





Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

S355J2+N Malzemelerin Elektrocuruf Kaynak Yöntemi ile Kaynaklanabilirliği ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

 Umut DEMİRBAŞ^{a,*},  Serkan APAY^b

^a Düzce Üniversitesi, İmalat Mühendisliği A.B.D., Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye

^b Düzce Üniversitesi, Makina ve İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce, Türkiye

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: serkanapay@duzce.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.643855

ÖZET

Gelişen teknoloji ile beraber daha efektif, ekonomik ve uygulanması kolay kaynak metotları ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerden birisi olan elektrocuruf kaynağı özellikle iri ve kalın cidara sahip malzemelerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Kontrollü katılaşma yapısal bütünlüğü arttırmaktadır. Bu yüzden elektrocuruf yöntemi yüksek teknoloji gereken endüstri kollarında kullanılan yüksek performanslı malzemelerin üretiminde tercih edilen bir yöntemdir. Bu kaynağın uygulanması, yapılan kaynak sırasında ortaya çıkan cürufun verilen elektrik akımına karşı direnç göstermesi ile yüksek ısıya ulaşması ve bu ısının kaynağa kullanılması prensibine dayanır. S355J2+N yapısal çelik, yüksek dayanımlı, düşük alaşımli yapısal çeliktir. Bu çalışmada, elektrocuruf kaynak yöntemi ile 25 mm S355J2+N çeliği tek pasoda kısa bir süre de sorunsuz bir şekilde kaynatılmıştır. Kaynak dikişi sağlam ve tam nüfuziyet sağlanarak tamamlanmıştır. Kaynak işleminden sonra malzeme ultrasonik ve manyetik testlere tabi tutulmuş ve test sonucunda kaynak dikişinde herhangi bir hataya rastlanmamıştır. Tahribatlı muayene yöntemlerinden çekme, eğme bükme, darbe çentik, sertlik ve makro testler uygulanmıştır. Uygulanan testlerde olumsuz sonuç elde edilmemiştir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak elektrocuruf kaynak yöntemi ile kaynatılan S355J2+N çeliği bu kaynak yöntemine uygun olduğu kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: ESW, Elektrocuruf kaynağı, S355J2+N çeliği.

Investigation of Weldability and Mechanical Properties of S355J2+N Materials by Electroslag Welding Method

ABSTRACT

With the developing technology, more effective, economical and easy to apply welding methods have emerged. One of these methods, electroslag welding, is used effectively especially in coarse and thick walled materials. Controlled solidification increases structural integrity. Therefore, the electroslag method is the preferred method for the production of high performance materials used in industry branches requiring high technology. The application of this welding is based on the principle that the slag produced during the welding is resistant to the given electrical current and reaches high temperature and that this heat is used in welding. S355J2 + N structural steel is a high strength, low alloy structural steel. In this study, 25 mm S355J2 + N steel was welded in a single pass without any problem by electroslag welding method. The weld seam is complete with robust penetration. After welding, the material was subjected to ultrasonic and magnetic tests and as a result of the test, no defects were found in the welding seam. Tensile, bending, bending, impact notch, hardness and macro tests were performed. No negative results were obtained in the tests performed. In consideration of these results, S355J2 + N steel, which is welded by electrocuruf welding method, has proved to be suitable for this welding method.

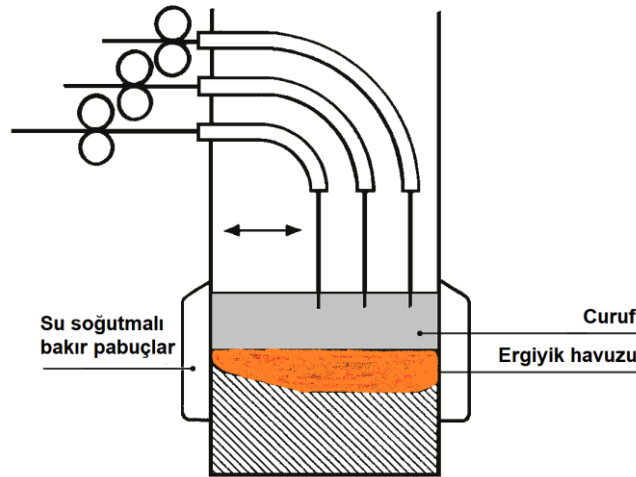
Keywords: ESW, Elektroslag welding, S355J2+N steel.

I. GİRİŞ

Çelik yapıların imalatından, taşımacılık sektöründe kullanılan araçların imalatına, kaynaklı birleştirme uygulamaları sıklıkla tercih edilmektedir. İmalatta kullanılacak malzemelerin kalınlığına göre en uygun kaynaklı birleştirme yöntemini seçmek hem imalatı kolaylaştıracak hem de sonradan ortaya çıkabilecek birçok problemi de önceden azaltmış olabilecektir [1], [2]. Kalın kesitli malzemelerin birleştirme işlemlerinde elektrik ark kaynağı, gazaltı kaynağı, tozaltı kaynağı ve elektrocuruf kaynağı gibi yöntemler tercih edilmektedir [3].

Elektrocuruf kaynağı, tozaltı kaynak yöntemine benzer bir yöntem olup kalın kesitli malzemelerin kaynağında sıklıkla kullanılmaktadır. Kalın malzemelerin kaynağı için diğer yöntemlerde kaynak ağı açılması gerekirken tozaltı kaynağında ve elektrocuruf kaynağında, kaynak ağı açılmasına gerek duyulmamaktadır. Farklı tip kaynak ağızları açılarak kaynağa hazırlanan malzemelerin kaynağında iyi bir birleşme ve en az çarpılma ile işlemin tamamlanması büyük önem arz etmektedir. Bu birleşme işlemlerinde kullanılan yöntemler ile belirli bir paso sayısında kaynaklı birleştirme gerçekleştirilebilmektedir. Paso sayısının artması kalın kesitli malzemelerde genellikle kaçınılmazdır [4]. Burada önemli sorunlardan birisi malzemeye paso sayısı kadar ısı girdisi olacak ve pasolar arası sıcaklığın korunması gerekecektir. Hızlı soğuma nedeni ile sertleşmeyi önlemek için ön tav yapılması, dayanım kaybını engellemek için de pasolar arası sıcaklığın belirli bir değerin altında tutulması gereklidir [5]. Elektrocuruf kaynağında tek pasoda çok kalın malzemeler kolaylıkla kaynatılabilmektedir [6], [7]. Malzemelerin tek pasoda kaynatılabilmesi sonucu olarak, pasolar arası sıcaklık kontrolüne ihtiyaç ortadan kalkacaktır.

Elektrocuruf kaynağı genellikle 50 mm ve üzerindeki kalınlıklarda olan malzemelerin dik pozisyon kaynağında kullanılsa da günümüzde tek paso ile birleştirme istenen malzemelerin kaynağında kullanılmaktadır. Şekil 1'de elektrocuruf kaynağı şematik olarak verilmiştir. Diğer kaynak yöntemlerine göre yüksek enerjili ısı girdisi içerir ve genellikle düşük mekanik özellikler, özellikle de ısıdan etkilenen bölgenin daha düşük tokluğu ile sonuçlanan mekanik özellikler elde edilir. Bununla birlikte, yüksek kaynak depolama oranı ve işlemin nispeten düşük maliyeti, ağır yapısal imalat için üstün özellik olarak kabul edilebilir [8].

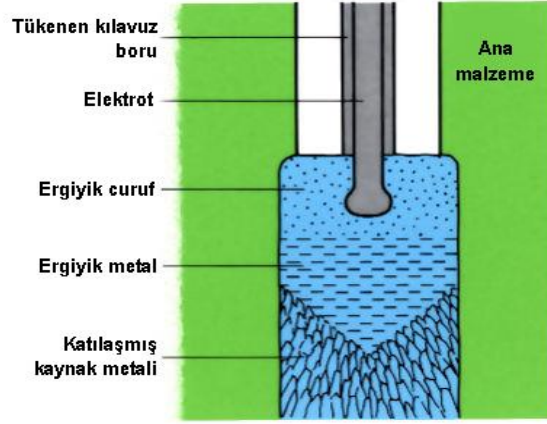


Şekil 1. Elektrocuruf kaynağı şematik gösterimi [9].

Elektrocuruf kaynağı bir ark kaynağı işlemi değildir, çünkü erimiş curuf yüzeyinin altında ark üretilmez. Kaynak için ısı, erimiş curufun elektriksel direncinin bir sonucu olarak üretilir [10]. Eriyik halde bulunan cüruftan geçen elektrik ile birlikte kaynak bölgesinde yüksek sıcaklık oluşur. Yüksek sıcaklık oluşmasıyla birlikte kaynak bölgesine giren kaynak elektrotu ve elektrot kılavuz borusu ergiyik halde kalarak kaynatılacak malzeme yüzeyine geçiş olması sağlanır, böylece kaynak işlemi

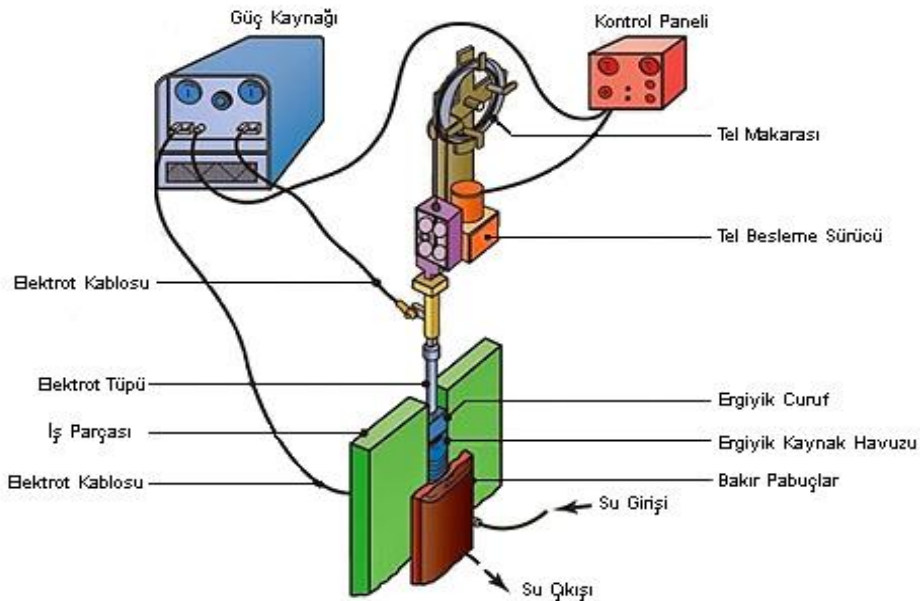
başlamış olur. Kaynak bölgesi üzerine hem dış ortamdan korumak hem de oluşan arkın kararlılığı sağlamak için curuf yapıcı toz dökülür. Dökülen bu toz ile birlikte oluşan curuf hafif olması nedeniyle kaynak dikişi üzerine çıkar ve kaynak dikişinin oksitlenmesini önler.

Dik pozisyonda yapılan kaynakta elektrot ve kılavuz borusu ergime oldukça yukarıya doğru hareket ederek iki malzeme arasında bırakılan boşluğa dolması sağlanır. Böylece kaynaklı birleştirme işlemi gerçekleştirilmiş olur [11], [12]. Şekil 2’de elektrocuruf kaynağı kaynak banyosu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. Elektrocuruf kaynağı, kaynak banyosu [13].

Elektrocuruf kaynak yöntemi kendi içinde iki farklı uygulamaya sahiptir. Bu uygulamalardan ilkinde kaynak kılavuz boru içinde gönderilen elektrot ile yapılırken, kılavuz kaynak borusu boyu kaynatılacak yerin ölçüsüne göre hazırlanır. Curuf elektriğe direnç göstermeye başladıktan sonra ortaya çıkan ısı ile birlikte kaynak teli erimeye başlar ve bu boru içerisinden sürekli gelerek kaynak bölgesine geçer. Böylece kılavuz boruda eriyerek kaynak metaline karışır ve kaynak işlemi gerçekleştirilir. Diğerinde ise kaynak kılavuz borusu erimeyen metalden imal edilmiştir. Bu erimeyen kılavuz içinden geçirilen kaynak teli direk kaynak bölgesine iletilir ve burada ark oluşturulur. Kaynak teli kaynak bölgesini doldurdukça erimeyen kılavuz kaynak başlığı ile birlikte yukarı doğru hareket eder [11], [14]. Şekil 3’te elektrocuruf kaynağı kaynak metodu şematik olarak verilmiştir.



Şekil 3. Elektrocuruf kaynağı prensip şeması [14].

Şekil 3 incelendiğinde kaynatılacak iki ana malzeme arasında boşluk bırakılır ve malzemelerin üzerine bakır soğutucu pabuçlar yerleştirilir. Böylece ana malzeme ve bakır pabuçlar arasında kaynak için boşluk oluşturulur [15]. Elektrik geçişi esnasında kaynak için gerekli sıcaklığın oluşması adına curuf banyosu derinliği 40-60 mm civarında olmalıdır. Bu yüksekliğin üstündeki yüksekliklerde elektrik geçişi için gösterilecek direnç azalacağından kaynak sıcaklığı düşecektir. Bu nedenle curuf yüksekliği kontrol altında tutulmalıdır [16].

Kaynatılacak ana malzemeler altına bakır altlık konur ve altlık üzerine curuf yapıcı özellikte, tozaltı kaynağında da kullanılan koruyucu kaynak tozu dökülür. Kaynak işlemi arkın toz ve tel ergitmesi ile başlar. Kapalı ağız içindeki tozun ergimesi ile curuf banyosu oluşur oluşmaz curufun elektrik direnci, arkın elektrik direncinden daha yüksek olduğundan ark söner ve ark akımı curuf üzerinden akmaya devam eder. Bu direnç, hem sıvı curufun ısını korur, hem de elektrotun ve iş parçasının ergimesini sağlar. Bu şekilde kaynak işlemi başlamış olur ve yaklaşık 2000 °C ısı elde edilir. Kaynak esnasında elektrot sürme düzeneği ve hareketli pabuçlar sürekli olarak yukarı doğru ilerler. Katılaştıran dikiş üzerine yapıştıran curuf düzenli kaynak tozu ilavesiyle yenilenir [11], [17].

Bu çalışmada S355J2+N malzemelerin elektrocuruf kaynak yöntemi ile kaynaklanabilirliği çeliğinin çekme, sertlik ve mikro yapıları tahribatlı, tahribatsız muayene yöntemleriyle incelenmiştir. Isı etkisine maruz kalan bölgede ergime ve katılma sürecinin diğer kaynak yöntemlerinden farklı olmasından dolayı tane yapısı kaynak metali ve ITAB da farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Daha çok döküm işlemi andıran bu olay mikro ve makro yapı olarak incelenmiştir. Diğer kaynak yöntemlerinde soğumaya bağlı oluşan balık kılıçlığı yapı yerine kaynak merkezinde bütünleşen aynı eksene sahip yapılar ortaya çıkmıştır. Tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleri sonucu elektrocuruf kaynak yöntemi uygulanabilir hızlı ve dayanıklı bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır.

II. MATERYAL VE METOT

Kaynatılacak malzeme olarak S355J2+N kullanılmıştır. Düşük karbonlu ve kaynaklanabilirliği yüksek bir çeliktir. Tablo 1.'de S355J2+N çeliğinin teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. S355J2+N çeliğinin kimyasal analizi (% Ağırlık).

C	Si	Mn	Al	S	Mo	Fe
0,22	0,55	1,6	0,020	0,35	0,10	Kalan

Elektrocuruf kaynağında tozaltı kaynağında kullanılan dolu ya da özlü teller kullanılır. En yaygın uygulama dolu tellerin kullanımı biçimindedir. Karbonlu az alaşımlı ve yüksek mukavemetli az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılacak olan tel elektrotların esas metalden daha az karbon içeriğine sahip olmaları gerekir. Elektrocuruf kaynağında kullanılan tel ve toz uyumu elektrik iletkenliğini artırmak ve viskoziteyi azaltmaktır. Kaynak telinin özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. S2 Si kaynak teli bileşimi (% Ağırlık).

C	Mn	Si	S	P
0,07	0,8-1,1	0,05	0,02	0,02

Düşük ergime ve yüksek buharlaşma noktasına sahip olmalıdır. Metal banyo üzerindeki curuf tabakasının kolay temizlenmesini sağlayacak bileşimde olmaları gerekir. Kaynak sırasında eriyen kılavuz boru olarak, kaynak metaline uyum sağlayabilecek, ergime noktası düşük metal S235 Ø14x500x3,85 mm kullanılmıştır.

Kaynak bölgesinde soğutucu olarak Ø80x500x6 mm Bakır Kaynak Bölgesi soğutucu boruları kullanılmıştır. Bu bakır soğutucular su devir daimi için bir giriş bir de çıkış olmak üzere iki deliği

olan, kaynatılacak yüzeye tam olarak tutturulacak şekilde özel yapılmıştır. Yapılan çalışmada kaynak banyosunun akması için ilk ark oluşumunda seramik altlık kullanılmıştır.

Kaynak olacak iki plaka arası 30 mm boşluk bırakılarak kaynak pozisyonuna hazır hale getirildi. Plakaların altına seramik, altlık kaynak bölgesine de su soğutmalı bakır borular tutturulmuştur. Ark oluşumu için plakanın tabanına az miktarda metal tozu ve elektrocuruf kaynak tozu eklenmiştir. Kaynak teli eriyebilen boruyla beraber malzemeler arasına sürülmüştür. Kaynak işlemi toz ve kaynak telinin ergimesiyle başlamıştır. Plakaların kenarları, tel ve borunun ergimesiyle kaynak banyosu oluşmaktadır. Kaynak banyosu ve tel sürme mekanizması, ergimelerin devam etmesiyle yukarı doğru hareket eder. Döküm işlemi andıran bu işlemler 610 - 650A arasında 37V'ta gerçekleşmiştir. Kaynak banyosunun soğumasıyla katılma işlemi başlar. Katılan kaynak banyosu iyi bir kaynak dikişi formu oluşturmuştur.

Elektrocuruf kaynak işleminden sonra numuneler mekanik ve metalografik incelemeler tabii tutulmuştur. Şekil 4'de kaynaklanan sacdan çıkarılan çekme deneyi temsili numuneleri görülmektedir.



Şekil 4. Çekme deneyi numuneleri.

Şekil 5'de çekme deneyleri ile benzer olan fakat kaynak dikişinde çatlak ve kırılma testi için hazırlanan eğme deneyi numuneleri görülmektedir.



Şekil 5. Eğme deneyi numuneleri.

Şekil 6'da çentik darbe testi için hazırlanan deney numuneleri görülmektedir.



Şekil 6. Çentik-Darbe deney numuneleri.

Elektrocuruf yöntemiyle birleştirilen sacdan metalografik inceleme için numuneler alınmıştır. Alınan numuneler zımparalama ve parlatma işlemlerinden sonra mikro ve makro görüntüleri almak ayrıca sertlik ölçümlerini de yapmak üzere % 2'lik Nital dağlayıcı ile dağlanmıştır. Sertlik ölçümleri 1000 gram yük altında Vickers sertlik ölçümü ile yapılmıştır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada S355J2+N çeliği Elektrocuruf kaynağı ile başarılı bir şekilde birleştirilmiştir. Kalın kesitli malzemelerin kaynağında kullanılan bir yöntem olması ve yüksek enerji gerektirmesinden dolayı kaynak metali soğuma hızı düşüktür. Ayrıca soğutma pabuçları üzerinde oluşan kaynak metali döküm katılaşmasına benzer bir katılaşma göstermiştir. Kaynak metali esas metal tarafından epitaksiyel olarak katılaşmıştır. Kaynak metali tane sınırı ferrit olarak başlayıp kenar levhaları oluşmuş ve tane içlerinde asiküler ferritik yapı gözlenmiştir. Kaynak metali sertliği ve çekme mukavemeti esas metal sertliği ve çekme mukavemetinden yüksek çıkmıştır. Kaynak metali mukavemet yönüyle esas metal mukavemetinin üzerindedir. Yapılan deneylerde kaynak, metali ile uyum sağladığı, çekme darbe deneyi sonucunda ana metalle yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bu nedenle kaynak yönteminde ana malzeme ile kaynak birbirine uyum sağladığı ve mekanik testlerde beklenen sonuç elde edilmiştir.

Bu yöntemin en büyük problemi tane irileşmesi ve segregasyonlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Kaynak bölgesinde sertliğin kritik sınırını aşmamasına rağmen iri taneli bölgenin kırılma tokluğunun düşük olduğu çalışma deneyi sonuçları normal değerler içinde olması yanıltıcı olabilir. İri taneli bölgede ve kaynak metalindeki iri tanelerin sınırlarında oluşan segregasyonlar düşük sertliğe rağmen çatlağı teşvik etmesinden dolayı tehlike oluşturmaktadır. Ana metal iri taneli bölge geçişi ve ergimiş kaynak metali keskin bir hat ile ayrılması bu hattın bakır soğutma bloklarının yüzeylerine kadar çıkması bir başka tehlikeyi ortaya çıkarır. Yüzeye kadar çıkan bu keskin hat otayol köprülerinde ve diğer çelik yapılarda yorulma çatlağı oluşturabilir.

AWS (American Welding Society)'ye göre çekme deneyinden elde edilen değerler Tablo 3'te, eğme sonuçları Tablo 4'te, darbe çentik sonuçları Tablo 5'de ve sertlik deney sonuçları Şekil 9'da verilmiştir.

Tablo 3. Çekme deney sonuçları.

Numune	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Dayanımı (N/mm ²)	% Uzama	Kırılma Yeri
ESW 1	546,09	456,4	20	Ana Mlz.
ESW 2	544,23	452,3	20	Ana Mlz.
Ana Malzeme	549,1	452	20	Ana Mlz.

Şekil 7’de çekme deneyi sonucu ana malzemeden kopan numunelere ait görüntü verilmiştir. Şekil incelendiğinde numunelerin ana malzemeden koptukları bölge açıkça görülmektedir.



Şekil 1. Çekme numunesinin kırılma görüntüleri.

Şekil 5’de görülen eğme testi numuneleri, çapı 40 mm olan bası silindiri ile eğilerek kaynak dikişlerinde ve yanma oluklarında çatlak oluşumu incelenmiştir. Eğme testi sonuçları Şekil 8’de verilmiştir. Ayrıca Tablo 4’de eğme testi deneysel verileri tablo şeklinde verilmiştir.



Şekil 2. Eğme deneyi sonuçları.

Tablo 1. Eğme deneyi uygulama verileri.

Numune No	Mandrel çapı (mm)	Mesnet mesafesi (mm)	Eğme açısı	Hatalar
ESW 1	40	73	180°	Çatlak yok
ESW 2	40	73	180°	Çatlak yok
ESW 3	40	73	180°	Çatlak yok

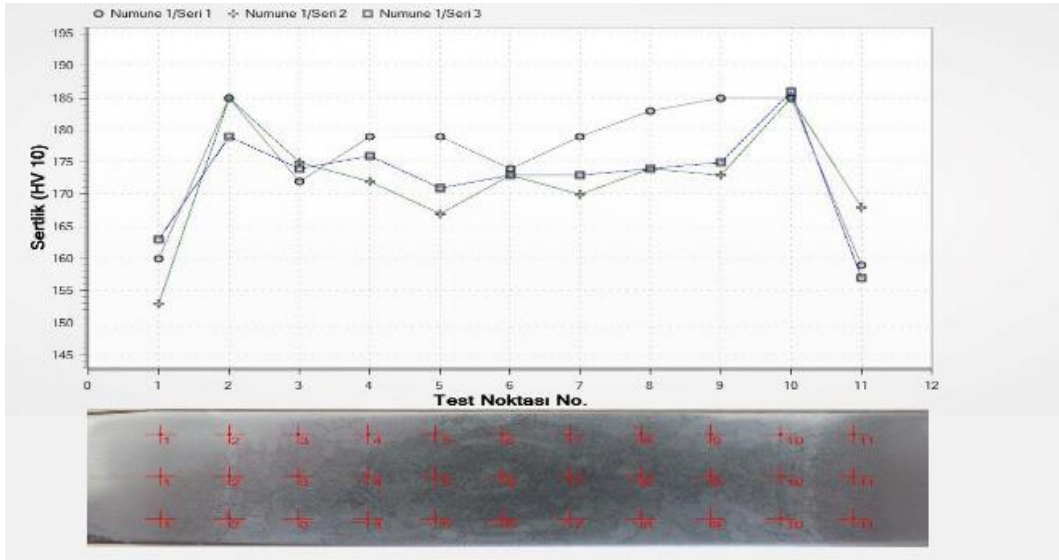
Kaynak dikişinden ve ITAB’dan, Şekil 6’da verilen resimdeki gibi çentik açılarak hazırlanan numunelere uygulanan çentik-darbe deneyi sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Kaynak dikişinden alınan

sonuçlar ile ITAB sonuçları karşılaştırıldığında ITAB'ın daha kırılğan bir yapıda olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak kaynak dikişi merkezinin daha yavaş soğuması verilebilir.

Tablo 2. Çentik darbe deneyi sonuçları.

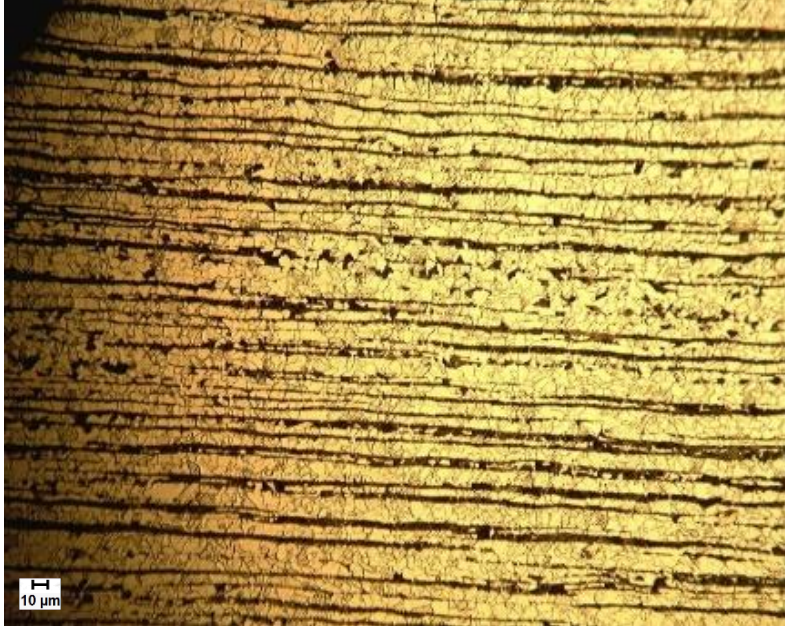
Numune No	Çentiğin yeri	Darbe enerjisi (J)	Hatalar
ESW 1	Kaynak	14,46	Süreksizlik yok
ESW 2	Kaynak	16,07	Süreksizlik yok
ESW 3	Kaynak	17,12	Süreksizlik yok
ESW 4	ITAB	12,21	Süreksizlik yok
ESW 5	ITAB	10,33	Süreksizlik yok
ESW 6	ITAB	10,06	Süreksizlik yok

Sertlik deneyi numunesinden ana malzeme, ITAB, kaynak bölgesi olmak üzere her bölgeden üç değer alınmıştır.



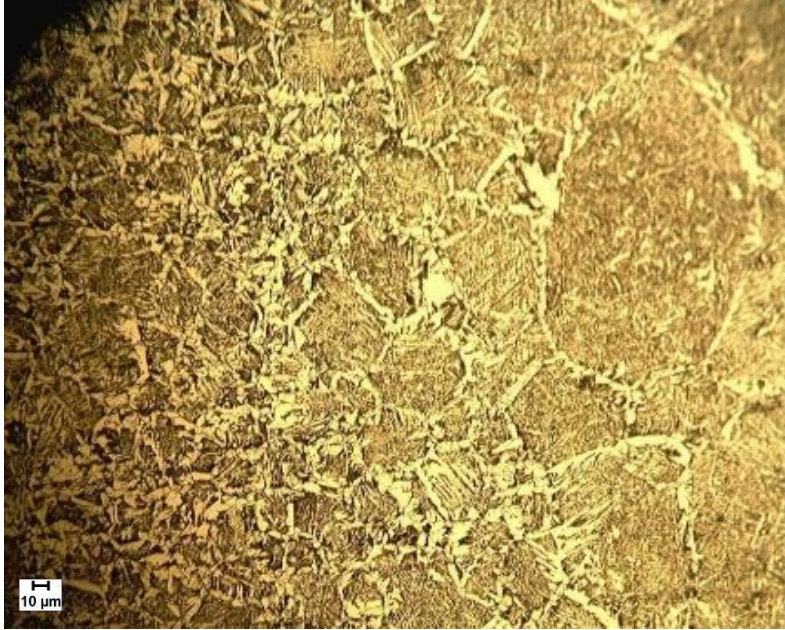
Şekil 3. Sertlik ölçümü sonuçları.

Sertlik deney sonuçlarını gösteren grafik incelendiğinde geçiş bölgesinde sertliğin arttığı kaynak metali merkezine doğru sertlikte düşüş olduğu görülmektedir. Geçiş bölgesinden alınan çentik darbe numunelerinin sonuçları da sertlik sonuçlarını desteklemektedir. Şekil 10'da ana malzeme mikroyapısı verilmiştir. Mikroyapı incelendiğinde tipik düşük karbonlu çelik mikroyapısına sahip olduğu görülmektedir.



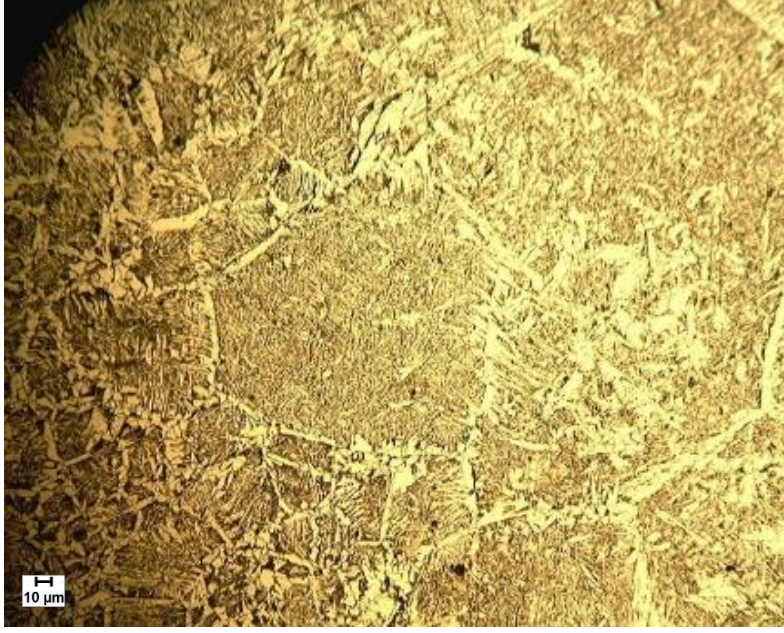
Şekil 4. Ana malzeme mikroyapısı.

Şekil 11’de geçiş bölgesi mikroyapısı görülmektedir. Mikroyapı incelendiğinde kaynak metaline doğru irileşen tanelerin varlığı dikkat çekmektedir. Tane yapılarında asiküler ferrit yapı oluştuğu görülmektedir.



Şekil 5. Geçiş bölgesi mikroyapı görüntüsü.

Şekil 12’de kaynak metali mikroyapısı görülmektedir. Mikroyapı incelendiğinde irileşen taneler daha belirgin hal alırken tane yapısında asiküler ferrit ve yoğun Widmanstetten ferrit yapının varlığı göze çarpmaktadır.



Şekil 6. Kaynak metali mikroyapı görüntüsü.

IV. SONUC

Sertlik testleri kaynak dikişi kesitinin enine yönde yapılmıştır. Ana metal sertliği yaklaşık olarak 160 HV değerinde olmuş ve geçiş bölgesinde 185 HV ile artış göstermiştir. Sertlik artışı kaynak metali merkezine doğru düşüş göstermektedir. Kaynak metalindeki sertlik 175 HV değerindedir. Ana malzemeye göre kaynak metalindeki sertlik artışı kaynak telinin kimyasal bileşiminden dolayı olduğu düşünülmektedir.

Kaynak telinde %1,2 Mn bulunmaktadır. Kaynak metali merkezi kimyasal bileşimi çoğunlukla kaynak ilave telinden oluştuğundan özellik olarak kaynak teli mekanik özelliklerine sahiptir. Kaynak geçiş hattı ile kaynak merkezi arasındaki sertlik artışı kimyasal bileşimin yanı sıra soğuma hızıyla da ilgilidir. Kaynak metali merkezinde soğuma hızı daha düşük esas metale doğru soğuma hızı artmaktadır.

Enine sertlik ölçümü yapılan yönde kaynak metali duvarının soğutma pabuçları bulunmaktadır. Katılma soğutma pabuçlarından kaynak metali merkezine doğru olmakta ve en son kaynak metali merkezi katılmaktadır. Buna bağlı olarak sertlikte soğutma pabuçları tarafından kaynak metali merkezine doğru azalma göstermiştir. Sertlik değeri yaklaşık iki yönde de simetrik özellik göstermiştir.

Yüksek metal yığılma oranına sahip bu yöntem ülkemizde daha yaygın kullanılabilmesi için çekme deneyi dışındaki diğer mekanik testlerinin yapılması ve değişik bileşimdeki çeliklerde araştırmalar yapılarak Elektrocüruf kaynak yöntemi ile genel yapı çeliklerinin sorunsuz bir şekilde kaynatılabileceği söylenebilir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2019.07.04.916).

V. KAYNAKLAR

- [1] T. Debroy, J. Szekely, ve T. W. Eagar, “Temperature profiles, the size of the heat-affected zone and dilution in electroslag welding”, *Mater. Sci. Eng.*, 1982.
- [2] S. Mercan, “Farklı metal çiftlerinin mekanik kilitleme yöntemi ile birleştirilmesi”, *GU J Sci, Part C*, c. 7, sayı 1, ss. 25–36, 2019.
- [3] C. Erbay, “Tozaltı ark kaynağında kaynak parametrelerinin mikroyapı ve nüfuziyete etkisinin incelenmesi”, Metal Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1999.
- [4] E. G. İş, B. Çiçek, E. Gümüşa, E. Yılmaza, ve P. Topuz, “Düşük karbonlu çeliklerde elektrik ark ve mag kaynak yöntemlerinin mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi”, *2. Uluslararası Demir Çelik Sempozyumu*, 2015, ss. 1–5.
- [5] E. Kaplan ve T. Atıcı, “10CrMo9-10 (P22) çeliğinin kaynağında kaynak paso genişliklerinin mekanik ve mikroyapısal özelliklere olan etkileri”, *Kaynak Teknolojisi VIII. Ulusal Kongre ve Sergisi*, 2011, ss. 141–151.
- [6] S. Surupa, “Electroslag and Electrogas Welding of Metals”, 2019. [Çevrimiçi]. Available at: <http://www.engineeringenotes.com/metallurgy/welding/electroslag-and-electrogas-welding-of-metals-metallurgy/21731>.
- [7] B. Oğuz, “Elektroslag (Elektrocuruf) Kaynağı”, *Ark Kaynağı*, Oerlikon Yayını, 1989, s. 3.
- [8] S. Liu, S. D. Brandi, ve R. D. Thomas, “Electroslag and Electrogas Welding”, *ASM-Welding brazing and soldering*, ASM International, 1993, ss. 780–791.
- [9] K. Weman, *Welding processes handbook*. Woodhead Publishing, 2012.
- [10] L. Jeffus, “Other Welding Processes”, *Welding: Principles and Applications*, 8. baskı, Boston/U.S.A.: Cengage Learning, 2017, ss. 718–720.
- [11] B. Gülenç ve N. Kahraman, *Modern Kaynak Teknolojisi*, 3. Baskı. Ankara: EPA-MAT Basım Yayın Ltd. Şti., 2016.
- [12] H. Akça, “Elektroslag Kaynağı ile Genel Yapı Çeliklerinin Kaynatılabilirliğinin Araştırılması”, Metal Eğitimi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2002.
- [13] T. O. University, “Electro-slag welding”, *The Open University*, 2018. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/manupedia/electro-slag-welding>.
- [14] E. Kaluç, E. Taban, ve A. Dhooge, “Elektrocuruf kaynak yöntemi ve endüstriyel uygulamaları”, *Met. Dünyası*, c. 152, ss. 100–105, 2006.
- [15] J. Blunt ve N. C. Balchin, “Electroslag Welding (ESW)”, *Health and Safety in Welding and Allied Processes*, 2002, ss. 138–140.
- [16] P. T. Houldcroft, “Electro-Slag Welding”, *Welding Process Technology*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1988, ss. 72–80.
- [17] V. M. Radhakrishnan, “Welding Processes”, *Welding Technology and Design*, New Age International Pvt. Ltd., 2008, ss. 28–30.