

# TOZ METAL (T/M) PARÇALARIN ELEKTRON IŞIN KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLMESİ

Remzi VAROL, R. Fatih TUNAY, Kenan TÜFEKÇİ \*

\* Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü,

*Bu çalışmada Demir esaslı ve Bronz T/M parçaların elektron ışın kaynak yöntemi uygulanarak kaynaklanması incelenmiştir. Kaynak işleminde Demir esaslı malzemeler kendi aralarında ve Bronz malzemeler kendi aralarında, bronz ve demir esaslı malzemelerin kaynaklanması kaynak parametreleri değiştirilerek kaynak yapılması denenmiştir. Kaynak bölgesinin metalografik incelemeleri yapılarak kaynak bölgesinde oluşan hatalar incelenmiştir. Bronz ve demir esaslı malzemeden numunelerin birbirleriyle kaynaklanmasında büyük problemler ortaya çıkmıştır. Aynı cins T/M malzemeden numunelerin kaynaklanmasında daha iyi sonuçlar alınmıştır.*

**Anahtar sözcükler :** Elektron ışın kaynağı, bronz, Fe esaslı T/M malzeme

*In this study, welding characteristics of Fe based and bronze P/M specimens using electron beam welding were investigated. During welding processes Fe based specimens were welded with each other and bronze specimens were also welded with each other. Furthermore one piece of Fe based specimen and one Bronze specimen were welded with each other. Welding parameters were changed. Metallography of welding zone was studied. Thus welding defects were determined. As bronze and Fe based materials were welded some big problems were observed. However, it was not observed as big problem as bronze-Fe based specimens when specimens produced from the same PM materials were welded with each other.*

**Keywords :** Electron beam welding, bronze, Fe based P/M material

## GİRİŞ

Toz metalurjisi yöntemiyle üretilen parçalar genellikle ilave işlemlere gerek duyulmaksızın kullanıma sunulurlar. Ancak gerektiği durumlarda talaşlı işlem ve kaynaklı birleştirme işlemleri uygulanmalıdır. Bundan dolayı son yıllarda T/M parçaların farklı işlem şartlarında talaşlı işlenebilirliği ve kaynak kabiliyetinin araştırılmasına ağırlık verilmektedir.

T/M parçaların kaynak kabiliyetini etkileyen faktörler üretim yönteminin kendi karakteristiklerine yakından bağlıdır. T/M parçaların kaynak kabiliyetini etkileyen en önemli karakteristik gözeneklerin varlığıdır [1-3]. Gözenek miktarı ve gözenek dağılımı mekanik

özelliklerin yanı sıra ısı iletkenlik [4], ısı genleşme ve sertleşebilirlik özellikleri üzerinde de etkili olmaktadır. Kaynak işleminde ısı özellikler kaynak dikişi, ITAB, kaynak banyosunun büyüklüğü, kaynak parametrelerinin değişmesine neden olmaktadır. Bu tür parçaların ısı iletkenliklerinin tam yoğun malzemelere göre daha düşük olması kaynak bölgesinde ısı yığılmasına neden olacaktır. Kaynak esnasında bölgesel ergime ile gözeneklilik azalır. Bu durum ITAB bölgesinde çatlak ihtimalini artıracaktır. Gözenek oranının kaynak bölgesi, ITAB ve ana metalde farklılık göstermesi sertleşebilirlik farkının oluşmasına ve ITAB' da çatlak meylinin artmasına neden olur [1].

## T/M PARÇALARIN KAYNAK YÖNTEMLERİ

T/M yöntemiyle üretilen parçalara değişik kaynak yöntemleri uygulanarak kaynak edilebilirlikleri araştırılmaktadır. Kaynak yönteminin seçiminde izafi yoğunluk, malzeme cinsi, parça büyüklüğü gibi parametreler göz önüne alınmaktadır. Demir esaslı malzemelerde %85 'ten daha yüksek izafi yoğunluklarda ergime esaslı kaynak yöntemleri uygulanmaktadır[1]. Laser kaynağı, difüzyon kaynağı, TIG, MAG, elektrik direnç kaynağı, örtülü elektrodla kaynak gibi yöntemler kullanılarak T/M parçaların kaynaklanabilme kabiliyeti üzerine araştırmalar yapılagelmektedir. [1-3]. Ergitme kaynaklarının yöntemlerinin kullanılması durumunda gözenekli yapı büyük zorluklar oluşturmaktadır. Kaynak işlemi esnasında sinterlenmiş metalin ergime bölgesinde gözeneklerin tamamen ortadan kalkması kaynak dikişinde büyük boşlukların oluşma riskini artmaktadır. Özellikle iki T/M parçanın kaynaklanmasında bu risk daha önemli duruma gelmektedir. Bu durumda, ortadan kalkan gözeneklerin oluşturduğu hacimsel boşluk oluşumunu engellemek için özel dolgu malzemesinin kullanımı gerekmektedir[2].

## ELEKTRON IŞIN KAYNAĞI

Elektron ışın kaynağı (EIK) yoğunlaştırılmış ve yönlendirilmiş elektron demetinin sahip olduğu enerjinin metallerin ergitilerek kaynak edilmesini sağlayan bir işlemdir. Elektron demetinin sahip olduğu kinetik enerjinin kaynak yapılacak parçaların küçük bir bölgesinde yoğunlaştığı için, kaynak bölgesinde enerji yoğunluğu  $10^8$  W/cm<sup>2</sup> değerine erişebilmektedir. Bu yöntemde kaynak işlemi yüksek vakum, düşük vakum ve vakumsuz ortamda yapılmaktadır.

Elektron ışın kaynağı ile kaynak yapılacak parçalar genellikle ilave metal kullanılmaksızın birleştirilirler ve birleştirilecek iki parçanın arasındaki boşluğun  $10^{-2}$  mm'den daha fazla olmaması gerekmektedir [5]. Elektron ışın kaynağında kaynak dikiş formu diğer yöntemlere göre farklıdır. Bu yöntemde, kaynak dikişinin (derinlik/genişlik) oranı yüksektir (25/1). Bu durum kalın parçaların tek pasoda kaynak yapılmasını sağladığı gibi kaynak banyosunun küçük olmasına neden olmaktadır [6]. Bunun sonucu kaynak yapılan parçanın birim uzunluk başına ısı girdisi diğer kaynak yöntemlerine göre düşüktür. Dolayısıyla dar kaynak bölgesi, daha az distorsiyon ve hatasız kaynak imkanı ortaya çıkmaktadır [7].

Tam yoğun malzemelerin elektron ışın kaynağında yüksek derinlik/genişlik oranı kaynak dikişinde gözenek ve kök kısmında boşluk oluşumuna neden olmaktadır. T/M parçalarda bu

durum büyük problemlere neden olabilir. Ayrıca ışınların odaklandığı bölgede yüksek sıcaklığın etkisiyle alaşım elemanlarının buharlaşması ortaya çıkabilir. Bu durum kaynak bölgesinde kimyasal kompozisyon farklılıklarına neden olacaktır.

## DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### Deneylerde Kullanılan Malzemeler

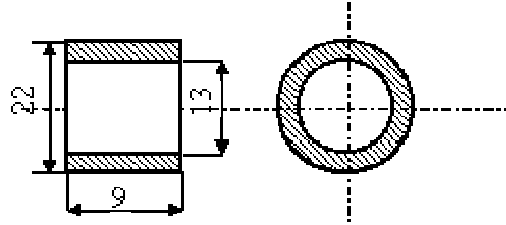
Deneylerde iki farklı T/M malzeme gurubu kullanılmıştır. I. Gurup malzeme demir esaslı malzeme ve II. gurup malzeme Bronz malzemedir. I. ve II: gurup T/M malzemelerin kimyasal kompozisyonları Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Kimyasal Kompozisyonları Kaynak Numunelerinin Özellikleri

Malzeme Grubu	Kimyasal Kompozisyon
I. Gurup malzeme	%90 Cu + %10 Sn
II. Gurup malzeme	%0,1 C + % Valoru Fe

Her iki malzeme gurubu %85 izafi yoğunluğa tek etkili preste sıkıştırılmışlardır. I. Gurup numuneler 820<sup>0</sup>C sıcaklıkta 30 dakika süreyle azot gazı atmosferinde sinterlenmişlerdir. II gurup numuneler 1120<sup>0</sup>C sıcaklıkta 30 dakika süreyle azot gazı atmosferinde sinterlenmişlerdir.

Numunelerin şekil ve boyutları Şekil 1’de verilmiştir. Kaynak numuneleri burç malzemesi olarak kullanılan malzemelerdir. Kaynak öncesi herhangi bir kaynak ağzı açılmadan düzgün yüzeyler alın alına getirilerek kaynaklanmıştır.



Şekil 1. T/M Numunelerin Şekil ve Boyutları.

### Elektron Işın Kaynağı Deneyleri

Elektron ışın kaynağı deneylerinde yüksek vakumlu kaynak makinası kullanılmıştır. Kaynak işlemi esnasında uygulanan yüksek gerilim, akım şiddeti, kaynak hızı ve enerji girişi değerleri Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. EIK Esnasında Uygulanan Kaynak Parametreleri.

Kaynak Parametreleri				
Malzeme Çifti	Yüksek Gerilim (kV)	Akım Şiddeti (mA)	Kaynak Hızı (mm/dakika)	Enerji girişi (kJ/mm)
Fe-Fe	30	1,4	140	0,18
Fe-Bronz	30	1,4	140	0,18
Bronz-Bronz	30	1	140	0,13

## DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Kaynak parametreleri incelendiğinde (Tablo 2) deneylerin sabit yüksek gerilim değerinde yapıldığı ancak bronz-bronz çifti kaynak işleminde akım şiddetinin değiştirildiği görülmektedir. Buna bağlı olarak enerji girişi değişmiştir. Kaynak hızı değerleri mm/dak olarak verilmiştir. Bu değerlerin hesaplanmasında silindirik şekilli parçaların çevresel hızı esas alınmıştır. Kaynak makinasında ayarlanan değerler inç sisteminde olmakla birlikte metrik sisteme çevrilmiştir. Kaynak işlemi esnasında tüm malzemeden numunelerin kaynaklanmasında kaynak hızı 140 mm/dak değerinde sabit tutulmuştur.

Enerji girişi değerinin hesaplanmasında (1) eşitliği kullanılmıştır.

$$E_k = (U \times I \times 0.6) / V_k \quad (1)$$

Burada U: Yüksek gerilim (kV), I: Akım şiddeti (mA),  $V_k$ : Kaynak hızı (mm/dak)'dır.

Enerji girişinin kaynak hızı, yüksek gerilim ve akım şiddetine bağlı olduğu görülmektedir. Bu çalışmada sadece bronz-bronz çifti kaynağında akım şiddeti değeri değiştirildiğinden enerji girişi değeri sadece bu malzeme çifti için farklıdır.

Demir-bronz T/M malzeme çiftinin kaynak dikişinin görünüşü Şekil 2'de verilmektedir. Şekilde her iki malzemenin birbirleriyle ilave metal kullanılmaksızın kaynaklanmasının yeterli kalitede olmadığı görülmektedir. Malzemeler arasında görülen nüfuziyet yetersizliği, siyah çizgi halindeki birleşme hattı yeterince malzemelerin birbirine kaynaklanmadığını göstermektedir. Ayrıca kaynak dikişi üzerinde siyah görünen bölgede büyük bir boşluk oluşmuştur. Siyah görünen bölgede birleştirilen parçaların gözeneklerinin bölgesel ergime-katılma işlemi sonucu bu tür bir boşluğun ortaya çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.



*Şekil 2. Demir-Bronz T/M Malzeme Çiftinin Kaynak Dikişinin Görünüşü (x100)*

Şekil 3'te Demir-Bronz T/M malzeme çiftinin kaynağında özellikle bronz T/M parçada oluşan büyük boşluklar dikkat çekmektedir. Bu tür boşlukların oluşması düzgün dağılmış daha küçük çok sayıdaki gözeneklerden çok daha zararlıdır. Özellikle mekanik özelliklere düşürücü yönde büyük etkisi olacaktır. İki parçanın birleşme hattında da benzer boşlukların birleşme hattı boyunca sıralandıkları görülmektedir.



*Şekil 3. Demir-Bronz T/M Malzeme Çiftinin Kaynağındaki Boşluklar (x50)*

Şekil 4. Demir-Bronz çiftinin kaynak bölgesinin üst kısmında ergime ve katılaşmadan kaynaklanan anormal yüzey morfolojisini göstermektedir. Bu durum gözenek miktarı yüksek T/M parçaların ergitme yöntemi ile kaynaklanmasında büyük problemlere neden olacağını göstermesi açısından önem kazanmaktadır.



Şekil 4. Demir- Bronz Çiftinin Kaynak Bölgesinin Üst Kısımında Ergime ve Katlaşmadan Kaynaklanan Anormal Yüzey Morfolojisi (x50)

Bronz- bronz çifti T/M parçaların kaynak bölgesi Şekil 5’te verilmektedir. Burada birleşme bölgesinde ergimeden kaynaklanan tam yoğun kaynak dikişi ve düzgün geometriye sahip olmamakla birlikte daha iyi bir kaynak dikişi olduğu görülmektedir. Ancak bu kaynak dikişinin de tatmin edici olduğu söylenemez.



Şekil 5. Bronz- Bronz Çifti T/M Parçaların Kaynak Bölgesi (x15)

## SONUÇ

Yüksek gözenekliliğe sahip T/M parçaların elektron ışın kaynağı ile kaynaklanması ana metal ve kaynak dikişinde ortaya çıkan yoğunluk farkından dolayı kaynak sonrası ortaya çıkan büyük gözeneklerin varlığı, kaynak dikişinde uygun olmayan dikiş geometrilerin elde edilmesi yöntemin uygunluğunu olumsuz etkilemektedir. Enerji girdisini azaltarak ve yüksek yoğunluklu T/M parçaların kaynaklanabilirliğinin denenmesinin gerektiği ve ileride yapılacak çalışmaların bu yönde olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKÇA

1. **Kurt, A., v.d.**, (1996), *Saf Demir Tozlarından Sıkıştırılan T/M Parçaların Düşük Karbonlu Çeliğe MIG Kaynağı ile Kaynaklanabilirliğinin Araştırılması*, 1. Ulusal Toz Met. Konferansı, Bildiri Kitabı s. 595-602, G.Ü., Ankara.
2. **Ratzi, R., et al.**, (1997), *Joining of PM Steel and Conventional Steel by Laser Welding*, Euro PM 97, Proce. Of Advance Structural PM Component Production, pp. 158-164, October 15-17, Munich, Germany.
3. **Kurt, A., et al.**, (1997), *Investigation of Diffusion Welding Parameters for Welding of PM Bronze to a Mild Steel*, PM 97, Proce. Of Advance Structural PM Component Production, pp. 219-227, October 15-17, Munich, Germany.
4. **Varol, R., Selver, R.**, (2001), *Bronz Burçların Bazı Isıl ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi*, Makina Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Bildiri Kitabı, Sa.59-64, 2-3 Kasım, Konya.
5. **Çalık, A.**, (2002), *Farklı Metallerin Elektron Işın Kaynağı ile Birleştirilmesi*, Doktora Semineri, SDÜ FBE, Isparta.
6. **Gültekin, N.**, (1991), *Kaynak Tekniği*, Ergin Ofset, İstanbul.
7. **Anık, S.**, (1991), *Kaynak Tekniği El Kitabı ve Yöntemler ve Donanımlar*, Gedik Hold. Yayını, İstanbul.