
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		 SAKARYA UNIVERSITY
	e-ISSN: 2147-835X		
	Dergi sayfası: http://www.saujs.sakarya.edu.tr		
	<u>Geliş/Received</u> 17-11-2017		
	<u>Kabul/Accepted</u> 06-12-2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.355049	

Ramor 500 zırh çeliğinin tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde gerilimin etkisi

Semih Taşkaya^{1*}, Tülay Yıldız², Ali Kaya Gür³

ÖZ

Bu çalışmada, Ramor 500 zırh çeliği çifti tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Birleştirme işleminde Cr, Ni ve Mn esaslı östenitik ilave tel kullanılmıştır. Kaynak işlemi sonrası numunelere radyografik muayene yapılmıştır. Kaynak dikiş geometrileri ölçülmüş ve mikrosertlik dağılımları incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, kaynaklı numunelerin birleşme noktalarında gerilim arttıkça dikiş geometri form ölçüleri artmıştır. Birleştirilen bu numunelerin çekme dayanımı testleri ile birleşme mukavemetleri, X-Ray kırınımı yöntemi ile radyografi testleri incelenmiştir. Gerilime bağlı olarak mikrosertlik değerleri birbirine yakın sonuçlar göstermiştir. Sertliğin ITAB bölgesinde azaldığı ve kaynak metalinde yüksek artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tozaltı Kaynağı, Ramor 500, Gerilim.

the effect of voltage on joining of Ramor 500 armor steel with submerged arc welding method

ABSTRACT

In this study, the Ramor 500 armor steel pair was combined with the submerged welding method. Cr, Ni and Mn based austenitic additive wire was used in the joining process. Radiographic examination was performed on the samples after welding. Weld metal geometries were measured and microhardness distributions were investigated. As a result of, the suture geometry form measures increased as the voltage increased at the joining points of the welded samples. While the welding strength of these welded specimens was examined by using tensile strength tests, the radiography test of these specimens was examined by using X-ray diffraction method. Depending on the stress, microhardness values showed similar results. It has been observed that your hardness has decreased in the ITAB region and has increased strongly in the welding metal.

Keywords: Submerged Welding, Ramor 500, Voltage.

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

¹ Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ- muh.semihtaskaya@gmail.com

² Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ- tyildiz@firat.edu.tr

³ Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ- akgur@firat.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ramor zırh çelikleri, herhangi bir patlamadan ve silahla saldırıdan korunmak için üretilmiştir. Buna ek olarak, Ramor çeliklerinin sertliği ve sağlamlığı nedeniyle mükemmel balistik özellikleri vardır. Ramor çeliklerinin, Ramor 400, Ramor 450, Ramor 500, Ramor 550 gibi tipleri vardır. Bu numaralar HBW sertlik değerlerini göstermektedir. Ramor 400 ve Ramor 450, patlamaya dayanan basınca karşı üretilir. Öte yandan, Ramor 500 ve Ramor 550 yüksek hız darbeleri için üretilmektedir [1].

Kullanım amacı olarak bir zırh çeliğinin patlayıcı ve delicilere karşı dirençli olması gerekir. Bu özelliği karşılayabilmesi için mukavemet ve sertlik değerlerinin yüksek olması istenir. HBW 600 değerinin üzerindeki sertlik değerleri çeliğe kırılabilirlik özelliği kazandıracığından, zırh çeliği üzerine gelen darbelere karşı kırılabilir davranış gösterecektir. Zırh çeliklerinde kimyasal kompozisyon; su verme, temperleme ve östenitleştirme gibi ısıl işlemleri çok büyük önem arz etmektedir [2].

Amerika Kaynak Birliği (AWS) tozaltı ark kaynağını şöyle tanımlar. “Tozaltı kaynak yöntemi, iş parçası ile metal tel elektrot / elektrotlar arasında, bir ark / arklar oluşturarak bunların ısıtılmasını sağlayan ve bu suretle birleşmelerini temin eden bir ark kaynağı prosesidir. Ark ve erimiş metal tanecikli yapıya sahip bir toz örtüsü ile korunur. Basınç kullanılmaz. Dolgu metali, elektrot / elektrotlar ile toz ve metal taneciklerinden elde edilir” [3].

Tozaltı kaynak yöntemi yüksek erime gücüne ve kaynak hızına sahip olmakla birlikte çeşitli türden çeliklerin kaynağı için de çok uygun olan bu yöntem kazan, profil, gemi ve basınçlı kap üretimi ile dolgu kaynağı işlemlerinde yoğun bir biçimde kullanılmaktadır [4].

X-Ray tüpleri ve Gamma-Ray izotoplarıyla her çeşit kaynak dikişinin, döküm, dövme parçaların ve imalat sanayinin röntgenlerinin çekilmesi ve belgelenmesi mümkündür. Radyografi yönteminde nüfuz edici kısa boylu radyasyon dalgaları kullanılır. Kontrol edilecek olan malzeme içindeki yoğunluk farkları sayesinde hata tespitleri yapılır. Malzeme üzerine gönderilen ışın genellikle film

üzerine yansıtılır. Malzeme içindeki yapı bozuklukları ve süreksizlikler nedeniyle farklı miktarda soğurulan ışınların yansımalarında farklı

görüntüler oluşur. Gerçekte film üzerine yansıyan görüntü, malzemedeki geçen ışının yarattığı gölge görüntüsüdür [5-12].

Manganello ve Abbot yaptıkları çalışmada, çelik zırhların düşük hız darbe dayanımlarına çelik özelliklerinin etkisini incelemiştir. Çalışma sonunda, balistik başarımları en çok etkileyen özelliğin sertlik olduğunu ortaya koymuşlardır [13]. Zengin E. yaptığı çalışmada, Armour 500 zırh çeliğine elektrik ark kaynağı yöntemi ve elektrodu ile dört farklı ön tav sıcaklığında kaynaklı birleştirme uygulamış ve birleştirme bölgesinin mikro yapı ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Yaptığı deneyler sonucunda, kaynaklı birleştirilen numunelerin hepsinde akma ve çekme dayanımlarının artan ön tav sıcaklığıyla birlikte azaldığı, sünekliğin ise arttığı sonucuna varmıştır [2]. Chandel ve arkadaşları tozaltı kaynağında akım şiddeti, elektrot polarizasyonu, elektrot çapı ve elektrot uzantısının; dikiş yüksekliği, dikiş genişliği ve nüfuziyet üzerindeki etkisini teorik olarak tahmin eden bir yazılım geliştirmişlerdir. Hem tozaltı kaynağında hem de metal ark kaynağında kaynak dikiş geometrisini tahmin ettikleri bu yazılım, kaynak dikiş geometrisini tahmin etmek için geliştirdikleri algoritmaya dayanır. Ancak bu model plaka üzerinde tane için dikiş geometrisini tahmin etmede kullanılır. Giriş değişkenleri, akım şiddeti, ark gerilimi, kaynak hızı, elektrot çapı, elektrot uzantısı ve elektrot polarizasyonudur [14]. Ping Li ve arkadaşları yapay sinir ağlarını kullanarak, tozaltı kaynak yöntemiyle yapılan bir alın kaynağında dikiş yüksekliği, dikiş genişliği, nüfuziyet, erime ve kep alanları ile akım şiddeti, ark gerilimi ve kaynak hızı arasındaki non-lineer ilişkiyi modellemiştir [15]. Gunaraj ve Murugan boruların tozaltı ark kaynağında dikiş geometrisini tahmin etmek için “Tepki Yüzeyi” metodunun bir uygulamasını geliştirmişlerdir. Çalışmalarında gerilim, tel besleme hızı, kaynak hızı ve torcun iş parçasına uzaklığı giriş değişkeni olarak; nüfuziyet, kep alanı ve dikiş genişliğini ise çıkış değişkenleri olarak göz önüne almışlardır [16].

2. MATERYAL VE METOD (GENERAL REQUIREMENTS)

Çalışmada, Tozaltı kaynağı yöntemiyle Tablo 1’de kimyasal analizi, Tablo 2’de mekanik özellikleri verilmiş olan 65x55 mm uzunluğunda, 3 mm kalınlığında Ramor 500 zırh çeliği malzemesi

kullanılmıştır. Ramor 500 zırh çeliği malzemesi piyasadan temin edilmiştir.

Deneysel çalışmada, Ramor 500 malzemesine uygun Ticari 1 firmasından temin edilen Cr-Ni-Mn esaslı (Tablo 3), (SI-307), 2.40 mm çapında tam östenitik paslanmaz çelik tel ve alümina bazık (AB) karakterli, aglomera esaslı (SF-104) kaynak tozu kullanılmıştır. Özellikle zırh çeliklerinin kaynağında üretici Ticari 2 firmasının önerdiği tam östenitik esaslı kaynak teli tercih edilme sebebi, zırh çeliklerinin kimyasal bileşimlerinden dolayı, yüksek kaliteli derin nüfuziyet ve yüksek kaliteli kaynak dikişi sağlamaktır.

Tablo 1. Ramor 500 zırh çeliğinin kimyasal bileşimi (Chemical Composition of Ramor 500 armor steel) [17]

Kimyasal Bileşim (% Oran)										
Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B	Fe
Ramor 500	0.32	0.70	1.50	0.015	0.005	1.00	2.00	0.70	0.005	Balans

Tablo 2. Ramor 500 zırh çeliğinin mekanik özellikleri (Mechanical properties of Ramor 500 armor steel) [17]

Mekanik Özellikler					
Malzeme	Akma Değeri Rp 0,2 (Mpa)	Çekme Dayanımı Rm (Mpa)	Uzama %5	Sertlik (HBW)	Darbe Gücü Charpy (V J)
Ramor 500	1450	1700	7	480-560	20

Tablo 3. Kaynak telinin kimyasal özellikleri (Chemical properties of welding wire) [18]

Kimyasal Bileşim (% Oran)													
Kaynak Teli	Tel Çapı (mm)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	Nb	Fe
SI-307	2.40	0.066	0.4	6.85	0.011	0.003	19.32	8.52	0.06	0.07	0.01	0.01	Balans

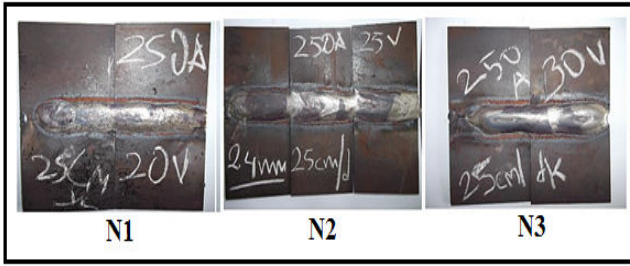
Tozaltı kaynak işlemi öncesinde, Ramor 500 zırh çelik çifti elektrik ark kaynağı ile üst ve alt bölümlerinden, kaynak sırasında numunelerin kaymasını önlemek için, puntalama işlemi yapılmış ve malzeme çiftleri sabitlenmiştir. Birleştirme işleminde akım gücü, nüfuziyetin tam sağlanmasından dolayı 250 A'de sabit tutulmuş, 25 cm/dk sabit tel ilerleme hızında, 20, 25, 30 volt gerilimlerinde kaynak işlemi yapılmıştır. Numunelere ait kaynak parametreleri Tablo 4'de verilmiştir. Kaynaklı birleştirmelerin kaynak işlemi öncesi ve sonrası resimleri Şekil 1'de, makro resimleri ise Şekil 2'de gösterilmiştir.

Numune Adı	Kaynak Gücü (Amper)	İlerleme Hızı (cm/ dk)	Gerilim (Volt)
N1			20
N2	250	25	25
N3			30

Tablo 4. Kaynak parametreleri (Source parameters)



Şekil 1. Ramor 500 malzeme çiftlerinin tozaltı kaynağı sırasındaki resimleri (Images of Ramor 500 material pairs on the side of the underwater source)



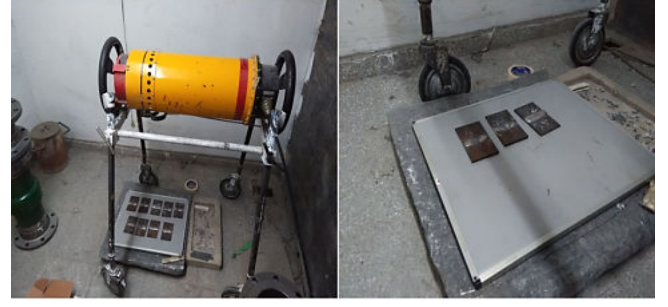
Şekil 2. Kaynaklı birleştirmelerin makro resimleri (Macro images of welded assemblies)

Aynı parametrelerden 2 ve 3 parça Ramor 500 malzeme çifti birleştirilmiştir. Kaynaklı birleştirmelerden en yüksek kaliteli tam nüfuziyet sağlayan kaynak dikişleri seçilerek (Şekil 2), diğer malzeme çiftlerinden spiral ile birbirinden ayırma işlemi uygulanmıştır. Şekil 3'de numunelerin kaynak ön ve arka dikiş makro resimleri gösterilmiştir.

Tozaltı kaynak yöntemi ile kaynakları yapılan numunelere, kaynak dikişindeki iç hataların görülmesi için tahribatsız muayene yöntemlerinden olan Radyografik Muayene uygulanmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Kaynaklı birleştirmelerin ön ve arka dikiş makro resimleri (Front and rear stitch macro images of welded joints)

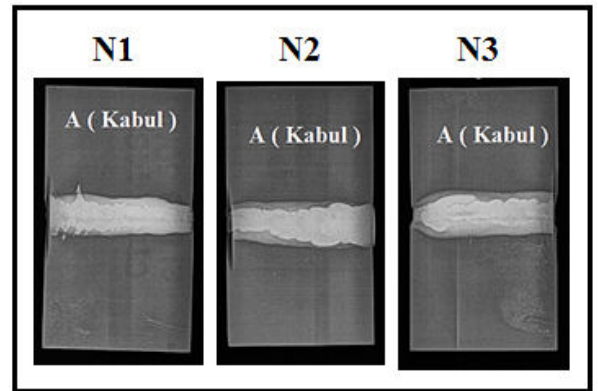


Şekil 4. Röntgen çekimi için hazırlanan numuneler (Samples prepared for X-ray)

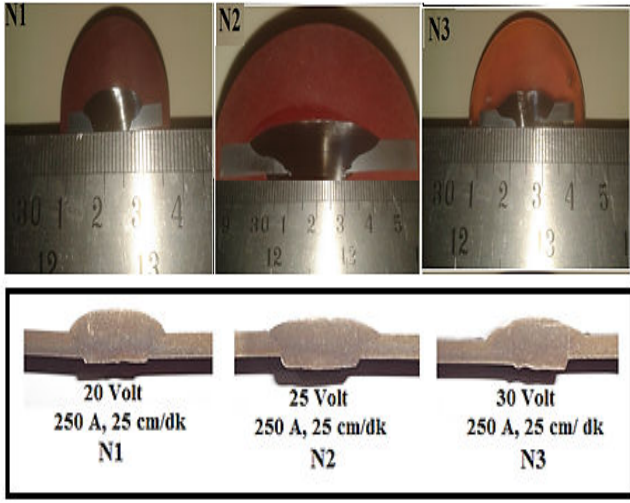
İşinleme işlemi bittikten sonra filmler banyo edilmiştir.

3. BULGULAR VE İRDELEME (RESULTS AND DISCUSSION)

250 sabit amperde, 25 cm/dk sabit kaynak tel ilerleme hızında 20, 25, 30 volt gerilimlerinde birleştirilen N1, N2 ve N3 numunelerinde herhangi bir kaynak hatası gözlemlenmemiştir ve A (Kabul) raporu verilmiştir (Şekil 5). Bu rapor sonucu, uluslararası kaynak enstitüsünün yayınladığı ilkelere göre verilmiştir [10-12]. Kaynak gerilimine bağlı kaynak dikiş geometrilerinin ölçüm değerleri Tablo 5 ve grafiksel analizi Şekil 6'de kaynak dikiş geometrisi makroları, Şekil 7'de ise kaynak dikiş geometrisi grafiksel analizi verilmiştir. Resimler incelendiğinde kaynak dikişinin, birleştirilen Ramor 500 çelik çiftinin birleşme ara yüzeyinde olduğu görülmektedir. Sabit amper ve ilerleme hızında, gerilim arttıkça buna paralel olarak kaynak dikiş genişliği, yüksekliği ve derinliği görülebilmektedir. 250 sabit amperde bütün numunelerde nüfuziyetin tam sağlandığı görülmektedir. Kaynak dikişi ve ITAB'da herhangi bir çatlığa rastlanmamıştır.



Şekil 5. Kaynak röntgen resimleri (Welding x-ray images)

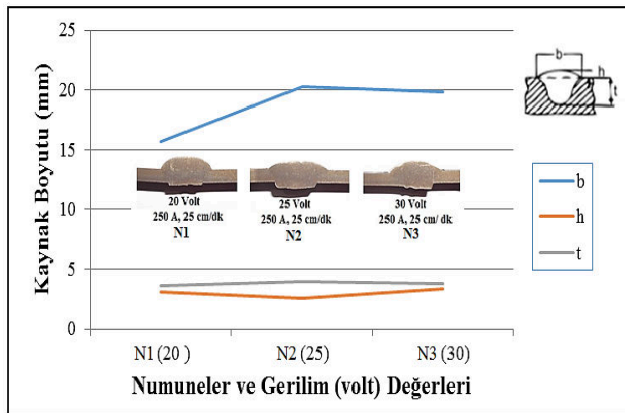


Şekil 6. Kaynak dikiş geometrisi makroları (Welding stitch geometry macros)

Tablo 5. Kaynak dikiş geometrisi ölçümleri (Weld seam geometry measurements)

Kaynak Geometrisi Ölçüm Değerleri			
Numuneler	Dikiş Genişliği (b), (mm)	Dikiş Yüksekliği (h), (mm)	Dikiş Derinliği (t), (mm)
N1	15,7	3,1	3,6
N2	20,25	2,6	3,95
N3	19,8	3,35	3,85

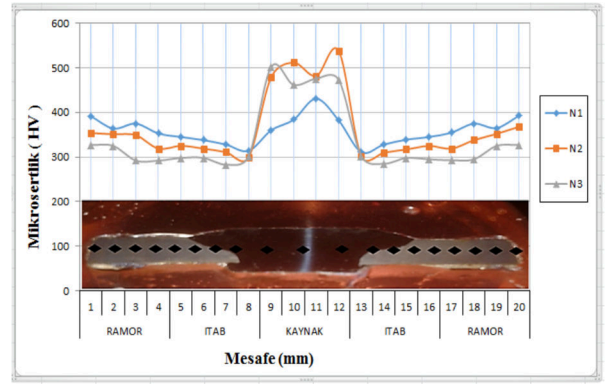
Kaynak dikiş geometrisinde gerilim arttıkça genişlik, yükseklik ve derinlik yaklaşık olarak birbirine yakın değerlerde arttığı görülmüştür. Kaynak dikişinin genişliği ve nüfuziyetin artışı, artan amper ve gerilime bağlı olarak değişmektedir [19].



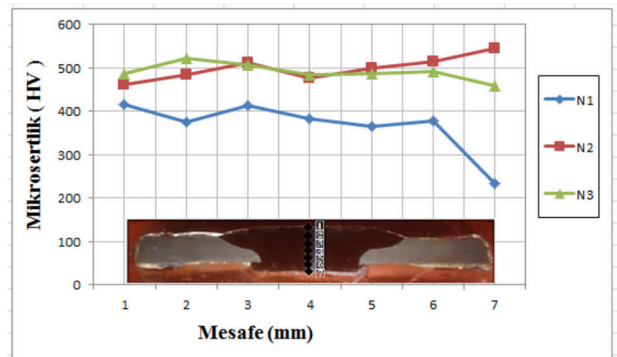
Şekil 7. Kaynak dikiş geometrisi grafiksel analizi (Graphical analysis of weld seam geometry)

Şekil 8 ve 9'da mikrosertlik ölçümleri sonuçlarının tamamında ölçüm sonuçları numunelerden elde ettiğimiz sertlik eğrilerine göre incelendiğinde; kaynak dikişlerinin sertliğinde ana malzemenin sertliğine göre artış gözlenmiştir. Kaynak metalinde sertlik değerlerinin yükseldiği gözlemlenmiştir.

İşlem görmemiş ana malzeme mikrosertlik değeri 480 HV olarak ölçülmüştür. Kaynak işleminden sonra Ramor 500 çelik çiftinin olduğu tarafta sertlikte çeliğin özgül değerine göre azalma, ITAB'da sıcaklığın etkisiyle tane yapısında büyüme, sertlikte azalma ve sonra kaynak metaline doğru artma görülmüştür. Ana malzemedeki sertlik düşüşünün nedeni, kaynak metali dikiş genişliğinin fazla olmasından dolayı, ITAB'ın etkisinde kalan bölgeden ana malzemeninde etkilendiği düşünülmektedir. Ramor 500 çeliğinde ITAB bölgesinde martenzitik yapının ferrite dönüşmesiyle ferrit taneleri büyür ve büyüme bu bölgede olumsuz etki yapacağından sertlikte düşmeye neden olur [20].



Şekil 8. Kaynaklı numunelerin yatay ekseninden alınan mikrosertlik analizi (Microhardness analysis of welded samples from horizontal axis)



Şekil 9. Kaynaklı numunelerin dikey ekseninden alınan mikrosertlik analizi (Microhardness analysis of welded samples from vertical axis)

Kaynak metalindeki sertlik yükselmesinin sebebinin kaynak havuzunun max. sıcaklığa eriştiği anda ilave östenitik esaslı paslanmaz çelik telin Cr'nin, Ramor 500 içindeki C ile oluşturduğu sert bileşiklerin yada ilave kaynak telindeki alaşım elementlerinin işlem sırasında oluşan ısıdan dolayı meydana gelen yeni sert fazların varlığından olduğu düşünülmektedir. Çünkü östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında bu durum Schaffler diyagramı esas alınarak yapılacak incelemelerde de martenzit oluşumu mikrosertlik değerlerinin yüksek çıkmasında önemli bir etken olarak göze çarpmaktadır [21].

4. SONUÇLAR(CONCLUSION)

Ramor 500 çifti sabit amper ve ilerleme ile farklı voltaj girdisiyle östenitik kaynak teli kullanılarak tozaltı kaynağıyla birleştirilmiştir. Kaynak dikişinde makro ya da mikro çatlığa rastlanmamıştır. Kaynak dikişi profili incelendiğinde yeterli nüfuziyet sağlanmıştır. Mikrosertlik değerleri ITAB' da düşüş, kaynak dikişinde ise artmaktadır. ITAB'daki sertlik düşüşü ferritik tanelerin büyümesi sonucu oluşmuştur [20]. Ana malzemedeki sertlik düşüşü ise, kaynak metalindeki yüksek ısı girdisiyle ITAB'ın etkisi altında kaldığı düşünülmektedir. Kaynak telindeki alaşım elementlerinden dolayı sertlik bir artış göstermiştir. Kaynaklı birleştirmelerin radyografik görüntülerinde herhangi bir kaynak hatası gözlemlenmemiştir ve A (Kabul) raporu uluslararası kaynak enstitüsüne göre [10-12] verilmiştir. Sabit amper ve sabit ilerleme hızında gerilimin artışıyla birlikte kaynak metalinin nüfuziyeti sağlanmıştır. Kaynak dikişinin genişlik yükseklik ve derinliğinde birbirine yakın değerler gözlemlenmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) birimi tarafından TEKF. 16.24 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] İ. Memiş, "Impact Response Of Ramor 500 Armor Impact Response Of Ramor 500 Armor Steel Subjected To High Velocities", *Graduate School of Natural and Applied Science of Dokuz Eylül University In Partial Fullfilment of the Requirements for the Master of Science of Mechanical Engineering, Mechanic Program*, 2016.
- [2] E. Zengin, "Farklı ön tav sıcaklıklarında kaynaklı birleştirilen zırh çeliklerinin mekanik özelliklerinin araştırılması", *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 2010.
- [3] The Miller Electric "MFG. CO.", *The Handbook Of SAW, Rev.*, vol. 11/85, 1982.
- [4] E. Kaluç, "Ergitme Esaslı Kaynak Yöntemleri", *Kaynak Teknolojisi El Kitabı. Cilt 1: Makine Mühendisleri Odası Kocaeli Şubesi*, 2004.
- [5] T. Tekiz, "The Non-destructive Testings", *ITU Faculty of Mechanical Engineering, Istanbul*, 1984.
- [6] M. Albayrak, "The Control and Inspection of the Welding Seams", *IGDAS*, 1997.
- [7] <http://www.ndt-ed.org>
- [8] <http://www.wtndt.metu.edu.tr>
- [9] TS EN 444, *TS EN 462 Standards*, 1994.
- [10] Tülay YILDIZ, Ali Kaya GUR, Fevzi Ataman BILEN, "The Investigation of Welding Availability Of AISI304-Hardox 400 Steel Couples Welded By Plasma Transferred Arc Welding" *Ciência e Técnica Vitivinícola Journal*, 32 (10), 190-204, 2017.
- [11] Uğur CALIGULU, Mustafa ACIK, Mustafa TURKMEN and Ali Kaya GUR, "Radiography Test of AISI 1010-Copper Alloys Welded by Friction Welding", *SYLWAN*, 160 (4), 468-479, 2016.
- [12] Ali Kaya GUR, Necmettin YIGITTURK, Tülay YILDIZ; "Examination Of Welding Characteristics Of AISI304-Ramor 500 Steel Couples Welded By Plasma Transferred Arc Welding" *SYLWAN*, 160 (11), 212-225, 2016.
- [13] A. K. Manganello J, "Metallurgical factors affecting the ballistic behavior of steel targets"., *J of Mater JMLSA*, , vol. 17, 231–23, 1972.
- [14] F. L. Chandel, R. S., Seow, H. P. And Cheong, "Effect of increasing deposition rate on the bead geometry of submerged arc welds", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 72, 124–12, 1997.
- [15] J. Ping Li, Fang, M. T. C. And Lucas, "Modelling of submerged arc weld beads using self-adaptive offset neutral networks",

Journal of Materials Processing Technology, vol. 71, 288–29, 1997.

- [16] N. Gunaraj, V. And Murugan, “Application of response surface methodology for predicting weld bead quality in submerged arc welding of pipes”, *Journal of Materials Processing Technology*, 88, 266–27, 1999.
- [17] <http://www.ssab.com.tr/products/brands/armox/armox-500t>
- [18] <http://www.oerlikon.com.tr>
- [19] C.E.Merzalı, “Zırh Çeliklerinde Kaynak Sonrası Isı Tesiri Altında Kalan Bölgenin Özelliklerinin Isıl İşlem İle İyileştirilmesi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği A.B.D.*, 2013.
- [20] A. Durgutlu, B. Gülenç, K. Tülbentçi, “Ark Kaynağında Kaynak Hızının Nüfuziyete ve Mikroyapıya Etkisi” *Tr. J. of Engineering and Environmental Science*, 23,251-259, 1999.
- [21] N.Yiğittürk, “Ramor Zırh Çeliği İle AISI 304 Paslanmaz Çelik Çiftlerinin Plazma Transferli Ark Kaynak Yöntemi İle Birleştirilebilirliğinin Araştırılması”, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği A.B.D., Elazığ*, 2016.