



**Ti<sub>45.2</sub>Ni<sub>49.1</sub>Cu<sub>5.7</sub> KOMPOZİTİNİN 910-940-970°C SICAKLIKLARDA Cu-Ni FOLYOLU  
DİFÜZYON KAYNAĞINDA SICAKLIK VE SÜRENİN BİRLEŞMEYE ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**ÖZET**

Bu çalışmada, Ti<sub>45.2</sub>Ni<sub>49.1</sub>Cu<sub>5.7</sub> kompozitinin 910-940-970°C sıcaklıklarda Cu-Ni folyolu difüzyon kaynağında sıcaklık ve sürenin birleşmeye etkisi araştırıldı. Kompozit malzemeler ortalama 44±5µm boyutlarında toz malzemelerden üretildi. Üretilen numunelerin difüzyon kaynakları argon koruyucu gaz atmosferinde, 5 MPa'lık dinamik yükleme ile 910-940-970°C'lik sıcaklıklarda, 40 ve 60 dk'lık sürelerde, Ni ve Cu folyo kullanılarak yapıldı. Deneyler sonucunda mikro yapı özellikleri optik mikroskop, SEM ve X-Ray analizleri ile incelendi. Kaynaklı numunelere bindirme kayma ve mikrosertlik testleri uygulandı. Yapılan incelemeler sonucunda homojen Ni-Ti-Cu dağılımı ve yüksek folyo difüzyonu gözlemlendi. Bütün birleştirmelerde, artan sıcaklığa ve süreye paralel olarak kaynağın mekanik özelliklerinin iyileştiği tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** Ti<sub>45.2</sub>Ni<sub>49.1</sub>Cu<sub>5.7</sub>, Toz Metalurjisi, Difüzyon Kaynağı

**THE INVESTIGATION OF THE EFFECT ON THE JOINING OF TEMPERATURE AND PERIOD  
ON THE Cu-Ni FOILS DIFFUSION BONDING AT 910-940-970°C TEMPERATURES OF  
Ti<sub>45.2</sub>Ni<sub>49.1</sub>Cu<sub>5.7</sub> COMPOSITE**

**ABSTRACT**

In this study, the effect on the joining of temperature and period on the Cu-Ni foils diffusion bonding at 910-940-970°C temperatures of Ti<sub>45.2</sub>Ni<sub>49.1</sub>Cu<sub>5.7</sub> composite was investigated. Composite materials were produced with proportions by mixing 44±5µm Ni-Ti-Cu powders. Diffusion bonding experiments were carried out in argon atmosphere at 910-940-970°C temperatures and 5 MPa under a dynamic load for at 40 and 60 periods. The microstructure of the joint was examined by optic analysis, SEM and X-Ray. The strength of the joint tested by shear-lap and microhardness tests. The result of all observations, tests and measurements indicated that the quality of the coalescence at interfaces a homogenous Ni-Ti-Cu distribution and high interlayer diffusion. The result of all observations, tests and measurements indicated that the quality of the coalescence at interfaces at elevated temperatures and periods.

**Keywords:** Ti<sub>45.2</sub>Ni<sub>49.1</sub>Cu<sub>5.7</sub>, Powder Metallurgy, Diffusion Bonding



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknolojideki hızlı gelişmeler, yeni ve farklı malzemelerin birbiriyle birleştirilerek kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Ni-Ti-Cu tozunun toz metalurjisi yöntemi ile kompozit üretiminde kullanılması da bu arayışların bir sonucudur. Difüzyon kaynağı uzun yıllardır bilinmesine rağmen, özellikle son yıllarda uzay teknolojisinde, nükleer santrallerde ve elektronik sanayinde meydana gelen hızlı gelişmeler, bu yöntemin kullanımını adeta zorlamıştır. Toz metalurjisi yöntemi ile üretilmiş malzemelerin birbirleri ile ve farklı malzemelerle kaynak edilerek kullanılması da bir ihtiyaç haline gelmiştir. Toz metalurjisinden üretilmiş malzemelerin birleştirilmesi üzerine difüzyon kaynak yöntemi ile farklı çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalarda uygun şartlar sağlandığında başarılı sonuçlar alındığı görülmüştür [1, 2 ve 3].

Kompozit malzemelerin kaynağını iki grupta toplamak mümkündür. Bunlar; ergitme kaynak yöntemleri ve katı hal kaynak yöntemleridir. Ergitme kaynak yöntemleri ile yapılan birleştirmelerde; yüksek viskozite, katılaşmanın kontrolsüz gerçekleşmesi ve istenmeyen reaksiyonların oluşması gibi problemler oluşur. Bu problemler kaynağa mikro ve makro kusurlara yol açarak kaynak kalitesini azaltır. Ayrıca ergitme kaynaklarında yüksek sıcaklık nedeniyle ana malzemenin özellikleri değiştiğinden, bu durum ergimiş matris ile takviye arasındaki zararlı kimyasal reaksiyonların oluşmasına neden olmaktadır. Ergitme kaynak yöntemlerinde oluşması muhtemel birleşme problemlerinden dolayı metal matrisli kompozitleri (MMK) katı hal birleştirme yöntemleri ile birleştirmenin iyi sonuçlar verdiğini yapılan son araştırmalar ortaya koymuştur [4, 5 ve 6].

Difüzyon kaynağı, bir katı hal kaynak yöntemi olup, birleştirilmek üzere eşleşmiş iki yüzeyin, malzemelerin ergime sıcaklıkları altındaki bir sıcaklıkta, malzemelerde makroskobik plastik deformasyon oluşturmayan bir basınç altında, katı hal difüzyonu yoluyla malzemeler arasında metalurjik bir bağ oluşuncaya kadar, malzemenin özelliklerini önemli ölçüde etkilemeyecek kadar bir sürede tutulmasıyla yapılan birleştirmedir. Difüzyon kaynak yönteminde malzemelerde istenmeyen mikro ve makro dönüşümlerin sınırlı oranda olmasından ve kompozit malzemelerin kaynağında ana malzemenin mukavemet değerlerine yaklaşılmamasından dolayı, bu yöntemin diğer katı hal kaynak yöntemlerine göre daha cazip olduğu düşünülmektedir [7 ve 8].

Sıcaklık, basınç ve zaman gibi parametreler difüzyon kaynağını önemli ölçüde etkiler. Difüzyon kaynak sıcaklığı genellikle (0.5- 0.7 Tm) olacak şekilde belirlenmektedir. Ni-Ti tozunun toz metalurjisi yöntemi ile kompozit üretiminde kullanılması ve üretilen kompozitin kullanım alanlarının belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Toz metalurjisi (TM) yöntemiyle üretilmiş malzemelerin difüzyon kaynağı yöntemiyle birleştirilmesi, hem TM ile üretilen malzemelerin orijinal yapısının korunması ve hem de oluşturulacak malzeme çiftinin difüzyon kaynağı davranışlarının anlaşılması açısından önemlidir. Kaynak süresi genellikle ara yüzeydeki difüzyonu engellemeyecek ve karşılıklı kimyasal bağların meydana gelmesini sağlayacak şekilde seçilir [9, 10 ve 11].

Kompozit malzemelerin birleştirilmesinde bir diğer alternatif yöntem sıvı faz difüzyon kaynağıdır. Yöntem, esas itibarıyla ara kesitte ana metallerin birleştirilecek yüzeylerini ıslatabilecek ince bir sıvı filmi oluşturma ve bu tabakanın izotermal olarak katılaşması esasına dayanmaktadır. Sıvı film ana metal ile ara metal arasında ötektik ya da peritektik ergime noktası bulunması halinde, bu sıcaklığa ulaşıncaya



meydana gelir. Folyo ile ana metal arasında bu sıcaklıkta difüzyon gerçekleşince ötektik ya da peritektik bileşime ulaşıldığında bir sıvı tabaka oluşur. Bu yöntemle, ana metalin mekanik ve mikro yapı özelliklerine benzer birleştirmeler yapılabilir. Folyo veya kaplamanın ara yüzeyde kullanılmasının amaçları; plastik akışı hızlandırmak, temiz bir yüzey elde etmek, difüzyonu hızlandırmak, arzu edilmeyen intermetaliklerin oluşumunu en aza indirmek, ana metalin difüzyonunu hızlandırmak için geçici ötektik ergimeyi oluşturmak, kirkendall gözenekliliğini minimuma indirmek, kaynak süresini kısaltmak, arzu edilmeyen elementleri uzaklaştırmak ve oksidasyonu önlemektir [12].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

Bu çalışmada, toz metalurjisi yöntemiyle üretilen, Ni-Ti-Cu kompozitlerin, Cu ve Ni folyo kullanılarak TLP difüzyon kaynak yöntemiyle birleştirilmesinde kaynak sıcaklığının ve kaynak süresinin birleşme üzerindeki etkisi araştırılacaktır. Deneyler sonucunda mikro yapı özellikleri optik mikroskop, SEM ve X-Ray analizleri ile incelenerek, uygun birleşme parametreleri ve mikroyapı eldesi amaçlanmaktadır.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

### 3.1. Deney Malzemeleri (Experimental Materials)

Bu çalışmada kullanılan toz malzemeler;

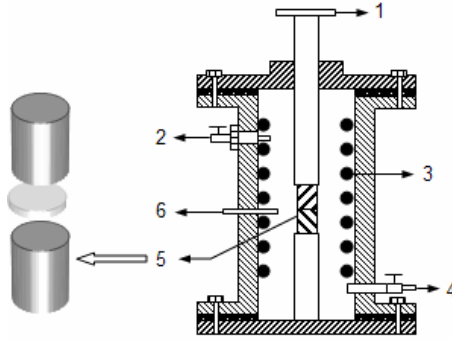
- %99.80 saflıkta ortalama  $44\pm 5$   $\mu\text{m}$  tane büyüklüğünde 49,1 oranında nikel,
- %99.50 saflıkta ortalama  $44\pm 5$   $\mu\text{m}$  tane büyüklüğünde 45,2 oranında titanyum,
- %99.90 saflıkta ortalama  $37-105\pm 5$   $\mu\text{m}$  tane büyüklüğünde 5,7 oranında bakır tozları ağırlıkça  $10^{-4}$  hassasiyetli dijital terazide tartılarak hazırlandı.

Toz malzemeler homojen dağılım sağlamak için, 250 dev/dk.'da 15 dakika süreyle karıştırıldı. Karıştırılan tozlar 900 MPa basınçta soğuk preslendi, soğuk presleme sonrası numuneler argon atmosferli fırında 830 °C sıcaklıkta 30 dk. sinterlenerek  $\emptyset 10 \times 11$  mm boyutlarında kaynak numuneleri hazırlandı. Deney numunelerinin hazırlanması, aşağıdaki işlem sırası takip edilerek gerçekleştirildi;

- Ni-Ti-Cu tozlarının hazırlanması,
- Tozların oda sıcaklığında karıştırılması,
- Karıştırılan tozların soğuk preslenmesi,
- Soğuk preslenmiş tozların sinterlenmesi,
- $\text{Ti}_{45.2}\text{Ni}_{49.1}\text{Cu}_{5.7}$  kompozitine ait kaynak numunelerinin elde edilmesi.

### 3.2. Difüzyon Kaynakları (Diffusion Weldings)

$\emptyset 10 \times 11$  mm boyutlarında hazırlanan kaynak numuneleri difüzyon kaynağı öncesi 1000 meshlik zımpara ile parlatıldı ve asetonda ultrasonik olarak temizlendi. Difüzyon kaynakları Şekil 1'de görülen difüzyon kaynak aparatında argon koruyucu gaz atmosferinde, 5 MPa'lık dinamik yükleme ile 910-940-970°C'lik sıcaklıklarda, 40 ve 60 dk'luk sürelerde, 50  $\mu\text{m}$  kalınlığında 180 HV sertlikte nikel ve 50  $\mu\text{m}$  kalınlığında 120 HV sertlikte bakır folyo kullanılarak yapıldı (Literatür çalışması ve ön deneyler sonucunda 40 ve 60 dk. süre aralığının 5 MPa'lık yük altında difüzyon kaynağı için uygun olduğu sonucuna varılmıştır).

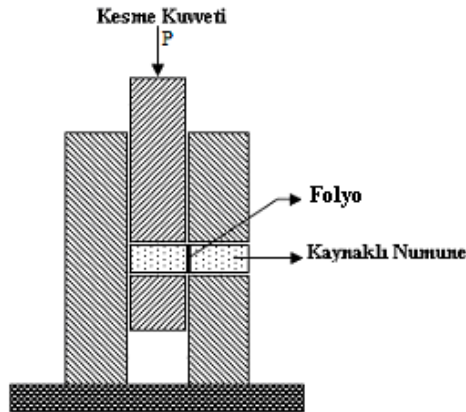


1)Uygulanan Yük 2)Argon Çıkışı 3)Isıtıcı Dirençler 4)Argon Girişi  
5)Numuneler 6)Termokupol

Şekil 1. Difüzyon kaynak aparatının şematik gösterimi [13]  
(Figure 1. Schematic illustration of diffusion welding apparatus [13])

### 3.3. Mekanik ve Metalografik İncelemeler (Mechanical and Metalography Investigations)

Numunelerin kaynak sonrası bağlantı mukavemetini tespit etmek amacıyla, bindirme-kayma testleri ASTM D 3165-07 standardına uygun olarak Şekil 2'de görülen özel olarak hazırlanmış bindirme kayma aparatında gerçekleştirildi. Bindirme-kayma deneyleri 2 mm/dk hızda ve oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Kaynaklı birleştirmelerin kayma gerilmeleri elde edilen verilere göre hesaplandı. Difüzyon kaynağı yapılan numunelerin kaynak sonrası metalografik yapılarını belirlemek amacıyla, kaynak yapılmış numunelerin yüzeyleri, 1000 meshlik zımpara ile zımparalandıktan sonra, 3  $\mu\text{m}$ 'lik elmas pasta ile parlatıldı daha sonra ise Kroll (%6 HF, %9  $\text{NH}_3$ , %85 su) dağlayıcısı ile dağlanarak metalografik incelemeye tabi tutuldu. Deneyler sonucunda mikro yapı özellikleri optik mikroskop, SEM ve X-Ray analizleri ile incelendi. Ayrıca kaynaklı numunelerin sertlik değişimlerini belirlemek amacıyla mikrosertlik değerleri 10 gr'lık yük altında tespit edildi. Folyo kalınlıkları deneysel çalışmalar sonrasında optik mikroskop altında tespit edilmiştir.



Şekil 2. Bindirme-kayma testi aparatının şematik resmi [1]  
(Figure 2. Schematic illustration of shear-lap test apparatus [1])



#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

910°C'de birleştirilmiş numunenin bindirme kayma testlerinden nikel folyolu numunelerde bakır folyolu numunelere göre daha yüksek bindirme kayma değerleri elde edilmiştir. Numuneler kendi içinde kıyaslandığında Cu folyo kullanılarak yapılan birleştirmelerde artan süre ile paralel olarak bindirme-kayma değerleri artarken, Ni folyolu numunelerde belirgin bir değişiklik olmamıştır. Bunu da ana malzemede mevcut yüksek orandaki nikel içeriğiyle açıklamak mümkündür. Yani gerçekleşen az orandaki nikel difüzyonu kimyasal bileşim açısından önemli bir değişiklik getirmemiştir.

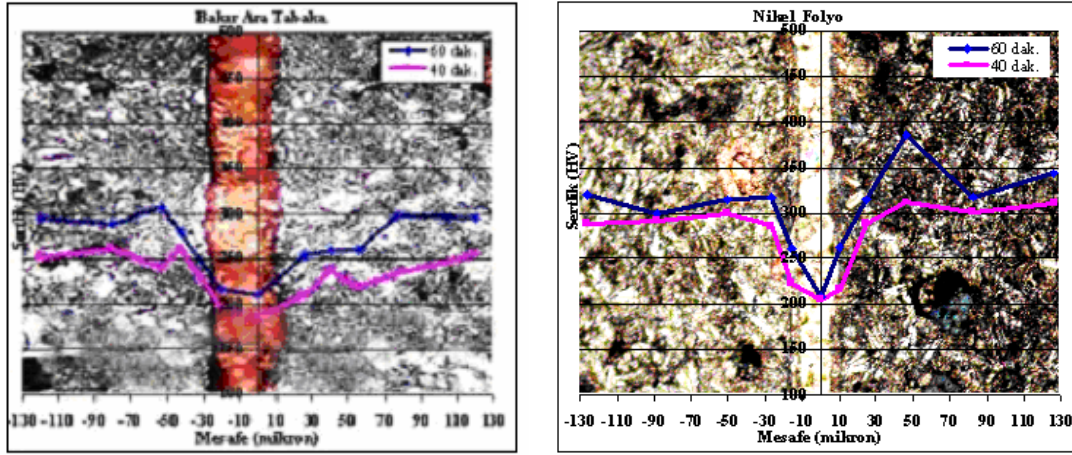
940°C'de birleştirilmiş numunenin bindirme kayma testlerinde 40 dk'da yapılan birleştirmelerde bakır folyolu numunede nikel folyolu numuneye göre daha yüksek bindirme kayma değerleri elde edilmiştir. Bunu da ergime sıcaklığına iyice yaklaşan bakırın artan difüzyon yeteneği ile açıklamak mümkündür. 60 dk.'da yapılan birleştirmede ise nikel folyo kullanılarak yapılan birleştirmelerde yüksek bindirme kayma değerleri elde edilmiştir. Bu da sıcaklık ve süreye bağlı olarak, nikelin daha yüksek oranda difüze olmasına bağlanabilir.

970°C'de birleştirilmiş numunenin bindirme kayma testlerinde 40 dk'da yapılan birleştirmelerde nikel folyolu numunelerde daha yüksek bindirme kayma değerleri elde edilmiştir. 60 dk'da yapılan birleştirmede ise bakır folyo kullanılarak yapılan birleştirmelerde, nikel folyo kullanılarak yapılanlara göre daha yüksek bindirme kayma değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeni, bakırın ergime sıcaklığının hemen altında bulunan bir sıcaklıkta çalışılmasıdır (Tablo 1).

Tablo 1. Deneysel çalışmanın kaynak parametreleri  
Table 1. Welding parameters of experimental study)

Malzeme	Sıcaklık (°C)	Ni Folyolu		Cu Folyolu	
		Süre (dk)	Kesme Mukavemeti (MPa)	Süre (dk)	Kesme Mukavemeti (MPa)
Ti <sub>45.2</sub> Ni <sub>49.1</sub> Cu <sub>5.7</sub>	910	40	153	40	143
	910	60	154	60	150
	940	40	160	40	167
	940	60	175	60	163
	970	40	180	40	175
	970	60	183	60	185

910°C'de bakır folyo kullanılarak yapılan birleştirmede, 40 dk. sürede (Şekil 3) folyoda belirgin bir incelme görülmemektedir. Numunenin metalografik incelemesinde ana malzeme ile folyo arasında birleşme hattı boyunca birleşmenin yeterli olmadığını gösteren 50-200 µm aralıklarla çizgisel ve noktasal boşluklar tespit edilmiştir. 60 dk'da yapılan birleştirmede çizgisel boşluklar kaybolmuş, folyoda 5 µm kadar incelme belirlenmiştir. Bu da artan süre ile bakır difüzyonunun artmasına bağlanabilir. 910°C sıcaklıkta nikel folyo kullanılarak yapılan birleştirmelerde 40 dakikalık bekleme süresinde boşlukların kaybolduğu tespit edilmiş, ancak folyo kalınlığında belirgin bir incelme görülmemiştir. 60 dk'da yapılan birleştirmede ise nikel folyonun bazı bölgelerde artan difüzyonla 10 µm incelendiği tespit edilmiştir. Tüm bu birleştirmelerde difüzyon olayı, kısmen ekstrüzyonla desteklenmektedir. Ni ve Cu folyolu numuneler mikrosertlik açısından incelendiğinde; ara bölgede sertlik değeri değişmezken, ara kesitten itibaren her iki tarafta da sertliğin arttığı ve daha sonra ana malzemenin sertlik değerine düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 3).

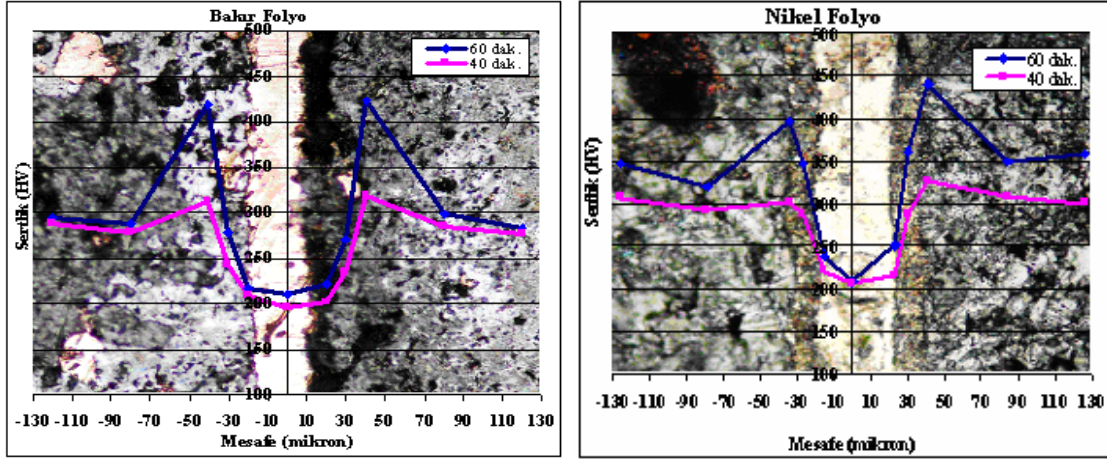


Şekil 3. 910°C'de Cu-Ni Folyo kullanılarak yapılan difüzyon kaynaklarının optik görünüşleri ve mikrosertlik grafikleri  
(Figure 3. Hardness impression profiles and optic figures of specimen diffusion bonded at 910°C for Cu-Ni foils)

940°C'de 40 dakika bekleme süresinde bakır folyo kullanılarak yapılan birleştirmede 50 µm kalınlığındaki folyoda bir miktar incelme görülmektedir. 60 dakika sürede yapılan birleştirmelerde ise folyoda 10-20 µm incelme görülmektedir. Bu da ana malzemeye bakır difüzyonunun 60 dakikalık sürede daha fazla olduğunu göstermektedir (Şekil 4). Ni folyolu 940°C'de 40 dakikalık sürede birleştirilmiş numunede nikel folyonun 25 µm kadar incelmesi, artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak difüzyona uğramış bölgenin genişliğinin arttığı ve daha belirgin hale geldiği gözlenmiştir. Bu da ana malzemeye nikel difüzyonunun 60 dakikalık sürede daha fazla olduğunu göstermektedir (Şekil 4).

Kompozitin mikrosertlik değerleri ara bölgede bakır folyolu birleştirmelerde çok fazla değişmezken, birleşme sınır bölgesinde hızla yükselmekte, maksimum değere ulaştıktan sonra ana malzeme orijinal sertliğine düşmektedir. Birleşme sınır bölgesinde mikrosertliğin aniden yükselmesinin nedeni meydana gelen intermetalik bileşiklerin yapıda bulunmasıdır. Nikelin birleştirici olarak kullanıldığı numunelerde sertlik artışı daha yüksek oranda olmaktadır.

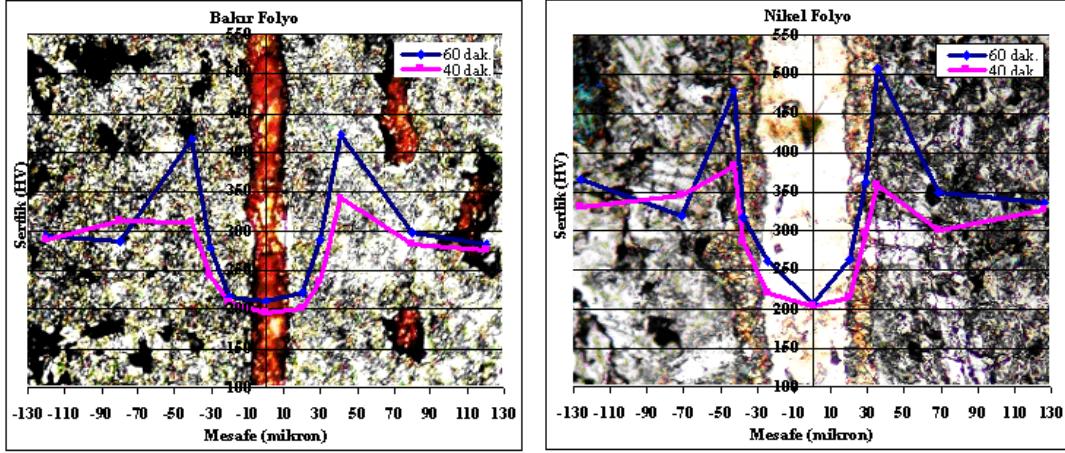
970°C'de yapılan birleştirmelerde bakır folyo kalınlığında 910 ve 940°C'de yapılan birleştirmelere göre daha fazla incelme meydana gelmiştir. 970°C'de 40 dakika bekleme süresinde bakır folyo kullanılarak yapılan birleştirmesinde 50 µm kalınlığındaki folyoda artan sıcaklık ve plastik deformasyona bağlı olarak 10 µm kadar bir incelme görülmektedir. 60 dakika sürede yapılan birleştirmelerde ise folyoda, artan oranda ve plastik deformasyona bağlı olarak 10-20 µm incelme görülmektedir. Bu da ana malzemeye bakır difüzyonunun 60 dakikalık sürede daha fazla olduğunu göstermektedir (Şekil 5).



Şekil 4. 940°C'de Cu-Ni Folyo kullanılarak yapılan difüzyon kaynaklarının optik görünüşleri ve mikrosertlik grafikleri  
(Figure 4. Hardness impression profiles and optic figures of specimen diffusion bonded at 940°C for Cu-Ni foils)

970°C'de 40 dakika bekleme süresinde nikel folyo kullanılarak yapılan birleştirmelerde kaynak sonrası folyo kalınlığında, yüksek sıcaklıkta artan deformasyon yeteneğine bağlı olarak 10-15 µm kadar bir incelmeye görülmektedir. 60 dakikalık sürede yapılan birleştirmelerde ise folyonun, artan plastik deformasyon ve difüzyon etkisiyle yaklaşık 20-30 µm incelendiği tespit edilmiştir. Bu da ana malzemeye nikel difüzyonunun 60 dakikalık sürede daha fazla olduğunu göstermektedir. Kompozitin ara bölgesinde sertlik değeri en alt düzeyde bulunurken, titanyum-nikel bileşiklerinin olduğu noktalarda sertlik aniden yükselmekte, daha sonra yeniden düşerek malzemenin orijinal sertlik değerine kadar azalmaktadır. Nikel folyolu malzemelerde daha çok titanyum-nikel bileşikleri oluştuğu için mikrosertlik, bu birleştirmelerde daha yüksek değerler almıştır. Yine sertliklerin son değerleri de bakırlı birleştirmelerden daha yüksek çıkmıştır. Bakırlı birleştirmelerde, bu elementin çalışma sıcaklığındaki yüksek difüzyon hızı ve ekstrüze edilebilirliği ana malzemede az da olsa sertliğin azalmasına yol açmıştır (Şekil 5).





Şekil 5. 970°C'de Cu-Ni folyo kullanılarak yapılan difüzyon kaynaklarının optik görünüşleri ve mikrosertlik grafikleri (Figure 5. Hardness impression profiles and optic figures of specimen diffusion bonded at 970°C for Cu-Ni foils)

#### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Toz metalurjisi yöntemi ile üretilmiş  $Ti_{45.2}Ni_{49.1}Cu_{5.7}$  kompozit malzemenin, Ni ve Cu folyo kullanılarak, argon koruyucu gaz atmosferinde, 5 MPa'lık dinamik yükleme ve 910-940-970°C sıcaklıklarda, 40 ve 60 dk.'lık sürelerde yapılan difüzyon kaynaklarında, uygun endüstriyel şartlarda birleşmenin sağlandığı tespit edilmiştir.

Yapılan birleştirmeler sonucunda mekanik ve metalografik açıdan en iyi birleştirmenin, 970°C'de bakır folyo kullanılarak 60 dakika sürede yapılan birleştirmede olduğu tespit edilmiştir. Ni ve Cu folyo açısından difüzyon kaynakları incelendiğinde; yüksek sıcaklıklarda özellikle 970°C'de Cu folyonun daha iyi sonuç verdiği, düşük sıcaklıklarda (910°C) ise Ni folyonun daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. 940°C'de ise folyolarla ilgili olarak belirgin bir fark görülmemiştir.

Kaynaklı bağlantının ara kesit bölgesinde yapılan X-Ray analizlerinde  $NiTi_2$ ,  $NiTi$ ,  $Ni_3Ti_3O$ ,  $Ni_2Ti_4O$ ,  $Cu_3Ti$ ,  $Cu_4Ti$ , fazlarının bulunduğu tespit edilmiştir. Tüm numunelerde yoğun olarak  $NiTi_2$  ve  $NiTi$  fazlarına rastlanılmıştır. Bakır folyolu numunelerde  $Ti_{15}Ni_{10}Cu$  ve  $Ti_2Ni$  fazları, nikel folyolu numunelerde ise,  $Ni_2Ti_4O$ ,  $Ti_2Ni$ ,  $NiTi$  ve  $TiNi_{0.8}Cu_{0.2}$ , fazları tespit edilmiştir.

Taşkın ve diğ., TM ile üretilmiş nitinol alaşımının difüzyon kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliğini araştırmışlar ve birleştirme işlemi için seçilen pilot sıcaklıklardan 850-875°C'de yapılan kaynaklarda sıcaklık ve süre artışına paralel olarak birleşme kalitesinin arttığını tespit etmişlerdir. Taşkın ve diğ., TM ile üretilmiş nitinol alaşımının difüzyon kaynağında sürenin birleşme üzerindeki etkisini incelemişler, artan süreye paralel olarak kaynağın mekanik özelliklerinin iyileştiğini tespit etmişlerdir [2 ve 10].

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Kejanlı, H., (2007). Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretilmiş Ni-Ti-Cu Alaşımlarının Sıvı Faz Difüzyon Kaynağı İle Birleştirilebilirliğinin Araştırılması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.





2. Taşkın, M., Dikbaş, H. ve Çalığülü, U., (2006). TM Yöntemiyle Üretilmiş Nitinol Alaşımının Difüzyon Kaynağında Sürenin Birleşme Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Metal Makine Dergisi, 162, ss:428-431.
3. Çelik, S. ve Ay, İ., (1999). Koruyucu Gaz Altında Difüzyon Kaynağı ve Uygulaması, Journal of Engineering and Environmental Science, 23, pp:63-70.
4. Salehi, M.T., (1990). Isostatic Diffusion of Some Superplastic Alloys, PhD Thesis, UMIST, Manch., UK.
5. Taşkın, M., Çay, V. ve Özdemir, N., (2005). Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmiş AISI 430/Ç1010 Çelik Çiftinin Arayüzey Mikroyapı Değerlendirmesi, Teknoloji Dergisi, 8, 1, ss:65-70.
6. Taşkın, M., Kejanlı, H., Fırat, E.H. ve Çalığülü, U., (2008). T/M Yöntemiyle Üretilmiş Ni-Ti-Cu Alaşımlarının TLP Difüzyon Kaynağında Ni ve Cu Folyo Arasındaki Mikrosertlik Değerlerinin İstatistikî Olarak İncelenmesi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:20(2), 2008, ss:379-388.
7. Çalığülü, U. ve Taşkın, M., (2006). Sıcak Presleme Yöntemiyle Üretilmiş AlSiMg-SiCp Takviyeli Kompozitlerin Difüzyon Kaynağında Basıncın Birleşme Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Metal Makine Dergisi, Cilt:159, ss:526-530.
8. Ellis, M.B.D., Gittos, M.F., and Threadgill, P.L., (1994). Joining aluminium based metal matrix composites, Materials World; 2, (8), pp:415-417.
9. Peterson, K.A., Park, C. and Dutta, I., (2002). Interfacial Sliding in Back-End Interconnect Structures in Microelectronic Devices, Proc. MRS Symp. 716.
10. Taşkın, M., Dikbaş, H., Çalığülü, U., Gür, A.K., Ozan, S. ve Çay, V.V., (2006). TM ile üretilmiş Nitinol alaşımının difüzyon kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliğinin araştırılması, 11. Uluslararası Denizli Malzeme Sempozyumu, 767-771, Denizli.
11. Ozan, S., Çalığülü, U., Taşkın, M., Gür, A.K., Dikbaş, H., ve Çay, V.V., (2006). Sıcak presleme yöntemiyle imal edilmiş SiCp takviyeli alüminyum esaslı kompozitlerin difüzyon kaynağında sıcaklığın birleşme üzerindeki etkisinin incelenmesi, 11. Uluslararası Denizli Malzeme Sempozyumu, 233-236, Denizli.
12. Shirzadi, A.A. and Wallach, E.R., (1997). Temperature Gradient Transient Liquid Phase Diffusion Bonding: A New Method for Joining Advanced Materials, Sci. and Tech. of Welding and Joining, 2, 3, pp:89-94.
13. Aydın, M., TR2002 02710 U Patentli Difüzyon Kaynak Makinesi, Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya, TÜRKİYE.