



## DİFÜZYON KAYNAK APARATI VE KORUYUCU GAZ (ARGON) ATMOSFERİ ALTINDA BİR UYGULAMA

İrfan AY<sup>1)</sup>, Sare ÇELİK<sup>1)</sup>, Naci OTMANBÖLÜK<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Balıkesir Üniversitesi Müh-Mim Fak., Makina Bölümü, BALIKESİR

<sup>2)</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Meslek Yüksek Okulu, İZMİR

### ÖZET

Difüzyon kaynak yöntemi için en uygun yol, vakum altında birleştirme yapmaktır. Fakat bu yöntemin ilk yatırım masrafı pahalıdır. Bu nedenle koruyucu gaz altında difüzyon kaynağı yapmak daha caziptir. Bunun için bir kaynak seti tasarlanıp, yapılmıştır. Sonra da oksitlenmeye en müsait alüminyum ve bakır malzeme çiftine difüzyon kaynağı uygulanmıştır. Sonuçların çok başarılı olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Difüzyon kaynağı, alüminyum, bakır

### DIFFUSION WELDING APPARATUS AND AN APLICATIONS IN INERT GAS (ARGON) ATMOSPHERE

### ABSTRACT

The most favourable method for diffusion welding is to join materials under the vacuuming. But the first investment expenses of this method are high priced. So, to weld in inert gas is more attractive. In this paper a test apparatus for this diffusion welding has been applied to aluminium and copper material couples which are readily oxidised. It has been observed that the results are very accomplished.

**Key Words:** Diffusion welding, aluminium, copper

### 1. GİRİŞ

"Difüzyon kaynağı" basit bir prensiple çalışan kaynak yöntemidir. Uygun bir vakum ya da koruyucu gaz atmosferinde malzeme katı halde iken uygun sıcaklıkta, belirli bir süre basınç uygulamak suretiyle aynı veya farklı malzemelere yapılan bir birleştirme şeklidir (Felikson, 1971, Kazakov, 1985). Bazı durumlarda arayüzey tamamen yok olur ve genellikle de % 100 verim elde edilir (Bartle, 1972). Difüzyon kaynak şartları malzeme cinslerine göre değişebilir. Özellikle endüstrideki soğuk hava depolarında, dondurucularda ve gaz dolmuş tesislerinde Al ve Cu boru bağlantıları ısı iletimi ve

yoğunluk gibi iki faktöre bağlı olarak montajı düşünülür. Sökülemeyen bağlantı yapma durumu söz konusu olduğunda, her iki metal de oksitlenmeye karşı hassas olduklarından vakum altında difüzyon kaynağı yapmak en uygun yoldur (Metals Handbook, 1983). Fakat bu yöntem ilk yatırım masrafının çok olması nedeniyle pek cazip görünmemektedir. Bunun yerine koruyucu gaz altında difüzyon kaynağı düşünülebilir.

Bu çalışmada, argon koruyucu gazı altında Cu-Al borularının difüzyonla kaynaklanması amaçlanmıştır. Bu amaca uygun deney seti hazırlanarak deneyler yapılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR:

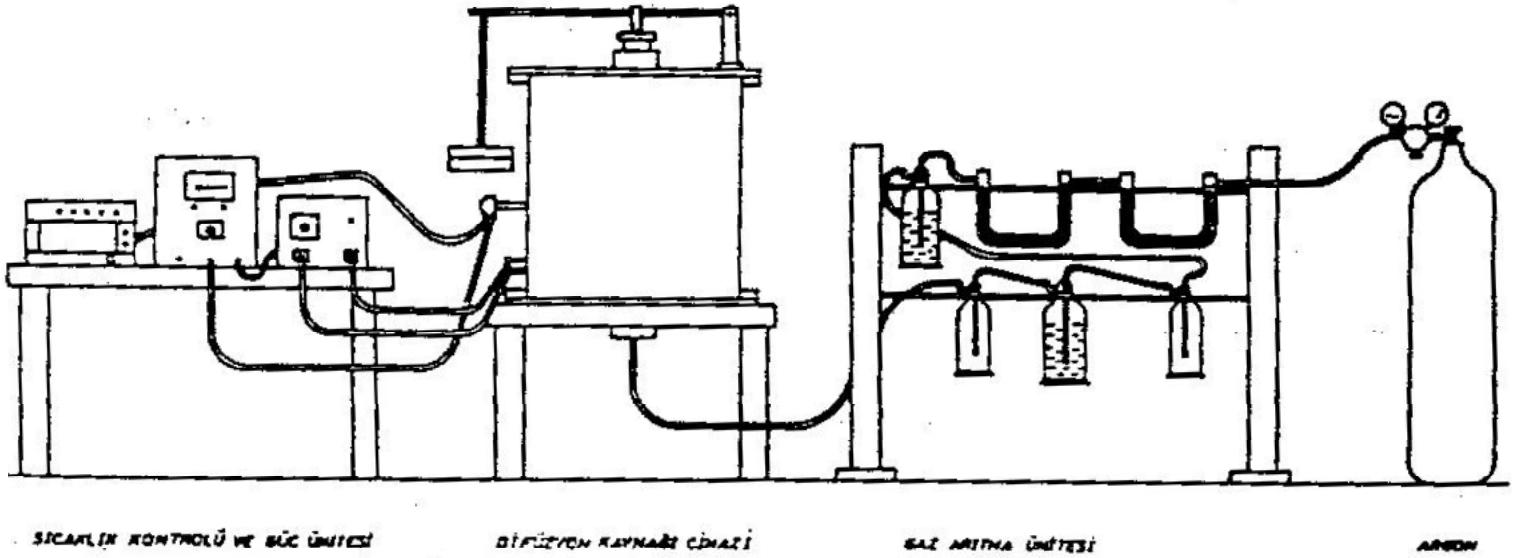
### 2.1. Deney Şetinin Kurulması:

Koruyucu gaz altında difüzyon kaynak aparatı Şekil '1 de görüldüğü gibi 3 ana bölümden oluşacak şekilde tasarlanmıştır.

İlk kısım sıcaklık kontrolü ve güç ünitesinden oluşmaktadır. Isıtmayı sağlayacak güç ünitesi, 220 Volt 'u 34 Volt 'a indirgeyecek özel bir voltaj ayarlayıcısı içermektedir. Bu aparat 1012 Ana Tamir Fabrikasına özel olarak yaptırılmıştır. Kaynak yerindeki sıcaklığın ölçümü, S tipi "Platin - % 10 Platin Rodyum" bir termokupl ile yapılmış ve dijital göstergeye bağlanarak ölçümler okunmuştur. Sıcaklığın ikinci bir kontrolü ise kalibrasyon yapılarak recoder 'dan takip edilmiştir.

Difüzyon kaynağının gerçekleştirildiği ünite, iç içe geçmiş iki silindirden oluşmuştur. İçteki silindire Kanthal firmasının özel yalıtılmış rezistanslı ısıtma fırını yerleştirilmiştir. Dış silindir ile iç silindir arası boştur. Dış silindir basınç sağlayacak manivela sistemine, dayanak vazifesi görmektedir. Bu sistem dört ayak üzerine oturtulmuştur. Arıtılmış argon gazı alt kısımdan iç silindire verilmektedir.

Argon gazı % 99.99 saflığında olmasına rağmen içersinde nem ve oksijen bulunabileceği endişesi ile arıtma ünitesi şekilde görüldüğü gibi hazırlanmıştır. Nemin alınması için NaOH, CaCl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kullanırken oksijenin tutulması için progallol (% 30 progallik asit, % 60 KOH çözeltisi 2/7 oranında karıştırılarak) kullanıldı.



Şekil 1 Difüzyon kaynağı aparatı (şematik)

### 2.2 Deneyin Yapılışı

Kaynaklanacak Cu ve Al numuneler  $\varnothing$  15 x 40 mm boyutlarında kesildi. Alın yüzeyleri 280 'den başlayarak 1000 grit silisyum karbür zımparalarla zımparalandı. Aseton ile silinip kurutuldu. Yüzey pürüzlülükleri  $R_{\text{a,Al}}=0.90 \mu\text{m}$ ,  $R_{\text{a,Cu}}=1-1.2 \mu\text{m}$  olarak ölçüldü. Bakır numune alt tarafta, alüminyum numune üst tarafta olacak şekilde fırına yerleştirildi. Fırının içine argon gönderildi ve ısıtma başlatıldı.

Deney sıcaklığına ulaşıldığında basınç uygulandı. Bu basınçta önceden belirtilen sürelerde tutuldu. Süre tamamlandığında basınç kaldırıldı. Fırın içinde 200 °C sıcaklığa düşüncüye kadar bekletildi. Daha sonra numuneler kaynaklanmış halde fırından dışarı alındı.

Numunelerle 550 °C, 560 °C, 570 °C sıcaklıklarda, 4.5 MPa, 6.6 MPa basınçlarda ve 30 dak, 60 dak, 120 dak 'lık sürelerde çalışmalar yapıldı.

### 2.3 Deneysel Bulgular

Difüzyon kaynak yöntemi ile birleştirilen Cu- Al silindirik numunelere çekme testi (TS 138 Çekme Deneyleri 1978 esas alınarak) uygulandı. Kopma dayanımı sonuçları Tablo 1 'de görülmektedir. Numunelerde, çekme testleri esnasında herhangi bir uzama görülmemiştir.

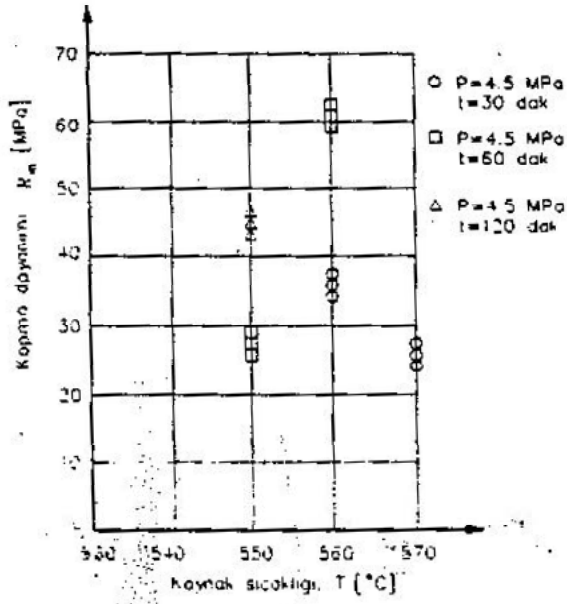
Tablo 1'in incelenmesinden en yüksek kopma dayanım değerlerinin 560 °C sıcaklık, 4.5 MPa

basınç ve 60 dak 'lık tutma süresi şartlarında olduğu görülmektedir.

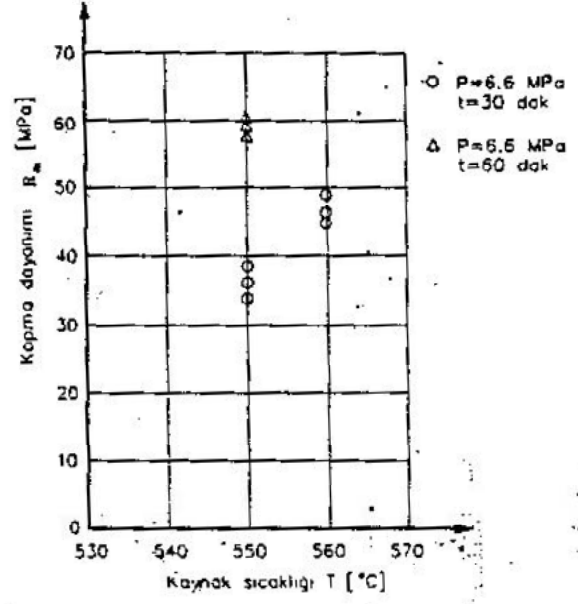
Böylece saf Cu ve Al 'un difüzyon kaynağının yapılabilmesi için optimum şartlar belirlenmiştir. Ayrıca kaynak sıcaklığının, basıncının ve süresinin kopma dayanımı üzerindeki etkileri Şekil 2-4 'de görüldüğü gibi bulunmuştur.

Tablo 1. Difüzyon kaynaklı (Al-Cu) deney numunelerinin kopma dayanımları

Deney no	Kaynak şartları					Kopma dayanımı $R_m$ (MPa)
	Kaynak sıcaklığı T (°C)	Kaynak basıncı P (MPa)	Kaynak süresi t (dak)	Kaynak atmosferi	Zımpara no	
1	550	6.6	30	Argon	1200	33.62
2	550	6.6	30	Argon	1200	35.30
3	550	6.6	30	Argon	1200	38.22
4	550	6.6	60	Argon	1200	58.70
5	550	6.6	60	Argon	1200	60.20
6	550	6.6	60	Argon	1200	57.50
7	550	4.5	60	Argon	1200	26.65
8	550	4.5	60	Argon	1200	29.55
9	550	4.5	60	Argon	1200	28.24
10	550	4.5	120	Argon	1200	43.60
11	550	4.5	120	Argon	1200	45.32
12	550	4.5	120	Argon	1200	43.95
13	560	6.6	30	Argon	1200	47.17
14	560	6.6	30	Argon	1200	46.38
15	560	6.6	30	Argon	1200	49.53
16	560	4.5	30	Argon	1200	35.19
17	560	4.5	30	Argon	1200	36.75
18	560	4.5	30	Argon	1200	37.18
19	560	4.5	60	Argon	1200	60.45
20	560	4.5	60	Argon	1200	62.10
21	560	4.5	60	Argon	1200	59.86
22	570	4.5	30	Argon	1200	24.90
23	570	4.5	30	Argon	1200	26.23
24	570	4.5	30	Argon	1200	26.38

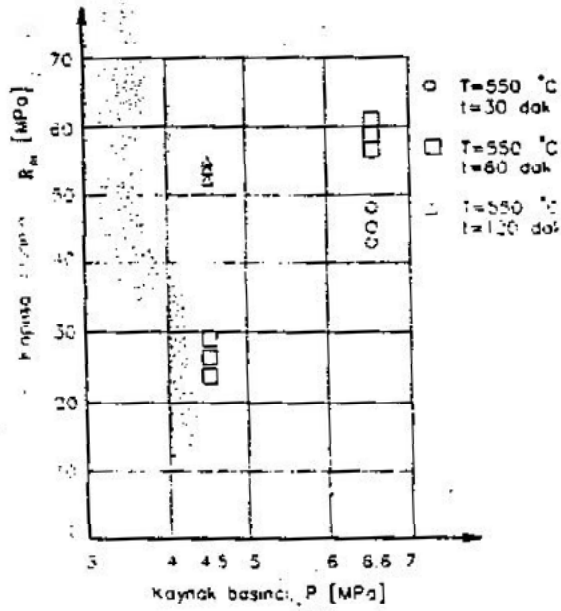


(a)

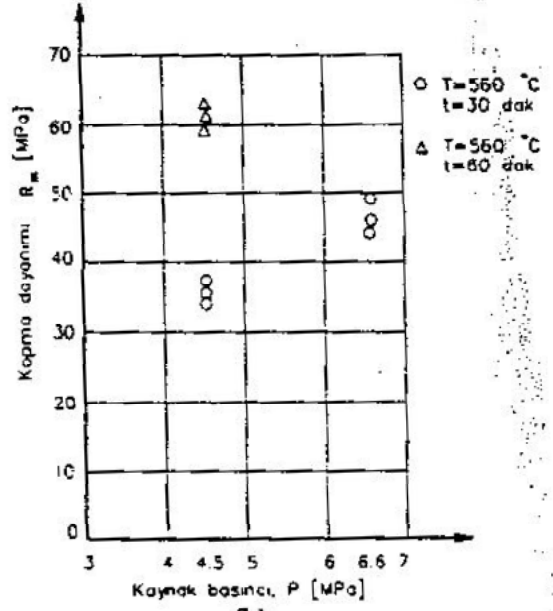


(b)

Şekil 2 Kaynak sıcaklığının kopma dayanımı üzerindeki etkileri

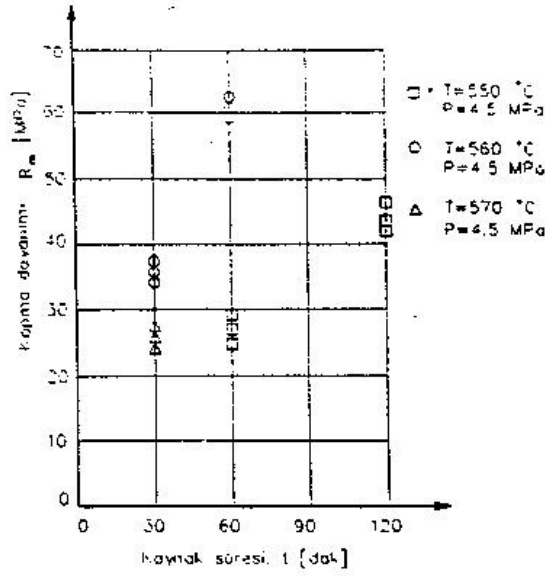


(a)

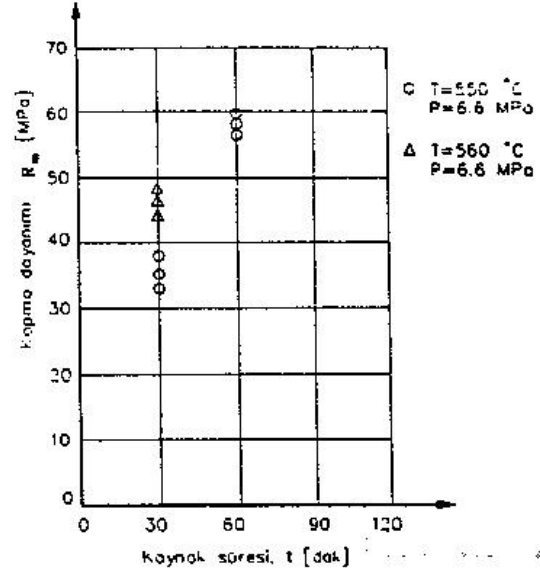


(b)

Şekil 3. Basınç değişiminin kopma dayanımı üzerindeki etkileri



(a)

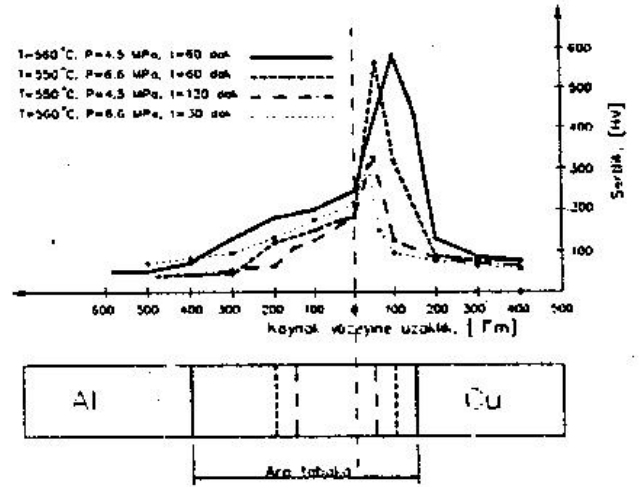


(b)

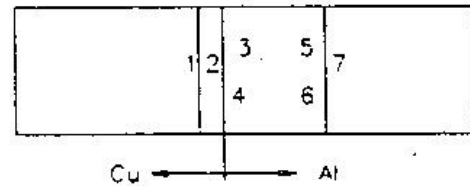
Şekil 4. Kaynak süresinin kopma dayanımı üzerindeki etkileri

Kaynaklanmış numunelerde birleşme yerinde, değişik kaynak şartlarında ölçülen mikrosertlik değerleri Şekil 5 'de görüldüğü gibidir. Özellikle Cu tarafında sertliğin aniden arttığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni sıcaklık artışı esnasında  $Al_2Cu$ ,  $Al_4Cu_9$  gibi metallerarası fazların doğmuş olmasından kaynaklandığı mikroyapı incelemeleri sonucu anlaşılmıştır.

Arçelik A.Ş. 'nin Ar-Ge bölümünde Jeol JSM-6400 Scanning Electron Microscop'una bağlı Tracor Voyage 2110 Energy Dispersive Spectrometer (EDS) analiz ünitesinde Şekil 6 'da görülen noktalarda optimum şartı taşıyan (560 °C, 4.5 MPa, 60 dak) birleşme numunesinde konsantrasyon değişim analizi yapılmış (Tablo 2) ve bu değerlerle konsantrasyon değişim eğrisi çizdirilmiştir (Şekil 7). Bu eğrinin incelenmesinden bakırın alüminyum içinde daha uzun mesafelere daha düşük oranlarda nüfus ettiği görülmüş, alüminyumun ise bakırın içine daha kısa mesafelere daha yüksek oranlarda nüfus ettiği görülmüştür.



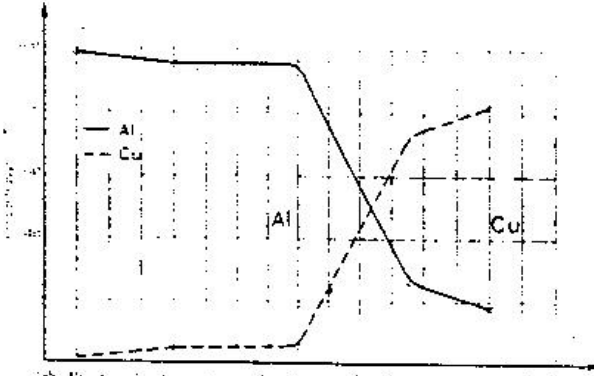
Şekil 5. Değişik kaynak şartlarında birleşme bölgesindeki mikrosertlik değişimleri



Şekil 6. EDS analiz bölgelerinin şematik gösterimi

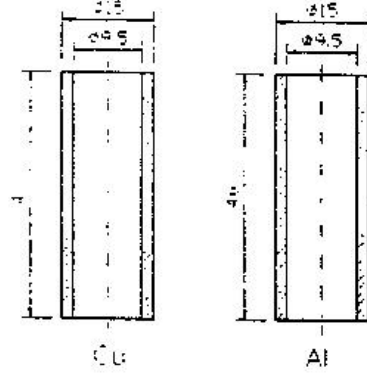
Tablo 2 Optimum kaynaklanma şartlarındaki numunenin EDS analiz sonuçları

Analiz Yeri No	Birleşme Bölgesinden Uzaklık (µm)	% Al	% Cu
1	200	17.95	82.05
2	80	26.23	73.27
3	100	45.78	54.22
4	100	95.50	5.50
5	300	45.28	54.72
6	300	95.43	4.57
7	450	98.65	1.35

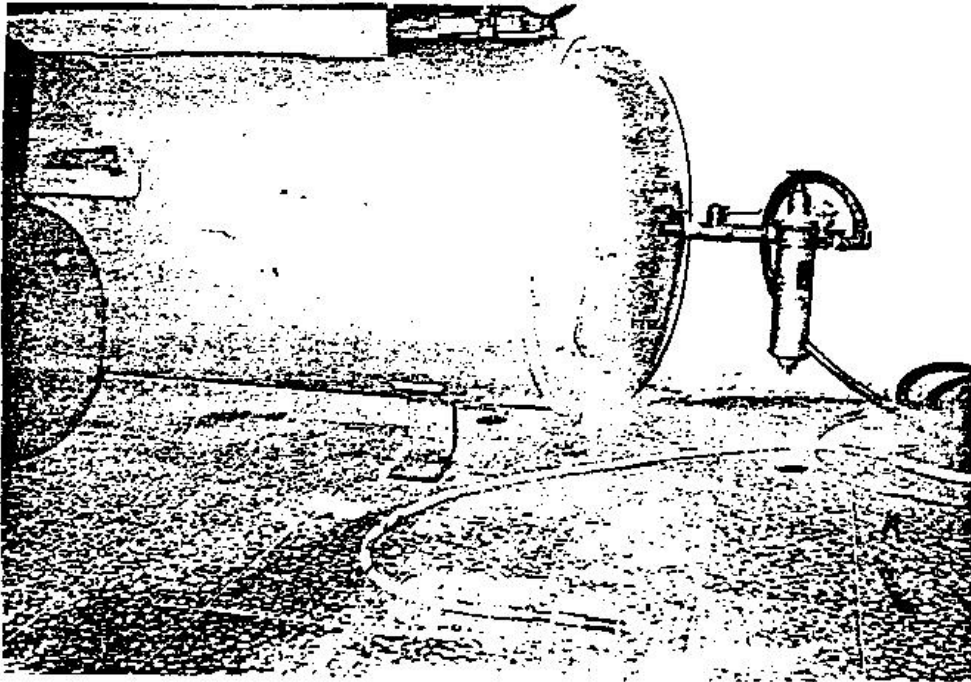


Şekil 7 Birleşme bölgesindeki Al-Cu konsantrasyon değişimi

Özellikle soğuk hava depolarında, gaz dolun tesislerinde alüminyum ve bakır borular çok sık kullanılmaktadır. Endüstriyel uygulama olması açısından Şekil 8 'de görülen boyutlardaki Al-Cu borulara, bulunan optimum şartlarda difüzyon kaynağı uygulanarak, kaynak sonrası yaklaşık 9 atmosferlik basınç deneyine tabi tutuldular (Şekil 9). Test sonucunda Al-Cu boru çiftinde herhangi bir kopma olayı gözlenmemiştir.



Şekil 8 Boru difüzyon kaynağı numuneleri



Şekil 9 Kaynaklanmış boru numunelerin basınç deneyi

### 3. SONUÇLAR

1. Özellikle oksitlenmeye çok müsait olan Al ve Cu malzemeler seçilerek, bunların difüzyon kaynağının yapılabileceği bir düzenek tasarlanmış ve koruyucu gaz altında bu aparatla başarılı sonuçlar alınmıştır.
2. Al ve Cu dolu malzeme çiftinin 560 °C sıcaklık, 4.5 MPa basınç ve, 60 dak 'lıksüre kullanımı halinde maksimum kaynak dayanımı elde edildiği saptanmıştır.
3. Kaynaklanan numunelerin birleşme yerlerinin analizinden bakırın alüminyum tarafında daha uzun mesafelere kadar gittiği, alüminyumun ise bakır tarafında daha kısa mesafe difüze ettiği görülmüştür.
4. Alüminyum ve bakırın endüstrideki uygulaması çoğunlukla boru şeklinde olduğundan, bulunan optimum difüzyon kaynak şartları Al ve Cu borulara da tatbik edilerek difüzyon kaynağı yapılmış, sonuçta kaynaklı numunelere yapılan basınç testlerinin olumlu sonuç verdiği görülmüştür. Böylece bu malzeme çiftiyle yapılan difüzyon kaynağının endüstriye yönelik kullanılabilirliği kanıtlanmıştır.

### KAYNAKLAR

1. Bartle, P.M. 1972. Diffusion Bonding: Alook at The Future, Welding J., 799-804
2. Çelik, S. 1996. koruyucu Gaz Altında Saf Alüminyum ve Bakırın Difüzyon Şartlarının Belirlenmesi, Doktora Tezi
3. Felikson, E.I. Finkelstein, M.L. 1971. Diffusion Welding Materials in Liquid Media, Welding Production, 37-38
4. Kazakov, N.F. 1985. Translated From Russian: Kuznetsow, B.V. Diffusion Bonding of Materials, Pergamon Press, First Ed.
5. Metals Handbook, 1983. American Metals Society, Metals Park, Ohio, vol. 6, 672-691
6. Tuncel, S. 1989. Yüksek Alaşımli Bir Takım Çeliği İle Az Alaşımli Bir İslah Çeliğinin Difüzyon Kaynağı İle Birleştirilmesi Üzerine Deneysel Çalışmalar, Doktora Tezi, Tübitak Gebze Araştırma Merkezi