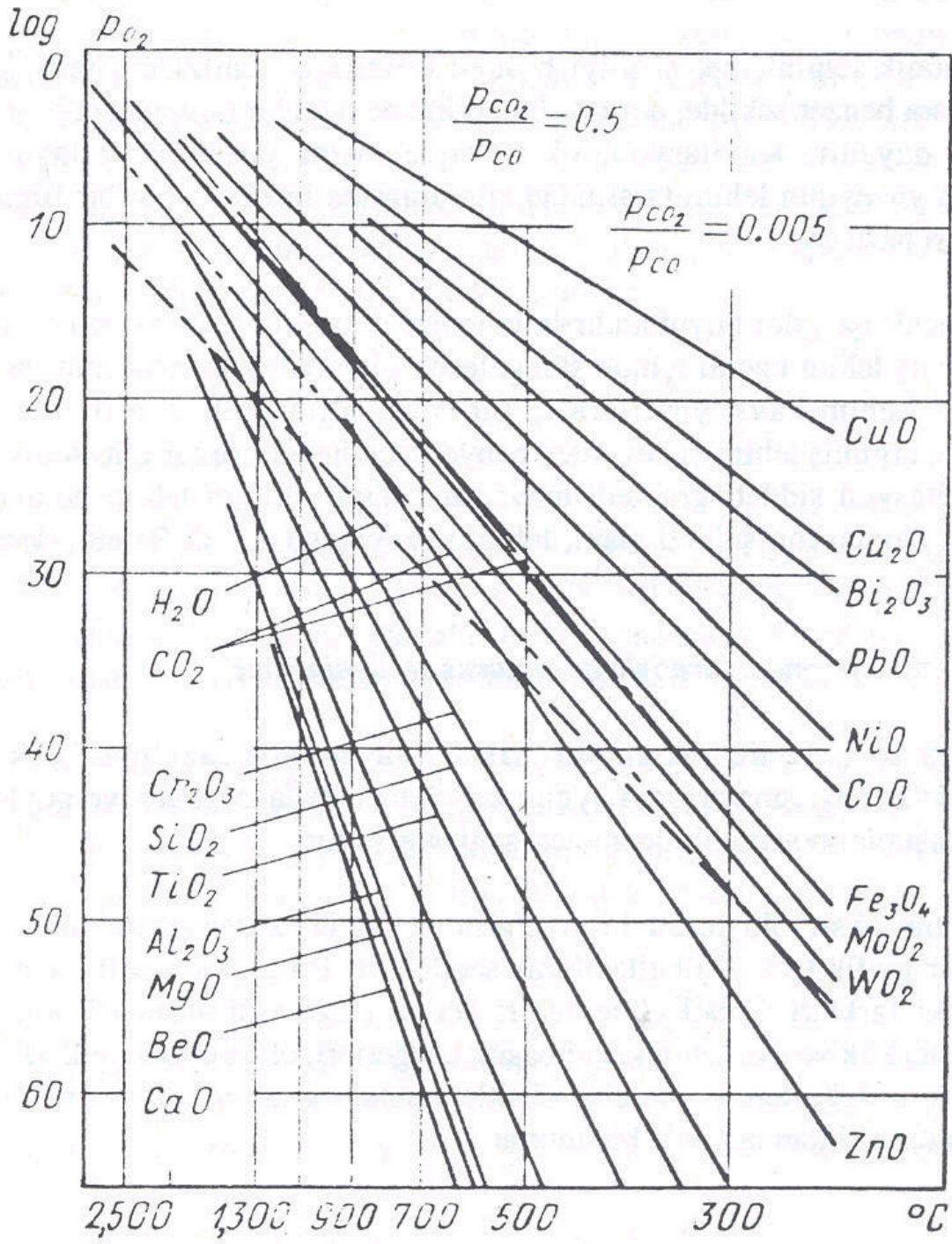
Oksitlerin ayrışması suretiyle dekapansız sert lehimleme

Bir gazlı çevrede oksijenin kısmî basıncında azalma, oksitlerin kendiliklerinden ayrışmaları için uygun koşulları meydana getirir ve böylece de metal ve alaşımların sert lehimlenmeleri sağlanmış olur.

Belli bir oksit oluşturan bir metalin dekapansız sert lehimlenmesi için koşulları, bir grafik (şek.77) kullanılarak seçilebilir. Bu grafik oksitlerin ayrışma başındaki farkları temsil etmektedir: denge çizgisinin altında kalan bütün bölgedeki sıcaklık ve oksijenin kısmî basıncı değerleri, oksitlerin kendiliklerinden ayrışması için değerlerdir; metalin oksitlenmesine götüren aynı parametreler, çizginin üstündeki tüm bölgede bulunurlar.

Vakum sert lehimlenmesi

Birçok metal 10^{-4} mm Hg vakumu ve daha aşağısında, özellikle 1000°C sıcaklıkta, ciddi ölçüde buharlaşır. Raoult kanunu*, vakumda alaşımlardan uçan



Şek. 77.- Oksitlerin ayrışma basıncı

* EK II'ye bkz.

elementler için doğru olarak kabul edilmektedir. Sulandırılmış eriyiklere uygulanabilen kanun, eriyikten bir elementin buhar basıncının, saf elementin buhar basıncından az olduğunu; farkın, erimiş maddenin konsantrasyonu ile orantılı olduğunu öngörür.

Bazı metalik oksitler, vakumda iyice yüksek buhar basıncıyla karakterize olurlar. 10^{-5} mm Hg düşük basıncında, CaO, SrO, BaO, V_2O_5 ve MoO_2 oksitleri 1000 ilâ 1200°C'ta; Cr_2O_3 , 1000°C'ın üstünde; MoO_3 , 600°C'ta ve WO_2 , 800°C'ta buharlaşır. Bu yönde Al_2O_3 , son derece stabildir. Buhar basıncı o denli alçaktır ki bu oksit ancak ergime noktasına (2050°C) yakın sıcaklıkta buharlaşmaya başlar. Be, Si, Mg, Zr, Cr gibi elementlerde, 10 ilâ 10 mm Hg vakumunda bunların oksitlerinin buharlaşması ancak 1600 ilâ 2000°C sıcaklıklara varıldığında vaki olur.

Bir belli ilâve metale, bu ilâve metal içinde uçucu bileşen esasınınkinden daha büyük serbest eriyik enerjisini haiz başka bileşenlerin eklenmesi halinde bu belli ilâve metalin yüksek buhar basınçlı bileşeninin kısa sürede, veya büyük ölçüde ya da daha alçak sıcaklıkta buharlaşabileceği termodinamik olarak saptanmış ve deneysel olarak da doğrulanmıştır. Özgül olarak alüminyum, krom, silisyum ve daha aşağı ölçüde olmak üzere demir ve germanium ilâvelerinin, indiumun nikelden buharlaşma derecesini artırdığı deneysel olarak ispatlanmıştır. Bu etkinlik derecesi, eldeki termokimyasal verilere göre, yukarıdaki varsayımı doğrulamaktadır.

Pratik yönden, buharlaşma kabiliyeti üzerinde birleştirme geometrisinin etkileri tartışılmaktadır. Sert lehimleme sıcaklığında makul süreler içinde ciddi bir buharlaşma elde edileceğinde birleştirme derinliğine sınırlamaların getirilmesinin gereği kabul edilmelidir.

Yüksek sıcaklık sert lehimleme ilâve metal alaşımlarının yeniden ergitilme (yapılmış sert lehimin sökülmesi) sıcaklığının yükseltilmesi için buharlaşma olgusunun kullanılması hususunda çalışma yapılmıştır*. Bu çalışmada indium (in) veya başka baz' yüksek buhar basınçlı element içeren sert lehimleme alaşımlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır; uçucu elementler sert lehimleme sırasında yok edilip daha yüksek ergime noktalı bileşimlere doğru bir değişme hasıl edilebilmektedir.

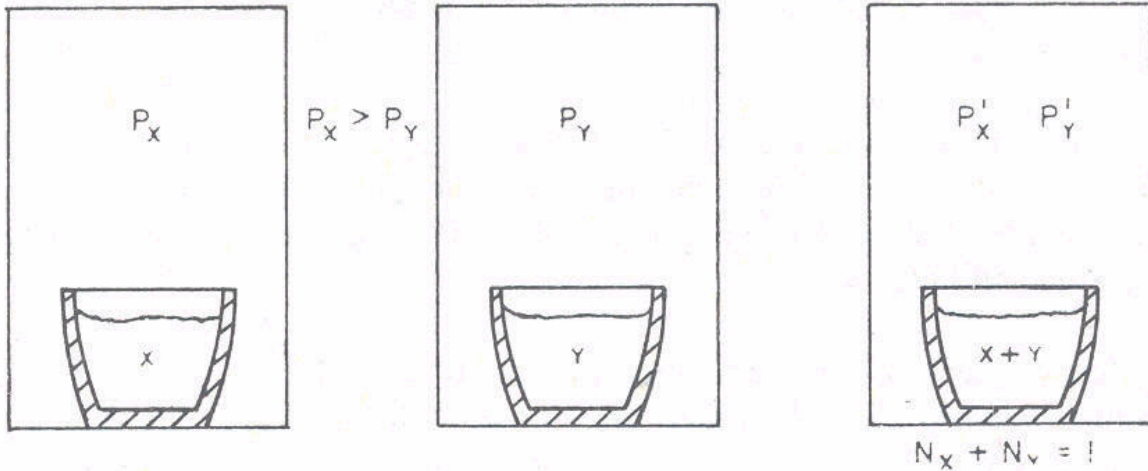
Bkz., W. Lehrer and H. Schwartzbart. - Volatilisation phenomena in high-temperature brazing filler alloys, Welding Journal, August 1960, Research Suppl. 449 s - 461 s.

Bileşim değişmesi, etkin olabilmek için sonunda solidus sıcaklığında bir yükselmeye götürmelidir. Böylece ona ait olan solidus çizgisinin (veya yüzeyinin) meyli, yüksek yeniden

ergitme sıcaklıklı alaşımların tasarlanmasında önemli bir faktör olmaktadır. Bu çizginin fazla dik olması halinde (sert lehimleme sıcaklığında ergime noktasını düşürücünün çok az katı eriyik kabiliyetli olduğu sistemlerdeki olduğu gibi), bu düşürücü tamamen yok edilmeden daha yüksek yeniden ergime sıcaklıkları elde edilemez. Bunun çok güç olduğu termodinamik olarak ispatlanabilir, öbür yandan tatlı bir solidus çizgisi meylinin, birim sıcaklık artışı başına önemli miktarlarda düşürücünün yok edilmesinin gereği sakıncası vardır. Bu itibarla bir orta meyil muhtemelen en pratik alaşım sistemini sağlayacaktır.

Teorik mülâhazalar

X ve Y elementlerinin bir sıvı alaşımı, bu sıvı üzerindeki buharda X ve Y atomlarının kısmî basıncına iştirak edecektir (şek.77A). Örneğimizde X metali en (fazla) uçucu element, yani sıvı metal bileşimi İçinden istenilen değişikliği elde etmek için sert lehimleme sırasında buharlaştırmaya çalışacağımız elementtir. Böylece X'in (p',) kısmî basıncının değişmesini ele alacağız. XY alaşımı üzerinde X elementinin basıncı, sıvı metal içinde X ve Y in birbirlerine olan eğilimine



$$\Delta \bar{G}_x = RT \ln \frac{P'_x}{P_x}$$

$$\Delta \bar{G}_x = RT \ln a_x$$

$$a_x = \frac{P'_x}{P_x} = N_x$$

Şek. 77A.- Saf komponentler ve eriyik üzerinde buhar basıncı

göre değişecektir. X in XY alaşımı üzerinde olabilecek maksimum kısmî basıncı, saf sıvı X metali üzerinde olabilecek (p_x) kısmî basıncıdır. Bu kısmî basınçlar ve X ve Y m birbirlerine olan eğilimleri (daha doğru olarak eriyikin serbest enerjisi), Kubaschewski ve Evans'a göre*

$$AG_X = RT \ln \frac{p_x}{p_x^*} \quad (1)$$

formülü ile ifade edilir; burada R , termodinamik gaz sabitesi ve T de mutlak (salt) sıcaklıktır. $AG^* X$ in Y e eğiliminin yani X in Y içinde moleküler serbest eriyik enerjisinin bir ölçüsü olarak telâkki edilebilir. Termodinamik terminolojide p^*/p_x oranı, X metali için belli bir eriyikte (a_x) aktiviteyi temsil eder. Böylece (1) denklemini

$$AG_X = RT \ln a_x, \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada a_x , X in aktivitesidir.

Bu formülün anlamı, XY sıvı banyosu üzerinde X in kısmî basıncının teorik maksimumuna, yani X in kendi üzerindeki kısmî basıncına, ancak $AG_X = 0$ olunca varabileceğidir. XY sıvısının X e karşı herhangi daha yüksek bir eğilimi (yani AG^* in herhangi daha yüksek bir negatif değeri) X in XY alaşımı üzerinde kısmî basıncının azalması ya da X in aktivitesinin azalmasıyla sonuçlanacaktır.

Aşağıdaki örnekler bu hususları izah edecektir. İdeal eriyiklerde X in XY alaşımı üzerinde (p'_x) buhar basıncı, alaşım içindeki moleküler konsantrasyonu (N_x) ile orantılı olarak artar. Bu nedenle bir ideal eriyikte a^* aktivite, metalin N_x atomik kesrine eşit olur:

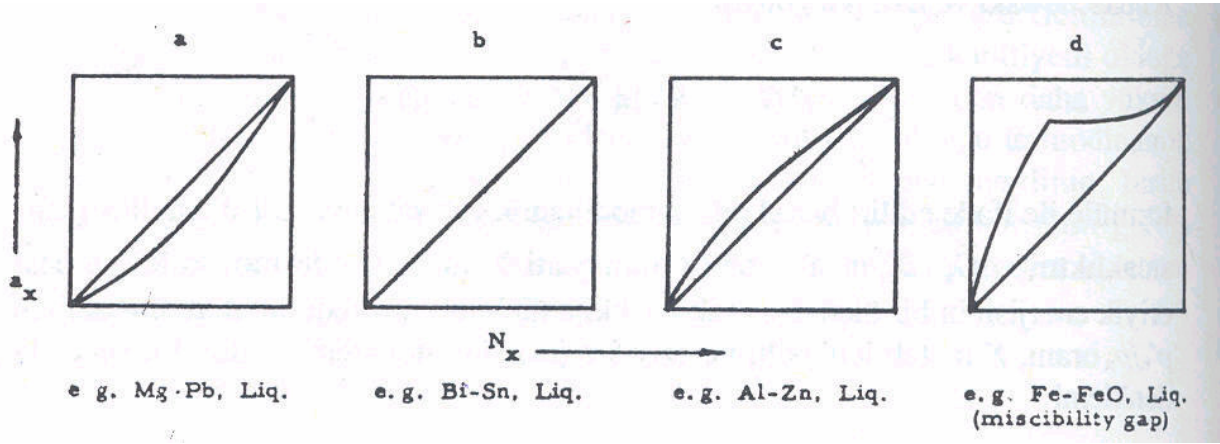
$$a_x = p'_x/p_x = N_x \quad (3)$$

Bu denklem, Raoult kanununun bir formülleştirilmiş şeklidir. Genellikle bu kanun, ya da *ideal* olmanın koşulu sadece, toplam erimişlerin küçük bir yüzdesini içeren bir eriticiye uygulanır. Kubaschewski ve Evans şek.77A'da, sıvı metal karışımları üzerinde buhar basıncı ölçümleriyle elde edilmiş dört tipik aktivite eğrisi vermektedirler. Bu şekillerde X metalinin aktivitesi, XY alaşımı içinde X in

O. Kubaschewski and E. L. Evans. - Metallurgical thermochemistry, Pergamon Press, London-New York, 1958

Kesrinin fonksiyonu olarak resmedilmiştir. Diyagonal çizgi Raoult kanununu, yani bir ideal eriyikte buhar basıncının değişmesini temsil ediyor. Gerçek metal sistemleri bu tutumdan

saparlar. Şek.77Ba, sıvı Mg – Pb karışımlarında gözlenen



Şek. 77B.- Kubaschewski ve Evans'a göre ikili karışımların bir tek komponentlerinin aktiviteleri

bir negatif sapmayı verir; negatif sapmanın fiziksel anlamı, erimiş metalin ($X = \text{Mg}$) buhar basıncının, eriyikin ideal olarak davranması halinde hasil olacak olan basınçtan daha alçak olduğudur. Bu daha alçak buhar basıncı, Mg ve Pb'nin sıvı alaşım içinde birbirlerine yüksek eğiliminin bir sonucudur.

Şek.77Bb, Bi-Sn sıvı alaşımlarında gözlenen az çok doğru diyagonalı arz eder. Görünürde burada bu iki metalin birbirlerine eğilimi bundan önceki hale göre çok daha azdır.

Şek.77Bc, sıvı Al-Zn alaşımlarında elde edilen bir eğriyi verir. Bu eğri, Raoult kanunundan bir pozitif sapmayı ifade edip Al-Zn karışımlarında sıvı alaşım için atomların eğiliminin alçak olduğunu gösterir. Şek.77Bd, karışmayan iki sıvı halidir. Her bir elementin buhar basıncı, sıvılar gerçekten karışmadığından iki sıvı oranının fonksiyonu olarak değişmez.

Ag ve Fe gibi birbiri içinde tamamen erimeyen metaller durumunda, eriyikin kısmî moleküler serbest enerjileri sıfıra eşit olup alaşım karışımı üzerinde atomların buhar basınçları, atomların sırasıyla kendi saf sıvı metalleri üzerindeki buhar basınçlarına eşit olur.

Dönelim konunun pratik yönüne. Bir elementin alaşım üzerindeki buhar basıncının yüksek olması halinde bu elementin buharlaşması artar. Bu itibarla Raoult kanunundan pozitif sapma arz eden sistemler (şek.77Bc) veya birbirine karışmayan saf metaller gibi davranan sistemler (şek.77Bd), saf metal buhar basıncının buharlaşma elde etmeye yetecek kadar yüksek olması koşuluyla, amacımıza uygun düşmektedirler.

Raoult kanunundan pozitif sapmaların, eriten Y metaline yüksek eğilimi, buna karşılık eriyen ya da buharlaşabilen X metaline düşük eğilimi olan bir üçüncü Z metalinin ilâvesiyle artırılabilceği termodinamik olarak ispatlanıp deneyle doğrulanmıştır. Bunu şek.77Bc'deki

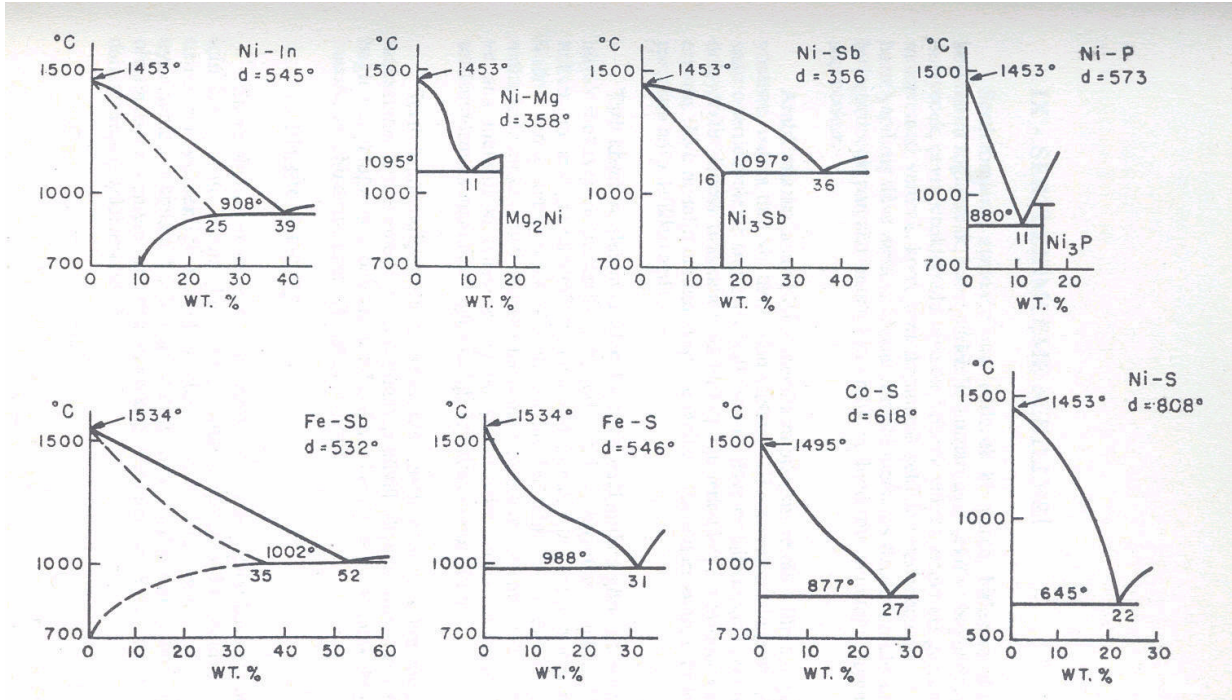
Örnek terimiyle yeniden ifade edelim: Al-Zn'ya, Al'a Zn'nun olduğundan daha yüksek eğilimli bir üçüncü ilâve Zn'nun buharlaşmasını artıracak ve şek.77Bc'deki diyagonaldan daha da büyük bir sapma verecektir. Yani alaşım ilaveleriyle buharlaşma artırılabilir. Buna denenmiş bir örnek verelim.

Alçak karbonlu çeliğin %99 Cu - %1 Li ile sert lehimlenmesinde, ilâve metal alaşımı bir miktar Fe eritir. Her ne kadar Li ile Fe birbirleri içinde erimezlerse de yani düşük eğilimli iseler de Fe'in Cu'a büyük eğilimi vardır. Bu itibarla, sert lehimleme alaşımı Fe erittiğinde Li bakırdan dışarı atılır ve bunun sonucunda sert lehimleme alaşımı iki sıvı faza ayrılır: bir Cu-Fe fazı ve bir az miktarda bakırlı Li fazı. Raoult kanununa göre saf Li üzerinde meydana gelen buhar basıncının %1 artması gerekirken burada, ayrılmış sert lehimleme alaşımı içinde Li'dan yana zengin faz üzerinde görünenden yaklaşık %100 artmıştır. Böylece üçüncü Fe metalinden yeterli miktarda eritmekle Li'un buhar basıncı 100 kat artmış oluyor. Buna benzer bir örnek de Fe-Si-Ag sisteminde görülür.

Saf metaldan Uk alçak ergimeli ikili ötektiğe kadar bileşim alanında ergime sıcaklığında düşmeler

Siste	Ük ikili bileşimi, ağı.%	Ergime sıc.	°C	Ergime düşmesi AT
İki Metalli sistemler				
Ni-In	61Ni-39In	SafNi	1453	545
		61Ni-39In	908	
Ni-Mg	89Ni-UMg	SafNi	1453	358
		89Ni-UMg	1095	
Ni-Sb	64Ni-36Sb	SafNi	1453	356
		64Ni-36Sb	1097	
Fe-Sb	48Fe-52Sb	SafFe	1534	532
		48Fe-52Sb	1002	
Co-Sb	41.4Co-	Saf Co	1495	400
		41.4Co-	1095	
Metal- Dışı malzeme				
Ni-S	78.5Ni-21.5S	SafNi	1453	808
		78.5Ni-21.5S	645	
Ni-P	89Ni-11P	SafNi	1453	573
		89Ni-11P	880	
Fe-S	69Fe-31S	SafFe	1534	546
		69Fe-31S	988	
Fe-P	89.5Fe-10.5P	SafFe	1534	484
		89.5Fe-10.5P	1050	
Co-S	73.4Co-26.6S	Saf Co	1495	618
		73.4Co-26.6S	877	
Co-P	88.5Co-11.5P	Saf Co	1495	472
		88.5Co-11.5P	1023	
Cr-P	92Cr-8P	SafCr	1860	490
		92Cr-8P	1370	
Ni-Si	88.5Ni-11.5Si	SafNi	1453	301
		88.5Ni-11.5Si	1152	

Yukardaki tablo ile şek.77C'de metalik ve metalik olmayan ilâveler için veriler görülür.



Şek. 77C.- Ergime sıcaklığında düşme