



UKK

7
th

**ULUSLARARASI KIRILMA KONFERANSI
BİLDİRİLER KİTABI**

**INTERNATIONAL FRACTURE CONFERENCE
PROCEEDINGS**

**EDİTÖR / EDITOR
ŞADİ KARAGÖZ**

**CİLT 1
VOLUME 1**

**19 - 21 EKİM 2005
19 - 21 OCTOBER 2005**

TOZALTI KAYNAK YÖNTEMİ İLE SİRİAL DİKİŞLİ BORU ÜRETİMİNDE KAYNAK METALİNİN SOĞUMA HIZI İLE KIRILMA TOKLUĞU ARASINDAKİ İLİŞKİ

Kahraman ŞİRİN*, **Şule Yıldız ŞİRİN****, **Erdinç KALUÇ*****

* Noksel Çelik Boru San. A.Ş., Hendek-Sakarya 54300

E-mail: ksirin@noksel.com.tr

** Asım Kocabıyık MYO, Kocaeli Üniversitesi, Hereke-Kocaeli 41800

E-mail: sysirin@yahoo.com

*** Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, İzmit-Kocaeli 41040

E-mail: ekaluç@kou.com.tr

ÖZET

Bu çalışmada, tozaltı kaynak yöntemi ile spiral dikişli boru üretiminde kaynak metalinin soğuma hızının ve dış kaynak dikişi ITAB bölgesinin kaynak dikişininin çentik darbe mukavemeti üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda, dış kaynak noktasının yerinin değiştirilmesi ile kaynak öncesi metal sıcaklığı ve dolayısıyla dış kaynağın soğuma süresi kontrol edilmiştir. Dış kaynağın soğuma süresinin azalması yani hızlı soğuma ile birlikte kaynak dikişinin tokluk özelliklerin de belirli bir oranda iyileşme olduğu yapılan deneysel çalışma sonuçları ile saptanmıştır. Aynı zamanda, dış kaynak noktasının yerinin değiştirilmesi ile, dış kaynak sonrası iç kaynak bölgesinde ısıl çevrim altında kalan bölgenin sınırlandırılabilmesi ve böylelikle tokluk özelliklerinin iyileştirilebileceği görülmüştür.

Anahtar kelime: Kaynak metali soğuma hızı, tokluk, spiral boru

THE RELATIONSHIP BETWEEN WELD METAL COOLING RATE AND FRACTURE TOUGHNESS BEHAVIOUR IN SUBMERGED ARC WELDED SPIRAL PIPE PRODUCTION

ABSTRACT

In this study, the effect of weld metal cooling rate and heat affected zone (HAZ) on the toughness behaviour in submerged arc welded spiral pipes, are investigated by making some industrial experiments. Firstly, it is founded that outer weld metal cooling rate can be controlled by changing the location of the outer weld seam point. All the experimental results show that the fast cooling rate results in improvement on toughness behaviour of the weld seam. Additionally, it is possible to limit the heat affected zone by changing the location of the outer weld point.


Keywords: weld metal cooling rate, toughness behaviour, spiral pipe

1. DENEYSSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ


Bu çalışmada, HIC 'e (Hydrogen Induced Cracking) karşı dayanımı yüksek olan ve %0,04 C, %1,1 Mn içeren Nb ve V ile mikro alaşımlama yapılmış ince taneli yüksek mukavemetli bir X-65 çeliği kullanılmıştır. Malzemenin -20 °C 'de ki tokluk değeri 270 J 'dür. İç ve dış kaynağın soğuma süresi Rosenthal ve Rykalin 'e göre hesaplanmıştır.

Bilindiği gibi, soğuma hızına etki eden başlıca faktörler ana metalin başlangıç sıcaklığı, uygulanan enerji girdisi ve malzeme kalınlığıdır. Bu faktörlerden ana metalin başlangıç sıcaklığının etkisini görebilmek için 1067x11,91 mm ebatlı boruda bir dizi deneme yapılmıştır. Öncelikle, iç ve dış kaynağın soğuma hızı aynı olacak şekilde elektriksel parametreler ve kaynak hızı değiştirilmiştir. Deneysel çalışmanın birinci bölümünde, kaynak parametreleri öncelikle kaynak hızı 2,00 m/dk olacak şekilde ayarlanmıştır (Deney 1). Daha sonra, kaynak hızı 1.50 m/dk 'ya (Deney 2) ve son olarak da 1,20 m/dk 'ya düşürülmüştür (Deney 3). Her üç denemeye ait olan kaynak parametreleri ve bu koşullar altında elde edilen kaynak dikiş görüntüleri sırasıyla Tablo 1, 2 ve 3 'de, sertlik ölçüm sonuçları ise Şekil 1 'de verilmiştir. -20 °C 'de ki çentik darbe test sonuçları, her üç deneyi de kapsayacak şekilde Tablo 4 'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney 1 'e ait kaynak parametreleri.

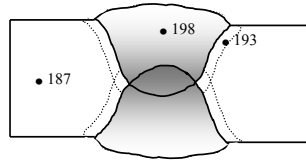
		Akım şiddeti (A)	Ark gerilimi (V)	Tel çapı (mm)	Tel türü	Isı girdisi (J/mm)	t _{8/5} (sn)	Kaynak hızı (m/dk)	
İç kaynak	DC	800	28	3,2	S3Mo	1680	22	2,00	
	AC	725	28	3,2	S3Mo				
	AC	475	28	3,2	S2Mo				
Dış kaynak	DC	800	29	3,2	S3Mo	1281	214		
	AC	650	30	3,2	S3Mo				

Tablo 2. Deney 2 'ye ait kaynak parametreleri.

		Akım şiddeti (A)	Ark gerilimi (V)	Tel çapı (mm)	Tel türü	Isı girdisi (J/mm)	t _{8/5} (sn)	Kaynak hızı (m/dk)	
İç kaynak	DC	800	28	3,2	S3Mo	1679	22	1,50	
	AC	675	29	3,2	S3Mo				
Dış kaynak	DC	700	28	3,2	S3Mo	1288	217		
	AC	450	28	3,2	S3Mo				

Tablo 3. Deney 3 'e ait kaynak parametreleri.

		Akım şiddeti (A)	Ark gerilimi (V)	Tel çapı (mm)	Tel türü	Isı girdisi (J/mm)	t _{8/5} (sn)	Kaynak hızı (m/dk)	
İç kaynak	DC	725	28	3,2	S3Mo	1668	21	1,20	
	AC	450	29	3,2	S3Mo				
Dış kaynak	DC	875	29	3,2	S3Mo	1269	210		



Şekil 1. Deney 1, 2 ve 3 'e ait sertlik dağılımı (Hv).

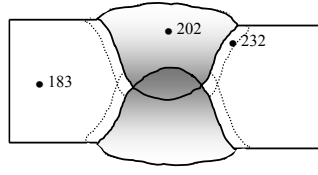
Tablo 4. Kaynak dikişinin -20 °C 'de ki çentik darbe mukavemeti (J).

parça no	Deney sonucu (J)		
	Deney 1	Deney 2	Deney 3
1	49	54	66
2	66	66	38
3	69	70	68
4	67	41	50
5	68	38	68
6	39	67	83
7	88	69	57
8	39	34	61
9	65	53	37
10	56	58	49
11	57	49	59
12	51	42	57
13	38	71	38
14	49	97	42
15	52	57	57

Görüldüğü gibi, elektriksel parametreler farklı olmasına rağmen, 1,20 m/dk, 1,50 m/dk ve 2.00 m/dk kaynak hızlarında elde edilen kaynak dikişinin -20 °C 'deki çentik darbe dayanımları sırasıyla 55 J, 58 J ve 57 J gibi birbirlerine çok yakın değerlere sahiptir (Tablo 4). Bunun sebebi ise, uygulanan enerji girdisinin aynı olmasıdır. Ancak, enerji girdisi tek başına belirleyici bir etken olmayıp, aynı enerji girdisinde fakat farklı metal başlangıç sıcaklıklarında daha farklı çentik darbe dayanım sonuçları elde edilebilir. Bu amaçla yapılan çalışmada, Deney 1 'de ki tüm elektriksel kaynak parametreleri sabit tutulurken, yapılan iç kaynak sonrası kaynak makinası yaklaşık 30 dakika süreyle durdurularak, dış kaynak öncesi malzeme sıcaklığının 10 °C 'ye kadar düşmesi sağlanmıştır (Deney 4). Böylelikle, dış kaynağın soğuma süresi azaltılmıştır (Tablo 5). Bu şekilde elde edilen kaynak dikişinin sertlik ölçüm sonuçları Şekil 2 'de, -20 °C 'de ki çentik darbe test sonuçları ise Tablo 6 'da verilmiştir.

Tablo 5. Deney 4 'e ait kaynak parametreleri.

		Akım şiddeti (A)	Ark gerilimi (V)	Tel çapı (mm)	Tel türü	Isı girdisi (J/mm)	t _{8/5} (sn)	Kaynak hızı (m/dk)	
İç kaynak	DC	800	28	3,2	S3Mo	1680	22	2,00	
	AC	725	28	3,2	S3Mo				
	AC	475	28	3,2	S2Mo				
Dış kaynak	DC	800	29	3,2	S3Mo	1281	14		
	AC	650	30	3,2	S2Mo				

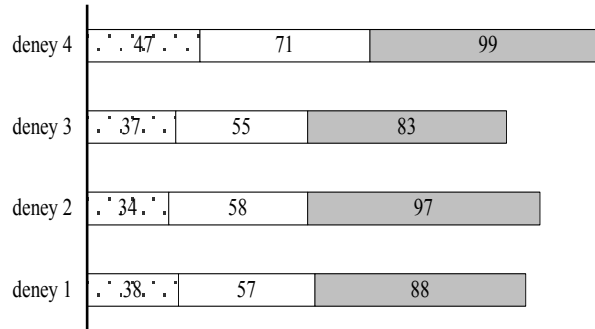


Şekil 2. Deney 4 'e ait sertlik dağılımı (Hv).

Tablo 6. Kaynak dikişinin -20 °C 'de ki çentik darbe sonuçları (Deney 4).

Deney parça no	Deney sonucu (J)	Deney parça no	Deney sonucu (J)	Deney parça no	Deney sonucu (J)	Deney parça no	Deney sonucu (J)
1	86	6	76	11	75	16	63
2	75	7	83	12	99	17	60
3	87	8	57	13	75	18	47
4	66	9	91	14	61		
5	49	10	53	15	67		

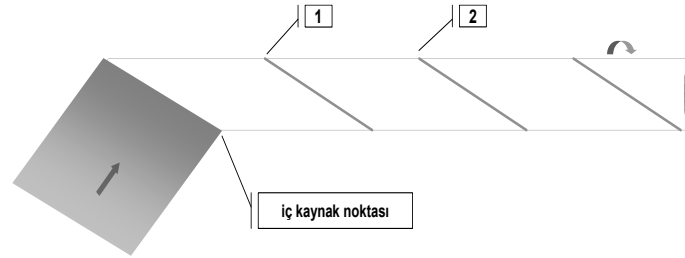
Dış kaynağın soğuma süresinin azalmasıyla; diğer bir deyişle, daha hızlı bir soğumanın gerçekleşmesi ile birlikte, kaynak dikişinin -20 °C 'de ki çentik darbe dayanımı 57 J 'den 71 J 'e yükselmiş (Şekil 3), buna karşın dış kaynağın ITAB bölgesinin sertliği 193 Hv 'den 232 Hv 'ye çıkmıştır (Şekil 1 ve 2). Ayrıca, daha soğuk bölgede kaynak yapıldığı için, dış kaynağın kesit alanı azalmıştır.



Şekil 3. Çentik darbe deney sonuçlarının min., maks. ve ortalama değerlerinin gösterimi.

Buradan da görüldüğü gibi, metalin başlangıç sıcaklığı, kaynak dikişinin tokluk özelliklerine etki eden önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Spiral dikişli boru üretiminde bu faktörü, dış kaynak noktasının yerinin değiştirilmesi ile kontrol etmek olanaklıdır. Bilindiği gibi, tozaltı kaynağı ile spiral dikişli boru üretiminde kaynak iç ve dış kaynak olmak üzere iki aşamalı olarak yapılmaktadır. Düz olarak ilerleyen banda açılı olarak verilen form verme işleminden hemen sonra, diğer bir deyişle bant kenarlarının birleşiminden sonra, iç kaynak yapılmaktadır (Şekil 4). Daha sonra, borunun yaklaşık 1/2 hatve dönerek ilerlemesi sonucunda iç kaynak noktasının Şekil 4 'de gösterilen "1" konumuna geldiği anda ise dış kaynak işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu pozisyonda, temas yüzeyli termometre ile yapılan sıcaklık ölçümlerinde, kaynak öncesi malzeme sıcaklığının 350-360 °C arasında olduğu saptanmıştır. Dış kaynak noktasının yeri "1" pozisyonundan "2" pozisyonuna kaydırılarak iç kaynak ile dış kaynak noktası arasındaki mesafe 1 1/2 hatveye çıkartıldığında ise mesafenin uzaması nedeni ile dış kaynak öncesi malzeme sıcaklığının 150 °C 'ye düştüğü görülmüştür.

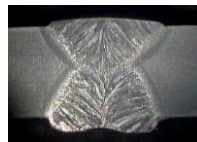
Dış kaynak öncesi metal sıcaklığının kaynak dikişinin tokluk özellikleri üzerindeki etkisini görmek için yapılan deneysel çalışmalarda, 1067x11,91 mm ebatlı boruda elektriksel kaynak parametreleri sabit tutulurken dış kaynak noktasının yerinin değiştirilmesi ile dış kaynağın soğuma süresi azaltılmıştır. Dış kaynak noktası önce “1” pozisyonunda (Deney 5) ve daha sonra “2” pozisyonunda iken kaynak işlemi yapılmıştır (Deney 6) . Her iki duruma ait olan ilgili kaynak parametreleri Tablo 7 ‘de, kaynak dikiş görüntüleri ise Şekil 5 ‘de verilmiştir.



Şekil 4. Spiral dikişli boru kaynağında iç ve dış kaynak noktalarının yeri.

Tablo 7. Deney 5 ve 6 ‘ya ait kaynak parametreleri.

		Akım şiddeti (A)	Ark gerilimi (V)	Tel çapı (mm)	Tel türü	Isı girdisi (J/mm)	Kaynak hızı (m/dk)
İç kaynak	DC	850	28	4,0	S3Mo	1736	2,00
	AC	700	29	3,2	S3Mo		
	AC	475	29	3,2	S3Mo		
Dış kaynak	DC	850	29	4,0	S3Mo	1175	
	AC	500	29	3,2	S3Mo		

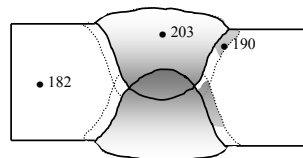


Deney 5

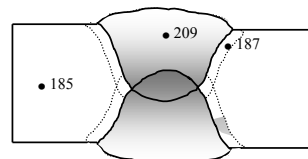


Deney 6

Şekil 5. Kaynak dikişinin görüntüsü (Deney 5 ve 6).



Deney 5



Deney 6

Şekil 6. Deney 5 ve Deney 6 ‘ya ait sertlik dağılımı (Hv).

Dış kaynağın soğuma süresi deney 5 'de 209 sn ve deney 6 'da 29 sn olarak hesaplanmıştır. İç kaynağın soğuma süresi ise her iki durumda da 22 sn 'dir. Dış kaynak soğuma süresinin 209 sn olduğu deney 5 'e ait çentik darbe tokluğu 62 J iken, soğuma süresinin 29 sn 'ye düştüğü deney 27 'de 73 J 'e yükselmiştir (Tablo 8 ve 9). Buradan da görüldüğü gibi, soğuma süresinin azalması yani hızlı soğuma ile birlikte kaynak dikişinin tokluk özelliklerin de iyileşme olmaktadır. Hızlı soğuma ile birlikte, özellikle kaynak metalinde bir sertlik artışı olduğu görülmektedir (Şekil 6). Tozaltı kaynak yöntemi ile spiral dikişli boru üretiminde, dış kaynak noktasının yerinin değiştirilmesi ile kaynak öncesi metal sıcaklığını yani dış kaynağın soğuma süresini kontrol etme olanağı vardır.

Tablo 8. Kaynak dikişinin -20 °C 'de ki çentik darbe sonuçları (Deney 5).

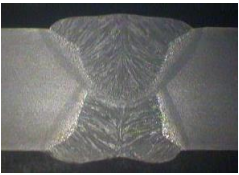
parça No	Deney sonucu (J)	parça no	Deney sonucu (J)	parça no	Deney sonucu (J)	parça no	Deney sonucu (J)
1	114	11	84	21	50	31	69
2	49	12	55	22	97	32	38
3	61	13	49	23	57	33	82
4	48	14	84	24	50	34	72
5	58	15	58	25	44	35	33
6	76	16	76	26	49	36	49
7	48	17	43	27	67	37	55
8	63	18	46	28	42	38	85
9	72	19	37	29	52	39	73
10	74	20	103	30	69	40	48

Tablo 9. Kaynak dikişinin -20 °C 'de ki çentik darbe sonuçları (Deney 6).

parça no	Deney sonucu (J)	parça no	Deney sonucu (J)	parça no	Deney sonucu (J)	parça no	Deney sonucu (J)
1	83	11	93	21	94	31	80
2	57	12	83	22	51	32	50
3	61	13	69	23	77	33	67
4	88	14	120	24	71	34	99
5	61	15	89	25	59	35	75
6	65	16	73	26	79	36	62
7	100	17	75	27	63	37	63
8	77	18	46	28	71	38	54
9	59	19	58	29	95	39	89
10	69	20	81	30	61	40	62

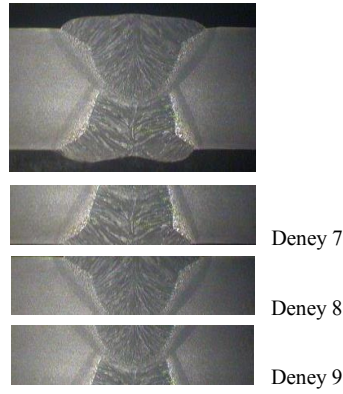
Çalışmanın ikinci bölümünde, 1067x15,88 mm ebatlı boruda dış kaynak dikişi IEB bölgesinin kaynak dikişinin çentik darbe mukavemeti üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada da HIC 'e karşı dayanımı yüksek olan ince taneli yüksek mukavemetli X-65 çeliği kullanılmıştır. Kullanılan elektriksel parametreler Tablo 10 'da, kullanılan malzemenin ve elde edilen kaynak dikişinin kimyasal bileşimi Tablo 4.11 'de verilmiştir. Deneysel çalışmanın ilk aşamasında; öncelikle, sadece iç kaynak bölgesini (Deney 7) ve daha sonra sadece dış kaynak bölgesini (Deney 8) içerecek şekilde çentik darbe test numuneleri hazırlanmıştır (Şekil 7). Numune yüksekliği 7,5 mm olarak alınmıştır. -20 °C 'de ki çentik darbe test sonuçları Tablo 12 'de verilmiştir. Son aşamada ise, hem iç hem de dış kaynak bölgesini içerecek şekilde, sadece kaynak orta bölgesinden çentik darbe deney numuneleri hazırlanmıştır (Deney 9).

Tablo 10. 1067x15,88 mm ebatlı boruya ait kaynak parametreleri.

		Akım şiddeti (A)	Ark gerilimi (V)	Tel çapı (mm)	Isı girdisi (J/mm)	t _{8/5} (sn)	Kaynak hızı (m/dk)	
İç kaynak	DC	850	29	4,0	2569	28	1,40	
	AC	700	29	3,2				
	AC	500	30	3,2				
Dış kaynak	DC	800	29	3,2	1894	306		
	AC	700	30	3,2				

Tablo 11. Malzeme ve kaynak dikişinin kimyasal bileşimi (1067x15,88 mm).

	C	Si	Mn	P	S	Cu-Ni Cr-Al	Mo	N	Nb	Ti	V
Mal.	0,034	0,22	1,34	0,008	0,001	0,352	0,051	0,004	0,055	0,0020	0,056
İç	0,047	0,27	1,38	0,007	0,002	0,273	0,234	0,006	0,034	0,0237	0,038
Dış	0,048	0,27	1,40	0,008	0,002	0,270	0,242	0,011	0,033	0,0245	0,038

**Şekil 7.** Çentik darbe deney parçalarının hazırlanışı (1067x15,88 mm).**Tablo 12.** İç, dış ve kaynak orta bölgesinin -20 °C 'de ki çentik darbe mukavemeti sonuçları.

parça no	Deney sonucu (J)		
	Deney 7	Deney 8	Deney 9
1	91	101	80
2	90	100	76
3	101	104	62
4	106	92	94
5	114	82	71
6	111	123	95
7	102	111	103
8	101	90	94
9	109	136	78
10	90	94	66
11	124	101	86
12	91	72	79

Tablo 12 ‘den, iç ve dış kaynağın çentik darbe deney sonuçlarının birbirine son derece yakın olduğu görülmektedir. Elde edilen ortalama değerler sırasıyla, 103 J ve 101 J ‘dur. Kaynak orta bölgesinin çentik darbe deney sonucu ise ortalama 82 J ‘dur. Kaynak orta bölgesinin çentik darbe mukavemeti, iç ve dış kaynak ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %20 oranında bir azalma olduğu görülmektedir (Tablo 12).

2. SONUÇLAR

Tozaltı kaynak yöntemi ile spiral dikişli boru üretiminde kaynak metalinin soğuma hızının ve dış kaynak dikişi ITAB bölgesinin kaynak dikişininin çentik darbe mukavemeti üzerindeki etkisi incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

1. Tozaltı kaynak yöntemi ile spiral dikişli boru üretiminde, kaynağının ilk aşaması boruya spiral form verilen bölgede yapılan iç kaynaktır. Dış kaynak ise iç kaynaktan ayrı olarak daha ileri bir aşamada yapılır. Dış kaynak noktasının yerinin değiştirilmesi ile kaynak öncesi metal sıcaklığı ve dolayısıyla dış kaynağın soğuma süresi kontrol edilebilme olanağının var olduğu görülmüştür.

2. Dış kaynağın soğuma süresinin azalması yani hızlı soğuma ile birlikte kaynak dikişinin tokluk özelliklerin de belirli bir oranda iyileşme olduğu yapılan deneysel çalışma sonuçları ile saptanmıştır. Aynı zamanda, dış kaynak noktasının yerinin değiştirilmesi ile, dış kaynak sonrası iç kaynak bölgesinde ısıl çevrim altında kalan bölgeninde sınırlandırılabilceği ve böylelikle tokluk özelliklerinin iyileştirilebileceği görülmüştür.

Bunun olası nedeni ise, dış kaynak sonrası, iç kaynak dikişinin ısıl çevrim altında kalan belirli bir bölgesinde oldukça iri taneli bir bölge oluşmasıdır. Yapı özellikleri nedeni ile kaynak dikişinin en zayıf yeri olan bu bölgenin tokluk açısından yaratacağı olumsuz etkileri en aza indirmek için, dış kaynak sonrası ısıl çevrim altında kalan bu bölgenin sınırlandırılması gerekir. Bunun sağlanması için iki farklı çözüm vardır, bunlar; dış kaynak öncesi, iç kaynak bölgesinin sıcaklığı olabildiğince düşük tutulmasıdır. Bunun için de, dış kaynak noktasının yeri değiştirilebilir. İkinci çözüm ise, dış kaynak işleminin olabildiğince düşük ısı girdisi ile yapılmasıdır.