

D-ALÜMİNYUM VE ALAŞIMLARININ SERTLEHİMLENMESİ

Al_2O_3 alüminyum oksidinin yüksek kimyasal stabilitesi nedeniyle uzun yıllar alüminyumun sertlehimlemesi güç ve hatta olanaksız olarak görülmüştür. Alüminyum ve alaşımlarının sertlehimlemesinde öbür metallerinkine göre fark, değişik dekapan, değişik ilâve metal ve daha alçak çalışma sıcaklıklarından ibarettir. Sertlehimlenebilen alüminyum ana metaller aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Sertlehimlenebilir alüminyum alaşımlarının nominal bileşimi ve ergime sıcaklık aralığı
Nominal bileşim *

İsareli	Alüminyum assoc. No	Sertl. derecesi †	Bakır	Silisyum	Manganez	Magnezyum	Çinko	Krom	Yakl. ergime aralığı °F	°C
EC	EC	A	99,25% min. Al	—	—	—	—	—	1195-1215	646-657
1100	1100	A	99% min. Al	—	—	—	—	—	1190-1215	643-657
3003	3003	A	—	—	1,2	—	—	—	1190-1210	643-654
3004	3004	B	—	—	1,2	1,0	—	—	1165-1205	629-651
3005	3005	A	0,3	0,6	1,2	0,4	0,25	0,1	1180-1205	638-657
5005	5005	B	—	—	—	0,8	—	—	1170-1210	632-654
5050	5050	B	—	—	—	1,2	—	—	1090-1200	598-649
5052	5052	C	—	—	—	2,5	—	—	1100-1200	593-649
5151	5151	C	—	1,0	—	0,6	—	0,25	1190-1200	643-649
6051	6051	A	0,25	0,35	—	0,65	—	—	1140-1210	615-654
6053	6053	A	—	—	0,7	—	—	—	1105-1205	596-651
6061	6061	A	0,25	0,6	—	1,0	—	0,25	1100-1205	593-651
6063	6063	A	—	—	—	0,4	—	—	1140-1205	615-651
7005	7005	B	0,1	0,35	0,45	1,4	4,5	0,13	1125-1195	607-646
7072	7072	A	—	—	—	—	1,0	—	1125-1195	607-646
Dökme 43	Dökme 43,0	A	—	5,0	—	—	—	—	1065-1170	629-632
Dökme 356	Dökme 356,0	C	—	7,0	—	0,3	—	—	1035-1135	557-613
Dökme 406	Dökme 406	A	99% min. Al	—	—	—	—	—	1190-1215	643-657
Dökme A612	Dökme A712,0 †	B	—	—	—	0,7	6,5	—	1105-1195	596-646
Dökme C612	Dökme C712,0 †	A	—	—	—	0,35	6,5	—	1120-1190	604-643

*% alaşım elementleri. Al ve normal ademi safiyetler gerisini oluşturul. T Sertlehimlenebilirlik derecesi; A=B0tün mutat yöntemlerle kolayca serti. B=Bütün tekniklerle ama bazı önlemlerle serti. C=Sertlehimleme için özel Önlem gerektirir.
t Kum dökümü i Kokil dökümü

Bunların arasında bir miktar ısıl işlem kabul etmez ve kabul eder hadde ürünü alaşımlarla sertlehimlenebilir dökme alaşımlar bulunuyor. Isıl işlem kabul etmeyenler arasında yüksek safiyette alüminyum alaşımlarıyla soğuk çalışmada en iyi mekanik nitelikleri sağlayan alaşım elementlerinden az miktarda içerenler vardır. En çok kullanılan sertlehimlenebilirler 3003 alaşımı, bu grubun içindedir. Isıl işlem kabul eden alaşımlar genellikle magnezyum ve silisyum içerirler ve 6xxx serileri olarak bilinirler. Çok daha yüksek toplam alaşım elementi içerikleri dolayısıyla bu alaşımlar, yüksek safiyette alüminyum alaşımlarına göre daha aşağı sıcaklıklarda ergimeye başlarlar ve bunun sonucu olarak da ısıl işlem kabul etmez alaşımlardan daha alçak sıcaklıklarda sertlehimlenirler. Isıl işlem uygulanabilir alaşımlar ve bu arada çok kullanılan 6061 alaşımı, yüksek mekanik niteliklerine varmak için imalât sırasında veya sertlehimlemeden sonra ısıl işleme tâbi tutulurlar.

Bütün alüminyum alaşımları sert lehimlenemezler. Yüksek mukavemetli hadde ürünü alüminyum alaşımlarıyla bazı dökme alaşımlar yüksek miktarda alaşım malzemesi içerirler. Bu alaşımlar, satışta bulunan ilâve metallere daha aşağı sıcaklıklarda ergirler.

Alüminyum oksitleri

Havada 20°C'ta oluşan oksit filmi iki tabakalıdır. Metala hemen komşu olanı sıkı yapışık bir iç (engel) tabakasıdır ve bunun kafesi tamamlanmamıştır, yani bu tabaka şekilsiz (amorf) olup uzun süre havada veya iki saat süreyle 200°C'ın üstünde bir sıcaklıkta tutulmadan sonra bir kristal değişime uğrayabilir.

Dış tabaka, oksit-hava filmi olarak bilinir ve daha geçirgen ve gevşek bir oksitten oluşmuştur; kalınlığı reaksiyon süresiyle atmosferdeki rutubet içeriğine bağlıdır.

500°C'a kadar sıcaklıklarda kısa süre tutulma sonunda bir şekilsiz (amorf) oksit oluşur. 10-12 saat 475°C'a kadar veya 2-4 saat 500°C sıcaklıkta oksidin kısmen bir kristal yapısına dönüştüğü gözlenir. 475°C'ın üstünde uzun süre oksitlenme sonunda kristal yapısına dönüşüm tamamlanır.

Sertlehimlemeye hazırlık aşamasında alüminyumun yüzeyini aktive etmek üzere oksit filmi asit ve alkaliler içinde kimyasal dekapajla kaldırılır. Yüzey dekapaj eriyikleriyle oksit ve alüminyum arasındaki karşılıklı etkileşim ürünlerinden arındırılmak üzere sıcak ve soğuk suda çalkalanır ve bir ocakta 80-100°C'ta kurutulur. Bunun üzerine alüminyumun yüzeyi bir rutubetli atmosferde yeni bir oksit filmiyle kaplanmaya başlayacaktır. 60°C'ta suya daldırılır daldırılmaz bir bayerit filmi (aşağıdaki tabloya bkz) derhal oluşacaktır. Yine suyla temas sonucunda alüminyumun yüzeyinde alüminyum hidrat teşekkül edecektir.

Alüminyumun üzerinde oluşan filmin nitelikleri oksidin içyapı ve bileşimine bağlı olur.

Alüminyum oksitlerinin bileşimi, içyapısı ve yoğunluğu

Bileşim	Kafes	yoğunluk gr/cm ³
α - Al ₂ O ₃	Altuköşeli	3,97
γ - Al ₂ O ₃	Kübik	3,77
Al ₂ O ₃ .H ₂ O (diaspore)	Orthorhombik*	3,4
Al ₂ O ₃ .H ₂ O (Bemite)	Orthorhombik	3,0
Al ₂ O ₃ .3H ₂ O (Hydrargillite)	Monoklinik**	2,2
Al ₂ O ₃ .3H ₂ O (bayerite)		2,5

0 ile 100°C arasında alüminyum oksidi bir ortalama $\alpha=6$ ilâ 8×10^{-6} lineer genleşme katsayısını haizdir. α -Al₂O₃ 'in ergime-noktası'2.045°C, kaynama noktası da 2980°C ur. Isıl iletkenlik katsayısı A= 30,145 W/m.°C tır. (20°C'ta). Ergime sıcaklıklarında α - Al₂O₃ bir $3,4 \times 10^{-1}$ mm Hg buhar basıncı ve 2000°C'ta 10^{-3} mm Hg ayrışma basıncı arz eder; yani Al₂O₃, ne fiilen bu işte kullanılan atmosferde redüklenir, ne de sertlehimleme sırasında buharlaşır. Bu oksit suya ve alkalilere stabildir.

%2,8 ilâ 8 Mg'lu Al-Mg alaşımlarının üzerinde bir Al_2O_3 veya $\gamma-Al_2O_3$ filmi sırasıyla $120^\circ C$ ve $120^\circ C$ 'tan $350^\circ C$ 'a ısıtıldığında, oluşur. $400^\circ C$ 'ın üstünde sıcaklığa ısıtıldığında iki tabakalı oksit filmi gelişir: magnezyum buharının yüksek basıncı nedeniyle $\gamma-Al_2O_3$ un üzerinde MgO oksit tabakası,

Sertlehimleme sıcaklığına ısıtmada kafesin yeniden düzenlenmesi ve fiziksel niteliklerde değişme nedeniyle alüminyum oksidi filmi yerel süreksizlikler meydana getirir ve böylece de ergimiş ilâve metal, ana metalle temas haline gelmek olanağını bulur.

Alüminyumun sertlehimlenmesinin, bakır ve çeliğinkinden farklı olduğunu yukarıda söylemiştik. Bu fark esasta, alüminyum üzerinde oluşan yüzey oksit filminin refrakter tabiatı, alüminyumun alçak ergime noktası ve yüksek galvanik potansiyelinden ileri gelir. Bu farkların arkasındaki nedenler anlaşıldıktan sonra, alüminyum sertlehimini için söylenen "Farklı ama güç değil" deyimini açıklık kazanır. Yine bu oksitlerle ilgili olarak uzmanlar* "vakum sertlehimlemesinin başarısı, alüminyum içeren alaşımlar üzerinde teşekkül eden oksit filmlerinin oldukça Özgü tiplerinin kusurlu tabiatından ileri gelmekte olup uygun sıvı metaller böylece onlara nüfuz edip onların temelini çürütür" diyorlar.

Önemine binâen oksit konusuna bazı hususları kısaca ekleyelim. % 5Al içeren alüminyum bronzu üzerindeki alüminyum oksidi laboratuvarında hidrojenle redüklenmişse de bu, alçak sıcaklık hidrojen redüklenmesi için gerekli aşın kuruluk (çiğ noktası) nedeniyle, pratik uygulama alanına geçememiştir.

Sertlehimleme ilâve metal alaşımında magnezyum ve başka elementler, Al ve Si ile alçak ergime noktalı bir Ötektik oluştururlar. Ötektik sıcaklığına varıldığında yerel ergime ile oksit filminin kırılması ve yüzeyi terk etmesi vaki olur. Vakumda kalınca ergimiş Ötektik, buharlaşma yoluyla magnezyumunu kaybeder ve yeniden katılaştır. Süre ilerledikte ve sıcaklık arttıkça süreç, tüm yüzey temiz metal haline gelene kadar tekrarlanır. Bu yüzey, Önemli metal akışı ve sertlehimlemenin başladığı Al-Si ötektik sıcaklıklarına ($577^\circ C$) kadar kendini devam ettirir.

Alüminin lithium hidratla redüklenmesi $\gamma-Al_2O_3$ ile $450^\circ C$, $\alpha-Al_2O_3$ ile de $580^\circ C$ ta başlar. Alüminin lithium metali tarafından, lithium oksidi hasil etmek üzere redüklenmesi, termodinamik olarak mümkündür. Meydana gelen lithium oksidinin kendi alçak ergimeli hidroksidine dönüştürülebilmesi halinde, alüminyum için kendi kendini dekapanlayan bir alaşım mümkün olur. Bununla birlikte, gerçekleşmiş birleştirmenin fazla kalıntı lithium içermesi, bir ciddi korozyon sorununa götürür.

Eşkenar dörtgen tabanlı prizma
(Klinomombik de denir) Eşkenar dörtgen (baklava) tabanlı eğik prizma

Dekapan uygulaması

Dekapansız asal gaz veya dekapansız vakum sertlehimleme süreçleri dışında bütün öbür sertlehimleme süreçlerinde dekapan kullanılacaktır. Bu dekapanlar bir inorganik klorür ve flüorür tuzları karışımı olup toz halinde sağlanırlar. Bunlar, fırça, püskürtme veya daldırma ile kuru veya damıtılmış ya da deionize edilmiş su veya alkolle karıştırılmış olarak uygulanırlar. Kuru dekapan birleşecek alanlara ekilir veya kızdırılmış ilâve metal çubuğu dekapan kutusuna batırılarak buralara taşınır. Genellikle dekapan üçte bir oranında suyla karıştırılmış halde uygun olur. Daha ince bir karışım daldırma veya püskürtme için kullanılır.

Alüminyum dekapanlarının taşınmasında dikkatli olunacaktır şöyle ki bunlar kuvvetli kimyasal maddeler olup deriye zararlı ve teçhizat için de korozif olabilirler. Püskürtme, emme tertibatlı veya su perdeli bir kabinde yapılacak ve bunun etrafa yayılması önlenecektir. Püskürtmeden sonra korozyonu geciktirme veya lansın tıkanmasını önlemek üzere bütün donanım suyla temizlenecektir. Dekapan kutuları mükemmelen temiz alüminyum, cam veya toprak (seramik) olup hiçbir zaman çelikten olmayacaktır.

Kuruyan dekapanın buhar basıncının ilâve metal veya birleştirmenin yerinden oynamasını mucip olduğu hallerde su yerine alkolün kullanılması bu etkiyi asgariye indirir.

Her ne kadar dekapanın sürülmesiyle sertlehimleme işlemi arasında geçecek süre en fazla 45 dakika ise de dekapanın işlemden hemen önce sürülmesi tavsiye edilir. Islak dekapan karışımları kullanıldığında, bunlar taze hazırlanmış olmalıdır.

Dekapan durdurucular

Bazen ilâve metalin belli bir alanın ötesine akması istenmez. Bu önleme amacı için kullanılan durdurucular genellikle ağırlık olarak eşit miktarda orta-ağır makine yağı (SAE 30), ince doğulmuş grafit ve benzen veya petrol yağı karışımından ibarettir.

Karışım fırça ya da püskürtmeyle sürülür ve yağı yakmak için 205-316°C'a fırınlanır. Bir uygulama genellikle birkaç sertlehimleme işlemine dayanır (takım ve tespit tertibat üzerinde). Bunu temizlemek için fırçalamak yeterli olur. Dekapansız vakum sertlehimlemesi için bu durdurucular genellikle refrakter oksitlerden oluşur ve uzun süre, mekanik olarak kaldırılana kadar kalır.

İlâve metaller

Alüminyum alaşımlarının sertlehimlemesinde kullanılan ilâve metaller toz, pasta, tel veya ince şerit halinde bulunur veya yüzeyden ya da birleştirme alanına önceden yerleştirilerek uygulanırlar. Silisyum miktarı yüksek olunca İlâve metalin levha ve tel şeklinde imali güçleşir. Sadece BA1Si -2 (alaşım 4343), BA1Si-4 (alaşım 4047) ve alaşım X4003, levha halinde mevcuttur.

İlâve metallerin çoğu herhangi bir mutad sertlehimleme yönteminde kullanılır; Sadece bir tanesi, yaklaşık 600-620°C sertlehimleme sıcaklığını haiz olup bir magnezyum ilaveli X4003 alaşımı, münhasıran dekapansız vakum sertlehimlemesinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Keza, toz halinde BA1Si -4 (alaşım 4047) ilâve metalle bir kimyasal birleşimin

karişımı olan patentli bir ilâve metal,sadece daldırma sertlehimlemede kullanılır. Bu karişım, birleşme yerlerine fırçayla sürülebilir ve parçaların herhangi bir pozisyonunda uygulanabilir. Ön ısıtma sırasında karişım, metal yüzeyinde pişer ve böylece yerinde kalır.

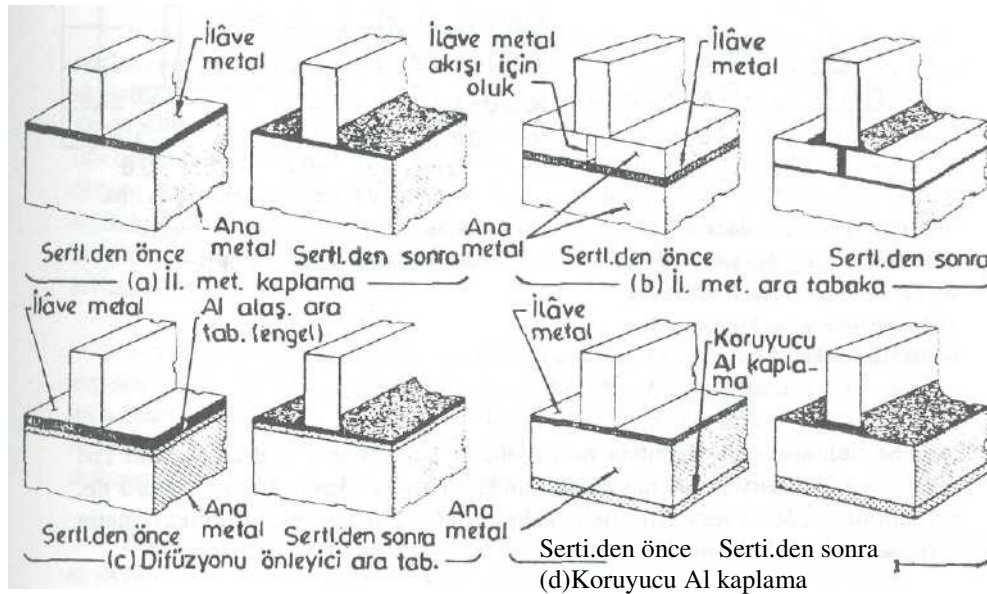
Sertlehimleme levhası

Sertlehimleme levhası (saçı) alüminyum alaşım çekirdeğine haddelemeyle kaplanmış (plake), genellikle bir Al-Si alaşımından (BA1Si serisi) bir ya da daha fazla ilâve metal kaplama ya da ara tabakalarından ibarettir. Sertlehimleme levhası (saçı), tek, şerit veya toza göre çok daha uygun bir ilâve metal verme yöntemi sağlamaktadır; özellikle seri imalât ve çapraşık birleştirmelere çok müsaittir. Bununla birlikte sair şekilde ilâve metal ya da sertlehimlemeler levhası arasında seçim, bir mahiyet sorunu olmaktadır. Sertlehimleme levhası, onu teşkil eden çekirdek alaşımıyla ilâve metal arasındaki bağlantıyı bozmayacak şekilde haddeden Çekilebilir, eğilebilir... Şekil almış parçalar, birleşme yerine ek ilâve metal koymadan dekapanlanıp sertlehimlenebilir.

Alüminyum sertlehimleme levhalarının bileşim ve sertlehimleme sıcaklık aralıkları.

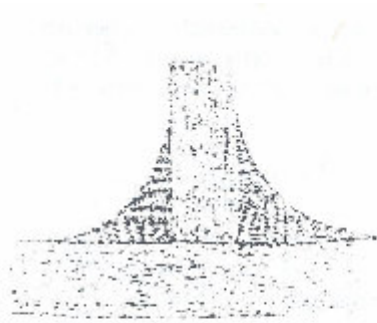
Serti. levhası	Kaplanmış yüzey	Çekirdek alaşımı	Kaplama alaşımı	Optimum sertlehimleme sıcaklık aralığı (°C)
X3	2	3003	X4003	604-
11	1	3003	4343	593-
12	2	3003	4343	593-
X5	2	6951	X4003	598-
21	1	6951	4343	593-
22	2	6951	4343	593-
23	1	6951	4045	582-
24	2	6951	4045	582-

Sertlehimleme levhası çoğunlukla kaplanmamış sertlehimlenebilirler bir alaşımla bir birleşmenin Öbür ögesini teşkil eder. Sertlehimleme levhası üzerindeki ilâve metal kapiler etki ve yerçekimiyle akıp temas yerlerinde birleştirme aralığını doldurur.

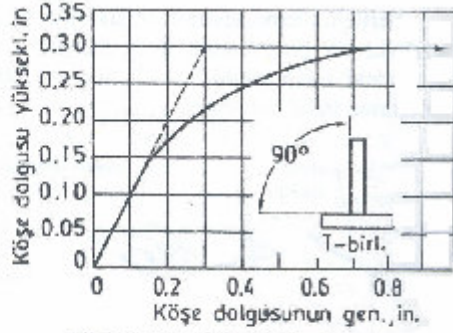


Şek 165.- Bir dik öge ile birleşmelerde görülen dört tip alüminyum sertlehimleme levhası

Şek. 165'de dört tip sertlehimleme levhası görülür. Bunların en çok kullanılanın (şek. 165 a) bir ya da iki yanında ilâve metal vardır. Öbür üç tip ancak Özel sipariş üzerine sağlanabilir. Şek. 165 b' de görüleni bir ilâve metal ara tabakasının iki yanında da çekirdek alaşım levhaları vardır; birleştirme tarafında Çekirdek alaşım levhasına, ilâve metalin akması için bir kertik açılmıştır. Şek. 165 c'deki ser lehimleme levhası bir alüminyum alaşımı ara tabakasını haiz olup bu, yüksek silisyumlu ilâve metalle profil alaşımı çekirdek levhası



Şek. 166.- 1 mm kalınlıkta 22 No. seri. levhası (dik öge) nin 3003 yatay ögeyle oluşturduğu T birleştirmesinde meydana gelen köşe dolguları. Keller dağıt., x15



Şek. 167.- Şek. 166'deki köşe dolgularının yükseklik - genişlik ilişkisi

arasında bir difüzyon engeli oluşturur. (Silisyum difüzyonu konusuna aşağıda değineceğiz).

Şek. 165 d' deki sertlehimleme levhası bir yanında ilâve metali, öbür yanında da korozyondan koruyucu bir kaplamayı haizdir.

Sertlehimleme levhasında mutad olarak kullanılan profil alaşımının biri 3003 olup bu, sertlehimleme sıcaklığında sarkmaya karşı koyar; öbürü de, sertlehimlemeden sonra ısıl işlem kabul eden ve daha yüksek mukavemetin arandığı yerlerde kullanılan 6951'dir.

Köşe dolgusunun oluşması

Sertlehimlemeden başlıca beklenen, koşulların yerçekimi ve kapilaritenin ilâve metalin bütün birleştirme boyunca akıp köşe dolgusu oluşturmasını sağlayacak şekilde ayarlanmasıdır. Yerçekiminin işleyişi daldırma sertlehimleminde olduğu gibi, ergimiş dekapanın şamandıra (kaldırma) hareketinden etkilenir. Ergimiş dekapanın yoğunluğu genellikle ergimiş ilâve metalinkinden hafifçe azdır.

Bir asal gaz ya da vakumda, bazı alüminyum sertlehimleme alaşımlarının yüzey gerilimi yaklaşık olarak cm başına 850 dyne'dir; dekapanın varlığında bu gerilim 650 dyne/cm ye düşer. X4003 ilâve metalde bulunan magnezyum gibi metalik ısıtma maddelerinin eklenmesi, dekapan yokken bile, yüzey gerilimini fiilen 500 ilâ 700 dyne mertebesine indirir.

Şek. 166'daki mikrokeseitten her İki köşe dolgusunun az çok mükemmel bir daire kavis şeklini arz ettikleri görülür. Bu tür bir 4'T birleştirmesi üzerinde yapılmış bir deneyde, dolgu yükseklik ve genişlikleri ölçülmüş (şek. 167): yakl. 3,8 mm'ye kadar bunlar birbirlerine eşit

olmuşlar; bu noktanın ötesinde, genişlik büyüdükçe, yükseklik bir 7,5 mm maksimum değerine yaklaşmış ki bu keyfiyet, yüzey geriliminden hesap edilmiş değere uymaktadır.

Bu kez T birleştirmesinin yatay parçasının birleşme tarafı ilâve metalle kaplı sertlehimleme levhası olduğu bir deneyde, değişik sıcaklıklarda ilâve metalin akma miktarı ölçülmüş. Belli bir sıcaklıkta ilâve (kaplama) metalin %100'ünün aktığı saptanmıştır. Bu nokta, ilâve metal tarafından ana metalin eritilmesinin ilâve metalin ana metal tarafından massedil meşine (absorbe edilmesine) eşit olduğu noktadır. Sıcaklık bu noktanın ötesine yükseldiğinde, ergimiş ilâve metal sertlehimleme levhasından daha çok ana metal eritir ve böylece ergimiş faz miktarı artar; bu artış ana metalin ergime noktasında bütün sertlehimleme levhasının ergimesine kadar sürer.

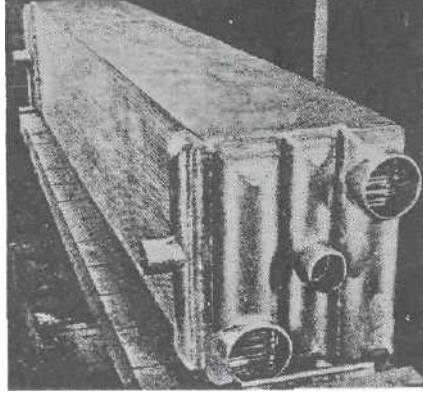
Sıcaklık, %100 akışı gösteren noktadan itibaren düşürüldüğünde artan katı zerreler içinde kapiler kuvvetler tarafından daha çok miktarda ergimiş faz hareketsiz hale getirilir ve ergimiş fazın akma kabiliyeti azalır. %100 akışın sıcaklığı, ilave metal kaplama ve çekirdek ana metalin bileşim ve kalınlığı, kullanılan Özgül dekapan, sertlehimlenecek birleştirme tipi ve sıcaklıkta kalma süresine bağlıdır.

Sıvı faz miktarı, ötektik bileşime (%11,6) kadar silisyum içeriği ve sıcaklıkla artar. Her ne kadar ötektik bileşim başta ilâve metal için bir optimum gibi görünürse de ticari teamül genellikle daha düşük silisyumlu ilâve metal kullanır. Bu da, sıcaklığın denetim altında tutulmasıyla köşe dolgu boyutunu sınırlamak olanağını verir, şöyle ki ergimiş metal miktarı sıcaklığa bağlıdır.

Silisyum difüzyonu

Sertlehimleme levhasının genel uygulamasına bir sınırlama, çekirdek metalle ilâve metal kaplama arasında vaki difüzyondan gelmektedir. Uzun ısıtma süreleri kaplamadan çekirdeğe silisyum difüzyonunu artırmaktadır; bu da, çekirdeğin mekanik niteliklerini düşürdüğü gibi akış için mevcut ilâve metal miktarını azaltır. Konuyu bir somut örnek üzerinde irdeleyelim.

Şek. 168'de görülen büyük ısı eşanjörlerinin daldırma sertlehimlemesinden önce girift geçiş yolları içinde dekapanın katılaşmasını önlemek üzere uzun ön ısıtma dönemlerine gerek vardır. Keza sertlehimleme alaşımının yeterli akışını sağlamak üzere ergimiş dekapan içine uzun daldırma süresi de gerekli olmaktadır. Bu daldırma dönemleri sırasında sertlehimleme alaşımı kaplaması içinde silisyum kaplama - çekirdek yüzey arasından yürüyüp sertlehimleme levhası çekirdeği içinde difüze olur. Bu silisyum kaybı, köşe dolgusu teşkili için mevcut sertlehimleme alaşımını miktarını azaltır.



Şek. 168.- Alüminyum sertlehimleme levhasından imal edilmiş büyük ısı eşanjörü.

Isı eşanjörü imalâtçıları kullanılabilen ön ısıtma ve sertlehimleme zamanlamasına deneyle varmaktadır. Sertlehimleme levhası kalınlığı, kaplamanın bileşimi veya ön ısıtma süre ya da sıcaklığında bir değişiklik vaki olduğunda bütün bu pahalı denemelerin çoğu kez yenilenmesi gerekir.

Oysa ki ön ısıtma sırasında difüzyon derecesini hesap etmenin ve sertlehimleme sırasında teşekkül eden köşe dolgularının boyutunu önceden kestirmenin yolu vardır.

Silisyum difüzyonunun esasları

Alüminyum sertlehimleme levhasında bir Al-Si alaşım kaplaması, göreceli olarak silisyumsuz bir çekirdeğe plake edilmiştir. Basınçla kaynaklı bu çiftin yüzey arası göreceli olarak oksitsiz olup kendi arasında katı hal kitle hareketine müsaade eder.

Fick'in ikinci Difüzyon kanunu

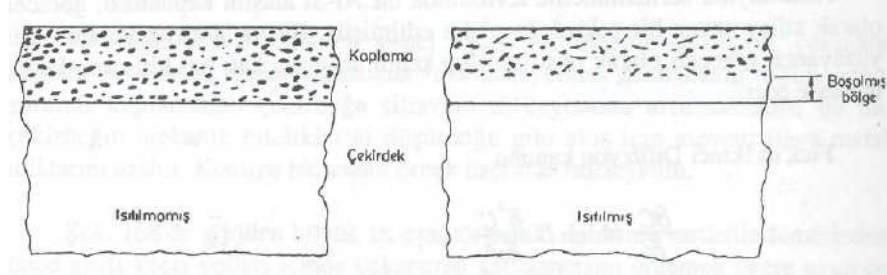
Fick'in İkinci Difüzyon kanunu

$$\frac{\delta C}{\delta t} = -D \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} \quad (1)$$

kaplama-çekirdek yüzey arasından silisyum difüzyonunun derecesini ifade eder. Silisyumun alüminyum içinde difüzyon katsayısı D , eriyebilme kabiliyeti, sıcaklık, hareketlilik ve kristal içyapısı gibi dinamik değişkenlere bağlıdır. Ama, herhangi belli bir sıcaklıkta Z , sabit olarak kabul edilebilir. Alüminyum birleştirmelerinde genellikle uygulanan 538 İle 574°C arasında ön ısıtmada difüzyon hızlı olur. Difüzyon derecesi konsantrasyon gradieni tarafından etkilenir. Konsantrasyon gradieni, kaplama yatağı ile çekirdek arasında silisyum konsantrasyonu farkıdır.

İmalâttan çıkışta alüminyum sertlehimleme levhasında kaplama %1 ilâ 13 Si içeren bir Al - Si alaşımıdır (genellikle %7,5 tercih edilir). Bu kaplama alüminyumla katı eriyik halinde yaklaşık % 1,5 Si'ü bîr yatakla (matrix) esasta saf silisyum primer zerrelerinden ibarettir.

Yatak silisyumdan boşaldıkça, onun içinde katı eriyiklilik dengesini devam ettirmek üzere primer silisyum zerrelere erir. Uzun ön ısıtma sürelerinde, yüzey arasına paralel bir bölge esas itibariyle primer zerrelerden boşalmış hale gelir (şek. 169). Bu boşalmış bölgede malzeme normal sertlehimleme sıcaklığında ergimez ve dolayısıyla köşe dolgusu oluşturmaya iştirak etmez.



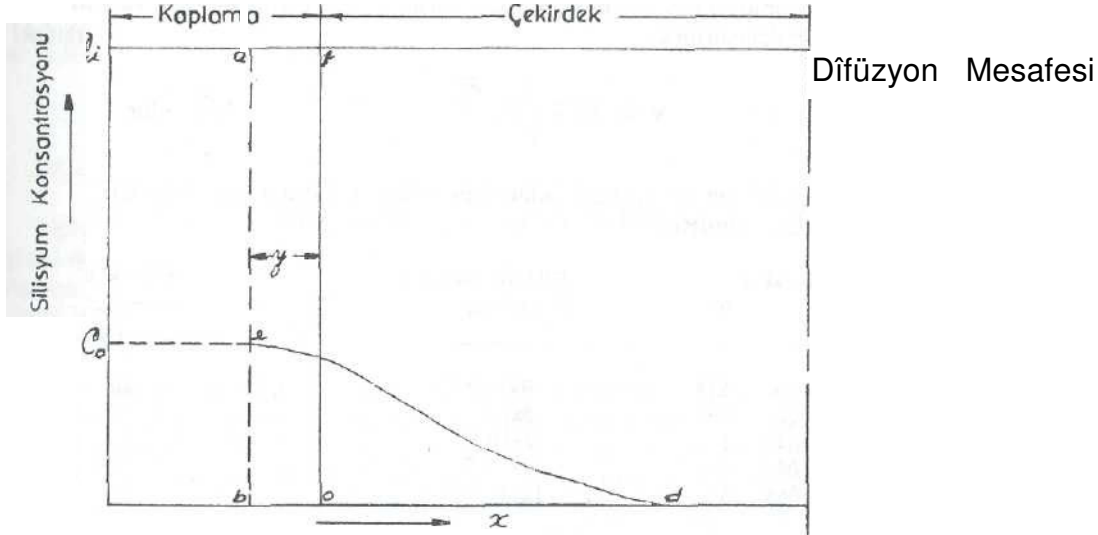
Şek.- 169.- Alüminyum sertlehimleme levhası içinde silisyum difüzyonunun şematil gösterilişi.

Silisyumdan boşalmış bölge kalınlığının hesabı

Alüminyum sertlehimleme levhası içinde silisyum difüzyonu, bir yan-sonsuz ortamda difüzyon gibi ele alınır. Bu sistem için, difüzyon sınırının sabit C_0 konsantrasyonunda kaldığı ve çekirdek içinde başlangıç konsantrasyonunun sıfır olduğu koşulları karşılayan Fick'in ikinci Kanunu'nun, yani (1) denkleminin bir standart çözümü

$$C_{(x,t)} = C_0 \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \quad (2)$$

dir. t süresince ısıtıldıktan sonra kaplamadan silisyum difüzyonunun grafik gösterilişi şek. 170'dedir. Burada C_0 , ön ısıtma sıcaklığında silisyumun alüminyum içinde katı eriyikliliğidir (565°C 'ta %1,5); d kaplamada başlangıç silisyum konsantrasyonları (%7,5; 10 veya 12); y , kaplama içinde silisyumdan boşalmış bölgenin kalınlığı; x , kaplamadan içeri doğru silisyumun difüze olduğu mesafedir.



Şek. 170.- / süresi boyunca ısıtmadan sonra kaplamadan silisyum difüzyonunun grafik gösterilişi

Çekirdek içine difüze olan bütün silisyum kaplama içinde y genişliğinde dar bir şeritten geldiğinden hacimler (veya müşterek boyut nedeniyle alanlar) aşağıdaki denklemlerde ifade edilebilir.

$abcf$ dikdörtgenin alanı = bde , konsantrasyon mesafe eğrisi altındaki alan:

$$yC_i = \int_0^{\infty} C_o \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{Dt}} dx \quad (3)$$

J. Crank, "The Mathematics of

Diffusion", Oxford Clarendon Press, 1956, tablo 2.1 sah. 326'dan

$$\int_0^{\infty} \operatorname{erfc} z dz = \frac{1.1284}{2}$$

Böylece

$$y = 1.1284 \sqrt{Dt} \cdot \frac{C_o}{C_i} \quad (4)$$

olur.

Burada y cm, D cm²/san, t san cinsindedir. Birimler t saat ve y inç olacak şekilde değiştirilirse

$$y = 26.7 \sqrt{Dt} \cdot \frac{C_o}{C_i}$$

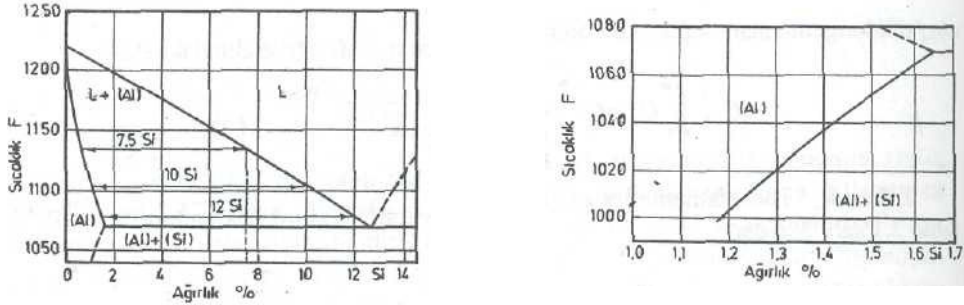
(5) olur.

Çeşitli ön ısıtma sıcaklıkları için difüzyon katsayısının değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Sıcaklık		Difüzyon katsayısı $D, \text{cm}^2/\text{san}$	Eriyebilirlik sınırı $C_o, \%$
$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$		
1000	538	3×10^{-9}	1,2
1020	550	5×10^{-9}	1,3
1040	560	8×10^{-9}	1,4
1060	571	11×10^{-9}	1,6
1065	573	12×10^{-9}	1,6

Bu tabloda yine şek. 171'deki Al-Si faz diyagramından alınmış C_o değerleri de verilmiştir (ayrıntılar için EK IV'e bkz).

(5) denkleminin kullanılmasına bir örnek olarak, 3003 alaşımı çekirdek ve bir Al-12Si alaşımı kaplamalı bir alüminyum sertlehimleme levhasının 6 saat 1040°K ta ısıtmadan sonra boşalmış bölgesinin kalınlığı



Şek. 171.- Al-Si sisteminin alüminyumdan yana zengin ucu

$$y = 26,7 \sqrt{8 \times 10^{-9} \times 6} \cdot \frac{1,4}{12} = 0,0007 \text{ in.}$$

olur ki 500 büyültmeli mikroskopta ölçülen değeri aynen tutmaktadır.

Köşe dolgu boyutunun hesabı

Alüminyum sertlehimleme levhası, normal sertlehimleme sıcaklıklarında ergimiş dekapan içine daldırıldığında, sertlehim kaplaması tamamen ergiyip köşe dolguları oluşturmak üzere akmaz. Kaplamanın sadece bir bölümü sıvı haline gelir ve bunun miktarı silisyum içeriği ve banyo sıcaklığına bağlı olup sıvı fazın sadece bir yüzdesi kapilarite ve yerçekimiyle akıp köşe dolgusu teşkil eder. Bu itibarla oluşan V_f dolgu hacmi, mevcut V_b^* sertlehimleme alaşım hacminin belli bir kesri olarak ifade edilebilir:

$$V_f = k V_{ba} \quad (6) \text{ Burada } k = \text{"akma katsayısı"}. \text{ Buradan}$$

$$V_f = A_f \cdot l \cdot n \quad (7)$$

olup A_f ; dolgunun kesit alanı; l , bunun uzunluğu; n de oluşan dolgu sayısıdır.

Keza

$$V_{ba} = (h-y) \cdot p \cdot s \cdot m \quad (8)$$

Burada $h-y$, akış için mevcut sertlehimleme alaşımının kalınlığı olup İlk h kaplama kalınlığından y silisyumdan boşalmış bölge kalınlığı çıkartılarak elde edilir, $p \cdot s$, sertlehimleme levhasının yüzey alanı, m de köşe dolgusu oluşturmasına iştirak eden kaplı yüzey sayısıdır.

Çoğu sertlehimlenmiş geometrilerde, birleştirilmiş parçaların bir müşterek boyutu vardır şöyle ki $s = l$ dir.

(4) denkleminde yerine koyarak

$$A_f = \frac{k(h-y) \cdot p \cdot m}{n} \quad (9) \quad \text{olur.}$$

Bu doğrultuda bir başka deney türü de, tamamlayıcı mahiyette olmaktadır.

Yine 3003 alaşımından bir çekirdek, iki yanı değişik kalınlık ve alaşım bileşiminde Al-Si ile kaplanmış sertlehimleme saçları, 50mm uzunluk ve 12 mm genişlikte lamalar halinde kesilmiş. Sertlehimleme dekapanının bileşimi, ağırlık olarak %10,4 Na; %26,0 K; %7,4 Ca; %0,6 Li, %51,2 Cl; % 2,7 F olmuş. Bu dekapan, daha büyük akış sağlayan daha aktif dekapanların varlığına rağmen, ucuzluğu nedeniyle endüstride mutlak olarak kullanılmaktadır.

Lamalar bir çubuğa asılmış ve birlikte sertlehimleme dekapanına daldırılmış. Bu daldırma sırasında sertlehimleme metali ergiyip lamanın ucuna doğru akararak bir damla oluşturmuş. Bu damlanın boyutu, bu levhanın sertlehimleme kabiliyetinin bir ölçüsü olmaktadır.

Numune, baştan itibaren 38 mm mesafeden kesilmiş ve damlayı içeren geri kalan 12 mm tartılmış. Sonuç, daldırılmamış bir 12 mm boyunca çubuğunkiyle kıyaslanmış. Boyutlar, kaplama kalınlıkları ve teşekkül etmiş damlaların ortalama ağırlıkları bilindiğine göre k akma katsayısı

$$k = V_f / v_a$$

formülünden hesaplanabilir. Burada V_f = akan ilâve metal hacmi, V_a = mevcut ilâve metal hacmidir.

Daldırma sıcaklığı ve kaplamanın silisyum oranı yükseltildiğinde akma da artmaktadır. Bir'den büyük akma faktörleri, ergimiş kaplamanın çekirdeğin bir miktarını eritmeye başladığında elde edilir. Daha yüksek sıcaklıklarda çekirdeğin erimesi nispeten uniform bir tempoda artmaktadır. Damla maksimum kalınlığa vardığında çekirdeğin erimesi en üst noktada olur. S erime katsayısı

$$S = (t-t_i) / t$$

formülünden hesaplanır. Burada t ,= erozyona uğramış çekirdeğin en ince noktada kalınlığı, t_i de çekirdeğin başlangıç kalınlığıdır.

Kısaca aktardığımız bu deneylerden çıkan sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1. Al-Si sertlehimleme alaşımlarının akması, bir yerel ötektik ergime mekanizması tarafından saptanır.
2. Ya kaplama alaşım bileşimini ya da sertlehimleme sıcaklığını ayarlayarak hasıl edilen akma değişimleri karşılıklı olarak birbirlerine bağlıdır. Genel olarak daldırma sertlehimleme sıcaklığında 6°F (2-3 °C) lık bir değişim,kaplamada % 1 silisyum değişmesine eşdeğerdir.
3. Sertlehimleme metalinin akması, kaplama kalınlığı artırılarak artırılır. Mamafih bütün ek ilâve metaller akmaya hazır olmazlar. Sertlehimleme sıcaklığı ve kaplama kalınlığı gibi başka etmenler de akma katsayısının artışını saptamada etkin olurlar.
4. Hem kaplama içinde hem de levhanın çekirdeğine silisyum difüzyonu, uzatılmış ön ısıtma süreleriyle, sertlehimleme kabiliyetinde hızlı kayıplara neden olur.
5. Sertlehim metal akışı hacmi, silisyum içeriği veya sertlehimleme sıcaklığı arttığında çekirdek erimesi de koşut olarak artar.

Yine sertlehimleme metali akışıyla ilgili olarak aşağıdaki gözlem sonuçları da ilginç olmaktadır.

1. 21 No. Sertlehimleme levhasından numuneler üzerinde gözlenmiş değişken ve önceden kestirilemeyen sertlehimleme alaşım akma şekilleri, zayıf sertlehimleme ile sertlehimleme alaşımı kaplamasında iri tane boyutu arasında karşılıklı bir ilişkiyi meydana koymuştur.
2. İri taneler soğuk işleme ve sertlehimleme öncesi ön ısıtmanın sonucu olabilirler, ancak bunlara hadde ürünlerinde de rastlanmaktadır.
3. İri taneli alüminyum sertlehimleme levhasında sertlehimleme alaşımı akması, sıcaklığa bağlı iki ayrı mekanizma tarafından engelleniyor gibidir:

(a)Alçak sertlehimleme sıcaklıklarında az çok bütün mevcut sıvı faz alfa taneleri içinde tecrit edilmiş olup alaşım akmasına iştirak edemezler.

(b)Biraz daha yüksek sıcaklıklarda, sürekli iç ve tane sınırı ergimesi, geri kalan alfa bileşenine hayli düzensiz bir geometri verir; bu da komşu taneleri mekanik olarak kilitleyip alaşım akışını daha da sınırlar.

4. Daha da yüksek sıcaklıklarda, tane boyutuyla ilişkili olmadan memnuluk verici sertlehimleme gerçekleştirilebilir. Yüksek sertlehimleme sıcaklıkları, sertlehimlenecek özel birleştirmelere bağlı olarak, soruna kabul edilebilir bir çözüm olmayabilir.

Sertlehimlemeye hazırlık

Ön temizleme gereksinimi geniş ölçüde metalin yüzey koşulu, malzemenin kalınlığı, sertlehimlenecek alaşım ve nihayet bitmiş birleştirmeden beklenen sıvı ya da gaz sızdırmazlığına bağlıdır. Hafif yağlar veya ağır şekil verme yağlayıcılar, ilâve metal akışını engelleyeceklerdir. Yüzey yağlarının temizlenmesinde solvent tipi temizleme işlemleri iyi sonuç vermektedir. Bu temizleme tipi dekapanlı sertlehimlemede, özellikle sertlehimleme sırasında geniş bir yüzey alanının buna maruz olduğu hallerde, zorunludur. Aksi halde ısıtma sırasında meydana gelen yağ dumanları sertlehimlemeyi geriletir ve bir patlama ihtimali yaratır.

Birçok uygulamada kimyasal temizlemeye gerek yoktur. Bununla birlikte eğrilme işlemleriyle şekil verilmiş parçalar genellikle ağır şekilde işlenmiş bir yüzeye sahip olurlar ki bu takdirde yüzeye eğirme takımından kopmuş oksitler gömülür, bunlar da ergimiş dekapan ve ilâve metal tarafından istenilen şekilde ıslatılmayı önler. Aynı şey elle dövülerek üretilen münferit parçalar için de geçerlidir. Bu durumlarda, alışlagelmiş kostik ya da nitrik flüorhidrik asit dekapağı aranır. Bu iki temizleme süreci şöyledir:

Kostik temizleyici

Yağdan temizleme: solvent veya buhar

Daldırma : %5 (ağırlık) sodyum hidroksit, 60°C, 60 saniyeye kadar

Çalkalama : soğuk su

Daldırma : %50 (hacim) nitrik asit, soğuk, 10 saniye

Çalkalama : sıcak ya da soğuk su

Kurutma

Asit temizleyici

Yağdan temizleme: solvent veya buhar

Daldırma : %10 (hacim) nitrik asit + %0,25 hidroflüoridrik asit,
soğuk, 5 dakikaya kadar

Çalkalama : Sıcak ya da soğuk su

Kurutma

Solvent veya buhar temizlemesi genellikle ısı işlem kabul etmeyen alüminyum alaşımlarına uygundur. Mamafih, bazı ısı işlem kabul eden alaşımlar için de kimyasal temizleme kalın oksit tabakasını kaldırmak için gerekli olur. İnce metal sertlehimlendiğinde solvent buharıyla yağdan temizleme aranır. Isı eşanjörü uygulamaları için boru ya da düz yüzeylere kanat sertlehimlenmesi genellikle ince sertlehimleme levhalarını gerektirir. Bu kalınlıklardaki levhalar üzerinde mevcut ilâve metal miktarı, nominal olarak ağırlığın %10'u olup güvenilir kalitede birleştirmeler sadece temiz yüzeyle elde edilir.

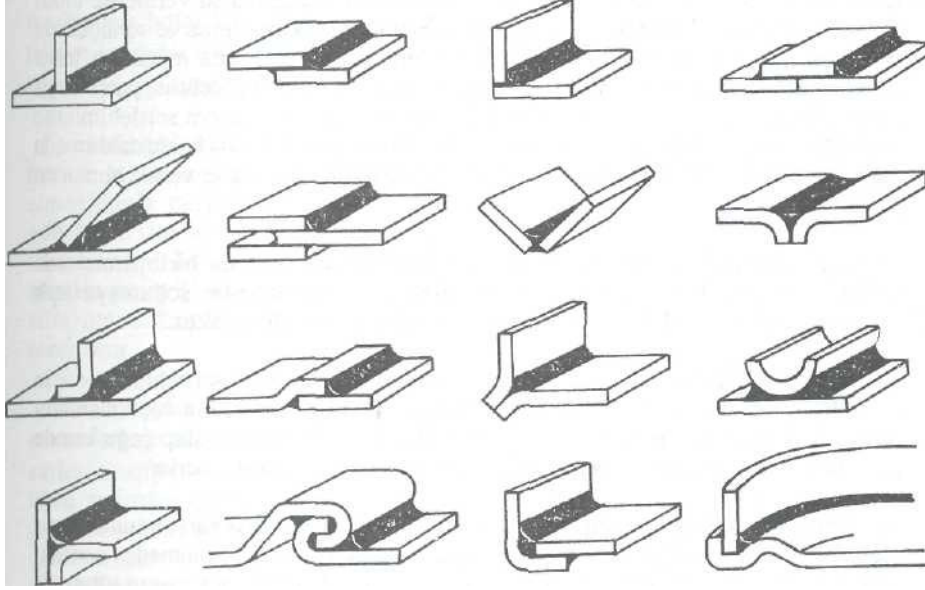
İlâve metalin, yerleştirilmeden önce kimyasal temizlenmesi çoğu kez arzu edilir. Kimyasal temizleme normal olarak dekapansız vakum sertlehimlemesinde aranmaz.

Birleştirme tipleri ve tespit şekilleri

Alüminyum ve alaşımlarının sertlehim içmesinde küt alın birleşmesine rağbet edilmeyip bindirmeli birleştirmeler yeğlenir. Pres ya da sıkı alıştırılmalı birleştirmelerden kaçınılacaktır; nedeni, ilâve metalin akışını kolaylaştırmak ve dekapanın araya sıkışmasını asgariye indirmektir. Önerilen birleştirme tasarımları şek. 172'de görülür.

İlâve metalin yerli yerine oturtulmasında kapiler etki önemli bir etmen olduğundan birleştirme aralığı iyi kontrol edilecektir. Daldırma sertlehimlemesinde ortalama olarak 6,5 mm'den küçük bindirmelerde 0,05 ilâ 0,10 mm aralıklar uygundur. Üfleç, ocak, mekanize üfleç veya endüksiyon sertlehimlemesinde 6,5mm veya daha az bindirmelerde 0,10 ilâ 0,25 mm aralıklar kullanılacaktır. 0,6 mm 'ye kadar aralıklar daha uzun bindirmelerde kullanılır şöyle ki ilâve metal, ana metali eriterek bileşimini değiştirir ve uzun bindirme arasından cansız akar. En iyisi her özel durumda bir peşin deney yapmaktır.

Tespit şekilleri için önce genci olarak söylenmiş olanlar alüminyum için de geçerlidir



Şek. 172.- Alüminyum alaşımları için Önerilen birleştirme tasarımları

Tespit tertibatının tasarımında malzemelerin ısıl genleşme farklarından doğabilecek çeşitli sakıncalar dikkate alınacak, sıkışma durumlarında yaylı tertiplere başvurulacaktır. Saf nikel, Inconel, paslanmaz ve özel alaşımlı çelikler mutad olarak kullanılan tespit tertibati malzemeleri olup alçak karbonlu çelik bu yolda kısa ömürlü olur.

Mümkün olan her yerde kendi kendini tespit şekilleri tercih edilecektir (ince saçlarda lamba - zıvana, şişirmeler vb...).

Birleştirmelerin çalışması

Bütün durumlarda sertlehimleme sıcaklıkları, ana metalde tavlamanın vaki olduğu sıcaklığı aşar. Bunun sonucu olarak, ısıl işlem kabul etmez alüminyum alaşımlarından yapılmış ocak ya da dekapan banyosunda sertlehimlenmiş parçaların mekanik nitelikleri bu alaşımların tavllanmış haldeki niteliklerine tekabül eder. Isıl işlem kabul eden ana metaller de sertlehimleme sırasında tavlanırlar, ancak bunların mukavemetleri ya sertlehimlemeden sonra tâbi tutulacakları bir ısıl işlem, ya da sertlehimleme sıcaklığında su verme ile ciddi şekilde artırılabilir. Bu sonuncu önlem her zaman mümkün olmaz ve sonuçlar da parçaların geometrisine bağlı olur. Isıl işlem kabul eden ana metallere hava püskürtme, su püskürtme ya da sıcak veya soğuk suda su verilebilir; parça suya daldırılmadan önce, ilâve metalin katılaşmasını sağlamak üzere sertlehimleme sıcaklığından çıkarıldıktan sonra kısa bir süre bekletilecektir; aksi halde daldırmada vaki olacak boyut değişimleri birleştirmeleri açabilir. Havada su verme bunun en yavaş yoludur.

Bazı çapraşık parçalarda, ilâve metal katılaşmış olsa da birleştirmelerde çatlama vaki olabilir. Bu nedenle bu gibi çapraşık parçalar soğumaya terk edilecek, sonra müstakil bir operasyonla ısıl işleme tâbi tutulacaktır.

Parça, sertlehimlemeden sonra ısıl işlem görmeyecekse, sertlehimleme için ısıl işlem kabul eden bir alüminyum alaşımının kullanılmasının hiçbir anlamı olmaz. Isıl işlem kabul etmez

malzemeler ilk ağızda daha ucuz olup çoğu kez de tavllanmış ısıt işlem kabul eden alaşımlarla aynı mukavemeti arz ediciler.

Sertlehimlenmiş alüminyum birleştirmelerinin korozyona karşı tutumu geniş ölçüde dekapan temizlemesinin uygunluğuna bağlıdır. Sertlehimlemeden sonraki temizlik işleminin dekapan artıklarını yok etmemesi halinde, dekapanın rutubetle karışarak korozyon hasıl etmesi mümkündür. Bu tür atak parçaya mekanik zarar vermeye yeterli olmayabilir ama genellikle parçaların dış görünümünü bozar.

Sertlehimlenebilir alüminyum alaşımlarının korozyona mukavemeti, sertlehimlemeyle azalmaz ve deniz veya endüstriyel atmosferlere maruz parçalar, sertlehimlenmiş yerlerinde daha büyük bir korozyon ataka uğramazlar.