



Kaynak Uygulamaları Sonucunda Gemi Saclarında Meydana Gelen Distorsiyon ve Çarpılmaların Önlenmesine Yönelik Çalışmalar

Sıtkı Çırtlık^{1*}, Ömer Savaş²

^{1*} Sedef Gemi ARGE Merkezi, Tuzla, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9476-8752), SITKI.CIRTLIK@sedefshipyard.com

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7457-1457), o.savas@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 17 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 25 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1059275)

ATIF/REFERENCE: Çırtlık, S. & Savaş, Ö. (2022). Gemi ve Deniz Yapılarında Kaynak Uygulamaları Sonucunda İstenmeyen Şekil Değişimlerin ve Artık Gerilmelerin Önlenmesine Yönelik Çalışmalar. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 251-257.

Öz

Bu çalışmada, 10 mm kalınlıkta A grade AH 36 tip gemi imalatı sac parçaları toz altı kaynak methodu ile birleştirilmesi neticesinde ortaya çıkan çarpılma miktarları incelenmiştir. Klas kuruluşları gemi saclarının kaynatılmasında, kaynatılan sacın kalınlığı ve kaynak yöntemine bağlı olarak kaynak tatminkâr bir kaynak parametresi sunmaktadır. Ancak kaynak sonrasında ortaya çıkan çarpılma ve distorsiyon konusunda yeterli sonuç sunamamaktadır. Yapılan bu çalışmada DNV-GL klas kuruluşunun kaynak prosedürüne göre 10 mm kalınlıktaki sacların tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesi neticesinde ortaya çıkan çarpılma miktarları belirlenmiş ve optimum kaynak şartları ortaya konmuştur. Bununla birlikte çalışmada kaynak akımı, kaynaklı bağlantıların sabitlenmesi, ön tav durumu ve bölgesel değişim gibi kaynak parametrelerinin çarpılmaya etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada sac kalınlığı ve kaynak prosedüründe yer alan parametrelere bağlı olarak malzemeye giren ısı girdisinin malzemenin makro yapısında, sertliğinde ve distorsiyon miktarlarında bir takım değişikliğe sebep olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda, 10 mm kalınlıktaki AH 36 tipi gemi imalatı saclarının tozaltı kaynak yöntemi ile kaynatılmasında tatminkâr bir bağlantı elde edilmesi için kaynak sırasında parçaların bağlanmadan, ön tav yapılarak ve 510 A kaynak akımı ile birleştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaynak prosedürü, gemi sacları, makro yapı incelemesi, distorsiyon miktarı.

Studies on the Prevention Distortion and Warping Occuring in Ship Sheet as a result of Welding Applications

Abstract

In this study, the amount of distortion resulting from the joining of 10 mm thick A grade AH 36 type ship building sheet metal parts with the submerged arc welding (SAW) method was investigated. Class societies offer a satisfactory welding parameter for the welding of ship plates, depending on the thickness of the welded plate and the welding method. However, it cannot provide sufficient results for warping and distortion after welding. In this study, according to the welding procedure of the DNV-GL class society, the amount of distortion resulting from the joining of 10 mm thick sheets with the submerged arc welding (SAW) method was determined and optimum welding conditions were revealed. In addition, the effects of welding parameters such as welding current, fixation of welded joints, preheating and regional variation on distortion were investigated in this study. In this study, it was determined that the heat input entering the material depending on the parameters in the sheet thickness and welding procedure, caused some changes in the macro structure, hardness and amount of distortion of the material. In addition, as a result of study, it was determined that in order to obtain a satisfactory connection during welding of AH 36 type shipbuilding sheets of 10 mm thickness with the submerged arc welding method, the parts should be joined without connecting, preheating and with a welding current of 510 A during welding.

Keywords: Welding procedure, ship plate, macrostructure analysis, the amount of distortion.

* Sorumlu Yazar: SITKI.CIRTLIK@sedefshipyard.com

1. Giriş

Ülkemizde gemi sacı olarak farklı tiplerde çelikler kullanılmaktadır. Bunlardan Grade A çelik seri olarak üretilmektedir. Metal gemilerin yapılarının kalitesi, güvenilirliği ve ekonomikliğini doğrudan etkilemektedir. Kaynaklı bağlantılar gemi inşasının bel kemiğini oluşturmaktadır (Asarkaya, 2002). Başlangıçta gemi inşaat alanında örtülü elektrot ark kaynak yönteminin yoğun bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Ancak gelişen teknoloji ile birlikte yarı-otomatik bir kaynak yöntemi olan gaz altı kaynak yöntemleri bu kaynak yönteminin yerini almıştır. (Ang, Lim, Lin 1999).

Anık ve Tülbençi (2009) yüksek ergime ve kaynak hızına sahip kaynak yöntemlerinin başında toz altı kaynağının geldiğini belirtmişlerdir. Toz altı kaynak yönteminde, akım şiddetinin çok yüksek olması nedeniyle oldukça kaim parçaları rahatlıkla kaynak yapmak mümkündür. Bu durum ise daha az işçilik ve daha az malzeme sarfiyatına sebep olduğu belirtilmiştir (Gülbahar, 1983). Ayrıca Lincoln (2000) yapmış olduğu çalışmada tozaltı kaynak yönteminde ergiyen bir toz koruma örtüsünün bulunduğunu, arkı ve kaynak bölgesini korumak için kullanılmasıyla diğer kaynak yöntemlerinden farklılık gösterdiğini ifade etmiştir.

Malzeme içerisinde oluşan artı gerilme en kaba tanımıyla tüm dışsal yüklerin kaldırılması sonrasında kalan gerilme olarak tanımlanmaktadır (Balık, 2008). Masubuchi (1980) yapmış olduğu çalışmada artık gerilmelerin yapının üzerindeki tüm dış yükler kaldırıldığında yapıda var olan gerilme olduğunu ifade etmiş olup ayrıca artık gerilmelerin üretim esnasında, kaynak, ısıl işlem, çekme, delme, eğme, taşıma gibi nedenlerde oluşabileceğini ifade etmiştir.

Gemi inşa çeliklerinin iç yapısı ve tüm özelliklerinin tespiti için, uygun kaynak methodu ve dolgu malzemesinin seçimi, kaynak uygulaması sırasında yüksek ısı sonucunda meydana gelen distorsiyonların sebepleri ve çözümlerinin, kaynak planlamaları ve kaynak parametre tercihlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Asarkaya, 2006). Ayrıca Oğuz (1989) ve Şengel (2005) kaynağı yapılan malzemelerde meydana gelen deformasyonları etkileyen parametrelerin yapının rijitlik derecesi, malzemenin metalürjik özellikleri, ısıl genleşme katsayısı, ısıl iletkenlik katsayısı, kaynak hızı, kaynak metalinin ergime sıcaklığı, akma sınırı, elastiklik modülü olarak ifade etmiştir.

Sumper, Kent (2006) yapmış oldukları çalışmada gemi gibi dinamik yüklere maruz kalan yapı malzemelerin yorulma ve kırılma tokluğu gibi mekanik özelliklerinin bilinmesinin ve iyi olmasının önemli olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, değişen birtakım parametreler birlikte toz altı kaynak yöntemleriyle birleştirilen AH36 saclar üzerinde meydana gelen çarpılma, makroyapı ve sertlik değişimleri incelemektedir. Ayrıca gemi saclarının kaynağında en az çarpılma

meydana getiren kaynak parametreleri ve seviyeleri tespit edilecektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler ve Kaynak Parametreleri

Yapılan çalışmada AH 36 gemi sacının alın altına tozaltı kaynağı sonucunda ortaya çıkan distorsiyonların belirlenmesine yöneliktir. Kaynak parametreleri olarak, kaynak akımı, ön tav durumu, parçalarının bağlama durumu ve bölgesel değişim şeklinde 4 farklı kaynak parametresi seçilmiştir. DNV-GL klas kuruluşunun kaynak prosedürü kullanılmıştır.

Parametre ve seviyeleri olarak Tablo 1’de görüleceği üzere kaynak akımı parametresi için 475, 510 ve 540 A, ön tav parametresi için ön tav uygulanmış ve ön tav uygulanmamış, sabitleme durumu parametresi için ise sabitlenmiş ve sabitlenmemiş şeklinde parametre seviyeleri belirlenmiştir. Kaynak yönünde çarpılma miktarını belirlemek için kaynatılan bölgeden eşit aralıklarda üç bölgeden çarpılma ölçümü alınmıştır. Kaynak voltajı 34 V’da sabit tutulmuştur. Kaynatılacak parçalar Şekil 1’de görüldüğü gibi 450 mm boyunda ve 150 mm boyunda kesilmiş ve kaynatılmadan önce gerekli kalınlık ölçümü Olympus 38 DL sertlik ölçüm cihazı ve dijital kumpas ile Şekil 1’deki gibi kontrol edilmiştir.

Tablo 1. Kaynak parametreleri ve onların seviyeleri (Table 1. Welding Parameters and Their Levels)

Kaynak Parametreleri ve Seviyeleri			
Parametreler	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Bağlama Durumu	Sabitlendi	Sabitlenmedi	Sabitlenmedi
Öntav Durumu	Ön tav uygulanmış	Ön tav uygulanmamış	
Akım (A)	475	510	540
Voltaj (V)	34	34	34
Bölge	1. bölge	2. bölge	3. bölge

Sabitlenerek kaynatılan saclar ön ve arkasından punta ile sabitlenmiştir. Ön tav uygulanarak yapılan kaynaklarda kaynak öncesinde parçalar yaklaşık 84°C’ye tavlannmıştır. Şekil 2’de ön tav sonrası kaynak parçaları üzerinden ölçülen ön tav sıcaklığı görülmektedir.



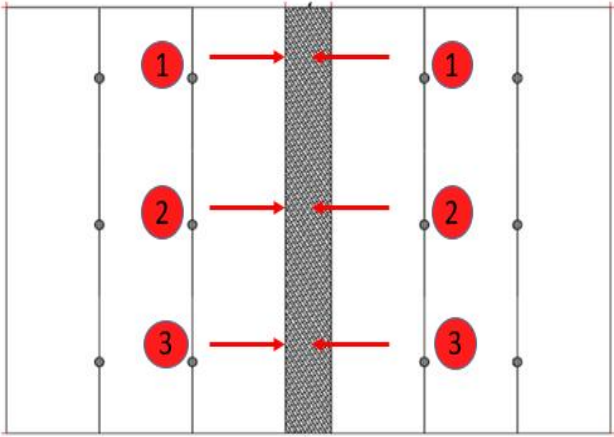
Şekil 1. Olympus Sertlik Ölçüm Cihazı (Figure 1. Olympus Hardness Measurement Experiment)



Şekil 2. Ön Tav Sonrası Numune Saclardaki Sıcaklık Değeri
(Figure 2. Temperature Value in Samples Sheets After Preheat)

2.2. Distorsiyon Miktarlarının Belirlenmesi

Distorsiyon miktarlarını belirlemek için kaynatılacak parçalar üzerinde Şekil 3'de görüldüğü gibi kaynak yönünde 20 mm aralıklarla üç bölge belirlenmiş ve yatayda karşılıklı olarak 30 mm'lik mesafede işaretlenmiştir. Bu mesafeler kaynak öncesi ve kaynak sonrası ölçülerek kaynaklı parçanın ne kadar çarpıldığı cm cinsinden belirlenmiştir. Kaynak sonrasında belirlenen mesafeler arasında ki fark ne kadar fazla ise distorsiyon miktarında o kadar fazla olacağı düşünülerek kaynak sonrası oluşan distorsiyon miktarı bu şekilde matematiksel olarak ifade edilebilmiştir.



Şekil 3. Numunelerin Kaynak Sonrası Tek Yönlü Çekme Davranışları
(Figure 3. Unidirectional Tensile Behaviours of Samples After Welding)

2.3. Makroyapı ve Sertlik ölçümleri

DNV-GL kaynak prosedürü kullanılarak hazırlanan kaynak numuneleri Çizelge 1'de yer alan kaynak akım ve voltaj değerleri ile kaynatılmıştır. Kaynaklar 8.8 °C'de %57,50 nemlilik düzeyinde aynı çevresel şartlarda Sedef tersanesi yeni imalat atölyesinde yapılmıştır. Kullanılan parametreler için ısı girdisi aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanmıştır (Shome, 2007).

e-ISSN: 2148-2683

$$H = \eta \frac{I \times E}{V \times 1000} \quad (1)$$

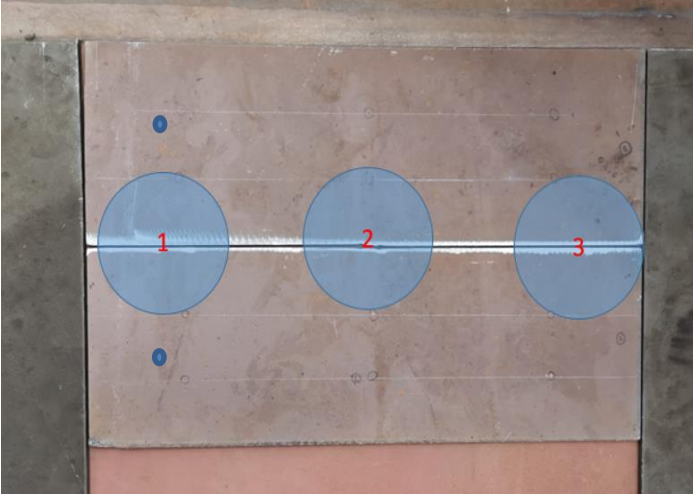
Eşitlikte H ısı girdisi(KJ/mm), E: arkdaki voltajı (V), v ise kaynak hızını (mm/s) ve son olarak I: kaynaktaki akımı (A) ifade etmektedir. η ise kaynak verimi olup boyutsuz bir sayıdır. Shome'un (n.d.) çalışmasında olduğu gibi tozaltı kaynağı için ark verimi 0.95 olarak kabul edilmiştir.

Kaynak sonrasında kaynatılmış parçalardan 70×40 mm ebatlarında numuneler kesilmiş olup gerek makro yapı incelemesi gerekse sertlik ölçüm deneyi için uygun hale getirilmiştir. Numuneler 80 ile 1200 grid zımpara kademesi arasında ki SiC su zımparası zımparalanmış ve ardından parlatılmıştır. Sonra kaynak bölgesinin belirgin hale gelmesi için nital asidik çözeltisi içine daldırılarak dağlama işlemi yapılmıştır. Dağlama işlemi tamamlandıktan sonra 4XB metalürjik mikroskop ile gerekli incelemeler yapılmıştır.



Şekil 4. Vickers Sertlik Ölçüm Deneyi (Figure 4. Vickers Hardness Measurement Experiment)

Sertlik ölçümleri için Vickers sertlik prosedürü uygulanmıştır. Bu deney yönteminde sivri uc olarak olarak tepe açısı 136° elmas kare piramit kullanılmış olup 57 noktadan sertlik ölçüü alınmıştır. Deneylerde Şekil 9'da görülen, QVV mühendislik firmasında yapılan sertlik ölçümlerinde HADIA HD-HV-10 marka sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır.



Şekil 5. 450×150 mm Toz Altı Kaynak Numenelerinin Hazırlanışı ve Kaynak Sırası (Figure 5. Preparation of 450×150 mm Submerged Welding Samples and Welding Sequence)

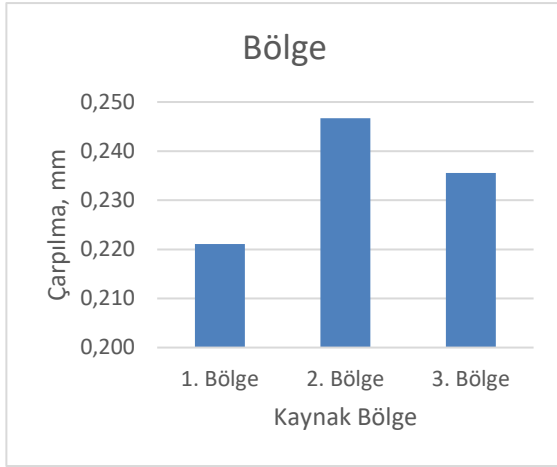
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tablo 2’de kaynak sonrasında üç bölgeden ölçülen çarpılma miktarları verilmiştir. Tabloda en büyük çarpılmanın sabitlenmeden, ön tav uygulanmadan 510 A kaynak akımında kaynatılan parçalarda 0,550 cm olduğu görülmektedir. En küçük çarpılma değeri ise sabitlenmiş, ön tav uygulanmamış ve 475 A’de kaynatılan parçalarda ortalama 0,083 cm olarak ölçülmüştür. Tabloda çarpılma miktarı ile ısı girdisi arasında paralellik gösterdiği görülmektedir. Tablo 2’de kullanılan deney numaraları kapsamında bağlama durumları, ön tav durumu, Akım değerleri, voltaj, ısı girdisi ve yapılan kaynak sonrası çarpılma miktarları belirtilmiştir.

Tablo 2. Deney Numaraları ve Parametreler (Table 2. Experiment Numbers and Parameters)

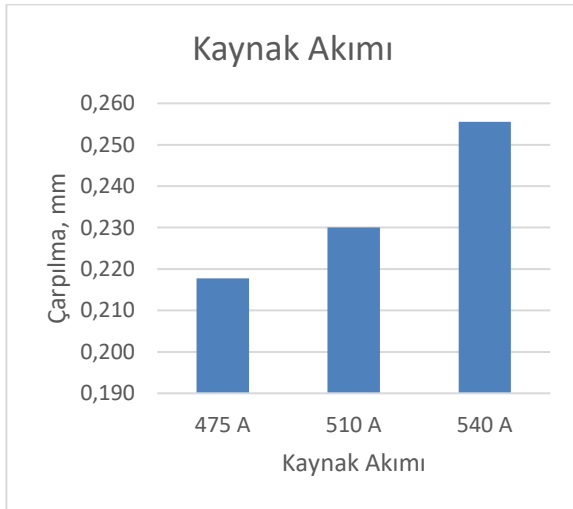
Deney No	Bağlama Durumu	Ön Tav Durumu	Akım (A)	Kaynak Bölgesi	Voltaj (V)	Isı Girdisi (kJ/m)	Çarpılma Miktarı (cm)
1	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	475	1. bölge	34	0,426	0,07
2	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	510	1. bölge	34	0,458	0,08
3	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	540	1. bölge	34	0,485	0,1
4	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	475	1. bölge	34	0,426	0,27
5	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	510	1. bölge	34	0,458	0,29
6	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	540	1. bölge	34	0,485	0,32
7	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	475	1. bölge	34	0,426	0,26
8	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	510	1. bölge	34	0,458	0,28
9	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	540	1. bölge	34	0,485	0,32
10	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	475	2. bölge	34	0,426	0,1
11	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	510	2. bölge	34	0,458	0,1
12	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	540	2. bölge	34	0,485	0,11
13	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	475	2. bölge	34	0,426	0,3
14	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	510	2. bölge	34	0,458	0,32
15	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	540	2. bölge	34	0,485	0,34
16	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	475	2. bölge	34	0,426	0,3
17	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	510	2. bölge	34	0,458	0,31
18	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	540	2. bölge	34	0,485	0,34
19	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	475	3. bölge	34	0,426	0,08
20	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	510	3. bölge	34	0,458	0,09
21	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	540	3. bölge	34	0,485	0,11
22	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	475	3. bölge	34	0,426	0,29
23	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	510	3. bölge	34	0,458	0,3
24	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	540	3. bölge	34	0,485	0,33
25	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	475	3. bölge	34	0,426	0,29
26	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	510	3. bölge	34	0,458	0,3
27	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	540	3. bölge	34	0,485	0,33

Şekil 6’de kaynatılan parçalarının 1, 2 ve 3 bölgelerinden alınan ortalama çarpılma miktarlarının grafiksek gösterimi verilmiştir. Grafikte 1. Bölgede çarpılma miktarı çok düşükken en yüksek çarpılma miktarı 2. Bölgede gözlenmiş ve 3. Bölgede düşmüştür. Çarpılma miktarının 2. Bölgede en yüksek değerine ulaşip ardından düşmeye başlamasının nedeni kaynaklı parçaların ısınarak parçayı tavlamış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



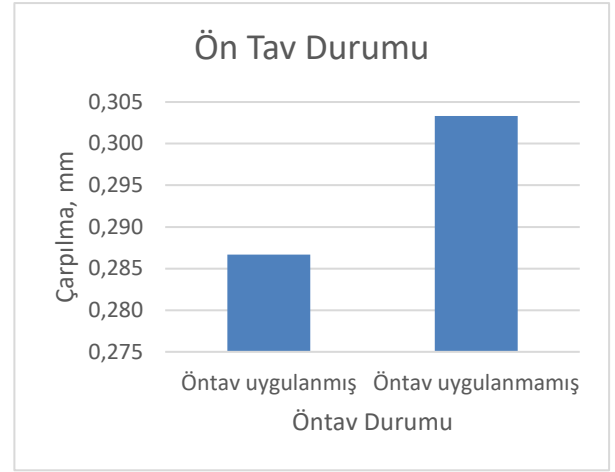
Şekil 6. Kaynak Bölgesinin Çarpılmaya Etkisi (Figure 6. Effect of Source Region on Distortion)

Şekil 7’de kaynak akımı ile çarpılma miktarındaki değişim görülmektedir. Şekil 2’de artan kaynak akımı ile çarpılma miktarının da arttığı görülmektedir. Çarpılma miktarı 475 A’de kaynatılan numunelerde ortalama 0,218 cm iken 510 A’de ortalama 0,230 mm ve 540 A’de ortalama 0,256 mm seviyelerinde olduğu görülmektedir. Artan akım şiddeti ile çarpılmanın artmasının muhtemel nedeni artan akım şiddeti ile Tablo 1’de görüldüğü gibi ısı girdisinin artmasından kaynaklanmıştır. Frickle, Kahl (2005) yapmış olduğu çalışmalar bu çalışma elde edilen değerleri doğrulamaktadır



Şekil 7. Kaynak Akımının Çarpılmaya Etkisi (Figure 8. Effect of Welding Current on Distortion)

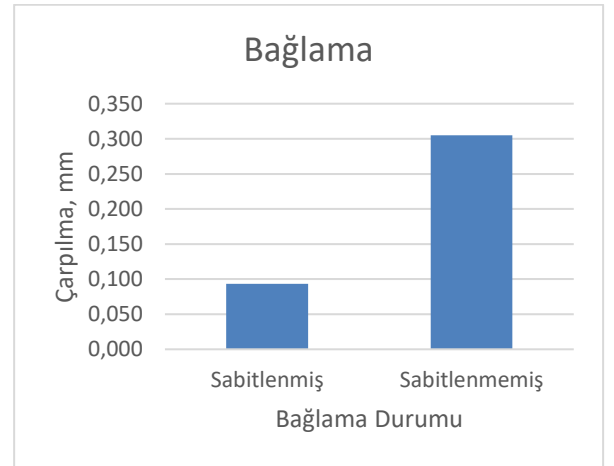
Şekil 8’de Kaynaklı parçalara ön tav durumunun çarpılmaya etkisinin grafiksel gösterimi verilmiştir. Grafikte ön tav uygulanan kaynaklı parçalarda çarpılma miktarı ortalama 0,287 cm iken tavlansız kaynaklı parçalarda 0,303 cm olduğu görülmektedir. Verilen bu sonuç kaynaklı parçalarının ön tav uygulanması durumunda çarpılma miktarını önemli oranda düşürdüğünü göstermektedir. Bu sonuç yapılan önceki çalışmalarla önemli oranda paralellik göstermektedir.



Şekil 8. Ön Tavin çarpılmaya Etkisi (Figure 8. Effect of Preheating on Distortion)

Şekil 9’de kaynaklı parçalarını puntalanarak sabitlenmesi durumunda çarpılmaya etkisini göstermektedir. Grafikte kaynaklı parçalarının sabitlenmesi durumunda çarpılmanın daha az, sabitlenmemesi durumunda ise daha yüksek olduğu görülmektedir. Kaynaklı parçalar sabitlendiği durumda ortalama 0,093 cm çarpılma gözlemlenirken, sabitlenmemiş durumda ise ortalama 0,305 cm çarpılma tespit edilmiştir. Bu sonuç aslında parçalarının sabitlenmesi durumunda parça içerisinde ne kadar distorsiyona neden olduğunu açıkça göstermektedir. Yani parça sabitlenmediğinde 0,305 cm çarpılacakken sabitlendiği için 0,093 cm çarpılmıştır. Geriye kalan çarpılma (0,305-0,093 cm) parça içerisinde artı gerilmeye sebep olmuştur.

Bu nedenle kaynatılacak parçalarının sabitlenmeden, en az çarpılma oluşturacak şekilde kaynaklanması gerekir.



Şekil 9. Kaynak Parçalarının Sabitlenmesinin Çarpılmaya Etkisi (Figure 9. Effect of Fixing Weld Pieces on Distortion)

QVV mühendislik atölyesinde nemin %55 sıcaklığın 21°C olduğu ortamda yapılan sertlik ölçümü deneyinde HAIDA marka vickers sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yapılan bu ölçüm TS-EN ISO9015-1 standartlarında olup her bir deneyde 57 noktadan ölçüm alınmıştır.

Test Sonuçları (Test Results)																						
VICKERS (HV 10)																						
Ölçüm Bölgesi Adı Name of Test Area			Ölçüm Bölgesi Adı Name of Test Area						Ölçüm Bölgesi Adı Name of Test Area						Ölçüm Bölgesi Adı Name of Test Area							
Malzeme (Material)			IEB (Hız)						Kaynak (Weld)						IEB (Hız)				Malzeme (Material)			
1	2	3	4	5	6	7***	8***	9	10	11	12	13	14	15***	16***	17	18	19				
158	156	157	173	187	187	172	180	210	191	192	188	185	180	179	175	159	147	160				
20	21	22	23	24	25	26***	27***	28	29	30	31	32	33	34***	35***	36	37	38				
156	155	155	174	171	179	173	172	198	200	195	182	189	189	176	182	147	153	155				
39	40	41	42	43	44	45***	46***	47	48	49	50	51	52	53***	54***	55	56	57				
154	145	159	186	175	173	184	186	208	190	194	187	170	179	170	182	145	154	159				
Malzeme (Material)			IEB (Hız)						Kaynak (Weld)						IEB (Hız)				Malzeme (Material)			
155,00			178,13						197,56						180,87				153,22			

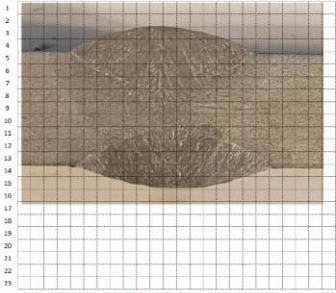
Şekil 10. Sertlik Ölçüm Sonuçları (Figure 10. Hardness Measurement Results)

Deney numuneleri için yapılan sertlik ölçümü sonucunda ana malzemelerde sertlik 150-153 HV arasında değişmekte olup ısı tesiri altında kalan bölgede sertliğin daha da arttığı, sertliğin 178 ile 181 HV arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sertliğin en yüksek olduğu kaynak bölgesinde yapılan sertlik ölçümünde ise 197 ile 203 HV arasında sertlik ölçüm elde edilmiştir. Kökemli'nin (2005) daha önce yapmış olduğu bir çalışmada da bu çalışmada ya benzer sonuçlar elde edildiği sahip olunan sertlik değerlerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Bahsedilen çalışmada, tozaltı kaynağı ile kaynağı yapılan düşük karbonlu bir malzemenin ısı tesiri altında kalan bölgede ince taneli bölgede sertlik değerleri 190 HV iken iri taneli bölgelerin sertlik değerleri 140 HV civarında olduğu ifade edilmiştir. Yılmaz (2018) yapmış olduğu çalışmada değişen kaynak türleri ve parametre değerleri için benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen tüm bu sonuçlar Türk loydu ve diğer klas kuruluşlarınca belirlenen limitler dahilinde olduğu tespit edilmiştir. Türk loydu'nun Kaynak kuralları kısım-3 de yer alan kurala göre yüksek mukavemetli tekne yapım çelikleri için tercih edilen kaynak ve kaynak yardımcı malzemelerinin kaynak metaline ait serliği 150 HV den az olmaması gerektiği belirtilmiştir.

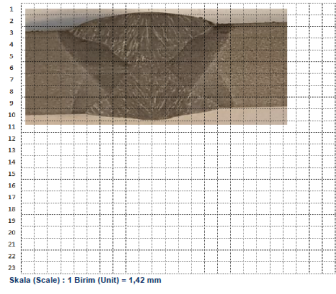
Ayrıca Eroğlu ve Aslan (2001) yapmış olduğu çalışmada, kaynağı yapılan malzemelerde enerji girişinin artışı, sertlikte düşüşe neden olmasına ve kaynak sonrasında sünek fazların oluşmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Kaynaklı bölgelerinin makro incelemelerinde 510 ve 540 A kaynak akımında yapılan kaynaklarda nüfuziyetin yeterli olduğu görülmüştür. Yapılan makro yapı incelemelerinde artan kaynak akımı ile nüfuziyetin artmasına karşın ısı tesiri altında kalan bölgenin genişleyip arttığı görülmüştür. Buna karşın 475 A'de kaynatılan parçalarda nüfuziyet yetersizliği gözlemlenmiştir. Şekil 12'de 475 A kaynak akımı ile kaynatılan parçadan alınan makro yapı görüntüsü verilmiştir. Şekilde kaynaklı parçada nüfuziyet eksikliği açıkça görülmektedir. Şekil 13'de 540 A kaynak akımı ile kaynatılan numuneye ait makro yapı görüntüsü verilmiştir. Resimde kaynak konsiriksiyonunda nüfuziyetin yeterli olduğu, buna karşı ısı tesiri altında kalan bölgenin genişlediği ısı girdisinin arttığı görülmektedir.

Test Sonuçları (Test Results)																					
10 mm Toz Altı Kaynağı Makro Yapı İncelemesi																					
Test Parçası No Test Pieces No		Deneyin Amacı Purpose Of The Test		Kontrol Yöntemi Control Method		Dajlama Yöntemi Control Method		Dajlama Malzemesi Metaspark Etiket		Dajlama Metodu Etchant Method		Kaynak Formu Weld Run and Form		Kaynak Nüfuziyeti Weld Penetration		Kaynak Durumu Weld Condition		WPGR No WPGR Nr		SONUÇ Result	
(TR-MT) 01		Weld, Haz and Material Area		Evet Yes		Evet Yes		Nital		Dijital Metodu Etching Method		Uygun Appropriate		Uygun Appropriate		Uygun Appropriate		Müşteri No : 4		BAŞARISIZ Unsatisfactory	
																					
Skala (Scale) : 1 Birim (Unit) = 1,11 mm																					

Şekil 11. 10 mm Toz Altı Kaynağı Makro Yapı İncelemesi Nüfuziyet Eksikliği (Figure 11. 10 mm Submerged Arc Welding Macro Structure Investigation Lack of Penetration)

10 mm toz altı kaynağı ile yapılan 475 amper ve 34 voltajla kaynağı yapılan numaralı numune haricinde diğer numuneler de yapılan makro yapı incelemesinde sıcak-soğuk çatlaklar, ergime durumu, katılma yapısı vb. incelemelerde herhangi bir uygunsuzluğa rastlanmamıştır.

Test Sonuçları (Test Results)																					
10 mm Toz Altı Kaynağı Makro Yapı İncelemesi																					
Test Parçası No Test Pieces No		Deneyin Amacı Purpose Of The Test		Kontrol Yöntemi Control Method		Dajlama Yöntemi Control Method		Dajlama Malzemesi Metaspark Etiket		Dajlama Metodu Etchant Method		Kaynak Formu Weld Run and Form		Kaynak Nüfuziyeti Weld Penetration		Kaynak Durumu Weld Condition		WPGR No WPGR Nr		SONUÇ Result	
(TR-MT) 01		Weld, Haz and Material Area		Evet Yes		Evet Yes		Nital		Dijital Metodu Etching Method		Uygun Appropriate		Uygun Appropriate		Uygun Appropriate		Müşteri No : 5		BAŞARILI Satisfactory	
																					
Skala (Scale) : 1 Birim (Unit) = 1,42 mm																					

Şekil 12. 10 mm Toz Altı Kaynağı Makro Yapı İncelemesi (Figure 12. 10 mm Submerged Arc Welding Macro Structure Investigation)

Yukarıda elde edilen sonuçlar, kaynaklı balantılarda çarpılmanın azaltılması için ön tav uygulanması ve kaynak akımının düşük tutulması gerekmektedir. Ancak artan kaynak akımıyla birlikte ısı girdisini artırarak çarpılma miktarının arttığı görülmektedir. Çarpılmanın düşürülmesi için akım şiddetinin düşük tutulması gerekmektedir. Ancak Şekil 2'de verilen makro yapı incelemeleri sonucunda akım şiddetinin düşürülmesi nüfuziyeti düşmektedir. Buda sağlıklı bir bağlantı yapılamamasına neden olmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, 10 mm kalınlıktaki gemi saclarının tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde, en az distorsiyonla yeterli nüfuziyet elde etmek için ön tav uygulanması ve 510 A'de kaynatılması gereklidir.

4. Sonuç

Bu çalışmada AH 36 10 mm saclar toz altı yöntemleri ile birleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar maddeler halinde sunulmuştur;

1. Klas kuruluşları kaynak parametrelerinden faydalanarak hazırlanan bu çalışmada 3 farklı amper (475, 510 ve 540 A) değeri ele alınmıştır. Akım değerinin düşürüldüğü dolayısıyla ısı girdisinin düştüğü durumlarda distorsiyon miktarının azaldığı fakat ısı girdisi azaldığından dolayı kalın saclarda nüfuziyet eksikliği olabileceği tespit edilmiştir. Akım değerinin maksimum seçildiği durumlarda ise nüfuziyet probleminin yaşanmadığı fakat çarpılma miktarında gözle görülür artış olduğu belirlenmiştir.
2. Kaynak öncesinde kaynak parçaları punta ile sabitlendiğinde çarpılma miktarının azaldığı fakat numuneler sabitlendiğinden dolayı distorsiyonun numunelerin kaynak bölgesinde biriktiği gözlemlenmiştir.
3. Ön tav uygulaması yapıldığında çarpılma miktarının azaldığı tespit edilmiştir.
4. Sertlik değeri incelendiğinde, tüm kaynak parametreleri için ana malzeme, ısı tesiri altında kalan bölge ve kaynak bölgesinde çatlak riskine sebep olabilecek sertlik değerinin limitin dışına çıkmadığı tespit edilmiştir.
5. 10 mm kalınlıktaki gemi saclarının tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde, en az distorsiyonla yeterli bir yeterli nüfuziyet elde etmek için öntav uygulanması gerektiği ve 510 A'de kaynatılması gerektiği rapor edilmiştir.

5. Teşekkür

Sedef Tersanesi ARGE 18-P2 kodlu proje kapsamında hazırlanan bu çalışmaya katkılarından dolayı başta Turan ÇUBUĞUZUN, İbrahim DOMAÇ, Canberk ERDOĞAN ve AR-GE birimi yöneticisi Hilal Kılınç olmak üzere tüm Sedef Tersanesi çalışanlarına ve QVV mühendislik firmasına teşekkür ederim.

Kaynakça

- Anık, S. & Tülbentçi, K. (2009), Tozaltı Kaynak Tekniği. Böhler Kaynak Çubukları, ElektrolarıSan. Ve Tic. A.Ş. İstanbul.
- Asarkaya, M.(2006), Gemi İnşasında Kullanılan Kaynak Yöntemlerinin Mekanik Özelliklere Etkisi, Y. Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Asarkaya, M. (2004), Tersanelerde Uygulanan ve Uygulanabilecek Kaynak Yöntemleri, Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu, s.252–267.
- Balık, B. E., (2008), Gemi inşaatında kaynak sırası yöntem ilişkisi ve kaynak muayene planlarının incelenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.

- Eroğlu, M., Aslan, S., (2001), Düşük Karbonlu Bir Çelikte Molibdenin ITAB'ın Mikroyapısı ve Mekanik Özelliklere Etkisi, 127–135, *Kaynak Teknolojisi III Ulusal Kongresi*, 19–20 Ekim, İstanbul.
- Gülbahar, B. (1983), Oerlikon Tozaltı Kaynak Yöntemi Seminer Notları. İstanbul.
- IACS, (2006), Shipbuilding and Repair Quality Standards, International Association of Classification Societies.
- J.D.G. Sumpter, J.S. Kent, (2006), Fracture toughness of grade D ship steel”, *Engineering Fracture Mechanics*, 73, pp.1396–1413.
- Kökemli, K., Kaçar R., (2005), Kontrollü Atmosferin Gaz Altı Ark Kaynak Bağlantılarının Isı Tesiri Altındaki Bölgesi Özelliklerine Etkisi, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18, s.671–680.
- Lincoln, J. (2000), The procedure Handbook of Arc Welding, (12th Edition), The Lincoln Electric Company.
- M.H. Ang, W. Lin, S.Y. Lim, (1999), A Walk-Through Programmed Robot for Welding in Shipyards” *Industrial Robot*, 26, 5, pp. 377–388.
- M. Shome, (2007), Effect of Heat-input on Austenite Grain Size in The Heat-Affected Zone of HSLA–100 Steel”, *Materials Science and Engineering A*, 445–446, pp. 454–460.
- Oğuz B., (1989), Malzeme Bilgisine Giriş, Kaynakçının Rehber Kitapları,1, İstanbul.
- Şengel, M.A. (2005) Gemi Üretiminde Kaynak Nedeniyle Oluşan Deformasyonlar ve Artık Gerilmeler, Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Türk Loydu, (2013), Gemi İnşaatı ve Onarımı Kalite Standartları, Yeni İnşa Edilen Gemiler İçin İnşaat ve Düzeltme Kalite Standartları, Türk Loydu Yayınları, İstanbul.
- Yılmaz, A.F., (2018), Gemi İnşaatındaki Kaynaklı Bağlantıların Yapısal ve Mekanik Özelliklerin Optimizasyonu, Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- W. Fricke, A. Kahl, (2005), Comparison of Different Structural Stress Approaches for Fatigue Assessment of Welded Ship Structures, *Marine Structures* 18, pp. 473–488