



Tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen alaşımsız ve hardoks çeliklerin mikroyapı ve sertlik özelliklerinin araştırılması

Mehmet Akif Erden^{1*}, Süleyman Gündüz², Uğur Çalgılı³, Mustafa Boz²

¹Karabük Üniversitesi, TOBB Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Karabük, 78050, Türkiye

²Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Karabük, 78050, Türkiye

³Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Elazığ, 23119, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Tozaltı kaynak yöntemi ile genel amaçlı yapı çeliği ve hardox hituf'in kendi ve birbirleri ile birleştirilmesi.
- Hardoks hituf çelik malzeme kullanılarak yapılan kaynaklı bağlantıların daha yüksek sertlik gösterdiğinin tespiti.
- Birleştirme bölgesinde meydana gelen makro ve mikroyapı değişiminin tespiti.

Makale Bilgileri

Geliş: 13.10.2016

Kabul: 28.07.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.406794

Anahtar Kelimeler:

Hardoks çelikleri,
alaşımsız çelik,
tozaltı kaynak yöntemi,
mekanik özellikler

ÖZET

Bu çalışmada, tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen genel amaçlı yapı çeliği ve hardoks hituf çelik malzemeler kullanılarak üç farklı kaynaklı bağlantı yapılmıştır. Bütün kaynaklı bağlantılarda aynı kaynak parametreleri (325 A, 30-32 V) kullanılmıştır. Birleştirilen parçalara sertlik testi uygulanmıştır. Birleştirme bölgesinde meydana gelen makro ve mikroyapı değişimi tespit edilmiştir. Sonuçlarda hardoks hituf çelik malzeme kullanılarak yapılan kaynaklı bağlantıların daha yüksek sertlik gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan makro ve mikroyapı çalışmaları sonucunda ITAB bölgesinin genel amaçlı yapı çeliğinde daha geniş olduğu görülmüştür.

Investigation of hardness and microstructure properties of non alloyed and hardox steel combined with submerged arc welding method

H I G H L I G H T S

- Low carbon steel and hardox steel joined by using submerged arc welding under three different conditions.
- It is determined that higher hardness was obtained in Hardoks hituf steel joined by submerged arc welding
- Determination of macro and microstructure changes occurred after submerged arc welding

Article Info

Received: 13.10.2016

Accepted: 28.07.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.406794

ABSTRACT

In this work, low carbon steel and hardox steel joined by using submerged arc welding under three different conditions. Same welding parameters (325 A, 30-32 V) were used during welding. Welded joints were characterised in terms of hardness test, macro and microstructures. The results indicated that hardox welded joints showed the highest hardness. In addition, as a result of macro and microstructure study, heat affected zone (HAZ) of structural steels were observed much larger.

Keywords:

Hardox steels,
non-alloyed steels,
submerged arc welding
metod,
mechanical properties

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: makiferden@karabuk.edu.tr / Tel: +90 370 418 7202

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Düşük karbonlu alaşımsız çelikler endüstriyel uygulamaların vazgeçilmez malzeme guruplarındandır. Orta düzeyde sergiledikleri mekanik özellikler ve maliyetlerinin düşük oluşu, bu malzemeleri oldukça popüler kılar. Mekanik özellikleri açısından paslanmaz çelikler ile çok büyük farklar olmamasına rağmen korozyona direnç istenmeyen konstrüksiyonlarda malzeme maliyetini aşağıya çekebilmek için işletme koşullarının elverdiği yerlerde daha ucuz olan bu çelikler kullanılmaya çalışılmaktadır [1]. Malzeme seçiminde en önemli parametrelerden birisi sertliktir ve sert malzemelerin aşınma dirençlerinin de daha yüksek olduğu bilinmektedir [2]. Farklı uygulamalarda karşılaşılan aşınma problemlerine karşı bazı kuruluşlar tarafından aşınmaya dayanıklı yeni malzemeler geliştirilmektedir [3]. Hardoks serisi çelikler de bu tür malzemelerden biri olup, özellikle abrasif aşınma direnci oldukça yüksektir [4].

Hardoks tipi çelikler piyasada bulunan bazı yüksek dayanımlı çeliklere göre, aşınmaya karşı en az beş kat daha uzun ömürlüdür. [5]. Yüksek sertlik, yüksek mukavemet ve üstün tokluk gibi mekaniksel özelliklerin bir arada olduğu hardoks aşınma plakaları, öncelikle, aşınmanın önemli bir sorun olarak karşılaşıldığı uygulamalarda ilk tercih olarak kullanılmaktadır. Bu özelliğinden dolayı, bu tür plakalar yüksek aşınma dirençli damper kasaları, ekskavator kepçeleri, kırıcılar ve benzeri donanımlarda kullanılarak bu parçaların çalışma ömürlerinde artış sağlamaktadır [6]. Tozaltı ark kaynağı yüksek güvenilirlik, tam veya yarı otomatik uygulanabilirliği, derin nüfuziyeti ve düzgün bir kaynak dikişi elde edilebilirliği sebebi ile endüstride geniş uygulama alanına sahiptir [7]. Tozaltı ark kaynağında kaynak metali; ana malzeme, ilave metal ve kaynak tozunun kimyasal ve fiziksel reaksiyonu sonucu meydana gelir. Bu yöntemde ilave metal ve kaynak tozu ana malzemenin özelliklerine uygun biçimde seçilmelidir [8]. Tozaltı kaynağı, kaynak için gerekli ısının, eriyen elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı bir ark

kaynak yöntemidir. Ark bölgesi, kaynak tozu tabakası ile kaynak metali ve kaynağa yakın ana metal de eriyen kaynak tozu (cüruf) ve kaynak dikişi tarafından korunur. Koruyucu görevi yapan kaynak tozu ayrıca kaynak banyosu ile reaksiyona girerek kaynak metalini deokside eder [8]. Alaşımlı çelikleri kaynak yaparken kullanılan kaynak tozlarında, kaynak metalinin kimyasal kompozisyonunu dengeleyen alaşım elementleri bulunabilir [9]. Bu çalışmada, tozaltı kaynak yöntemi ile genel amaçlı yapı çeliği (S235JR) ve hardox hituf kendi arasında (S235JR-S235JR, Hardoks-Hardoks) ve birbirleri (Hardoks-S235JR) ile olmak üzere 3 farklı birleştirme yapılmıştır. Yapılan bütün birleştirmelerde aynı kaynak parametreleri (325 A, 30-32 V) kullanılmış olup farklı birleştirmelere ait mekanik özellikler incelenmiştir. Kaynaklı bağlantılara sertlik testleri uygulanıp makro ve mikroyapı incelemeleri yapılmıştır.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada 400x200x6 mm ebatlarında hazırlanan hardoks ve S235JR çelik malzemeler kullanılmıştır. Deneysel malzemelerin kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilmiştir. Hazırlanan numuneler aralarında 1 mm boşluk kalacak şekilde alın alına puntalandıktan sonra kaynak işlemi Oerlikon Magmaweld marka ZD5-1000 B model toz altı kaynak makinesi ile ön taraftan ve daha sonra arka taraftan olmak üzere iki paso olarak yapılmıştır. Deneysel malzemeleri 325 A kaynak akım değeri kullanılarak Tablo 2’de verilen şartlar altında birleştirilmiştir. Kaynak işleminde, kimyasal bileşimi Tablo 1’de gösterilen 3,2 mm çapında Oerlikon-S2 kaynak teli ve ona uygun SF-104 toz altı kaynak tozu kullanılmıştır. Kaynak sonrası, birleşme bölgesinde meydana gelen yapısal değişimleri belirlemek için, numuneler geleneksel metalografik yöntemler kullanılarak dağlamaya hazır hale getirilmiştir. Bu numunelere %2’lik Nital solüsyonu kullanılarak dağlama işlemi uygulanmıştır. Mikroyapı incelemeleri Nikon Eclipse L150 marka optik mikroskop kullanılarak yapılmıştır. Mikrosertlik ölçümleri Qness GmbH marka Q10A+ model cihaz ile HV cinsinden

Tablo1. Deneysel çalışmada kullanılan çelik malzemelerin kimyasal bileşimi
(The chemical composition of the steel materials used in the experimental study)

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	V	Nb	B
Hardoks-Hituf	0,2	0,6	1,6	0,05	0,02	0,70	0,03	2	0,7	0,06	0,04	0,005
S235JR	0,14	0,3	1,3	0,045	0,045	-	0,60	-	-	-	-	-
Oerlikon S2 (Toz altı ilave metal)	0,08	0,6	1,3	0,025	0,025	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 2. Deneysel çalışmada kullanılan kaynak parametreleri (Welding parameters used in the experimental study)

Kaynak No	Birleştirilen Çelik Malzemeler	Amper (A)	Gerilim (Volt)	Kaynak Teli (mm)	Kaynak Hızı (cm/dakika)
S1	S235JR-S235JR				
S2	S235JR-Hardoks	325	30-32	3,2	40
S3	Hardoks-Hardoks				

300 gr yük altında gerçekleştirilmiştir. Sertlikler kaynak kesitinin genişliğine ana metal, ITAB ve kaynak metalini kapsayacak şekilde 20 noktadan alınırken derinliğine ise birinci ve ikinci kaynak pasosını kapsayacak şekilde 8 noktadan alınmıştır. Sertlik ölçümleri bir çizgi boyunca 1 mm aralıklarla yapılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

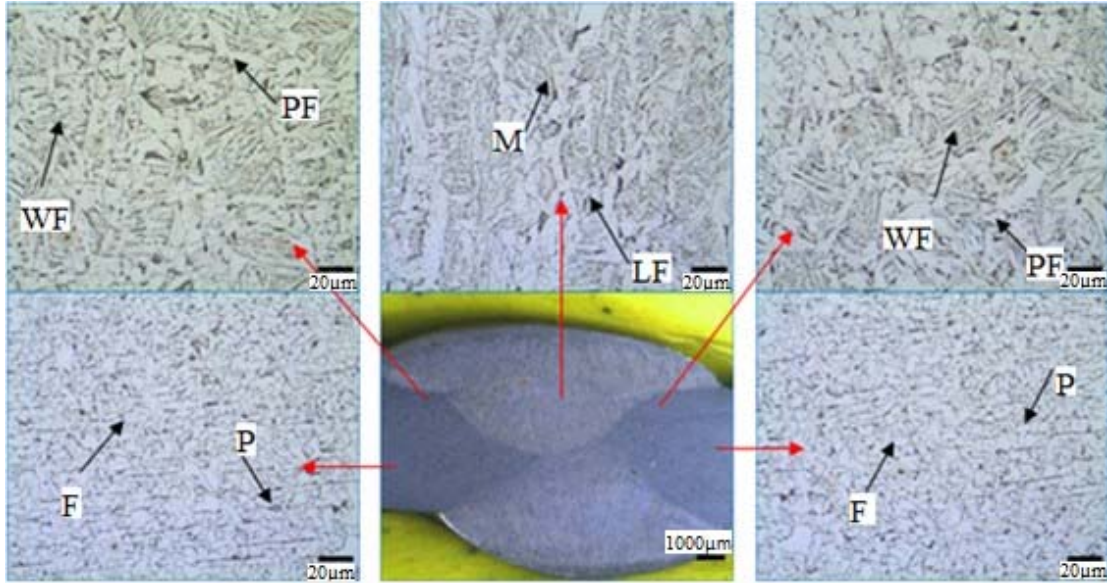
3.1. Mikroyapı Sonuçları (Microstructure Results)

Tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen üç farklı kaynaklı bağlantının, birleşme bölgesinde meydana gelen yapısal değişim, bu bağlantılar üzerinden alınan ara yüzey makro ve mikroyapı görüntüleri analiz edilerek değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan S235JR çeliklerin başlangıç mikroyapısını ferrit ve perlit fazları oluştururken Hardoks çelikler ise martenzitik yapıdan oluşmaktadır. Aynı kaynak parametreleri kullanılarak uygulanan kaynak işlemleri sonrasında, meydana gelen kaynak metaline ve ısı tesiri altında kalan bölgelere (ITAB) ait mikroyapılar Şekil 1-3'te görülmektedir. Mikroyapı resimlerine bakıldığında kaynak metalinin genel yapı çeliği ve hardoks çelik taraflarında poligonall ferrit ve levhalı ferrit, kaynak merkezi eksenine doğru ise widmanstatten ferrit ve az oranda martenzitik yapıya sahip olduğu gözlenmektedir. Hardoks çelik tarafında elde edilen ITAB bölgesinin S235JR genel yapı çeliğine göre daha küçük taneli olduğu ve ana malzemenin ise martenzitik yapıdan meydana geldiği görülmektedir. Bu durum hardoks çeliğin içerisinde V, Nb ve B gibi mikroalaşım elementlerinin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü V, Nb ve B östenit tane sınırlarında V(CN), Nb(CN) ve B(CN) olarak çökeltir ve östenit tanelerinin büyümesini

önleyerek çeliğin ITAB bölgesinde küçük taneli olmasına neden olur [10].

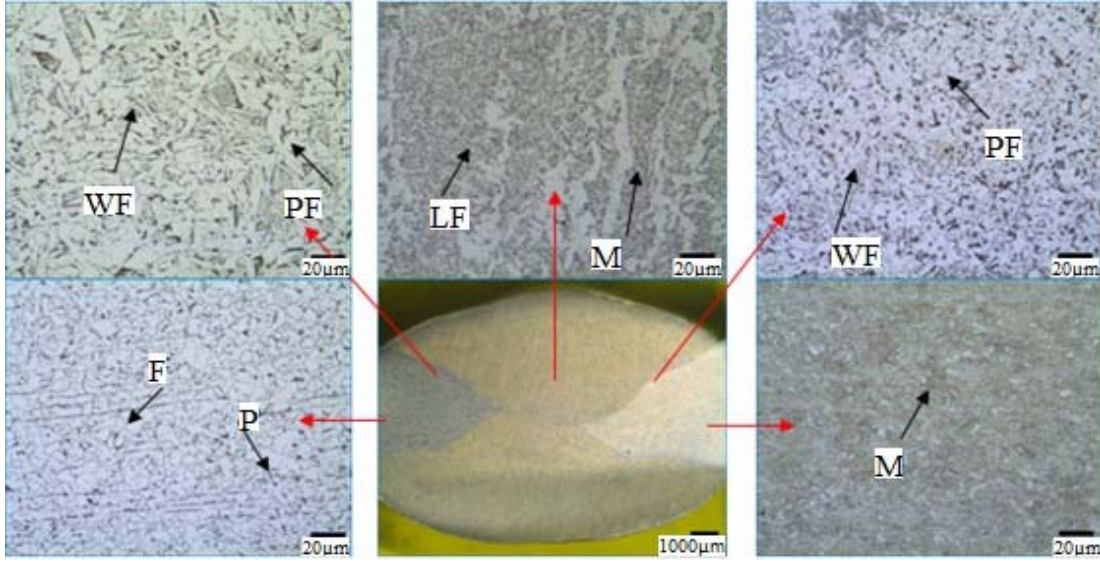
3.2. Sertlik Sonuçları (Hardness Results)

Kaynak işlemi sonrası hazırlanan S1, S2 ve S3 no'lu numunelere uygulanan mikrosertlik testi ölçüm noktalarının şematik gösterimi Şekil 4'te, sertlik sonuçları sırasıyla Şekil 5, 6 ve 7'de görülmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi ölçümler kaynak kesitinin genişliğine 20, derinliğine ise 8 noktadan yapılmıştır. S3 nolu numunenin ana malzeme, ITAB ve kaynak metalinin sertliği S1 ve S2 nolu numunelere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum hardoks hituf çeliğinin, tane büyümesini önleyici ve sertleşme kabiliyetini artıran molibden elementinin yanı sıra V, Nb ve B gibi mikroalaşım elementlerini içermesinden kaynaklanmaktadır. Bu alaşım elementlerinin kaynak sırasında veya sonrasında karbonitrür olarak çökmesi ve martenzitik yapının oluşmasına teşvik etmesi S3 nolu numunenin sertliğinin artmasına neden olmuştur [11]. S2 nolu kaynaklı numunenin hardoks hituf çelik tarafındaki ana malzeme ve ITAB bölgesinin sertliği kaynak metalinden ve genel yapı çeliği tarafındaki ITAB bölgesinden daha yüksek bulunmuştur. S1 nolu numune ise bütün bölgelerde (ana malzeme, ITAB ve kaynak metali) en düşük sertlik değerlerine sahip olmuştur. S1 nolu numunenin mikroalaşım elementi içermemesi ve çökelti sertleşmesinin oluşmaması bu numunenin en düşük sertlik değeri göstermesine neden olmuştur. S1, S2 ve S3 nolu numunelerin kaynak metalinin derinliğine doğru yapılan sertlik ölçümlerinde ikinci kaynak pasosundan alınan sertlik değerlerinin birinci kaynak alınan pasosuna doğru gidildikçe kademeli olarak düştüğü görülmüştür.

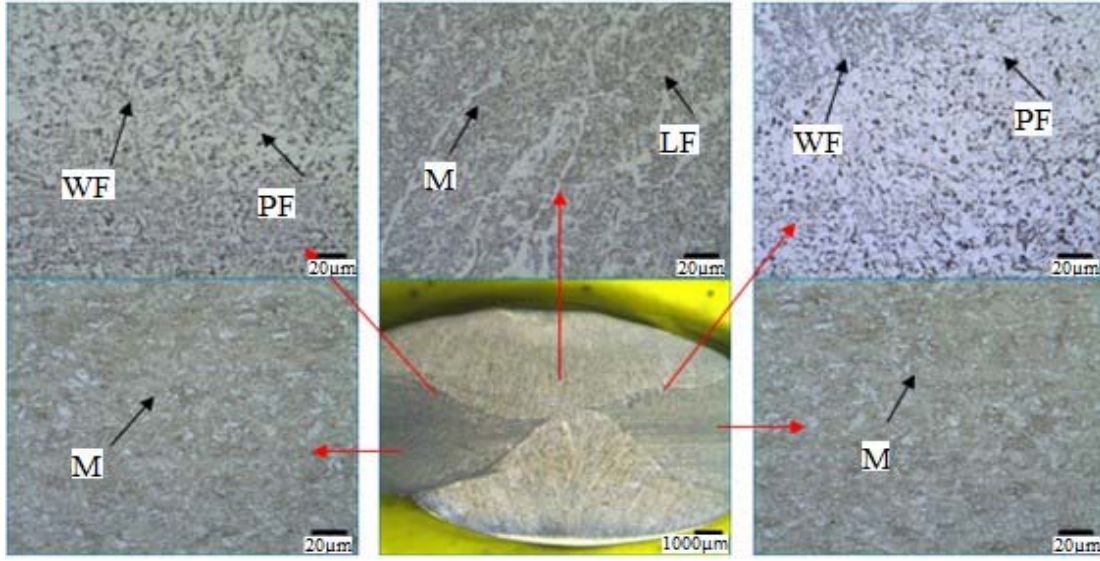


Şekil 1. S1 No'lu kaynaklı bağlantıya ait mikroyapı görüntüleri ferrit (F), perlit (P), levhalı ferrit (LF), martenzit (M), poligonall ferrit (PF) ve witmanstatten ferrit (WF)

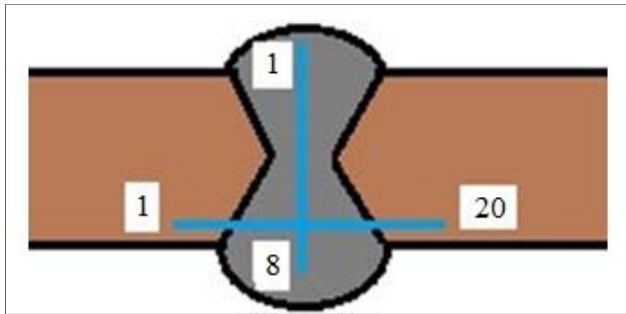
(Microstructure images of No. S1 welded joint ferrite (F), pearlite (P), the ferrite plate (LF), martensite (M), polygonal ferrite (PF) and witmanstatten ferrite (WF))



Şekil 2. S2 No'lu kaynaklı bağlantıya ait mikroyapı görüntüleri ferrit (F), perlit, (P), levhalı ferrit (LF), martenzit (M), poligonol ferrit (PF) ve witmanstaten ferrit (WF) (Microstructure images of No. S2 welded joint ferrite (F), pearlite (P), the ferrite plate (LF), martensite (M), polygonal ferrite (PF) and witmanstat ferrite (WF))



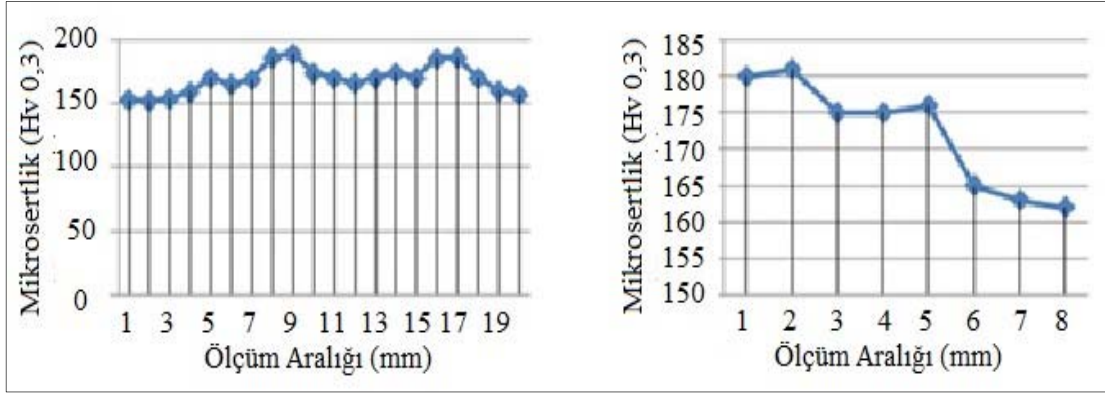
Şekil 3. S3 No'lu kaynaklı bağlantıya ait mikroyapı görüntüleri ferrit (F), perlit, (P), levhalı ferrit (LF), martenzit (M), poligonol ferrit (PF) ve witmanstaten ferrit (WF) (Microstructure images of No. S3 welded joint ferrite (F), pearlite (P), the ferrite plate (LF), martensite (M), polygonal ferrite (PF) and witmanstat ferrite (WF))



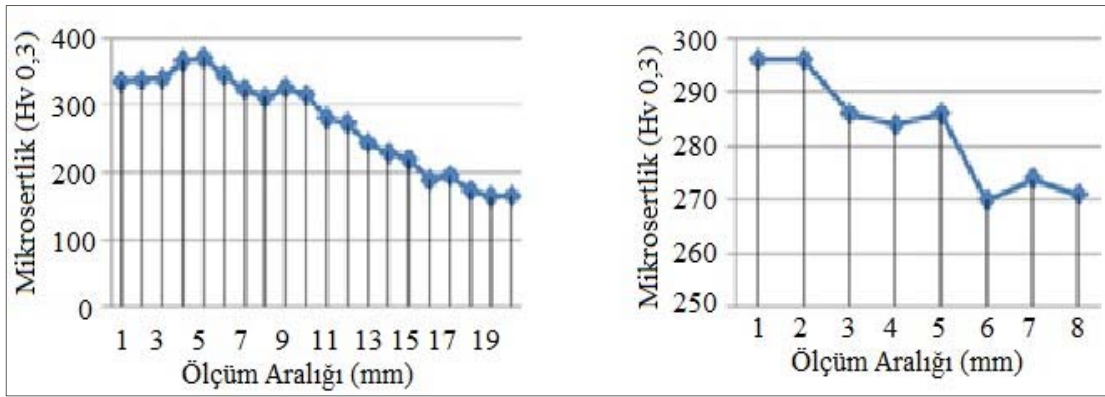
Şekil 4. Mikrosertlik ölçüm bölgelerinin şematik gösterimi (Schematic representation of the microhardness measurement areas)

Bu durum ikinci kaynak pasosunun birinci kaynak pasosuna gerilim giderme tavı uyguladığını ve buna bağlı olarak sertliğin düştüğünü göstermektedir (Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7).

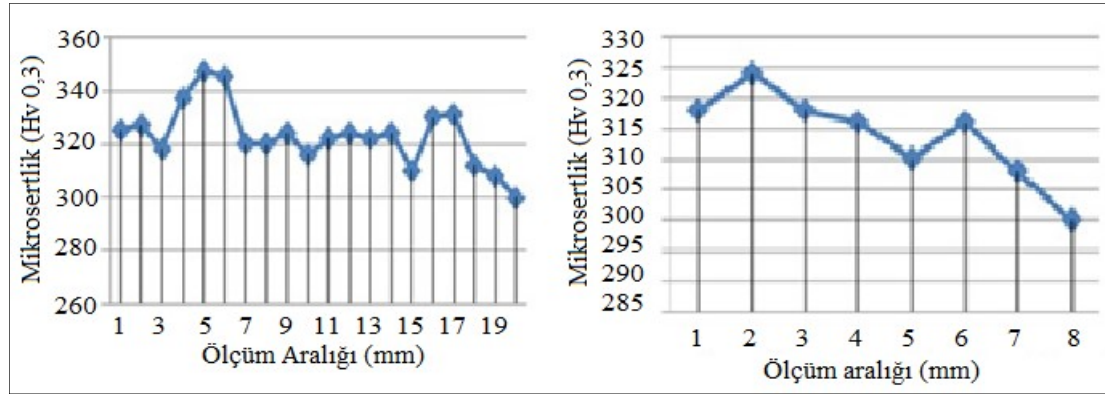
Lord [12] yapmış olduğu çalışmada kaynak metalinin sertliğinin yalnızca kimyasal bileşime bağlı olmadığını aynı zamanda pasolar arası geçiş sıcaklığından da etkilendiğini göstermiştir. Kara ve Korkut [13] yapmış oldukları çalışmada iki pasoda kaynatılan zırh çeliklerinin tek pasoda kaynatılan çeliklere göre daha yavaş soğuduğunu ve bunun sonucunda sertliğin artmasına neden olan martenzit gibi fazların daha az meydana geldiğini göstermişlerdir.



Şekil 5. S1 No'lu kaynaklı bağlantıya ait mikrosertlik sonuçları (Hardness results of No. S1 welded joint).



Şekil 6. S2 No'lu kaynaklı bağlantıya ait mikrosertlik sonuçları (Microhardness results of No. S2 welded joint)



Şekil 7. S3 No'lu kaynaklı bağlantıya ait mikrosertlik sonuçları (Microhardness results of No. S3 welded joint)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, tozaltı kaynak yöntemi ile genel amaçlı yapı çeliği (S235JR) ve hardoks hituf çelik aynı kaynak parametreleri kullanılarak kendi içerisinde ve birbiri ile birleştirilmiştir. Kaynaklı bağlantıların mikroyapı incelemeleri ve sertlik testleri yapılmıştır. Deneyler sonrası şu sonuçlar elde edilmiştir. Makro ve mikroyapı incelemeleri sonucunda kaynaklı bağlantıların hardoks çelik tarafında elde edilen ITAB bölgesinin S235JR genel yapı çeliğine göre daha dar bir bölgede olduğu görülmektedir. Bu durum,

hardoks çeliğin tane büyümesini engelleyici elementler (Mo, Nb, V, B) içermesinden kaynaklanmaktadır.

Tozaltı kaynak yöntemiyle birleştirilen hardoks hituf çeliğinin (S3 nolu numune) sertlik değerlerinin, genel yapı çeliğinin kullanıldığı (S1 ve S2 nolu numuneler) birleştirmelere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum hardoks hituf çeliğinde molibdenin sertleşme kabiliyetini artırmasının yanı sıra V, Nb ve Ti gibi elementlerin oluşturmuş olduğu karbonitrürlerin dislokasyonların hareketini engellemesiyle ortaya çıkmıştır.

5. SİMGELER (SYMBOLS)

A : Amper
V : Volt

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Karabulut H., Türkmen M., Erden M.A., Gündüz S., The Effect of Different Current Value on Microstructure and Mechanical Properties of Non-Alloy Structural Steels Joined by Submerged Arc Welding Method, 15th International Materials Symposium (IMSP'2014), Denizli-Turkey, 177-185, 15-17 October, 2014.
2. Aydın K., Hıdroğlu M., Kaya Y., Kahraman N., An investigation into the joining of titanium with copper through diffusion welding/bonding, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28 (1), 15-26, 2013.
3. Köse C., Kaçar R., Effect of welding speed on the mechanical properties and microstructure of laser welded AISI 316L stainless steel, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (2), 225-235, 2015.
4. Yılmaz R., Gedikli M., Barlas Z., Hardox 400 çeliğinin sert dolgu kaynağında paso sayısının sertliğe, aşınmaya ve mikroyapıya etkisi, Teknoloji, 8 (1), 57-64, 2005.
5. Yılmaz R., Türkmen M., Fıçıcı F., Hardoks 500 Çeliğinin Abrasif Aşınma Davranışının İncelenmesi, International Iron and Steel Symposium, Karabük-Turkey, 522-530, 2012.
6. Buglacki H., Smajdor M., Mechanical properties of abrasion-resistant hardox 400 steel and their welded joints, Advances in Materials Science, 4 (2), 64-71, 2003.
7. Karabulut H., Türkmen M., Temperleme işleminin tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen mikroalaşımli çeliklerin mekanik özelliklerine etkisi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 6 (3), 587-594, 2016.
8. Akay A.A., Kaya Y., Kahraman N., Farklı özellikteki malzemelerin tozaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilmesi ve birleştirmelerin tahribatlı ve tahribatsız muayenesi, SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 17 (1), 85-96, 2013.
9. Toktaş G., Toktaş A., Gülsün K., Effect of matrix structure and boriding time on the wear behaviour of Cu-Ni-Mo alloyed ductile Iron, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (2), 225-235, 2015.
10. Gündüz S., Erden M.A., Karabulut H., Türkmen M., Effect of the addition of niobium and aluminium on the microstructures and mechanical properties of microalloyed PM Steels. Materiali in Tehnologije, 50 (5), 641-648, 2016.
11. Gladman T., The physical metallurgy of microalloyed steels, The institute of Materials, Cilt 1, London, UK, 1997.
12. Lord M., Design and Modelling of Ultra – High Strength Steel Weld Deposits in Materials Science And Metallurgy, University of Cambridge, Cambridge, USA, 1999.
13. Kara S., Korkut M.H., Zırh Çeliklerinde Kaynak Ağzı Tasarımının Metalurjik ve Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 9 (1), 35-45, 2012.