

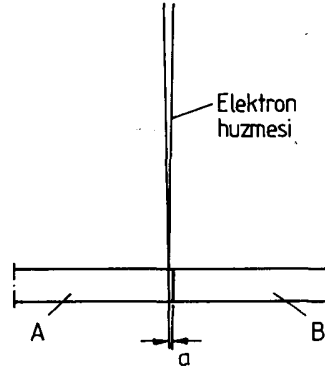
# ÖZEL METALLARIN BAŞKA METAL VE METAL OLMAYANLARLA BİRLEŞTİRİLMESİ

Bir konstrüksiyonun değişik zorlanmalarını dengelemek ve pahalı malzeme maliyetini düşürmek üzere özel metaller çok sık başka metallerle birleştirilir. Sonunda hasıl olan gevrek metallararası fazı önlemek üzere bu işte büyük ölçüde sertlehimlemeye başvurulmaktadır. Ancak yüksek mekanik, kimyasal ve ısıl zorlamalar durumunda mutlaka kaynağa dönülecektir.

Esasen güçlükler arzeden özel metallerin kaynağı, bu kez farklı iki metal arasında olduğunda, bu güçlükler daha da artmaktadır. Bunların en büyüğü farklı ergime sıcaklığı, ısıl iletkenlik ve ısıl genleşme karakteristiklerinden doğmaktadır. Bu nedenlerle de çoğu kez her iki malzeme komponentini herhangi bir ilâve üçüncü malzemeyi araya sokmadan kaynak etmek zorunluğu ortaya çıkar. Bu yönde olanaklar aşağıda sıralanmıştır.

## EB KAYNAĞI

Mutat ergitme kaynağı yöntemlerinin özel nitelikleri karşılaştırıldıklarında EB kaynağı yukarıda sayılmış güçlükleri karşılama bakımından hiç şüphesiz en iyi çözüm olarak görünür. Vakumda kaynak etme olanağı, özel metallerin gazlara duyarlılıkları konusunu ortadan kaldırıyor, EB'ın yüksek güç yoğunluğu büyük kaynak hızlarına imkân vermekle dar ergime ve ısıdan etkilenmiş bölgeler sağlıyor. Bunların ötesinde, çeşitli huzme ayarlamalarıyla özgül ısı girişleri birleştirilecek malzemelerin farklı niteliklerine göre büyük hassasiyetle tayin edilebilir. Bu ayarlamalar arasında elektron huzmesinin değişik amplitüdümlü salınımı, frekans, yön ve şekli, odaktan sapması sayılabilir (Şekil: 322).



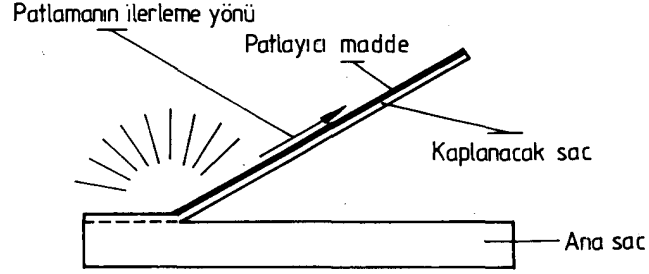
Şekil: 322 — Yüksek (A) ve alçak (B) ergime noktalı iki işparçasının huzme kaydırılması suretiyle EB kaynağının şematik görünüşü.

## DİRENÇ KAYNAĞI

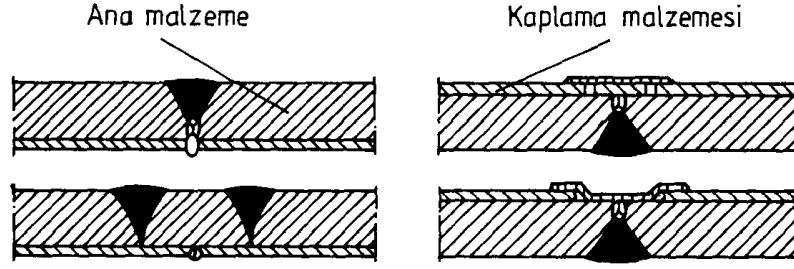
Kısa ısıtma süresi ve dar ergime ve ısıdan etkilenmiş bölgeleri sayesinde nokta ve dikiş direnç kaynakları bir dizi zor malzeme birleştirmelerini sağlama olanağını verirler. Nb, Ta, V, W böylece 0.5 kalınlığa kadar, birbirinin üzerine kaynak edilebilirler.

## PATLAMA KAYNAĞI

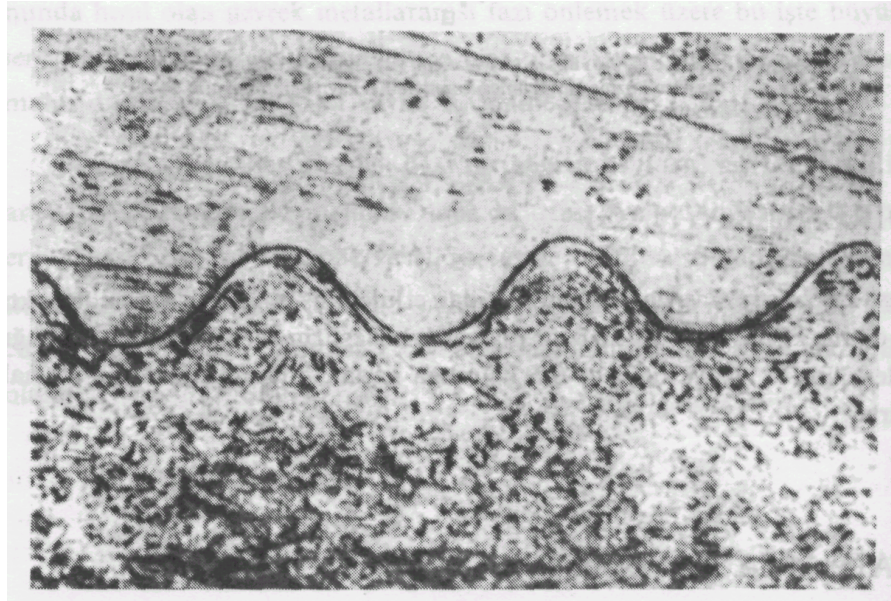
Bu genç birleştirme tekniği Al, Cu, Ni alaşımları, Ta, Ti ve Zr gibi kaplama malzemelerinin çelik kapların içlerine döşenmelerine olanak sağlar (Şekil 323 ve 324).



Şekil: 323 — Patlama kaplaması yönteminin şematik görünüşü.



Şekil: 324 — Kaplanmış sacların kaynağı için çeşitli olanaklar (DİN 8553'e de bkz.)



Şekil: 324 a — Patlama kaynağında metaller arasında yüzeyarısı. X100. Üstte, niobium; altta, bakır.

## Metallararası fazlar

Farklı özel metalların birbirleriyle katı faz kaynağı, ezcümle sürtünme, soğuk basınç, difüzyon kaynaklarında sıvı faz meydana gelmez ve böylece de iri metallararası doku bileşeni büyük ölçüde ortadan kalkmış olur.

Çok sayıda malzeme kombinasyonunun ikili durum diyagramı katı halde kısıtlı erime kabiliyeti arz edip çok sayıda metallararası faz oluşumuna meyyleder. Bu metallararası doku bileşenleri artık metalik karaktere sahip olmazlar ve çok sert yani gevrek olurlar. Bunun bilinen bir örneği, Fe-Cr birleşmelerinin  $\sigma$  fazıdır(\*).

Devam etmeden önce, önemi itibariyle, katı faz kaynağında difüzyon olgusu üzerindeki etkileri kısaca gözden geçirelim.

Soğuk kaynakta bahis konusu olan alçak sıcaklıklarda difüzyonun rolü az gibidir. Daha yüksek sıcaklıklarda kaynakta veya oda sıcaklığında yapılmış kaynakların sonradan ısıtılması halinde difüzyonun büyük rol oynamış olması beklenebilir. Gerçekten, soğuk kaynak kabul edilmiş bir süreç olana kadar, difüzyonun katı faz kaynağının vazgeçilmez koşulu olduğu sanılıyordu. Yüksek ergime noktalı metalların soğuk kaynağı olasılığıyla birlikte, basıncının, yeterli derecede yüksek olması şartıyla, difüzyonun yerini tutabildiği açıkça ortaya çıkmıştır. Yani atomları gerektiği kadar yakın temasa getirmenin bir yolunun basınç, bir başka yolunun da difüzyon olduğu anlaşılmıştır. Yüzeyarasının bir yanından öbürüne atomların göçü en önemli mülâhaza değildi ve bir metalin kendi difüzyon katsayısı sadece belli bir koşullar takımı içinde atomların hareketliliğinin işaretidir. Önemli olan, atomların kısa mesafelerde hareket kabiliyetleridir şöyle ki yüzeyarasının mümkün olduğu kadar çoğu, kendi normal kafes pozisyonlarında atomlardan ibaret olsun. Bu da, hacim, tane sınırı ve yüzey difüzyon süreçlerinin yardımını gerektirir.

Bu itibarla bu süreçlerin etkisi, oksitler ve sair bulaştırıcıların eriyebilme kabiliyetinin etkisiyle birlikte mütalâa edilecektir. Farklı metal kombinasyonlarında birleştirmenin mukavemeti üzerinde karşılıklı eriyebilme ve metallararası birleşikler gibi yeni fazların etkileri ele alınacaktır. Bu süreçler üzerinde sıcaklığın olduğu kadar basıncın da etkisinin önemli olduğu açıktır. Birçok metalda atomlar arasında kuvvetli bağ dolayısıyla difüzyon oranında önemli değişme hasıl etmek için yüksek dış baskılar gerekir.

Tek fazlı sistemlerde  $D$  difüzyon kabiliyetinin sıcaklığı bağımlılığı, hiç değişmez şekilde basit Arrhenius münasebetine uymaktadır: (\*)

$$D = D_0 e^{-Q/RT}$$

Burada  $D_0$  tekerrür faktörü ile  $Q$  hareketlendirme enerjisi sıcaklıktan bağımsız olup  $R$ , gaz sabitesi ve  $T$  de salt sıcaklıktır. Bir kafes arasına difüze olabilmek için bir atomun, ortalama değerin üzerinde bir enerji elde etmesi gerekir. Bu enerji, kafes alanlarında sıkı paketlenmiş atomlar arasına sıkışmak için sarfedilecektir. Komşularından bir kez kurtulan bir atom, ya araya sıkışmış bir saflığı bozan maddenin bir eş alanda, ya da bir kafes atomunun bir boş alanda olduğu gibi hareket edebilir. Bütün bunlar içyapı, sıcaklıklar, boş yerlerin varlığı ve difüze olan atomun tipi gibi bir dizi faktöre bağlı olur.

*Difüzyon oranı üzerinde basıncın etkisi* hususunda varılan sonuç, In  $D$  ile basınç arasında yaklaşık bir lineer bağın bulunduğu merkezindedir. Demir dışındaki bütün katı bağımsız sistemlerin artan basınçla difüzyon oranında bir eksponansiyel azalma ve hareketlendirme enerjisinde bir artış gösterdikleri saptanmıştır. Parametreler arasındaki basitleştirilmiş bir denklem şöyle olmaktadır.

$$\Delta v = RT \left( \frac{\delta \ln D}{\delta P} \right)_T$$

Burada  $\Delta v$  = hareketlendirme hacmi

$R$  = gaz sabitesi

$T$  = salt sıcaklık

$D$  = Difüzyon oranı,

$P$  = Basınctır.

*Birbirlerinden farklı metaller arasında basınç altında difüzyon, basınç kaynağında büyük önemi haizdir şöyle ki difüzyonun çok ileri gitmesi halinde çoğu kez gevrek metallararası birleşiklerin oluşmasına yol açar.*

Sıcaklığın yeteri kadar yüksek ve sürenin yeteri kadar uzun olması halinde Al ve Ni 'ninki gibi bir ikili Sistemde bütün fazların mevcut olacaklarında herkes birleşmektedir. Çekirdeklenme bazen zor olur ve Al-Ni sisteminde  $\beta$  fazı sadece Al ile  $\gamma$  ( $\text{Ni}_2\text{Al}_3$ ) fazı arasındâ üçlü noktalarda vaki olmaktadır.

Bir kez çekirdeklendikten sonra, bir tabaka parabolik kanuna göre kalınlaşır. Al-Ni sisteminin  $\gamma$  fazı halinde hacim difüzyon sürecinde hareketlendirme enerjisi  $31000 + 1000$  kal/mol olmaktadır.

Artan basınç topluca büyüme oranını azaltır ama büyümenin parabolik şeklini değiştirmez. Basınç, faz dengesini, yüzey arası konsantrasyonları alçaltacak ve böylece de difüzyon oranını azaltacak şekilde değiştirebilir. 5 ton/in<sup>2</sup> lik bir basınç artışı, Al-Ni sisteminin  $\gamma$  fazında eksponansiyel öncesi  $D_0$  terimini % 27 kadar azaltır ama hareketlendirme enerjisinde önemli bir değişme meydana getirmez. 500°C'ta, 96 sa sürede oluşan  $\gamma$   $\text{Ni}_2\text{Al}_3$  metallararası birleşik kalınlıkları, 0.007 - 5 - 10 ton/in<sup>2</sup> basınçlar için sırasıyla 0.083-0.071-0.066 mm olmuştur.

Basıncın faz dönüşümleri üzerinde etkisi hususunda aşağıdaki Clausius-Clapeyron denklemi, basınçla ergime noktasının artış veya azalışı arasında bir lineer ilişkinin bulunduğunu gösterir

$$\frac{dT}{dP} = \frac{T(V_2 - V_1)}{L}$$

Burada  $T$ , ergime noktası (°C);  $P$ , basınç (at);  $V_1$  ile  $V_2$ , sırasıyla katı ile sıvının özgül hacimleri ve  $L$  de ergime latent ısısıdır.

Katı hal dönüşümleri de basınçtan etkilenirler. Demirde  $\gamma \rightarrow \alpha$  dönüşümü sıcaklığı basınçla azalırken kobaltda  $\beta \rightarrow \alpha$  dönüşümü sıcaklığı yükselir.

Çok özetle verdiğimiz bu teorik mülâhazaların ışığında ergime bölgelerinde gevrek metallararası fazların iri doku bileşkenlerinin önüne geçmek için alınacak önlemler şunlardır:

1- En çok sünek malzemeden bir aracı veya bir tampon tabaka kullanarak karşılıklı kritik metalların karışmasını aşağıda tutmak.

2- Sıvı fazı önlemek. Metallararası Cazlar, solidus hattının aşılması halinde özellikle teşvik edilir.

3- Ergime bölgesinde kimyasal bileşimi, malzeme komponentlerinin kısmî farklı ergitilmesi suretiyle idare etmek. Bu önlemin amacı, birleşecek ortakları öyle ergitmektir ki ergime bölgesi örneğin A malzemesinden % 5, B malzemesinden de % 95 içersin ve böylece de metallararası fazların meydana gelmesi önlensin.

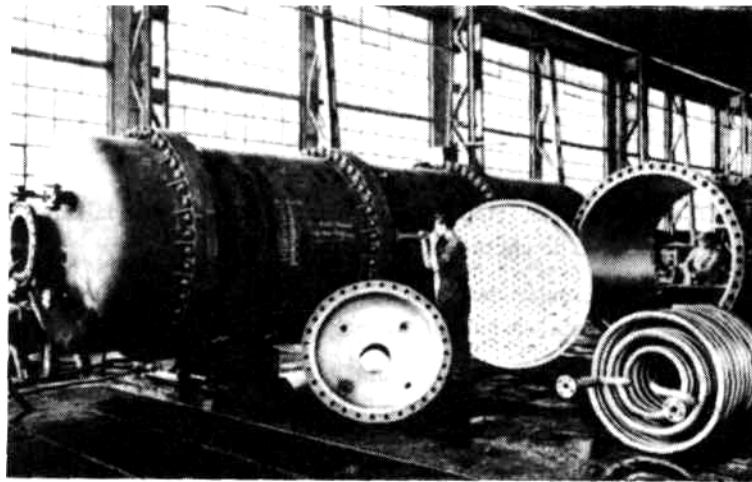
İlâve malzemeyle kaynak etmek imkânı çoğu kez korozyon mukavemeti koşulu yüzünden sınırlı kalır. Kaynak bölgesinin bileşimine egemenlik ancak EB ile mümkün olup burada da salıntı, odaktan kaçırma ve pulslama kesin rol oynar.

En uygun kaynak yönteminin seçimi hususunda geçerli bir kaide ileri sürmek mümkün değildir şöyle ki mekanik zorlamaların massedilmesi için sadece malzeme tasarrufu değil, aynı zamanda zorlanmanın türü ve miktarı, işparçasının şekli ve de boyutları dikkat nazara alınacaktır.

## Pratik örnekler

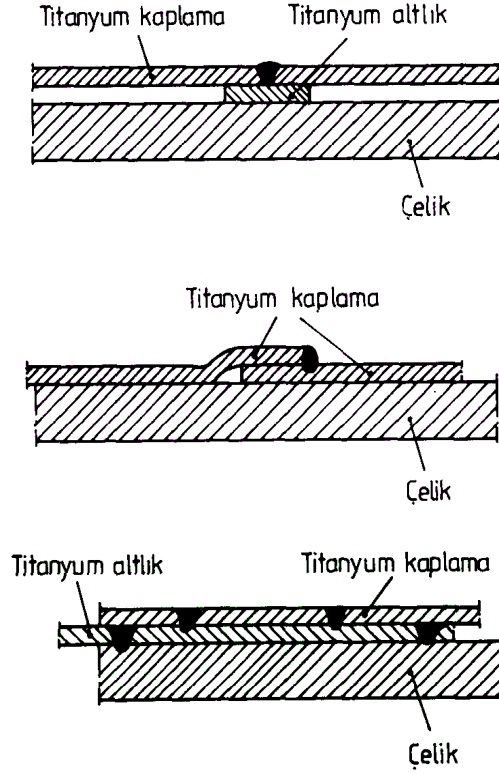
Titanium ile başka metalların birleştirilmesi, çelik kapların Ti ile kaplanması şeklinde çok sık uygulanır (Şekil: 325).

Ti saçlarının çelik altlığa doğruca kaynağı sadece gevrek ergime dokusu dolayısıyla değil, daha çok Ti üst tarafının korozyona mukavemeti bakımından (çeliğin ergime bölgesinde titaniyuma karışması) sorun yaratmaktadır. Ayrıca korozyon ortamı, kaynak bölgesinde Ti kaplamayla kap cidarı arasında ergime bölgesinde çatlak meydana getirerek zarar verir ve bu ancak oldukça geç belirir.



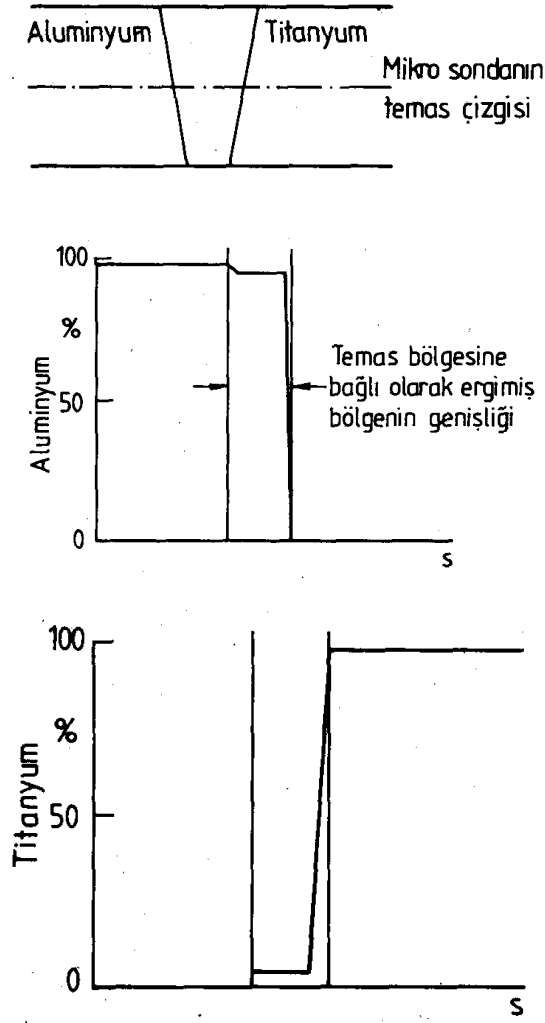
Şekil: 325 — içten 1 mm kalınlıkta saf titanyumla kaplı çeşitli çelik kaplar. Bölmelerle boru aynaları Ti'dan.

Bu zorlukların üstesinden gelmek için kaplamanın alın kaynağında Ti altlık kullanılır (Şekil: 326 üst) ve böylece çelik malzemeye kaynaşma önlenir. Yine kaplama saçının bindirilmesi de (Şekil: 326 orta) mutattır. Kap cidarında kaplamanın takviyesi için keza bir Ti bandı kullanılır; bu band, esas kaplamanın yerleştirilmesinden önce çelik malzemeye punta kaynaklarıyla tutturulur. Bu punta kaynakları hafif mekanik zorlamalar için yeterlidir. Ti saç bandı, aynı cinsten kaplamanın puntalanması için altlık görevini yüklenir ve böylece de kaynak bölgesinde korozyona dayanım hususunda herhangi bir kuşku kalmaz (Şekil: 326 alt)



Şekil: 326 — Kaplama kaynağında çeşitli olanaklar.

Ti-Al kombinasyonu da EB ile kaynak edilebilir. Bunda yüksek sağlamlığa sadece, ergime bölgesinde çok Al veya çok Ti içeren karışımın genişlik boyunca sabite yakın olması halinde erişilir (Şekil: 327).



Şekil: 327 — Al-Ti birleştirmesinin erime bölgesinde Al ağırlıklı konsantrasyonun şematik gösterilişi.

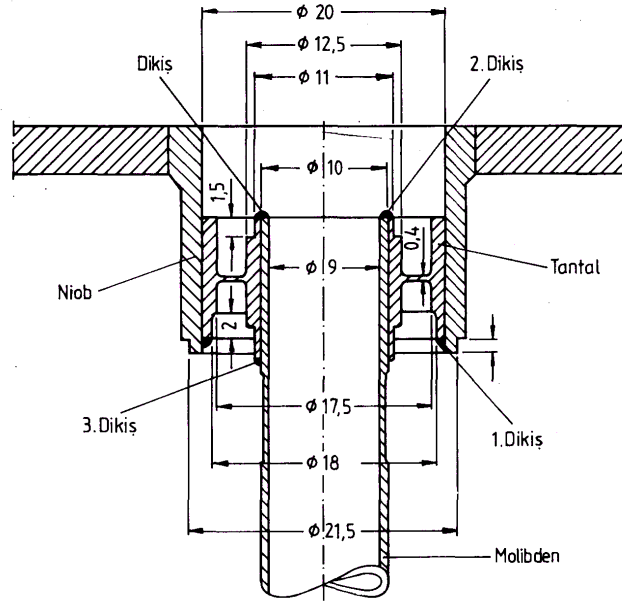
Titaniumun başka metallerle difüzyon kaynağı için optimal koşullar şunlardır:

Ti-Ni (Ti-Cu) kombinasyonu için kaynak sıcaklığı  $700^{\circ}\text{C}$  ( $850^{\circ}\text{C}$ ); bastırma basıncı  $1 \text{ kp/mm}^2$  ( $0.5 \text{ kp/mm}^2$ ); bastırma süresi 10 dak. (7 dak.);  $\text{O}$  16 mm yuvarlak çekme deney parçasında varılan çekme mukavemeti  $20 \text{ kp/mm}^2$  ( $10 \text{ kp/mm}^2$ )

*Molibdenle başka metallerin birleştirilmesi* de, molibdenin esasta zor kaynak edilebilir bir metal olmasına rağmen, çeşitli metal kombinasyonlarında kısmen önemli sonuçlarla kullanılır. EB ile kaynak edilen röntgen pencereleri buna örnektir: 0.1 mm kalınlıkta bir Mo folio, 1 mm kalınlıkta bir Ni saç dansa vakum sızdırmaz şekilde birleştiriliyor (yuvarlak dikiş çapı 65 mm).

Daha da güç bir birleştirme Mo ile W arasında olup elektrik deşarj çanağı (radyo verici borusu) buna örnek oluşturur. Yüksek ısıl zorlanma dolayısıyla sadece EB kaynağı buna elverişli olmaktadır.

Bir fizik ölçü aletinde üç adet yüksek ergime noktalı metal birbirine kaynak ediliyor (Şekil: 328). Bunda iki EB dairesel dikişi bir tantal halkayı dıştan bir niobium boru, içten de bir molibden boru ile birleştiriyor.



Şekil: 328 — EB ile dairesel olarak kaynak edilmiş fizik ölçü aleti.

Tungstenin örneğin Ni, Nb ve Ti ile difüzyon kaynağında hiçbir ara tabakaya gerek yoktur. Kaynak 1010 ilâ 1370°C arasında, bastırma basıncı 6 ilâ 8 kp/mm<sup>2</sup> ve bastırma süresi 6 ile 20 dak. arasında olur.

Niobium, molibden ve tantalla hiç boşluk arzetmeyen bir karma kristal dizisi meydana getirir şöyle ki örneğin EB kaynağı ile bu birleştirmelerde hiçbir güçlük karşılaşılmaz.

Uzay tekniğinde tantal-bakır kombinasyonu, ısı ekranı imali için özel anlam kazanmıştır. Birleştirme münhasıran vakumda difüzyon kaynağı ile mümkün olmaktadır. 0.9 mm kalınlıkta tantal parça 6.5 mm kalınlıkta bakır saça kaynak edilmekte, araya % 30 Au ve % 70 Cu, % 18 Ni ve % 82 Au veya % 15 Mn ve % 85 Ag'den oluşmuş ara tabaka konulmaktadır. Bu birleştirme yal. 2000°C'lık bir sıcaklığa bir dakika süreyle emniyetle dayanmaktadır.