

ARK KAYNAK YÖNTEMİ İLE BİRLEŞTİRİLEN OSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİK İLE DÜŞÜK KARBONLU ÇELİĞİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Nizamettin KAHRAMAN*, **Behçet GÜLENC*** ve **Hüseyin AKÇA****

*Metal Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, ANKARA,
nizamet@gazi.edu.tr, behcetg@gazi.edu.tr

**Etimesgut Çıraklık Eğitim Merkezi, ANKARA, h_akca@yahoo.com

ÖZET

Bu çalışmada ostenitik paslanmaz çelik ile düşük karbonlu çelik levhalar elektrik ark kaynak yöntemi kullanılarak farklı elektrotlar ile birleştirilmiş, bağlantının mekanik ve metalurjik özellikleri araştırılmıştır. Kaynaklı numunelere çekme, eğme, sertlik testleri uygulanmış ayrıca mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda AS P 347 ostenitik paslanmaz çelik elektrodunun kullanıldığı kaynaklı numunelerin mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu görülmüştür. Çekme deneyi sonucunda kopmanın ısının tesiri altında kalan bölgeden olmayıp düşük karbonlu çelik malzemeden olduğu ve eğme deneyinde kaynaklı numunelerde herhangi bir çatlak ve yırtılma olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ark kaynağı, ostenitik paslanmaz çelik, mekanik özellikler.

MECHANICAL PROPERTIES OF WELDING OF WELDMENT ON LOW CARBON STEEL WELDED TO AUSTENITIC STAINLESS STEEL BY ARC WELDING METHOD

ABSTRACT

In this study, an austenitic stainless steel and a low carbon steel plate were welded by manual metal arc welding using various types of electrodes and then mechanical and metallurgical properties of the weldment were investigated. Tensile properties, bending strength and hardness of the welded specimens were investigated and optical microscopy studies were carried out. It is seen that mechanical properties of the sample welded with AS P 347 austenitic stainless steel electrode was found better. In the tensile tests fracture always occurred in the low carbon steel portion of

the welded specimens apart from the HAZ regions. Visual observation of the bended specimens showed no crack and tears.

Keywords: Arc welding, austenitic stainless steel, mechanical properties.

1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkemiz endüstrisinin paslanmaz çeliklere olan gereksinimi her geçen gün artmaktadır. Özellikle petro-kimya, kimya, gıda endüstrisinde kullanılan depolama tankları, basınçlı kaplar, ısı değiştiricileri, ve paslanmaz boruların üretiminde çok çeşitli türlerde paslanmaz çelik kullanılmaktadır. Bu konstrüksiyonların oluşturulmasında da alışılmış veya modern kaynak yöntemleri kullanılmaktadır [1].

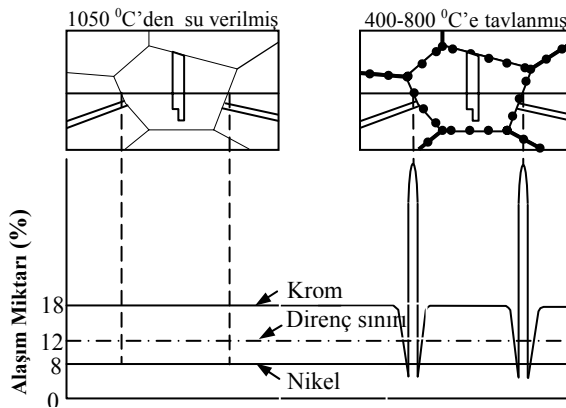
Paslanmaz çelikler son yılların keşfi değildir. Faraday 1822 yılında, demir içine krom katıldığında atmosferik oksidasyona karşı oldukça dayanıklı bir alaşım oluştuğunu göstermiştir. 1838 yılında Mallet kromlu çeliklerin bazı ortamlarda korozyona dayanıklı özellik gösterdiğini keşfetmiştir. 19'uncu asrın sonuna kadar kromlu çelikler yalnızca sıcak sülfirik asit kapları için kullanılmıştır. 1904 yılında Monnartz krom ilave edilmiş çeliklerin oksitleyici ortamlarda pasifleşme özelliğinin daha belirgin hale geldiğini ortaya koymuştur. Bu metallerin korozyon dayanıklılığının metal yüzeyinde oluşan pasif tabakadan ileri geldiğini ispatlamıştır [2]. Fakat pasif filmin oluşması alaşımların her ortamda korozyona karşı dirençli olabilmeleri için yeterli değildir. Paslanmaz çelikleri ortama daha dirençli kılmamanın yollarından birisi krom, nikel gibi ana alaşım elementlerinin oranını arttırmak, karbon içeriğini azaltmaktır [3].

Paslanmaz çelikleri diğer çeliklerden ayıran en önemli özellik krom içeriklerinin çok yüksek (%12) olmasıdır. Artan krom miktarına bağlı olarak da yüksek sıcaklıklarda oksidasyon dirençleri artmaktadır [4,5,6]. Ostenitik, ferritik ve martenzitik olarak üç ana grupta toplanan paslanmaz çeliklerin kaynağında ortaya çıkan metalurjik olaylar, çeliğin bileşimi ve soğuma hızı ile ilgili olduğundan, kaynak yönteminin türü bu konuda büyük bir etkide bulunmaz [1,5]. Ostenitik krom nikelli paslanmaz çelikler, bileşimlerinde %12-25 Cr ve %8-25 Ni içeren paslanmaz çelik ailesinin en yaygın kullanım alanına sahip olan çeliklerdir [7,8,9,10]. Ostenitik paslanmaz çeliklerdeki krom, nikel ve mangan miktarının toplamı % 24 veya daha fazla ve genellikle krom içeriği %16 veya daha fazladır. Krom oksitlenme ve krozyon direnci sağlarken, nikel ve mangan, östenit fazın yüksek soğuma hızlarına rağmen oda sıcaklığında dahi kararlı olmasını sağlamaktadır [8,11]. Ostenitik paslanmaz kaynak metallerinin mikroyapıları esas metalinkinden bir miktar farklılık gösterir. Tamamen ostenitik alaşımların eşdeğer bileşimindeki kaynak metalinde az miktarda ferrit içerdiği görülür. Çeşitli elektrotların kullanımı kaynak metalinin metalurjik yapısını değiştirebilir. Bu amaçla kaynak metalinin kimyasal bileşimini saptamak üzere Schaeffer ve De Long diyagramlarından yararlanılır [10,12,13,14].

Krom nikelli paslanmaz çeliklerin kaynağı sırasında ergiyen bölge çok kısa bir zamanda katlaşıp hızla soğuduğundan ve elektrod olarak kullanılan alaşımların karbon içeriği de çok düşük olduğundan, kaynak metali için karbür çökeltme olayı tehlikesi yoktur. Buna karşın ısıdan etkilenmiş bölge kaynak süresince 500-900⁰C sıcaklıkları arasında tavlı olarak kalmakta ve aynı zamanda da burası esas metal olduğu için, karbon içeriğinin yüksek olması halinde, ostenit tane sınırlarında tanelerarası korozyonun başlamasına neden olacak ve karbür çökeltmesi olayı meydana gelecektir [1,15]. Sıcaklığın 450⁰C'nin üzerine çıkması ile karbonun difüzyon hızı, karbonu tane sınırlarından dışarıya çıkartacak derecede artar. Tane sınırlarında biriken karbon, kroma karşı yüksek ilgisinden dolayı bu bölgede krom ile birleşerek krom karbür oluşturur. Oluşan krom karbürün ağırlık olarak %90'ını krom oluşturduğundan, tane sınırlarında bulunan çok az karbon bile ostenit tanelerinin çevresindeki krom miktarını aşırı derecede azaltır (Şekil 1).

Bunun sonucu olarak malzeme korozif bir ortamda bulunduğu anda, kromca zayıflamış olan tane sınırlarında korozyon oluşur [1,5,10,15]. Ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında kaynak çürüme etkisi; kaynak sonrası ısıl işlem, malzemenin karbon içeriğinin azaltılması ve güçlü karbür oluşturuçuların ilave edilmesi ile ortadan kaldırılabılır [16].

Tek paso ile yapılan elektrik ark kaynağında 650⁰C ila 750⁰C arasındaki sıcaklığa bir dakikadan az bir süre maruz kalır. Buna karşın, çok pasolu kaynak halinde bu süre üç dakikanın üzerine çıkar ve dolayısı ile karbür çökeltme tehlikesi kendini gösterir [1,5,10,15]. Paslanmaz çeliklerin örtülü elektrod ile ark kaynağında diğer kaynak yöntemlerinde uygulandığı gibi, kaynak ağızlarının özenle ve temiz olarak hazırlanması kaynak kalitesinin ön koşuludur. Bu çeliklerin V-alın kaynak ağızı, malzeme kalınlığına bağlı olarak 60⁰ veya 90⁰'lik açılarda hazırlanır. İyi bir kök nüfuziyeti sağlamak için, Örneğin 6 mm kalınlıkta 90⁰, 6 mm'nin üzerindeki



Şekil 1. Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerde tane sınırlarında krom karbür çökeltmesine bağlı olarak krom azalması (şematik) [15].

kalınlıklarda ise 60° - 70° yeterlidir [17]. Farklı metallerin kaynağında, farklı metallere birini ön plana alarak ilave metal seçimi yapmak, yüksek ve düşük ısı genleşmelere sahip malzemeler için yetersizdir. Isıl genleşmeleri farklı olan metallerin ısıl genleşme katsayılarının ortasına tesadüf eden bir ilave metal seçerek, gerilme yoğunluğunu nispeten azaltmak mümkündür [6].

Farklı iki malzemenin kaynak ile birleştirilmesi ve bunun için en uygun ilave (kaynak) metalinin seçilmesi oldukça zor bir problemdir. Örtülü elektrod ile ark kaynağının en önemli konusu genellikle yapılacak işin gereksinimine uygun elektrodun seçimidir. Hatalı yapılacak elektrod seçimi zaman ve malzeme kaybına neden olabileceği gibi sonuçta sağlıklı bir kaynak dikişi verecektir. Bu nedenle, paslanmaz çelik ile düşük karbonlu çeliğin elektrik ark kaynağı yöntemi ile birleştirildiği bu çalışmada, kullanılan iki farklı özellikteki elektrodun, kaynak işleminde ilave metal ile farklı esas metalin karışımından oluşan kaynak bölgesinin mikroyapı ve mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada kimyasal bileşimleri Tablo 1'de verilen AISI 304 kalite 6 mm kalınlığında ostenitik paslanmaz çelik ile aynı kalınlıkta Ç 1020 düşük karbonlu çelik levhalar kullanılmıştır. Kaynaklı birleştirmeler için kullanılan elektrik ark kaynak elektrotlarının kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri.

Malzeme / Element	C	Mn	Si	Ni	P	Cr	Co	Fe	Mekanik Özellikleri
Ostenitik Paslanmaz Çelik (% Ağırlık)	0.04	1.50	0.474	8.03	0.032	18.26	0.180	Kalan	Çekme Gerilimi: 50-70 kg/mm ² Uzama : % 55-60
Düşük Karbonlu Çelik (% Ağırlık)	0.15	0.30	0.10	-	0.040	-	-	Kalan	Kopma Dayanımı: 42-55 kg/mm ² Kopma Uzaması : % 27 (5d ⁰)

Tablo 2. Deneylerde kullanılan elektrotların kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri.

Elektrod Çeşidi	Kimyasal Bileşimi	Mekanik Özellikleri
AS P-316 L	% 0.03 C, % 0.7 Si, % 0.8 Mn, % 18 Cr, % 12 Ni, % 2.5 Mo	Akma Dayanımı : 490 N/mm ² Çekme Dayanımı : 600 N/mm ² Uzama : % 35
AS P-347	% 0.03 C, % 0.8 Si, % 0.7 Mn, % 19 Cr, % 9.5 Ni, % 0.5 Nb	Akma Dayanımı : 520 N/mm ² Çekme Dayanımı : 600 N/mm ² Uzama : % 35 [18].

Kaynakla birleştirilecek deney numuneleri 120x60x6 mm ebatlarında kesildikten sonra zımpara taşı ile TSE 3473'te belirtildiği gibi 90°'lik kaynak ağızı açılarak hazırlanmışlardır. Deney için hazırlanan toplam numune sayısı 12'dir. Kaynak ağızı açılmış numuneler, paslanmaz çelik tel fırça ile oksit, yağ vb. artıklardan temizlenmiştir. Kaynak işlemi için seçilen elektrodlar 300°C'lik fırında 2 saat kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Hazırlanan numuneler 60 mm aralıklarla ve iki malzeme arasında 2 mm boşluk bırakılarak puntalama işlemine tabi tutulmuşlardır. Puntalanmış numuneler curuflardan temizlendikten sonra Jenaratör tipi kaynak makinası ile tek pasoda kaynak yapılmışlardır. Elektrod üretici firmanın tavsiyesi doğrultusunda, kaynak esnasında AS P 316L elektrodunun kullanıldığı kaynaklarda 120 Amper akım şiddeti kullanılırken, AS P 347 elektrodunun kullanıldığı kaynaklarda 110 Amper akım şiddeti kullanılmıştır. Bütün kaynaklar Ø3.25 elektrod ile yapılmıştır. Kaynak esnasında devreye bir ampermetre bağlanmış ve akım şiddeti ona göre hassas ayarlanmıştır. Kaynak işlemi biten malzeme açık havada soğumaya bırakılmıştır.

Kaynak işlemi tamamlanan parçaların curuf, sıçrıntı vb. temizlendikten sonra şerit testere tezgahında soğutma sıvısı ile soğutularak kesme işlemi yapılmıştır. Kesme işleminde kaynaklı numunelerin başlangıç ve bitiş kısımlarına yakın olan kısımlardan 20 mm'lik kısımlar kesilerek atılmıştır. Kesme işleminde, her numuneden birer adet olmak üzere, çekme, eğme, sertlik ve mikroyapı numuneleri hazırlanmıştır. Kaba ölçülerde kesilen çekme ve eğme numuneleri her iki yüzeyden 1 mm taşlama yapıldıktan sonra TSEN 895'de belirtilen şartlarda çekme ve TS 282 (pr EN 910)' de belirtilen şartlara göre eğme deney numuneleri freze tezgahında işlenerek hazırlanmıştır. Hazırlanan çekme ve eğme numuneleri MFL SYSTEM tipi çekme cihazında 2 mm/dk çekme hızında teste tabi tutulmuşlardır. Kaynaklı malzemelerden kaynak yönüne dik olarak kesilen 40x10x6 mm ebatlarındaki sertlik numuneleri, ölçümlerin iyi netice vermesi için önce zımparalanmış ve daha sonra parlatılmıştır. Sertlik ölçümleri 136° ve kare tabanlı Vickers uca sahip INSTRON WOLPERT sertlik cihazı ile yapılmış ve 5 kg yük uygulanmıştır. Ölçümler her bir numune için arayüzeyden, ana malzeme ve kaynak metalinden 5'er adet yapılmış olup ortalamaları alınmıştır. Kaba ölçülerde kesilmiş olan mikroyapı numuneleri ince bir talaş kaldırma işleminden sonra sırasıyla 400, 600, 800, 1000 ve 1200 numaralı SiC su zımparası ile, her seferinde 90° döndürülerek her yönde eşit miktarda zımparalanmıştır. Zımparalanmış numuneler 3 µm'lik elmas parlatıcı kullanılarak DP mikrokeçe üzerinde parlatılmış ve parlatılan numuneler Kallings çözültisi ile dağlanmışlardır. Parlatılmış numunelerin mikroyapısının incelenmesi, PRIOR marka optik mikroskop ile arayüzey ve kaynak metalini de içine alan bölgeden olmak üzere x400 büyütmede gerçekleştirilmiştir. İncelemelerde, fotoğraf çekiminin kaynak metali ve arayüzeyinin karakteristik özelliklerini yansıtan bölgelerden yapılmasına özen gösterilmiştir.

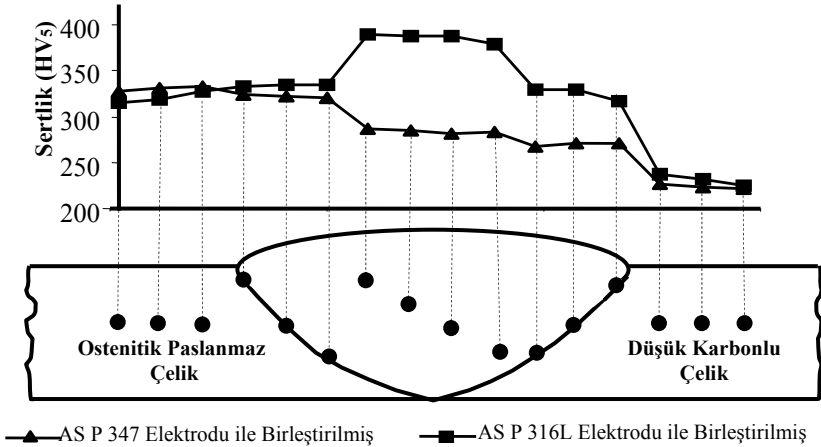
3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Düşük karbonlu çelik (Ç1020) ile X5CrNi1810 kalite ostenitik paslanmaz çelik (AISI 304) levhaların elektrik ark kaynağı ile birleştirildiği bu çalışmada, çekme deney sonuçlarına göre AS P 347 elektrodunun kullanıldığı birleştirmelerin AS P 316L elektrodunun kullanıldığı birleştirmelere göre daha iyi dayanım gösterdiği Tablo 3'te görülmektedir. Şekil 2 ile Tablo 3 beraber değerlendirildiğinde çekme dayanımı yüksek olan birleştirmenin sertliğinin düşük olduğu görülmektedir.

Çekme deneyi esnasında malzemelerin kaynak metali veya ısının tesiri altında kalan bölgeden ayrılmadığı, kopmanın düşük karbonlu çelik malzemede meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu da düşük karbonlu çelik malzemenin çekme dayanımının ana metal ve paslanmaz çelik levhaların çekme dayanımından düşük olduğundan kaynaklanmaktadır. Tablo 2'de verilen bilgiler doğrultusunda aynı şartlarda yapılmış her iki birleştirmenin mekanik özelliklerinin düşük karbonlu çelik malzemelerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Malzemelerin tek paso ile birleştirilmesi kaynak esnasındaki sıcaklığın düşük kalmasına, dolayısıyla gevrek metallerarası bileşiğin oluşmamasına sebep olmuştur. Tek paso ile yapılan elektrik ark kaynağında ısının tesiri altında kalan bölge 650-750⁰C arasındaki sıcaklığa bir dakikadan daha az bir

Tablo 3. Çekme deney sonuçları.

Numune Adı	Çekme Dayanımı (kg/mm ²)	% Uzama Miktarı	% Kesit Daralması	Akma Dayanımı (kg/mm ²)
AS P 316L Elektrodu ile Birleştirilmiş	55	16.6	50,3	42
AS P 347 Elektrodu ile Birleştirilmiş	57,59	19.8	51,5	43,5



Şekil 2. Sertlik ölçümü yapılan bölgeler ve sertlik değerleri.

süre maruz kaldığından hem karbür çökeltme tehlikesi hem de sigma fazı oluşumu tehlikesi yoktur [1,5,7]. Sigma fazının bulunması çeliğin uzama, büzülme ve çentik darbe mukavemetini düşürdüğünden varlığı arzu edilmemektedir. Çekme testi sonucunda kopmanın kaynak bölgesinden olmamasının en büyük sebebi de sigma fazının oluşmamasıdır. Günümüzde paslanmaz çelik elektrodlar, kaynak metalinde daima bir miktar ferrit bulunacak şekilde üretildiklerinden sıcak çatlaklara karşı dirençli oldukları bilinmektedir. Ostenit yapının içinde bir miktar ferrit bulunması da kaynaklı bağlantıların mukavemetini arttırmaktadır. Yapılan çalışmalarda örtülü elektrod ile ark kaynağı ile birleştirilmiş numunelerin çekme dayanımlarının diğer kaynak yöntemlerine (TIG, MIG) daha iyi olduğu belirtilmektedir [8]. Bu da göstermektedir ki birleştirme için kullandığımız her iki elektrotla da güvenilir birleştirmeler yapmak mümkündür.

180° olarak yapılan eğme deneyleri sonucunda, göz ile yapılan muayenede hiçbir numunede çatlak, yırtık vb. hata görülmemiştir. Deneyler sonucunda, AS P 347 elektrodu ile birleştirilmiş numunelere uygulanan eğme yükünün aynı şartlarda diğer numunelere uygulanan eğme yükünden daha fazla olduğu Tablo 4'de görülmektedir.

Bunun sonucu olarak, AS P 347 elektrodu ile yapılan birleştirmenin eğme mukavemetinin diğer elektrodun eğme mukavemetinden daha iyi olduğu görülmektedir. Kaynak işlemleri tek paso olarak gerçekleştirildiğinden malzemeye giren ısı girdisi düşük seviyededir. Bu düşük seviyedeki ısı girdisi, eğme işlemindeki tehlikeli durumları (sigma fazı oluşumu, karbür çökeltme olayı) ortadan kaldırmıştır. Sonuçta, elektrik ark kaynağında ilave metal uygun seçtiği taktirde ana malzemelerin mekanik özelliklerine yakın birleştirmeler elde etmek mümkündür.

Sertlik deneyi sonuçlarına bakıldığında, her iki kaynakta da paslanmaz çelik ve düşük karbonlu çelik malzemelerin sertlik değerlerinin birbirine yakın olduğu Şekil 2'de açıkça görülmektedir. Ancak, kaynak metali ve ergime çizgisi boyunca sertlikteki farklılık göze çarpmaktadır. Kaynak metalleri incelendiğinde AS P 316L elektrodu ile yapılan kaynağın diğer elektrod ile yapılan kaynağa göre daha sert olduğu görülmektedir.

Bu sertliğin sebebi kaynak elektrodunun kimyasında var olan yüksek orandaki molibden elementinden kaynaklanmaktadır. Çünkü, molibdenin örtülü elektrod

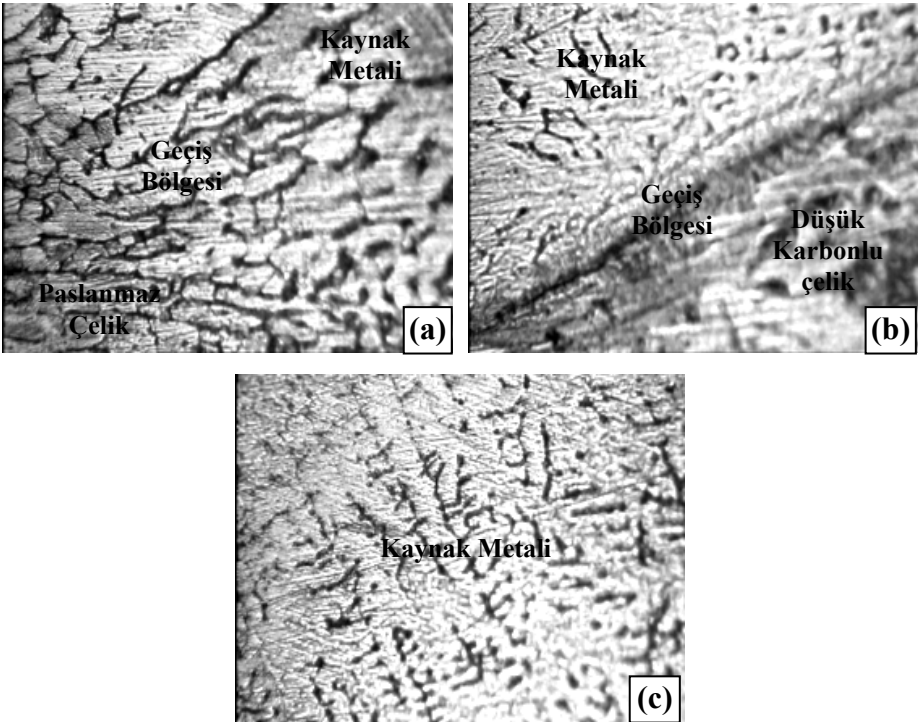
Tablo 4. Eğme deney sonuçları (180°)

Numune Adı	Numune Boyu (L) (mm)	Numune Eni (w) (mm)	Numune Kalınlığı (t) (mm)	Eğme Yükü (P) (kg)	Eğilme Gerilmesi (kg/mm ²) $T_e=3xPxL/2xwxt^2$	Eğilme Momenti (kg.mm) $M_e=PxL/4$	Muayene Sonucu (Göz ile)
AS P 316L Elektrodu ile Birleştirilmiş	120	20	4	570	320,62	17 100	Çatlak Gözlenmedi
AS P 347 Elektrodu ile Birleştirilmiş	120	20	4	650	365,62	19 500	Çatlak Gözlenmedi

kaynak metaline ilave edilmesinin amacı kaynak mukavemet ve tokluğunu arttırmaktır [1,19]. Paslanmaz çelik levha tarafındaki ergime bölgesinde her iki kaynakta da sertlik aynı iken, düşük karbonlu çelik tarafındaki ergime sınırında sertlik değerleri farklıdır. Burada ortak olan özellik, her iki kaynakta da ana metalin bitiş çizgisinden itibaren sertlikte olan azalmadır. Fakat bu azalma AS P 316L elektrodu ile yapılan kaynakta daha belirgin olarak göze çarpmaktadır. Bunun sebebinin kaynak elektrodlarındaki sertliği artırıcı elementlerin (Mo, Mn) kaynak esnasında düşük karbonlu çelik ile kaynak elektrodunun harmanlanması sonucundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 3'teki mikroyapılar incelendiğinde, paslanmaz çelik, kaynak metal ve düşük karbonlu çelik malzemelerin farklı görünümler sergilediği görülmektedir.

Burada (a); paslanmaz çelik ile kaynak metal arasındaki ergimiş bölge (b); kaynak metal ile düşük karbonlu çelik arasındaki ergimiş bölge ve (c); kaynak metalinin mikroyapılarını göstermektedir. Paslanmaz çeliğin kaynak metaline doğru (Şekil 3a) ısı akışına göre tanelerde yönelmenin daha belirgin olduğu görülmektedir. Kaynak



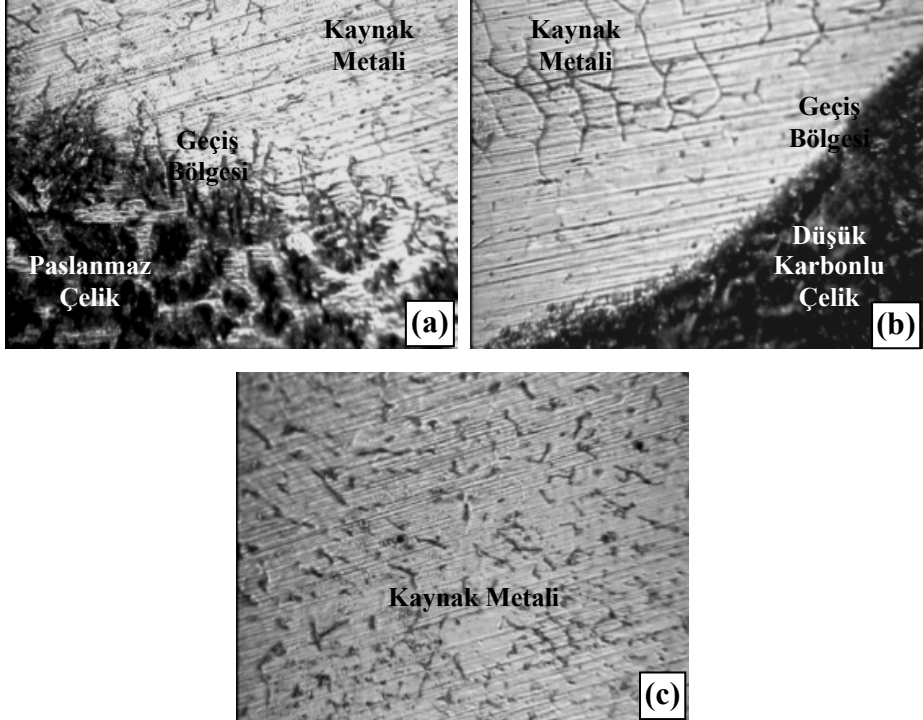
Şekil 3. AS P 316L Elektrodu ile birleştirilmiş numunelerin optik mikroskop görüntüsü x400.

metali geçiş bölgesinden itibaren metalin üst merkezine doğru dentritik tane yapısı şeklinde yönelmeler görülmektedir. Düşük karbonlu çelik kaynak metali geçişinin (Şekil 3c) daha keskin hatlarla ayrıldığı görülmektedir. Kimyasal bileşimin farkı mikroyapıda etkisini göstermiş, düşük karbonlu çelik ile paslanmaz çelik kaynak metali kaynak ağzına paralel keskin bir geçiş sergilemiştir.

Şekil 4a incelendiğinde paslanmaz çelik kaynak metali arayüzeyi görülmektedir. Kaynak metali ile paslanmaz çelik arayüzey geçişi birbirine girmiş bir durum sergilemektedir. Kaynak metalindeki yönelme ve dentritik yapı Şekil 3a'daki yapıya göre daha az görülmektedir. Kaynak metalinin homojen bir yapıya sahip olduğu Şekil 4c'de görülmektedir. Düşük karbonlu çelik kaynak metali geçişi (Şekil 4b) diğer metalde olduğu gibi keskin bir hatla ayrılmaktadır.

4. SONUÇLAR

Ostenitik paslanmaz çelik ile düşük karbonlu çelik levhaların elektrik ark kaynağı ile birleştirildiği bu çalışmada, iki farklı özellikte elektrot kullanılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4. AS P 347 Elektrodu ile birleştirilmiş numunelerin optik mikroskop görüntüsü x400.

- Çekme deney sonuçlarına göre, AS P 347 elektrodu ile birleştirilmiş kaynaklı numunelerin, AS P 316L elektrodu ile birleştirilmiş numunelere göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.
- Çekme deney sonucunda kaynaklı numunelerin kaynak bölgesinden değil, düşük karbonlu çelik malzemeden ayrıldığı görülmüştür.
- Eğme deneyi sonrasında kaynaklı bölgede yapılan göz ile muayenede, herhangi bir çatlak, yırtılma vb. hataya rastlanmamıştır.
- Eğme deney sonuçlarına göre, AS P 347 elektrodu ile birleştirilmiş kaynaklı numunelerin eğme geriliminin, AS P 316L elektrodu ile birleştirilmiş numunelerin eğme geriliminden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- Her iki birleştirmede de ana malzemelerdeki sertlik değerleri birbirlerine yakın iken, kaynak metalindeki sertlik değerleri farklıdır.
- Kaynak yöntemi ve ilave metal uygun seçildiği takdirde ostenitik paslanmaz çelik ile düşük karbonlu çelik malzemelerin kaynak mukavemeti ana malzemeden daha iyi olabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Tülbentçi, K., **Mig-Mag Gazaltı Kaynak Yöntemi**, Arctech Yayını, İstanbul, 1998.
2. Yalçın, H., Koç, T., **Mühendisler için korozyon**, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 1998.
3. Ürgen M., Çakır, A., F., **Molibdenin Paslanmaz Çeliklerin Korozyonu Üzerindeki etkisi**, II. Korozyon Sempozyumu, ODTÜ, Ankara, 1990.
4. Weymueller, C., R., **Welding the Austenitic Stainless Steels, Welding Design and Fabrication**, Vol. 51, Num. 6, Ohio, 1978.
5. Anık, S., Tülbentçi, K., Kaluç, E., **Örtülü Elektrod ile Ark Kaynağı**, Gedik Holding Yayını, İstanbul, 1991.
6. Anık, S., **Farklı metallerin Kaynağı**, Gedik Kaynak Dünyası, İstanbul, 1988.
7. Tülbentçi, K., **Mig-Mag Ergiyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı**, Gedik Holding Yayını, İstanbul, 1990.
8. Kölük, F., **Östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında kaynak yönteminin ısı tesiri altında kalan bölgeye etkisinin incelenmesi**, G.Ü.F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2000.
9. **Welding Handbook, Metals and their weldability**, Seventh Edition, AWS, Vol. 4, U.S.A., 1982.
10. Kaluç, E., **Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynağı**, Gedik Kaynak Dünyası, İstanbul, 1990.

11. **Welding Handbook**, Seventh Edition, AWS, Vol. 4, U.S.A., 1984.
12. Wood, D. S., The stress rupture properties of austenitic steel weld metals, **Nuclear Science and Technology**, EUR 10124 EN, Luxembourg, 1985.
13. Smith, J. J., Farrar, R. A., Influence of microstructure and composition on mechanical properties of some AISI series weld metals, **International Materials Reviews**, Vol. 38, Num. 1., 1993.
14. Odabaş, C., **Cr-Ni'li ostenitik çeliklerin kaynak kabiliyeti**, Metal Kaynak, Makine ve Otomasyon Teknolojileri dergisi, İstanbul, 1998.
15. Kaluç, E., **Ostenitik krom-nikelli paslanmaz çeliklerin kaynağında krom karbür çökmesi ve tanelerarası korozyon**, Arctech Kaynak Teknolojisi, İstanbul, 1999.
16. Kou, S., Corrosion-Resistant Materials: Stainless Steels, **Welding Metallurgy**, N.Y., 1987.
17. Kaluç, E., **Örtülü Elektrod ile Paslanmaz çeliklerin kaynağında kaynak ağızları ve kaynağın uygulanması**, İstanbul, 1991/3.
18. **Askaynak**, Kobatek, Eczacıbaşı Ürün Katoloğu, İstanbul, 2001.
19. Yükler, İ., **Kaynak Metali**, M. Ü. Tek. Eğt. Fakültesi Matbaası, İstanbul.