

## AISI430/DUROSTAT500 TIG kaynaklı birleştirmesinin kırık yüzey morfolojisinin incelenmesi

Sinan AYDIN

Mekatronik Mühendisliği Bölümü / Teknoloji Fakültesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye

([sinancan@cumhuriyet.edu.tr](mailto:sinancan@cumhuriyet.edu.tr))

**Özet** – Bu çalışmada AISI430 ve DUROSTAT500 çelikleri çift taraflı TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmiştir. Birleştirmelerin mikro yapı, çekme ve çentik darbe testlerinin kırılma sonrası kırık yüzey morfolojileri değerlendirilmiştir. Akım şiddetinin yoğunluğu ile tam bir nüfuziyet sağlanmıştır. Farklı iki çelik TIG yöntemi ile başarılı bir şekilde birleştirilmiştir. Yüksek akım yoğunluğu ile Cr, C ve Ni elementlerinin difüzyonu meydana gelmiştir. Çekme ve çentik darbe testi sonrası numunelerin kırık yüzeylerinde gevrek kırılma tespit edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler – TIG Yöntemi, AISI430, DUROSTAT500, Kırılma Morfolojisi, Elementel Haritalama*

### I. GİRİŞ

Gaz Tungsten Ark Kaynağı (GTAW), Tungsten İnert Gaz (TIG) kaynağı olarak da adlandırılır. İş parçasının bir elektrik arkıyla ısıtılması tungsten elektrot ve iş parçası arasında birleştirmenin yapıldığı bir ark kaynağı işlemidir. Kaynak bölgesinin atmosferik kirlenmesini önlemek için koruyucu gaz olarak (argon veya helyum) kullanılır [1].

Tungsten İnert Gaz (TIG) kaynağı, yüksek kaliteli kaynaklar üretilebilmektedir ancak kullanılan ısı kaynağı geleneksel TIG' de nispeten düşük enerji yoğunluğuna ve ark basıncına sahip olduğundan, işlem verimliliği düşük seviyededir. TIG işleminin verimliliğini artırmak için anahtar deliği modunda kaynak arkının enerji yoğunluğu ve ark basıncı iyileştirilir [2]. Orta ve kalın levhaların geleneksel yöntemlerle çok pasolu kaynaklanması gerekir. Verimliliği artırmak ve maliyeti düşürmek için önerilen yeni kaynak yöntemlerinden biride K-TIG kaynak yöntemidir. Yöntemin kolay ve ucuz olması ayrıca geniş bir kullanım alanı nedeniyle giderek artan bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır [3]. TIG yönteminde kaynak torcu içindeki yüksek sıcaklık alanını sınırlamak için tungsten elektrot oldukça soğutulur. Katot bölgesi tungsten ucuna daha dar odaklanır artan akım yoğunluğu, ark jetinde sıkıştırma

etkisini artırır. Güçlü ark basıncı kaynak havuzu yüzeyini deforme ederek kaynağın içinde bir anahtar deliği oluşturur [4]. Yapılan çalışmada, 10.8 mm kalınlığında çelik levhalar K-TIG kaynağı ile oluk hazırlama veya dolgu metalleri kullanılmadan kaynaklanmıştır. Parçalara Charpy darbe testleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar, ısı girdisinin artmasıyla kaynak metalinin darbe emilim enerjisinin arttığını kanıtlamıştır [5]. KTIG yöntemi ile farklı çalışmalar yapılmıştır [6-9].

Paslanmaz çelikler, kristal yapılarına göre martenzitik, östenitik ve ferritik ve dubleks (ferritik ve östenitik çelik karışımı) paslanmaz çelikler olarak gruplandırılabilir.

Ferritik paslanmaz çelikler nikel içermemesi nedeniyle östenitik çeliklere göre daha düşük maliyetli olmalarının yanında daha düşük genleşme katsayısına sahiptirler [10]. Vamshi ve ark. AISI430 karbürizasyonun ferritik paslanmaz çelik üzerindeki etkisi üzerine bir inceleme yapmışlar ve çeliğin aşınma performansını incelemişlerdir [11]. AISI430'un özelliklerinin incelendiği başka çalışmalarda yapılmıştır [12-14].

HARDOX/DUROSTAT, aşınmaya dayanıklı olmaları ve yüksek tokluk ve sertlik gibi mekanik özelliklerinden dolayı iş makinası kovaları, kamyon damperleri ve kamyon ekipmanları gibi çeşitli ekipmanların imalatında kullanılmaktadır

[15]. Durostat çelikleri işlenebilirlik ve aşınma direnci gibi mükemmel özelliklere sahip çeliklerdir. DUROSTAT400, DUROSTAT450 ve DUROSTAT500 çelik kaliteleri vardır [16]. HARDOX500'ün özellikleri çeşitli çalışmalarda incelenmiştir [17-20].

Bu çalışmada, AISI430 ve DUROSTAT500 çelikleri çift taraflı TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmiştir. Birleştirmelerin mikroyapı, çekme ve çentik darbe testlerinin kırılma sonrası kırık yüzey morfolojileri değerlendirilmiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Kaynaklı birleşimlerde 10 x 100 x 130 mm ölçülerinde DUROSTAT500 ve AISI430 çelik levhalar kullanılmıştır. DUROSTAT500'ün kimyasal içeriği (%) Fe=Bal., C=0.30, Si=0.6, Mn=2.1, Cr=1 ve AISI430'ün kimyasal içeriği (%) Fe=Bal., C=0.048, Si=0.44, Mn=0.61, Cr=16.02' dir. Kaynak parametreleri olarak kaynak akımı= 230, 260 ve 290 A, koruyucu gaz debisi= 15 l/dak ve nozul çapı= 8 mm seçilmiştir.

Numuneler 80-1200 kumlu SiC kağıtlarla zımparalanmış ve parlatılmıştır. DUROSTAT500, %2 HNO<sub>3</sub> + %98 alkol ile dağlanmış. AISI430, %50 HNO<sub>3</sub> + %50 alkol içeren DC 12 V ile 3 saniye boyunca dağlanmıştır.

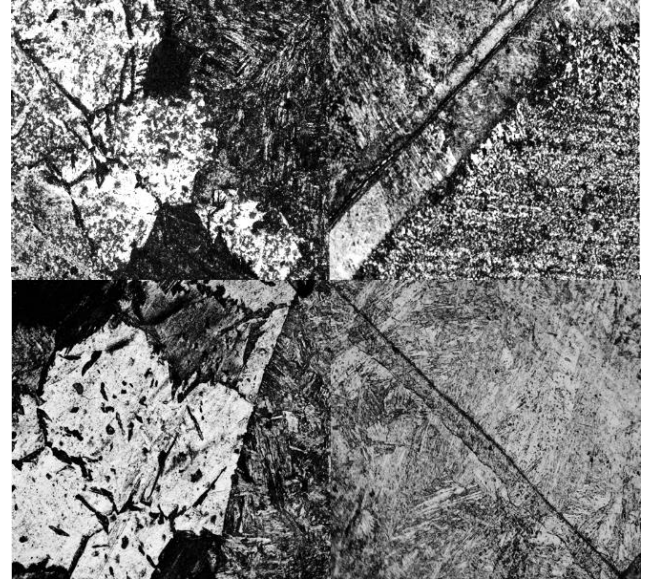
Kaynaklı bağlantıların mikroyapısal analizi optik mikroskop (OM) Nikon Eclipse LV150 cihazı ile yapılmıştır. Numunelerin çentik ve çekme testi sonrası kırık yüzey morfolojileri SEM, EDS ve Elementel haritalama analizleri Tescan Mira3 cihazı ile yapılarak değerlendirilmiştir.

## III. BULGULAR

S3 numunesine ait birleştirmelerin optik mikro yapı görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir. AISI430 tarafında tane içi ve tane sınırı karbürleri görülmüş, DUROSTAT500 tarafında ferrit, perlit, martenzit görülmüştür. Kaynak metalinde de martenzit ve karbürler görülmüştür.

S3 numunesinin çentik darbe testi sonrası kırık yüzey makro görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir. Kırılma kaynak metalinde gerçekleşmiştir.

S3 numunesinin çekme testi sonrası kırık yüzey makro görüntüsü Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 1 S3 numunesinin optik görüntüsü

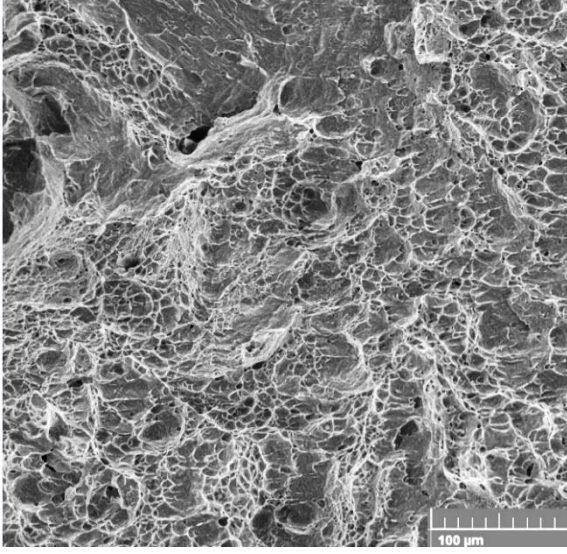


Şekil 2 S3 numunesinin çentik darbe testi sonrası kırık yüzey makro görüntüsü



Şekil 3 S3 numunesinin çekme testi sonrası kırık yüzey makro görüntüsü

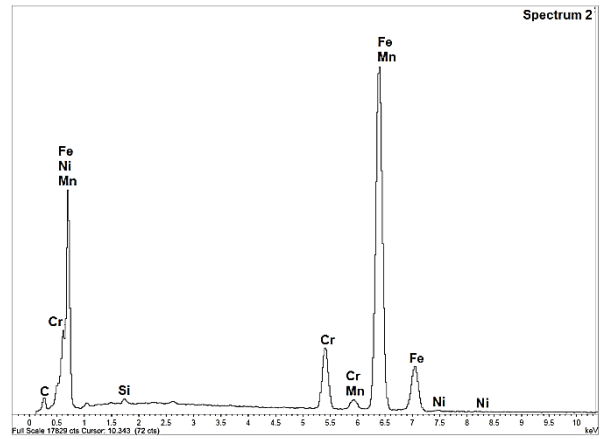
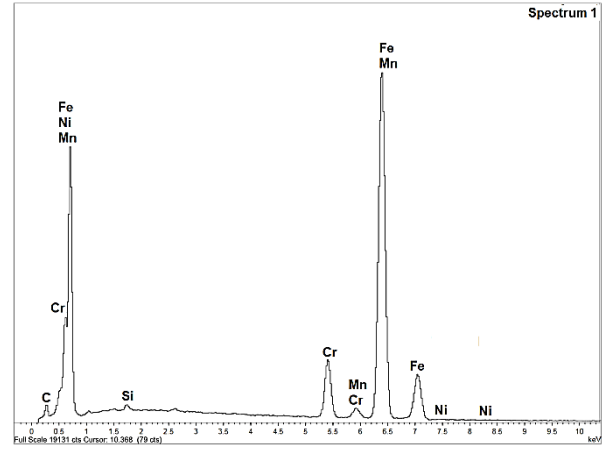
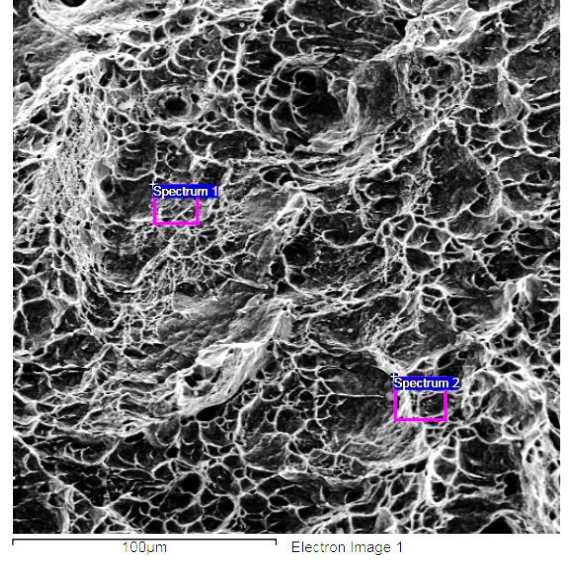
S3 numunesine ait birleştirmenin çentik darbe testi sonrası kırık yüzey SEM görüntüsü Şekil 4'de verilmiştir. Kırılma klivaj kırılma olup balıksırtı görünümündedir. Numunede gevrek kırılma meydana gelmiştir.



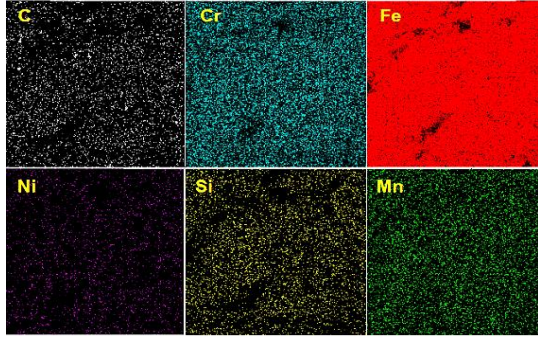
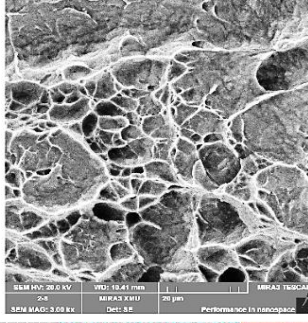
Şekil 4 S3 numunesinin kırık yüzey SEM görüntüsü

S3 numunesine ait kırık yüzey EDS analizi spektrum ve grafikleri Şekil 5’de verilmiştir. Farklı kimyasal bileşime sahip AISI430 veDUROSTAT500 çeliklerinin birleştirilmesi sonucunda difüzyon oluşmuştur. Kaynak metalinde Cr, Fe, Ni, Si ve Mn elementleri tespit edilmiştir.

S3 numunesinin elementel haritalama analizi Şekil 6’da verilmiştir. Karbon, krom, demir, nikel, silisyum ve mangan elementleri homojen olarak dağılım sergilemiştir.



Şekil 5 S3 numunesi EDS analizi spektrum ve grafikleri



Şekil 6 S3 numunesi elementel haritalama analizi

#### IV. TARTIŞMA

Çalışmada farklı özellikteki çelik levhaların TIG kaynağı ile birleştirilmesi ile literatürdeki benzer çalışmalarla [16] uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

#### V. SONUÇLAR

Bu çalışmada AISI430 ve DUROSTAT500 çelikleri çift taraflı TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- AISI430 tarafında tane içi ve tane sınırı karbürleri görülmüş, DUROSTAT500 tarafında ferrit, perlit, martenzit görülmüştür. Kaynak metalinde de martenzit ve karbürler oluştu.
- Çekme ve çentik darbe testi sonrası numunelerin kırık yüzeylerinde gevrek kırılma tespit edildi.
- Elementel haritalama neticesinde karbon, krom, demir, nikel, silisyum ve mangan elementlerinin dağılımı homojen olarak görüldü.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasında katkılarından dolayı TURASAŞ Sivas Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

#### KAYNAKLAR

- [1] R. Kumar and S. R. S. Bharathi, "A Review Study on A-TIG Welding of 316(L) Austenitic Stainless Steel," *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, vol. 02(03), pp. 2066–2072, 2016.
- [2] L. Z. Ming, F. Y. Xiao, C. S. Lin, L. Zhen, L. W. Dong, L. Z. Yi, J. Qu and Y. Song, "Stable keyhole welding process with K-TIG," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 238, pp. 65–72, 2016.
- [3] C. Yanxin, S. Yonghua and H. Xiaobin, "Analysis of the frequency features of arc voltage and its application to the recognition of welding penetration in K-TIG welding," *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 46, pp. 225–233, 2019.
- [4] L. Z. Ming, C. S. Yu, L. Shang, L. Zhen and Y. J. Rui, "Keyhole dynamic thermal behaviour in K-TIG welding process," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 123, pp. 54–66, 2018.
- [5] C. Shuwan, S. Yonghua S, C. Yanxin and Z. Tao, "The impact toughness of novel keyhole TIG welded duplex stainless-steel joints," *Engineering Failure Analysis*, vol. 94, pp. 226–231, 2018.
- [6] Y. Feng, Z. Luo, Z. Liu, Y. Li, Y. Luo and Y. Huang, "Keyhole gas tungsten arc welding of AISI 316L stainless steel," *Materials & Design*, vol. 85, pp. 24–31, 2015.
- [7] C. Rosellini and L. Jarvis, "The keyhole TIG welding process: a valid alternative for valuable metal joints," *Welding International*, vol. 23(8), pp. 616–621, 2009.
- [8] S. Cui, Y. Shi, K. Sun and S. Gu, "Microstructure evolution and mechanical properties of keyhole deep penetration TIG welds of S32101 duplex stainless steel," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 709, pp. 214–222, 2018.
- [9] Z. Fei, Z. Pan, D. Cuiuri, H. Li, B. Wu, D. Ding and L. Su, "Effect of heat input on weld formation and tensile properties in keyhole mode TIG welding process," *Metals*, vol. 9(12) pp. 1327, 2019.
- [10] A. C. S. Sabioni, A. M. Huntz, E. C. Luz, M. Mantel and C. Haut, "Comparative study of high temperature oxidation behaviour in AISI 304 and AISI 439 stainless steels," *Material Research*, vol. 6(2), pp. 179–85, 2003.
- [11] M. Vamshi, S. K. Singh, N. Sateesh, D. S. Nagaraju and R. Subbiah, "A review on influence of carburizing on ferritic stainless steel," *Materials Today: Proceedings*, vol. 26, pp. 937–943, 2020.
- [12] J. H. Sung, J. H. Kong, D. K. Yoo, H. Y. On, D. J. Lee and H. W. Lee, "Phase changes of the AISI 430 ferritic stainless steels after high-temperature gas nitriding and tempering heat treatment," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 489(1-2), pp. 38–43, 2008.
- [13] E. R. Moldovan, C. C. Doria, J. L. Ocaña, B. Istrate, N. Cimpoesu, L. S. Baltas and M. H. Tiorean, "Morphological Analysis of Laser Surface Texturing Effect on AISI 430 Stainless Steel," *Materials*, vol. 15(13), pp. 4580, 2022.
- [14] H. Ebrahimifar and M. Zandrahimi, "Oxidation and electrical behavior of AISI 430 coated with cobalt spinels for SOFC interconnect applications," *Surface and Coatings Technology*, vol. 206(1), pp. 75–81, 2011.

- [15] K. N. Deepak and K.P. Maity, "An optimization and experimental analysis of plasma arc cutting of Hardox-400 using Taguchi based desirability analysis," *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, pp. 13157–13165, 2018.
- [16] T. Teker, A. Günes, "Microstructure and mechanical properties of AISI 304/DUROSTAT 500 steel double-sided TIG welds," *Materials Testing*, vol. 64(8), pp. 1162–1171, 2022.
- [17] M. Kuntoglu, "Machining induced tribological investigations in sustainable milling of Hardox 500 steel: A new approach of measurement science," *Measurement*, vol. 201, pp. 111715, 2022.
- [18] T. M. Duc, T. T. Long and D. V. Thanh, "Evaluation of minimum quantity lubrication and minimum quantity cooling lubrication performance in hard drilling of Hardox 500 steel using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofluid," *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 12(2), pp. 1687814019888404, 2020.
- [19] Z. Zuo, M. Haowei, M.Yarigarravesh, A. H. Assari, M. Tayyebi, M. Tayebi and B. Hamawandi, "Microstructure, Fractography, and Mechanical Properties of Hardox 500 Steel TIG-Welded Joints by Using Different Filler Weld Wires," *Materials*, vol. 15(22), pp. 8196, 2022.
- [20] M. Szala, M. Szafran, J. Matijošius and K. Drozd, "Abrasive wear mechanisms of S235JR, S355J2, C45, AISI 304, and Hardox 500 steels tested using garnet, corundum and carborundum abrasives," *Advances in Science and Technology. Research Journal*, vol. 17(2), 2023.