



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 2, Article Number: 1A0088

ENGINEERING SCIENCES

Received: August 2009

Accepted: March 2010

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Yakup Kaya

Nizamettin Kahraman

Ahmet Durgutlu

Behçet Gülenç

University of Karabuk

ykaya@karabuk.edu.tr

Karabuk-Turkey

TOZALTI ARK KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLEN FARKLI KALINLIKTAKİ GRADE A GEMİ SAÇLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışmada, gemilerin imalatının büyük bir bölümünde kullanılan üç farklı kalınlıkta Grade A gemi sacları, tozaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynaklı bağlantıların dayanımlarının belirlenmesi için numunelere çekme ve çentik darbe testleri uygulanmış, ayrıca numuneler üzerinde sertlik ve mikroyapı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çekme testleri sonucunda tüm numunelerde kopma esas malzemede gerçekleşmiştir. Çentik darbe testleri sonucunda en yüksek darbe çentik değerleri esas metalde elde edilmiş ve onu sırasıyla ITAB ve kaynak metali takip etmiştir. Bütün kaynak parametrelerinde, kaynak metali sertliğinin ITAB ve esas metalden yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Gemi Sacı, Tozaltı Ark Kaynağı, Çekme Testi, Çentik Darbe Testi, Mikroyapı

INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF DIFFERENT THICKNESS OF THE GRADE A SHIP PLATES JOINED BY SUBMERGED ARC WELDING

ABSTRACT

In this study, a large part of the ship used in the manufacture of three different thickness of Grade A ship plates were joined by submerged arc welding method. In order to determine the strength of welded joints to the tensile and charpy impact test were applied, as well as hardness and microstructure studies were conducted on samples. Tensile tests showed that rupture occurred in the base metal of all samples. From the results of charpy impact test, the highest charpy notch values were obtained from base metal and this is followed by HAZ and the weld metal. It was seen that all the welding parameters, weld metal hardness is higher than the HAZ and the base metal.

Keywords: Ship Plate, Submerged Arc Welding, Tensile Test, Notch Impact Test, Microstructure

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gemi inşa endüstrisi her geçen gün biraz daha önemini artırmaktadır. Çünkü dünya ticaret hacminin yaklaşık olarak %95'i deniz yolu taşımacılığıyla yapılmaktadır [1]. Gemi inşaatında en çok kullanılan birleştirme tekniği bilindiği gibi kaynaklı birleştirmedir. Bu bağlamda kullanılan malzemenin kaynak kabiliyetinin yüksek olması hayati önem taşır [2]. Ülkemizde gemi sacı olarak farklı tiplerde çelikler kullanılmaktadır. Bunlardan Grade A çelik seri olarak üretilmektedir. Metal gemilerin yapımlarının kalitesi, güvenilirliği ve ekonomikliği gemi kaynak bağlantılarının kalitesine, güvenilirliğine ve ekonomikliğine bağlıdır [1]. Gemi konstrüksiyonunda kaynak bağlantıları zayıf, kritik yerler olarak değerlendirilmektedir [3]. Tersane sektöründe boya ve yüzey hazırlığı açısından kaynak dikişlerinin dış yapısı (görüntüsü) ve içyapıya (nüfuziyet) göre daha fazla önem arz etmektedir. Tozaltı kaynağı bu noktada en optimum sonucu vermektedir [4].

Tozaltı ark kaynağında kaynak metali; esas malzeme, ilave metal ve kaynak tozunun kimyasal ve fiziksel reaksiyonu sonucu meydana gelir [5, 6 ve 7]. Kaynak arkı, otomatik olarak kaynak yerine gelen çıplak bir elektrot ile iş parçası arasında meydana gelir [8, 9 ve 10] ve kaynak arkı taneler ve eriyebilen bir toz kütlesi tarafından korunur [11 ve 12]. Bu yüzden etrafa ışınım yapmaz ve bu şekilde ark enerjisinin büyük bir kısmı (takriben %64'ü) doğrudan doğruya kaynak için sarf edilmiş olur [13]. Tozaltı kaynak yönteminde, tel elektroda, uç kısmına yakın bir yerden ve özel bir bakır kontakt tarafından akım verildiğinden, çok yüksek akım şiddetlerine çıkmak mümkündür [14, 15 ve 16]. Kaynak yönteminin yarı-otomatik veya otomatik olarak yapılabilmesi [17], çok yüksek bir metal biriktirme oranı [18], mükemmel görünüşlü kaynak dikişleri [19] derin nüfuziyet, enerji ekonomisi, yüksek ergime gücü ve kaynak hızı gibi üstünlükleri bilinmektedir [20, 21 ve 22]. Bu çalışmada; bahsedilen bu üstünlükleri sebebiyle farklı kalınlıktaki Grade A gemi sacları, bu kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynak sonrasında, kaynak bölgesinin özellikle de kaynaklı yapının emniyet açısından büyük önem taşıyan ITAB ve kaynak metalinin, mekanik ve mikroyapı özelliklerinin değişimi araştırılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, gemi yapımında kullanılan farklı kalınlıktaki Grade A saclarının farklı kaynak parametreleri kullanılarak tozaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilebilirlikleri araştırılmıştır. Kaynak işlemi tamamlanan numunelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için, kaynaklı numunelere çekme, çentik darbe ve sertlik testleri uygulanmıştır. Ayrıca kaynak esnasındaki farklı ısı girdisi sebebiyle kaynak bölgesinde meydana gelen mikroyapısal farklılıklar incelenmiştir. Kaynaklı numunelere uygulanan testler sonrasında, tüm kaynak işlemlerinin yeter sağlamlıkta oldukları belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan malzemeler ve kaynak parametreleri, endüstride gemi imalatı yapan tersaneler tarafından kullanıldığında, gerekli testlerden başarıyla geçebileceği söylenebilir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL PROCEDURE)

Bu çalışmada, Gemilerin imalatının büyük bir bölümünde kullanılan üç farklı kalınlıkta Grade A gemi sacları, tozaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynaklı bağlantıların dayanımlarının belirlenmesi için numunelere çekme ve çentik darbe testleri uygulanmış, ayrıca numuneler üzerinde sertlik ve mikroyapı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kaynak işleminde kullanılan farklı

kalınlıktaki Grade A kalite gemi sacına ait kimyasal analiz değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı kalınlıktaki Grade A sacının kimyasal bileşimi
(Table 1. Chemical composition of different thickness plate Grade A)

| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo | Ni | Al | Cu | Fe |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| GradeA 8 mm | 0.142 | 0.297 | 0.726 | 0.012 | 0.027 | 0.066 | 0.0052 | 0.037 | 0.0036 | 0.051 | Kalan |
| GradeA 10 mm | 0.146 | 0.206 | 0.770 | 0.021 | 0.029 | 0.048 | 0.0049 | 0.021 | 0.0047 | 0.029 | Kalan |
| GradeA 12 mm | 0.141 | 0.247 | 0.728 | 0.024 | 0.021 | 0.061 | 0.0048 | 0.025 | 0.0060 | 0.039 | Kalan |

Üç farklı kalınlıktaki (8, 10 ve 12 mm) parçalar 150x300 mm olacak şekilde her bir numuneden ikişer adet olmak üzere CNC tezgâhında kesilmiştir. Kesme işleminden sonra sadece 12 mm'lik parçaya 3 mm'lik (45°) V kaynak ağızı açılmış ve kaynak ağızı açılan taraftan iki paso, diğer taraftan tek paso olmak üzere toplam üç paso kaynak yapılmıştır. Diğer kaynak işlemleri çift yönlü olarak iki pasoda gerçekleştirilmiş ve kaynatılan numuneler açık havada soğumaya bırakılmıştır. Kaynak işlemlerinde kullanılan kaynak teli ve kaynak tozunun kimyasal bileşimleri Tablo 2'de, kaynak esnasında kullanılan kaynak parametreleri ise Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Kaynak tel ve tozlarının kimyasal özellikleri
(Table 2. Chemical compositions of welding wire and welding flux)

| Kaynak teli | C | Mn | Si | P (max) | S (max) | Fe | | |
|--------------------|------------------|--------------------------------|------|------------------|---------|-------|------------------|-------------------|
| OE-S1 | 0.07 | 0.50 | 0.05 | 0.020 | 0.020 | Kalan | | |
| Kaynak tozu | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | MnO | CaF ₂ | MgO | FeO | TiO ₂ | Na ₂ O |
| ESAB OK FLUX 10.71 | 18.2 | 31.1 | 6.1 | 18.8 | 27.3 | 3.5 | 1.2 | 2.5 |

Tablo 3. Çalışmada kullanılan kaynak parametreleri
(Table 3. Welding parameters used in this study)

| Malzeme | İlave tel çapı (mm) | Volt (V) | Amper (A) | Hız (cm/dk) | Isı girdisi (j/mm) | | | |
|-----------------|---------------------|----------|-----------|-------------|--------------------|----|----|------------|
| Grade A - 8 mm | 4 | 30 | 380 | 64 | ~1068 | | | |
| Grade A - 10 mm | 4 | 30.5 | 450 | 61 | ~1350 | | | |
| Grade A - 12 mm | 4 | 29.5 | 33 | 400 | 600 | 64 | 61 | ~1106-1947 |

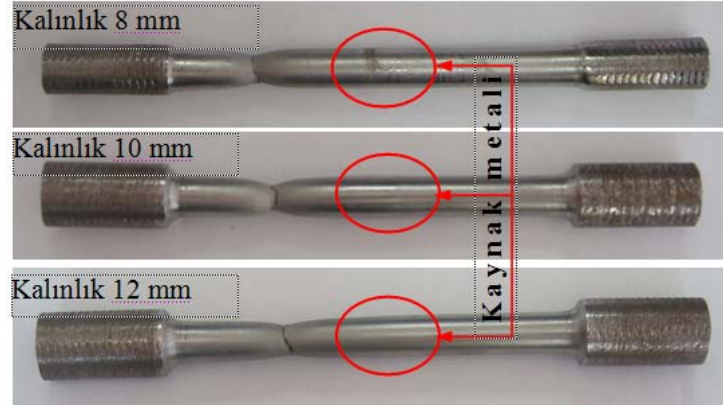
Kaynak işlemi tamamlanan her bir parçadan 7'şer adet numune, (Her bir bağlantıdan 3 adet çekme, 3 adet çentik darbe, 1 adet sertlik ve mikroyapı) olacak şekilde hidrolik testerede kesilmiştir. Metalografik ve sertlik deneyleri için kullanılacak numuneler diskatonla 60 mm boyunda kesilmiştir. Kare ebatlı çekme numuneleri torna tezgâhında işlenerek TS 287 EN 895'ye uygun ölçülere getirilmiş ve çekme işlemleri, her bir bağlantı grubundan 3'er adet olmak üzere Autograph-Shimadzu tipi çekme cihazı ile 2 mm/dk çekme hızında gerçekleştirilmiştir. Çentik darbe numuneleri, 8 mm kalınlıktaki kaynaklı bağlantı için 8x10x55 mm ebatlarında, 10 ve 12 mm kalınlığındaki bağlantılar için 10x10x55 mm ebatlarında freze tezgâhında standardına uygun olarak hazırlanmıştır. Deneyler her bir bağlantı grubundan 3'er adet olarak hazırlanmış ve Heckert marka cihaz kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Mikroyapı ve sertlik numuneleri standart yöntemlerle zımparalama, parlatma ve dağlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Dağlama işlemleri için %2 Nital kullanılmıştır. Birleştirmelerin mikroyapı görüntüleri NIKON Epiphot 200 marka optik mikroskop ile elde edilirken, sertlikler Shimadzu HMV marka mikrosertlik cihazı ile HV cinsinden ölçülmüştür. Sertlik ölçümlerinde 500 g yük kullanılmış ve her bir bölgede gerçekleştirilen 5 ölçüm sonucunun ortalaması alınmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (CONCLUSIONS AND DISCUSSION)

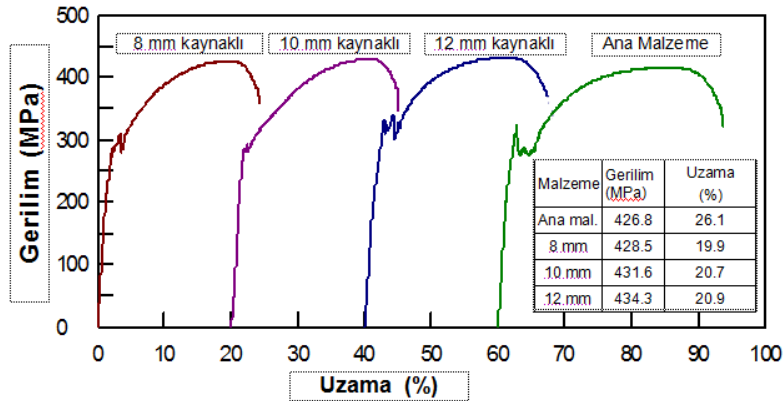
4.1. Çekme Testi (Tensile Test)

Şekil 1'de üç farklı kalınlıktaki kaynaklı bağlantılardan yapılan çekme testi sonucunda elde edilen numunelerin kopma görüntüleri verilmiştir. Şekil incelendiğinde, her üç kaynaklı bağlantıda da kopma işleminin kaynak bölgesi dışında ve esas metalde gerçekleştiği görülmektedir. Literatürde [23 ve 24] kaynak işleminde ilk aranan şartın birleştirmenin mukavemetinin esas malzemeyle aynı veya ona yakın olması gerektiği, farklı metallerin kaynağında ise kaynak metali mukavemetinin, mukavemeti düşük olan malzemeden daha dayanıklı olması gerektiği belirtilmiştir.



Şekil 1. Çekme numunelerin kopma bölgeleri
(Figure 1. Fracture regions of the tensile specimens)

Şekil 2'de orijinal Grade A gemi sacının çekme grafiği ile yine aynı malzemelerin (üç farklı kalınlıktaki) tozaltı ark kaynağı ile birleştirilmesi sonucunda elde edilen kaynaklı bağlantılara ait çekme grafikleri verilmiştir. Şekildeki eğriler her bir numuneden gerçekleştirilen 3 çekme test sonucunun ortalaması alınarak elde edilmiş eğrilerdir.



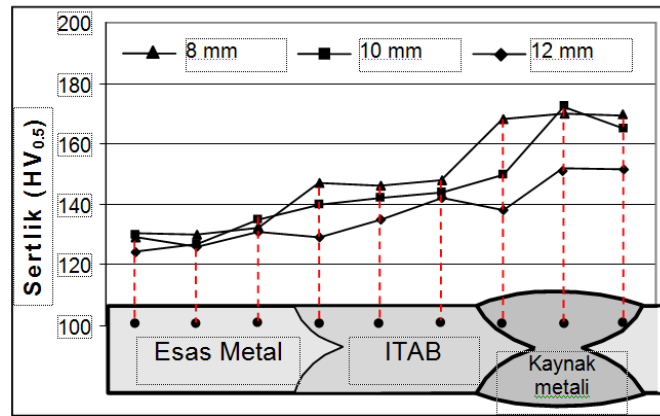
Şekil 2. Esas malzeme ve kaynaklı numunelerin çekme test grafikleri
(Figure 2. Tensile test curves of base metal and welded specimens)

Grafik incelendiğinde, kopma işleminin esas metalde gerçekleşmesinden dolayı, kaynaklı bağlantıların tümünde max. çekme ve % uzama değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca birleştirmelerin tümünden elde edilen çekme mukavemetlerinin esas metalden (Grade A) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak, çekme testi esnasında, esas metale göre daha sert olan kaynak

bölgesinde deformasyonun daha sınırlı olması gösterilebilir. Yapılan çekme deneyleri sonucunda esas metalin çekme mukavemeti 426.8 MPa yüzde uzaması 26.1 olduğu gözlemlenmiştir. 8 mm'lik kaynaklı birleştirmenin çekme mukavemeti 428.5 MPa yüzde uzaması 19.9 olduğu saptanmıştır. 10 mm'lik kaynaklı bağlantının çekme mukavemeti 431.6 MPa yüzde uzaması 20.7 olduğu bulunmuştur. 12 mm'lik kaynaklı malzemenin çekme mukavemeti 434.3 MPa yüzde uzaması 20.9 olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda her üç kaynaklı bağlantının mukavemetinin de esas malzemeden yüksek olmasından dolayı güvenli olduğu söylenebilir. Kılınçer [22] tozaltı ark kaynağı üzerinde yaptığı bir araştırmada, kopmanın esas malzemeden gerçekleşmesi ile malzemenin kaynaklanabilirliğinin iyi olduğunu rapor etmiştir.

4.2. Sertlik Testi (Hardness Test)

Şekil 3'de üç farklı kalınlıktaki gemi sacının tozaltı ark kaynağı ile birleştirilmesi sonucunda elde edilen kaynaklı bağlantıların, kaynak bölgelerinden (esas metal, ITAB ve kaynak metal) ölçülen sertlik değerleri verilmiştir. Bilindiği gibi, düşük karbonlu az alaşımlı çeliklerin kaynağında ITAB 'da çatlamaya karşı emniyet için sertliğin 350 HV sertlik değerini geçmemesi tavsiye edilmektedir. Tüm kaynaklı numunelerden, bu kritik değer altında sertlik değerleri alınmıştır.



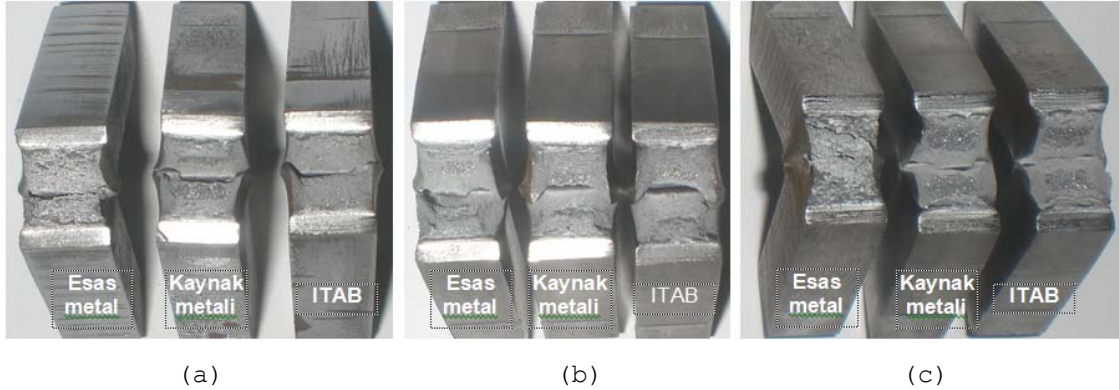
Şekil 3. Mikrosertlik test sonuçları
(Figure 3. Microhardness test results)

Şekil 3 incelendiğinde, sertlik değerleri çok fazla değişmemekle birlikte artan malzeme kalınlığı ile birlikte azalmaktadır. Ayrıca grafikte, esas malzemenin sertlik değerlerinin 125-130 HV, ITAB bölgesinin 130-145 HV, kaynak metalinin ise 145-170 HV olduğu görülmektedir. Buradan en yüksek sertlik değerlerinin kaynak metalinden ölçüldüğü ve onu sırasıyla ITAB ve esas malzemenin takip ettiği anlaşılmaktadır. Durgutlu ve arkadaşları [7] ile Asarkaya [25] tozaltı ark kaynağı ile yaptıkları çalışmalarda, kaynak bölgesinde en yüksek sertliğin kaynak metalinde olduğunu onu sırasıyla ITAB ve esas malzemenin takip ettiğini belirtmişlerdir. Kılınçer [22], farklı karbon oranına sahip çelikleri tozaltı ark kaynağı ile birleştirmiş ve %0.22'den az karbon oranına sahip kaynaklı bağlantıların en sert bölgesinin kaynak metalinde olduğunu ve kaynak metalinden esas malzemeye doğru gidildikçe sertliğin azaldığını belirtmiştir.

4.3. Çentik Darbe Testi (Charpy Notch Impact Test)

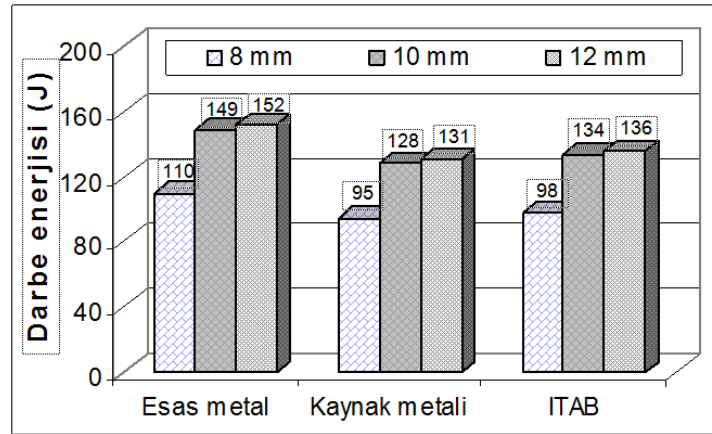
Şekil 4'de esas metal ile kaynaklı bağlantıların kaynak metal ve ITAB'ından gerçekleştirilen çentik darbe test numunelerinin (her bir numuneden 3'er adet gerçekleştirilmiştir) birer tanesinin kırılma

sonrası görüntüleri verilmiştir. Fotoğraflar incelendiğinde tüm numunelerdeki kırılma tiplerinin birbirlerine benzer ve sünek kırılma tipinde oldukları görülmektedir.



Şekil 4. Çentik darbe deney numunelerinin kırılma sonrası görüntüleri; a) Grade A 8 mm, b) Grade A 10 mm ve Grade A 12 mm.

(Figure 4. After the fracture of images to Charpy notch impact test specimens a) Grade A 8 mm, b) Grade A 10 mm ve Grade A 12 mm)



Şekil 5. Esas metal ve kaynaklı numunelerin (kaynak metali ve ITAB) çentik darbe test sonuçları

(Figure 5. Charpy notch impact test results of base metal and welded specimens (weld metal and HAZ)

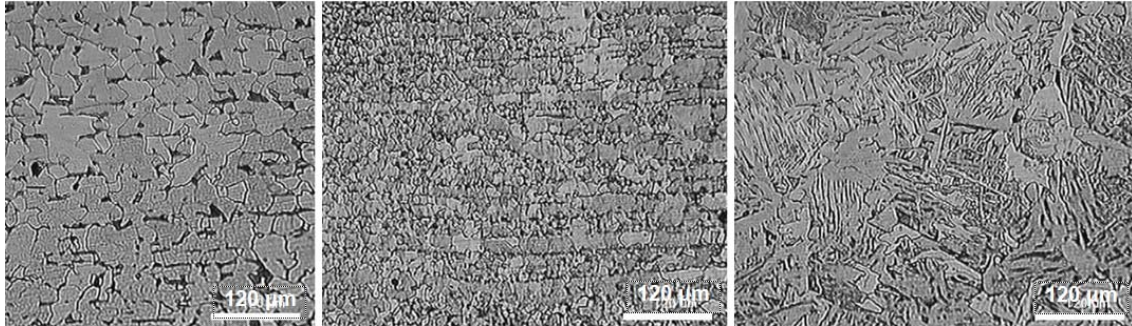
Şekil 5’de üç farklı kalınlıktaki esas metal ile bu numunelerin birleştirildikten sonraki numunelerin kaynak metali ve ITAB’ından ölçülen çentik darbe enerjileri verilmiştir. Burada en dikkat çekici nokta, 8 mm kalınlığındaki hem esas metalin, hem de kaynaklı bağlantının kaynak metali ve ITAB’ından ölçülen çentik darbe enerjilerinin diğerlerinden oldukça düşük olmasıdır. Bunun sebebi, 10 ve 12 mm kalınlığındaki numunelerden standart 10x10x55 mm ebatlarında çentik darbe numunesi olması, bunun yanında 8 mm’lik numuneden ancak 8x10x55 mm ebatlarında numune hazırlanmasıdır. Burada, darbeye maruz kalan bölgelerin alanlarının farklı olduğu sonucu çıkmaktadır. Eğer bütün birleştirmelerin aynı ebatlarda oldukları matematiksel olarak oranlanırsa, bu değerlerin yaklaşık olarak esas metalde 110=147 J, kaynak metali 95=127 J ve ITAB 98=131 J oldukları hesaplanabilir. Bu değerler dikkate alındığında bile, en yüksek çentik darbe dayanımları, 12 mm kalınlığındaki kaynaklı numuneden ölçülürken, en düşük çentik darbe dayanımı ise 8 mm kalınlığındaki kaynaklı numunelerden ölçülmüştür. Yani çentik darbe değerleri birbirlerine çok yakın

olmakla birlikte, artan malzeme kalınlığıyla birlikte çok az artış göstermiştir. Burada, malzeme kalınlığının artmasıyla, çekme testinde % uzama değerlerinin arttığı, bunun yanında sertlik değerlerinin azaldığı göz önünde bulundurulduğunda, sonucun gayet normal olduğu görülür.

Şekil 5'de bir başka nokta, tüm numunelerde, en yüksek çentik darbe enerjilerini esas metaller gösterirken bunu sırasıyla ITAB ve kaynak metali takip etmektedir. Ayrıca, kaynak metalinden elde edilen çentik darbe enerjileri ITAB'dan elde edilen değerlerden daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni olarak, kaynak metalinden ölçülen yüksek sertlik değerleri gösterilebilir. Düşük karbonlu çeliklerin kaynak bölgesindeki kırılma davranışları üzerine yapılan araştırmalarda [22 ve 25], ITAB'ın tokluğunun kaynak metalinden daha yüksek olduğu ve ITAB'ın sertliğinin kaynak metali sertliğinden düşük olmasının bu sonucu doğurduğu belirtilmiştir. Ayrıca, kaynaklı numunelerin kaynak bölgelerinden ölçülen sertlik değerleri ile kaynaklı numunelerden elde edilen tokluk değerleri kıyaslanacak olursa, sertliğin artmasıyla tokluğun düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca çentik darbe dayanımlarının sertlikle ters orantılı olarak değiştiği bilinmektedir. Özellikle tozaltı kaynağı gibi yüksek ısı girdisine sahip yöntemlerde kaynak metali gevrek bir davranış gösterirken, ITAB bölgesi bu bölgeye nazaran daha tok yapıdadır.

4.4. Mikroyapı Çalışmaları (Microstructural Studies)

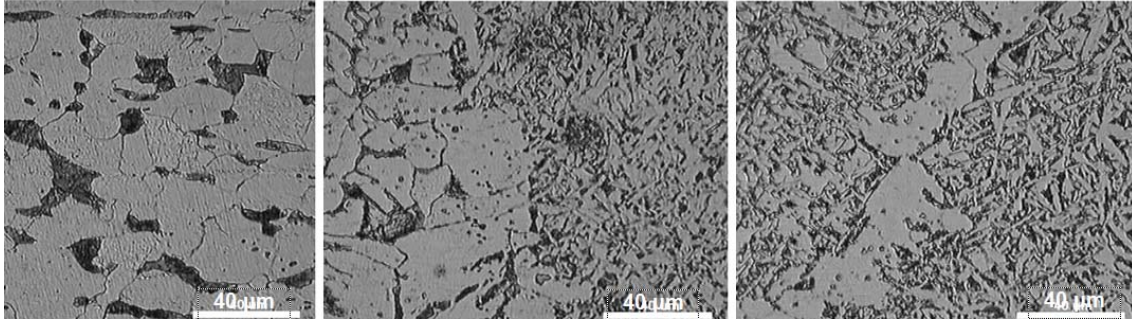
Şekil 6, 7 ve 8'de deneysel çalışmalarda kullanılan üç farklı kalınlıktaki Grade A gemi sacının ve bu sacların tozaltı ark kaynağı ile birleştirilmesi neticesinde kaynak bölgelerinden elde edilen mikroyapıları verilmiştir. Mikroyapı fotoğrafları incelendiğinde Grade A çeliğinin eş eksenli perlit (koyu bölgeler) ve ferritten (beyaz bölgeler) meydana geldiği görülmektedir.



(a) (b) (c)

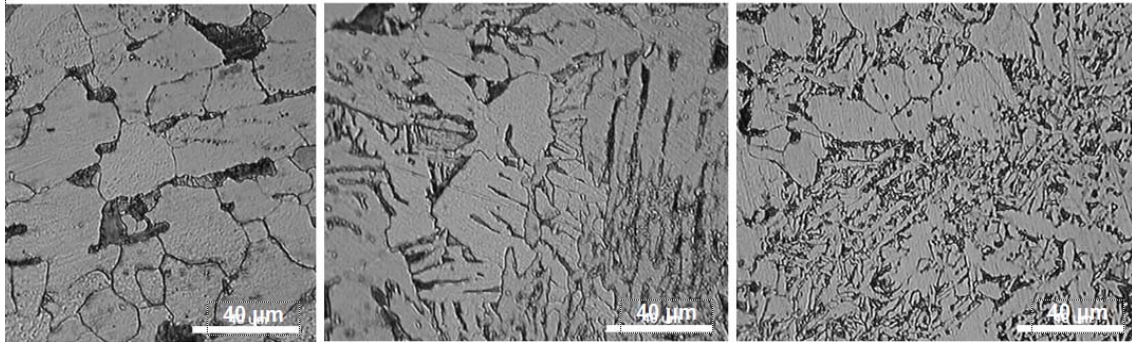
Şekil 6. 8 mm kalınlığındaki birleştirilmiş Grade A gemi sacının;
a) esas metal, b) ITAB ve c) kaynak metali mikroyapı görüntüleri
(Figure 6. The joined thickness of 8 mm Grade A ship plate;
a) base metal, b) HAZ and c) weld metal microstructure images)

Şekil 6, kaynaklı bağlantının daha geniş bir alanını görebilmek için küçük bir büyütme ile görüntülenirken, Şekil 7 ve 8'de bir kaynaklı bağlantıda karakteristik bölgeleri daha büyük büyütme ile görüntülenmiştir. Her üç şekilde de (a) farklı kalınlıktaki esas metali, (b) ITAB'ı ve (c) kaynak metali mikroyapılarını temsil etmektedir. Burada, Şekil 6 b ITAB'da mevcut ince taneli bölge ile iri taneli bölgeyi gösterirken, Şekil 7 ve 8 b'ler ise ITAB'da iri taneli bölge ile kaynak metalinin ergime çizgisine yakın olan kısmını göstermektedir.



(a) (b) (c)

Şekil 7. 10 mm kalınlığındaki birleştirilmiş Grade A gemi sacının;
a) Esas metal, b) ITAB ve c) kaynak metali mikroyapı görüntüleri
(Figure 7. The joined thickness of 10 mm Grade A ship plate;
a) base metal, b) HAZ and c) weld metal microstructure images)



(a) (b) (c)

Şekil 8. 12 mm kalınlığındaki birleştirilmiş Grade A gemi sacının;
a) Esas metal, b) ITAB ve c) kaynak metali mikroyapı görüntüleri
(Figure 8. The joined thickness of 12 mm Grade A ship plate;
a) base metal, b) HAZ and c) weld metal microstructure images)

Kaynak metali katılaştırırken sıcaklık gradyanına (G), kristal büyüme oranına (R) ve alaşım elemanlarına bağlı olarak değişik mikroyapılar meydana gelir. Düşük karbonlu ve düşük alaşımlı kaynak metalinde soğuma hızına bağlı olarak oluşan yapılar, tane sınırı ferriti, Widmanstatten ferrit, asiküler ferrit, perlit ve martensit olabilmektedir. Çalışma sonucu elde edilen kaynak metali mikroyapıları incelendiğinde (Şekil 6, 7 ve 8 c) yapının ağırlıklı olarak asiküler ferrit olduğu (iğnemsiz kısımlar), ancak bazı kısımlarda da poligonal ferritin olduğu gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

- Tüm kaynaklı numunelerden alınan çekme deneyi sonuçlarının, esas malzeme veya kaynak metali özelliklerinden daha yüksek çıkması, uygun kaynaklı birleştirmeler yapıldığını göstermiştir.
- Çekme testleri sonucunda tüm kaynaklı bağlantılarda kopma, kaynak bölgesi dışında, esas malzemeden gerçekleşmiştir.
- Çentik darbe testleri sonucunda ITAB'ın darbe çentik değerlerinin kaynak metalinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Bütün kaynak parametrelerinde, kaynak metali sertliğinin ITAB ve esas metalden yüksek olduğu görülmüştür.

- Her üç farklı kalınlıktaki kaynaklı bağlantıların, kaynak metalinde oluşan mikroyapıların ağırlıklı olarak asiküler ferrit olduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yılmaz, R. ve Tümer, M., (2009). Gemi Saclarının Tozaltı Ve Özlü Tel Kullanarak MAG Kaynağı İle Birleştirilmesi ve Mekanik Özellikleri. Tübvav Bilim Dergisi: Cilt:2, Sayı:1, ss:88-98.
2. Ay, T., Öz Saraç, U. ve Aslanlar, S., (2003). Gemi Saclarına Uygulanan Kaynaklı Bağlantıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Kaynak Teknolojisi IV. Ulusal Kongresi. Kocaeli, Bildiriler Kitabı, ss:19-29.
3. Özden, H., (2003). Gemi İnşaatında Kalın Çelik Sac Kaynak Bağlantılarının İşletme Mukavemeti. Kaynak Teknolojisi IV. Ulusal Kongresi. Kocaeli, Bildiriler Kitabı, ss:30-42.
4. Asarkaya, M., (2004). Tersanelerde Uygulanan Ve Uygulanabilecek Kaynak Yöntemleri. Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu, İstanbul, ss:252-267.
5. Kahraman, N., Gülenç, B. ve Durgutlu, A., (2005). Tozaltı Ark Kaynağı ile Kaynaklanan Düşük Karbonlu Çeliklerde Serbest Tel Uzunluğunun Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 18, Sayı 3, ss:473-480.
6. Ren, D., Xiao, F., Tian, P., Wang X., and Liao, B., (2009). Effects of welding wire composition and welding process on the weld metal toughness of submerged arc welded pipeline steel. International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, Volume 16, Issue 1, pages 65-70.
7. Durgutlu, A., Kahraman, N. ve Gülenç, B., (2002). Tozaltı Ark Kaynağında Kaynak Tozunun Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt:10, Sayı:11, ss:1-8.
8. Anık, S., (1991). Kaynak Tekniği, El Kitabı, Yöntemler ve Donanımlar, Gedik Eğitim Vakfı Yayını, İstanbul, ss:59-65.
9. Kahraman, N. ve Gülenç, B., (2009). Modern Kaynak Teknolojisi Kitabı, Epa-Mat Basım Yayın Ltd. Şti, Ankara, ss:30-36.
10. Yavuz, N., Özcan, R. ve Polat, F.G., (2005). Tozaltı Kaynak Bağlantısının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Termal ve Mekanik Analizi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:10, Sayı:2, ss:9-19.
11. Ogborn, J.S., (1993). Submerged Arc Welding, ASM Handbook, Cilt 6, 202-204,
12. Tarng, Y.S., Juang, S.C., and Chang C.H., (2002). The Use Of Grey-Based Taguchi Methods to Determine Submerged Arc Welding Process Parameters in Hardfacing. Journal of Materials Processing Technology 128, pages 1-6.
13. Tülbentçi, K., (1990). MIG-MAG Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı, Gedik Eğitim Vakfı Yayını, İstanbul, ss:2-5.
14. Anık, S., Tülbentçi, K. ve Kaluç, E., (1991). Örtülü Elektrod İle Elektrik Ark Kaynağı, Gedik Eğitim Vakfı Yayını, İstanbul, ss:17-23.
15. Richard, S.S., (1995). The Procedure Handbook of Arc Welding, The Lincoln Electric Company, Cleveland, Ohio.
16. Anık, S. ve Tülbentçi, K., (1993). Kaynak Teknolojisi II, Tozaltı Kaynak Tekniği, Gedik Kaynak San. Tic. A.Ş Yayını, İstanbul.
17. Murugan, N. and Gunaraj, V., (2005). Prediction and control of weld bead geometry and shape relationships in submerged arc

- welding of pipes, Journal of Materials Processing Technology, Volume 168, Issue 3, pages 478-487.
18. Karaoğlu, S. and Seçgin, A., (2008). Sensitivity analysis of submerged arc welding process parameters, Journal of Materials Processing Technology, Volume 202, Issues 1-3, pages 500-507.
 19. Babu S.P.K. and Natarajan, S., (2008). Influence of heat input on high temperature weldment corrosion in submerged arc welded power plant carbon steel, Materials & Design, Volume 29, Issue 5, pages 1036-1042.
 20. McPherson, N.A., Chi, K., and Baker, T.N., (2003). Submerged Arc Welding of Stainless Steel And The Challenge From The Laser Welding Process, Journal of Materials Processing Technology 134, pages 174-179.
 21. Çetinkaya, C., (1998).Orta Karbonlu Çeliklerin Tozaltı Ark Kaynak Yöntemi İle Kaynak Edilebilirliği ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi, Cilt 1, Sayı 3-4, 61-67.
 22. Kılınçer, S., (1998). Düşük Karbonlu Çeliklerin Tozaltı Ark Kaynak Yöntemi ile Kaynak Edilebilirliğinin ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
 23. Anık, S., (1998). Farklı metallerin Kaynağı, Gedik Kaynak Dünyası, İstanbul, ss:4-8.
 24. Kılınçer, S. ve Kahraman, N., (2009). AISI 409 ve Ç1010 Çeliğin Östenitik Elektrod Kullanarak MIG Kaynak Yöntemi İle Birleştirilmesi ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:24, Sayı:1, ss:23-31.
 25. Asarkaya, M., (2006). Gemi inşasında Kullanılan Kaynak Yöntemlerinin Mekanik Özelliklere Etkisi, Yüksek Lisans Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.