



# POLİTEKNİK DERGİSİ

## JOURNAL of POLYTECHNIC

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

URL: <http://www.politeknik.gazi.edu.tr/index.php/PLT/index>

## Farklı özlü tel kullanılarak birleştirilen S275 yapı çeliğinin mekanik ve mikroyapı özelliklerinin incelenmesi

### *Investigation of mechanical and microstructure properties of S275 structural steel joined by using different flux cored wire*

Yazar(lar) (Author(s)): Bekir ÇEVİK

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz:** Çevik B., “Farklı özlü tel kullanılarak birleştirilen S275 yapı çeliğinin mekanik ve mikroyapı özelliklerinin incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 20(3): 675-680, (2017).

**To cite this article:** Çevik B., “Farklı özlü tel kullanılarak birleştirilen S275 yapı çeliğinin mekanik ve mikroyapı özelliklerinin incelenmesi”, *Journal of Polytechnic*, 20(3): 675-680, (2017).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://www.politeknik.gazi.edu.tr/index.php/PLT/issue/archive>

**DOI:** [10.2339/politeknik.339397](https://doi.org/10.2339/politeknik.339397)

# Farklı Özlü Tel Kullanılarak Birleştirilen S275 Yapı Çeliğinin Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerinin İncelenmesi

Bekir ÇEVİK\*

Düzce Üniversitesi, Gümüşova M.Y.O., Kaynak Teknolojisi Bölümü, 81850, Gümüşova, Düzce

(Geliş/Received : 05.08.2016 ; Kabul/Accepted : 09.11.2016)

## ÖZ

Özlü teller, iç kısımlarına yerleştirilen ve toz halindeki çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Özü oluşturan bileşenlerin amaca göre değiştirilebilmesi sayesinde özlü teller çok yönlü kullanım özelliklerine sahiptirler. Günümüzde değişik kaynak yöntemleri ve değişik malzemeler için geliştirilmiş olan özlü teller (elektrotlar) bulunmaktadır. Bu nedenle özlü tel ark kaynak yönteminde özlü tel elektrotlarla yapılan mekanize kaynak da gittikçe önem kazanmaktadır. Özlü tel ark kaynak yönteminde farklı koruyucu gazlar ve karışımları ile kullanımı konusunda araştırmalar devam etmektedir. Bu çalışmada, S275 yapı çeliği levhalar özlü tel ark kaynak yöntemi ile rutil ve bazik özlü teller kullanılarak ticari saflıktaki argon atmosferinde birleştirilmiştir. Bu amaçla 10 mm kalınlıktaki S275 çelik levhalara 70° çift V kaynak ağız formu oluşturulmuştur. Kaynaklı numunelerin mekanik ve mikroyapı özelliklerini belirlemek için çekme ve sertlik testi ile metalografik incelemeler yapılmış ve saf argon gazının farklı özlü teller ile kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yapılan çekme testi sonucunda en yüksek mekanik özellikler bazik özlü tel ile yapılan kaynak dikişlerinden elde edilmiştir. Çekme testi esnasında kaynaklı numunelerdeki ayrılma, genellikle de geçiş bölgesine yakın yerlerde meydana gelmiştir. Bütün kaynak parametrelerinde, kaynak metal sertliğinin ısının tesiri altında kalan bölge (ITAB) ve esas metalden yüksek olduğu görülmüştür. Mikroyapı çalışmaları sonucunda ITAB'ta tane irileşmesinin meydana geldiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Özlü tel ark kaynağı, rutil ve bazik özlü tel, saf argon, S275 yapı çeliği, mekanik özellikler, mikroyapı.

## Investigation of Mechanical and Microstructure Properties of S275 Structural Steel Joined by Using Different Flux Cored Wire

### ABSTRACT

Flux cored wires are composed of various components that are placed in their internal parts and have powder form. Since components constituting core can be changed according to purpose, flux cored wires have multidimensional properties of use. Today, there are various flux cored wires (electrodes) that have been developed for different welding methods and different materials. Therefore, mechanized welding, performed with flux cored wire electrodes in flux cored arc welding method, has also gained importance day by day. Studies conducted on use of different shielding gasses and gas combinations in flux cored arc welding method have been ongoing. In this study, S275 structural steel plates were welded under commercial pure argon atmosphere via flux cored arc welding method by using rutil and basic flux cored wires. For this purpose, 70° double V weld groove form was formed for 10 mm thick S275 steel plates. Metallographic examinations were performed through tensile and hardness tests in order to determine mechanical and microstructure properties of welded samples and usability of pure argon gas with different flux cored wires was investigated. As a result of tensile test, the highest mechanical properties were obtained from weld seams performed by using basic flux cored wires. Separation in welded samples during tensile test generally occurred zones close to transition zone. It was observed in all welding parameters that hardness of weld metal was higher than heat affected zone (HAZ) and base metal. As a result of microstructure studies, it was determined that grain coarsening occurred in HAZ.

**Keywords:** Flux-cored arc welding, rutil and basic cored wire, pure argon, S275 structural steel, mechanical properties, microstructure.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Özlü tel ark kaynağı (ÖTAK) yöntemi endüstride demir ve demir dışı metallerin kaynağında yaygın kullanılan ergitmeli bir kaynak yöntemidir. ÖTAK yönteminde kaynak için gereken ısı, eriyen ve sürekli beslenen bir tel elektrotla iş parçası arasında oluşan ark yoluyla elde

edilir. Kaynak teli ark bölgesine otomatik olarak gönderilir, ergir ve kaynak metalini oluşturur [1,2]. ÖTAK yönteminde içi cüruf oluşturuçu, gaz oluşturuçu, alaşım elementleri ve deoksidasyon elementlerle doldurulmuş teller kullanılır. Tel içerisine yerleştirilen bu elementler manuel metal ark kaynak (MMAK) yönteminde kullanılan elektrotların örtüsüyle aynı görevi yapar [3,4]. Ark oluştuğunda bu elementler yanarak hem kaynak dumanı oluşturur hem de kaynak metalini alaşımlandırarak kaynak mukavemetini artırır ve kaynak

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: bekircevik@duzce.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/politeknik.339397

dikişi üzerinde ince bir cüruf tabakası oluşur [1]. Ayrıca, kaynak bölgesi gaz metal ark kaynağında (GMAK) olduğu gibi koruyucu bir gaz ile korunur. Koruyucu gaz olarak argon (Ar), helyum (He), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazları ve bu gazların değişik oranlardaki karışımları kullanılır [5-8].

Argon gazı demir ve demir dışı metallerin kaynağında kullanılabilen soy bir gazdır. Argon gazının yoğunluğu havadan 1.38 kat daha yüksektir. Ayrıca, düşük iyonizasyon enerjisi sahiptir. Bu özellikler nedeniyle Argon gazı, özellikle yatay pozisyonlarda çevredeki atmosferin ergimiş kaynak banyosuyla temasını etkin bir biçimde engelleyen bir gazdır. Kaynak bölgesini koruma görevi dışında Argon gazının kaynak işlemine ve kaynak dikişine birçok farklı etkileri vardır. Arkın karakteristiğine, metal transfer şekline, kaynak nüfuziyetine, kaynak dikiş profiline ve mekanik özelliklere etki etmesinin yanında soy bir gaz olması nedeniyle kaynak bölgesini temizleme özelliği de vardır. Argon gazı sessiz ve düzgün bir ark sağlar, kolay bulunur ve düşük maliyetlidir [2,6].

Bazik özlü teller, yüksek mekanik özelliklere sahip kaynak metali istenilen yerlerde tercih edilmektedir. Tokluk değerleri çok yüksek olduğundan bazik özlü teller, basınçlı kap ve kazan, depolama tankları, basınçlı borular, çelik konstrüksiyonlar ve gemilerde birleştirme kaynaklarında kullanılır. Ayrıca yüksek karbonlu ve kaynağı zor çeliklerde sert dolgu kaynağı öncesinde tampon tabaka amaçlı kullanıma uygundur. Bazik özlü teller ile yüksek kaliteli ve gözeneksiz kaynak dikişleri elde edilebilmektedir [2,7]. Rutil özlü teller, özellikle gemi inşaatı ve çelik konstrüksiyon imalat kaynaklarında kullanım için geliştirilmiştir. Bu tip kaynak telleri ile kaynak banyosu kolay kontrol edilebildiğinden ve curufu hızlı katılaştığından her pozisyonda kaynak yapmaya uygundur. Rutil özlü teller yüksek akım değerlerinde çalışma imkanı sağladığından kaynak metali yığılma hızı yüksek olmasının yanı sıra sıçramasız, düzgün ve parlak kaynak dikişleri verir. Ayrıca, rutil özlü teller ile yapılan kaynak dikişlerinin curufu kolay kalkma özelliğine sahiptir [2,4,7,8].

Farklı gaz atmosferleri kullanılarak farklı çeliklerin kaynağında özlü tellerin kullanılabilmesi ile ilgili çalışmalar günümüzde de yoğun bir şekilde devam etmektedir. Sönmez ve Ceyhan [8], yaptığı bir çalışmada S235 JR çelik levhaları ÖTAK yöntemi ile farklı kaynak pozisyonlarında birleştirmiştir. Kaynak işlemlerinde 100% CO<sub>2</sub> ve rutil özlü tel kullanmışlardır. En iyi mekanik özellikler düz yatay (PA) pozisyonda yapılan kaynak dikişlerinde elde etmişlerdir. Ayrıca kaynak

dikişlerinde porozite oluştuğunu rapor etmişlerdir. Işık [9], yapmış olduğu bir çalışmada ST 52 çelik malzemeleri farklı özlü tel elektrotlar kullanarak birleştirmiş ve özlü tel tipinin kaynak dikiş özelliklerine etkisini araştırmıştır. Yaptığı çalışmada çekme testi sonucunda elde edilen mekanik özelliklerin birbirine yakın olmakla birlikte en iyi mekanik özelliklerin rutil özlü tel ile yapılan kaynak dikişlerinde meydana geldiğini rapor etmiştir. Güner [10], yaptığı çalışmada ST 37 çelik malzemeleri SG2 içi dolu (masif) ve rutil özlü tel kullanarak birleştirmiştir. Yapılan çekme testi sonucunda tüm numunelerin ana metalden kopması nedeniyle çekme dayanımı ve % uzama miktarlarının yakın değerlerde olduğunu rapor etmiştir. Endüstrisinde kullanılan malzeme çeşitlerinin artması, farklı özellikler gerektiren yerlerde farklı metal bağlantılarının gerekliliği ve ekonomik faktörlerin giderek önem kazanması metallerin kaynağında en ideal sarf malzemelerin kullanılması zorunlu kılmaktadır [11]. Yüzerce farklı metal ve alaşımlarının olduğu düşünüldüğünde en uygun kaynak teli (elektrot) ve koruyucu gaz seçimi oldukça zordur. Hatta her kaynak yönteminde farklı ilave tel çeşitlerinin bulunması ve farklı koruyucu gazlarının kullanılabilmesi düşünüldüğünde durum daha da karmaşık bir hal almaktadır. Bu nedenle kaynak öncesi kaynaklı birleştirmeden beklenen en iyi dayanım özelliklerinin hangi değişkenlerle (ilave tel, koruyucu gaz, akım, voltaj v.s) elde edilebileceğinin belirlenmesi gerekmektedir [4,9-13].

Bu çalışmada, ÖTAK yöntemi ile ticari saflıkta Ar atmosferi altında birleştirilen S275 yapı çeliğinin mekanik ve mikroyapısal özelliklerine bazik ve rutil özlü tellerin etkisi araştırılmıştır. S275 yapı çelikleri özellikle çelik konstrüksiyonlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kullanılan kaynak tel türünün kaynaklı birleştirmenin mekanik özelliklerine etkisini belirlemek için çekme ve sertlik testleri uygulanmıştır. Ayrıca, kaynak metali ile ısının tesiri altında kalan (ITAB) bölgede meydana gelen mikroyapılar ve tane morfolojisi değerlendirilmiştir.

## 2. MALZEME VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

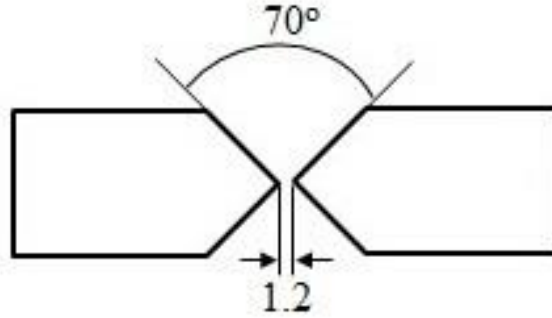
Bu çalışmada, 200×80×10 mm ebatlarında S275 yapı çeliği levhalar ÖTAK yöntemleri ile farklı özellikte kaynak telleri kullanılarak birleştirilmiştir. Kaynak teli olarak bazik ve rutil karakterli özlü teller kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan esas metalin ve kaynak tellerinin

**Çizelge 1.** Esas metal ve kaynak telinin kimyasal kompozisyonu (The chemical compositions of base metal and welding wires)

	C	Si	Mn	P	S
S275 yapı çeliği	0,21	0,3	1,5	0,045	0,045
Rutil özlü tel (EN ISO 17632-A)	0.04	0.6	1.4	0.015	0.015
Bazik özlü tel (EN 17632:2009)	0.06	0.55	1.15	0.010	0.010

**Çizelge 2.** Esas metal ve kaynak telinin mekanik özellikleri (The mechanical properties of base metal and welding wires)

	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	% Uzama
S275 yapı çeliği	min. 245	612.5	34
Rutil özlü tel (EN ISO 17632-A)	420	500-640	min. 22
Bazik özlü tel (EN 17632:2009)	420	500-640	min. 20

**Şekil 1.** Kaynak ağız formu (Welding groove configuration)

kimyasal bileşimleri Çizelge 1, mekanik özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

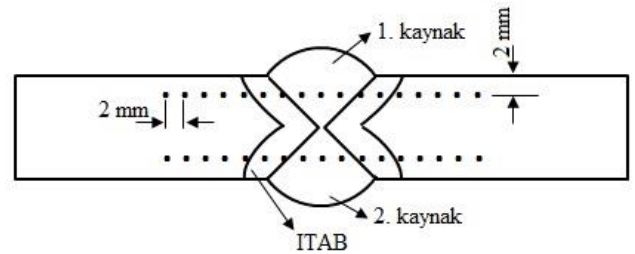
Kaynak işlemlerinde tam nüfuziyet sağlamak amacıyla çelik plakalara çift V kaynak formu oluşturulmuştur. Çelik plakalara Şekil 1’deki gibi 70° çift V kaynak ağızı açılmış ve 1.2 mm kök aralığı bırakılarak puntalanmıştır. Kaynak işlemlerinde koruyucu gaz olarak ticari saflıktaki argon (% 100 Ar) kullanılmıştır. Kaynak teli olarak 1.2 mm çapında bazik ve rutil özlü kaynak telleri kullanılmıştır. Kaynaklı numunelerin üretiminde GKM 420-2W tip su soğutmalı gazaltı kaynak makinesi kullanılmıştır. Kaynak işlemleri Çizelge 3’teki kaynak parametreleri kullanılarak yatay pozisyonda yapılmıştır. Çalışmalarda kullanılan kaynak parametre değerlerine, yapılan ön çalışmalar sonucu karar verilmiştir. Kaynak işlemleri çift yönlü olarak iki pasoda gerçekleştirilmiş ve kaynatılan numuneler açık havada soğumaya bırakılmıştır.

**Çizelge 3.** Kaynak parametreleri (Welding parameters)

Kaynak akımı	150 A
Kaynak voltajı	24 V
Tel hızı	5 m/dak
Kaynak hızı	5 mm/s
Gaz debisi	12 lt/dak
Elektrot çapı	1.2 mm
Elektrot tipi	Bazik ve rutil özlü tel
Koruyucu gaz	Argon (ticari saflıkta)

Birleştirilen numunelere metalografik testlerin yanı sıra sertlik ve çekme gibi mekanik testler yapılmıştır. Kaynaklı numunelerden 3'er adet çekme, 1'er adet mikroyapı ve sertlik numunesi hazırlanmıştır. Çekme test numuneleri ASTM-E8 standardına göre hazırlanmıştır. Çekme testleri BME-T serisi 100 kN’luk universal çekme test cihazı kullanılarak yapılmıştır. Mikroyapı ve

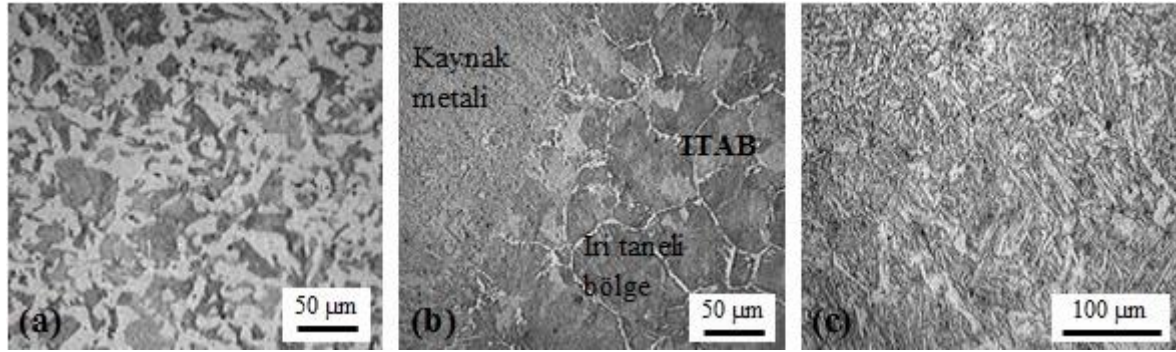
sertlik numunelerine standart yöntemlerle zımparalama, parlatma ve dağlama işlemleri uygulanmıştır. Numuneler % 2’lik nital çözeltisi ile dağlanmış ve Metkon Inverted Tip metal mikroskobu kullanılarak mikroyapıları incelenmiştir. Kaynaklı numunelerin sertlik dağılımı üniversal sertlik test cihazı kullanılarak Rockwell B (HR<sub>B</sub>) cinsinden belirlenmiştir. Sertlik işlemleri, 1/16” çelik bilye ile 100 kgf yük 10 s süre ile uygulanarak 2 mm aralıklarla 17 noktadan yapılmıştır.

**Şekil 2.** Sertlik dağılım planı (Hardness distribution plan)

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

#### 3.1. Mikroyapı incelemesi (Microstructure Examination)

Şekil 3 ve 4’te deneysel çalışmalarda kullanılan S275 yapı çeliğinin ÖTAK yöntemi ile bazik ve rutil özlü tel kullanılarak birleştirilmesi sonrası elde edilen kaynak bölgeleri mikroyapıları ve esas metal mikroyapıları verilmiştir. Her iki şekilde de (a) esas metal, (b) geçiş bölgesi (ısı tesiri altında kalan bölge-ITAB) ve (c) kaynak metali mikroyapılarını temsil etmektedir. Mikroyapı görüntüleri incelendiğinde S275 yapı çeliğinin ferrit (açık renkli bölgeler) ve perlit (koyu renkli bölgeler) yapıya sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.a ve 4.a).

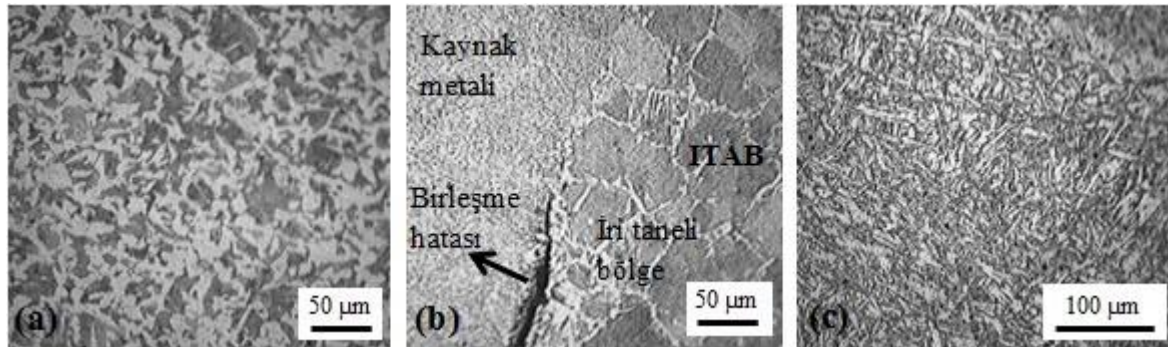


Şekil 3. Bazik özlü tel ile yapılan kaynak dikişi mikroyapı görüntüleri, a) ana metal b) geçiş bölgesi (ITAB), c) kaynak metali (Microstructure images of welded by basic wire, a) base metal b) transition zone (HAZ), c) weld metal)

Şekil 3.b ve 4.b'da kaynak metali, iri taneli bölge ve ITAB-kaynak metali geçiş bölgelerini kapsayan mikroyapı görüntüleri verilmiştir. Görüntüler genel olarak değerlendirildiğinde, her iki birleştirmede kaynak metalleri, ITAB'lar ve kaynak ergime sınırına bitişik bölgelerin birbirlerine benzer görüntüler sergilediği belirlenmiş ancak bazik özlü tel ile yapılan birleştirmede ITAB tane boyutunun rutil özlü tel ile yapılan birleştirmeye nazaran daha iri tanelerden oluştuğu görülmüştür. ITAB'larda, tane boyutları irileşmiş, 40-70 µm boyutlarında taneler oluşmuştur. Durgutlu ve diğ. [14], Kaya ve diğ. [15] ve Akay ve diğ. [16], ark kaynak yöntemlerinde kaynak metaline en yakın bölgelerde ısı

### 3.2. Sertlik Test Sonuçları (Hardness Test Results)

Şekil 5'te bazik ve rutil özlü tel ile birleştirilen numunelerin kaynak bölgesi (esas metal, ITAB, kaynak metali) sertlik dağılımı verilmiştir. Kaynaklı numunelerde en yüksek sertlik değerleri kaynak metallere ölçülmüş ve onu sırasıyla ITAB ve esas metalin takip etmiştir. Bazik özlü tel ile birleştirilen numunenin kaynak metali sertlik değerleri, rutil özlü tel ile birleştirilen numuneye kıyaslandığında daha yüksek sertlik değerlerin oluştuğu görülmüştür. Bazik elektrot ile birleştirilen numunenin kaynak metalinin ortalama sertlik değeri 107 HR<sub>B</sub>, ITAB'ın ortalama sertlik değeri ise 97 HR<sub>B</sub> olduğu belirlenmiştir. Rutil özlü tel ile

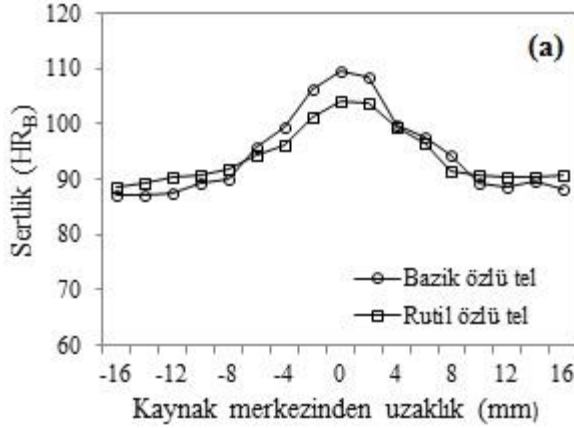


Şekil 4. Rutil özlü tel ile yapılan kaynak dikişi mikroyapı görüntüleri, a) ana metal b) geçiş bölgesi, c) kaynak metali (Microstructure images of welded by rutile wire, a) base metal b) transition zone (HAZ), c) weld metal)

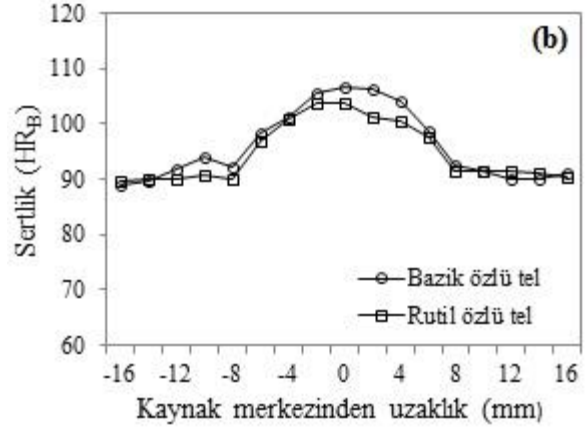
girdisinin etkisiyle kaba ve kolonsal tanelerin oluştuğunu ifade etmişlerdir. Bazik özlü tel ile yapılan birleştirmenin geçiş bölgesinde herhangi bir mikroyapısal hataya rastlanmamıştır. Ancak rutil özlü tel ile yapılan birleştirmede geçiş bölgesinde birleşme hatası (yetersiz nüfuziyet) oluştuğu görülmüştür. Şekil 3.c ve 4.c'de kaynak metali daha büyük büyütme ile görüntülenmiştir. Her iki numunenin de kaynak metali ince iğnesel tanelerden oluşmuştur. Literatürde [7,8,11,14-16], düşük karbonlu ve düşük alaşımlı kaynak metalinde soğuma hızına bağlı olarak oluşan yapılar, tane sınırı ferriti, widmanstatten ferrit, asiküler ferrit, beynit ve perlit olabileceği belirtilmektedir. Kaynak metali mikroyapıları incelendiğinde ağırlıklı olarak widmanstatten ferrit ve asiküler ferrit (iğnemsî kısımlar) taneleri oluştuğu gözlemlenmiştir

birleştirilen numunenin ise kaynak metali ortalama sertlik değeri 102 HR<sub>B</sub>, ITAB'ın ortalama sertlik değeri 95,5 HR<sub>B</sub> olduğu tespit edilmiştir. Esas metalin sertliği ise 84±3 HR<sub>B</sub> olarak belirlenmiştir. Literatürde [17], düşük karbonlu az alaşımlı çeliklerin kaynağında ITAB'ta çatlamaya karşı tedbir olarak sertliğin 350 HV'yi (~109 HR<sub>B</sub>) geçmemesi tavsiye edilmektedir. Kaynaklı numunelerin sertlik dağılımları bu kritik değer altında olduğu görülmektedir. Sönmez ve Ceyhan [8], Kılınçer ve Kahraman [11] ve Kaya ve diğ. [17], ark kaynağı ile yaptıkları çalışmalarda kaynak bölgesinde en yüksek sertlik değerlerinin kaynak metalinde elde edildiğini ve onu sırasıyla ITAB ve esas metalin takip ettiğini rapor etmişlerdir. Kılınçer [18], % 0,22'den az karbon oranına sahip çeliklerin ark kaynağı ile birleştirilmesinde en sert bölgenin kaynak metali

olduğunu ve kaynak metalinden esas metale doğru gidildikçe sertlik değerlerinin azaldığını ifade etmiştir.



birleştirmede elde edilmiştir. Rutil özlü tel ile birleştirilen numunede çekme dayanımı ana metale kıyasla % 31



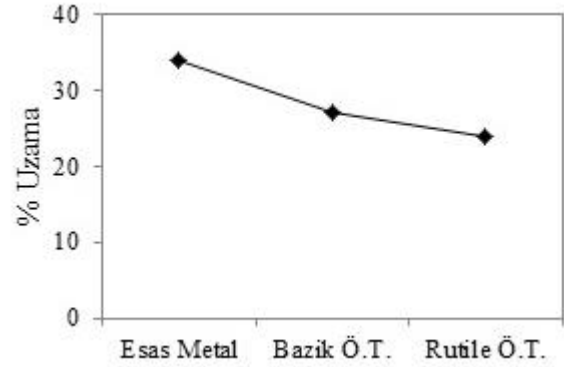
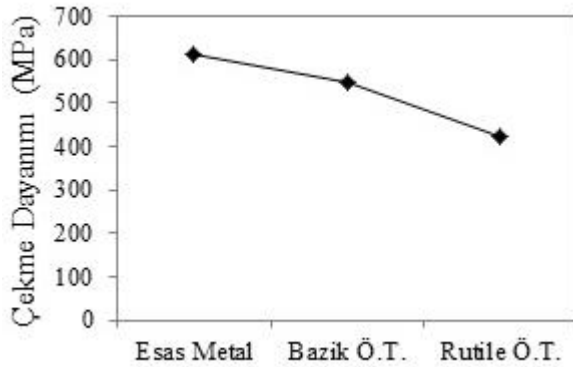
Şekil 5. Kaynaklı numunelerin sertlik dağılımı, a) 1. kaynaklar, b) 2. kaynaklar (Hardness distribution of welded samples, a) 1<sup>st</sup> welds, 2<sup>nd</sup> welds)

### 3.3. Çekme Test Sonuçları (Tensile Test Results)

Özlü tel ark kaynak yöntemi ile farklı özlü tel kullanılarak birleştirilen kaynaklı numunelerin çekme test sonuçları Şekil 6'te verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde en yüksek çekme dayanımı ve % uzama miktarının kaynaksız S275 yapı çeliği levhaya (esas metal) ait olduğu görülmektedir. Yapılan çekme testi sonucunda esas metalin çekme dayanımı 612.5 MPa, % uzaması ise % 34 olarak tespit edilmiştir. Kaynaksız S275 yapı çeliği çekme testi sonucu kavrama kısmına yakın bir yerden kırılmıştır (Şekil 7.a). Kaynaklı birleştirmelerden elde edilen çekme test sonuçları kıyaslandığında ise en yüksek çekme dayanımına bazık özlü tel ile yapılan kaynaklı numunelerden elde edilmiştir. Bazık özlü tel ile birleştirilen numunede 549.5 MPa çekme dayanımı elde edilmiştir. Bu numunenin çekme dayanımı ana metal ile kıyaslandığında % 10.2'lik bir düşüş olduğu görülmüştür. Bazık özlü tel ile birleştirilen numunenin % uzama miktarı ise % 27 olarak tespit edilmiş ve ana metalin % uzama miktarı ile kıyaslandığında % 20.5'lik azalma meydana gelmiştir. En düşük çekme dayanımı ise rutil özlü tel ile yapılan

oranında azalmış ve 423 MPa olarak belirlenmiştir. Bu numunelerdeki çekme dayanımındaki düşüşe kaynak metal-i-ri taneli bölge arasında oluşan birleşme hatasının etkisinin olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.b).

Şekil 7'de çekme numunelerinin kırılma form görüntüleri verilmiştir. Her iki özlü tel ile birleştirilen numunede kopmalar genellikle geçiş bölgesinde meydana gelmiştir. Literatürde [11,14], kaynaklı birleştirmelerde ilk aranan özelliğin birleştirmenin dayanımının ana metal ile aynı veya ona yakın olması gerektiği belirtilmektedir. Bilindiği gibi kaynaklı birleştirmelerin en kritik bölgesi ısı tesiri altında kalan bölge (ITAB) ve kaynak metal-i-ri metal geçiş bölgesidir [11]. Ark kaynaklarında katılma esnasında geçiş bölgelerinde katılma hataları (mikro boşluk, porozite, yetersiz nüfuziyet v.s) olabilmektedir. Çekme testi sonucunda kaynaklı numunelerin bu kritik bölgelerden kopmasına geçiş bölgelerinde oluşabilen katılma hatalarının neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. Ana metal ve kaynaklı numunelerin çekme dayanımları ve % uzamaları, Not: Bazık Ö.T.: Bazık Özlü Tel, Rutil Ö.T.: Rutil Özlü Tel- (Tensile strength and % elongation of the base metal and welded samples, Note: Bazık Ö.T.: basic cored wire, Rutil Ö.T. : Rutile cored wire)



Şekil 7. Çekme numunelerinin kırılma formu, a) esas metal, b) bazik özlü tel, c) rutil özlü tel (Fracture form of tensile test samples, a) base metal, b) basic cored wire, c) rutile flux cored wire)

#### 4. SONUÇLAR (RESULTS)

S275 yapı çeliği levhalar özlü tel ark kaynak yöntemi ile bazik ve rutil özlü tel kullanılarak % 100 argon atmosferi altında birleştirilmiş ve kaynaklı bağlantıların mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiş olup elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. S275 yapı çeliği levhalar özlü tel ark kaynak yöntemi ile bazik ve rutil özlü tel kullanarak ticari saflıktaki argon gaz atmosferi altında başarı bir şekilde birleştirilmiştir. Ancak, rutil özlü tel ile yapılan kaynak dikişinde birleşme hatasına (yetersiz nüfuziyet) rastlanmıştır.
2. Bazik özlü telin ticari saflıktaki argon atmosferi altında daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.
3. Her iki özlü tel ile yapılan birleştirmelerde kaynak metali sertliğinin ITAB ve esas metalden yüksek olduğu görülmüştür.
4. Çekme testi sonucunda en yüksek mekanik özellikler bazik özlü tel ile yapılan kaynaklı numunelerden elde edilmiştir.
5. Çekme testleri sonucunda tüm kaynaklı bağlantılarda kopma, kaynak metali-iri taneli bölge arasındaki geçiş bölgesinde gerçekleşmiştir.
6. Her iki kaynaklı bağlantının, kaynak metalinde oluşan mikroyapıların ağırlıklı olarak widmanstatten ferrit ve asiküler ferrit olduğu gözlemlenmiştir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Ghazvinlo H.R. and Honarbakhsh A., "Effect of gas-shielded flux cored arc welding parameters on weld width and tensile properties of weld metal in a low carbon steel", *Journal of Applied Science*, 10 (8): 658-663, (2010).
2. Eryürek İ. B., "Gazaltı (MIG/MAG) kaynağı", *Askaynak Yayınları*, İstanbul, (1998).
3. Kahraman N. and Gülenç B., "Modern kaynak teknolojisi", *EPA-MAT Basım Yayın Ltd. Şti*, (2009).
4. Morimoto T., "Developments in flux-cored wire for gas-shielded arc welding", *Kobelco Technology Review*, 26: 49-56, (2005).

5. Katherasan D., Sathiya P. and Raja A., "Shielding gas effects on flux cored arc welding of AISI 316L (N) austenitic stainless steel joints", *Materials and Design*, 45: 43-51, (2013).
6. Durgutlu A., "Experimental investigation of the effect of hydrogen in argon as a shielding gas on TIG welding of austenitic stainless steel", *Materials and Design*, 25: 19-23, (2004).
7. Oğuz, B., "Arc welding", *Oerlikon-Erdini Basım ve Yaynevi*, İstanbul, 1989.
8. Sönmez U. and Ceyhun V., "Investigation of mechanical and microstructural properties of S 235 JR (ST 37-2) steels welded joints with FCAW", *Kovove Materialy-Metallic Materials*, 52: 57-63, (2014).
9. Işık A.O., "MAG kaynağında özlü tel elektrod tipinin kaynak dikişi özelliklerine etkisinin incelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2014).
10. Güner M., "MAG kaynağında elektrot tipinin (çıplak tel-özlü tel) kaynak dikişi özelliklerine etkisinin incelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).
11. Kılınçer S., Kahraman N., "MIG welding of AISI 409 and Ç1010 steel using an austenitic electrode and investigation of their mechanical properties", *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, 24(1): 23-31, (2009).
12. Karadeniz E., Ozsarac U. and Yıldız C., "The effect of process parameters on penetration in gas metal arc welding processes", *Material and Design*, 28: 649-656, (2007).
13. Anık, S., "Farklı metallerin Kaynağı", *Gedik Kaynak Dünyası*, 4-8, İstanbul, (1988).
14. Durgutlu A., Kahraman N. ve Gülenç, B., "Tozaltı ark kaynağında kaynak tozunun mikroyapı ve mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi", *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11: 1-8, (2002).
15. Kaya Y., Kahraman N., Durgutlu A. ve Gülenç B., "Ferritik paslanmaz çelik ile düşük karbonlu çelik malzemelerin farklı kaynak yöntemleriyle birleştirilebilirliğinin araştırılması", *International Iron & Steel Symposium*, Karabük, Türkiye, 779-788, (2012).
16. Akay A. A., Kaya Y. ve Kahraman N., "Farklı özellikteki malzemelerin tozaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilmesi ve birleştirmelerin tahribatlı ve tahribatsız muayenesi", *SAÜ. Fen Bil. Der.*, 17(1): 85-96, (2013).
17. Kaya, Y., Kahraman, N., Durgutlu, A. ve Gülenç, B., "Tozaltı ark kaynağı ile birleştirilen farklı kalınlıktaki Grade A gemi saclarının mekanik özelliklerinin araştırılması", *e-Journal of New World Science Academy*, 5(2): 348-352, (2010).
18. Kılınçer S., "Düşük karbonlu çeliklerin tozaltı ark kaynak yöntemi ile kaynak edilebilirliğinin ve mekanik özelliklerinin incelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1998).