

Araştırma Makalesi / Research Article

AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çelik Levhaların TIG Kaynağı ile Birleştirilmesinde Farklı  
Koruyucu Gaz Tiplerinin Mekanik Özelliklerine Etkisi

Hasan KAHRAMAN<sup>1</sup>, Mehmet Ali GÜVENÇ<sup>2\*</sup>, Selçuk MISTIKOĞLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye,  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9483-3270>, [hasankahraman.mfbe16@iste.edu.tr](mailto:hasankahraman.mfbe16@iste.edu.tr)

<sup>2</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye,  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4652-3048>, [mali.guvenc@iste.edu.tr](mailto:mali.guvenc@iste.edu.tr)

<sup>3</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye,  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2985-8310>, [selcuk.mistikoglu@iste.edu.tr](mailto:selcuk.mistikoglu@iste.edu.tr)

Geliş/ Recieved: 12.11.2020;

Kabul / Accepted: 20.01.2021

**ÖZET:** AISI 304 kalite Östenitik paslanmaz çelikler, paslanmaz çelikler arasında en çok kullanılan kalitelerden biridir. Kimyasal bileşimin ve mekanik özellikleri sayesinde kolay işlenebilir ve şekil alabilir olması, kaynaklanabilme kabiliyetinin yüksek olması ve düşük maliyetle korozyon direnci sağlaması nedenleriyle başta gıda, kimya, ilaç ve petrokimya endüstrisi olmak üzere birçok alanda tercih edilen bir paslanmaz çelik kalitesidir. Bu çalışmada, 3 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz çelik levhalar birbirlerine Tungsten Inert Gaz (TIG) kaynak yöntemi ile 2 mm 308L ilave metali ve 60/90 Amper, 65/100 Amper, 70/110 Amper ısı girdileri ile %100 Argon ve Karışım 212 koruyucu gazları kullanılarak kaynaklanmıştır. Bu aşamada malzemelerin kaynaklanmasında %100 Argon ve Karışım 212 koruyucu gaz kullanımlarının birleştirmelerin mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Kaynaklı numuneler için çekme testi yapılmış, makroyapı, mikroyapı özellikleri optik mikroskop ile incelenmiş ve kaynak bölgesi ve ana malzemeyi içerecek şekilde 10 farklı noktadan mikrosertlik ölçümleri alınmıştır. Yapılan ölçümler sonrasında koruyucu gaz değişiminin kaynaklı paslanmaz çelik malzemelerin çekme dayanımı ve sertlik özellikleri gibi mekanik özelliklerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. %100 Argon gazı kullanımında 58.7 kg/mm<sup>2</sup> değeri ile en yüksek çekme mukavemeti değerine, 222.5 HV değeri ile de en yüksek kaynak metali sertliğine ulaşılmıştır. İki koruyucu gaz için de benzer mikroyapı özellikleri görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** AISI 304, TIG Kaynağı, Koruyucu Gaz, Makroyapı, Mikroyapı, Mikrosertlik.

\*Sorumlu yazar / Corresponding author: [mali.guvenc@iste.edu.tr](mailto:mali.guvenc@iste.edu.tr)

Bu makaleye atıf yapmak için / To cite this article

Kahraman, H., Güvenç, M. A., Mistikoğlu, S. (2021). AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çelik Levhaların TIG Kaynağı ile Birleştirilmesinde Farklı Koruyucu Gaz Tiplerinin Mekanik Özelliklerine Etkisi. Journal of Materials and Mechatronics: A (JournalMM), 2(1), 1-12.

## The Effect of Different Shielding Gas Types on Mechanical Properties in TIG Welding of AISI 304 Austenitic Stainless-Steel Plates

**ABSTRACT:** AISI 304 quality austenitic stainless steels are one of the most used grades among stainless steels. It is a preferred stainless-steel quality in many areas, including the food, chemical, pharmaceutical and petrochemical industry, due to its chemical composition and mechanical properties, it can be easily processed and shaped, has high weldability and corrosion resistance at cost. In this study, 3 mm thick AISI 304 stainless steel plates were welded to each other by TIG welding method using 2 mm 308L additional metal and 60/90 Amper, 65/100 Amper, 70/110 Amper heat inputs with 100% Ar and Mix 212 shielding gases. At this stage, the effects of using 100% Argon and Mix 212 shielding gas on the mechanical properties of the joints were investigated. Tensile test was performed for welded samples, macrostructure and microstructure properties were examined by optical microscope, and microhardness measurements were taken from 10 different points, including the weld area and the main material. After the measurements, it has been determined that the shielding gas exchange is effective on the mechanical properties of welded stainless-steel materials such as tensile strength and hardness properties. In the use of 100% Argon gas, the highest tensile strength value was reached with 58.7 kg/mm<sup>2</sup> and the highest weld metal hardness was reached with 222.5 HV value. Similar microstructural properties were observed for both shielding gases.

**Keywords:** AISI 304, TIG Welding, Shielding Gas, Macrostructure, Microstructure, Microhardness.

### 1. GİRİŞ

Paslanmaz çelikler sahip oldukları yüksek mekanik özellikler ve korozyon dirençlerinden dolayı günümüz endüstrisinin en vazgeçilmez malzeme gruplarından biridir. Yaklaşık 200 çeşit farklı paslanmaz çelik türü bulunmaktadır (Aronsson, 2010). Paslanmaz çeliklerin kullanım alanları her geçen gün artmakta olup, gıda endüstrisinde, depolama tankı olarak, basınçlı kaplar yapımında, fırın parçalarında, dekoratif çalışmalarda ve birçok farklı sektörde kullanılmaktadır (Kükürtçü, 2014).

Ekonomik açıdan üretim maliyeti daha az olan düşük alaşımli çeliklere benzer mekanik özellikler gösteren paslanmaz çeliklerin yüksek üretim maliyetlerine rağmen yoğun ve yaygın kullanımlarının ana nedeni yüksek korozyon direnci sağlamalarıdır. Oksidasyon ve korozyona karşı direncin artması için çelik içerisinde bulunan krom miktarının %12 'den fazla olması gerekmektedir. Krom çelik yapısının ince taneli hale getirmekle birlikte kritik soğuma hızını azaltmaktadır. Böylece çeliğin sertleşmesini sağlamaktadır (Davis, 1994; Su ve ark., 2020).

Malzemelerin mekanik özellikleri sertlik, tokluk ve mukavemet değerlerine bakımından incelenmektedir. Mekanik özellikler malzemelerin bileşimlerine, üretimi sırasında gördüğü mekanik ve ısı işlemlere ve sonrasında kullanımı sırasında maruz kaldığı sıcaklıklara göre değişmektedirler (Dillon, 1992; Wang ve ark., 2019).

Paslanmaz çelikler arasında en büyük inceleme ve çalışma sahasına sahip olan grup östenitik paslanmaz çeliklerdir. Bu çelikler tavlандıklarında manyetik özellik göstermez ve soğuk şekillendirme ile sertlikleri artırılabilen çeliklerdir (Kant ve ark., 2018). Tavllanmış durumda manyetik olmayan özellik gösterirler ve sadece soğuk işlemeyle sertleştirilebilirler. Düşük sıcaklıklarda genellikle çok iyi kriyojenik özellik göstermeleri, açık hava koşullarında yüksek sıcaklık mukavemetlerinin iyi olması ve korozyona karşı yüksek dayanımlı olmaları önemli özelliklerindedir. Östenitik paslanmaz çeliklerin kimyasal kompozisyonları incelendiğinde %16-26 arasında krom, %15'e kadar manganez ve %35'e kadar nikel içermekle birlikte bazı özel kalitelerde bakır, alüminyum, titanyum, niyobyum, vanadyum, molibden, azot vb. gibi elementleri yapılarında

görmek mümkündür (Davis, 1994; Su ve ark., 2020).

Paslanmaz çelik imalatlarında, %90'nın üzerinde bir oranda östenitik paslanmaz çelikler kullanılmaktadır. Bunu asıl nedeni Östenitik paslanmaz çeliklerin iyi kaynaklanabilirliğidir. Östenitik paslanmaz çeliklerde kaynaklar genellikle ana metal ile karşılaştırılabilecek kadar iyi kimyasal bileşim ve mekanik özelliklere sahip olurlar. Östenitik paslanmaz çelikler çeşitli kaynak yöntemleri ile kolay bir şekilde kaynaklanabilirler (Tülbentçi, 1998; Hicken, 1993; Somani ve Lalwani, 2020).

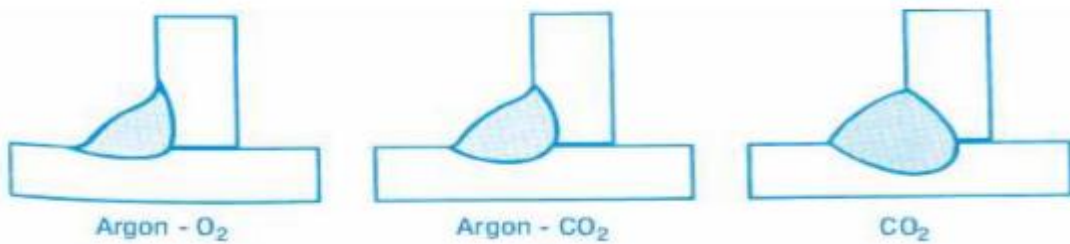
Çağımızın çeşitli endüstri alanlarının vazgeçilmez malzemeleri haline gelen paslanmaz çeliklerin kullanım alanları birçok tür ve şekilde bulunabilmeleri ile birlikte çeşitli kaynak yöntemleri ile kolaylıkla kaynaklanabilmeleri sayesinde giderek genişlemektedir. Paslanmaz çeliklerin kaynaklanma işlemleri genellikle ark kaynak yöntemleri ile gerçekleştirilirken, kullanılan en yaygın ark kaynak uygulaması ise TIG kaynak yöntemidir (Odabaş, 2007; Somani ve Lalwani, 2020). Bu yöntemin en büyük avantajı ısı girdisini oluşturan ark ve birleşimi sağlayan ilave kaynak metalinin birbirinden ayrı şekilde ayarlanabilmesidir. Bu sayede düşük kalınlıktaki paslanmaz çelik malzemelerin birbirlerine kaynaklanmasına olanak sağlamaktadır. (Kaluç ve Tülbentçi, 1995; Kahraman ve ark., 2004; Yılmaz ve Barlas, 2011; Kumar ve Dixit, 2020).

TIG kaynak yöntemi ile kalınlığı 7 mm'ye kadar olan östenitik paslanmaz çelik levhalar tüm kaynak pozisyonlarında kaynatılabilirler. Ancak ergime gücünün düşük olması nedeniyle dolgu oranı düşük olmaktadır. Bu yöntemde argon, helyum, azot veya bu gazların karışımı kullanılmaktadır (Gürcan, 1987; Kumar, 2020).

Kaynak kalitesinde istenilen değerlere ulaşılabilmesi için tüm kaynak yöntemlerinde olduğu gibi TIG kaynak yönteminde de yapılacak birleştirme işlemine en uygun kaynak parametrelerinin seçimi ve doğru şekilde uygulanması oldukça önemlidir. Kaynak işleminde uygulanan parametreler kaynak dikiş geometrisine ve mekanik özelliklerinin istenilen düzeye ulaşmasında etkilidir (Yılmaz ve Tehçi, 2013).

Kaynak işleminde koruyucu gazların hem kaynak işlemine hem de dikiş geometrisine etkileri bulunmakla birlikte, TIG kaynak yönteminde koruyucu gazın ana görevi kaynak yapılan ortamdaki hava etkenlerinin ergimiş kaynak banyosuna olan olası istenmeyen etkisini ortadan kaldırmaktır (Eryürek, 2003; Kahraman ve ark., 2004).

TIG kaynağında kullanılacak saf koruyucu gaza ilave edilecek  $O_2$  ve  $CO_2$  miktarı kaynaklanacak levhaların yüzey kalitesi, birleştirme geometrisi, ilave kaynak metal ve ana metalin bileşimine bağlı olarak belirlenir (Eryürek, 2003). Östenitik paslanmaz çeliklerin TIG yöntemi ile kaynağında en yaygın kullanılan koruyucu gaz argondur (Ural ve Kaluç, 1996; Kurt, 2006). Ayrıca, koruyucu gaz olarak kullanılacak olan Argon gazına yapılacak  $CO_2$  ilavesi kaynak dikişinin profilinin daha da iyi olmasını sağlayacaktır (Eryürek, 2003). Şekil 1'de Ar- $O_2$ , Ar- $CO_2$ ,  $CO_2$  gazlarının dikiş şekline ve kaynak nüfuziyetine etkisi verilmiştir.



Şekil 1. Ar- $O_2$ , Ar- $CO_2$ ,  $CO_2$  gazlarının dikiş şekline ve kaynak nüfuziyetine etkisi (Eryürek, 2003)

Bu çalışmada 3 mm kalınlığındaki östenitik paslanmaz çelik levhaların birbirlerine TIG kaynak yöntemi ile %100 Argon ve Karışım 212 (%84 Ar / %12 CO<sub>2</sub> / %4 O<sub>2</sub>) koruyucu gazları altında kaynaklanmasının malzemelerin metalografisi ve mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kaynaklanacak olan AISI 304 kalite paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** AISI 304 kalite paslanmaz östenitik çeliğinin kimyasal bileşimi

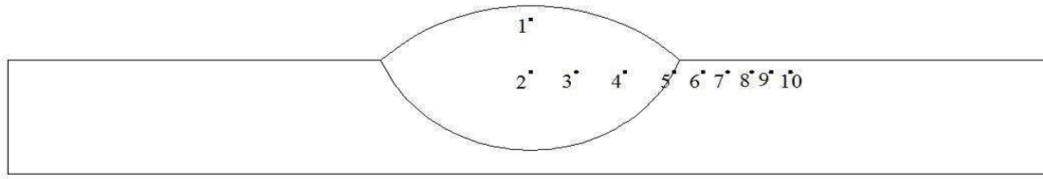
C	Mn	Cr	Si	P	S	Ni	Fe
0.08	2.00	18-20	1.00	0.045	0.03	8-10.5	66.345-70.845

Çalışmada kaynak işlemi 8 adımda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya başlanırken ilk adım olarak AISI 304 paslanmaz çelik levhaların deneysel çalışmalara uygun olarak 200x200mm ölçülerinde kesim işlemi yapılmıştır. Kesim işlemi yapılırken hadde yönüne dikkat edilmiştir. 2. Adım olarak levhalara kaynak ağızı seçimi 60° V – alın kaynak ağızı olarak yapılmış ve sonrasında kaynak ağızı açma işlemi Karbosan marka Inox taşla taşlanması suretiyle gerçekleştirilmiştir. 3. Adım olarak levhaların birbirlerine çatma (puntalama) işlemi gerçekleştirilmiş olup, alttan koruyucu gaz verecek düzenek hazırlanmıştır. 4. Adım olarak kullanılacak farklı koruyucu gaz ve uygulanacak farklı amper değerleri uygulamayı yapacağımız levhalar üzerine yazılarak levhalar için tanımlama yapılmıştır. 5. Adım olarak koruyucu gaz seçimi gerçekleştirilmiş olup, TIG kaynağı için uygun olacak gaz debisi Argon gazı için 12 L/dk Karışım 212 gazı için 8 L/dk ayarlanmıştır. 6. Adım olarak ise uygun kaynak akımı ve dolgu teli seçimi yapılarak kaynak işlemine hazırlıklar tamamlanmıştır. 7. Adım olarak kaynak işlemine ilk paso kök kaynağı olarak yapılmıştır. 8. Adım olarak kaynak yapılan levhanın sıcaklığı lazer termometre yardımı ile 50 °C’ye kadar düşmesinin ardından diğer paso kaynak işlemleri tamamlanmıştır. 8 adımdan oluşan kaynak işlemi bu şekilde farklı opsiyonlar ile tüm levhalara uygulanmıştır.

Sekiz adımda gerçekleştirilen kaynaklama işlemi için; 12 adet 200x200mm AISI 304 paslanmaz çelik levha hazırlanmış olup, kaynaklama sonrasında 6 adet kaynaklı numune elde edilmiştir. Kaynaklama işleminde Zenweld Ultimate 320 THP marka TIG kaynak makinası kullanılmış olup, Magmaweld marka 2 mm kalınlığında 308L ilave kaynak teli kullanılmıştır. %100 Argon kullanımı ve Karışım 212 koruyucu gaz kullanımları için ayrı ayrı olmak üzere 3 farklı (düşük, orta, yüksek) amper değerinde kaynaklama işlemi yapılmıştır. Kök pasolar için 60, 65, 70 Amper değeri seçilirken, kapak pasolar için 90, 100, 110 Amper değerleri seçilmiştir.

Kaynaklama işlemi sonrasında kaynaklı levhalardan ve kaynak ana metalinden standartlara uygun olarak çekme testi numunesi alınmış ve kaynaklı numuneler Zwick/Roel Z600 marka test makinasında TS EN ISO 6892 çekme test standardına uygun olarak çekilmiştir. Akma test hızı 4mm/dk iken Çekme test hızı 50mm/dk olacak şekilde çekme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, metalografik çalışmalar için ilave kaynaklı numuneler alınarak Struers Citopress-30 marka makinede bakelite alınmıştır. Bu işlemden sonra yüzeyler Struers Tegramin-25 marka zımparalama makinası ile sırasıyla P180, 320, 600, 1200 ve 2500 kademelerinde zımparalardan geçirilmiş ve zımparalandıktan sonra 3 ve 1 µm’lik elmas süspansiyon ile parlatılmıştır. Aqua Regia (damıtılmış su (30ml), nitrik asit (20 ml) ve hidroklorik asit (15 ml)) karışımıyla dikine daldırma yöntemi ile 2 dakika bekletilerek dağlanan kaynaklı numunelerden önce Nikon SMZ800N marka optik mikroskop

ile makroyapı görüntüleri sonrasında ise Nikon EPIPHOT 200 marka optik mikroskop ile Mikroyapı görüntüleri alınmıştır. Son olarak, kaynaklı numunelerden Şekil 2’de belirtilen şablona göre 10 farklı noktadan Future-Tech FM700 marka cihaz ile 300gr yük altında mikrosertlik ölçümleri alınmıştır.



Şekil 2. Sertlik ölçümlerinde kullanılan şablon (Bos, 2007)

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1 Ana malzemeye ait çekme testi sonucu

Bu çalışmada ana malzeme olarak kullanılan AISI 304 östenitik paslanmaz çelik levhalara ait çekme testi sonucu Çizelge 2 ‘da yer almaktadır.

Çizelge 2. Ana malzeme çekme testi sonucu

Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Akma Muk. (kg/mm <sup>2</sup> )	Çekme Muk. (kg/mm <sup>2</sup> )	Uzama (%)	Akma/Çekme
3.01	25.35	31.0	55.6	71	0.56

#### 3.2 Kaynaklı numunelere ait çekme testi sonuçları

TIG kaynak yöntemi ile kaynaklanan numunelere ait veriler ile çekme testi sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.

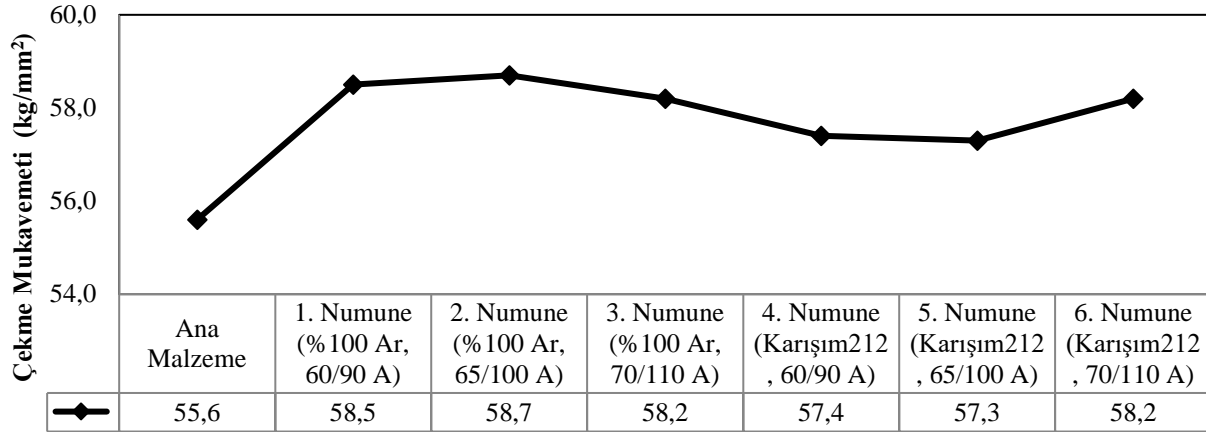
Çizelge 3. TIG kaynaklı AISI 304 östenitik paslanmaz çelik birleştirmelerin çekme test sonuçları

Kaynak Tipi	Kaynak Ana Metali (200x200mm)	Kaynak İlave Metali	Koruyucu Gaz	Numune Sırası	Kaynak Paso Sırası	Kaynak Akımı (Amper)	Çekme Test Sonuçları			
							Akma Muk. (kg/mm <sup>2</sup> )	Çekme Muk. (kg/mm <sup>2</sup> )	Uzama (%)	Akma/Çekme
TİG	AISI 304	2mm Ti 308L	%100 Ar	1. Numune	1. Paso	60	30.2	58.5	56	0.52
					2. Paso	90				
				2. Numune	1. Paso	65	31.7	58.7	55	0.54
					2. Paso	100				
				3. Numune	1. Paso	70	33.2	58.2	58	0.57
					2. Paso	110				
TİG	AISI 304	2mm Ti 308L	KARIŞIM 212	4. Numune	1. Paso	60	27.9	57.4	58	0.49
					2. Paso	90				
				5. Numune	1. Paso	65	30.3	57.3	58	0.53
					2. Paso	100				
				6. Numune	1. Paso	70	31	58.2	60	0.53
					2. Paso	110				

AISI 304 paslanmaz çelik ana malzemesinin çekme mukavemet değeri 55.6 kg/mm<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Kaynaklanmış numunelerin çekme testleri yapıldığında bütün kaynaklanmış numunelerin ana metale göre daha yüksek çekme dayanımına sahip olduğu Şekil 3’te de görüleceği

üzere tespit edilmiştir (Kaçar ve ark., 2008). Paslanmaz çeliklerin endüstride kullanılmasının en temel sebebi korozyon direncinin yüksek olmasıdır. Çalışmamızda ise ana metale en yakın çekme mukavemet değerinin elde edildiği Karışım-212 koruyucu gazının kullanıldığı 5. Numuneye ait çekme dayanımlarının ana metale en yakın değer olduğu görülmektedir. Argon koruyucu gazı ile elde edilen kaynak dikişlerinin daha gözeneksiz olduğu tespit edilmiştir.

AISI 304 östenitik paslanmaz çelik ana malzeme ve tüm kaynaklı numunelerin çekme mukavemeti değerleri Şekil 3’de yer alan çizelgede verilmiştir.



Şekil 3. Ana malzeme ve Kaynaklı numunelere ait çekme testi sonuçları

### 3.3 Kaynaklı numunelere ait sertlik incelemeleri

Sertlik ölçümleri kaynak metali merkezinden başlayarak ana metale doğru 300 gr yük altında Şekil 2’de yer alan şablona göre 10 farklı noktadan yapılmıştır.

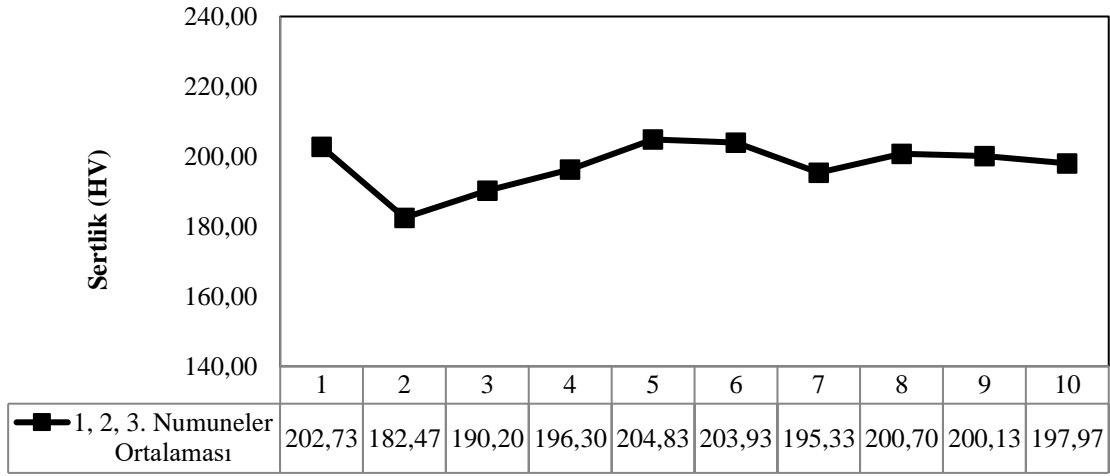
TIG kaynak yöntemi ile kaynaklanan numunelere ait veriler ile sertlik analizi sonuçları her bir deney seti için ortalama değerleri Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Sertlik analizi ortalama sonuçları

Kaynak Tipi	Kaynak Ana Metali (200x200mm)	Kaynak İlave Metali	Koruyucu Gaz	Numune Sırası	Kaynak Paso Sırası	Kaynak Akımı (Amper)	Sertlik Analiz Ortalama Sonuçları HV (300gr)									
							1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta	6. Nokta	7. Nokta	8. Nokta	9. Nokta	10. Nokta
TİG	AISI 304	2mm Ti 308L	%100 Ar	1. Numune	1. Paso	60	202.7	182.5	190.2	196.3	204.8	203.9	195.3	200.7	200.1	198.0
				2. Numune	2. Paso	90										
				3. Numune	1. Paso	70										
				4. Numune	2. Paso	110										
				5. Numune	1. Paso	65										
				6. Numune	2. Paso	100										
,TİG	AISI 304	2mm Ti 308L	KARIŞI M 212	1. Numune	1. Paso	60	152.1	159.0	157.1	170.9	171.2	163.7	164.5	169.3	162.6	165.5
				2. Numune	2. Paso	90										
				3. Numune	1. Paso	70										
				4. Numune	2. Paso	110										
				5. Numune	1. Paso	65										
				6. Numune	2. Paso	100										

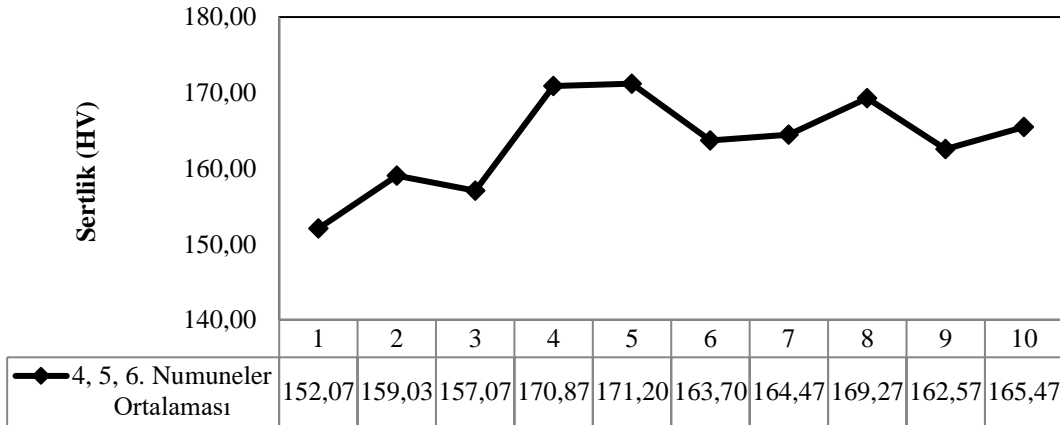
AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin TIG kaynak yönteminde koruyucu gaz olarak %100 Argon kullanılması ile kaynatılması sonrasında 1, 2 ve 3 nolu kaynaklı numunelere ait 10 noktadan alınan sertlik ölçümlerinin ortalamasına ait dağılım grafiği Şekil 4’te verilmiştir. Kaynak metali,

ITAB bölgesi ve ana metale kadar olan bölgede alınan ortalama sertlik değerleri incelendiğinde sertliğin çok fazla değişkenlik göstermeyerek stabil bir hat çizdiği görülmektedir.



Şekil 4. 1. 2 ve 3 nolu kaynaklı numunelere ait sertlik dağılım grafiği (%100 Argon gazı)

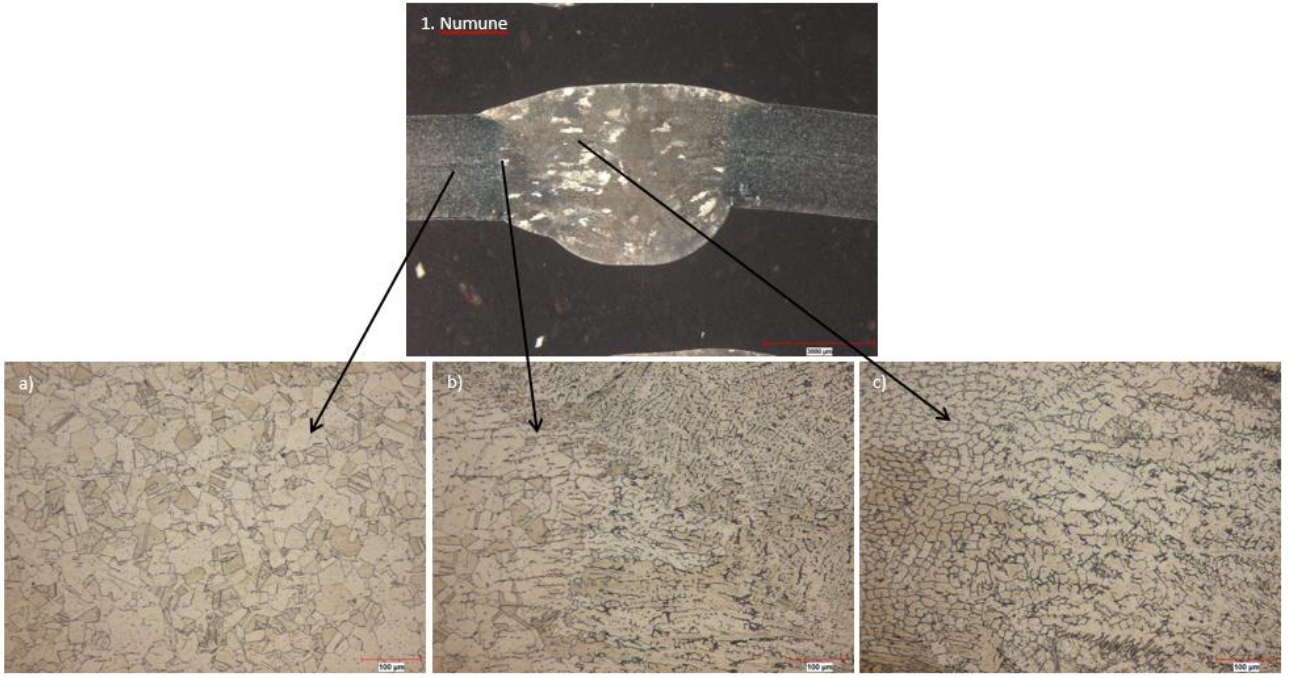
AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin TIG kaynak yönteminde koruyucu gaz olarak Karışım 212 gazı kullanılması ile kaynatılması sonrasında 4, 5 ve 6 nolu kaynaklı numunelere ait 10 noktadan alınan sertlik ölçümlerinin ortalamasına ait dağılım grafiği Şekil 5'te verilmiştir. Kaynak metali, ITAB ve ana metale kadar olan bölgede sertlik değişimlerinin hem artma hem de azalma yönünde olduğu bunun da nedenin uygulanan karışık 212 gazı ve 2 pasoda gerçekleşen kaynak işlemi dolayısıyla ısıl etkinin mekanik özellikler üzerinde daha fazla olumsuz etki yarattığı gözlemlenmiştir.



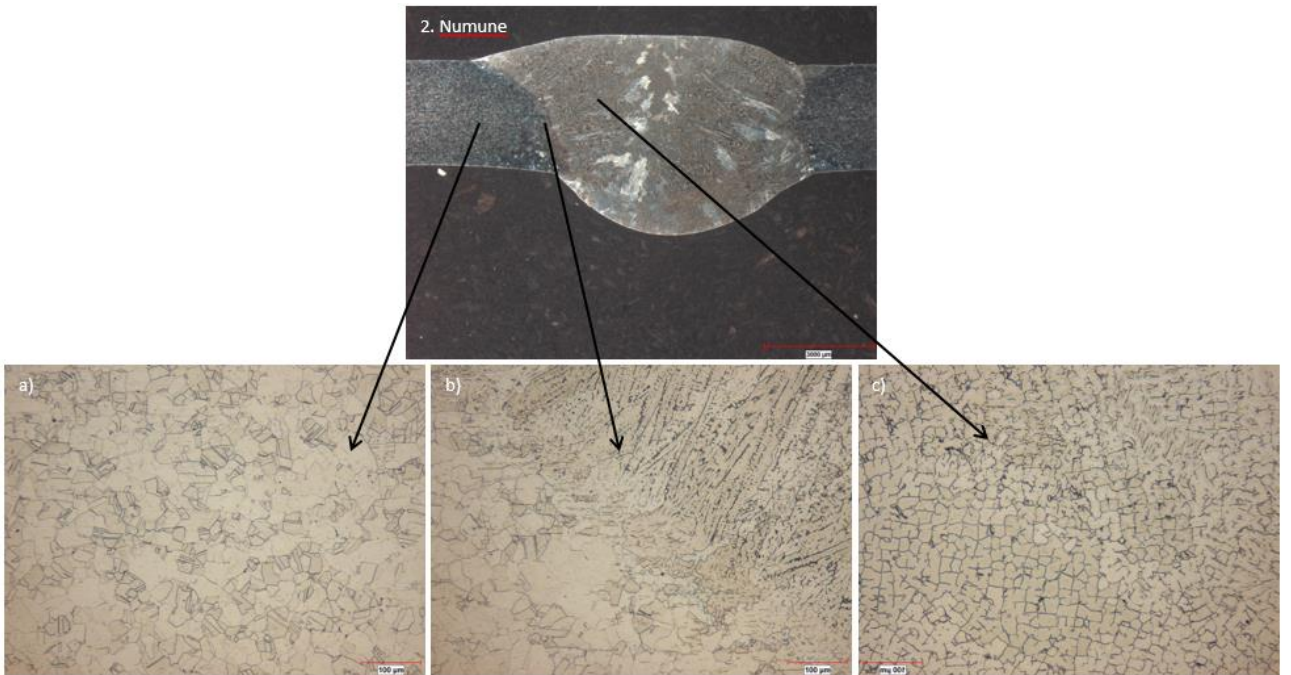
Şekil 5. 4. 5 ve 6 nolu kaynaklı numunelere ait sertlik dağılım grafiği (Karışım 212 gazı)

### 3.1. Kaynaklı numunelere ait optik mikroskop incelemeleri

TIG kaynak yöntemi ile birleştirilen kaynaklı numunelerin makroyapı ve ana metal, ITAB, kaynak metali mikroyapı resimleri Şekil 6, 7, 8, 9, 10, 11'de gösterilmektedir. Tüm kaynaklı numuneler kaynak işlemi sonrasında kendiliğinden soğumaya bırakılmış olup, soğuma morfolojisine uygun olarak ana metalden kaynak metaline doğru tane yapılarının değiştii görülmektedir.

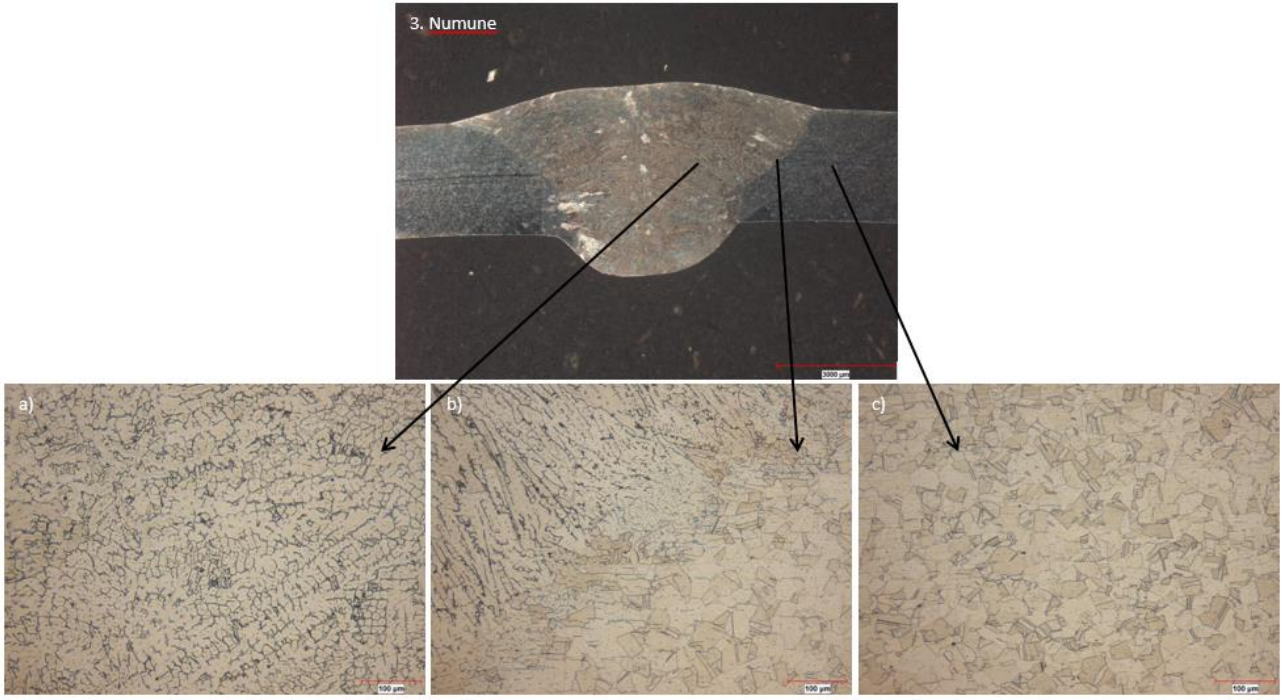


**Şekil 6.** 1. Numune makroyapı görüntüsü, a) Ana metal mikroyapı görüntüsü, b) ITAB mikroyapı görüntüsü, c) Kaynak bölgesi mikroyapı görüntüsü (%100 Ar. 60/90 Amper)

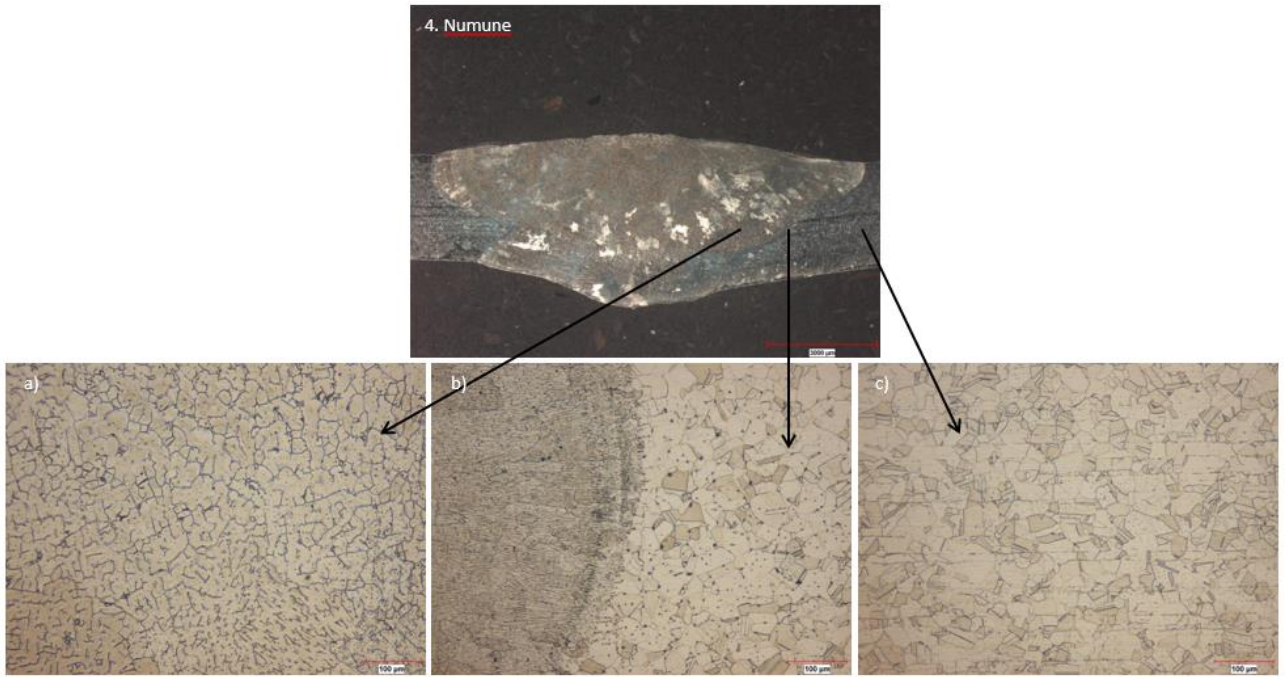


**Şekil 7.** 2. Numune makroyapı görüntüsü, a) Ana metal mikroyapı görüntüsü, b) ITAB mikroyapı görüntüsü, c) Kaynak bölgesi mikroyapı görüntüsü (%100 Ar. 65/100 Amper)

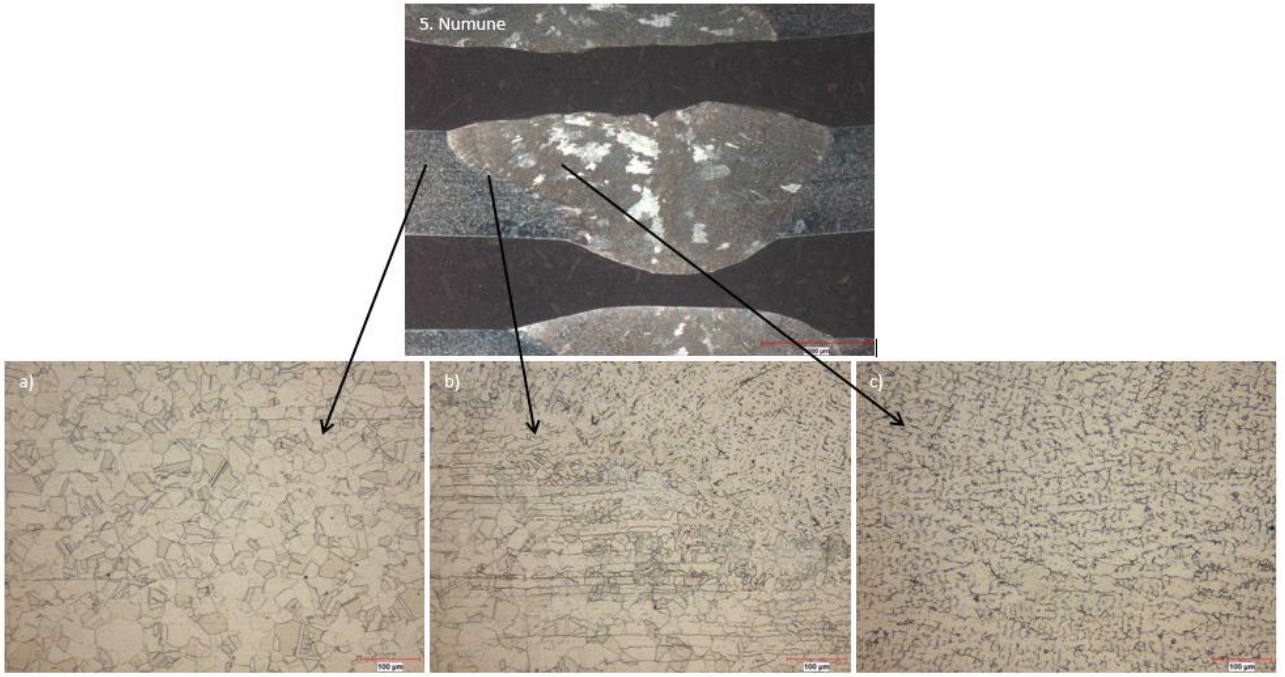




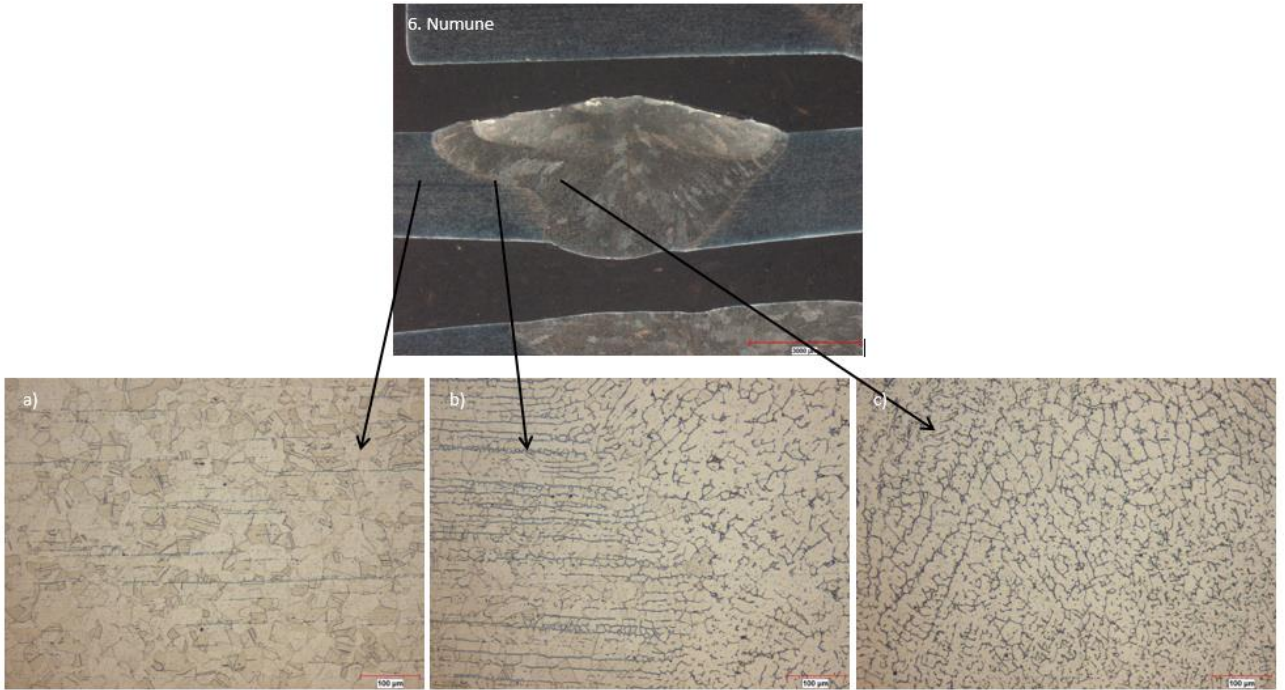
Şekil 8. 3. Numune makroyapı görüntüsü, a) Kaynak bölgesi mikroyapı görüntüsü, b) ITAB mikroyapı görüntüsü, c) Ana metal mikroyapı görüntüsü (%100 Ar. 70/110 Amper)



Şekil 9. 4. Numune makroyapı görüntüsü, a) Kaynak bölgesi mikroyapı görüntüsü, b) ITAB mikroyapı görüntüsü, c) Ana metal mikroyapı görüntüsü (Karışım 212. 60/90 Amper)



**Şekil 10.** 5. Numune makroyapı görüntüsü, a) Ana metal mikroyapı görüntüsü, b) ITAB mikroyapı görüntüsü, c) Kaynak bölgesi mikroyapı görüntüsü (Karışım 212. 65/100 Amper)



**Şekil 11.** 6. Numune makroyapı görüntüsü, a) Ana metal mikroyapı görüntüsü, b) ITAB mikroyapı görüntüsü, c) Kaynak bölgesi mikroyapı görüntüleri (Karışım 212. 70/110 Amper)

Makroyapı ve mikroyapı görüntülerine bakıldığında ana metalde tane yapılarının tüm numuneler ile benzer şekilde olduğu gözlemlenmiştir. ITAB’da ana metalin iri taneli yapıda olduğu ve kaynak bölgesine doğru geçişin görüldüğü gözlemlenmektedir.

Ayrıca akım şiddeti ile doğru orantılı olarak tane ebatlarında farklılık olduğu gözlemlenmiştir. Kaynak akım şiddetinin artması sonucunda malzemeye giren ısı girdisi değeri artmıştır, ısı girdisi artması ile doğru orantılı olarak malzemenin daha da fazla zamanda soğumasına neden olduğundan daha iri taneli yapılar oluşmuştur (Kaçar ve ark., 2008).

#### 4. SONUÇ

AISI 304 Östenitik paslanmaz çelik levhaların birbirlerine koruyucu gaz ve kaynak akımı değişkenleri ve 2 mm Ti 308L ilave metal kullanılarak TIG kaynak yöntemi ile kaynaklanması sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- %100 Argon koruyucu gaz kullanılan kaynaklı numunelerin çekme mukavemet değerlerinin aynı kaynak akımı ve koruyucu gaz olarak Karışım 212 gazı ile kaynaklanmış numunelere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

- %100 Argon koruyucu gaz kullanılan kaynaklı numunelerin çekme mukavemet değerleri kendi aralarında kıyaslandığında 65/100 Amper kaynak akımı ile kaynaklanan numunenin tüm kaynaklı numuneler içerisinde en yüksek çekme mukavemet değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

- Kaynaklı numunelerin mikrosertlik incelemelerinde kaynak metali ile ana metal arasında sertlik genellikle dengeli görülmekle birlikte noktasal artma ve azalmalar fark edilmektedir. Kaynak işleminin 2 pasoda yapılması ile pasolar arasındaki geçiş ve ITAB bölgesindeki ısıl etkiden kaynaklı olduğu değerlendirilmektedir (Kaçar ve ark., 2008).

- %100 Argon koruyucu gazı kullanılan kaynaklı numunelerin mikrosertlik değerlerinin aynı kaynak akımı ve koruyucu gaz olarak Karışım 212 gazı ile kaynaklanmış numunelere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. %100 Argon kullanılması durumu ile içerisinde CO<sub>2</sub> içeren Karışım 212 gazları kullanılması sonucunda CO<sub>2</sub> miktarının artması sertlikte düşüşe neden olmaktadır (Şık, 2007).

- En yüksek sertlik değerlerine %100 Argon koruyucu gaz ve 65/100 Amper kaynak akımı ile kaynaklanan 2 nolu numunenin 1. mikrosertlik ölçüm noktasında ulaşıldığı görülmektedir.

- Tüm kaynaklı numunelere ait mikroyapı görüntülerinde; ana malzemede tane yapısının istikrarlı ve küresele yakın seviyede adacıklar şeklinde olduğu, ITAB bölgesinde tanelerin soğuma morfolojisine uygun şekilde kaynak metaline doğru dallandığı, kaynak metalinde ise sınırları daha belirgin ve daha küçük boyutlu taneler olduğu gözlemlenmiştir.

#### 5. KAYNAKLAR

- Aronsson B., On the origins and early growth of stainless steel: A survey with emphasis on the development in Sweden. Outokumpu Stainless research foundation, 2010.
- Bos E., Ark Esaslı Kaynak Yöntemleri ile Kaynak İşleminde Isı Tüketimi ile Malzeme/Kalınlık İlişkisinin İncelenmesi, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış), 2007.
- Davis J.R., ASM Specialty Handbook: Stainless Steels. ASM International. 3-66, 1994.
- Dillon C.P., Rahoi D.W., Tuthil A.H., Stainless Steels for Bioprocessing. Nickel Development Institute / Biopharm 5, 1992.
- Eryürek B., "Gazaltı Kaynağı". Askaynak Yayınları. Mart 2003.
- Gürcan M., "TIG Kaynağı". SAGEM. Ankara. 1987.
- Hicken G.K., Gas-tungsten arc welding. ASM Handbook. Vol. G. 190-193. 1993.
- Kaçar R., Gündüz S., AISI 304-AISI 430 Paslanmaz Çeliklerin Direnç Kaynak Kalitesine Soğuk Deformasyonun Etkisi. IV. Demir-Çelik Kongresi Bildiriler Kitabı, 273-279, 2007.
- Kahraman N., Durgutlu A., Gülenç B., 316L Paslanmaz Çeliğin TIG Kaynağında Koruyucu Argon Gazına Hidrojen İlavesinin Kaynak Bölgesi Tane Morfolojisine Etkilerinin Araştırılması, Politeknik Dergisi 7: 223-228, 2004.

- Kaluç E., Tülbentçi K., “Paslanmaz Çelikler ve Kaynaklanabilirliği” Seminer Notları. Kocaeli Üniversitesi Kaynak Teknolojisi Araştırma. Eğitim ve Uygulama Merkezi. Kocaeli. s. 170-178. 1995.
- Kant R., Mittal R., Kumar C., Rana B.S., Kumar M., Kumar R., Fabrication and Characterization of Weldments AISI 304 and AISI 316 Used in Industrial Applications. *Materials Today: Proceedings*, 5(9), 18475-18481, 2018.
- Kumar A., Dixit P.K., Investigating the effects of filler material and heat treatment on hardness and impact strength of TIG weld. *Materials Today: Proceedings*, 2766-2782, 2020.
- Kumar R., Comparative study of TIG and MIG welding for Bi-metallic weld of AISI 304 and monel 400. *Materials Today: Proceedings*, In press, 2020.
- Kurt H.İ., TIG kaynak yöntemiyle birleştirilen östenitik paslanmaz çeliklerin mikroyapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi, Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış), 2006.
- Kkrt G.E., stenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti ve Mekanik zelliklere Etkilerinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış), 2014.
- Odabaş C., Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı. Askaynak Teknik Yayınları, İstanbul, 47, 2007.
- Somani C.A., Lalwani D.I., Experimental study of some mechanical and metallurgical properties of TIG-MIG hybrid welded austenitic stainless-steel plates. *Materials Today: Proceedings*, 644-648, 2020.
- Su Y., Song R., Wang T., Cai H., Wen J., Guo K., Grain size refinement and effect on the tensile properties of a novel low-cost stainless steel. *Materials Letters*, 260, 126919, 2020.
- şık A, MIG/MAG Kaynağı ile Kaynatılan Çelik Yapılarda Koruyucu Gaz Karışımlarının Mekanik zelliklere Etkilerinin Araştırılması, *Trakya Univ. J. Sci.*8(1), 55-60, 2007.
- Tülbentçi K., MIG/MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi, Arctech Yayını, İstanbul, 1998.
- Ural M., Kaluç E., Paslanmaz Çeliklerin TIG Yöntemi ile Kaynağı, *Metal Makine*, 12-20 Mart, 1996.
- Wang L., Xue J., Wang Q., Correlation between arc mode, microstructure, and mechanical properties during wire arc additive manufacturing of 316L stainless steel. *Materials Science and Engineering: A*, 751, 183-190, 2019.
- Yılmaz R., Tehçi T., stenitik Paslanmaz Çeliklerin TIG Kaynağında Kaynak Akımı ve Kompozisyonun Nufuziyete Etkisi, *Sakarya University Journal of Science*, 16(1), 53-61, 2012.
- Yılmaz R., Barlas Z., Paslanmaz Çeliklerin Gazaltı Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmesinde Koruyucu Gaz Kompozisyonunun Mikroyapı ve Mekanik zelliklere Etkisi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(3). 391-400, 2011.