



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>

## S235JR ile S355JR yapı çeliklerinin özlü tel elektrotla MAG kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliğinin araştırılması

*An investigation of joinability of S235JR and S355JR construction steel by MAG welding method with cored wire electrode*

*Yazar (Author): Yakup KAYA*

*ORCID: 0000-0002-9951-2844*

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Kaya Y., “S235JR ile S355JR yapı çeliklerinin özlü tel elektrotla mag kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliğinin araştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 21(3): 597-602, (2018).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.375183

# S235JR ile S355JR Yapı Çeliklerinin Özlü Tel Elektrotla MAG Kaynak Yöntemiyle Birleştirilebilirliğinin Araştırılması

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Yakup KAYA**

Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Karabük Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 09.05.2017 ; Kabul/Accepted : 01.06.2017)

## ÖZ

Bu çalışmada, 3 mm kalınlığında S235JR ile S355JR yapı çelikleri, özlü tel kullanılarak MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Bu çeliklerin kaynak işlemleri kendi aralarında (S235JR-S235JR, S355JR-S355JR) ve birbirleri ile (S235JR-S355JR) olmak üzere, 3 farklı kombinasyonda gerçekleştirilmiştir. Kaynak işlemleri gerçekleştirilen numunelerin mekanik ve mikroyapı özellikleri incelenmiştir. Kaynaklı numunelere uygulanan çekme testleri sonucunda kopma, S235JR-S235JR ve S355JR-S355JR birleştirmelerde ana malzemelerde, S235JR-S355JR numunelerinde ise birleştirmelerin S235JR ana malzeme tarafında gerçekleşmiştir. 180° iki yönlü eğme testlerinde, birleştirilmiş numunelerin tümünde kaynak bölgesinde gözle görülebilir herhangi bir çatlama veya ayrılma gözlenmemiştir. Mikrosertlik testleri sonucunda, bütün kombinasyonlarda en yüksek sertlik değeri kaynak metalinden ölçülürken, onu ITAB ve ana malzeme takip etmiştir. Mikroyapı incelemelerinde ise, numunelerin tümünde ana malzemeden kaynak metaline doğru gidildikçe tane irileşmesi meydana geldiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** MAG kaynağı, S235JR, S355JR, mekanik özellikler, mikroyapı.

## An Investigation of Joinability of S235JR and S355JR Construction Steel by MAG Welding Method with Cored Wire Electrode

### ABSTRACT

In this study, S235JR and S355JR construction steel plates with 3 mm thickness both were joined using cored wire electrode type filler metal by MAG welding method. Joined materials between themselves (S235JR-S235JR, S355JR-S355JR) and different (S235JR-S355JR) were carried out in three different combinations including. Welding operations of these steels was carried out in 3 different combinations with each other (S235JR-S235JR, S355JR-S355JR) and with each other (S235JR-S355JR). The mechanical and microstructure properties of the welded samples were investigated. As a result of tensile tests, fracture occurred on main materials for S235JR-S235JR and S355JR-S355JR joints and occurred on S235JR side for S235JR-S355JR joints. No crack or separation was observed in all joined samples during 180° bending tests in both directions. As a result of the microhardness tests, it was measured from the highest hardness weld metal in all joining combinations, followed by ITAB and main material. In the microstructure studies, it was determined that the whole of the samples came to the grain growth from the main material to the welding metal.

**Keywords:** MAG welding, S235JR, S355JR, mechanical properties, microstructure

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapı çelikleri 1980 ve 1990'lı yıllarda çelik yapılar kompozit kiriş ve döşemelerinin imalatında etkili bir şekilde kullanımı ile birlikte Batı Avrupa ülkelerinde ve özellikle İngiltere'de daha çok kullanılan bir malzeme haline gelmiştir. Ülkemizde henüz yeterli derecede kullanılmayan yapı çelikleri özellikle 1999 Marmara depremi sonrasında inşaat sektöründe adından sıkça söz edilen bir yapı malzemesi olmuştur [1]. Yapı çelikleri genel olarak; endüstriyel binalar, köprü ve demiryolları, denizde yapılan dalgakıranlar, gemi yapımı, şehirlerarası elektrik kabloları taşıyan direkler, petrol ve offshore gaz

platformlar, çok amaçlı sosyal tesisler, ticari yapılar, binaya yük bindirmeyen çatı katları gibi alanlarda kullanılmaktadır [2].

Günümüz endüstrisinde kullanılan malzeme çeşitlerinin artması farklı özellikler gerektiren yerlerde farklı metal bağlantılarının gerekliliği ve özellikle son yıllarda ekonomik faktörlerin giderek önem kazanması farklı özelliklere sahip malzemelerin birbirleriyle birleştirilmesi zorunluluğunu doğurmaktadır [3]. Böylece farklı metallerin kaynakla birleştirilmesi ile o malzemelerin belirli özelliklerinden birlikte yararlanılmaktadır [4]. Bunun için de kullanılan çok çeşitli kaynak yöntemleri mevcuttur. Bu kaynak yöntemlerinden biri de MIG-MAG kaynak yöntemidir [5].

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta : ykaya@karabuk.edu.tr

MIG-MAG kaynak yöntemi birçok avantajlarından dolayı, endüstride yaygın olarak kullanılan kaynak yöntemidir [6]. Sanayisi gelişmiş ülkelerde günümüzün en çok kullanılan yarı otomatik kaynak yöntemi olan MAG kaynak yöntemi kullanımı ülkemizde hızlı bir şekilde artmaktadır [7]. Son yıllarda ülkemizde gazaltı kaynak metodunda kullanılmaya başlanan özlü tellerin, yüksek ergime hızları, her pozisyonda kaynak edilebilme gibi bazı avantajları nedeniyle birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır [8]. MAG kaynağına uygun özlü teller, daha iyi bir dikiş görünümü, iyi tokluk değerleri ve birleştirme hatalarının oluşma eğiliminin daha düşük olması nedeniyle endüstrinin birçok kolunda kullanılmaktadır. Zor pozisyonlardaki kaynakta sağladığı ekonomik avantajlardan dolayı gemi yapımında ve çelik yapılarda kullanımı gittikçe artmaktadır [9,10].

Bu çalışmada, S235JR ve S355JR yapı çelikleri 3 farklı kombinasyonda özlü tel kullanılarak MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Birleştirme işlemleri sonrasında kaynaklı numunelerin mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Kaynak işlemlerinde kullanılan yapı çelikleri (S235JR ve S355JR) ve rutil özlü ilave metalin kimyasal bileşimi (% ağırlık olarak) Çizelge 1’de verilmiştir.

300x75x3 mm ebatlarında S235JR ve S355JR çelik levhalar, aralarında 1 mm boşluk kalacak şekilde hazırlanarak 100 mm aralıklarla puntalanmış ve Çizelge 2’de verilen kaynak parametreleri kullanılarak birleştirilmiştir. Çalışmalarda tam bir nüfuziyet için standart seramik altlık kullanılmıştır. Ayrıca, çarpılma ve distorsiyonu önlemek için kalıp hazırlanmış ve kaynaklı birleştirme esnasında sabitlenmiştir. Şekil 1’de kaynak işlemine hazırlanmış ve puntalanmış parçalar görülmektedir.

Kaynak işlemleri Expressweld MasterMIG 501W gazaltı kaynak makinesi kullanılarak manuel olarak gerçekleştirilmiş olup kaynak esnasında koruyucu gaz olarak CO<sub>2</sub> gazı kullanılmıştır. Kaynak işleminden sonra numuneler açık havada soğumaya bırakılmıştır.



Şekil 1. Kaynak işlemlerinde kullanılan kalıp (The fixture in the welding process).

Kaynaklı numunelerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme testi, eğme testi ve mikrosertlik ölçümleri gerçekleştirilmiş ve ayrıca mikroyapı çalışmaları yapılmıştır. Çekme numuneleri hem ana malzemelerden hem de kaynaklı numunelerden olmak üzere TS EN ISO 4136:2012 standardına göre 3’er adet hazırlanmış ve Autograph-Shimadzu AG-IS tipi cihaz ile 2 mm/dk ilerleme hızında çekilmiştir. Eğme numuneleri TS EN ISO 5173:2010 standartına göre hazırlanmış ve eğilmiştir. Mikrosertlik ölçümleri TS EN ISO 9015-1:2011 standartına göre, Shimadzu HMV marka cihaz ile HV cinsinden ölçülmüştür. Sertlik ölçümlerinde 500 g yük uygulanmıştır. Mikroyapı incelemeleri için hazırlanan numuneler parlatma işleminden sonra, % 2’lik nital (2 ml HNO<sub>3</sub> ve 98 ml etil alkol) ile dağlanmış. Dağlama işleminden sonra numuneler, NIKON Epiphot 200 model optik mikroskop ile incelenmiştir.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

### 3.1. Çekme Testi (Tensile test)

Şekil 2’de S235JR ve S355JR yapı çeliklerinin 3 farklı kombinasyonda (S235JR-S235JR, S235JR-S355JR ve S355JR-S355JR) özlü tel elektrod kullanılarak MAG kaynak yöntemiyle birleştirilmiş bağlantılarına ait çekme eğrileri verilmiştir. Şekildeki eğriler her bir bağlantıdan gerçekleştirilen 3 çekme test sonucunun ortalaması alınarak elde edilmiştir. Ayrıca şekil üzerinde ana

Çizelge 1. Ana malzemeler ile ilave metalin kimyasal bileşimi (ağırlıkça %) (Chemical compositions of base materials and filler metal) (wt. % ).

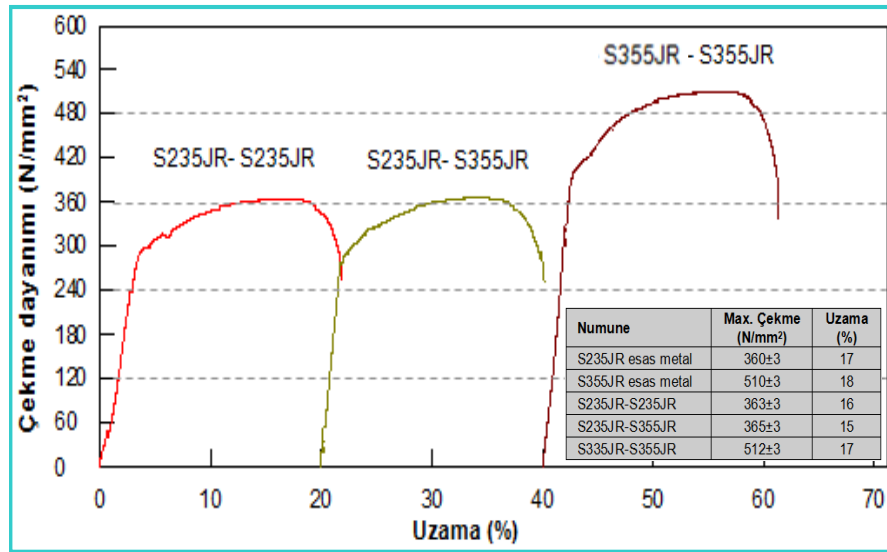
Alaşım Elementi (%)	C	Mn	P	S	N	Cu	Si	Fe
S235JR	0,170	1,40	0,035	0,035	0,012	0,550	-	Kalan
S355JR	0,24	1,60	0,035	0,035	0,012	0,550	-	Kalan
ELCOR R71 (ilave tel)	0,06	1,30	0,015	0,015	-	-	0,50	Kalan

Çizelge 2. Birleştirme işlemlerinde kullanılan kaynak parametreleri (The welding parameters used in the joining process).

Tel ilerleme hızı (cm/dk)	Kaynak gerilimi (V)	Kaynak hızı (mm/dk)	Koruyucu gaz	Gaz basıncı (lt/dk)	İlave metal çapı (mm)	Akım türü
850	21.8	≈430	CO <sub>2</sub>	12	1.2	DC

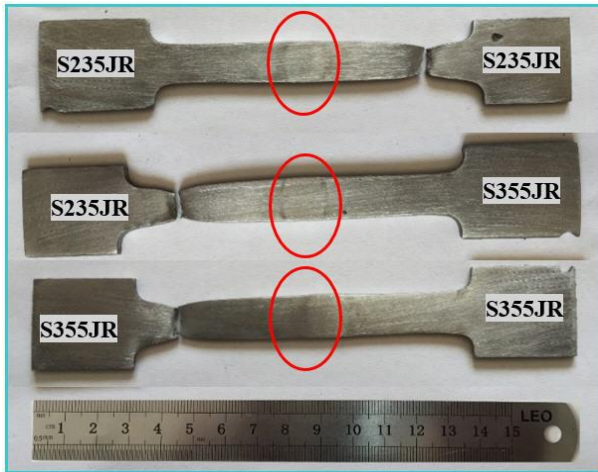
malzemeler ve kaynaklı bağlantılardan elde edilen çekme ve % uzama değerleri sayısal olarak verilmiştir.

çekme dayanımı (512 N/mm<sup>2</sup>) S355JR-S355JR yapı çeliği bağlantısından elde edilmiştir. S235JR-S235JR ve



Şekil 2. Çekme test sonuçları (Tensile test results).

Çekme testi sonrasında, kaynaklı birleştirmelerden (S235JR-S235JR, S235JR-S355JR, S355JR-S355JR) elde edilen kopma bölgeleri fotoğrafları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Çekme testi sonrası numunelerin kopma bölgeleri (The rupture zones of samples after tensile test).

Kaynaklı birleştirmelere uygulanan çekme testleri sırasında kombinasyonların tümü, ana malzeme tarafında boyun vermeye başlamış ve ana malzemeden sünek olarak kopma meydana gelmiştir. Birleştirmelerin kaynak bölgesinde (kaynak metali, ITAB) gözle görülebilir herhangi bir hasara rastlanılmamıştır. Şık [2], yapı çeliğinin (St 52-3) MIG/MAG kaynağında gaz karışımlarının çekme dayanımı özelliklerine etkisini incelediği araştırmasında, çekme testi sonrasında kopmaların tümünün esas metalden gerçekleştiğini bildirmiştir.

Şekil 2 incelendiğinde, MAG kaynağı ile birleştirmiş S235JR ve S355JR kombinasyonları arasında en yüksek

S235JR-S355JR birleştirmelerinin çekme dayanımlarının (363 ve 365 N/mm<sup>2</sup>) birbirlerine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Şekil 3'deki çekme testi sonu kopma görüntülerinden tüm kombinasyonlarda kopmanın S235JR ana malzemesinde meydana geldiği görülmektedir. Kopmaların kaynak bölgesinden (kaynak metali ve ITAB) olmaması ile kaynak bölgesi dayanımlarının ana malzeme çekme dayanımlarından daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. S235JR-S355JR kombinasyonunda kopmanın S235JR ana malzeme tarafında olması, S355JR çekme dayanımının (512 N/mm<sup>2</sup>) S235JR çekme dayanımından (363 N/mm<sup>2</sup>) yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan, S235JR-S235JR ve S235JR-S355JR çekme dayanımlarının (363 N/mm<sup>2</sup>) eşit olması yapılan kaynak işlemlerinin başarısını göstermektedir. Bir başka ifade ile kaynaklı bağlantıların, ana malzemelerden ölçülen çekme dayanımlarının üstünde bir performans sergiledikleri görülmüştür. Literatürde [4,11], farklı metallerin kaynaklı birleştirilmelerinde bağlantı çekme dayanımının, birleştirilen farklı metallerin çekme dayanımının en düşük olanından fazla ise birleştirmenin başarılı olarak kabul edileceği bildirilmiştir.

Çekme deneyi sonucunda elde edilen % uzama değerleri incelendiğinde, S235JR-S235JR kombinasyonunun % 16, S235JR-S355JR kombinasyonunun % 15, S355JR-S355JR kombinasyonunun ise % 17 uzama gösterdiği belirlenmiştir. 3 farklı kombinasyonda da % uzama değerlerinin birbirlerine yakın sonuçlar vermesinin sebebi ana malzemelerin tipik uzama değerlerini yansıtmasından kaynaklanmaktadır.

### 3.2. Eğme testi (Bending test)

MAG kaynak yöntemiyle birleştirilmiş S235JR ve S355JR yapı çeliklerinin 3 farklı kombinasyonuna 180° iki yönlü (kep ve kök) eğme testi uygulanmıştır. Şekil

4'te S235JR-S355JR kombinasyonuna ait iki yönlü gerçekleştirilen eğme testi sonucunda elde edilen makro görüntüler verilmiştir.

Kaynaklı S235JR ve S355JR yapı çeliklerine, kaynak bölgesinin şekil değiştirme özelliğinin belirlenmesi için uygulanan iki yönlü eğme testleri sonucunda, tüm kombinasyonlar 180° eğildiklerinde gözle görülebilir bir kaynak hatasına rastlanmamıştır. Özlü tel kullanılarak yapılan birleştirme işleminde kaynak metalinin eğme testi sonucunda seramik altlık ve uygun parametreler kullanılarak yeterli nüfuziyet, birleştirme kalitesi elde edildiği, kullanılan ilave metalin ana malzeme ile uygun sünekliliğe sahip olduğunu göstermektedir. S235JR ve S355JR çelik kombinasyonları iki yönlü eğme test sonuçlarına göre, kaynak sonrası servis şartlarına göre 180°'ye kadar istenilen açıda bükülerek güvenli bir şekilde kullanılabilir.



Şekil 4. Eğme testi sonucu kaynak görselleri (The welding images after bending test).

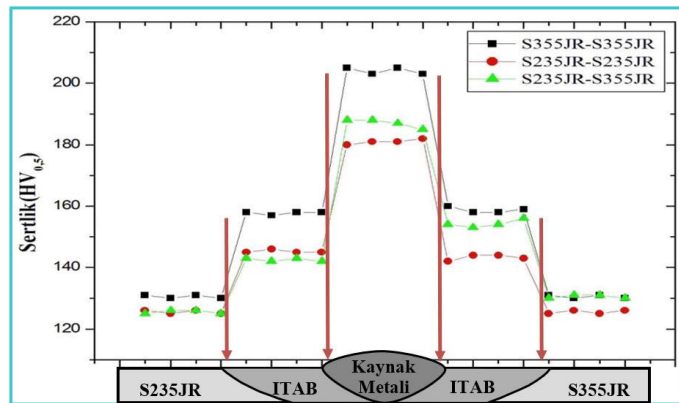
Yılmaz ve Tümer [12], gemi saclarının tozaltı ve özlü tel kullanarak MAG kaynağı ile birleştirilmesi ve mekanik özelliklerini inceledikleri araştırmalarında, eğme testi sonucunda birleştirilen malzemenin kaynak metal ve ITAB'da çatlak, boşluk gibi herhangi bir kaynak hatası rastlanmamış olup, kep eğmesine maruz bırakılan malzeme rastlanılmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca, Yılmaz [13] masif ve özlü teller ile birleştirilen Hardox 400 çeliklerinin mekanik ve mikroyapı özelliklerini incelediği araştırmada, eğme testi sonuçlarında yeterli nüfuziyet ve birleştirme kalitesinin elde edildiğini ve kullanılan ilave malzemelerin ana yapıyla uygun sünekliliğe sahip olduğunu bildirmiştir. Sonuçlar bir başka açıdan değerlendirildiğinde, çalışmada kullanılan kaynak ilave metal, koruyucu gaz ve kaynak parametrelerinin uygun seçildiğine, dolayısıyla birleştirmelerin şekillendirilebilme kabiliyetlerinin iyi olduğuna işaret etmektedir.

### 3.3. Mikrosertlik testi (Hardness Test)

Şekil 5'te MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmiş S235JR ve S355JR bağlantı kombinasyonlarına ait mikrosertlik değerleri verilmiştir. En yüksek sertlik değerleri kaynak metalinden ölçülmüş, onu sırasıyla ITAB ve ana malzeme takip etmektedir. Uzun [14] konvansiyonel ve sinerjik kaynak makinaları ile masif ve özlü tel ile kaynak edilmiş St 37 (S235JR) çeliğinin kaynak dikişlerini incelenmiş, sertlik testleri sonucunda sertliğin ana metalden kaynak metaline doğru gidildikçe arttığını ve en yüksek sertliğin kaynak bölgesinde olduğunu tespit etmiştir.

Kaynak metalleri ve ITAB'lardan ölçülen sertlik değerleri incelendiğinde, fazla bir fark olmakla birlikte S355JR çelik tarafının daha sert olduğu görülmektedir. Kaynaklı bağlantılarda, ana malzeme kısımlarındaki sertlik değerleri incelendiğinde ise, S355JR çeliğinin

S235JR çelik malzemeye göre daha yüksek sertliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Kaynak metal ve ITAB'ların sertlik değerlerinin ana malzemeye göre yüksek olması kaynak esnasındaki ısı girdisine bağlı olarak kaynak sonrası farklı soğuma hızlarından kaynaklandığı söylenebilir. Benedetti ve arkadaşları [15], S355JR yapı



Şekil 5. Mikrosertlik testi sonuçları (Microhardness test results).

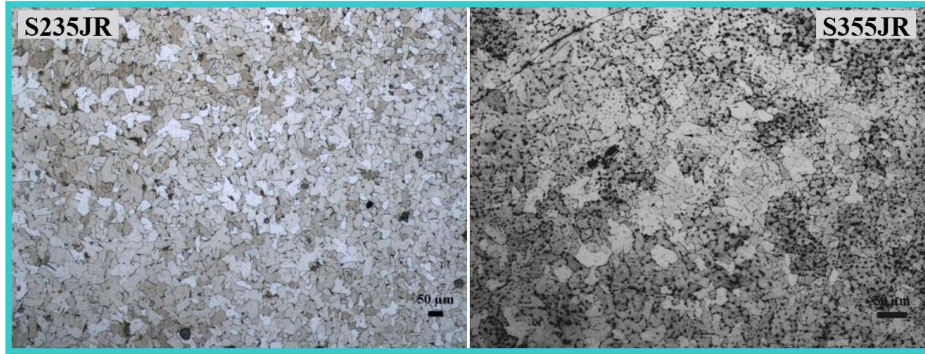
çeliğini MAG kaynak yöntemi ile birleştirmiş, sertlik testlerinde benzer sonuçlar bildirmişlerdir.

### 3.4. Mikroyapı incelemeleri (Microstructure investigations)

DeneySEL çalışmalarda kullanılan S235JR ve S355JR yapı çeliklerine ait ana malzeme görüntüleri Şekil 6'da verilmiştir.

perlit (koyu renkli taneler) fazlarından oluştuğu görülmektedir. Erden ve arkadaşları [16] alaşimsız ve hardoks çeliklerini tozaltı kaynak yöntemi kullanarak birleştirmiş, mikroyapı çalışmaları sonucunda S235JR çeliklerin ana malzeme mikroyapısının ferrit ve perlit fazlarından oluştuğunu bildirmişlerdir.

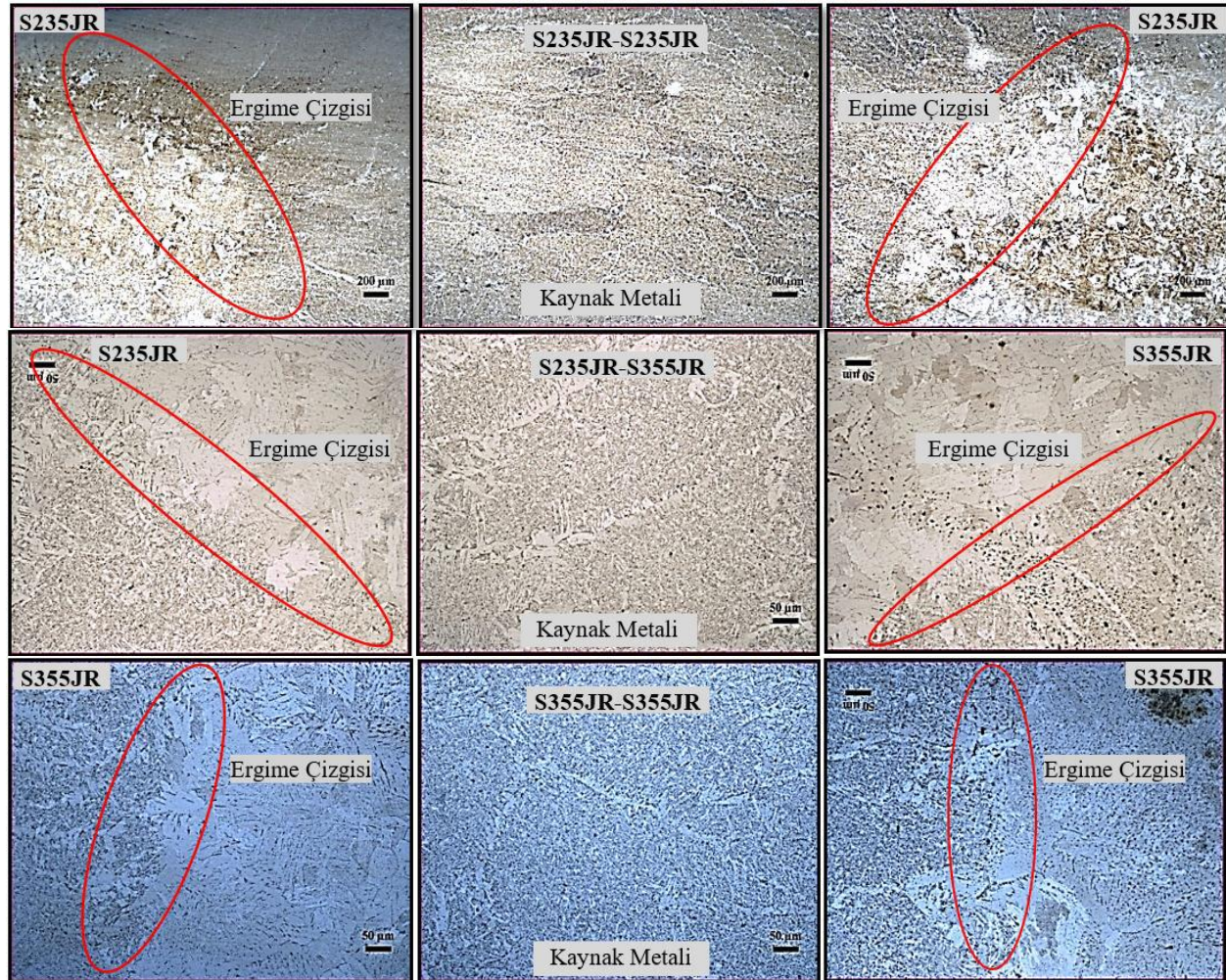
MAG kaynak yöntemi ile birleştirilen S235JR-S235JR,



Şekil 6. S235JR ve S355JR yapı çeliklerine ait mikroyapı görüntüleri (Microstructure images of S235JR and S355JR construction steels).

S235JR ve S355JR ana malzeme mikroyapı görüntüleri (Şekil 6) incelendiğinde ferrit (açık renkli taneler) ve

S235JR-S355JR ve S355JR-S355JR yapı çeliklerinden elde edilen mikroyapı görüntüleri Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. MAG kaynağı ile birleştirilen S235JR ve S355JR numunelerin mikroyapı görüntüleri (Microstructure images of S235JR and S355JR samples joined with MAG welding).

MAG kaynağı ile birleştirilen S235JR-S235JR, S235JR-S355JR, S355JR-S355JR bağlantıların kaynak bölgesi (kaynak metal, geçiş bölgesi ve ITAB) mikroyapı görüntüleri (Şekil 7) görülmektedir. Ergime sınırı olarak ifade edilen kaynak metal ve ITAB arasındaki sınır çizgisi incelenen görüntülerde kolaylıkla gözlemlenmektedir. 3 farklı kombinasyonlu S235JR-S355JR yapı çeliklerinin mikroyapı görüntüleri incelendiğinde; Şekil 6'daki ana malzeme görüntülerine kıyasla, kaynak metaline yaklaşıldıkça tanelerin irileştiği görülmektedir. Kaynak bölgesinde ergime sınırından merkeze doğru dentritik kollar görülmektedir. Kaynak metalinde ise asiküler ferrit oluştuğu gözlenmektedir.

S235JR-S355JR çeliklerinin mikroyapı görüntülerinde görüldüğü üzere S235JR çeliğinin ITAB'ındaki tanelerin S355JR çeliğinin ITAB'ına göre daha küçük olduğu gözlenmektedir. Kaynak metalinden alınan mikroyapı görüntüleri doğrultusunda seramik altlık kullanımına bağlı iri taneli yapılar ve kenar yüzeylerden kaynak metal merkez noktasına doğru yönelen dentritik kollar gözlenmektedir.

Yapılan literatür incelemelerinde, yapı çelikleri kaynak metallere oluşan mikroyapıların, soğuma hızına bağlı olarak değişiklik gösterdiği ve primer ferrit, Widmansten ferrit, asiküler ferrit, perlit, beynit ve martensit fazları olmak üzere değişik fazların beraberce bulunabileceği çeşitli çalışmalarda ifade edilmiştir [4,14,17].

#### 4. SONUÇ (CONCLUSION)

- Çekme testleri sonucunda, kaynaklı bağlantıların tümünde kopma işlemi ana malzemelerde meydana gelmiştir. En yüksek çekme dayanımı ise S355JR-S355JR birleştirmesinden elde edilmiştir.
- 180° çift yönlü eğme testleri sonucunda, kaynaklı numunelerin tümünde gözle görülebilir bir kaynak hatasına rastlanmamıştır.
- Mikrosertlik ölçümleri sonucunda, en yüksek sertlik değerini kaynak metal verirken, onu sırasıyla ITAB ve ana malzemeler takip etmektedir.
- Mikroyapı çalışmaları sonucunda, ana malzemelerden kaynak metaline doğru ilerledikçe tane irileşmesi meydana geldiği ve S235JR-S355JR birleştirmesinde S355JR tarafında S235JR tarafına göre daha fazla tane irileşmesi meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca ergiyip katılmış kaynak metalinin eş eksenli dentritik tanelerden meydana geldiği belirlenmiştir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Şık A., "MIG/MAG kaynak yöntemi ile birleştirilen çelik malzemelerde ilave tel türleri ve koruyucu gaz karışımlarının eğmeli yorulma ömürlerine etkilerinin araştırılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (4): 769-777, (2007).
- [2] Şık A., "Yapı çeliğinin (St 52-3) MIG/MAG kaynağında gaz karışımlarının çekme dayanımı özelliklerine etkisi", *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (1): 9-15, (2006).

- [3] Kaya Y., "AISI 304 ve AISI 430 paslanmaz çeliklerin TIG, MIG ve Örtülü Elektrod Ark kaynağıyla birleştirilebilirliğinin araştırılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25 (3): 549-557, (2010).
- [4] Kaya Y., Kahraman N., Durgutlu A., Gülenç B., "Ferritik paslanmaz çelik ile düşük karbonlu çelik malzemelerin farklı kaynak yöntemleriyle birleştirilebilirliğinin araştırılması", *Uluslararası Demir Çelik Sempozyumu (IIS'12)*, Karabük, 779-788, (2012).
- [5] Yürük A., Bozkurt B., Kahraman N., "S235JR karbon çeliği ile AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin MIG kaynak yöntemi ile kaynak edilebilirliğinin incelenmesi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (2): 90-97, (2017).
- [6] Ünlü B. S., Yılmaz S. S., Uzkut M., "MIG/MAG kaynağı ile farklı akım şiddetlerinde birleştirilmiş Fe 37 çeliğinin kaynak bölgesinin mekanik özellikleri", *6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'11)*, Elazığ, 356-359, (2011).
- [7] Ören E., "MAG kaynağında kaynak parametrelerinin iç köşe dikiş geometrisine etkisi", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2002).
- [8] Fındık T., "304 tipi paslanmaz çeliklerin MIG kaynağındaki ısı transferinin sonlu elemanlar yöntemiyle analizi", *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2008).
- [9] Gülsöz A., "Özlü tel elektrodların önemi ve kaynak özellikleri", *Mühendis ve Makine Kaynak Özel Sayısı*, 35-40, (2000).
- [10] Çelik O., "Gazaltı (MAG) kaynağında kullanılan rutil, bazik ve metal özlü tellerin kaynak metal özelliklerine etkisinin araştırılması", *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2013).
- [11] Çörten N., Şener A., Kaya Y., Kahraman N., "AISI 304 ve AISI 316 östenitik paslanmaz çeliklerin TIG kaynağıyla birleştirilebilirliğinin incelenmesi" *4. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Sergisi (ICWET'16)*, Gaziantep, 1488-1496, (2016).
- [12] Yılmaz R., Tümer M., "Gemi saclarının tozaltı ve özlü tel kullanarak MAG kaynağı ile birleştirilmesi ve mekanik özellikleri", *Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi*, 2 (1): 56-66, (2009).
- [13] Yılmaz T., "Masif ve özlü kaynak telleri ile birleştirilen hardox 400 çeliklerinin mekanik ve mikroyapı özellikleri", *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, (2010).
- [14] Uzun Y., "Konvansiyonel ve sinerjik kaynak makinaları ile masif ve özlü tel ile kaynak edilmiş St 37 çeliğin kaynak dikişlerinin incelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, (2014).
- [15] Benedetti M., Fontanari V., Santus C., "Crack growth resistance of MAG butt-welded joints of S355JR construction steel", *Engineering Fracture Mechanics*, 108: 305-315, (2013).
- [16] Erden M. A., Gündüz S., Çalgülü U., Boz M., "Tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen alaşımsız ve hardoks çeliklerin mikroyapı ve sertlik özelliklerinin araştırılması", *4. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Sergisi (ICWET'16)*, Gaziantep, 784-792, (2016).