

II — KAYNAK NEDİR, NE DEĞİLDİR?

Kaynak, dıştan görünüşte, perçin-cıvata bağlantılarının aksine, şekil sürekliliği gösteren bir birleştirme yöntemidir. Gerçekten kesite karşıdan bakışta, hele kaynak yerinin üst ve altı tesviye edildiğinde, sanki ek yeri yokmuş gibi görünür. Ama bu, bir aldatıcı görünüşten başka bir şey değildir.

Gerçekten kaynakta bir ergime olayı bahis konusudur. İş böyle olunca çıplak gözün görmediği bir takım metalürjik olaylar devreye girmektedir. Bu olaylar, bütün bir kaynak dünyasının gerçek "yaşam"ının öyküsünü oluşturmaktadır.

İdeal kaynak, söylediğimiz gibi, birleştirilmiş parçalar arasında tam sürekliliğin bulunduğu, kaynak yerinin, birleştirilmiş metalin sair yerlerinden ayırt edilemez durumda olduğu kaynaktır. Her ne kadar bu ideal şekil pratikte hiçbir zaman gerçekleştirilemezse de, yeterli hizmet verecek kaynak birçok yolla yapılabilir. Her kaynak yöntemi her metala, birleşme şekli ve uygulamaya aynı şekilde uygun olmaz; kaynak mühendisinin becerisi, bir özgü kaynağın yerine getirebileceği başlıca gereksinmelerin doğru saptanmasında ve uygun kaynak yönteminin seçimindedir.

Ergime, genellikle, birbiriyle kaynama ile eşanlamlı olarak düşünülmektedir; ancak kaynak bağlamı içinde daha baştan bu iki sözcük (ergime ile kaynama) arasındaki farkı belirtmek gerekir. Alışlagelmiş kullanımda kaynama sözcüğü, daha sonra vaki olacak birleşme ile, ergimeyi içine alır; şöyle ki bir birleşmenin iki parçası ergiyebilir ama kaynamayabilir.

Zor koşullar altında bir "inci gibi" tavan kaynağı gerçekleştiren kişi, eğer bütün marifeti bundan ibaretse, kendini kaynakçı saymasın! *Kaynak, pense-üfleç kullanmanın ötesinde başlar.*

Bir kıyaslamaya girmekte yarar vardır; biri insan, öbürü eşya (makina)nın yaşamı ile ilgili iki olgunun karşılaştırılmasıdır bu: bir hasta, ameliyat olacağına, önce yatırılıp ameliyat öncesi hazırlık dönemine tabi tutulur. Çeşitli muayenelerden geçer, bünyesinin her türlü olumlu ve olumsuz yönleri saptanır, buna göre ameliyatın iyi sonuç vermesini sağlayacak çeşitli önlemler alınır. Sonra hasta ameliyat masasına yatırılır ve operatör neşterini her vuruşta, bu işlemin ne sonuç doğuracağını düşünerek ameliyatı gerçekleştirir. Daha sonra da hasta, ameliyat sonrası bakıma alınır.

Hep bildiğimiz gibi, birinci ve üçüncü aşamalarda, yani ameliyat öncesi önlem ve ameliyat sonrası bakımda herhangi bir kusur, hastanın yaşamını yitirmesi sonucuna götürür.

Kırılmış ya da aşınmış bir makina parçası da bir "hasta"dır. O da, kaynak ("ameliyat") öncesinde bir hazırlık çalışmasına tabi tutulur: malzemenin cinsinin saptanması, kaynak yeri ve civarının her türlü yağ, pas, boya...dan temizlenmesi, uygun kaynak ağzının açılması, gerekiyorsa ön ısıtma v.s...

Kaynak tekniğinin temel kaidesi: *İyi bir hazırlık, kaynak işleminin başarısının başlıca etmenidir.*

İki yüzey ancak oksit ve sair kirleticilerden arındırılmış olması koşuluyla memnuluk verici şekilde birleştirilebilir. Her ne kadar kaynaktan önce yüzeylerin temizlenmesi yararlı ise de, çoğu

kez büyük boyutlu işlerde buna pratik olarak olanak bulunmaz; bu itibarla her tür kaynak yönteminin müşterek işlevi, kirlenmiş yüzey filminin eritilmiş veya dağıtılmış olmasıdır. Bu, bir fluks (dekapan)un kimyasal etkisi ya da bir elektrik arkının etrafa saçıcı basıncı veya hatta mekanik olarak kopartılma ve silme olabilir. Ancak hassas, özellikle motor-makina tamir işlerinde, yüzeylerin özenle ve usulüne uygun şekilde temizlenmesi, kaçınılmaz zorunluluktur.

Yüzeyden temizlenmesi gereken kirleticiler üç tiptedir: Organik filmler, özümlemiş gazlar Ve ana metalin, genellikle oksitler olan kimyasal bileşikleri. Isı etkin olarak ince organik filmleri ve özümlemiş gazları, ısının kullanıldığı kaynak yöntemlerinin çoğunluğunda en önemli olanın geri kalan oksit filmi olacak şekilde, yok eder.

Bir kez yok edilmiş yüzeysel filmleri ve özellikle nitrürlerin, kaynak süreci sırasında yeniden oluşması önlenecektir. Az çok bütün kaynak yöntemlerinde, işlem sırasında atmosferi def etmenin bir yolu vardır. Birleşme yerinin ergime yüzlerinin temizlenmesi için bir fluksun kullanılması halinde bu, aynı zamanda koruyuculuk işlevini yüklenir. Bir fluksun kullanılmaması halinde koruma asal veya ana metalle ergimez bir bileşik oluşturmayan bir gazla sağlanabilir.

"Ameliyat" sırasında kaynakçı, elinin altındaki malzemenin tabiatına göre pense-üfleğini kullanacaktır; örneğin sünek olmayan malzemelerde (dökme demirler) ısı yoğunlaşmasından kaçınmak, östenitik manganezli çeliklerde parça ısısının 250°C'ı aşmamasına büyük özen göstermek, kaynak hızı, yönü... gibi.

Bir başka önemli gereksinim de, kaynak yöntemiyle meydana getirilmiş birleşmenin, talebe uygun metalürjik özellikler arz etmesidir. Birleşme yerinin bazı bölümlerinin ergimesini gerektiren yöntemlerde çoğu kez, tıpkı dökümde olduğu gibi, desoksidan ya da alaşım ilâvelerinin eklenmesi lüzumlu olur. Kaynak edilecek malzemenin bileşiminin kontrolü birçok durumda gerekebilir.

Ve nihayet "ameliyat" sonrası "bakım", soğuma düzeyinin saptanması, gerekiyorsa kaynak sonrası ısı işlemler...i gerektirir.

Görüldüğü gibi kaynak, bir "inci gibi dikiş"in çok ötesinde bilgi ve beceriyi gerektiren bir işlemdir.

Bir kaynak işleminin malzeme üzerindeki başlıca olumsuz etkisi, onun bir *ısı darbe* hasil etmesindedir. Gerçekten darbe, ne türü olursa olsun, malzemedeki olumsuz etki yapar. Kaynak, çevre sıcaklığında, ya da kaynak sıcaklığı ile kıyaslanamayacak kadar düşük bir sıcaklığa ısıtılmış parçanın bir sınırlı yerine çok yüksek bir ısının ani olarak yöneltildiği olaydır. Bunu o ısıya ilk maruz olan tabakaları, arkasından (ısının yayılma hızına göre) alt tabakalar ve kaynak yerinin sağ ve solunun farklı genişmesi izler. Bunlar türlü türlü gerilme, çarpılma ve çatlamalara götürür ki kaynak işleminin olumsuz yanlarını oluştururlar.

Kaynak olmasaydı bugünün sanayii olamazdı dendiğinde herhangi bir abartmanın bahis konusu olmadığı teslim edilmektedir. Gerçekten daha 1909'da, ünlü metalürjist Henry Le Chatelier'nin kardeşi Louis, "Bir endüstriyel devrimin bir bölümünü, autogen kaynak için, oksijen ve asetilen üflecinin kullanımına bağlıyorum..." diyordu. Oysa ki çoğu yerde kaynak

atölyesi, "içinde her şeyin yapıldığı" ve fazla yüksek nitelikli olmayan bir işçi takımının yuvalandığı bir yer olarak görülmeye devam etmektedir.

Ama kaynakla meydana getirilmiş çok sayıda uygulama ve özellikle, etüd bürosundan kaynakçısına kadar üstün düzeyde bir personel tarafından özen ve hassasiyetle gerçekleştirilen büyük boyutlu kaynaklı konstrüksiyonlar göz önüne alındığında, bu düşüncenin haksızlığı ortaya çıkar. Aslında başka türlü de olamaz zira ayarı en uygun çözümü bulmak için derin mekanik ve metalürji bilgisini gerektiren, çoğu kez birbirine-ters etkide bulunan çok sayıda parametreyle oynayan bir teknik bahis konusudur. Özellikle, yüksek iç zorlamaları doğuran aşırı ısı gradienlerle bazen çok küçük olabilen bir hacim içinde aynı anda sıvı ve katı halde en çapraşık metalürjik olayların yer aldığını hatırd tutmak gerekir. Bu tür olaylara egemenlik, ancak büyük bilgi dağarcığına sahip uzmanların işi olabilir.

Gerçekten kaynak, fizik, kimya, metalürji, mekanik gibi birçok disiplini ve birçok yöntemi kendi içinde bütünleştirip çok çeşitli malzeme türlerine uygulanması itibariyle bir kaynak planı, ancak "n" boyutlu bir plan olabilir!

- Bunun başlıca öngöreceği hususlar,
- kaynak yöntemlerinin fiziksel yönü,
- kaynak metalürjisi,
- kaynaklı birleşmelerin davranışları,
- malzemeler,
- tahribatsız muayene olarak toplanabilir.

"Kaynakçı" bütün bu olguların bilincinde olan kişidir.

•

Özetleyecek olursak, herhangi bir kaynak yöntemi, dört gereksinmeye cevap vermelidir :

- (1)Ergime ya da basınçla birleşmeyi meydana getirecek enerji sağlanması,
- (2)Birleşme yüzlerinden yüzeysel bulaşmaları (kirlenmeleri) atacak bir tertip,
- (3)Atmosferik bulaşmalar veya bunların etkilerinden kaçınma,
- (4)Kaynak metalürjisinin kontrolü.

Bütün bunlara göre :

Kaynak etmek: Bu işlem, aralarında malzemenin devamlılığını sağlayarak iki veya daha fazla parçayı birbiriyle birleştirmekten ibarettir.

Bunu başka türlü de ifade edebiliriz. Önce fiziğin temel prensiplerini verelim :

Bir *molekül* bir maddenin, o maddenin bütün özelliklerini haiz en küçük kısmıdır.

Bir molekül atom'lardan oluşur.

Bir atom *bir çekirdek* ve bu çekirdek etrafında büyük hızla dönen bir veya birkaç *elektron*'dan oluşur.

Bir ısı yükselmesine bir (elektronların) hız artışı tekabül eder. Isıyı ölçmek demek aslında hızı ölçmek demektir.

Devamlı bir titreşim hareketini haiz olan atomlar birbirlerini, aralarındaki mesafeye göre, çekerler veya iterler. Bu mesafe *Angström* ile ölçülür. Bir angström milimetrenin on milyonda biridir.

Buna göre *kaynak etmek demek, birleştirilecek parçaların atomlarını karşılıklı çekme bölgelerine getirmek demektir.*

Elektrik ark kaynağı: Bu genel ifadeden, birbirinden kesin olarak farklı bir kaç yöntem anlaşılır.

1. Ark, ergiyen ve kaynak malzemesini temin eden bir elektrodla kaynak edilecek parçalar arasında teşekkül eder. Bu yöntem üçe ayrılır :

1 a. Ark hava içinde oluşur: metalik elektrodla elektrik ark kaynağı. Bu kitapta sadece bu yöntemden söz edilecektir.

1 b. Ark, asal gaz içinde oluşur.

1 c. Ark, kaynak edilecek parçaları örten bir katı maddeler karışımı içinde oluşur: tozaltı kaynağı.

2. Ark, ergimeyen ve dolayısıyla kaynak malzemesi temin etmeyen bir elektrodla kaynak edilecek parçalar arasında teşekkül eder. Bu usul ikiye ayrılır:

2 a. Elektrod kömürdendir: kömür elektrodla elektrik ark kaynağı.

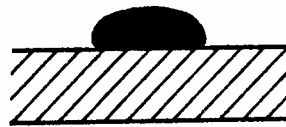
2 b. Elektrod tungsten'dendir ve ark bir asal gaz akımı ile korunmuştur: asal gaz atmosferinde elektrik ark kaynağı (TIG).

3. Ark, ergimeyen iki elektrod arasında teşekkül eder, kaynak edilecek parçalar elektrik devresi içinde değildir. Ayrıca, elektrodları taşıyan cihaz bir hidrojen akımı verir: atomik hidrojen kaynağı.

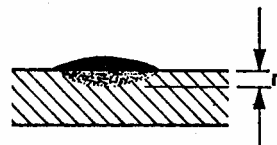
Bunlardan başka, etüd edilmekte olan yeni yöntemler, yukarıdakilerin birleşimlerini oluşturur.

Ergime, ana metalin birleştirilecek iki ağzının veya ana metalle kaynak esnasında ilâve edilen metalin (elektrod metal) kendi aralarında kusursuz ve tam bir karışması halidir. Ergimenin noksan olması halinde kaynak zayıf olur. Bu takdirde *yapışma* vaki olur (şek. 1).

Nüfuziyet (penetrasyon) ergime derinliği, yani ana metalin ilk yüzeyi ile ergimenin bittiği nokta arasındaki mesafedir (şek. 2).



Şek. 1.



Şek. 2.

Mükemmel nüfuziyet ile mutlak ergime başarılı kaynakların başlıca koşullarıdır.

KAYNAK YÖNTEMLERİNİN TİPLERİ

En basit kaynak yöntemi, birleşecek her iki kısmın yüzeylerinin atomik hassasiyetle tesviye edildiği yöntem olup bu yüzeyler, vakum altında elektronların yüzler arasından atomlarca taksim

edilmelerine olanak sağlayacak şekilde birleştirildiklerinde, ideal bir kaynak elde edilir. Her ne kadar uzay teknolojisinde, metaller uzayın fevkalâde yüksek vakumunda temas haline gelebildiklerinden yaklaşılmakta ise sözü edilen hassasiyet ve temizlikte yüzeylerin hazırlanması bugün için pratikte mümkün olamamaktadır.

Buna karşılık birleştirilecek parçalar arasında atomik temasın sağlanması sorunu iki yoldan biriyle çözülmektedir. Basınç uygulanabilir şöyle ki uç uca gelmiş yüzeyler plâstik deformasyona uğrayıp hiç değilse çıkıntılarda gerekli temas yakınlığı sağlanır. Deformasyon aynı zamanda filmleri parçalayarak temizleme gereksinmesini de karşılar. Sünek metallerle plastik deformasyon soğuk olarak yapılabilirse de daha az yoğurulabilir metaller önceden ısıyla yumuşatılmalıdırlar. Alternatif olarak, birleştirilecek olan yüzeyler arasında sıvı metalle köprü kurulur. Bu takdirde yüzey hazırlığı ve dokuda, ergimiş metal katılaştığında, değişme vaki olur. Kaynak yöntemlerinin çoğunluğu bu sonuncusunu kullanır ve bunların değişik türleri, ergime için gerekli ısıyı yerel olarak meydana getirmek için çok sayıda yolun varlığını ifade eder.

Betimlediğimiz bu iki tip kaynak yöntemi temelden farklı olup bunlar arasındaki fark, kaynak yöntemlerinin sınıflandırılmasında ilk kesin ayırımı teşkil eder.

Sert lehim genellikle kaynak yöntemleri arasında sınıflandırılmamaktadır. Lehimde, birleştirilecek parçalar arasındaki sıvı metal köprüsü, ana metalinkinden daha aşağı bir ergime noktalı metalle gerçekleştirilir. İki farklı sert lehim tekniği var olup bunlardan birinde birleştirilecek parçalar arasındaki dar aralıktan ergimiş sert lehim metali kapiler çekimle yürür. Bu, normal olarak bilinen sert lehim yöntemidir. "Lehim kaynağı" olarak bilinen ikinci teknik, kaynağa, alışılagelmiş kaynak yöntemlerinde olduğu gibi ısı sağlamak üzere gaz, ark, vs. kullanması itibarıyla benzer, ancak bunda kapiler çekimden faydalanılmaz. Bunun kaynaktan tek farkı, ana metalinkinden önemli derecede aşağı ergime noktalı ilâve kaynak metali kullanılmasındadır.

ISIL ETKİLER

Isının kullanıldığı yöntemlerle, enerjinin ısıya dönüşme modeli ve bunun kaynaktan sonra dağılması, yöntemin kullanılması ve birleşmenin niteliklerini etkileyen başlıca etmen olmaktadır. Enerji dönüşümünün randımanı çeşitli kaynak yöntemlerinde hayli değişik olup elektrik ark kaynağı gibilerinde yüksek topluca randımana karşılık, yaklaşık % 1 randımanla laser kaynağı en alt sırada bulunmaktadır. Bununla birlikte enerji dönüşümünün topluca randımanı kaynakta genellikle çok önemli olmayıp ısı transferi, enerji düzeyi ve enerji şiddeti daha büyük önem taşımaktadır. Bunlar, kaynak hızı ile ana metalde ısıdan etkilenmiş bölgenin genişliğini etkileyen faktörlerdir. Kaynak hızının ekonomik sonuçlar vermesine karşılık öbürü, aşırı derecede olduğu takdirde, çarpımalara ve zayıf birleşme karakteristiklerine götürür.

Gaz kaynağında ısı, ana parçanın dışında meydana getirilir ve kaynakta, birleşme yeri boyunca iletkenliğin takip ettiği bir sınır arasından ısının geçişi bahis konusu olur. Bu, % 30 kadar bir asgari geçiş randımanı ile açıkça yetersiz (düşük randımanlı) bir yöntem olup örneğin,

ısının gerektiği yerde meydana geldiği yüksek frekanslı direnç kaynağından hayli farklıdır. Bu sonuncusu, yüksek kaynak hızları ve dar kaynaklarıyla belirgindir.

İş parçasına varan ısının tümü ergitmeye iştirak etmez. Isının bir bölümü ısı gradienini meydana getirmede kullanılacaktır ve kalınlıkla ısı difüzyonuna (yayılabılme kabiliyetine) bağlı olarak bir asgari ısı girişi vardır ki bunun altında, ısı kayıplarını karşılayamadığından, ergime vaki olamaz. Yüksek ısı girişi koşullarıyla yüksek kaynak hızları mümkün olup iş parçasında dağılan ısı asgariye indirilmiş olursa da bu hiçbir zaman mevcut toplam ısının yarısının altına düşürülemez. Göreceli olarak düşük hızlarda kullanılan düşük randımanlı yöntem ya da yöntemlerde bundan üç ilâ dört kat daha fazla ısı kaybı vaki olur. Isı kullanımı veriminin bir ölçüde Welles tarafından, iki boyutlu ısı akış durumu için, kaynak karakteristiği olarak ortaya konmuştur. Bir ergitme kaynağı için bu, $Vd/4a$. gibi bir boyutsuz terim olup burada V , kaynak hızı; d , ergime genişliği ve a da ısı difüzyonudur. Bir direnç nokta kaynağı için tekabül eden karakteristik $d^2/4at$ olup d , nokta çapı ve t de kaynak süresidir. Yüksek ısı girişinin bulunduğu ve dolayısıyla ısının yüksek verimli (randımanla) kullanıldığı kaynaklarda $Vd/4a$, burada 1 'i geçer. Isının israfı dağılmasına olanak veren bir alçak ısı giriş oranı, 0,1'den daha aşağı bir kaynak karakteristiği ile belirecektir. Durumların çoğunluğunda karakteristikler 0,25 ile 1 arasında bulunur. Isı girişi genellikle, hareketli menba için joule/cm, sabit menba için de joule/sn olarak ifade edilir.

Isı akışı ile kaynak parametreleri arasındaki ilişki Wells'in Rosenthal denkleminin basitleştirilmesiyle verilir.

$$Q = 8kT_m \left(\frac{Vd}{4\alpha} + \frac{1}{5} \right) \quad (1)$$

Burada Q , saç kalınlığı cm'si başına kal/sn olarak ısı girişi; k , ısı iletkenlik; T_m , saçın çevre sıcaklığının üstünde ergime sıcaklığı; a , ısı difüzyonuna ve $a = k/pC$ olup p yoğunluk, C de özgül ısıdır.

Yukarıdaki basitleştirmeyi kullanan Roberts ile Welles (1954), daha sonra, kaynak çizgisinin üstünde noktalar için T_m ile T_l arasında soğumak için geçen t süresini veren bir ilişki türetmişlerdir; burada T_l , eşileştirme sıcaklığı, ya da sınırlı boyutta bir saçın kaynağı takiben varacağı çevre sıcaklığı üstündeki sıcaklıktır.

$$t = \frac{d^2}{\pi\alpha} \left[\left(\frac{T_m}{T_e} \right)^2 - 1 \right] \frac{5 \left(\frac{Vd}{4\alpha} \right) + 2}{5 \left(\frac{Vd}{4\alpha} \right)} \quad (2)$$

Yukarıdaki çalışmadan Wells, tek pasoda bir tam nüfuziyetli iki boyutlu durumla bir saç üzerine bir dikişin üç boyutlu durumu için kaynak çizgisi üzerinde iki T_0 ve T_l sıcaklığı arasında soğumak için t süresini veren ifadeler türetmiştir (1961).

$$t = \frac{d}{V} \frac{5(Vd/4\alpha) + 2}{4} \left[\left(\frac{T_m}{T_l} \right)^2 - \left(\frac{T_m}{T_0} \right)^2 \right] \quad (3)$$

(İki boyutlu)

$$t = \frac{d}{V} \frac{5(Vd / 4\alpha) + 2}{8} \left[\left(\frac{T_m}{T_1} \right) - \left(\frac{T_m}{T_0} \right) \right] \quad (4)$$

(Üç boyutlu)

Isı akış denklemlerinin geniş ölçüde kullanılmasındaki başlıca güçlükler fiziksel sabitelerin sıcaklıkla değişmesinin her zaman bilinmemesinden ve birçok metalin yüksek latent ergime ısılarına sahip olmasından ileri gelmektedir. Kaynak banyosu içinde latent ısı tarafından enerji yutulması ve bunun katılma sırasında banyonun son ucunda daha sonra serbest bırakılması, bir hareketli banyo etrafındaki fiili izotermilerin, hesabın verdiklerine göre daha uzamış halde olmalarının bir nedenidir. Wells formülleri demir için deneysel verilere iyi intibak etmekte olup yüksek latent ısılarına sahip metallere daha hassas olarak uygulanmak üzere ayarlanabilmektedirler şöyle ki bunun için özgül ısı değeri, aşağıdaki gibi düzeltilecektir :

$$C_{\text{düzeltilmiş}} = C \left(1 + \frac{L}{CTm} \right) \text{Kal} / \text{gr} / ^\circ\text{C}$$

İş parçası içinde ısının akışı sadece kaynağa verilen ısı girişiyle değil, aynı zamanda iş parçasının geometrisi ve bunun yapıldığı malzemenin cinsiyle etkilenir. İş parçasının kaynak için mevcut olan ısıyı yutabilme kabiliyetine onun ısı düşmesi adı verilir.

Bir birleşmenin ısı düşmesini betimlemek üzere B.W.R.A. tarafından, alaşımli çeliklerde soğuma oranını hesaplamada kullanılmak üzere, bir yöntem tasarlanmıştır. Daha önce bu konuda ayrıntılı bilgi vermiş olduğumuzdan burada bunu tekrarlamayacağız.

İş parçasının fiziksel nitelikleri ısı düşmesi üzerinde başlıca etkiye sahip olmak üzere iyice bilinmektedir. Her ne kadar ısı iletkenlik genellikle önemli bir parametre olarak görülürse de göreceli ısıyı iletme ve yutma (massetme) kabiliyetinin daha doğru bir göstergesi ısı difüzyon hızıdır. Tablo 1'de birkaç teknolojik malzemenin ısı difüzyon hızı verilmiştir. Bakır gibi yüksek ısı difüzyon hızı haiz bir metalde ısı, iş parçası içinde hızlı yayılır, örneğin titanium gibi düşük değere sahip metaldeki gibi sert sıcaklık gradieni arz etmez.

TABLO 1 — Birkaç metalin yaklaşık ısı difüzyon hızı

Metal	C.g.s. birimi
Gümüş	1,7
Bakır	1,1
Alüminyum	0,9
Nikel	0,14
Çelik	0,11
Titanium	0,06
Nimonic alaşımı	0,035

Eşit olmayan geometriye veya difüzyon hızı parçalar arasında kaynakta dikiş tercihen en düşük ısı akışı yönünde gelişir. Eşitsizlik ısı girişi için çok fazla ise, yüksek ısı düşmeli tarafta ergime vaki olmaz zira ısı girişi, asgari gereksinmeyi karşılamakta yetersiz kalır. Isı girişini artırmak ise

sadece düşük ısı düşmeli tarafta aşırı ergimeye götürür. Bu durumda şu önlemler alınır: (a) yüksek ısı düşmeli tarafa ön ısıtma uygulanır; (b) bu tarafın kalınlığı, talaş kaldırarak indirilir; (c) alçak ısı düşmeli tarafa, burada soğumayı hızlandırmak üzere bir metal kitlesi (örneğin mengene) dayanıp toplam ısı kaybını dengelemek üzere de topluca ısı girişi artırılır.

Birleştirme oranı

Birim zaman içinde birleştirilmiş metal toplam enine kesiti, kaynak yöntemleri ve bunların performanslarını kıyaslamada faydalı bir pratik yöntem olmaktadır. Saç ve levhalarda bu, dakikada inç olarak kaynak hızının metal kalınlığı ile çarpımıdır. Köşe kaynaklarında hız x dikiş genişliği; nokta kaynaklarında yüzler arasında ergime merceğinin, zamana bölünmüş yüzeyidir. Çok pasolu kaynaklarda, alınan hız, birleşmeyi tamamlamak için ark süresine dayalı olanıdır. Her birleştirme süreç ve tipinin, geniş ölçüde kalınlıktan bağımsız bir karakteristik birleştirme oranı var gibidir. Tablo 2'de birçok yöntem için tipik birleştirme oranları verilmiş olup buradan büyük ısı girişli yöntemlerin genellikle yüksek birleştirme oranları verdikleri görülür. Belli bir yöntem ve birleşme dizaynı için birleştirme oranı genellikle, ince malzemede ortalamanın iyice altında başlama; kalınlık arttıkça yükselme ve optimum kaynak koşullarına varma, sonra da kalınlık, yöntemin kaldıramayacağı kadar artınca, düşme eğiliminde olur. Birleştirme oranının hesabı çoğu kez bir yöntemin maksimum kapasitede kullanılıp kullanılmadığını ortaya çıkarır. Dakikada inç kare birimi hatırlama ve kullanımda uygun düşmektedir. Joule/in² cinsinden enerji girişinin tamamlayıcı hesabı da, çeşitli yöntemlerin verimlerinin kıyaslanmasına olanak sağladığından, faydalı olmaktadır.

TABLO 2 — Tipik birleştirme oranları.

	inç ² /dak.
Oksi-asetilen kaynağı, çelik	0,15—0,5
Elle ark kaynağı, 12 mm çeliğe kadar	1,6 —2,5
Elle ark kaynağı, 20 mm'nin üstünde çelik .	0,6 —0,9
Elle ark kaynağı, dik kaynak, çelik	0,3 —1,3
Tozaltı kaynağı, çelik	4—8
Tozaltı kaynağı, yüksek etkim teknikleri	10— 13
MIG kaynağı, destekli alın, alüminyum	3,2 —3,8
MIG, yukarıdaki gibi, dik kaynak	2,5
TIG kaynağı, alın kaynağı, alüminyum	0,8 —1,3
Yüksek frekanslı direnç kaynağı, alüminyum	60—130
Yüksek frekanslı direnç kaynağı, bakır	35—60
Yüksek frekanslı direnç kaynağı, çelik	60—90
Direnç nokta kaynağı, çelik	4—10
Elektro-slag (tel başına)	1,5 —2
Elektron hüzmeye kaynağı.....	25'e kadar