

## Q - ELEKTRON TÜBÜ VE VAKUM DONANIMININ SERTLEHİMLENMESİ

Vakum tüpleri ve sair yüksek vakum tertiplerinin sertlehimlenmesi için yüksek derecede hassas süreçlerin, ocak donanımının, yüksek safiyette ve alçak buhar basınçlı ilâve metallerin geliştirilmesini gerektirmiştir. Vakum tüpleri zorunlu olarak çok düşük basınçlarda ( $10^6$  ilâ  $10^{10}$  torr -  $10^{10}$  ilâ  $10^6$  Pa-) çalışırlar ve bu çok alçak basıncı, faydalı ömürlerinin binlerce saati içinde tutmak zorundadırlar. Yüksek vakum tertipleri ve özel teçhizat, fevkalâde alçak basınçları sağlayıp devam ettirme kabiliyetini engelleyecek hiçbir koşula müsaade edemez. Daha ileri bir zorluk da, vakum tüpleri ve sair vakum tertiplerinin, gaz tahliye sayklları (metal dokularının arasında hapis kalmış gazların dışarı atılması) sırasında uzun süre  $500^{\circ}\text{C}$ 'a kadar sıcaklıklara ı s ti İmasıdır. Vakum tüpleri yüksek sıcaklıklarda çalışır ve geniş ölçüde farklı malzemelerden imal edilmişlerdir; dolayısıyla sertlehimlenmiş birleştirmeler ayrıca farklı ısıl genleşme gerilmelerine dayanacaklardır.

### *Ana metaller ve ilâve metaller*

Bakır, nikel, paslanmaz çelikler, Cu-Ni alaşımları, Fe-Ni-Co alaşımları, molibden, tungsten ve alümin seramikler genellikle kullanılan vakum tüpleri, özel vakum tertipleri ve vakum donanım malzemeleridir. Bu koşulların dışında, bileşimlerinde sadece alçak buhar basınçlı element içeren ilâve metaller kullanılması zorunluluğu vardır. Bu sınırlama, ilâve metal seçimini Pt, Cu, Ag, Au, Pa, Ni, in, Sn ve Ga içeren ilâve metallere bağlıyor. Bütün başka elementler ya fazla yüksek ergime noktası, ya da fazla yüksek buhar basıncını haizdirler. Dolayısıyla ilâve metaller Zn, Cd, Li ve P'dan tamamen arındırılmış olacaklardır.

Bütün bu sıkı koşullar, dekapan gibi sertlehimlemede son derece faydalı malzemelerin kullanılmasına engel olmaktadır. Şöyle ki bunların sonradan temizlenme işlemi ve bunların bir vakum sisteminde eser miktarda bile olsa varlıkları çok kuşku yaratır. Sonuç olarak, vakum sistemi komponentleri genellikle hidrojen atmosferlerinde veya, bu atmosferin sakıncalı olması halinde, helium, argon veya vakumda, sertlehimlenirler.

Sertlehimlenmiş bir birleştirmede boşluklar bulunmayacaktır şöyle ki bunlar, mukavemete zarar vermenin ötesinde, vakum tertibinin çalışması sırasında içerde sıkışıp kalmış gazların açığa çıkıp tertibin performansını ciddi şekilde bozmasına neden olabilirler.

Vakum tertipleri için ilâve metaller, normal ilâve metallere göre çok daha büyük özenle üretileceklerdir. Bunlar sadece yüksek buhar basınçlı elementlerden arındırılmış olmakla kalmayıp kir ve karbon gibi mekanik olarak dahil olabilecek ademi safiyetler asgaride tutulacaktır. Bu mekanik yolla giren ademi safiyetler, ingot dökümü ve bundan sonraki tel çekme veya levha haddeleme sırasında kullanılan organik yağların içerde kalmasıyla var olurlar. Bu hapis kalmış

organik birleşim, başlangıç ingotunu tel ya da levha haline getirmek için gerekli tavlama işlemleri sırasında karbona dönüşür. Eğer varsa kir, tel çekme veya haddeleme sırasında metalin içine bastırılır. Bunların, ilâve metalin ergimesi sırasında olumsuz etki yapacak elektron yayımı ve gazlar hasıl etmesi, vakum sistemlerinde daima kaçınılacak hususlardır. Kaldı ki bu karbon ya da kir, sertlehimlenmiş birleştirmenin içinde kalıp çok daha tehlikeli olarak bir gaz cebi ve muhtemel bir "kaçak" noktası teşkil edebilirler.

Bütün bunların dışında, "vakum tertipleri için ilâve metaller ayrıca alçak oksijen ve metal oksidi içerikli olacaklardır. Oksitler özellikle bir hidrojen atmosferinde sertlehimlemede sakıncalıdır, bunlar hidrojenle reaksiyona girip su buharı meydana getirirler. İlâve metal ergimiş haldeyken böyle bir reaksiyonun vaki olması halinde, hızla genişleyen su buharı ergimiş alaşımı sertlehim birleşmesinin yanlarındaki alanlara püskürtür ki bu, çok sakıncalı olabilir. Bir özgü ilâve metalin seçimi, birleştirilecek parçaların en yüksek çalışma sıcaklıkları, bu sıcaklıklarda ilâve metalin buhar basıncı, birleşme üzerinde daha sonra yapılacak sertlehimlemelerin sayısı ve gerekleri ve birleştirilecek malzemelerin niteliklerine bağlıdır.

ilâve metaller, W ve Mo parçaların sertlehimlenmesi için yüksek ergime noktalı platin ve platin alaşımlarından, saf bakırdan geçerek 705°C likidus sıcaklığını haiz bir Ag-Cu-In alaşımına kadar uzanan türler halinde mevcuttur. Bu ilâve metallerin buhar basınçları genellikle ergime noktalarının ters yönünde değişir.

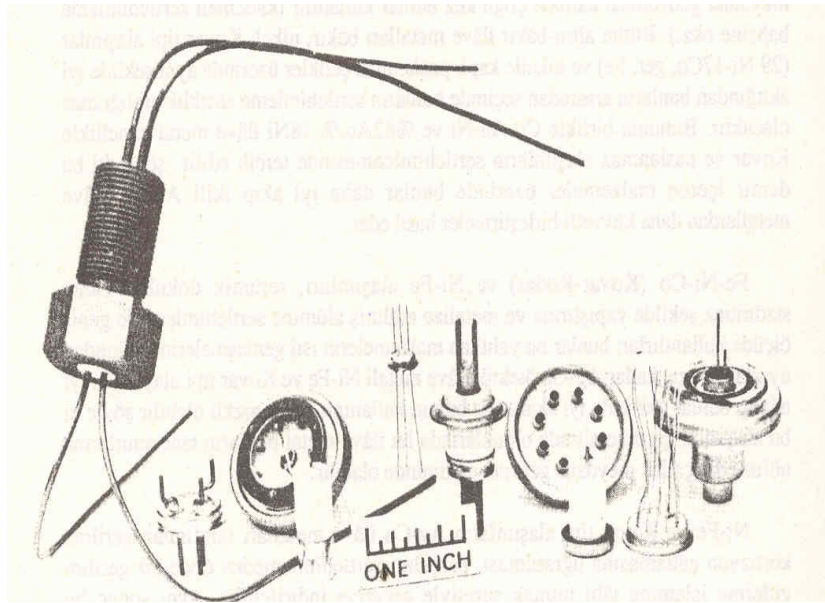
İyi Cu-Cu, Cu-Ni ve Ni-Ni birleştirmeler Ag-Cu ötekliği ile olduğu gibi çeşitli Au-Cu ve Au-Cu-Ni alaşımlarıyla da elde edilebilir; seçimde ekonomik mülâhazalar karan etkiler. Ama Au-Cu ve Au-Cu-Ni ilâve metallerinin hayli düşük buhar basıncı çoğu kez bu daha pahalı metalin seçimine götürür. Altın ilâve metallerin likidus ve solidus sıcaklıkları gümüşünkilerden yüksek olduğundan, bir komponentin iki ya da daha fazla sertlehimleme kademesiyle meydana getirilmesi halinde çoğu kez bunlar kullanılır (kademeli sertlehimleme bahsine bkz.). Bütün altın-bakır ilâve metalleri bakır, nikel, Kovar tipi alaşımlar (29 Ni-17Co, ger. Fe) ve nikel kaplı paslanmaz çelikler üzerinde aynı şekilde iyi aktığından bunların arasından seçimde bunların sertlehimleme sıcaklık aralığı esas olacaktır. Bununla birlikte Cu-Au-Ni ve %82Au-% 18Ni ilâve metal genellikle Kovar ve paslanmaz alaşımların sertlehimlenmesinde tercih edilir şöyle ki bu demir içeren malzemeler üzerinde bunlar daha iyi akıp ikili Au-Cu ilâve metallerden daha kuvvetli birleştirmeler hasıl eder.

Fe-Ni-Co (Kovar-Rodar) ve Ni-Fe alaşımları, seramik dokuları cama sızdırmaz şekilde yapıştırma ve metalle edilmiş alümine sertlehimlemede geniş ölçüde kullanılırlar; bunlar bu yalıtkan malzemelerin ısıl genleşmelerine yakından uyarlar. Her ne kadar Ag-Cu ötektik ilâve metali Ni-Fe ve Kovar tipi alaşımları iyi ıslatıp bunlar üzerinde iyi akarsa da bunun kullanımı bazen riskli olabilir şöyle ki bu alaşımlar gerilme altında olduklarında bu ilâve metal bunların tane sınırlarına nüfuz edip çatlak meydana getirme eğiliminde olabilir.

Ni-Fe ve Kovar tipi alaşımların Ag-Cu ilâve metalleri tarafından gerilme korozyon çatlamasına uğratılması, parçaları sertlehimlemeden önce bir gerilim giderme işlemine tâbi tutmak suretiyle asgariye indirilebilir. Aynı sonuç bu alaşımları elektrokaplama suretiyle de alınabilir.

Bu alaşımlar bakır gibi yüksek genişmeli bir metala sertlehimlendiklerinde, bu işlem sayıklı sırasında bunların yeniden gerilme altına girmelerini önleyecek önlemlerin birleştirme tasarımında alınması gerekir. Ag-Cu Ötektik ilâve metali ve % 5 gibi az bir Pd ilâvesinin, Kovar tipi alaşımlar üzerinde gerilme korozyon etkisini büyük ölçüde önlediği görülmüştür. Bugün Ag-Cu alaşımına % 5,10,15 ve 20 Pd ilaveli ilâve metaller satışı arz edilmiştir. Bunların çok pahalı olmayıp ayrıca kullanılmalarının büyük emniyet arz etmesi dolayısıyla %5 ve %10 Pd ilaveli Ag-Cu ilâve metalleri Ni-Fe ve Kovar tipi alaşım strüktürleri sertlehimlemede tercih edilmektedirler.

Bakırın Kovar veya molibdenle olduğu gibi çok büyük ısıl genişleme katsayısı farkı arz eden metaller arasında vakum sızdırmaz sertlehimlenmiş birleştirme gerektiğinde güç bir sorun ortaya çıkar. Solidus ve likidus sıcaklıkları arasında nispeten büyük farkı haiz ilâve metallerin kullanılmasından kaçınılacaktır. Bu sıcaklıklar arasında çok az fark bulunan veya hiç fark bulunmayan ilâve metal seçilecektir.



Şek. 231.- Vakum uygulamaları için çeşitli metal-seramik birleştirmeleri. İlâve metaller Cu-Ag Ötektik, Ag-Cu-Au, Au-Ni ve saf Cu'dan ibarettir.

## Seramiklerin metal strüktürlere sertlehimlenmesi

Vakum sızdırmaz seramik strüktürler, genellikle alüminen olup elektron tüpü vakum şalterleri ve vakum teçhizatında geniş ölçüde kullanılmaktadırlar; bunlar, bu tertiplerde elektriksel yalıtkan olarak camın yerini almışlardır. Çok dar boyut toleranslarıyla şekillendirilmiş seramik parçalar camdan çok daha kuvvetli olup bir metal parçanın sertlehimlenebileceği seçilmiş alanlarda yüksek bağlantı mukavemetli metal kaplama ile elde edilebilir. Alüminyum seramikleri Çoğunlukla, hidrojen içinde yakl. 1500°C'ta bir Mo-Mn tozu karışımı kaplamasını sinterleyerek metalize edilir; sinterlenmiş Mo-Mn kaplaması sonradan genellikle nikel kaplanır ve 1000°C'ta yeniden sinterlenir. Nikel kaplama, parçayı sertlehimlemede daha geniş bir ilâve metal seçimine olanak sağlamak için

AWS Sınıfl.	İlâve metal	Nominal bileşim, %								
		Likidus °C	Solidus °C	Pd	Au	Ag	Cu	Ni	Sn	İn
	Pt	1768	1768							
	Pd	1552	1552	100						
	Pd-35Co	1235	1230	65						
	Pd-Au	1240	1200	8	92					
BAu-3	Au-Pd-Ni	1121	1102	25	50			25		
	Au-Cu-Ni	1030	1000		35		62	3		
	Au-Cu	1010	990		35		65			
BAu-1	Au-Cu	1005	985		37.5		62.5			
	Au-Cu	970	955		50		50			
BAu-4	Au-Ni	950	950		82			18		
	Ag-Pd-Cu	950	900	25		54	21			
	Au-Cu-Ni	925	910		81.5		16.5	2		
	Ag-Pd-Cu	900	850	15		65	20			
	Au-Ag-Cu	895	885		75	5	20			
	Ag-Pd-Cu	852	824	10		58	32			
	Au-Ag-Cu	845	835		60	20	20			
	Ag-Cu clad 4.5% Ti	850	830			68.8	26.7			
	Ag-Pd-Cu	810	807	5		68	27			
	Ag-Cu-Ni	795	780			71.15	28.1	75		
BAg-8	Ag-Cu	780	780			72	28			
	Ag-Cu-Sn	760	743			68	27		5	
BAg-18	Ag-Cu-Sn	718	602			60	30		10	
	Ag-Cu-İn	705	630			61.5	24			14.5

uygulanır.

**Not; Ademi safiyet sınırları şöyledir: Zn<%0,001; Cd<% 0,001; Pb<% 0,002; P<%0,002; C<%0,005.**

**Belirtilmemiş ve 500°C'u 10<sup>-7</sup> torr'dan yüksek bir buhar basıncını haiz bütün öbür ademi safiyetlerin herbiri % 0,002'ye sınırlanmıştır. 500°C'ta 10<sup>-7</sup>torr'dan alçak buhar basıncını haiz ademi safiyetlerin toplamı % 0,05 ile sınırlanmıştır.**

Isıl genleşmeleri alümin seramiğine yakından uygun olması nedeniyle bunlara en çok sertlehimlenen metaller Kovar tipi alaşımlar olmaktadır; bununla birlikte, bu alaşımlar kullanılırken bile metal kesiti, seramiği kopmaya götüreceğ düzeğin altında bir gerilmede akma sınırına varacak şekilde tasarlanacaktır. Başka mülâhazalarla Kovar tipi alaşımların kullanılmamaları halinde bakır gibi sünek metaller ve bazen de Cu-Ni kullanılır. Burada da kesit, seramikten önce metal akma noktasına varacak şekilde tasarlanacaktır, ideal olarak, kullanılacak ilâve metaller, alçak akma noktasına sahip olacaklardır; bu nedenle Ag-Cu ötektik

ve %5Pd-Ag-Cu ilâve metaller genellikle kullanılır. Daha yüksek ergime noktası ve daha alçak buhar basıncını haiz ilâve metaller gerektiğinde, Au-Cu uygun olmaktadır (ayrıca seramiklerin sertlehimlenmesi bahsine bkz.).