

TOZALTI ARK KAYNAĞINDA KAYNAK TOZUNUN MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Ahmet DURGUTLU*
Nizamettin KAHRAMAN**
Behçet GÜLENC***

ÖZET

Bu çalışmada tozaltı ark kaynağı ile düşük karbonlu çelik malzemeler farklı özelliğe sahip kaynak tozları ile birleştirilmiş ve birleştirmenin mekanik ve metalurjik özellikleri araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda, kaynak esnasında kullanılan farklı özellikteki tozların, kaynak metali sertliği ve mikroyapısını değiştirdiği tespit edilmiştir. Çekme işlemleri sonucunda bütün numunelerde kopma ana malzemeden gerçekleşmiştir. 180° eğme deneyi sonucunda numunelerde gözle görülebilir bir çatlağa rastlanmamıştır. Çentik darbe testi sonucunda en iyi tokluğu P-223 tozu ile kaynaklanmış numuneler gösterirken bu numuneleri sırası ile OP 139 ve OP 176 tozu ile kaynaklanmış numuneler izlemiştir.

Anahtar Kelimeler: Tozaltı ark kaynağı, Mekanik özellikler, Kaynak tozu, Mikroyapı.

INVESTIGATION OF EFFECT OF FLUXES ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES IN SUBMERGED ARC WELDING

ABSTRACT

In this study, low carbon steels were welded by submerged arc welding method using different types fluxes and mechanical and metallurgical properties of the bondings were examined. It was seen that different fluxes used for welding caused to change the hardness and the microstructure of the weld metal. It was observed from the tensile specimens that all samples, welded using different welding fluxes, were fractured from the base metal. After the bending test up to 180° bending, no crack was detected by naked eye in the weld zone. The best toughness was obtained from the samples, which were welded using P-223 welding fluxes. OP 139 and OP 176 fluxes led to lower toughness.

Key Words: Submerged arc welding, Mechanical properties, Welding fluxes, Microstructure.

*Arş. Gör. G. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü

**Arş. Gör. G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi A.B.D.

***Yrd. Doç. Dr. G. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü

1. GİRİŞ

Tozaltı ark kaynağı yüksek güvenilirlik, tam veya yarı otomatik uygulanabilirliği, derin nüfuziyeti ve düzgün bir kaynak dikişi elde edilebilirliği sebebi ile endüstride geniş bir uygulama alanına sahiptir (Gunaraj ve Murugan, 1999: 246). Tozaltı ark kaynağında kaynak metali; ana malzeme, ilave metal ve kaynak tozunun kimyasal ve fiziksel reaksiyonu sonucu meydana gelir. Bu yöntemde ilave metal ve kaynak tozu ana malzemenin özelliklerine uygun biçimde seçilmelidir (Yun vd., 2001: 67).

Tozaltı ark kaynağında kaynak arki, taneli ve ergiyebilen bir toz kütlesi tarafından korunur (Ogborn, 1993: 202). Burada ısı iş parçası ile ergiyebilen bir tel arasındaki ark tarafından üretilir. Ark, ergiyik toz veya curuf tarafından atmosferin olumsuz etkilerinden korunur. Kaynak metalinin çatlamaya karşı direnci ve mekanik özellikleri karışımı oluşturan alaşım elementleri tarafından iyileştirilebilir (Sacks, 1981: 869). Tozaltı ark kaynak yönteminde, tel elektroda akım uç kısmına yakın bir yerden ve özel bir bakır kontakt tarafından verildiğinden, çok yüksek akım şiddetlerine çıkmak mümkündür. Akım yoğunluğunun yüksek oluşu depozit oranını arttırdığından özellikle dolgu kaynağı için çok elverişlidir (Richard, 1995: 5.2-1).

Tozaltı ark kaynağında kullanılan tane şeklindeki tozlar, örtülü elektrodla yapılan kaynakta örtünün sağladığı görevi yerine getirerek kaynak işlemine, fiziksel ve metalurjik bakımdan tesir ederler (Külahlı, 1985; 82). Fiziksel olarak meydana gelen curuf kaynak banyosunu havaya karşı korur, dikişe uygun bir form verir ve kaynak banyosunun yavaş soğumasını sağlayarak zararlı gazların kaynak banyosunu terk etmesi için zaman kazandırır. Metalurjik olarak da kaynak banyosuna ilave ettiği yardımcı katkı elemanları ile yanma kayıplarını ortadan kaldırır ve dengeler (Anık, 1991:61).

Bu çalışmada; tozaltı ark kaynağında kullanılan farklı özelliğe sahip kaynak tozlarının, kaynaklı parçaların mekanik ve metalurjik özelliklerine etkilerini incelemek amacıyla, düşük karbonlu çelik malzemeler OE S1 kaynak teli ile birleştirilmişlerdir. Kaynak esnasında bütün kaynak parametreleri sabit tutulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilen 400x100x6 mm ebatlarında düşük karbonlu çelik malzemeler tozaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilmiş ve kaynaklı malzemelere çekme, eğme, çentik darbe ve sertlik testleri uygulanmış ayrıca mikroyapı özellikleri incelenmiştir.

Tablo 1. Ana malzemenin kimyasal bileşimi (Ağırlıkça %)

Element	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Fe
% Oran	0,07	0,51	0,10	0,015	0,09	0,021	0,043	99,14

Kaynak işlemleri LINCOLN IDEALARC DC-1500 tipi tozaltı kaynak makinası ile 3,2 mm çapında OE S1 kaynak teli ve üç farklı özelliğe sahip kaynak tozu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kaynak esnasında kullanılan tel ve tozların kimyasal bileşimleri ve özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kaynak tel ve tozlarının kimyasal bileşim ve özellikleri (www.oerlikon.com.tr).

Malzeme	Kimyasal Bileşimi	Özellikleri
OP 139 (Toz) (Oerlikon*)	% 20 SiO ₂ +TiO ₂ , %25 CaO+MgO, %35 Al ₂ O ₃ +MnO ₃ , %15 CaF ₂	OP 139 alümina-bazik karakterli, aglomere tozaltı kaynak tozudur. Tek pasolu ve çok pasolu, alın ve köşe kaynakları yapılan tek ve çok telli tozaltı kaynak sistemlerinde kullanım amaçlı geliştirilmiştir.
OP 176 (Toz) (Oerlikon*)	% 44 SiO ₂ +TiO ₂ , %23 CaO+MgO, %24 Al ₂ O ₃ +MnO ₃ , %7 CaF ₂	OP 176, 450 MPa'a kadar akma dayanımına sahip düşük alaşımli çeliklerin, DIN 17172'ye göre boru çeliklerinin ve API 5L'ye göre X 70'e kadar çeliklerin kaynaklarına uygun aglomere kaynak tozudur.
P-223 (Toz) (Lincoln**)	Klasifikasyonu AWS A5.17	Çok geniş bir çelik grubunun kaynağında kullanılır. Kaynak performansı ve verimi çok yüksektir (www.lincolnelectric.com).
OE S1 (Tel) (Oerlikon*)	Max.%0,12 C, % 0,5 Mn, Max.% 0,10 Si	Basınçlı kap, boru, gemi, çelik konstrüksiyon imalatında 510 N/mm ² çekme dayanımına sahip genel yapı çeliklerinin kaynağında kullanılan masif tozaltı kaynak telidir. Bakır kaplı olması elektrik iletkenliğini ve paslanmaya karşı direncini artırır.

*,** Ticari isim

Kaynak yapılacak malzemeler arasında 3 mm boşluk bırakılarak 50 mm aralıklarla puntalanmış ve numunelerin altına 5 mm kalınlığında bakır bir altlık yerleştirilmiştir. Bütün kaynak işlemleri 400 Amper akım, 28 Volt gerilim, 450 mm/dk kaynak hızı, 1,5 kJ/mm ısı girdisi ve 20 mm ark boyu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kaynak işlemi tamamlanan

numuneler curufu kırılmaksızın açık havada soğumaya bırakılmışlardır. Curufu temizlenen numunelerin her bir numuneden 3 adet çekme, 3 adet eğme, ana malzeme, ITAB ve kaynak metalinden 3'er adet olmak üzere toplam 9 adet çentik darbe ve 2 adet sertlik ve mikroyapı numunesi hazırlanacak şekilde kesilmiştir. Çekme numuneleri EN 895, eğme numuneleri (180°) pr EN 910'da belirtilen şartlara göre ve çentik darbe numuneleri ise TS 269'a göre 4x10x55 mm olacak şekilde freze tezgahında işlenerek hazırlanmışlardır. Çentik darbe numuneleri, ITAB ve kaynak metali bölgelerini ayırt edebilmek amacı ile zımparalama, parlatma ve dağlama işlemlerinden sonra çentik açma işlemine tabi tutulmuşlardır. Çekme ve eğme için hazırlanan numuneler INSTRON MFL SYSTEM tipi çekme cihazı ile 1mm/dk ilerleme hızında ve çentik darbe numuneleri ise INSTRON WOLPERT PW 30 marka makine ile oda sıcaklığında teste tabi tutulmuşlardır.

Mikroyapı numuneleri başta 220 olmak üzere sırasıyla 400, 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik SiC su zımparası ile her seferinde 90° döndürülerek zımparalama işlemine tabi tutulmuşlardır. Zımparalanmış numuneler üzerine sürülen 3µm'lik elmas pasta ile parlatılıp dağlama işlemine hazır hale getirilmiş ve % 3'lük Nital ile dağlanmışlardır. Numuneler 1000 büyütme kapasiteli PRIOR marka optik mikroskop ile görüntülenmişlerdir. Sertlik ölçümleri Vickers uca sahip INSTRON WOLPERT sertlik cihazı ile 1 kg yük kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler, her bir numunenin aynı noktasından eşit aralıklarla olmak üzere 5'er adet yapılmış olup ortalamaları alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tozaltı ark kaynağı ile üç değişik kaynak tozu kullanılarak birleştirilen numunelerden elde edilen çekme deney sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Çekme deney sonuçları.

Malzeme	Akma Mukavemeti (kg/mm ²)	Çekme Mukavemeti (kg/mm ²)	Kesit Daralması (%)	Uzama (%)	Kopma Yeri
Ana Malzeme	37	55	53	28	Çekme boyu ortası
OP 139	41	58	46	24	Ana malzeme
OP 176	42	58	45	23	Ana malzeme
P-223	41	58	46	24	Ana malzeme

Tablo 3 incelendiğinde kaynaklı numunelerin tümünde elde edilen akma, çekme, % kesit daralması ve % uzama miktarlarının birbirine yakın değerler olmasının sebebi kopma

işleminin ana malzemeden gerçekleşmesinden dolayıdır. Kopma, ana malzemeden olmasına rağmen, kaynaklı numunelerin kaynak işlemi görmemiş numunelerden daha yüksek % uzama değerleri vermesinin sebebi kaynaklı bölgenin çekme testi sırasında deformasyona uğramamasından kaynaklanmaktadır. Yapılan bir araştırmada da (Kim vd., 2001:135), kaynaklı numunelerin kaynaklı numunelerden daha az uzadığı belirtilmektedir.

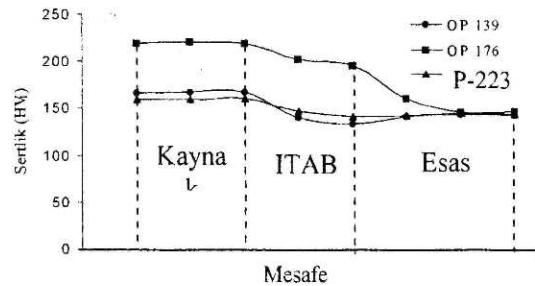
Tozaltı ark kaynağı ile üç değişik kaynak tozu altında birleştirilmiş numunelerden elde edilen eğme deneyi numuneleri 180° büküldüğünde kaynaklı bölgede yapılan makro incelemelerinde eğilme bölgesinde yırtılma, çatlak ve benzeri hatalara rastlanmamıştır.

Kaynaklı numunelerin kaynak metalini, ITAB ve ana malzemelerinden hazırlanmış 4x10x55 mm ebatlarındaki çentik darbe deney sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Çentik darbe deney sonuçları (Joule).

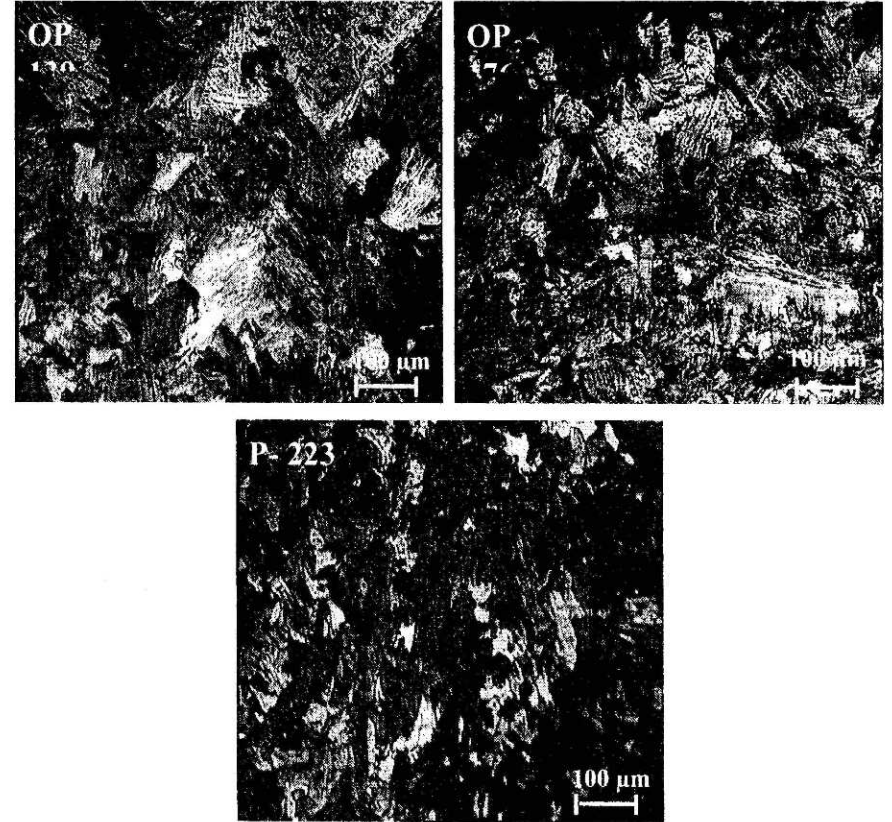
Malzeme Cinsi	Kaynak Metalini	ITAB	Ana Malzeme
OP 139	39	48	56
OP 176	30	41	56
P-223	45	51	57

Burada hem kaynak metalini hem de ITAB'da en iyi çentik mukavemetini P-223 tozu ile kaynaklanmış numuneler gösterirken bu numuneleri sırasıyla OP 139 ve OP 176 tozu ile kaynaklanmış numuneler takip etmektedir. Yapılan deneylerden elde edilen çentik darbe mukavemetleri sertlik sonuçları ile beraber değerlendirildiğinde sertlik miktarının artması ile tokluğun düştüğü görülmektedir. Kılıncıer (1998: 97) yaptığı bir araştırmada sertliğin artmasıyla tokluğun azaldığını rapor etmektedir. Burada kaynak metalinden elde edilen çentik darbe mukavemetleri ITAB'den elde edilen değerlerden daha düşük bulunmuştur. Düşük karbonlu çeliklerin kaynağında ITAB'nin kırılma davranışları üzerine yapılan bir araştırmada (Kim vd., 2001:132), ITAB'daki iri taneli bölgenin tokluğunun kaynak metalinden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ITAB'nin sertliğinin kaynak metalini sertliğinden daha düşük olması bu sonucu doğrulamaktadır.



Şekil 1. Kaynak metalinden ana malzemeye doğru sertlik dağılımı.

Şekil 1 incelendiğinde üç değişik kaynak tozu ile gerçekleştirilmiş kaynaklı numunelerin ana malzeme, ITAB ve kaynak metalinden elde edilmiş sertlik değerleri görülmektedir. Burada kaynak metalinin ITAB ve ana malzemeden daha sert olmasının sebebi kaynak esnasında kullanılan ilave metalin kimyasal bileşiminde var olan karbon oranının ana malzemenin karbon oranından daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Qiu ve Kawaguchi (2003: 22), düşük karbonlu çelik malzemelerin kaynak bölgesinde yaptıkları bir araştırmada ITAB'nin kaynak metalinden daha düşük sertliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 2. Kaynaklı numunelerin kaynak metalinden elde edilen optik mikroskop görüntüleri.

Şekil 2 incelendiğinde OP 176 kaynak tozu ile kaynaklanmış numunenin tane yapısının değişik yönlendirmelerden oluşan tanelerden meydana geldiği ve martenzit ve beyritik

fazlarının mikroyapı içerisinde daha fazla olduğu görülmektedir. OP 139 ve P-223 kaynak tozları ile kaynaklanmış numunelerin optik mikroskop görüntülerinde ise tane yapısının daha düzenli olduğu ve mikroyapının ağırlıkça ferrit-perlit fazlarının olduğu görülmektedir. Mikroyapıdaki bu durum sertlik sonuçları ile beraber değerlendirildiğinde daha açık kendini göstermektedir. Sertlik grafiğindeki OP 176, OP 139 ve P-223 sertlik sıralaması mikroyapıda da martenzit fazının varlığı açısından aynı sırayı takip etmektedir.

4. SONUÇLAR

Tozaltı ark kaynağı ile düşük karbonlu çelik malzemelerin farklı özelliğe sahip kaynak tozları ile birleştirildiği bu çalışmada;

- 1- Kullanılan üç değişik kaynak tozundan elde edilen kaynak dikişlerinde en yüksek sertliğe OP 176 kaynak tozu ile ulaşılırken bu tozu sırası ile OP 139 ve P-223 tozu takip etmektedir.
- 2- Kaynak metali ve ITAB'de en yüksek tokluk değerleri P-223 tozu kullanılarak elde edilmiştir. Bunun sebebi de kullanılan kaynak tozunun kimyasal bileşiminden kaynaklanmaktadır.
- 3- Kullanılan üç değişik kaynak tozu ile elde edilen birleştirmelerin hepsinde kaynak metalinin sertliği, ITAB ve ana malzemenin sertliğinden yüksek değerlerde bulunmuştur. Bunun sebebi, kullanılan ilave metalin karbon oranının ana malzemenin karbon oranından yüksek olmasıdır.
- 4- Çekme testleri sonucunda kopma birleştirmelerin tümünde, ana malzemeden gerçekleşmiş ve kaynaksız haldeki çekme değerlerinden daha yüksek değerler elde edilmiştir.
- 5- Sonuç olarak, düşük karbonlu çelik malzemeler kullanılan üç değişik kaynak tozu ile de güvenli bir şekilde birleştirilebilmektedirler.

KAYNAKLAR

- Anık, S., (1991), *Kaynak Tekniği El Kitabı*, Gedik Yayınları. İstanbul, s. 59-73.
- Gunaraj V., Murugan N., (1999), Prediction and comparison of the area of the heat-affected zone for the bead-on-plate and bead-on-joint in submerged arc welding of pipes, *Journal of Materials Processing Technology* 95, s.246-261
- Kim, Ji Hyun., Oh, Young Jin., Hwang, H Soon., Kim, Dong Jin., Kim, Jeong Tae., (2001), Fracture Behavior of Heat-affected Zone in Low Alloy Steels, *Journal of Nuclear Materials* 299, s. 132-139.
- Külahlı, M.E., (1985), Tozaltı Kaynak Yöntemi, *Oerlikon Kaynak Bilimi* 2, s. 82-85, İstanbul.

Kılınçer, S., (1998), Düşük Karbonlu Çeliklerin Tozaltı Ark Kaynak Yöntemi ile Kaynak Edilebilirliğinin ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ogborn, J. S., (1993), Submerged arc welding, *ASM Handbook*, Cilt 6, 1993, s. 202-204.

Qiu, H., Kawaguchi, Y., (2003) Strength and Deformability of Welded Joints of 780 MPa Grade Steel Plates, *Materials Science and Engineering A*, 348 (1-2), s. 22-28.

Richard, S. Sabo, (1995), The Procedure Handbook of Arc Welding, *The Lincoln Electric Company*, Cleveland, Ohio.

Sacks, R., (1981), *Welding: principles and practices*, USA 1981, s. 869-882.

www.oerlikon.com.tr/pls/oerlikon/!PRODUCTS_PKG.product_list (21/03/2003)

www.mylincolnelectric.com/Catalog/lecotextsearch.asp?cnt=4&keyword=LINCOLNWELD%20223 (21/03/2003)

Yun Peng, Wuzhu Chen, Zuze Xu, (2001), Study of High Toughness Ferrite Wire for Submerged Arc Welding of Pipeline Steel, *Materials Characterization* 47, s.67-73.