

**KAYNAK
TEKNOLOJİSİ**
IV. ULUSAL KONGRESİ
24 - 25 EKİM 2008 - EDİRNE

TOZALTI KAYNAĞI İLE SİRİRAL DİKİŞLİ BORU ÜRETİMİNDE AKIM ŞİDDETİ İLE TEL ERGİME HIZI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Kahraman Şirin⁽¹⁾, Şule Y. Şirin⁽²⁾, Erdinç Kaluç⁽³⁾

⁽¹⁾ Mak.Y. Müh., MANNESMANN BORU END. T.A.Ş., KOCAELİ, 0.262. 324 23 60

⁽²⁾ Arş.Gör. Mak.Y.Müh. Teknik. Eğt. Fak., KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ, 0.262. 324 99 10

⁽³⁾ Prof. Dr. Kay. Tek. Arş. Uyg. Eğt. Mer., KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ, 0.262. 324 99 10

ÖZET

Akım şiddeti, dikiş formu üzerinde en büyük etkiyi gösteren parametrelerden birisi olup, kaynak telinin ergime hızını ve miktarını kontrol eder. Akım şiddeti ile kaynak telinin ergime miktarı arasındaki ilişkiyi belirlemek için uzun yıllardır süregelen birçok çalışma vardır. Son yıllarda, *Chandel* ve *Tusek* tarafından matematiksel modelleme yolu ile yürütülen bu çalışmaların sonucunda, tozaltı kaynak yönteminde DC(+), DC(-) ve AC akım türleri için akım şiddeti ile tel ergime hızı arasındaki ilişki formüle edilmiştir. Tozaltı kaynak yöntemi ile spiral dikişli boru üretiminin de, tel yığıma hızının formüller yardımıyla belirlenebilmesi kaynak tasarımı için oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, işletme ortamında çeşitli deneysel çalışmalar yapılarak elde edilen tel yığıma miktarlarının yukarıda belirtilen formülasyonlar ile uygunluğu araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tozaltı kaynağı, Akım şiddeti, Tel ergime hızı

1. GİRİŞ

Spiral kaynaklı boru üreten makinalar da ana prensip, tahrik silindirleri tarafından itilen saç malzemeye şekillendirme makaraları yardımı ile spiral bir hareket yaptırılmasıdır. Spiral dikişli boru kaynağının ilk aşaması boruya spiral form verilen bölgede yapılan iç kaynaktır. Dış kaynak ise iç kaynaktan ayrı olarak daha ileri bir aşamada yapılır. Kaynak işlemi, tozaltı kaynak yöntemi ile tek ya da çoklu kafa kullanılarak yapılabilir. Tozaltı kaynak yönteminde, akım kaynak teline uç kısmından özel bir bakır elektrot ile verildiğinden çok yüksek akım şiddetlerine çıkılabilir. Yüksek akım şiddeti ise büyük bir kaynak banyosu elde edilmesine ve derin nüfuziyete olanak sağlar.

Tozaltı kaynağında hem doğru akım (DC) hem de alternatif akım (AC) kullanılmaktadır. DC akımda negatif ya da pozitif kutuplama yapma olanağı vardır. DC (+) kutuplama da yüksek nüfuziyet elde edilirken yüksek kaynak hızlarında çalışma olanağı doğar. DC (-) kutuplama da ise ergime gücü artarken (%30) nüfuziyet azalır. AC akım dikişi doldurmak ve istenilen dikiş şeklini oluşturmak amacı kullanılır ve akım seviyesi doldurma miktarına bağlı olarak yanma oluşu oluşturmayacak düzeyde seçilir. Endüstride maliyetlerin düşürülmesinin ön plana çıkması ile tozaltı kaynağında birden fazla kafa kullanımı yaygınlaşmıştır. Birden fazla kafa kullanımı ile, kaynak banyosuna daha fazla akım transferi yapabilme imkanı mevcut olup, ergime hızı ve buna bağlı olarakta kaynak hızı arttırılabilir.

Akım yoğunluğu ($I/F=A/mm^2$) akım şiddetinin tel kesitine oranıdır. Akım yoğunluğunun artması ile erime gücünde fazlalaşacağından, dikiş yüksekliği ve nüfuziyeti artar. Tel çapı arttıkça kaynak telinin akım yüklenebilme kabiliyeti artar, yani iş parçasına daha yüksek mertebede akım yüklenebilir. Buna karşın, kaynak teli çapının artması, akımın sabit kalması halinde, akım yoğunluğunun azalmasına dolayısıyla erime gücünün azalmasına yol açar. Kaynak telinin dışarıda kalan kısmı (serbest tel uzunluğu), kaynak memesinin parçaya olan mesafesi ile ifade edilir. Tozaltı kaynak yönteminde, telin serbest ucunun uzunluğunun artması, elektriksel olarak devreye bir direncin daha ilave edilmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle, serbest tel uzunluğunun artması elektrik direncinin artmasına bu da kaynak telinin daha fazla ısınarak tel ergime miktarında küçük de olsa bir artışa yol açar.

2. AKIM ŞİDDETİ İLE TEL ERGİME MİKTARI ARASINDAKİ İLİŞKİ

Akım şiddeti, dikiş formu üzerinde en büyük etkiyi gösteren parametrelerden birisi olup, kaynak telinin ergime hızı ve miktarını kontrol eder. Birim zamanda ergiyen kaynak metal miktarı kaynak akımı ile doğru orantılıdır. Akım şiddeti ile kaynak telinin ergime miktarı arasındaki ilişkiyi çıkarmak için uzun yıllardır süregelen birçok çalışma mevcut olup, bu alanda yapılan ilk çalışma *Lesnewich* tarafından DC(+) akım türü ve düşük alaşımli çelikler için gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki dönemde, *Lesnewich* 'in bu çıkarımı bazı deneysel çalışmalar temel alınarak *Robinson* tarafından hem DC(+) hem de DC(-) akım türü için yeniden düzenlenmiştir. Son yıllarda ise, benzer çalışmalar *Chandel* ve *Tusek* tarafından da yürütülmüştür. Matematiksel modelleme yolu ile yürütülen bu çalışmaların sonucunda, tozaltı kaynak yönteminde DC(+), DC(-) ve AC akım türleri için akım şiddeti ile tel ergime hızı arasındaki ilişki formüle edilmiştir. *Chandel* ve *Tusek* tarafından geliştirilen formüller Denklem 1-4 'de verilmiş olup burada, MR tel ergime miktarını (kg/h), I kaynak akımını (amp), L telin serbest uç uzunluğunu (mm), d ise tel çapını (mm) vermektedir. Tel ergime miktarı ile ilgili olarak *Metals Handbook, 1983* 'de benzer bir formül verilmiştir (Denklem 5). Burada, MR tel ergime miktarını (lb/dak), I kaynak akımını (amp), L telin serbest uç uzunluğunu (inch), d ise tel çapını (inch) ifade etmektedir. Söz konusu bu formülün sadece DC+ akım türü için düzenlenmiş olduğu düşünülmektedir.

Yine benzer şekilde, *Lincoln Electric* 25 mm tel yüksekliği ve DC (+) akım türü ile 50 mm tel yüksekliği ve DC (-) akım türü için değişik akım değerlerindeki tel ergime hız ve miktarlarını içeren değişik tablo ve grafikleri teknik bültenlerinde yayınlamıştır. Akım şiddetine bağlı olarak, söz konusu bu formüller yardımı ile elde edilen tel ergime miktarları Tablo 1 ve 2 'de verilmiştir. Genel olarak, tel çapının büyümesiyle birlikte tel ergime miktarının azaldığı, buna karşın kaynak akım değerinin ya da serbest tel uzunluğunun artması ile birlikte tel ergime miktarının da arttığı gözlenmektedir. *Lincoln Electric* ve *Metals Handbook* 'a göre elde edilen değerlerin sadece DC (+) akım türü için geçerli olduğu görülmektedir.

Chandel tarafından DC+ ve DC- akım türü için geliştirilen formül;

$$MR_{DC(+)} = 0.010371 \cdot I + (2,2426 \times 10^{-6} \cdot I^2 \cdot L) / d^2 - 0,462 \quad \text{Denklem 1}$$

$$MR_{DC(-)} = 0.016178 \cdot I + (2,087 \times 10^{-6} \cdot I^2 \cdot L) / d^2 - 0,643 \quad \text{Denklem 2}$$

Tusek tarafından DC+ ve DC- akım türü için geliştirilen formül;

$$MR_{DC(+)} = 0.00938 \cdot I + (2,0194 \times 10^{-6} \cdot I^2 \cdot L) / d^2 - 0,234 \quad \text{Denklem 3}$$

$$MR_{DC(-)} = 0.01384 \cdot I + (1,9626 \times 10^{-6} \cdot I^2 \cdot L) / d^2 - 0,407 \quad \text{Denklem 4}$$

Metals Handbook tarafından verilen formül;

$$MR = 0.001 \cdot I + [0,35 + d^2 + 2,08 \times 10^{-7} \cdot (I \cdot L / d^2)^{1,22}] \quad \text{Denklem 5}$$

Tablo 1. Kaynak akımına bağlı olarak birim zamanda ergiyen tel miktarı (kg/h)
(tel çapı: 3,2 mm, tel yüksekliği: 25 mm)

Akım (amp)	MR _{DC(+)}				MR _{DC(-)}		MR _{AC}	
	Lincoln Electric	Metals Handbook	Chandel	Tusek	Chandel	Tusek	Chandel	Tusek
400	3,80	4,50	4,56	4,31	6,64	5,90	5,60	5,10
500	5,20	5,83	6,09	5,69	8,72	7,71	7,41	6,70
600	6,70	7,25	7,73	7,17	10,90	9,62	9,31	8,40
700	8,50	8,77	9,48	8,75	13,18	11,63	11,33	10,19
800	10,60	10,39	11,34	10,43	15,56	13,73	13,45	12,08
900		12,11	13,31	12,20	18,04	15,93	15,68	14,07
1000		13,94	15,38	14,08	20,63	18,23	18,01	16,15
1100		15,87	17,57	16,05	23,32	20,62	20,44	18,33

Tablo 2. Kaynak akımına bağlı olarak birim zamanda ergiyen tel miktarı (kg/h)

(tel çapı: 4,0 mm, tel yüksekliği: 25 mm)

Akım (amp)	MR _{DC(+)}				MR _{DC(-)}		MR _{AC}	
	Lincoln Electric	Metals Handbook	Chandel	Tusek	Chandel	Tusek	Chandel	Tusek
400	3,50	4,38	4,25	4,02	6,35	5,62	5,30	4,82
500	5,00	5,60	5,60	5,24	8,26	7,28	6,93	6,26
600	6,70	6,86	7,02	6,53	10,24	9,00	8,63	7,77
700	8,30	8,19	8,51	7,88	12,28	10,78	10,40	9,33
800	10,00	9,57	10,08	9,29	14,39	12,63	12,23	10,96
900	12,00	11,01	11,71	10,76	16,56	14,53	14,13	12,65
1000		12,51	13,41	12,30	18,80	16,50	16,10	14,40
1100		14,07	15,19	13,90	21,10	18,53	18,14	16,22

Bu nedenle, söz konusu bu formüllerin spiral dikişli boru üretiminde yapılacak olan tel ergime hesaplamalarına yardımcı olamayacağı düşünülmektedir. Tablo 1 ve Tablo 2 ‘den de görüldüğü gibi, Chandel’ ın formüllerinde Tusek ‘in formüllerine kıyasla daha yüksek tel ergime miktarlarına ulaşılmaktadır. DC (-) akım türündeki tel ergime miktarı DC (+) akım türündeki ergime miktarına göre Chandel ‘ın formülünde % 40 ila 50 arasında daha yüksek iken bu oran Tusek formüllerinde % 33 ile % 40 arasındadır. İki formül sonuçları arasındaki oransal farklılık DC (+) akım türünde akımın artması ile birlikte yükselirken, DC (-) akım türünde bu oranın çok fazla değişmediği görülmektedir. DC (+) akım türünde, 400 amper kaynak akımında Chandel’ ın formülü Tusek ‘in formülüne göre yaklaşık %5,5 oranında daha fazla tel ergime miktarı verirken bu oran kaynak akımının 1000 amper olması halinde %9,5 değerlerine ulaşmaktadır. Yine benzer şekilde bu oransal farklılık AC akım türünde 400 amper kaynak akımı için yaklaşık % 9,5 iken 1000 amper kaynak akımında bu değer %12 ‘ye kadar yükselmektedir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Doğal olarak tüm bu formüller sonucu elde edilen tel ergime miktarları kullanılan kaynak tozunun ve kaynak telinin cinsine, akım üreticinin etkinliğine, tel sürme mekanizması ve kontrol sisteminin hassasiyetine ve hatta ölçüm sisteminin hassasiyetine bağlı olarak değişebilir. Burada önem taşıyan husus, kaynak öncesi yapılacak olan tasarım çalışmalarında oldukça önemli bir yer tutan tel ergime miktarının hesaplanmasında söz konusu bu formüllerin belirli bir yakınsaklık sağlayıp sağlamadığıdır. Bu nedenle, üç farklı üretimde tel hızları ölçülerek kayıt altına alınmıştır (Tablo 3,4 ve 5). Buradaki amaç, belirlenmiş olan akım şiddetindeki tel yığıma hızının ve elde edilen değerlerin yukarıda verilmiş olan formüllerle karşılaştırılmasıdır.

Tablo 3. I. Grup tel ilerleme hızı ölçüm değerleri (m/d).

İç kaynak						Dış kaynak		
DC(+), 600A tel çapı: 3,2 mm tel uzunluğu: 26 mm			AC, 500A tel çapı: 3,2 mm tel uzunluğu: 28 mm			DC(+), 750A tel çapı: 4,0 mm tel uzunluğu: 26 mm		
2,02	2,02	2,02	1,76	1,88	1,84	1,60	1,58	1,59
2,05	2,02	2,01	1,83	1,84	1,78	1,59	1,61	1,60
2,02	2,03	2,02	1,82	1,82	1,86	1,59	1,59	1,60
2,01	2,02	2,01	1,88	1,81	1,82	1,60	1,62	1,59
2,00	2,04	2,04	1,84	1,82	1,84	1,59	1,60	1,58
2,02	2,04	2,03	1,84	1,85	1,87	1,60	1,61	1,59
2,04	2,03	2,04	1,75	1,78	1,77	1,59	1,58	1,60
2,04	2,03	2,02	1,89	1,85	1,78	1,60	1,59	1,58
2,03	2,04	2,02	1,86	1,76	1,76	1,59	1,59	1,60
2,05	2,02	2,02	1,86	1,83	1,80	1,61	1,58	1,60
2,03			1,82			1,59		

Tablo 4. II. Grup tel ilerleme hızı ölçüm değerleri (m/d).

İç kaynak				Dış kaynak			
DC(+), 550A tel çapı: 3,2 mm, tel uzunluğu: 26 mm				DC(+), 550A tel çapı: 4,0 mm, tel uzunluğu: 26 mm			
1,79	1,79	1,76	1,79	1,07	1,05	1,02	1,08
1,80	1,80	1,81	1,79	1,01	1,04	1,02	1,11
1,78	1,77	1,78	1,79	1,08	1,01	1,07	1,05
1,78	1,78	1,79	1,79	1,06	1,00	1,01	1,08
1,78	1,78	1,807	1,79	1,07	1,04	1,02	1,10
1,77	1,77	1,78	1,78	1,04	1,03	1,09	1,06
1,78	1,81	1,79	1,79	1,04	1,08	1,05	1,07
1,80	1,75	1,80	1,78	1,05	1,03	1,04	1,02
1,78	1,80	1,79	1,78	1,03	1,06	1,02	1,05
1,79	1,76	1,77	1,77	1,05	1,06	1,05	1,09
1,78				1,05			

Tablo 5. III. Grup tel ilerleme hızı ölçüm değerleri (m/d).

İç kaynak						Dış kaynak			
DC(+), 800A, tel çapı:3,2 mm tel uzun:25 mm		AC, 675A, tel çapı: 3,2 mm tel uzun: 26 mm		AC, 450A, tel çapı: 3,2 mm tel uzun: 26 mm		DC(+), 775A, tel çapı: 4,0 mm tel uzun: 24 mm		AC, 700A, tel çapı: 3,2 mm tel uzun: 25 mm	
2,84	2,88	2,72	2,63	1,80	1,75	1,68	1,66	3,20	3,24
2,85	2,87	2,67	2,87	1,74	1,78	1,67	1,67	3,23	3,21
2,87	2,86	2,64	2,82	1,76	1,79	1,69	1,65	3,19	3,21
2,80	2,96	2,71	2,77	1,78	1,74	1,66	1,66	3,17	3,16
2,78	2,84	2,68	2,65	1,71	1,70	1,68	1,64	3,21	3,14
2,83	2,91	2,84	2,76	1,72	1,77	1,67	1,67	3,14	3,23
2,98	2,86	2,67	2,75	1,80	1,77	1,66	1,65	3,19	3,16
2,86	2,91	2,62	2,87	1,78	1,75	1,66	1,67	3,23	3,30
2,90	2,87	2,71	2,91	1,79	1,76	1,67	1,64	3,19	3,18
2,90	2,90	2,87	2,91	1,77	1,76	1,67	1,65	3,18	3,17
2,88		2,75		1,76		1,66		3,20	

Tablo 6. Tel ilerleme hızı ölçüm değerlerinin teorik ergime miktarları ile karşılaştırılması.

Akım türü	Akım	Tel çapı	Tel mesafesi	Tel hızı	Ergime miktarı	Ergime miktarı (Chandel)		Ergime miktarı (Tusek)	
	A	mm	mm	m/h	kg/h	kg/h	%	kg/h	%
DC	600	3,2	26	2,03	7,54	7,81	3,6	7,24	-4,0
AC	500	3,2	28	1,82	6,76	6,26	-7,4	5,84	-13,6
DC	750	4,0	26	1,59	9,23	9,37	1,5	8,65	-6,3
DC	550	3,2	26	1,78	6,61	6,96	5,3	6,48	-2,0
DC	550	4,0	26	1,05	6,10	6,34	3,9	5,92	-3,0
DC	800	3,2	25	2,88	10,70	11,34	6,0	10,43	-2,5
AC	675	3,2	26	2,75	10,23	10,91	6,6	9,82	-4,0
AC	450	3,2	26	1,76	6,54	6,53	-	5,93	-9,3
DC	775	4,0	24	1,66	9,64	9,60	-0,4	8,85	-8,2
AC	700	3,2	25	3,20	11,89	11,33	-4,7	10,19	-14,3

Tel hızı, tel kesiti ve yoğunluğunun göz önüne alınması ile gerekli birim dönüşümleri de yapılırsa

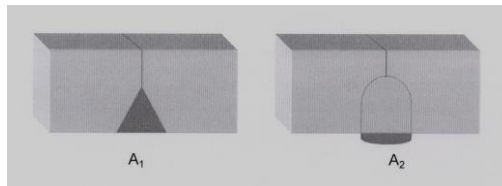
$$MR_{3,2} = 3,716 \cdot V \quad MR_{4,0} = 5,802 \cdot V \quad \text{Denklem 6}$$

denklemleri yardımı ile birim zamanda ergiyen tel miktarı hesaplanabilir. Burada $MR_{3,2}$ ve $MR_{4,0}$ sırasıyla, 3,2 mm ve 4,0 mm çaplı teller için ergime miktarını (kg/h), V ise tel ilerleme hızını (m/d) ifade etmektedir. Bu şekilde elde edilen tel ergime miktarları teorik ergime miktarları ile karşılaştırılmış ve aradaki fark incelenmiştir (Tablo 6).

Çalışmanın ikinci bölümünde ise, birden fazla elektrot kullanımı durumunda, her bir elektrotun yüklendiği akım ve kaynak hızına bağlı olarak oluşturduğu kaynak bağlantısı geometrik açıdan incelenmiştir. Burada ele alınan geometrik büyüklükler, toplam ergime kesit alanı (mm^2), kaynak kepi toplam kesit alanı (mm^2), toplam dolgu miktarı (kg/h) ile elde edilen kaynak bağlantısının karışım oranı (%) olmuştur. İç ve dış kaynak için ayrı ayrı olarak yapılan bu çalışma ile hedeflenen amaç, akım seviyesi, elektrot sayısı ve kaynak hızına bağlı olarak kaynak noktasına sevk edilen toplam tel miktarının belirlenmesidir. Bu amaçla, değişik ebatlı borularda farklı parametrelerde değişik denemeler yapılmıştır.

Tozaltı kaynak yöntemi ile spiral dikişli boru üretiminde kaynak dolgu metali olarak kullanılan kaynak teli ergiyerek hem kaynak ağzı boşluğunu doldurur hem de kaynak kepini oluşturur. Bu nedenle, yığılan tel miktarının hesaplanmasında öncelikle toplam dolgu kesit alanı hesaplanır. Şekil 2'de gösterildiği gibi, kaynak ağzı kesiti ile kaynak kepi kesit alanının toplamı toplam dolgu kesit alanını verir ($A_d = A_1 + A_2$). Buradan da, kullanılan telin yoğunluğu ve kaynak hızı dikkate alınarak birim zamanda yığılan tel miktarı (E) hesaplanabilir. Kullanılan telin yoğunluğu olup (ρ) 7,70 kg/dm^3 olarak alınır. Son aşamada, gerekli birim dönüşümleri yapılırsa, bir saat içinde kaynak bölgesine yığılan tel miktarını denklem vasıtasıyla kolaylıkla hesaplamak mümkündür (Denklem 7). Burada, A_1 kaynak ağzı kesit alanı (mm^2), A_2 kaynak kepi kesit alanı (mm^2), A_d toplam dolgu kesit alanı (mm^2) olup v ise kaynak hızıdır (m/d).

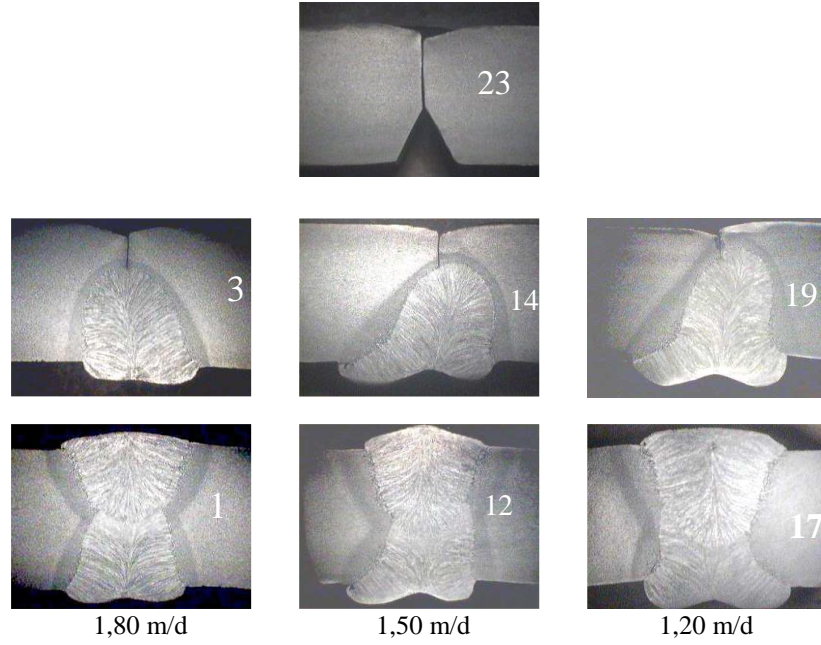
$$E = A_d \cdot \rho \cdot v = 0,462 \cdot A_d \cdot v \quad \text{Denklem 7}$$



Şekil 1. Kaynak ağzı ve kaynak kepi kesitinin şematik gösterimi.

Tablo 7. 1016x17,7 mm ebatlı boruya ait elektriksel kaynak parametreleri

	İç kaynak			Dış kaynak		
	Akım (A)	Voltaj (V)	Tel çapı (mm)	Akım (A)	Voltaj (V)	Tel çapı (mm)
DC+	1100	30	4,0	1100	30	4,0
1.AC	850	30	3,2	750	30	3,2
2.AC	550	30	3,2			



Şekil 2. Farklı kaynak hızlarında kaynak dikişinin oluşumu.
(Boru ebadı: 1016x17,7 mm, Malzeme: St 52)

Şekil 2 'de 23 no' lu resim kaynak işlemi öncesi durumu, resim 3 ve 1 ise sırasıyla iç kaynak ve dış kaynak sonrası elde edilen kaynak bağlantısını göstermektedir (kaynak hızı:1,80 m/d). Elektriksel parametreler sabit tutularak sadece kaynak hızı değiştirilerek elde edilen kaynak bağlantıları da resim 14, 12 (kaynak hızı:1,50 m/d) ve resim 19-17 'de (kaynak hızı:1,20 m/d) verilmiştir. Her bir kaynak bağlantısına ait geometrik ölçümler yapılarak toplam dolgu alanı belirlenmiş ve buradan birim zamanda kullanılan tel miktarı hesaplanmıştır. Hesap yolu ile çıkarılan tel ergime miktarları teorik ergime miktarları ile karşılaştırılmıştır (Tablo 8). Benzer çalışma 1422x12.5 mm ebatlı boru içinde yapılmış olup elde edilen değerler Tablo 10 'da verilmiştir.

Tablo 8. 1016x17,7 mm ebatlı borunun kaynak dikişinin geometrik büyüklükleri.

Kaynak hızı (m/d)		Dolgu alanı (mm ²)	Kaynak kepi kesit alanı (mm ²)	Kaynak dikişi kesit alanı (mm ²)	Ergime miktarı (kg/h)	Teorik ergime miktarı 26 mm (kg/h)	%
1,80	iç	48,22	23,51	145,52	40,10	38,47	4,2
	dış	31,85	21,37	120,81	26,49	27,90	5,0
1,50	iç	58,53	33,82	169,76	40,56	38,47	5,4
	dış	39,89	29,41	153,11	27,64	27,90	1,0
1,20	iç	72,46	47,75	195,63	40,17	38,47	4,4
	dış	48,19	37,71	187,24	26,72	27,90	4,2

Tablo 9. 1422x12,5 mm ebatlı boruya ait elektriksel kaynak parametreler.

	İç kaynak			Dış kaynak		
	Akım (A)	Voltaj (V)	Tel çapı (mm)	Akım (A)	Voltaj (V)	Tel çapı (mm)
DC+	900	28	3,2	900	30	4,0
1.AC	800	28	3,2	800	30	3,2
2.AC	500	30	3,2			

Tablo 10. 1422x12,5 mm ebatlı borunun kaynak dikişinin geometrik büyüklükleri.

Kaynak hızı (m/d)		Dolgu alanı (mm ²)	Kaynak kepi kesit alanı (mm ²)	Kaynak dikişi kesit alanı (mm ²)	Ergime miktarı (kg/h)	Teorik ergime miktarı 26 mm (kg/h)	%
2,30	iç	31,29	17,93	95,07	33,25	34,53	3,8
	dış	23,93	19,17	87,29	25,43	25,41	-



Şekil 3. 1422x12,5 mm ebatlı boruda kaynak dikişinin oluşumu.

4. SONUÇ

Tablo 6, 8 ve 10 incelendiğinde, ölçüm sonuçlarına teorik açıdan en yakın değerleri *Chandel* tarafından geliştirilmiş olan formüller vermektedir. Elde edilen en büyük sapma % 7 civarındadır. Bu sapma ise üretim öncesi yapılacak olan kaynak tasarım çalışmalarında problem yaratacak düzeyde değildir. Sonuç olarak, tozaltı kaynak yöntemi ile spiral dikişli boru üretiminde akım şiddetine bağlı olarak tel ilerleme hızını *Chandel* tarafından geliştirilen formüller (Denklem 1 ve 2) yardımı ile hesaplamak mümkündür.

5. KAYNAKÇA

- 1- Prof. S.Anık, Prof. Dr. K.Tülbentçi, Doç. Dr. E.Kaluç, “Örtülü Elektrot ile Elektrik Ark Kaynağı”, Gedik Holding Yayını, İst - 1991.
- 2- Prof. Dr. B.Eryürek, “Gazaltı (MIG/MAG) Kaynağı”, As Kaynak, İstanbul, 1998.
- 3- Lincoln Electric Company, “The Procedure Handbook of Arc Welding”, 13th Edi., Sec. 6, 94.
- 4- Prof. S.Anık, “Kaynak Tekniği Cilt-2 (Tozaltı Kaynağı ve Koruyucu Gazla Kaynak)”, İTÜ, 2. Baskı, İstanbul, 1982.
- 5- V.Gunaraj, N.Murugan, “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, page: 246-261, 1998.
- 6- V.Gunaraj, N.Murugan, “Application of Response Surface Methodology for Predicting Weld Bead Quality in Submerged Arc Welding of Pipes”, Journal of Materials Processing Technology 88, page: 266-275, 1997.
- 7- J.Tusek, “Mathematical Modelling of Melting Rate in Twin-Wire Welding”, Journal of Materials Processing Technology 100, page: 250-256, 1999.
- 8- R.S.Chandel, H.P.Seow, F.L.Cheong, “Effect of Increasing Deposition Rate on the Bead Geometry of Submerged Arc Welding”, Journal of Materials Processing Technology 72, page: 124-128, 1996.
- 9- Y.Sugitani, “Arc Welding Robot with Control of Depth and Bead”, Tube International, 03,1991