

# 316L Paslanmaz Çeliğin TIG Kaynağında Koruyucu Argon Gazına Hidrojen İlavesinin Kaynak Bölgesi Tane Morfolojisine Etkilerinin Araştırılması

Nizamettin KAHRAMAN\*, Ahmet DURGUTLU\*\* Behçet GÜLENC\*\*

\*ZKÜ, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, KARABÜK

\*\*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar , ANKARA

## ÖZET

Bu çalışmada 316L Östenitik paslanmaz çelik levhaların yüzeyine TIG kaynak yöntemi ile dikişler çekilerek sertlik, nüfuziyet ve mikroyapıları incelenmiştir. Kaynak işlemi, saf argon, argon içerisine % 1,5 ve 5 hidrojen ilave edilerek gerçekleştirilmiştir. İncelemeler sonucunda argon koruyucu gazına ilave edilen hidrojen miktarının artmasıyla nüfuziyetin arttığı tespit edilmiştir. Mikroyapı görüntüleri değerlendirildiğinde, ergime sınırından itibaren kaynak merkezine doğru belirgin yönelmelerin olduğu görülmüştür. ITAB'a bakıldığında hidrojen miktarının artışına paralel olarak tane irileşmesinde artış ve ITAB'de genişleme olduğu görülmüştür. Kaynak yüzeyinden ve kesitinden yapılan sertlik ölçümleri yönelme farkından dolayı farklı değerlerde bulunmuşlardır.

**Anahtar Kelimeler:** TIG Kaynağı, Koruyucu Gaz, Mikroyapı, Nüfuziyet.

## Investigation of the Effect of Hydrogen Addition to Argon Shielding Gas on Weld Zone Morphology of TIG Welded 316L Stainless Steel

### ABSTRACT

In this study, hardness, depth of penetration and microstructure of TIG welded 316L austenitic stainless steel plate were investigated. Welding was carried out by using pure Ar, Ar+1,5%H<sub>2</sub> and Ar+5%H<sub>2</sub> gases. It was seen that weld penetration increased with increasing H<sub>2</sub> content and grains were directed towards welding center from melting boundary. Increase in grain growth and HAZ width were observed with increasing H<sub>2</sub> content. Hardness in weld deposit surface and deposit inner sections were different due to the difference in grain orientation.

**Key Words:** TIG Welding, Shielding Gas, Microstructure, Penetration.

### 1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkemiz endüstrisinin paslanmaz çeliklere olan gereksinimi her geçen gün artmaktadır. Özellikle petro-kimya, kimya, gıda endüstrisinde kullanılan depolama tankları, basınçlı kaplar, ısı değiştiricileri, ve paslanmaz boruların üretiminde çok çeşitli türlerde paslanmaz çelik kullanılmaktadır. Bu konstrüksi-yonların oluşturulmasında da alışılmış veya modern kaynak yöntemleri kullanılmaktadır (1).

Paslanmaz çelikleri diğer çeliklerden ayıran en önemli özellik krom içeriklerinin çok yüksek (% 12) olmasıdır. Artan krom miktarına bağlı olarak da yüksek sıcaklıklarda oksidasyon dirençleri artmaktadır (2,3,4). Östenitik krom nikelli paslanmaz çelikler, bileşimlerinde %12-25 Cr ve % 8-25 Ni içeren paslanmaz çelik ailesinin en yaygın kullanım alanına sahip olan çelikleridir (5,6). Günümüzde paslanmaz çelik türlerinin kaynak işlemleri ark kaynak yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Kullanılan ark kaynak yöntemleri içinde en yaygın kullanılan metod ise TIG kaynak yöntemidir.

TIG kaynağı paslanmaz çelik, alüminyum, magnezyum, bakır ve diğer demir dışı metaller gibi kaynak işlemi zor olan metallerin birleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (7,8). TIG kaynağı; kaynak için gerekli ısı enerjisi bir tungsten elektrod ve iş parçası arasında oluşturulan ark tarafından sağlanan ve kaynak bölgesi de elektrodu çevreleyen bir nozuldan gönderilen asal gaz tarafından korunan kaynak yöntemidir (9,10,11). TIG kaynağında başlangıçta helyum daha sonraları ise argon gazı kullanılmaya başlamıştır. Hafif metal ve alaşımlarının kaynağında kullanılan argon gazının çok saf olması gerekir. Aksi takdirde gaz içerisinde bulunabilecek su buharı, oksijen ve azot gibi safiyetsizlikler kaynağın kalitesini düşürür (12,13).

Ark kaynaklarında koruyucu gaz karışımının kompozisyonu büyük ölçüde kaynakla birleştirilecek olan malzemelerin türüne bağlıdır. Koruyucu gazın seçiminde, kaynak esnasında ergiyik havuz ve koruyucu gaz arasında kimyasal-metalurjik işlemler dikkate alınmalıdır. Koruyucu gaz, kaynak arkını ve ergiyik haldeki kaynak metalini atmosferin olumsuz etkilerine karşı korur. Bu koruma esnasında kullanılan gazın yoğunluğu önemli bir rol oynamaktadır. Argon ve karbondioksit

gazı yoğunluklarından dolayı ark kaynaklarında en çok kullanılan koruyucu gazlardır. Bunun yanı sıra argon-hidrojen karışımı son zamanlarda gaz altı ark kaynağında koruyucu gaz olarak artan bir şekilde kullanılmaktadır (14,15).

Östenitik paslanmaz çelik kaynak metallerinin mikroyapıları esas metalinkinden bir miktar farklılık gösterir. Tamamen östenitik alaşımların eşdeğer bileşimindeki kaynak metalinde az miktarda ferrit içerdiği görülür. Çeşitli elektrotların kullanımı kaynak metalinin metalurjik yapısını değiştirebilir. Bu amaçla kaynak metalinin kimyasal bileşimini saptamak üzere Schaeffer ve De Long diyagramlarından yararlanılır (16,17).

TIG kaynak yönteminin kullanıldığı bu çalışmada, östenitik paslanmaz çelik levhaların yüzeyine kaynak metali ve tane morfolojisini incelemek amacı ile değişik koruyucu ortamlar kullanılarak kaynak dikişleri çekilmiştir. Farklı bileşimdeki koruyucu gazların (saf argon, % 1,5 H<sub>2</sub>+%98,5 Ar ve % 5 H<sub>2</sub>+%95 Ar) sertlik, nüfuziyet ve mikroyapı özelliklerini ne şekilde etkilediği araştırılmıştır.

## 2. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilen 4 mm kalınlığında (yüzey sertliği 215 HV<sub>5</sub> ve kesit sertliği 320 HV<sub>5</sub>) 316L östenitik paslanmaz çelik levhaların yüzeyine TIG kaynak yöntemi ile farklı koruyucu ortamlarda, ilave metallsiz kaynak dikişleri çekilmiştir. Argon koruyucu gazına hidrojen ilavesi ile birlikte malzemeye uygulanan ısı girdisinin artması sebebiyle kaynaklanan numunelerde sertlik, nüfuziyet ve mikroyapı değişimleri incelenmiştir.

Mikroyapı incelemelerinde numunelerin ASTM tane boyu numaraları hesaplanmıştır. Hesaplama işleminde 100 büyütmedeki ASTM tane boyu numarası formülü olan “ $n=2^{G-1}$ ” formülü kullanılmıştır. Formülde; n= 100 büyütmede 1 inç karedeki tane sayısı, G= ASTM tane boyu numarasıdır (18).

Tablo 1. Ana malzemenin kimyasal bileşimi (Ağırlıkça %)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Fe
0,008	0,45	1,75	18,5	12	2,7	Kalan

Kaynak işlemleri CEMONT T 301 tipi TIG kaynak makinası ile 3 mm ark boyu, Ø 2,4 mm tungsten elektrod, 10 lt/dk gaz koruması, 115 Amper akım şiddeti ve 100 mm/dk kaynak hızı seçilerek gerçekleştirilmiştir. Kaynak esnasında kaynak torcu otomatik ilerleme tertibatı ile kontrol edilmiş ve numuneler açık havada soğumaya terk edilmiştir. Kaynak işlemleri, argon ve argon içerisine % 1.5 ve % 5 Hidrojen karışımli gazlar altında yapılmıştır. Koruyucu gazın kaynak bölgesine etkilerini incelemek amacıyla yüzeyi kaynaklı malzemelerden mikroyapı numuneleri hazırlanmıştır.

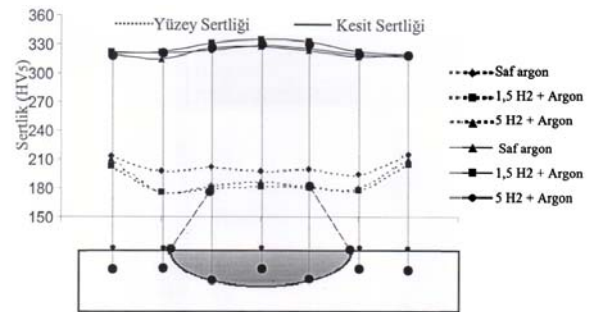
Mikroyapı için numuneler bakalite gömülmüş ve 220, 400, 600, 800, 1000 ve 1200 meş silisyum karbür

su zımparası ile her seferinde 90° döndürülerek zımparalama işlemine tabi tutulmuşlardır. Zımparalanmış numuneler 3µm’lik elmas pasta ile dağlama işlemine hazır hale getirilmişlerdir. Mikroyapı için parlatılmış numuneler 5 gr pikrik asit, 95 ml saf su bileşimli dağlayıcı ile dağlama işlemine tabi tutulmuşlardır. Mikroyapı için hazırlanan numuneler 1000 büyütme kapasiteli PRIOR marka optik mikroskop ile farklı büyütme ölçeklerinde görüntülenmişlerdir. Mikroyapı ve sertlik değişimleri, kaynak dikişinin yüzeyinden ve kesitinden olmak üzere iki farklı yönden alınan numuneler ile yapılmıştır. Mikroyapı görüntüleri alınan numuneler gömüldükleri bakalitlerden çıkartılarak aynı zamanda sertlik ölçümü için de kullanılmışlardır. Sertlik ölçümleri 136° ve kare tabanlı Vickers uca sahip INSTRON WOLPERT sertlik cihazı ile yapılmış ve 5 kg yük uygulanmıştır. Ölçümler her bir numunenin aynı noktasından eşit aralıklarla olmak üzere 5’er adet yapılmış olup ortalamaları alınmıştır. Nüfuziyet için hazırlanan numuneler zımparalama işleminden sonra makro olarak dağlanmış ve görüntülenmişlerdir.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Değişik koruyucu gaz ortamlarında çekilen kaynak dikişlerine ait sertlik değerleri Şekil 1’de şematik olarak verilmiştir. Burada, kaynak bölgesi yüzeyinden ölçülen sertlik değerlerinin kaynak kesitinden ölçülen sertlik değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu fark kaynak edilmemiş ana malzemede de kendini göstermektedir. Meydana gelen bu farklılık ana malzemenin hadde mamul olması sebebiyle tane oryantasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sertlik değerlerinde meydana gelen bu fark aynı zamanda ergitilmiş bölgede de kendini belirgin bir şekilde göstermektedir. Ergitilmiş bölgede oluşan bu farklılığın sebebi ise katılaşma esnasında meydana gelen ergimiş bölge tanelerinin farklı yönelmesi ile yönelme farkından meydana gelmektedir. Yapılan bir çalışmada (19) kaynak metali tanelerinin ana malzemenin tanelerinin bir devamı olduğu ve kaynak işleminde ısı akış yönüne ters bir şekilde kaynak metali merkezine doğru yönlendiği belirtilmektedir.



Şekil.1 Kaynak dikişinden alınan sertlik bölgeleri ve değerleri

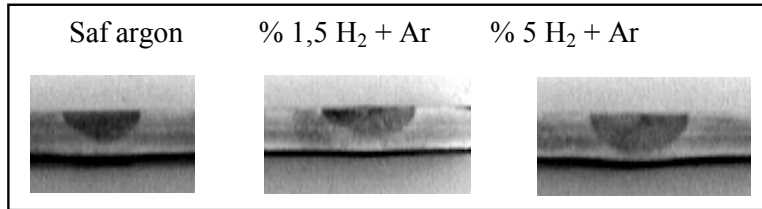
Şekil 1 incelendiğinde ergitilmiş bölge kesitinden ölçülen sertlik değerlerinin ana malzeme ve

ITAB'ın kesitinden ölçülen sertlik değerlerinden azda olsa yüksek olduğu görülmektedir. Yapılan bir araştırmada da (5), kaynak metali kesit sertliğinin ana malzeme ve ITAB'ın sertliğinden daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Kaynak yüzeyinden yapılan sertlik ölçümlerinde ise ana malzemenin sertliğinin kaynak metali ve ITAB'ın sertliğinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak ergime ve ısı nedeniyle haddeleme sertliğinin ortadan kalkması olduğu düşünülmektedir.

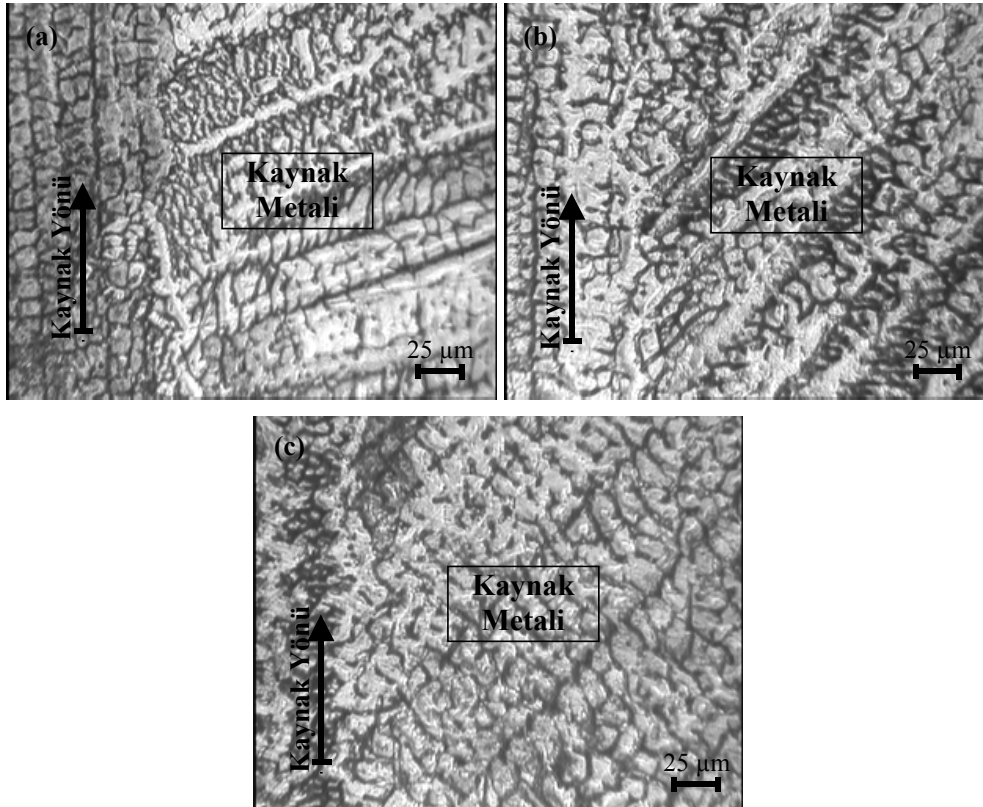
Şekil 2 de değişik koruyucu gaz ortamlarında kaynak dikişi çekilen numunelerin makro dağlama sonucu elde edilen nüfuziyet profilleri görülmektedir. Burada argon gazı içerisine hidrojen ilavesinin ergiyik havuz hacmini arttırdığı açıkça görülmektedir. Yapılan çalışmalarda (14,15), hidrojen gazının ısı iletiminin yüksek olduğu ve kaynak işlemi esnasında bu özelliğinden dolayı ısı girdisini arttırdığı belirtilmektedir. Hidrojen ilavesi ile beraber birleştirilecek malzemelere uygulanan ısı girdisi

artmakta ve buna bağlı olarak malzemeler daha kısa sürede ergiyebilmektedirler. Aynı zamanda hidrojen miktarı ark ısısını arttırdığından birleştirilecek malzemeler daha rahat ergitilebilecek ve daha yüksek kaynak hızlarında dikişler çekilebilecektir.

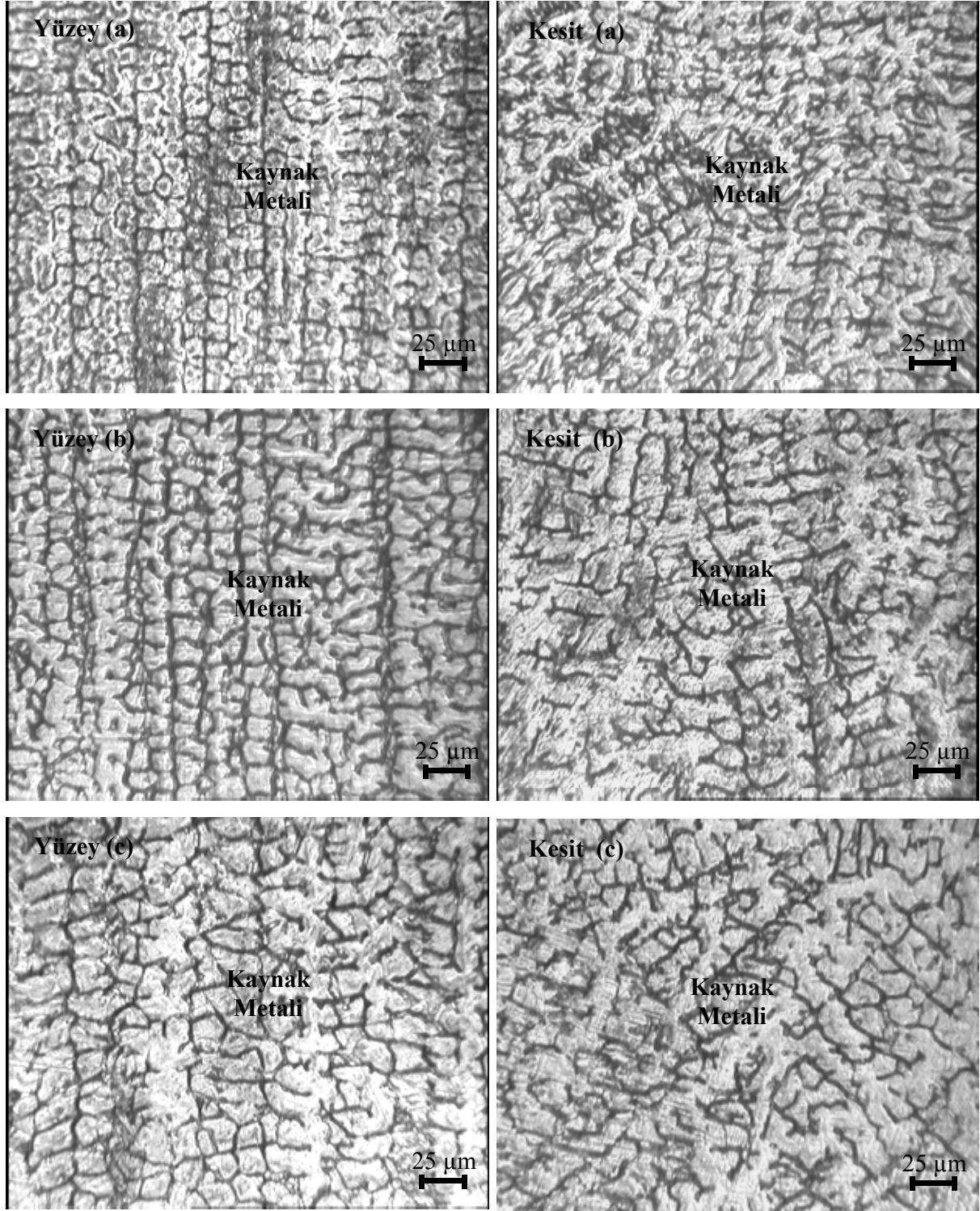
Şekil 3'deki ergitilmiş bölge mikroyapı görüntüleri incelendiğinde, argon koruyucu gazına hidrojen ilavesi ile birlikte ergitilmiş bölge tanelerinde fark edilebilir bir tane irileşmesi görülmektedir. Argon koruyucu gazı kullanıldığında ASTM tane boyu numarası 13,5 olarak elde edilirken bu değer, %1,5 H<sub>2</sub> ilavesiyle 9,5 ASTM tan boyu numarasına, %5 H<sub>2</sub> ilavesiyle 8,3 ASTM tane boyu numarasına düşmüştür. Bu değerlerdeki düşüş de bize tane boyutunun arttığını göstermektedir. Bunun sebebi ise argona hidrojen ilavesiyle birlikte kaynak dikişine verilen ısı girdisinin fazla olmasıdır. Aynı zamanda argona hidrojen ilavesi ile beraber geç katılma neticesinde ergimiş bölge tanelerindeki yönlenme acısının da azaldığı görülmektedir.



Şekil.2 Değişik gaz korumaları altında çekilmiş kaynak dikişlerinin nüfuziyet profilleri.



Şekil.3 Kaynak bölgesi ve yönlenmiş tanelerin mikroyapı görüntüleri  
a) argon, b) %1,5H<sub>2</sub>+Ar ve c) %5H<sub>2</sub>+Ar.



Şekil.4 Ergiyik bölge mikroyapı görüntüleri a) Argon, b) %1,5H<sub>2</sub>+Ar ve c) %5H<sub>2</sub>+Ar.

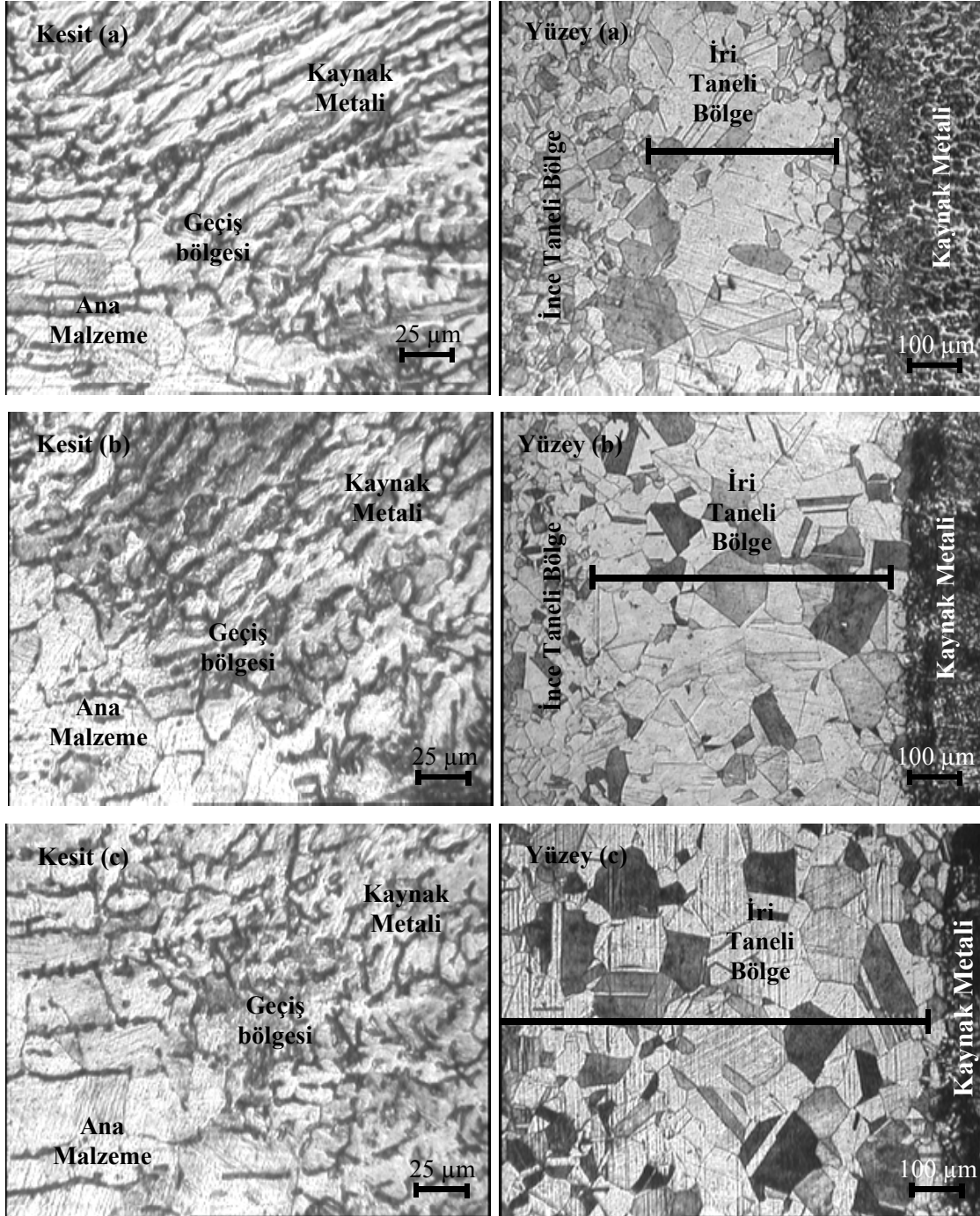
Şekil 4 ergiyik bölge yüzeyi ve kesitinden elde edilen mikroyapı görüntülerini göstermektedir. Burada argon koruyucu gazına ilave edilen hidrojen gazının artmasına paralel olarak bütün görüntülerde tane irileşmesinin meydana geldiği görülmektedir. Ergitilmiş bölge kesitinden elde edilen bütün görüntülerde herhangi bir yönelme farkı olmadığı ve ergiyik metalin eş eksenli dendritik tanelerden meydana geldiği görülmek-

tedir. Buna rağmen ergitilmiş bölge yüzeyinden elde edilen görüntülerde ise yönelmenin ergiyik bölge merkez çizgisi boyunca gerçekleştiği ve ergitilmiş bölgenin kolonsal dendritik tanelerden oluştuğu görülmüştür. Savage ve arkadaşları (20), kaynak işlemi sonunda katılaşmış durumdaki kaynak metalinin mikroyapısını incelemişler ve iki değişik bölge ile karşılaştığını belirtmişlerdir. ITAB'a yakın olan kaynak metali kolonsal bir

tane yapısı, kaynak merkez çizgisine yakın olan kaynak metali ise ısı dağılımının karmaşıklığından dolayı eşksenel ve dendritik taneler içerdiğini rapor etmişlerdir.

Şekil.5 ergitilmiş bölge ve ana malzeme geçiş bölgesi mikroyapılarını göstermektedir. Burada ergitilmiş bölge yüzeyi ve kesitinden elde edilen görüntüler,

ilavesiyle beraber ergitilmiş bölge tanelerinin irileştiği ve ITAB'da oluşan iri taneli bölgenin daha geniş bir alanda oluştuğu, buna bağlı olarak ITAB'ın daha geniş bir bölgede oluştuğu görülmektedir. Argon koruyucu gazı kullanıldığında ITAB'da oluşan iri taneli bölge yaklaşık  $360\mu\text{m}$ 'lik bir alanda oluşurken koruyucu argon gazına %1,5  $\text{H}_2$  ilavesiyle iri taneli bölge yaklaşık



Şekil 5. Yüzey ve kesitin ITAB mikroyapı görüntüleri a) argon, b) %1,5  $\text{H}_2$ +Ar ve c) %5 $\text{H}_2$ +Ar.

birbirinden oldukça farklılık sergilemektedir. Bu fark, geçiş bölgesindeki tanelerin farklı yönlerden görünülmesinden kaynaklanmaktadır. Kesit ve yüzey mikroyapıları incelendiğinde, argon gazına hidrojen

575 $\mu\text{m}$  ve %5  $\text{H}_2$  ilavesiyle yaklaşık  $825\mu\text{m}$ 'lik bir alanda oluşmaktadır. Bu sonuç da koruyucu gazdaki hidrojen miktarının artmasıyla malzemeye uygulanan ısı

girdisinin arttığını ve ITAB'ın genişlediğini göstermektedir.

#### 4. SONUÇLAR

TIG kaynak yöntemi ile farklı bileşimdeki koruyucu gazlar altında 316L östenitik paslanmaz çelik levhalara çekilen kaynak dikişleri üzerinde yapılan nüfuziyet, sertlik ve mikroyapı görüntülerinin araştırıldığı bu çalışmada;

1- Nüfuziyet profilleri incelendiğinde H<sub>2</sub> miktarının artması ile beraber nüfuziyet derinliği ve dikiş genişliğinin arttığı tespit edilmiştir.

2- Mikroyapı görüntüleri incelendiğinde, koruyucu gazdaki H<sub>2</sub> miktarının artmasına paralel olarak ergimiş metaldeki tanelerin irileştiği tespit edilmiştir.

3- Hidrojen ilavesi ile birlikte ısı girdisi artmış buna bağlı olarak ITAB genişlemiştir.

4- Hidrojen ilavesinin artışı ile birlikte ana malzemedeki iri taneli bölgenin oluştuğu alanın boyutlarında da artışlar meydana gelmektedir.

5- Yapılan çalışmalar sonucunda hidrojen ilavesi, aynı kaynak parametrelerinde daha yüksek kaynak hızları sağlamaktadır.

**TEŞEKKÜR:** *Bu çalışma esnasında kullanılan koruyucu gazları temin eden BOS A.Ş.'ye teşekkür ederiz.*

#### 5. KAYNAKLAR

1. Tülbentçi, K., MIG-MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi, Arctech Kaynak Elektrodları Yayını, Yayın No: 2, İstanbul, 1998.
2. Weymueller, C., R., Welding the Austenitic Stainless Steels, Welding Design and Fabrication, 51, 6, 1978.
3. Anık, S., Tülbentçi, K., Kaluç, E., Örtülü Elektrod ile Ark Kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul, 1991.
4. Kahraman N., Gülenç B., Akça H., Ark kaynak yöntemi ile birleştirilen östenitik paslanmaz çelik ile düşük karbonlu çeliğin mekanik özelliklerinin incelenmesi, G.Ü. Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17, 2, 75-85, 2002.
5. Kölük, F., Östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında kaynak yönteminin ısı tesiri altında kalan bölgeye etkisinin incelenmesi, G.Ü.F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2000.

6. Welding Handbook, Metals and Their Weldability, 7. Baskı, AWS, 4, A.B.D., 1982.
7. Hicken G. K., Gas-Tungsten Arc Welding, ASM Handbook, 6, 190-193, 1993.
8. Althouse A. D., Turnquist C. H., Bowditch W. A., Bowditch K. E., Gas Tungsten Arc Welding, Modern Welding, 327-328, 1992.
9. Gour, L. M., Kaynak Teknolojisinin Esasları, Çeviri; Eryürek, İ.B., Bodur, O., Dikicioğlu, A., Birsen Yayınevi, İstanbul, 1996.
10. Juang S. C., Tarn Y. S., Process parameter selection for optimising the weld pool geometry in the tungsten inert gas welding of stainless steel, Journal of Materials Processing Technology, 122, 1, 5, 33-37, 2002.
11. Cary H. B., Modern Welding Technology, 2. Baskı, AWS, 82-85, 1981.
12. Anık, S., Vural, M., Gazaltı Ark Kaynağı, GEV Yayını, Yayın No:3, İstanbul.
13. Richard, S.S., The Procedure Handbook of Arc Welding, The Lincoln Electric Company, Cleveland, A.B.D., 1995.
14. Tusek J., Suban M., Experimental research of the effect of hydrogen in argon as a shielding gas in arc welding of high-alloy stainless steel, International Journal of Hydrogen Energy, 25, 4, 369-376, 2000.
15. Suban M., Tusek J., Dependence of melting rate in MIG-MAG welding on the type of shielding gas used, Journal of Materials Processing Technology, 119, 185-192, 2001.
16. Wood, D. S., The stress rupture properties of austenitic steel weld metals, Nuclear Science and Technology, EUR 10124 EN, Luxembourg, 1985.
17. Smith, J. J., Farrar, R. A., Influence of microstructure and composition on mechanical properties of some AISI series weld metals, International Materials Reviews, 38, 1, 1993.
18. Vander Voort, G.F., Metallography, Principles and Practice, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1984.
19. Durgutlu, A., Gülenç, B., Tülbentçi, K., Ark Kaynağında Kaynak Hızının Nüfuziyete ve mikroyapıya Etkisi, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, 23, 4, 251-259, 1999.
20. Savage W. F., Lundin C. D., Aronson A. H., Weldmetal solidifications mechanics, Welding Journal, 175-181, April, 1965.