



Makale / Research Paper

Altlık Tipinin Östenitik Çeliklerde Krom Karbür Çökmesi Üzerine Etkisinin Araştırılması

Necip Fazıl YILMAZ¹, Halil İbrahim KURT², Murat ODUNCUOĞLU³, Mehmet Veyssel ÇAKIR⁴

¹Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gaziantep Üniversitesi, 27310, Gaziantep/Türkiye
^{2,3}Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Gaziantep Üniversitesi, 27310, Gaziantep/Türkiye

⁴Uçak ve Uzay Mühendisliği Bölümü, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Gaziantep Üniversitesi, 27310, Gaziantep/Türkiye

nfyzilmaz@gantep.edu.tr, hiakurt@gmail.com, murat@gantep.edu.tr, cakir@gantep.edu.tr

Received/Geliş: 12.07.2017

Revised/Düzeltilme: 05.09.2017

Accepted/Kabul: 13.09.2017

Özet: Paslanmaz çeliklerin kaynağında en sık görülen kaynak hatalarından birisi tane sınırlarına çökelen krom karbür çökelmeleridir. Bu çalışmada, farklı özelliklere ve farklı fiziksel boyutlara sahip altlık malzemeler kullanılarak 304 kalite östenitik paslanmaz çelik malzemeler elektrik ark kaynak yöntemiyle alın altına birleştirilmiştir. Kaynaklı numunelerin belirlenen soğuma zaman aralığı tespit edilmiş, makroskobik araştırmaları, optik mikroskop incelemeleri, taramalı elektron mikroskobu incelemeleri, krom karbür oluşumuyla ilgili krom ve karbon elementlerine ait elementel incelemeler ve sertlik analizleri yapılmıştır. Kaynak metallerinin sertlik değerleri ana metal ve ısının tesiri altındaki bölgenin sertlik değerlerinden yüksek olduğu ve en yüksek sertlik değerinin 5754-H22 altlık kullanılarak yapılan birleştirmede meydana geldiği bu altlığın kullanıldığı birleştirmede krom karbür oluşumunun meydana gelmediği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Krom karbür, 304, paslanmaz çelik.

Investigation of the Effect of Substrate Type on Chromium Carbide Storage in Welding Processes

Abstract: The thermal effects on welding causing a sensibility of stainless steels by the precipitation of mixed carbides rich in chromium on the grain boundaries. In this study, 304 quality austenitic stainless steel materials were joined to the forehead using electric arc welding method to improve mechanical properties of welds and the weldability of the base metal by using different substrate materials and physical dimensions. The temperature measurements revealed the cooling rate vary significantly along the solidification front, dependent upon properties of substrates. The chromium and carbon elements related to chromium carbide precipitation behaviour on different substrates types with different properties and cooling time interval of welded samples are determined by macroscopic investigations, optical microscope, elemental, scanning electron microscopy (SEM) examinations and hardness analyses. The chromium depleted zones were quantified by experimentally determined chromium profiles. It has been determined that the hardness values of the weld metals are higher than that of base metal and the heat affected zone. The highest hardness value is found on the 5754-H22 substrates.

Keywords: Chrome carbide, 304, stainless steel, substrates.

Bu makaleye atıf yapmak için

Yılmaz N.F., Kurt, H.İ., Oduncuoğlu, M., Çakır, M.V., "Altlık Tipinin Krom Karbür Çökmesi Üzerine Etkisinin Araştırılması" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2017, 4(3): 341-348.

How to cite this article

Yılmaz N.F., Kurt, H.İ., Oduncuoğlu, M., Çakır, M.V., "Investigation of the Effect of Substrate Type on Chromium Carbide Storage in Welding Processes" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2017, 4(3): 341-348.

1. Giriş

Paslanmaz çelikler; içerisinde en az % 10,5 oranında ağırlıkça krom (Cr) içeren demir alaşımlarıdır. Krom, çeliğin yüksek sıcaklıklarda mekanik özelliklerini korunmasını sağlar. Krom ile birlikte nikel (Ni) bulunması özellikle asidik ortamlarda yüksek bir korozyon direnci sağlar. Paslanmaz çelikler ferritik, martenzitik, östenitik, dubleks (ferritik - östenitik) ve çökeltme sertleşmesi uygulanabilen paslanmaz çelikler olarak beş gruba ayrılırlar [1, 2].

Paslanmaz çelik ailesi içerisinde en çok kullanılan paslanmaz çelikler östenitik paslanmaz çeliklerdir (ASS). Yüzey kübik merkezli kafes yapısına sahip olan östenitik paslanmaz çelikler soğuk deformasyona karşı inanılmaz güçlüdürler ve aynı zamanda yüksek sıcaklıklarda mukavemete dayanımlarında bir azalma meydana gelmez. ASS'ler manyetik değildir, kolayca işlenebilir ve kaynak edilebilirler. Ayrıca, bu malzemeler düşük ve yüksek sıcaklıklarda çalışan fırınlar ve jet motorlarında geniş bir şekilde gibi kullanılmaktadırlar [3].

Metal ve alaşımlarını birleştirmede cıvatalama, perçinleme, lehimleme ve kaynak gibi birçok yöntem kullanılırken bunların içerisinde en yaygın ve en verimli olanı "Kaynak" yöntemidir [4, 5]. Kaynak işleminde, metal ve alaşımları ilave tel kullanılarak veya kullanılmadan ergitilir ve dolayısıyla iki metal birleştirilir. Ergitme işlemi, ısı, basınç veya her ikisi kullanılarak gerçekleştirilir. Bu birleştirme işlemi ergimiş kaynak metalini olumsuz dış atmosferden korumak amacıyla koruyucu atmosfer altında gerçekleştirilmesinde fayda vardır.

Paslanmaz çelikler yüksek kaynak kabiliyetine sahip olup ark kaynağı, elektron kaynağı ve gaz altı kaynak yöntemleri ile birleştirilebilirler. Bütün kaynak işlemlerinde olduğu gibi kaynak hatalarını en aza indirmek için birleştirilecek yüzeyler temiz olmalıdır. Bu çeliklerin ısıl genişleme katsayısı düşük olup kaynak esnasında çarpılmaların minimum seviyeye indirilmesi önemlidir. Düşük ısı girdisi kullanılarak birleştirilmenin gerçekleştirilmesi malzemelerin mikroyapı, korozif ve mekanik özellikleri açısından son derece önemlidir. Östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında karşılaşılan en önemli problemlerden birisi ITAB ve kaynak metalinde (427-871 °C sıcaklığı aralığında) tane sınırlarına çökelen krom karbürlerin oluşmasıdır [6]. Oluşan bu karbürler, ısıl işlem uygulanarak, yüksek maliyetli düşük karbonlu malzemeler kullanılarak veya kaynak esnasında altlık kullanılarak giderilebilir [7, 8].

Yapılan literatür çalışmaları esnasında farklı altlık türlerinin bu hassas yapı üzerine etkilerinin araştırılmadığı görülmüştür. Bu nedenle farklı özelliklere sahip altlık malzemeler kullanılarak bu hassas yapının oluşumu üzerine kullanılan altlık türünün etkisi, mikroyapı ve sertlik özellikleri araştırılmıştır.

2. Malzeme ve Metot

Bu çalışmada kullanılan 304 kalite östenitik paslanmaz çeliklerin kompozisyonu ve mekanik özellikleri Tablo 1 ve 2'de sırasıyla gösterilmiştir. Malzemeler 5 mm kalınlığına sahip olup kaynak öncesi malzemelere V şeklinde kaynak ağzı açılmıştır.

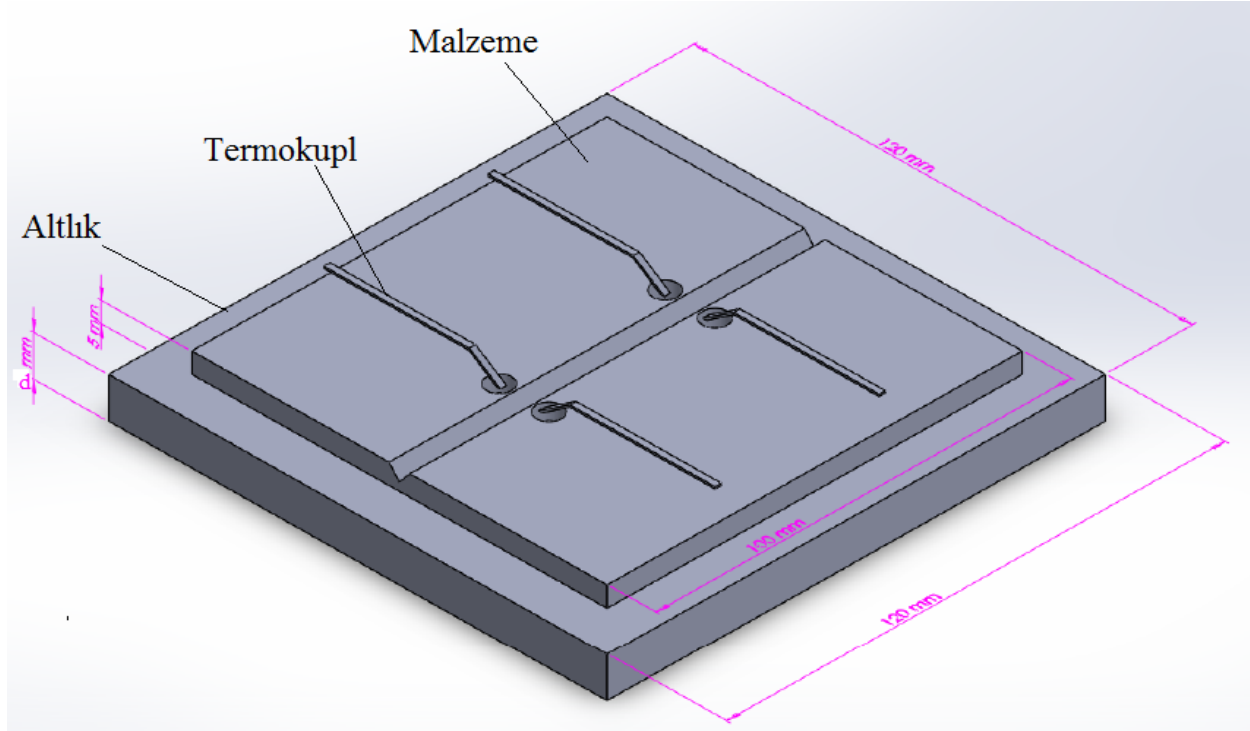
Tablo 1. 304 kalite östenitik paslanmaz çeliğin kompozisyonu (ağ.%)

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
304	0.08	1	2	0.045	0.03	18-20	8-10.5	-	Kalan

Tablo 2. 304 kalite östenitik paslanmaz çeliğin özellikleri

Malzeme	UTS (MPa)	Uzama (%)	Sertlik (HV)	Isı İletkenlik (W/m.K)
304	515	55	275	16,2

Şekil 1’de kullanılan deney düzeneğinin şematik çizimi verilmiştir. Altık olarak farklı kalınlıklara sahip adi karbonlu çelik, bakır, 5754-H22 ve 6013-T6 alüminyum alaşımları kullanılmıştır.



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik çizimi

Kullanılan altık tipleri ve boyutları Tablo 3’de gösterilmiştir.

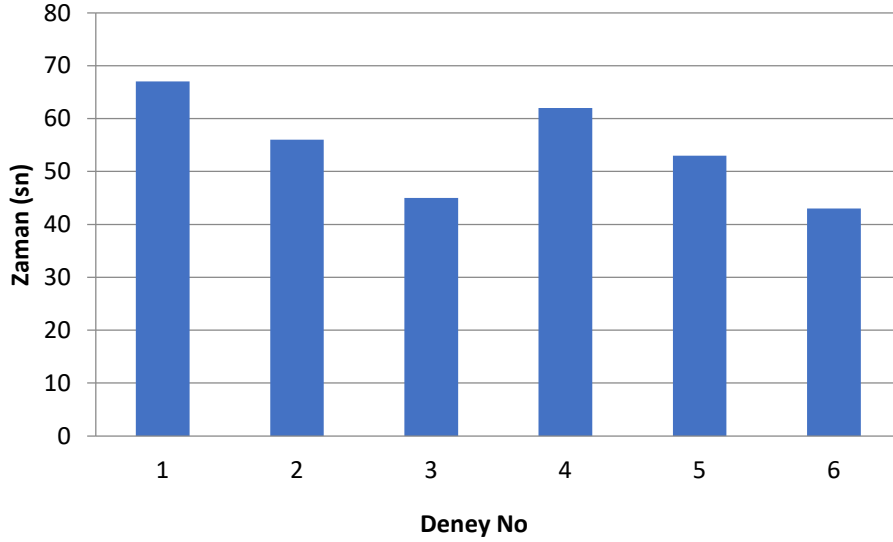
Tablo 3. Kalıp türleri ve boyutları

Deney No	1	2	3	4	5	6
Malzeme	Çelik	Bakır	Bakır	6013-T6	6013-T6	5754-H22
Ebat	120x120x1	120x120x1	120x120x2	120x120x2	120x120x4	180x180x8

Malzemelerdeki meydana gelebilecek çarpılmaları önlemek amacıyla işkence ile 304 ASS ve altık birbirine bağlanmıştır. Kaynak öncesi malzemelerin yüzeyi temizlenmiştir. Kaynak işleminde Migatronik 2 MTE kaynak makinesi kullanılmıştır. Kaynak işlemi 100 A akımda 3,25 çapında örtülü elektrot kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Malzemelerdeki sıcaklık dağılımı ortaya çıkarmak için kaynak merkezinden 3 mm uzaklığa sıcaklık sensörleri yerleştirilmiş (K tipi termokupl) ve Verth CK104L cihazı ile sıcaklık dağılımları kayıt edilmiştir. Numuneler zımparalama, parlatma işleminden sonra Keller’s çözeltisine dağlanmıştır. Birleştirilen numunelerin mikroyapıları optik (Nikon MA 100) ve taramalı elektron mikroskobu (Zeiss Evo LS 10) aracılığıyla, sertlik dağılımları ise Vickers sertlik metoduyla 200 gr yük altında ve 10 sn batma zamında gerçekleştirilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma


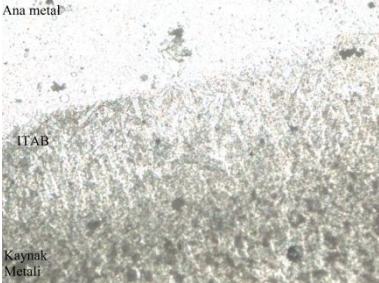
Şekil 2’de kaynak edilmiş numunelerin 950 °C’den 260 °C’ye soğuma süreleri gösterilmiştir. Çeliğin, bakırın, 6013-T6 alaşımının ve 5754-H22 alaşımının ısı iletkenlik değerleri sırasıyla 50, 385, 164 ve 130 W/m.K dir [9-11]. En yüksek ısı iletkenliğe bakır sahip olmakla beraber kullanılan altlığın kalınlığına bağlı olarak soğuma süresi değişmektedir. Kalın parçalar ince parçalara nazaran ısıyı daha iyi iletmediği iyi bilinen bir kavramdır. Kullanılan altlığın çeşidine ve kalınlığına bağlı olarak birleştirmelerin soğuma süresi azaldığı tespit edilmiştir. En düşük soğuma zaman aralığı 8 mm kalınlığına sahip 5754-H22 altlık kullanımı ile elde edilmiştir.


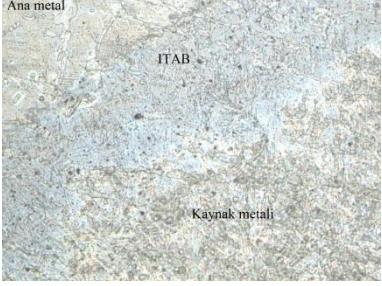

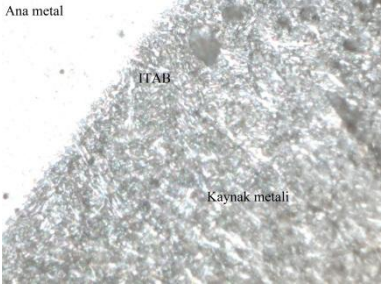

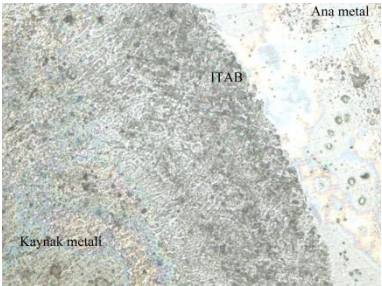

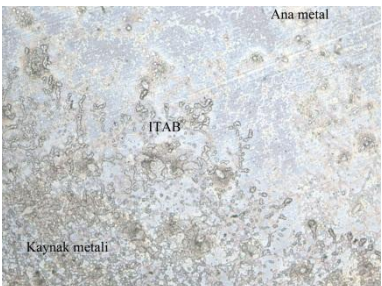




Şekil 2. Soğuma süresi

Tablo 4’de kaynaklı birleştirmelerin makroyapı ve mikroyapı görüntüleri verilmiştir. Kaynak dikişlerinin yüzeyinde, enine/boyuna çatlaklar, yanma olukları, nüfuziyet azlığı gibi kaynak hataları görülmemekle birlikte kaynak dikişinin etrafında sıçramalar meydana gelmiştir. Bu sıçramalar elektrik ark kaynağında çok sık karşılaşılan hatalardır. Kaynak dikişinin kalitesine önemli bir etkisinin olmaması, estetik açıdan temizlenmesi gerektiği için zaman alıcı bir işlemdir.

Tablo 4. Kaynak dikişinin makro ve mikroyapıları

Deney No	Kaynak Dikişi	Mikroyapı	Hata
1			Kaynak dikişi kalitesi normal, kaynak dikişi çatlaması, yanma oluğu, nüfuziyet azlığı/çokluğu yok, sıçramalar var.

2			Kaynak dikişi kalitesi iyi, kaynak dikişi çatlaması, yanma oluğu, nüfuziyet azlığı/çokluğu yok, sıçrantılar var.
3			Kaynak dikişi kalitesi iyi, kaynak dikişi çatlaması, yanma oluğu, nüfuziyet azlığı/çokluğu yok, sıçrantılar var.
4			Kaynak dikişi kalitesi normal, kaynak dikişi çatlaması, yanma oluğu, nüfuziyet azlığı/çokluğu yok, sıçrantılar var.
5			Kaynak dikişi kalitesi iyi, kaynak dikişi çatlaması, yanma oluğu, nüfuziyet azlığı/çokluğu yok, sıçrantılar var.
6			Kaynak dikişi kalitesi iyi, kaynak dikişi çatlaması, yanma oluğu, nüfuziyet azlığı/çokluğu yok, sıçrantılar var.

Ana metal, ısının tesiri altındaki bölge (ITAB) ve kaynak metalinin optik mikroskop görüntüleri Tablo 4'te verilmiştir. Sıcaklık oluşumu ve soğuma hızındaki değişime bağlı olarak farklı mikroskobik oluşumlar meydana gelmiştir. Östenit yapının içerisinde δ -ferrit oluşumu bu mikroyapılarda açıkça görülmektedir. Kaynaklı birleştirmelerde δ -ferrit oluşumu meydana geldiği iyi bilinmektedir [12]. Dendritik mikroyapı oluşumları ısının tesiri altındaki bölgeden başlayarak kaynak metaline doğru artmaktadır. Özellikle, ergime ve devamındaki katılaşma esnasında δ -ferritic

yapı kaynak metalinde oluşmaktadır [13]. Bu dendritik yapının oluşumu, yüksek soğuma zaman aralığında artarken düşük soğuma aralığında azalmaktadır. Kaynak metali yüksek sıcaklığa maruz kaldığından bu bölgede daha yoğun bir dendritik yapının oluşumu mevcuttur.

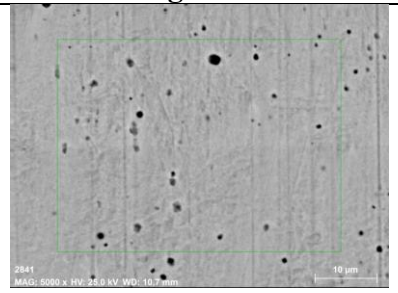
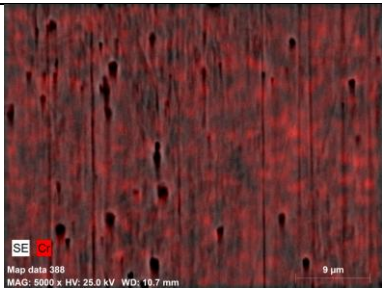
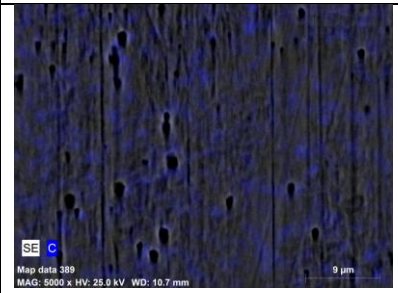
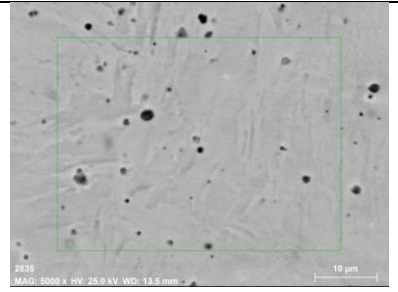
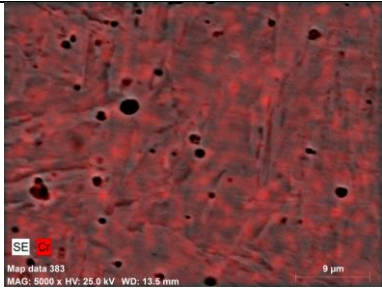
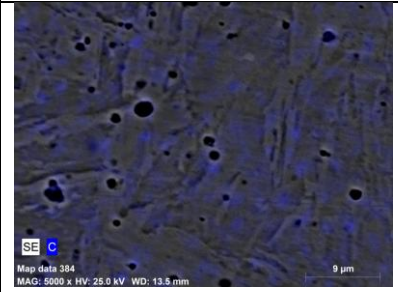
Tablo 5'te ana metal, ısının tesiri altındaki bölgenin ve kaynak metalinin sertlik dağılımları gösterilmiştir. Tüm numuneler için ısının tesiri altındaki bölgenin sertlik değerleri ana metalden ve kaynak metalinden daha düşük olarak gerçekleşmiştir. Kaynak metallerinin sertlikleri ana metalin ve ısının tesiri altındaki bölgenin sertlik değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Kaynak metalinde maksimum sertlik değeri 689,1 HV olarak 6 deney numaralı malzemede gerçekleşmiştir. Sertlik değerlerindeki bu değişim kullanılan altlık türüne bağlı olarak birleştirmelerin soğuma zaman aralığındaki düşüşe ve mikroyapıda oluşan partiküllerin homojen dağılımına bağlanabilir.

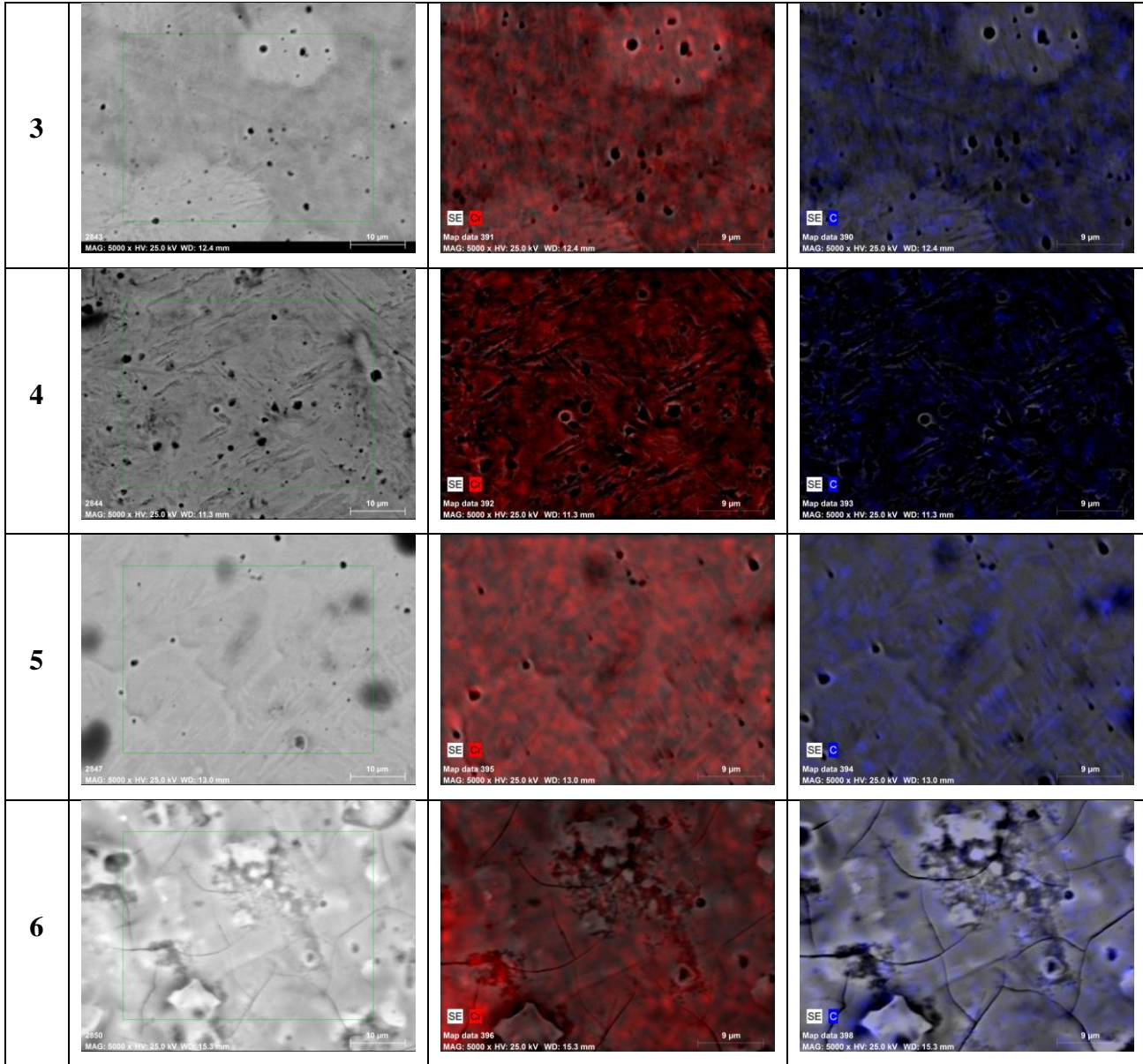
Tablo 5. Sertlik Dağılımları

Deney No	1	2	3	4	5	6
Ana Metal	275,4	278,4	273,9	270,1	279,2	272,5
ITAB	186,2	189,9	228,4	184,4	196,9	227,2
Kaynak Metali	393,5	483,4	607,9	528,2	552,9	689,1

Tablo 6'da birleştirmelere ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri ve krom karbür oluşumuyla ilgili olan krom (Cr) ve karbon (C) elementlerine ait elementel analiz görüntüleri verilmiştir. 1 numaralı deneyde birleştirmelere ait görüntülerde elementlerin yoğunluğu yüksek oranlarda ortaya çıkarken kullanılan altlık türüne bağlı olarak özellikle karbon atomlarının yoğunluğunda azalmalar meydana gelmiştir. 5 ve 6 deney numaralı birleştirmelerde tane sınırları açıkça görülmekte olup tane sınırlarında krom karbür çökmesinin meydana gelmediği görülmüştür. Bu çökmenin oluşmamasının muhtemel sebebi birleştirmenin soğuma hızının fazla olmasıdır.

Tablo 6. SEM görüntüleri

No	SEM görüntüsü	Krom analizi	Karbon analizi
1			
2			



4. Sonuçlar

Bu çalışmada farklı kalınlıklara ve farklı özelliklere sahip altlık malzemeler kullanılarak 304 kalite östenitik paslanmaz çelikler elektrik ark kaynağı yöntemiyle birleştirilmiştir. Kullanılan altlıkların birleştirmelerin mikroyapı ve sertlik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Numunelerin soğuma zaman aralığı 5754-H22 altlık kullanımı esnasında azaldığı görülmüştür. Mikroyapı incelemelerinde ana metal, ısının tesiri altındaki bölge ve kaynak metali bölgeleri ortaya çıkarılmış, ısının tesiri altındaki bölgede oluşan dendritik yapının yüksek soğuma hızlarında azaldığı tespit edilmiştir. Krom karbür çökmesi 8 mm kalınlığına sahip 5754-H22 altlık kullanılan birleştirmelerde meydana gelmediği tespit edilmiştir. En yüksek kaynak metali sertliği de yine 8 mm kalınlığına sahip 5754-H22 altlıklı malzemede kullanılarak yapılan birleştirmelerde görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] Cobb HM, International A. The History of Stainless Steel: ASM International; 2010.
- [2] Davis JR, Committee ASMIH. Stainless Steels: ASM International; 1994.
- [3] Woldman NE, Frick JP. Woldman's Engineering Alloys: ASM International; 2000.

- [4] Min J, Li Y, Carlson BE, Hu SJ, Li J, Lin J. A new single-sided blind riveting method for joining dissimilar materials. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 2015;64(1):13-6.
- [5] Jeffus L. *Welding: Principles and Applications*: Cengage Learning; 2011.
- [6] Lippold JC, Kotecki DJ. *Welding metallurgy and weldability of stainless steels*: Wiley-Interscience; 2005.
- [7] Atanda P, Fatudimu A, Oluwole O. Sensitisation study of normalized 316L stainless steel. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 2010;9(01):13.
- [8] Srisuwan N, Eidhed K, Kreatsereekul N, Yingsamphanchareon T, Kaewvilai A. The Study of Heat Treatment Effects on Chromium Carbide Precipitation of 35Cr-45Ni-Nb Alloy for Repairing Furnace Tubes. *Metals*. 2016;6(1):26.
- [9] Rosenberg HM. *The Thermal Conductivity of Metals at Low Temperatures*: Royal Society; 1955.
- [10] Tritt TM. *Thermal Conductivity: Theory, Properties, and Applications*: Springer US; 2006.
- [11] Angell MF. *Thermal Conductivity of Metals at High Temperatures*: University of Wisconsin--Madison; 1911.
- [12] Cai Y, Luo Z, Feng M, Liu Z, Huang Z, Zeng Y. Effect of activator on mechanical properties and intercrystalline corrosion resistance of austenitic stainless steel weld. *Journal of Materials Processing Technology*. 2016.
- [13] Chopra O, Gruber E, Alexandreanu B, Chen Y, Shack W. Crack Growth Rates of Irradiated Austenitic Stainless Steels in BWR Environments at 289 °C. *ASME 2007 Pressure Vessels and Piping Conference*: American Society of Mechanical Engineers; 2007. p. 253-68.