

Metal ve Alaşımarda Kaynak Kabiliyeti

Prof. Salâhaddin ANIK

0. — Giriş

Metal ve alaşımların kaynakla birleştirilmesinde, «Kaynak kabiliyeti» çok önemli bir deyimdir ve metalik malzemenin birleşebilme yeteneğini ortaya koyar.

Kaynak edilen metal ve alaşımlar, tatbikatta pekaz istisnası ile bütün kaynak usullerinde, kaynak yerinin erime veya metalik malzemenin solidüsüne üstten yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmak zorunluğundadır. Burada, kaynak tekniğinde kullanılan ısı mabının, tatbik edilen kaynak usulüne göre değiştini de unutmamak gerekir.

Tecrübeli her kaynakçı, tamamen hatasız bir kaynak yapmanın, meselâ her tip çelik için kolay olmadığını gayet iyi bilir. Bazıları için de, hiçbir güçlüğün olmamasına rağmen, hatalardan âri tatminkâr bir kaynak kalitesinin sağlanması bakımından özel tedbirlere ihtiyaç vardır. İşte bu halde kaynak kabiliyetinden bahsedilir.

1 — Eritme (ergitme) kaynağında kaynak kabiliyeti.

Kaynak kabiliyeti, hernekadar kesin ve kantitatif ifade edilebilen bir özellik değilse de, çok karışık bir anlam taşır. Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün «IIW» (International Institute of Welding) IX numaralı «Kaynak Kabiliyeti» Komisyonu, kaynak kabiliyetini şöyle tarif eder:

«Bir metalik malzeme, verilen bir usul ile bir maksat için, bir dereceye kadar kaynak yapılabilir diye kabul edilir. Uygun bir usul kullanarak kaynaklı metalik bağlantı elde edildiği zaman, bağlantı lokal özellikleri ve bunların konstrüksiyona tesirleri bakımından tayin edilmiş bulunan şartları sağlamalıdır».

Bu tariften anlaşılacağı üzere, kaynak kabiliyeti yalnız malzeme-ye bağlı bir özellik değil, aynı zamanda kaynak usulüne ve kaynak konstrüksiyonuna da bağlıdır. Bir metal veya alaşım, bir kaynak usulünde gayet iyi derecede bir kaynak kabiliyeti göstermesine rağmen, diğer bir usulde çok zayıf bir kaynak kabiliyetine sahip olabilir.

Yüksek derecede kaynak kabiliyetine sahiptir denildiği zaman, bu kaynak şartları geniş bir aralıkta hiçbir tedbire başvurmadan tatminkâr bir kaynak kalitesinin elde edilebileceği anlamına gelir. Düşük derecedeki kaynak kabiliyetinden de, tatminkâr bir netice alabilmek için özel tedbirlere ihtiyaç olduğu ve kaynak şartlarının çok dar limitler arasında tutulmasının gerektiği manası çıkar.

Kaynak kabiliyetinin derecesini belirten özellikler çeşitli çelik tipleri için değişir. Meselâ, birçok tiplerde en önemli faktör, iyi mekanik özelliklerin elde edilmesidir. Fakat ostenitik tip paslanmaz çeliklerde kaynak kabiliyeti derecesi, ısının tesiri altında kalan bölgenin koroz yona karşı dayanıklılığının azalmasıdır.

Pratikte «iyi kaynak edilir», «kaynak edilir» ve «şartlı olarak kaynak edilir» deyimleri vardır. Bunların anlamı ise, çelikler için şudur:

«İyi kaynak edilir»

İyi kaynak edilir deyiminden, hiçbir ön ve nihai tavlama tatbik etmeden parçanın kaynak edilebileceği anlamı çıkar.

«Kaynak edilir»

Kaynak yapılabilen malzemenin kalınlığı arttıkça, bir ön tavlama-ya ihtiyaç vardır. Bu halde de, kaynak edilir deyimini bahis konusudur.

«Şartlı olarak kaynak edilir»

Bu durumda kaynak edilen malzemenin ya karbonu fazladır; ya da bileşiminde çeşitli alaşım elemanları vardır. Meselâ, hafif alaşımli yüksek mukavemetli çelikler gibi. Dolayısıyla de geçiş bölgesinde bir sertleşme ve çatlama meydana gelir. İşte bunun içindir ki, bu tip malzeme-yi kaynak ederken özel tedbirlere ihtiyaç duyulur ve bu tedbirler alınır-sa, ancak o malzeme kaynak edilebilir. Bu halde de şartlı olarak kaynak edilir deyimini geçerlidir.

Şartlı olarak kaynak edilmeye ilk şart bir ön tavlama ve sonra da

kontrollü bir soğutmadır. Tatbik edilecek ön tavlama sıcaklığının seçimi için çeliğin bileşimine bağlı olarak aşağıdaki ampirik formül verilebilir:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 505 - 350(\% \text{C}) - 40(\% \text{Mn}) \\ - 35(\% \text{V}) - 20(\% \text{Cr}) - 10(\% \text{Cu}) \\ - 17(\% \text{Ni}) - 5(\% \text{W}) - 10(\% \text{Mo}) \\ + 15(\% \text{Co}) + 30(\% \text{Bi})$$

Bugün, alaşımsız veya hafif alaşımlı yüksek mukavemetli bir çeliğe iyi bir kaynak kabiliyetine sahiptir diyebilmek için, herşeyden önce aşağıdaki iki şartın bir arada bulunması gerekir.

- a — Kaynaktan evvel ve sonra iyi bir sünekliğe sahip olmalıdır.
- b — Kaynak metali esas (ana) metal ile karıştığı zaman, gevrek olmayacak bir kimyasal bileşim sağlamalıdır.

Bu iki nokta ilk bakışta gayet basit görünmesine rağmen, gerçekte birçok şartın bir araya getirilmesine ihtiyaç gösterir. Meselâ, el ile yapılan normal elektrik ark kaynağında kaynak kabiliyetine ve dolayısıyla de çatlama rizikosuna tesir eden faktörleri şöylece bir araya toplayabiliriz.

A — Esas (ana) metal

- a — Bileşim
- b — Kalınlık
- c — Isı işlem durumu
- d — Süneklik
- e — Sıcaklık
- f — Sağlık derecesi ve homojenlik.

B — İlâve metal

- a — Bileşim
- b — Akma sınırı ve süneklik
- c — Hidrojen muhtevası
- d — Sağlık derecesi ve homojenlik
- e — Elektrot çapı
(Kaynak esnasında parçaya verilen ısı miktarı)

- C* — Diğer faktörler
- a — Erime derecesi
(Ağız formu)
- b — Rijidite
- c — Form faktörü
(Geçiş durumu)
- d — Kaynak sırası
- e — Kaynakçının şahsiyeti.

Yapı çeliklerinin kaynağında, kaynağın neticesine tesir eden en önemli faktör, esas metalin bileşimidir. Bilhassa karbon ve manganez, alaşımsız çeliğin kaynak kabiliyetini etkileyen başlıca iki elemandır. Karbonun kaynak kabiliyeti bakımından, alaşımsız çeliklerin bileşimindeki, maksimum miktarı hakkındaki görüşler, biraz farklıdır. Meselâ, İsveç'te gazı alınmış çeliklerde maksimum karbon miktarı olarak 0,25 % ve gazı alınmamış çeliklerde ise 0,22 %'ye kadar müsaade edilmektedir. Diğer taraftan Birleşik Amerika Devletlerinde bu sınır 0,30 %'e kadar çıkmakta ve daima bir ön tavlama da lüzum görülmektedir.

Alaşımsız yapı çeliklerindeki manganez miktarı bileşimde bulunan karbon miktarına bağlı olarak değişir. Genel olarak karbon miktarı arttıkça, karbon azalır ve aşağıdaki «karbon eşdeğeri» formülü nazarı itibara alınır.

$$C_{eş} = C\% + \frac{Mn}{6} \%$$

Hafif alaşımlı ve yüksek mukavemetli çeliklerde, karbon ve manganezden başka diğer elemanların da, geçiş bölgesindeki sertleşme ve çatlak teşekkülü üzerine tesirleri vardır. İşte bu alaşım elemanları belirli bir nispet dahilinde, bileşimdeki karbon (burada manganez de nazarı itibara alınarak) miktarına eklenir ve neticede karbonun etkisi gibi mütaale edilir. Elde edilen bu yeni değere de «karbon eşdeğeri» adı verilir.

Çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen ve çeşitli şekillerde belirtilmiş 25'e yakın karbon eşdeğeri formülü vardır. Burada, bunlardan birkaçını vermekle yetineceğiz.

- a — Dearden ve H. O'Neill'e göre:

$$C_{eş} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{5} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{5}$$

b— B.J. Bradstreet'e göre

$$C_{ef} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Cr + Mo + V}{10} + \frac{Ni}{15}$$

c— Societé National de Chemin de Fer'e göre:

$$C_{ef} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{P}{2} + \frac{Cr}{5} + \frac{Cu}{13} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15}$$

d— Milletleaarası Kaynak Enstitüsüne göre:

$$C_{ef} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Bir yapı çeliğine tatbik edilecek gerekli ön tavlama sıcaklığı, birin-elektrodun çapı, kaynak yapılan parçanın kalınlığı ve birleştirmenin elektrodun çapı, kaynak yapılan karbonun kalınlığı ve birleştirmenin şekline bağlıdır. Karbon eşdeğerine göre meselâ, hiçbir formül kullanmadan yaklaşık olarak aşağıdaki ön tavlama sıcaklıkları tatbik edilebilir:

Karbon eşdeğeri (%)	Ön tavlama sıcaklığı (°C)
0,45'e kadar	ihtiyaç yoktur
0,45 - 0,60 arası	100 - 200
0,60'dan yukarı	200 - 350

2 — Elektrik direnç kaynağında kaynak kabiliyeti

Elektrik direnç kaynağında birleştirilecek parça, malzemenin cinsine göre az veya çok olmak üzere büyük bir özgül direnç gösterir. Elektrik akımının geçişinde de parça, gösterdiği bu elektrik direnci dolayısıyla ısınır. Ohm Kanununa göre, parçada dönüşen elektrik gücü aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$N_s = I^2 \cdot R$$

Burada:

N_s = Kaynak yerinde dönüşen güç

I = Kaynak yapılan parçadan geçen akım şiddeti
(Kaynak akım şiddeti)

R = Kaynak yapılan parçanın direnci
ni göstermektedir.

Bu ifadeden, elektrik direnç kaynağındaki, kaynak kabiliyetinin malzemenin cinsine bağlı olduğu görülür. Meselâ, elektrik iletkenliği yüksek olan bir malzeme, genel olarak elektrik iletkenliği düşük olan bir malzemeye nazaran daha kötü bir kaynak kabiliyetine sahiptir denilebilir. Fakat, elektrik direnç kaynağındaki kaynak kabiliyetini tanımlamak için, malzemenin yalnız elektrik iletkenliği yeterli değildir. Elektrik iletkenliğinin yanında, malzemenin ısı iletkenliği ile ergime (erime) noktasına da ihtiyaç vardır.

Isı iletkenliği yüksek olan bir metal veya alaşımın kaynağı, ısı iletkenliği düşük olan bir metal veya alaşıma nazaran daha zordur. Diğer taraftan erime noktasının yüksekliği de, daha fazla enerjiye ihtiyaç gösterdiğinden, kendini hemen belli eder.

Malzemenin elektrik iletkenliğini, ısı iletkenliğini ve erime noktasını nazarı itibara alarak, elektrik direnç kaynağındaki kaynak kabiliyeti faktörünü, aşağıdaki ampirik formülle verebiliriz.

$$S = \frac{10^4}{\alpha \cdot \lambda \cdot t_e}$$

Burada:

S = Kaynak kabiliyeti faktörü

α = Elektrik iletkenliği ($m/\Omega \text{ mm}^2$)

λ = Isı iletkenliği ($\text{cal/cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$)

t_e = Erime noktası ($^\circ\text{C}$)

nı göstermektedir.

Bu formül ile hesaplanan kaynak kabiliyeti faktörüne göre, elektrik direnç kaynağındaki kaynak kabiliyetlerinin durumu, aşağıda belirtilmiştir.

Kaynak kabiliyeti faktörü	Kaynak kabiliyetinin durumu
0,25'e kadar	Kötü
0,25 - 0,75 arası	Yeterli
0,75 - 2,0 arası	İyi
2,0'dan yukarı	Çok iyi

Tablo. 1'de, bazı metallerin fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri; Tablo 2'de ise, bazı alaşımların fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri verilmiştir.

Tablo. 1 — Bazı metallerin fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri.

Metaller	Elek. İlet. α (m/Ωmm ²)	Isı ilet. λ (cal/cm. s. °C)	Erime nok. te (°C)	Kaynak Kab. Fak. S	Kaynak Kabiliyeti durumu
Alüminyum	36	0,53	659	0,79	İyi
Demir	10	0,16	1530	4,1	Çokiyi
Altın	45	0,74	1063	0,28	Yeterli
Kobalt	11	0,17	1490	3,6	Çokiyi
Bakır	56	0,94	1083	0,18	Kötü
Magnezyum	22	0,41	650	1,7	İyi
Molibden	21	0,33	2620	0,55	Yeterli
Nikel	11	0,21	1453	3,0	Çokiyi
Platin	9	0,17	1770	3,7	Çokiyi
Gümüş	62	1,1	960	0,15	Kötü
Tantal	6,5	0,13	2850	4,1	Çokiyi
Titan	1,85	0,041	1660	79,0	Çokiyi
Tungsten	18	0,40	3380	0,41	Yeterli

Tablo. 2. — Bazı alaşımların fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri.

Alaşımlar	Elek. İlet. α (m/Ωmm ²)	Isı ilet. λ (cal/cm. s.°C)	Erime nok. te (°C)	Kaynak Kab. Fak. S	Kaynak Kabiliyeti durumu
Karbonlu çelik	6,0	0,12	1490	9,3	Çokiyi
Ostenit	3,5	0,05	1420	40,0	Çokiyi
Magnezyum alaşımları	16,0	0,28	620	3,6	Çokiyi
Al Mg3	20,0	0,37	625	2,2	Çokiyi
Al Mg5	16,5	0,28	605	3,6	Çokiyi
Al Mn	25,0	0,41	645	1,5	İyi
Al Mg Mn	22,0	0,35	630	2,1	Çokiyi
Al Mg Cu	27,5	0,37	590	1,7	İyi
Al Mg Si	31,0	0,42	620	1,2	İyi
Çinko alaşımları	17,0	0,25	400	5,9	Çokiyi
Pirinç	12,0	0,28	925	3,2	Çokiyi
Alüminyum alaşımları	22,0	0,37	610	2,0	İyi

Tablo 2, kaynak kabiliyetine, bilhassa alaşım elemanlarının etkisini açık bir şekilde bize göstermektedir. Meselâ saf bakırın elektrik direnç kaynak kabiliyeti ($S=0,18$) çok kötü iken, bir bakır alaşımı olan pirincin kaynak kabiliyeti ise çok iyidir ($S=3,2$).

Yüzeyi diğer bir metal ile kaplı olan metal ve alaşımların kaynak kabiliyeti, genel olarak esas metal ve alaşımın kaynak kabiliyetine bağlıdır.

