



S235JR karbon çeliği ile AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin mig kaynak yöntemi ile kaynak edilebilirliğinin incelenmesi

Ali Yürük¹, Batuhan Bozkurt², Nizamettin Kahraman²

14.07.2016 Geliş/Received, 02.08.2016 Kabul/Accepted

doi: <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.296811>

ÖZET

Bu çalışmada farklı kimyasal bileşime ve mekanik özelliklere sahip, düşük karbonlu çelik (S235JR) ile ferritik paslanmaz (AISI 430) çelik malzemeler MIG kaynak yöntemi ile farklı tel ilerleme hızlarında (kaynak akımı) birleştirilmiştir. Kaynak uygulaması gerçekleştirilmiş kaynaklı birleştirmenin mekanik özelliklerini belirlemek için kaynaklı bağlantılara çekme deneyi yapılmış, ayrıca kaynak bölgesinde sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak kaynak metalinde meydana gelen oluşumlar ve ITAB'daki değişimleri belirlemek içinde mikroyapı çalışmaları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: S235JR karbon çeliği, AISI 430 ferritik paslanmaz çelik, MIG kaynak yöntemi.

An investigation on the weldability of S235JR carbon steels and aisi 430 ferritic stainless steels with gas metal arc welding

ABSTRACT

In this study, a different chemical composition and mechanical properties, low carbon steel (S235JR) and ferritic stainless (AISI 430) steel materials with different wire feed speed in MIG welding (welding current) are joined. Welding application made to the tensile test to determine the mechanical properties of welded joints welded joints were carried out, also hardness measurements were carried out in the the welding zone. Finally studies of microstructure formation welding to determine the weld metal and the HAZ changes are made.

Key Words: S235JR carbon steel, AISI 430 ferritic stainless steel, gas metal arc welding.

¹ Bursa İstanbul Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Düzce, Turkey - aliyuruk@hotmail.com

² Teknoloji Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Turkey - nizamettinkahraman@gmail.com

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ferritik paslanmaz çelikler % 15-30 oranlarında Cr içeren çeliklerdir. Ferritik paslanmaz çelikler klorlu ortamlarda mükemmel bir korozyon çatlağı ve oyulma direncine sahiptir [1-3]. Bu nedenle ferritik paslanmaz çelikler, östenitik paslanmaz çeliklere oranla daha yüksek akma dayanımına sahip olmasına rağmen, çekme uygulamalarında düşük uzama sergilerler. Kaynaklarda tane irileşmesi sebebiyle tokluk, süneklik ve korozyon direncinde azalmalar görülür [2]. Ferritik paslanmaz çeliklerin bileşiminde nikel bulunmaması sebebiyle östenitik çeliklerden daha ucuzdur [4]. Bu nedenle de endüstride özellikle mutfak eşyalarının yapımı başta olmak üzere yoğun bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca ferritik paslanmaz çelikler günümüzde otobüs gövde panellerinin yapımında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [5].

Günümüzde hızla gelişen teknoloji beraberinde farklı parçaların da kaynaklı birleştirme yöntemleri ile birleştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bunun için de kullanılan çok çeşitli kaynak yöntemleri mevcuttur. Bu kaynak yöntemlerinden biri de MIG-MAG kaynak yöntemidir. MIG-MAG kaynak yöntemi demir esaslı ve demir dışı metallerin kaynağında en çok kullanılan kaynak yöntemidir [6]. MIG kaynak yöntemi birçok avantajlarından dolayı endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır [7]. Yüksek kaynak hızı, otomatik olarak uygulanabilmesi, yüksek metal biriktirme oranı, curuf olmayışı ve bütün pozisyonlarda kolaylıkla kaynak yapılabilmesi MIG kaynak yönteminin önemli avantajlarından [8].

Öte yandan MIG-MAG kaynak yöntemi yapı çeliklerinin yanında süper marteolitik paslanmaz çeliklerin, alüminyum ve alaşımlarının kaynaklı birleşmesinde başarıyla uygulanabilmektedir [7]. MIG-MAG kaynak yöntemi ile demir dışı metallerinde birleştirilebilmesi de mümkündür [9].

Ayrıca gelişmekte olan çelik ve inşaat sektörleri farklı özelliklere sahip çeliklerin birbirine kaynak ile birleştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Özellikle nükleer reaktörlerde, buhar santrallerinin ana boru hatlarında, petrokimya tesislerinde farklı metal ve metal alaşımlarının birleştirilmeleri yapılmaktadır. Bunun yanı sıra farklı metallerin birleştirilmesi endüstriyel uygulamalarda kap ve eşanşör yapımında da kullanılmaktadır [10].

Farklı özelliklere sahip metallerin kaynaklı birleştirme uygulamalarından biri de paslanmaz çeliklerle düşük

alaşımli veya alaşımsız yapı çeliklerinin kaynak ile birleştirilmesidir. Paslanmaz çeliklerle düşük alaşımli çeliklerin kaynağı çoğunlukla basınç kaplarının, kazan, elektrik üretim sistemlerinin ısı değiştiricilerinde ve petrokimya endüstrisinde kullanılmaktadır [11].

Bu çalışmada, S235JR karbon çeliği ile AISI 430 ferritik paslanmaz çelik malzemeler farklı kaynak parametreleri kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirme işlemleri sonrasında kaynaklı numunelerin mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM (EXPERIMENTAL PROCEDURE)

Deneyisel çalışmada kullanılan S235JR karbon çeliğinin ve AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimleri Tablo 1'de, mekanik özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Kaynak işleminde 1 mm çapında 309 L Si ilave doğu metali kullanılmış olup kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Deney numuneleri 200x120x2 mm ölçülerinde, aralarında 1 mm kaynak boşluğu kalacak şekilde hazırlanarak Tablo 4'deki kaynak parametreleri kullanılarak birleştirilmiştir. Kaynak işlemi Lincoln Powertec 365 S gazaltı kaynak makinesinde gerçekleştirilmiş olup kaynak esnasında koruyucu gaz olarak saf argon gazı kullanılmıştır. Kaynak işleminden sonra deney numuneleri hava ortamında kendi halinde soğumaya bırakılmıştır.

Kaynaklı numunelerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme deneyi, sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiş ve ayrıca mikroyapı çalışmaları yapılmıştır. Çekme deneyi için numuneler TS EN ISO 4136 standardına göre hazırlanmış ve ardından da 100 kN kapasiteli INSTON model çekme test cihazında 1mm/dak hızında çekilerek çekme uzama diyagramları elde edilmiştir. Sertlik ölçümleri, Shimadzu HMV marka cihaz ile 0,5 kg yük altında 15 sn bekletilip izler oluşturularak yapılmıştır. Mikroyapı incelemeleri için hazırlanan numuneler parlatma işleminden sonra AISI 430 ferritik paslanmaz çelik % 10 oksalik asit ile elektrolitik olarak, 13,8 V, 3 A akımda 12 saniye süre dağlanırken, S235JR karbon çeliği 2 ml HNO₃ 100 ml % 98 etil alkol ile dağlanmıştır. Dağlama işleminden sonra numuneler bilgisayara görüntü aktarabilen NIKON Epiphot 200 model optik mikroskop ile incelenmiştir.

A.Yürükve diğ. / S235JR karbon çeliği ile AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin mig kaynak yöntemi ile kaynak edilebilirliğinin incelenmesi

Tablo 1. Deneide kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimleri. (The chemical compositions of materials used in the experiment)

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Co	Fe
S235JR	0,17	0,3	0,3	0,05	0,05	-	-	-	-	-	Kalan
AISI 430	0,046	0,6	0,586	0,022	0,001	17,13	0,132	0,019	0,121	0,044	Kalan

Tablo 2. Deneide kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri. (The mechanical properties of materials used in the experiment)

Malzeme	Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Uzama (%)
S235JR	235	340-470	25
AISI 430	205	450	22

Tablo 3. Deneide kullanılan dolgu metalinin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri. (The chemical composition and mechanical properties of filler metal used in the test).

C	Si	Mn	Cr	Ni	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Uzama (%)
0,03	0,80	1,80	23,5	13,0	Min 320	Min 520	Min 30

Tablo 4. Kaynak esnasında kullanılan kaynak parametreleri. (Welding parameters used during welding)

Kaynak parçaları	Kaynak akımı (A)	Tel hızı (mm/sn)	Kaynak hızı (mm/sn)	Kaynak gerilimi (V)	Gaz debisi (Lt/dak)	Isı girdisi (J/mm)
1.	100	3,5	4	19	12	380
2.	110	4	4	19	12	418
3.	120	5	4	19	12	456

3. SONUÇ VE TARTIŞMALAR (RESULT AND DISCUSSIONS)

3.1 Çekme deneyi (Tensile Test)

Kaynaklı numulere, tel ilerleme hızının, dolayısıyla kaynak akımının birleştirmelerin mekanik özelliklerine etkilerini belirlemek için çekme deneyi yapılmıştır. Çekme testi yapılan numunelerin her bir parametresinden gerçekleştirilen deney numyelerinin kopma resimleri Şekil 1'de verilmiştir. Tablo 5'de çekme deneyi sonucunda elde edilen veriler, Şekil 2'de ise her bir numune için yapılan üç çekme test ortalamasının çekme diyagramları verilmiştir.

Elde edilen veriler ana malzemelerin mekanik özellikleri ile karşılaştırıldığında, her üç deney numyesinin çekme dayanımlarının S235JR karbon çeliğininin çekme dayanımı için verilen değerler arasında olduğu tespit edilirken, AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin çekme dayanımından düşük olduğu görülmüştür. Aynı şekilde % uzama değeri üzerinde yapılan karşılaştırmada ise elde

edilen sonuçların S235JR karbon çeliğininin % uzama değerinden düşük, AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin % uzama değerinden büyük olduğu saptanmıştır. Ancak her üç deney numyesinin de akma dayanımlarının her iki ana metalden de yüksek olduğu görülmüştür.

Şekil 2'de verilen çekme deneyi sonuçlarında en düşük çekme dayanımı 110 A kaynak akımında 343,54 MPa olarak ölçülürken, en yüksek çekme dayanımı 100 A kaynak akımında 346,74 MPa olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda en yüksek akma dayanımı 120 A kaynak akımında 258,50 MPa ölçülürken, en düşük akma dayanımı 110 A kaynak akımında 250,78 MPa olarak ölçülmüştür. Yapılan çekme deneyleri sonucunda artan kaynak parametreleri ile çekme dayanımının arttığı ve/veya azaldığına dair bir bulguya rastlanamamıştır. Tüm kaynaklı numyelerde kopma, kaynak metali ve ITAB dışında, ana malzemelerin S235JR karbon çeliği tarafından (Şekil 1) meydana geldiği için, kaynaklı bağlantılardan elde edilen max çekme dayanımı değerleri ile max % uzama değerleri birbirlerine yakın değerlerde bulunmuştur. Farklı malzemelerin kaynaklı bağlantılarında kaynak metali ve ITAB'ın mukavemetinin ana malzemelerden

A.Yürükve diğ. / S235JR karbon çeliği ile AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin mig kaynak yöntemi ile kaynak edilebilirliğinin incelenmesi

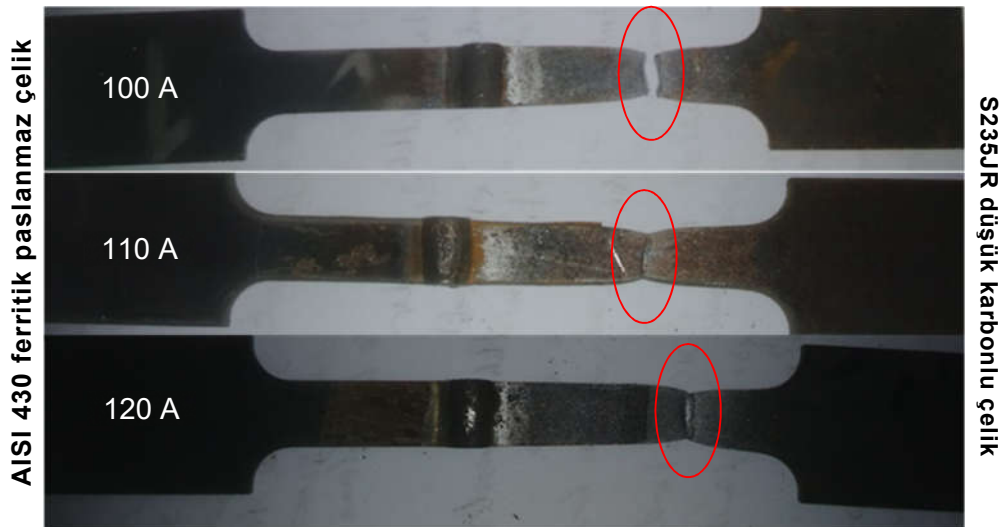
mukavemeti düşük olandan yüksek bulunması, kaynaklı bağlantının kendisinden beklenen şartları sağladığı olarak değerlendirilebilir. Bu durumda, çalışma dahilinde kullanılan her üç proses değişkenin de uygun olduğu bir gerçektir. Tabii ki bu durumda en az ısı girdisi ile yapılan birleştirmenin kullanılması, kaynak bölgesinde meydana gelecek çarpılma ve distorsiyonları azaltma bakımından bir tercih sebebi olacaktır.

Son olarak çekme deneyi sonucunda kopmanın S235JR ana malzemeden olmasının sebebi, AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin akma ve çekme dayanımının, S235JR karbon çeliğinin akma ve çekme dayanımından daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır [12]. S235JR ve AISI 304 östenitik paslanmaz çelik ile yaptıkları bir

çalışmada çekme deneyi sonucunda kopmaların S235JR ana metalinde meydana geldiğini belirtmişlerdir.

3.2 Sertlik sonuçları (Hardness Results)

Kaynak tel hızının (kaynak akımının) ve kaynak ısı girdisinin kaynaklı parçaların sertliği üzerindeki etkilerini tespit etmek için sertlik ölçümleri yapılmış olup Şekil 3'te sertlik ölçümleri sonucunda elde edilen grafik verilmiştir.

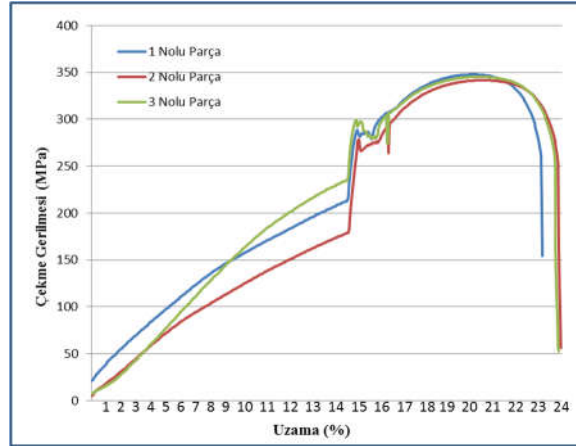


Şekil 1. Çekme numunelerine ait kopma bölgeleri. (Tensile specimens of the fracture zones)

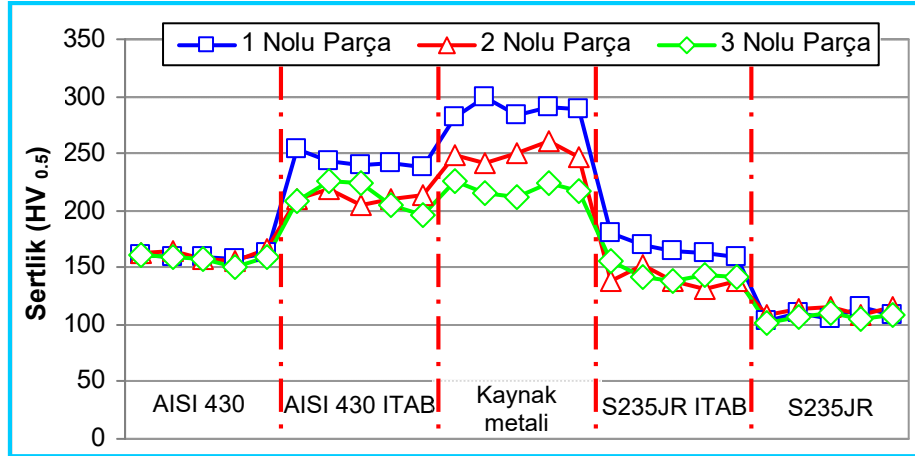
Tablo 5. Çekme deney sonuçları. (Tensile test results)

Deney numunesi	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama (%)
1.	252,19	346,74	22
2.	250,78	343,54	23
3.	258,50	345,26	23

A.Yürükve diğ. / S235JR karbon çeliği ile AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin mig kaynak yöntemi ile kaynak edilebilirliğinin incelenmesi



Şekil 2. Çekme deneyi sonucunda elde edilen diyagramlar. (The diagrams are obtained as a result of tensile test)



Şekil 3. Sertlik ölçüm sonuçları. (Hardness measurement results).

Şekil 3'deki sertlik ölçüm sonuçları incelendiğinde, kaynaklı bağlantıdaki her iki ITAB ve kaynak metali sertliklerinin her iki ana metalden de yüksek olduğu görülmektedir. Grafik bir başka açıdan değerlendirildiğinde her üç deney numunesinde de en yüksek sertlik değeri kaynak metalinden elde edilmiştir. Kaynak metalinde en yüksek sertlik 100 A kaynak akımı ve 3,5 m/sn tel hızında 313 HV ölçülürken en düşük sertlik ise 120 A kaynak akımı ve 5 m/sn tel hızında 211 HV olarak ölçülmüştür [1]. Ferritik paslanmaz çelikler üzerine yaptıkları bir çalışmada kaynak işleminde ısı girdisinin birleşme bölgesindeki termal ısıl çevrimini değiştirmesinin mikroyapı özelliklerini değiştirdiğini ve bunun da sertlik özelliklerinin de değişmesine neden olduğunu söyleyerek, kaynak bölgesinin sertliğinin hem ITAB'dan hem de ana metalden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Kaynaklı bağlantılardaki her iki ITAB bölgesinin sertliği incelendiğinde, AISI 430 ferritik paslanmaz çelik ITAB

sertliğinin, S235JR karbon çeliğinin ITAB sertliğinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca birleştirmelerdeki her iki ITAB'da ana metallerle karşılaştırıldığında, her iki ITAB'ında ana metallerden daha yüksek sertliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Her iki ITAB'daki bu sertlik artışının, kaynak esnasındaki ısı girdisinin, dolayısıyla kaynak sonrası soğuma hızının kaynak malzemelerin mikroyapısının etkilemesinden kaynaklanmaktadır [8]. Kılınçer ve Kahraman 409 ferritik paslanmaz çelik ve Ç1010 çeliği ile yaptıkları bir çalışmada kaynak ile hızının sabit kalıp tel ilerleme hızının artması ile kaynak bölgesine verilen ısı girdisinin arttığını, bu ısı girdisinde sertliği düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Sertlik sonuçları ile mikroyapı çalışmaları ortak olarak değerlendirildiğinde 430 ferritik paslanmaz çelik ITAB'ında tane sınırlarında dentritik oluşumların meydana geldiği görülmüştür. Bunun da ITAB'da sertlik artışına neden olduğu düşünülmektedir.

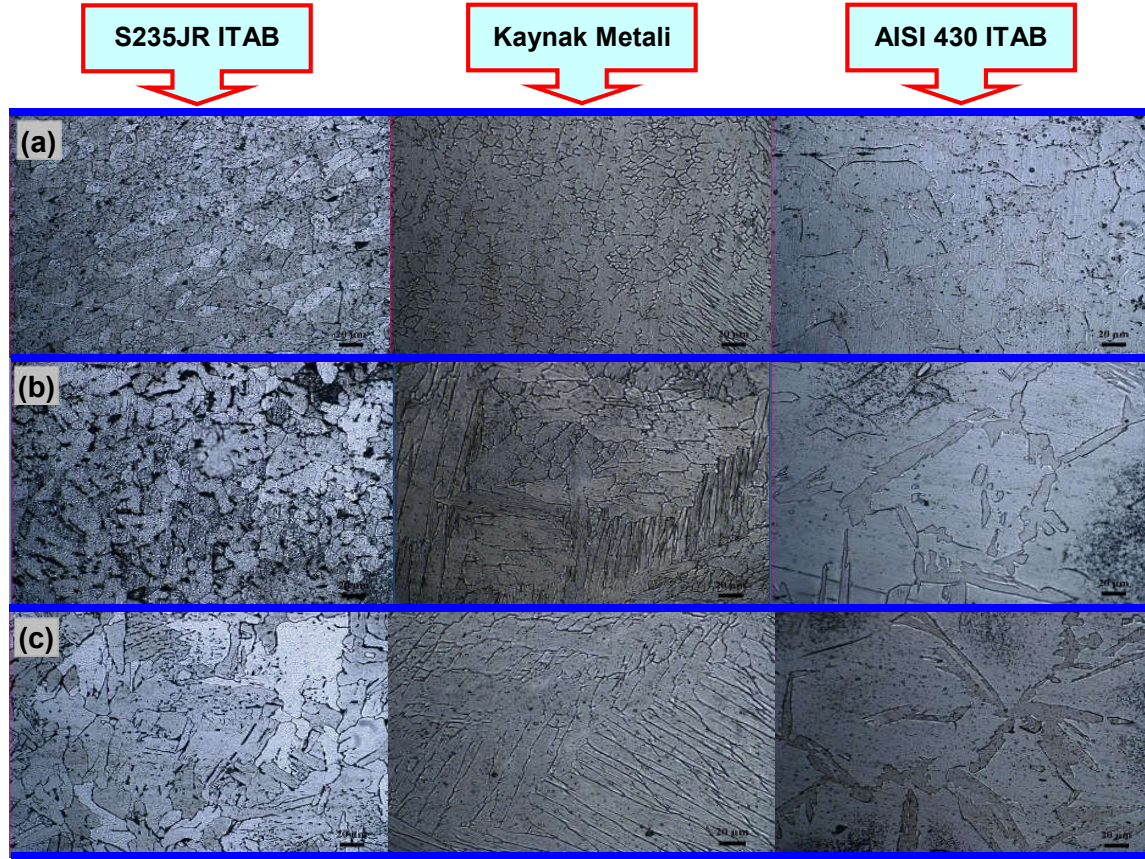
Sonuç olarak; yapılan çalışmada artan kaynak parametreleri ile sertlik değerinin düştüğü görülmüştür. Buna ise artan kaynak parametreleri ile artan ısı girişinin kaynak metalinin soğuma hızını düşürmesi neden olmuştur.

3.3 Mikroyapı incelemeleri (Investigations of Microstructure)

Değişen kaynak parametrelerinin birleştirmelerin mikroyapısı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, kaynaklı numuneler üzerinde mikroyapı çalışmaları yapılmıştır. Şekil 4’de mikroyapı çalışmaları sonucunda elde edilen optik mikroskop görüntüleri verilmiştir. Şekil incelendiğinde kaynak metalinde kaba ve sütümsal tanelerin oluştuğu görülmektedir. Literatürde MIG kaynak yöntemi ile birleştirilen 430 ferritik paslanmaz çeliğin kaynak metalinde ısı girişine bağlı olarak kaba ve sütümsal tanelerin oluştuğu bildirilmiştir [13]. Ayrıca artan kaynak akımına (tel ilerleme hızına) paralel olarak

kaynak bölgesine giren ısı girdisinin de artması sonucunda kaynak metalindeki sütümsal tanelerde uzamaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Tanelerde meydana gelen bu değişimlerin kaynak metalinin sertliğinin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca kaynak akımının (tel ilerleme hızının) artması, tanelerde büyümelere neden olmuştur. Tane büyümesine kaynak akımına paralel olarak artan ısı girdisi neden olmuştur. Literatürde düşük karbonlu çelikle ferritik paslanmaz çelik MIG kaynak yöntemi ile birleştirmiş ve yapılan çalışmada ferritik paslanmaz çelik ile düşük karbonlu çeliğin ITAB’larında tane irileşmelerinin görüldüğünü buna ise artan ısı girdisinin soğuma hızını ve katılaşmayı yavaşlatmasının sebep olduğu rapor edilmiştir [8]. Benzer şekilde Taban, Deleu, Dhooge ve Kaluç MIG kaynak yönetmi ile ferritik paslanmaz çelikleri kaynatmışlar ve ITAB’daki tane irileşmesinin ısı girdisine bağlı olarak değiştiğini rapor etmişlerdir [15].



Şekil 4. Farklı kaynak akımlarında birleştirilen numunelerin mikroyapı görüntüleri a) 100 A, b) 110 A ve c) 120 A. (Microstructural images of the joined sample at different welding current).

Birleştirmenin AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğinin ITAB görüntüleri incelendiğinde, tanelerin belirgin bir şekilde kabalaştığı ve büyümüş tane sınırlarında dentirik kolların oluştuğu görülmüştür. Oluşan dentirik kollarının tane sınırı karbürü olduğu düşünülmektedir. Eker 430 ferritik paslanmaz çeliğini MIG kaynak yöntemi ile birleştirmiş ve ferritik paslanmaz çeliğin iri tanelerinin sınırlarında ve içerisinde krom karbür çöketilerinin oluştuğunu bildirmiştir [13]. Meydana gelen bu krom kabür çöketileri de 430 ferritik paslanmaz çeliğin ITAB'nın sertliğin artmasında etkili olmuştur. Aynı şekilde literatürde ITAB'ın ferritik fazından meydana geldiği ve iri taneli bölgede tane içinde ve tane sınırında çita şeklinde krom karbülerin oluştuğu rapor edilmiştir [14].

S235JR karbon çeliğinin ITAB görüntüleri incelendiğinde artan tel ilerleme hızına (kaynak akımına) paralel olarak tanelerde büyümeler görülmüştür. Literatürde S235JR karbon çeliğinin ITAB'ında iri ve ince taneli bir yapı meydana geldiği bildirilmiştir [16]. Tanelerde meydana gelen bu değişime, artan tel ilerleme hızına paralel olarak artan ısı girdisi sebep olmuştur. Yine başka bir çalışmada Bendikiene, Janusas ve Zizys S235JR karbon çeliğini MIG/MAG kaynak yöntemi ile birleştirmişler ve yaptıkları çalışmada kaynak sıcaklığına ve soğuma hızına bağlı olarak tanelerde kabalaşmaların meydana geldiğini bildirmişlerdir [17].

Öteyandan kaynak metalinde ve her iki taraftaki ITAB'ın tanelerinde meydana gelen değişime kaynak sırasında kullanılan ilave telinde katısı olduğu düşünülmektedir. Literatürde sade karbonlu çelik ve AISI 430 paslanmaz çelikte yapılan bir çalışmada AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin ITAB'ında çökelti miktarına ve tane büyümesine, ilave dolgu metali kullanılmasının da katkısı olduğundan bahsedilerek, buna ise ısı girdisinin neden olabileceği bildirilmiştir [2].

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Çekme testleri sonucunda, farklı proses değişkenleriyle yapılan birleştirmelerin tümünde kopma, birleştirmenin S235JR karbonlu çelik malzeme tarafında meydana gelmiştir. Bu sonuç, kaynak işlemi esnasında seçilen proses değişkenlerinin ve ilave metalin doğru seçildiğinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

- ✓ Çekme testleri sonucunda, farklı parametrelerde birleştirilen kaynaklı bağlantıların çekme mukaveti ile % uzama değerleri birbirlerine yakın bulunmuştur. Bunun sebebi kopmanın tüm testlerde ana malzemede gerçekleşmiş olmasıdır.

- ✓ Sertlik ölçümleri sonucunda birleştirmenin her iki taraftaki ITAB ile kaynak metalinin sertliklerinin her iki ana malzemeden daha yüksek olduğu görülmüştür.
- ✓ Birleştirmenin AISI 430 ferritik paslanmaz çelik ITAB'ının sertliğinin artmasına mikroyapıda meydana gelen tane sınırında çöken krom karbürün sebep olduğu düşünülmektedir.
- ✓ Kaynaklı bağlantılarda kaynak akımının artmasıyla ısı girdisi artmış, ısı girdisinin artışı dolayısıyla kaynak sonrası soğuma hızı azaldığından sertliğin düştüğü görülmüştür.

TEŞEKKÜRLER (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmanın gerçekleşmesindeki katkı ve yardımlarından dolayı Düzce "TEKNOROT Otomotiv Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye ve sarf malzeme teminindeki yardımlarından dolayıda Gedik Kaynak A.Ş teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] A. K. Lakshminarayanan, K. Shanmugam and V. Balasubramanian, "Effect of antogenous arc welding processes on tensile and impact properties of ferritic stainless steel joints.", Journal of Iron and Steel Research, International: vol.16, no.1, pp. 62-68, 2009.
- [2] S. M. Khorrami, M. A. Mostafaei, H. Pouraliakbar and H. A. Kokabi, "Study on microstructure and mechanical characteristics of low-carbon steel and ferric stainless steel joints.", Materials Science&Engineering A, vol. 608, pp. 35-45, 2014.
- [3] J. C. Lipold and D. J. Kotecki, "Welding metallurgy and weldability of stainless steels.", Wiley- Interscience, pp 111-112, 2005.
- [4] D. K. Ramkumar, A. Chandrasekhar, A. K. Singh, S. Ahuja, A. Agarwal, N. Arivazhagan and A. M. Rabel, "Comparative studies on the weldability, microstructure and tensile properties or outgeneous TIG welded AISI 430 ferritic stainless steel with and withot flux.", Journal of Manufacturing Processes: vol. 20, no.1, pp. 54-69, 2015.
- [5] M Alizadeh, S.P.H. Marashi and M Pouranvari, "Resistance spot welding of AISI 430 ferritic stainless steel: Phase transformations and mechanical properties." Materials & Design: vol. 56, pp. 258-263, 2014.

- [6] B. S. Ünlü, “Ark, TIG, MIG/MAG kaynakları yapılmış TS Fe 37-2 çeliğinin kaynak bölgesinin mikroyapı ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması” 2. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Serisi. Ankara, pp. 539-546, 23-25 Mayıs 2012.
- [7] S. S. Yılmaz, B. S. Ünlü, M. Uzkut and C. Çivi, “MIG/MAG kaynağı ile farklı akımlarda birleştirilmiş Fe 37 çeliğinin kaynak bölgesinin mikroyapı ve mekanik özellikleri.” 2. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Serisi. Ankara, pp. 383-391, 23-25 Mayıs 2012.
- [8] E. Kılıç and N. Kahraman, “AISI 409 ve Ç 1010 çeliğinin östenitik elektrod kullanarak MIG kaynak yöntemi ile birleştirilmesi ve mekanik özelliklerinin araştırılması.” Gazi Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Dergisi: vol. 24, no. 1, pp. 23-31, 2009.
- [9] N. Kahraman and B. Gülenç, Modern Kaynak Teknolojisi. Epa-Mat Basım Yayın, 100–101, 2013.
- [10] A. Çelik and A. Alsaran, “Mechanical and structural properties of similar and dissimilar steel joints.” Materials Characterization: vol. 43, pp. 311–318, 1999.
- [11] T. Mert, N. Gultekin and A. Karaaslan, “Mechanical and microstructural evaluation of DMAG welding of structural steel.” Advances in Mechanical Engineering: vol. 7, pp. 1-9, 2015.
- [12] M. Jafaradegan, A. Abdollah-zadeh, A. H. Feng, T. Saeid, J. Shen and H. Assadi, “Microstructure and mechanical properties of a dissimilar friction stir weld between austenitic stainless steel and low carbon steel.” J. Mater. Sci. Technol.: vol. 29, no. 4, pp. 367-372, 2013.
- [13] T. Teker, “Effect of synergic controlled pulsed and manual gas metal arc welding processes on mechanical and metallurgical properties of aisi 430 ferritic stainless steel.” Metallurgy and Materials: vol. 58, no. 4, pp. 1029-1035, 2013.
- [14] T. Teker, “AISI 430/ AISI 1040 çelik çiftinin anahtar deliği plazma kaynak yöntemi ile birleştirilmesi, mikroyapı ve mekanik özelliklerin araştırılması.” Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [15] E. Taban, E. Deleu, A. Dhooge and E. Kaluç, “Gas metal arc welding of modified X2CrNi12 ferritic stainless steel.” Kovove Mater: vol. 45, pp. 67-74, 2007.
- [16] O. Çelik, “Gazaltı (MAG) kaynağında kullanılan rutil, bazik ve metal özlü tellerin kaynak metali özelliklerine etkisinin araştırılması” ,Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2013.
- [17] R. Bendikienė, G. Janušas and D. Žižys, “Comparative analysis of microstructure and quality of gas metal arc welded and shielded metal arc welded joints.” Mechanika: vol. 21, no.4, pp. 323-328, 2015.