

ELEKTRON IŞINI VE TIG KAYNAĞI YÖNTEMLERİYLE BİRLEŞTİRİLMİŞ INCONEL 718 MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Dr.Hv.Müh.Yb. Ali BAŞARAN

HHO Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü
34149, Yeşilyurt / İSTANBUL
a.basaran@hho.edu.tr

Geliş Tarihi: 29 Ocak 2009, Kabul Tarihi: 03 Temmuz 2009

ÖZET

Süper alaşımlar genellikle yüksek sıcaklıkta, mukavemet ve korozyon direncinin birlikte gerekli olduğu yerlerde kullanılırlar. Bu kullanımların pek çoğuna üretim aşamasında kaynak gerekli olduğundan, süper alaşımların kaynağı standartlarda verilen gereksinimleri karşılayacak şekilde yapılmalıdır. Bu çalışmada Fe-Ni esaslı süper alaşım Inconel 718 kullanılmıştır. Çalışmada kaynaklı malzemenin mekanik özellikleri ile ana malzemenin mekanik özellikleri ne ölçüde paralellik gösterdiği değerlendirilmiştir. Numunelere, TIG ve Elektron ışın kaynağı yapılmış ve çekme testi uygulanarak sonuçları yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektron Işın Kaynağı, TIG Kaynağı, Inconel 718, Kaynaklı Bağlantıların Çekme Dayanımı.

MECHANICAL PROPERTIES OF WELDED INCONEL 718 PARTS THAT HAD BEEN JOINTED BY TIG AND EBW WERE COMPARED TO THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE PARENT INCONEL 718 MATERIAL

ABSTRACT

Super alloys are generally used in applications where properties such as high temperature, strength and corrosion resistance are required. Since these applications require welding during manufacturing, welding of super alloys has to be in compliance with requirements per given standards. Inconel 718, a Fe-Ni based super alloy was chosen for this research. In this research the mechanical properties of welded parts were compared to the mechanical properties of the parent materials. The result of tensile testing was compared on samples that had TIG and electron beam welding (EBW) applied.

Keywords: Electron Beam Welding, TIG Welding, Inconel 718, Tensile Testing of Welded Materials.

1. GİRİŞ

Elektron ışın kaynağı (EİK), yoğunlaştırılmış elektron ışınının oluşturduğu enerjinin, metallerin birleştirilmesinde kullanılan bir prosestir. Elektronların açığa çıkması, hızlandırılması ve bir noktada yoğunlaştırılması elektron ışın tabancasıyla yapılır [1].

Elektron ışın kaynak tezgâhında, elektronlar 150.000 km/s'den daha yüksek hızda elektron tabancasından fırlatılırlar. Elektrik ve manyetik alanlar kullanılarak, elektron ışını istenilen yere odaklanır ve dar bir elektron ışın demeti elde edilir. Elde edilen bu ışın

kaynak edilecek yere yönlendirilir [2].

Elektronların toplam kinetik enerjisi iş parçasının küçük bir yerinde yoğunlaştırıldığı için, enerji yoğunlaşması 10^8 W/cm² 'ye kadar ulaşabilir [3].

Yüksek hızdaki elektronlar kaynak edilecek parça tarafından engellendiği için sahip oldukları kinetik enerji ısı enerjisine dönüşür ve malzeme ile temas ettiği yerleri ertirir. Ergimiş metallerin birbiriyle teması, birleşmeyi sağlar. Hava ya da herhangi bir gaz elektronların ışın formunu bozduğu için, kaynak işlemi yüksek vakum altında yapılır [2]

Elektron Işını ve TIG Kaynağı Yöntemleriyle Birleştirilmiş Inconel 718 Malzemenin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Tabancanın herhangi bir açıda tutulmasıyla da kaynak işlemi gerçekleştirilebilir. Bu sayede; dar, derin ve Kaynak, iş parçasının hareketiyle veya tabancanın hareketiyle ya da her ikisinin hareketiyle gerçekleştirilir [1].

Elektron ışın kaynağı tezgâhları iki ana kısımdan oluşur; elektron tabancası ve vakum hücresi. Elektron tabanca sistemi; elektrik kontrolü, vakum hücresi, birkaç kademeli pompalama sistemini içerir [2].

Temel olarak elektron ışını; katot (filaman) yönlendirme kabı ve anottan oluşur. Sıcak katot veya filaman yüksek yayımlı malzemelerden (tungsten veya tantalum) yapılır. Bu yüksek yayımlı malzemeler; tel, şerit veya levha formunda arzu edilen şekilde fabrikalarda standart olarak üretilir. Bunların elektron yayması için 2500 °C'in üzerine direkt veya indirek olarak ısıtılacak şekilde dizayn edebilme özelliğine sahip olmaları gereklidir.

Anottan çıkan elektronlar, tabancaya uygulanan çalışma voltajı ile maksimum enerji seviyesine ulaşırlar. Daha sonra elektronlar, elektron ışını düzeltme sisteminden geçerler. Burada manyetik mercekle vasıtasıyla elektron ışınının çapı düşürülür ve iş parçasının kaynak yapılacak yerine çok ince bir ışın merkezlenmiş olur. Küçültülmüş ışın çapı ile enerji yoğunluğu artar ve iş parçası üzerine gönderilir. Elektromanyetik saptırma bobinleri vasıtasıyla, elektron ışınlarına esneklik kazandırılır. Böylece ışın, istenildiği şekilde yönlendirilir.

Yüksek vakum tezgahlarında odaklanan ışın 0,25-1,25 mm çapında ve bu nedenle ulaşılan güç yoğunluğu 10^8 W/cm² civarındadır. Bu yoğunluktaki bir enerji her türlü metalin buharlaşması için yeterlidir. Elektron ışınının iş parçasına uygulanmasıyla, yüksek güç yoğunluğu nedeniyle, ışının temas ettiği ilk yerde iş parçası üzerinde ergime oluşur. Işın uzun süre tutulmaya devam ederse malzeme buharlaşır.

Bütün bu uygulamalarda elektron ışın tabanca bölgesi 10^{-4} Torr (1.33×10^{-7} bar) veya daha düşük vakum altında tutulmalıdır

Tungsten İnert Gaz Kaynağı (TIG) ışının, ergimeyen elektrot ve iş parçası arasında oluşturulduğu bir kaynak prosesidir. Elektrot, kaynak banyosu, ark ve iş parçasının ısıtılmış bölgesi atmosfer şartlarından bir gaz atmosferiyle korunur. Bu koruma işleminde bir asal gaz veya asal gaz karışımları kullanılır. Gaz koruması tam bir koruma sağladığı gibi az miktarlardaki bir havanın dahi kaynak bölgesine girmesine müsaade etmez.

Gaz tungsten ark kaynağı her yönden kaynak yapmaya elverişlidir. Ayrıca 0,1mm kalınlıktaki parçalar dahi kaynak edilebilir. Proses, hem el ile hem otomatik hem de yarı otomatik olarak uygulanabilir. Elle TIG

yüksek hızla kaynak yapabileceği olanağı sağlar.

kaynağından torç elle tutulur. Eğer ilave metal kullanılırsa diğer elle besleme yapılır. Elle kaynak işlemlerinin birçoğunda TIG kaynağı kullanılır. Ayak pedalı, kaynak akımını kontrol eder.

TIG kaynağı ile birçok metal ve metal alaşımının kaynağı yapılabilir. Bunlar; karbon içeren bütün metaller, çelik alaşımlar, paslanmaz çelikler, ısıya dayanıklı alaşımlar, parlak metaller, alüminyum alaşımlar, nikel alaşımlar, titanyum alaşımlar ve zirkonyum alaşımlarıdır [3].

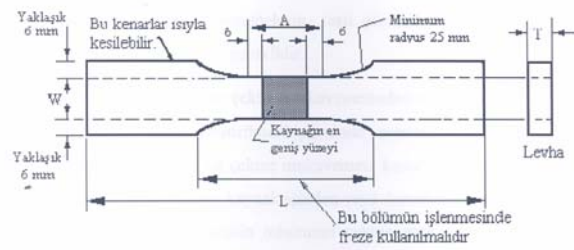
TIG kaynak yönteminde kaynak arkı ergimeyen bir tungsten elektrot ile iş parçası arasında oluşmakta; ark, elektrot ve ergimiş banyo havanın tesirinden argon veya helyum atmosferi ile korunmaktadır. Koruyucu gazın soy bir gaz olması dolayısıyla oksidasyon ve nitrür teşekkülü gibi istenmeyen haller önlemektir.

Kalın kesitli parçaların ve ısı iletkenliği yüksek malzemenin kaynağında büyük bir ark gerilimi ile gücüne ihtiyaç vardır. Bu gibi hallerde, aynı akım şiddetinde daha yüksek ark gerilimi veren helyum gazının kullanılması önerilir [4].

Bu çalışma ile amaçlanan, Inconel 718'in oda sıcaklığındaki mekanik özelliklerinin, EİK veya TIG kaynağı ile birleştirilmesi durumundaki mekanik özellikleri arasındaki farkı ortaya çıkarmaktır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

ANSI/AWS B2.1 [5] standardında kaynaklı levha test numune boyutları Şekil 1.'deki gibi verilmektedir. Testlerde ana malzemenin mekanik özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla Şekil 2.'deki numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 1. Kaynaklı çekme numunesi ve boyutları.

Azaltılmış kesitli kaynaklı çekme numune boyutları

W-Genişlik	25 veya 12,5 mm
T- Kalınlık	Numune kalınlığı
R- Radyus	25 mm
L- Yaklaşık toplam uzunluk	250 mm
A- Daraltılmış kısmın uzunluğu	Kaynağın en geniş yüzeyi +12,5 mm

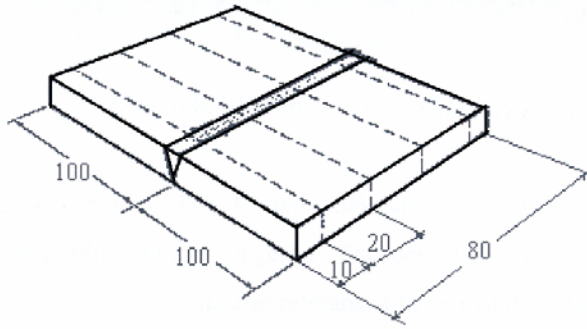
Elektron Işını ve TIG Kaynağı Yöntemleriyle Birleştirilmiş Inconel 718 Malzemenin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

25 mm kalınlığın altında yapılan testlerde bir numune yeterli olmakla beraber daha sağlıklı sonuçların elde edilmesi için her bir numuneden üçer adet hazırlanmıştır.



Şekil 2. Ana malzeme test numuneleri

Kaynakların tamamı I-Alın kaynağı yapılmıştır. Yapılan kaynakların numuneden numuneye farklılık göstermemesi için Şekil 3'te görüldüğü gibi üç numunenin çıkacağı iki parça bir defada kaynak edilmiştir. Böylece üçlü sete uygulanan kaynak parametrelerinin aynı değerde olması hedeflenmiştir. Her bir numune standart numune boyutlarına frezelenerek getirilmiştir. Isıl işlem uygulanmamış Inconel 718 malzemenin sertlik değeri 28 Rc olarak ölçülmüştür.



Şekil 3. Üçlü numune kaynak edilme şekli ve ölçüleri

3. TIG KAYNAK UYGULAMALARI

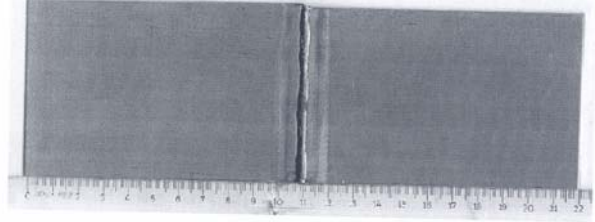
Yapılan kaynakların istenen özellikleri karşılayıp karşılamadığını ve birbirleri arasındaki farklı belirlemek için üç tip kaynak uygulaması yapılmıştır.

a. Elle Kaynak: Vasıflandırılmış bir kaynak personeli tarafından manüel TIG kaynak makinesinde Tablo 1.'de verilen değerlerle Şekil 4'teki numune kaynağı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Manüel TIG kaynağı sırasında alınan değerler

Tezgâh Tipi	Manüel TIG tezgâhı (Rowing)
Elektrot	1/16 çapında 0,02 toryumlu tungsten
İlave metal	1,6 mm çapında AMS 5832 (Inconel 718)

Koruyucu gaz	Argon,
Kaynak torcu	HV-20
Akım	45-50 A
Voltaj	15 V

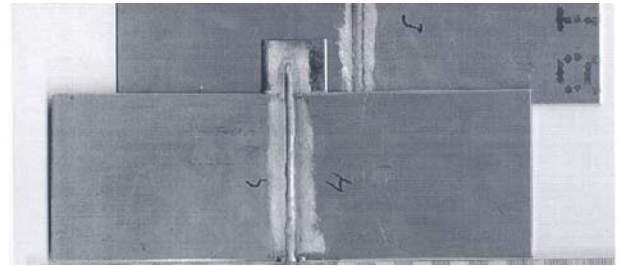


Şekil 4. Elle TIG kaynağı yapılmış parça.

b. Jetline Otomatik TIG Kaynağı: Kullanılan malzeme kalınlığı (1,6 mm) ince olmasından dolayı iki tip kaynak yapılmıştır. Kaynak sırasında uygulanan parametrik değerler Tablo 2.'de verilmiştir. Şekil 5.'te ilave metal kullanılmış, Şekil 6.'da ise ilave metal kullanılmadan kaynak yapılmış plakalar görülmektedir.

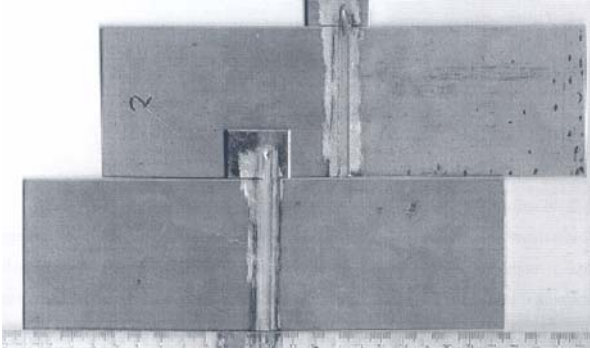
Tablo 2. Jetline otomatik TIG kaynağı parametreleri

Tezgâh Tipi	Jetline TIG tezgâhı	
Elektrot	2,4 mm çapında 0,002 toryum katkılı tungsten	
İlave metal	-	AMS 5832
Koruyucu gaz	Argon, 1,415 m ³ /h	
Kaynak torcu	HV-12	
Akım	65 ± 1 A	72 ± 1 A
Voltaj	7,5 - 9 V	
Tel besleme hızı	-	200 mm/dak
Kaynak hızı	250 mm/dak	



Şekil 5. Jetline otomatik kaynak makinesinde, ilave metal kullanılarak kaynak yapılan numune

Elektron Işını ve TIG Kaynağı Yöntemleriyle Birleştirilmiş Inconel 718 Malzemenin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

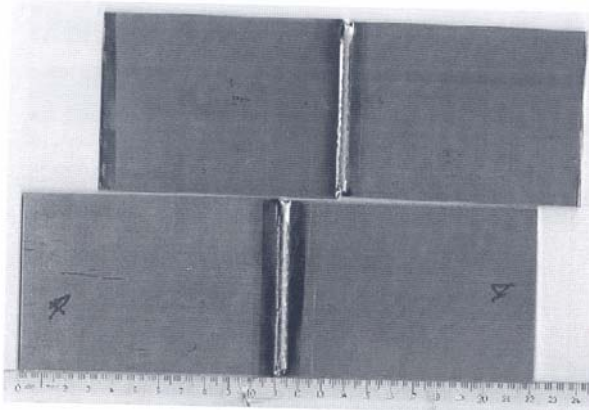


Şekil 6. Jetline otomatik kaynak makinesinde, ilave metal kullanmadan kaynak yapılan numune

c. EIK Uygulaması: Kaynak işlemi İnci Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığında bulunan 34W4-137-1 model tezgâhta gerçekleştirilmiştir. Kaynak 1,04 kJ/inch enerji sağlanacak şekilde Tablo 3.'te verilen değerle yapılmıştır. Kaynak yapılan numune Şekil 7.'de verilmiştir.

Tablo 3. EIK'da kullanılan parametrik değerler

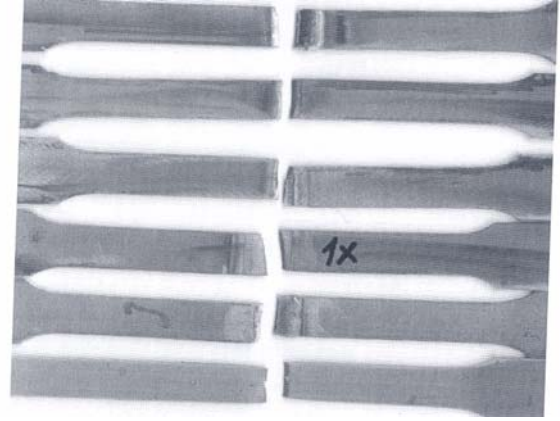
Tezgâh Tipi	Elektron Işın Kaynağı 34W4-137-1
Kaynak gücü	35 kV, 18 mA
Vakum değeri	1×10^{-4} Torr
Kaynak hızı	500 mm/dak
Çalışma mesafesi	150 mm



Şekil 7. El kaynağı numuneleri

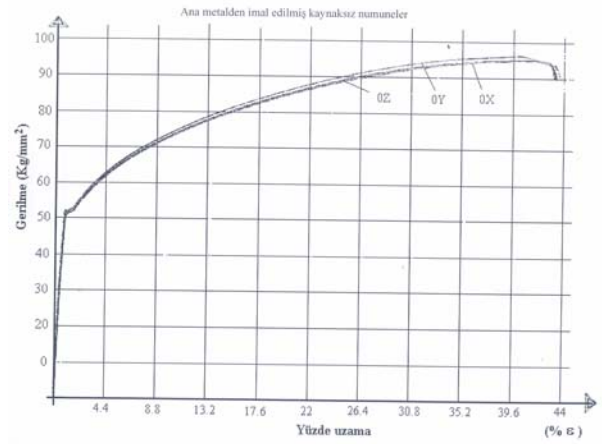
4. DENEY SONUÇLARI

Kaynaklı test numuneleri, frezelenerek referanslarda verilen ölçülere getirilmiştir. Instron 4206 model üniversal test cihazında 4 mm/dak hızda çekme testlerine tabi tutulmuştur. Çekme sonrası kopan numunelere ait örnekler Şekil 8. verilmiştir. Çekme tezgâhından alınan ve aynı tip grupların beraber gösterildiği gerilme-uzama grafikleri şekil 9.-15. arasında verilmiştir.

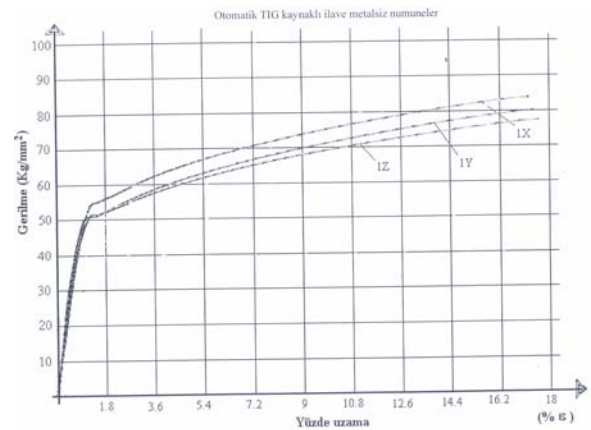


Şekil 8. Çekme sonrası kopan numunelerden bazılarının görüntüleri

Çekme testi uygulanan standart test numuneleri ile kaynaklı numunelere herhangi bir ısıl işlem uygulanmamış bu şekilde aralarındaki farklar araştırılmıştır. Her bir gruba ait elde edilmiş grafikler aşağıda verilmiştir.

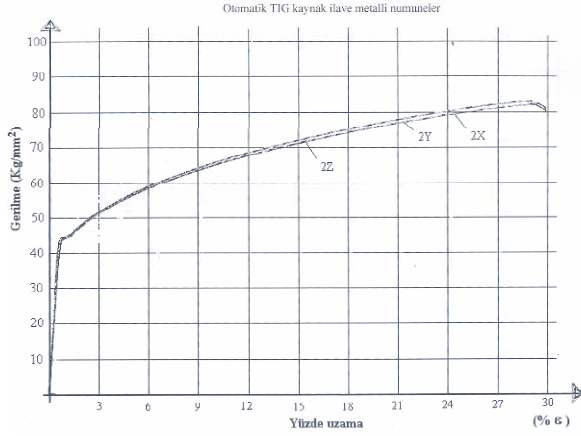


Şekil 9. Ana metalden imal edilmiş kaynaklı numunelerin gerilme-uzama eğrileri

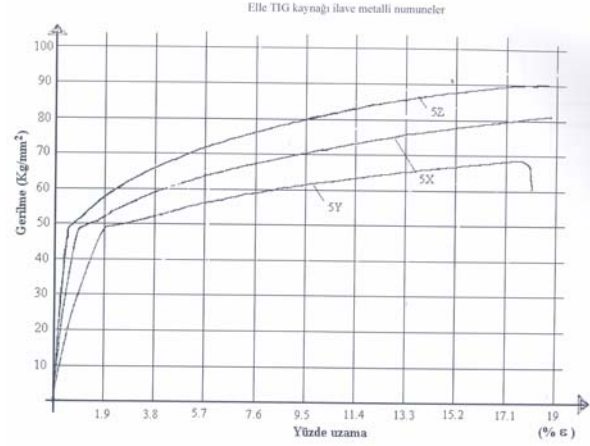


Şekil 10. Otomatik TIG kaynak ilave metalsiz numunelerin gerilme-uzama eğrileri

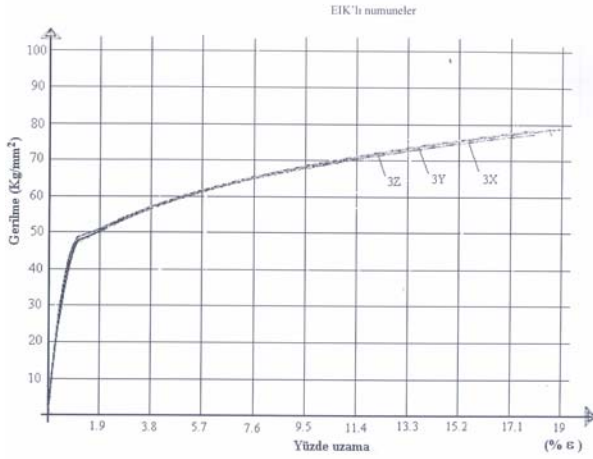
Elektron Işını ve TIG Kaynağı Yöntemleriyle Birleştirilmiş Inconel 718 Malzemenin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması



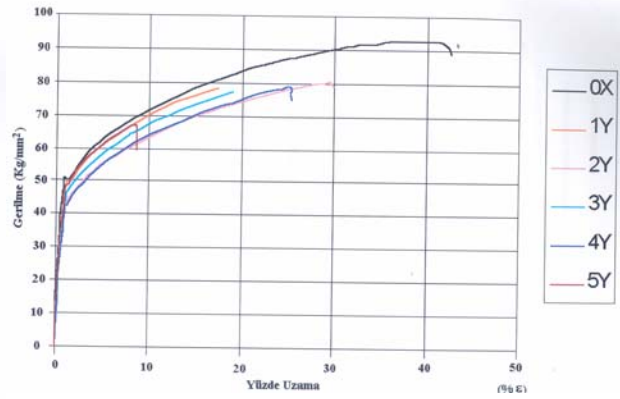
Şekil 11. Otomatik TIG kaynak ilave metalli numunelerin gerilme-uzama eğrileri



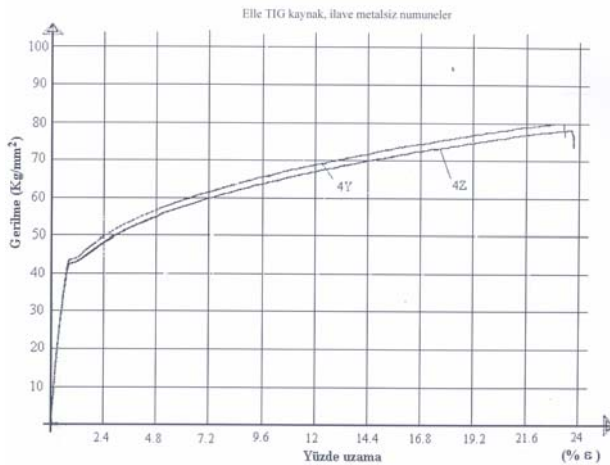
Şekil 14. Elle TIG kaynağı ilave metalli numunelerin gerilme-uzama eğrileri



Şekil 12. Elektron Işın Kaynaklı numunelerin gerilme-uzama eğrileri



Şekil 15. Gerilme uzama eğrilerinin bir grafikte toplanması



Şekil 13. Elle TIG kaynak ilave metallsiz numunelerin gerilme-uzama eğrileri

5. SONUÇ

- Ana malzemeden imal edilmiş standart test numunelerinden çekme gerilmesi ortalaması 94 kg/mm² olarak bulunmuştur.
- İlave metalli numunelerin hiçbirinde kırılma ilave metal içinden olmamıştır.
- Tüm numunelerin akma gerilme aralığı 48-52 kg/mm², çekme gerilme aralığı ise 68-80 kg/mm² arasında bulunmuştur.
- Numunelerin hiçbirine ısı işlem uygulanmamış olmasına rağmen, elde edilen sonuçlar birbirine çok yakın olarak bulunmuştur.
- Vakum altında, proses boyunca parametrelerin değişmediği EİK sonuçlarının mükemmel şekilde birbirlerinin aynı olduğu tespit edilmiştir.
- Elle yapılan TIG uygulamalarında kaynak hızının düşük olması daha geniş bir ısı tesiri altında bölge oluşturmuştur. Isı tesiri altındaki bölge ne kadar geniş olmuştursa elde edilen mukavemet de daha büyük bulunmuştur.
- Şekil 15.'te kaynaklı numunelerin tokluk

değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu görülmektedir.

h. Elle yapılan TIG kaynakların otomatik olarak yapılanlardan farkı olmadığı gözlemlenmiştir.

i. Otomatik kaynaklarda elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olması, kaynak parametrelerinin proses boyunca değişmemesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

j. En az süneklik, malzemeye ısının en fazla verildiği el ile TIG kaynağından elde edilmiştir. En fazla süneklik ise orijinal numunelerde olması, malzemenin ısı ile teması olmamasından kaynaklanmıştır.

k. Farklı kaynak yöntemlerinde birleştirilmiş ve ısı işlem uygulanmamış Inconel 718 malzemenin, çekme deneylerinden benzer gerilme-uzama eğrileri elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Robin, W., 1981, Operators Manuel Sciaky Electron Meam Welder, Tecnical OrderNo.:34W4-137-1, 372 p.

[2] Tecnical Order, 1992, United Stated Air Force Technical Manuel for Overhoul Aircraft Engines, T.O. 2J-J79-83-1, SWP 015 02.

[3] Metzbower, E.A., & Bakish, R., & Casey, H., & Flynn, J., & Knaus, E.S., & Powers, E.D., 1983, Metal Handbook, Ninth edition, Volume 6, Welding, Brazing & Soldering Electron Beam Welding, Metal Park, Ohio, 609-646.

[4] Anık, S., 1983, Kaynak Teknolojisi El Kitabı, Ergör Matbaası, İstanbul, 338s.

[5] AWS, American Welding Society, 1984, Standart for Welding Procedure and Performance Qalification, AWS B2.1-84, Miami, 132p

ÖZGEÇMİŞ

Dr.Hv.Müh.Yb. Ali BAŞARAN

1968 yılında Erdek'te doğdu. İlkokulu Tatlısu köyünde, ortaokul ve liseyi Bandırma'da tamamladıktan sonra 1988 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1990 yılında Hava Kuvvetleri Komutanlığına muvazzaf subay olarak katıldı ve 14 yıl 1nci Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı Jet Revizyon Müdürlüğünde değişik görevlerde bulundu. 1999 yılında Osmangazi Üniversitesinde Yüksek Lisans, 2007 yılında da Süleyman Demirel Üniversitesinde doktora eğitimini tamamladı. Halen Hava Harp Okulunda görev yapmakta olup Malzeme Bilgisi ve İtki Sistemleri derslerini vermektedir.