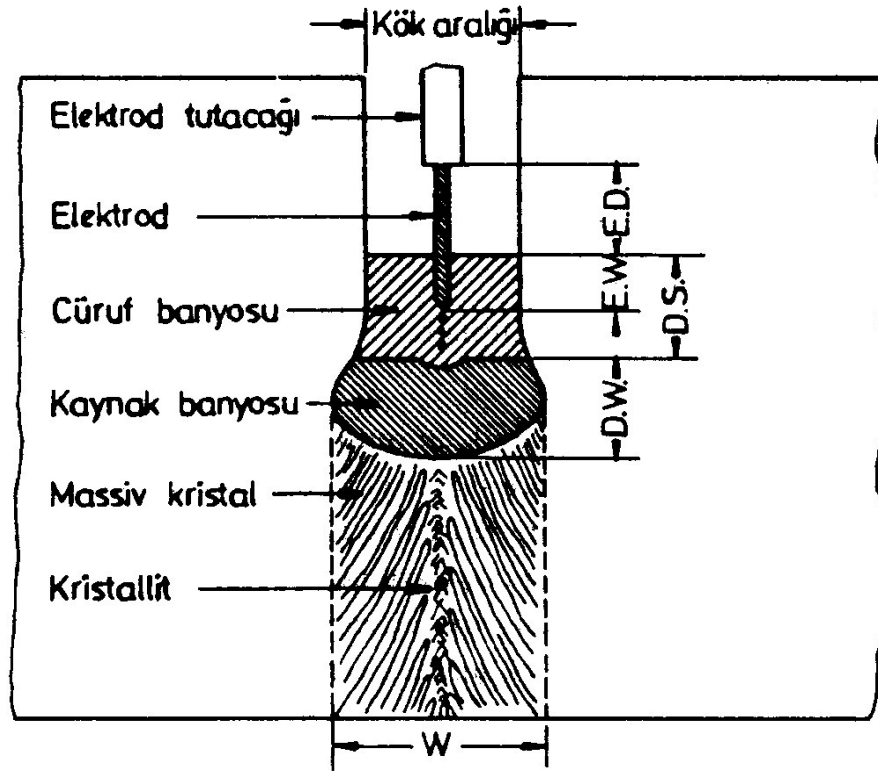


XXXIV - ELEKTROSLAG (ELEKTROCÜRUF) KAYNAĞI

Tanımlama-Temel Kavramlar

1950'lerin başlarında Kiev Paton Elektrik Kaynağı Enstitüsü'nden tek pasolu dikey kaynaklar yapmak için elektriksel iletkenliği olan cüruf prensibini kullanan donanımın geliştirilmiş olduğu haberi yayınlanmıştı. Süreç, az çok klasik tozaltı kaynağı prensibinden hareket ediyordu (Şek.411). Elektroslag (elektrocüruf) kaynağı doğmuştu. Batı bunu 1958 Brüksel Fuarı'nda tanıyacaktı.



- E.D. = kuru elektrod serbest uç uzunluğu
E.W. = ıslak elektrod serbest uç uzunluğu
D.S. = cüruf banyosu derinliği
D.W. = kaynak banyosu derinliği
W = kaynak banyosu genişliği

Şekil: 411. Elektroslag yönteminin şematik görünüşü.

Elektroslag kaynağı aslında tam anlamıyla bir "ark kaynağı" değildir. Ark, işin başında vardır ve işi bittikten sonra, kaynak sürecinin sonuna kadar artık görünmez olur. Ancak bu yöntemin demirli demirsiz metallerin kaynağında, özellikle büyük kesitli, ağır parçaların kaynağında önemli yer tutması itibariyle, ondan burada çok özet olarak söz etmeyi uygun gördük.

Geniş ölçüde kullanılmasıyla elektroslag kaynağı, ağır makineler ve büyük yapıların imal ve montaj uygulamasını kökünden değiştirmiştir. Bundan böyle işbu imalât ve konstrüksiyon

Elektroslag kaynağının esas amacının kalın kesitleri dikey pozisyonda tek pasoda kaynak etmek olup bunun çalışma şekli Şek. 412'de görülür. Kaynak edilecek levha veya silmeler (slabs), aralarında bir mesafe (aralık) bırakılarak hizaya getirilir (1). Aynı kalınlıkta başlama ve bitirme kulak ve takviye levhaları (Şek. 413) kaynağın baş ve sonuna tespit edilir. Şöyle ki, süreç, çalışma koşullarına tam intibak edilmek için zamanı gerektirir; kaynağın sonunda da bunun tersi olur. Bu kulak veya takviye levhaları sonradan sökülür veya sakıncası yoksa, bırakılır. Suyla soğutulan kayar bakır pabuçlar (3), kaynak aralığının her iki yanına kenetlenmiş olup bunlar levha veya silmelerin kenarlarına binerek bir kaynak boşluğu, yani ergimiş cüruf (4) sıvı metal banyosunu (5) içeren bir açık kutu oluştururlar. Bunun içine elektrodlar (2) sürülür ve bir miktar dekapan dökülür. Elektrodların içeri sürülme temposu ergimelerini karşılayacak gibidir. Elektrodlarla ana metal arasında geçen akım dekapanı ertirir (cüruf oluşur) ve işbu ergimiş cüruf banyosu yüksek bir elektriksel iletkenlik ve yüksek sıcaklıkla tutulur. Cüruf banyosunun bu sıcaklığı ana ve elektrod metallerinin ergime noktalarının üstünde olup bunların ikisi de ertir. Ergimiş bu metaller cüruf banyosunun dibinde toplanıp metal banyosunu oluştururlar. Beraber kaynaşarak da, iş parçasının kenarlarını birleştiren kaynağı (6) meydana getirirler. Arkın başlangıç ısısı dekapanı ertirmede kullanılır ve ergime vaki olunca da arkı keser ve elektrodların elektroslag ergimesi başlar. Kaynağın bu bölümü sonradan kesilip atılır. Tel elektrod ertimeyi sürdürüp ve bir miktar daha dekapan eklenince, bakır pabuçlar, levha kenarlarıyla birlikte oluşturdukları boşlukta, kaynak metalinin üstünde bir cüruf banyosunu çevreler. Katılma dip ve yanlardan vaki olduğundan, kaynak düzeyi yükseldikçe bakır pabuçlar yukarıya doğru hareket eder. Kaynak böylece yukarıya doğru, üst kulaklar üzerinde bitene kadar sürer. Kulaklar, çekme boşluklarının oluşmasına olanak sağlarlar. Bunlar da kesilip atılır.

Ergimiş metal, bakır pabuçlar tarafından değil, kendi öz katı fazıyla tutulur. Bu nedenle de pabuçların iş parçasına sıkı alıştırılması gerekmez: 1 ila 1,5 mm'lik bir aralık, ergimiş metalin dışarı akmasına imkân bırakmaz.

Elektroslag kaynağında cürufun esas amacı, elektrik enerjisini ısıya dönüştürmektir. Dolayısıyla bir cürufun başlıca nitelikleri, elektriksel iletkenlik ve sıcaklık direnç katsayısıdır.

Cürufun bütün sıcaklıklarda sabit bir elektriksel iletkenliğe sahip bulunması ideal olurdu; böylece de kaynak gerilimi, cürufta sabit bir güç miktarının dağıtımı mümkün olacak şekilde ayarlanabilirdi ve cüruf banyosu da sabit sıcaklıkta tutulabilirdi. Ancak gerçek böyle olmayıp cüruflar ergimiş halde, yükselen sıcaklıkla, keskin şekilde artan bir elektriksel iletkenliği haizdirler. Daha da kötüsü, belli bir sıcaklığın altında cüruflar pratik olarak elektrik akımını geçirmezler. Bu keyfiyet sürecin stabilize edilmesini çapraşık hale getirir.

Ergimiş cüruftan daha başka şeyler de beklenir. Bunlar arasında ergimiş metali havanın oksijen ve azotundan korumak ve gerektiğinde de ana metalin kimyasal bileşimine ilâvede bulunmak vardır. Keza cüruftan mutad olarak elektrod ve ana metalin yüzeyinde bulunması olası oksit ve bulaşmaları eritmesi beklenir.

ELEKTROSLAG KAYNAK SÜREÇLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Basitten hayli çapraşığa kadar çok türlü sınıflandırma mümkündür. Bunlardan biri elektrik akım tipi, mekanizasyon ve/veya otomasyon derecesi vb.'le-rine dayanır.

Elektroslag kaynağında tercih edilen akım, alternatif akımdır. Her şeyden önce, doğru akıma göre daha ucuz olup hafif kalınlıklarda (8 mm'yi aşmayan) bile, doğru akımda olduğu kadar stabildir. Keza doğru akım, cürufu o denli mertebede elektrolize edebilir ki (özellikle yüksek akım şiddetlerinde) kaynağın stabil gelişmesini bozabilir.

Bir ya da birkaç (iki veya üç) elektrodla kaynakta tek fazlı alternatif akım kullanılır. Daha yüksek akım şiddetlerini gerektiren çok sayıda elektrodla kaynakta, üç fazlı akım devreye girer.

Elektroslag kaynak süreci, elektrod başına yoğunluk ve sonuç olarak da, elektrod ergime temposunun yüksek olması halinde kendi kendini ayar edebilir. Büyük kesit alanlı elektrodların kullanıldığı yerlerde dış vasıtalarla ayarı (daha doğrusu protes kontrolü) gerekli olabilir.

Kaynak (ya da ilerleme) hızı ve cüruf banyosunun derinliği elle ya da otomatik olarak denetlenebilir. Elle denetleme, göreceli alçak kaynak hızlarında (0,5 ila 2 m/sa) uygulanabilir. Daha yüksek hızlarda kaynakçıyı gereğinden fazla zorlar; 5 m/sa'dan yukarı hızlarda, hiç uygulanamaz.

Kaynak metalinden yüksek mekanik niteliklerin beklenmesi halinde bunun katılaşıma ve kristalleşmesinin denetimi önemli olur. Bu da, kaynak akımı taşımayan ilâve tel ya da toz metalle sağlanır.

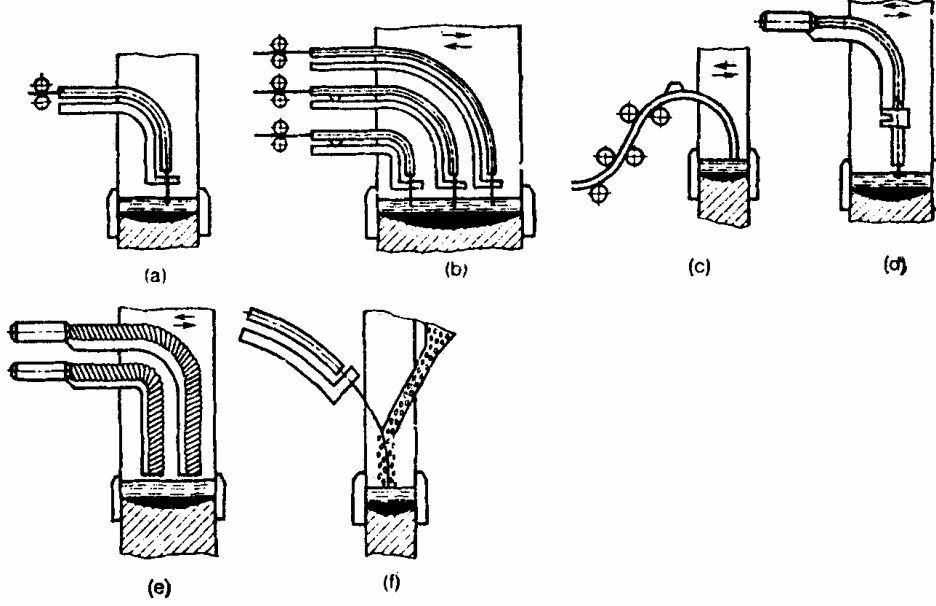
Bu bağlamda kullanıldığı kadarıyla bir kaynak tekniği, elektrod metali ve dekapanın kaynak bölgesine sevk edilme şekli, kaynak metalinin dış yüzeyinin nasıl biçimlendiğine ilişkin olur.

Elektroslag kaynak (ve dolgu)su, kullanılan elektrodların tipi ile bunların aralığa sürülme şekline bağlı olarak birkaç türlü yürütülebilir. Çoğunlukla elektroslag kaynağı tel elektrodla olup bunun türleri özetle şöyledir:

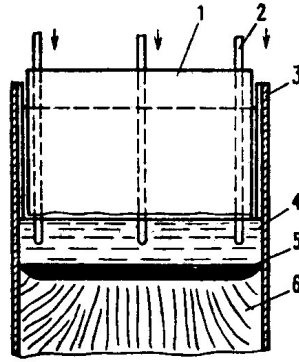
- (a) salınmasız tek tel elektrodla kaynak;
- (b) salıntı ile bir, iki veya üç tel elektrodla kaynak;
- (c) gaydi kaynak aralığının dışında tutulmuş bir tel elektrodla kaynak;
- (d) artırılmış serbest uç uzunluğu ile kaynak;
- (e) kısmen sarfolunabilir gaydla kaynak;
- (f) granül halinde ilâve metal eklenmesiyle kaynak.

(a) ve (b) varyantları endüstride en çok kullanılanlar olup 20 ila 500 mm kalınlıkları kaynak edebilirler. Kaide olarak elektrod teli çapı 3 mm'dir. (c) varyantı en uygun olarak 120 mm kalınlığa kadar kullanılabilir ve bu takdirde de elektrod teli çapı 5 mm olur. (d) ve (f) varyantlarının hedefi, süreci hızlandırmak ve birleştirmenin kalitesini yükseltmekten ibarettir (Şek. 414). (e) varyantı ise daha çok kaynak süresinin 12 ilâ 15 saati aştığı ve yedek teçhizatın bulunmadığı uzun dikiş hallerinde kullanılır (bu süre , gaydların güvenilir hizmet ömürlerinin azamısidir).

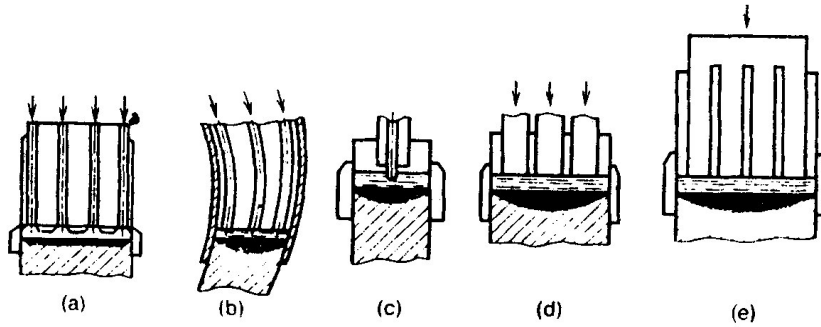
Yine sınaî önemi olan bir elektroslag kaynak varyantı, sarfolabilir gayd sürecidir (Şek. 415 ve 416). Bu, genellikle büyük kalınlıklara (2 veya 3 m'ye kadar) uygulanır ve hem düz (a) hem de kavisli (b) dikişler yapmakta kullanılır. Gaydın bir boru olması halinde (c), bu varyant az kalınlıklara (20-60 mm) uygulanabilir.



Şekil: 414. Tel elektrodla elektroslag kaynağı varyantları.



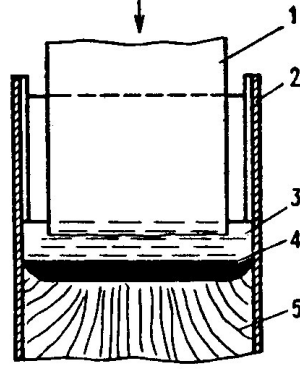
Şekil: 415. Bir sarfolabilir gaydli elektroslag kaynağının krokisi: 1- sarfolabilir gayd; 2- elektrod telleri; 3- tutucu pabuçlar; 4- cüruf banyosu; 5- metal banyosu; 6- kaynak.



Şekil: 416. Sarfolabilir ve levha elektrodla elektroslag kaynak varyantları.

Çelikler ve titanium için sarf olunabilir gayd elektroslag kaynak süreci mutad olarak 3 mm çapında tel kullanır; alüminyum, bakır ve alaşımlarında bu çap 5 ila 6 mm olur.

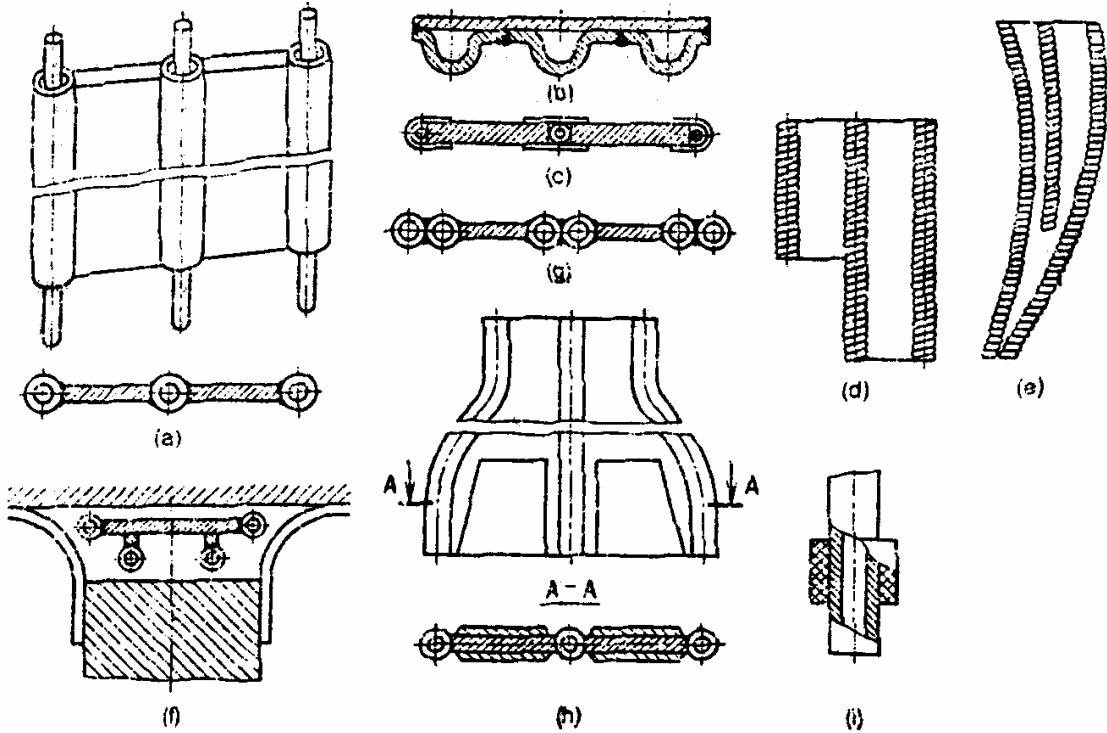
Elektroslag kaynağının bir başka türü de büyük kesit alanlı elektrodlarla olmalıdır (Şekil: 417). Bu da bir, iki ya da üç levhadan olabilir ve bunlar müşterek ya da ayrı güç kaynaklarına bağlanabilirler (Şekil: 416 d); keza uzunlamasına dilinmiş bir, iki veya üç levhadan oluşabilirler (Şekil: 416 e). Şekil 416'nın *d* ile *e* varyantları, 1000 mm yükseklik ve 800 mm kalınlığa kadar düz dikişler yapmakta kullanılırlar. Levha elektrodların kalınlığı, çelikler, bakır ve titanyum için mutlak olarak 10-15 mm; alüminyum ve alaşımları için 20-25 mm'dir.



Şekil: 417 — Büyük kesitli elektrodla elektroslag kaynağı krokisi. 1— büyük kesitli elektrod, 2— tutucu pabuçlar, 3— cüruf banyosu, 4— metal banyosu, 5— kaynak.

Sarf olabilir gaydın kullanımı elektroslag kaynağının uygulanabilirlik alanını haylice genişletmiştir.

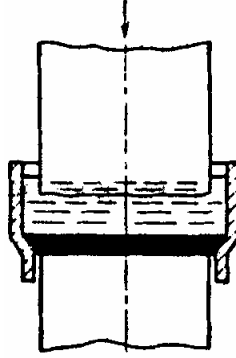
Bir sarf olabilir gayd ya ince cidarlı bir boru, ya da elektrod telinin sürülmesi için mecraları haiz levha ve çubuk birleşmesinden oluşur (Şekil: 418).



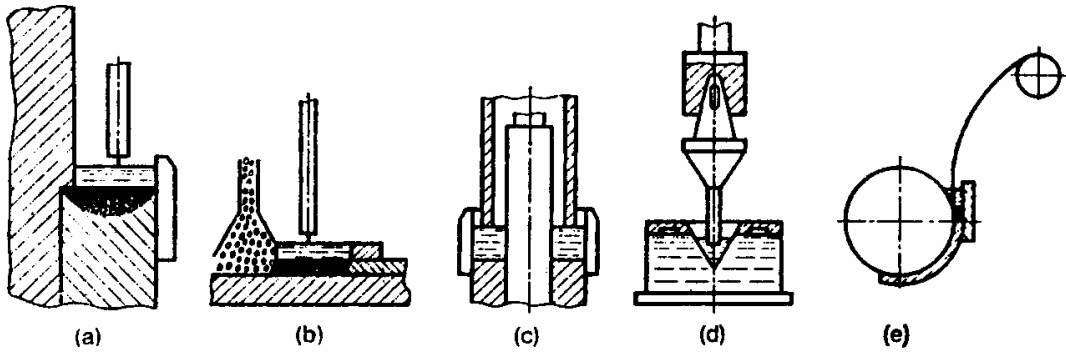
Şekil: 418.

Elektroslag-flaş kaynağında parçaların kendileri elektrod olarak iş görür (Şekil: 419). Birleştirilecek yüzeyler uygun sıcaklığa çıkıp bir metal banyosu oluştuktan sonra parçalara basınç uygulanır, erimiş cüruf aralıktan def edilir, ergimiş metal kaynaşır ve parçalar, direnç flaş kaynağında olduğu gibi birleşirler. Elektroslag-flaş kaynağı mutad olarak 300 mm'ye kadar çapta silindirik parçaları birleştirmede kullanılır.

Elektroslag süreci, dolgu için de geniş ölçüde uygulama, alanı bulur (Şekil: 420).



Şekil: 419.



Şekil: 420 — Elektroslag dolgu türleri.

Dik pozisyonda düz yüzeyler (a), yerde yatay pozisyonda düz yüzeyler (b), silindirik ürünler (c ve e) ve çeşitli takımlara (d) uygulanabilir. Dolguda tel, sarf olan gaydalar, büyük kesit alanlı boru elektrodlar ve şerit elektrodlar kullanılabilir. Şekil 420 d deki varyant, sürekli kalıplı elektroslag dolgu olarak adlandırılabilir (bu sürekli kalıptan betonarme armatürlerinin kaynağı bahsinde söz edilmişti.)

CÜRUF VE METAL BANYOLARINDA ENERJİ İLİŞKİLERİ

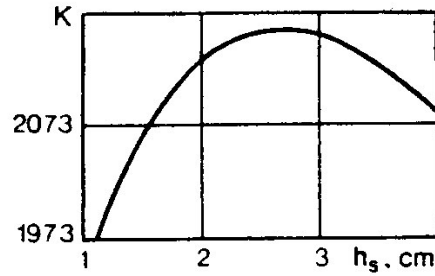
Cüruf banyosu ergimiş tuzlar, oksitler, sülfürler ve sair kimyasal birleşimlerden oluşur. Geniş bir sıcaklık ve akım şiddeti alanında Ohm kanununa uyan ion kondüksiyonu arz eder. Bazen cüruf banyosu elektron ya da boşluk kondüksiyonu gösterebilir. Bu, ilk dekapanın titanium dioksit (rutil) içermesi halinde vaki olabilir. Nitekim % 30-40 rutil içeren bir dekapan, katı halde akım iletir.

Cüruf banyosunda akım şiddeti yoğunluğu elektrodun ucunda azami ve metal banyosunun üst yüzeyinde asgari olur. Bu nedenle bekleneceği gibi, cürufun içinde serbest kalan ısının

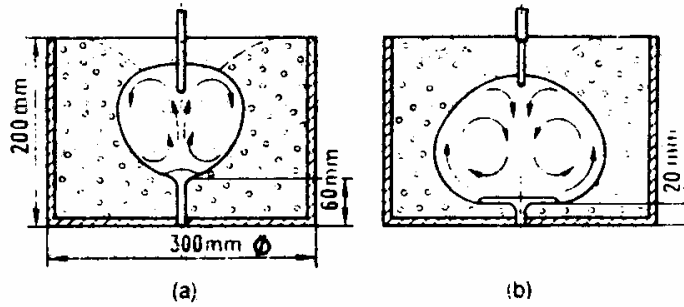
hacimsel yoğunluğu elektrodun ucunda azami, metal banyosuna yakın bölgede ciddi ölçüde daha az (bir ilâ iki kat) ve banyonun kenarlarına yakın yerlerde (birleştirme kenarları ve tutucu pabuçlar) asgari olur.

Aynı bağlamda cürufun sıcaklığının elektrod ucunda maksimum olacağı beklenir. Cüruf sıcaklığının, elektrodun banyo içine dalmasına az çok eşit derinlikte azami olduğu ve elektrod ucu metal banyosuna yaklaştıkça azaldığı ve yüzeyinde asgari olduğunu deney göstermiştir (Şekil: 421). Bu sıcaklık dağılımı cüruf içinde doğal konveksiyonu teşvik eder şöyle ki ergimiş malzeme banyonun ortasında yükselir ve çevresinde aşağıya iner.

Ancak, doğal konveksiyon sadece göreceli alçak akım şiddetinde vaki olur. Aşağıdaki deneyler bunu doğrular (Şekil: 422 a). $\phi 12$ mm'lik bir karbonlu çelik ($C = 0,12-0,22$) elektrod bir rutilli dekapanla dolu çelik silindirin dibine sıkıştırılmış, üstten de bir karbon elektrod sarkıtılmış ve ikisi arasında ark tutuşturulmuş. Ark, biraz iletken cüruf meydana gelene kadar sürdürülmüş, sonra söndürülmüş ve normal elektroslag süreci başlamış. 60 A ve 62 V ile, daha çok dekapan ilâve edildikçe cüruf banyosu şişmiş ve bunun banyonun ortasında akımlar halinde yukarı çıkıp çevreye doğru radyal olarak ayrıldığı ve aşağıya döndüğü gözle görülür olmuş.



Şekil: 421 — Cüruf banyosunun derinliğine (h_s) göre sıcaklık dağılımı.

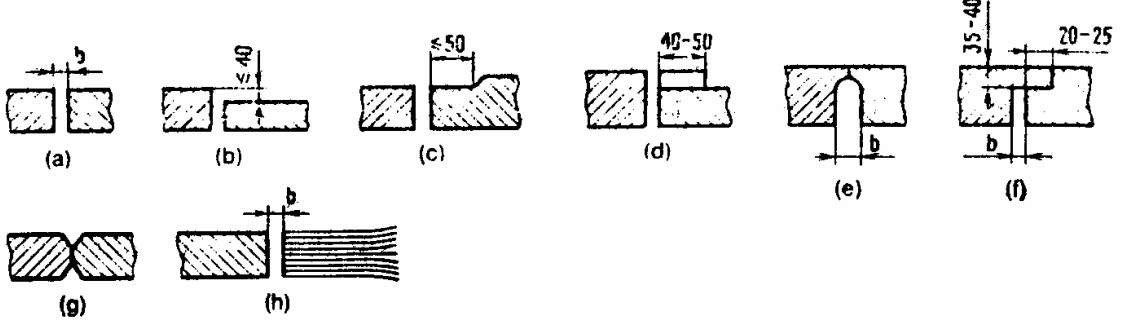


Şekil: 422 — Dekapanın ergimesi ve cüruf banyosu içinde konveksiyon akımlarının yönü. (a) akım 60 A, sarfolmaz elektrod. (b) akım 450 A, sarfolan elektrod tel ($\phi 2$ mm).

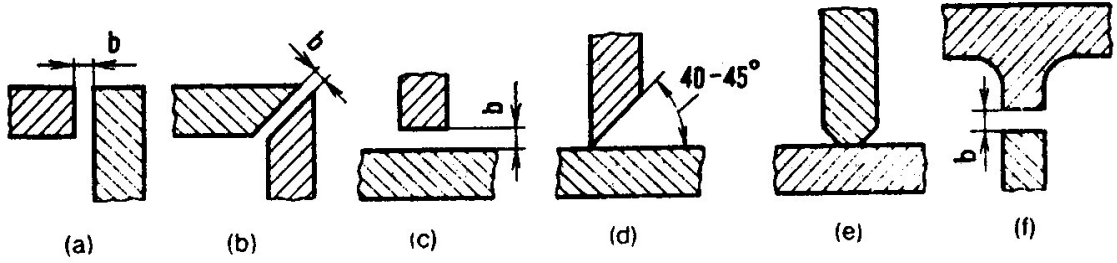
450 A ve 40 V ile yürütülmüş bir başka deneyde de yine aynı dekapanla ve yukardan sarkıtılmış $\phi 2$ mm (0,08 C-2 Mn - 1 Si) çelik tel elektrodla cüruf başka bir şekil almış (Şekil: 422 b). Cüruf akımları, kaynak akımının kendi öz magnetik alanı ile karşılıklı etkileşiminden hasil olan kuvvetlerce meydana getirilmiştir.

BİRLEŞTİRME TASARIMI VE KAYNAK TİPLERİ

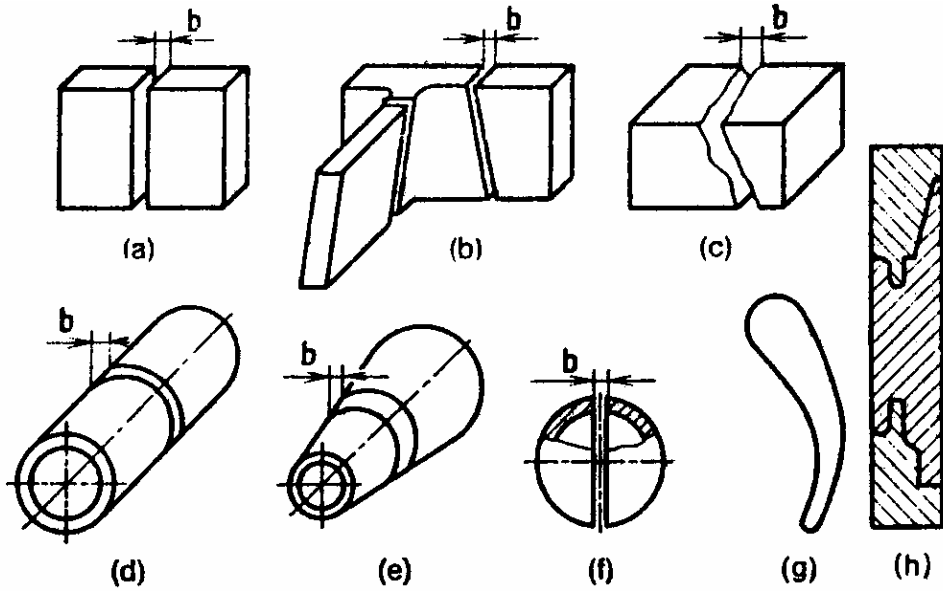
Şekil 423 ve 424'te alın ve köşe ve T birleştirmeleri görülür. Bu sonuncuların gerçekleştirilmesi güç olduğundan bunlara sık başvurulmaz. Bunlardan en fok ele alınanlar Şekil 424 a ve c'dir.



Şekil: 423 — Alın birleştirme tipleri.



Şekil: 424 — Köşe ve T birleştirmeleri.



Şekil: 425 — Elektroslag dikiş tipleri.

Şekil 425 a ve b' deki düz dikişler pratik olarak bütün birleştirme tasarımlarında kullanılır. Kaide olarak, düz dikişler dik pozisyonda kaynak edilirler; mamafih dikeyden 35°'lik bir sapma çoğu kez mümkündür (b ve g).

Çevresel dikişler, silindirik ürünler (*d*), konik yüzeyler (*e*) ve küreler (*f*) üzerinde çekilebilir. Kaide olarak çevresel dikişler küt alın kaynaklarıdır. Nadir rastlanır karışık tasarımlarda (*h*), kaynağa bir dikdörtgen şekli verecek daimî ara parça kullanmak mutattır. Sarfolur gaydla herhangi bir kaynak şekli ve denli çapraşık olursa olsun, gerçekleştirilebilir (*c*).

Metal kalınlığı ve dikiş uzunluğu bilindiğine göre herhangi bir özgül elektroslag kaynağına girişmeden önce aşağıdaki kaynak koşulları dikkate alınacaktır.

1. Levhalar arasında açıklık ya da kök aralığı
2. İstenen cüruf banyosu derinliği ve cüruf tipi
3. Kuru elektrod serbest uç uzunluğu
4. Elektrod tipi, boyutu ve sayısı
5. Kaynak akımı
6. Kaynak gerilimi
7. Elektrod sürme temposu
8. Islak elektrod serbest uç uzunluğu
9. Kaynak hızı

No. 1 ila 4, 5 ilâ 9'u önceden saptar; aksi halde dengesiz kaynak koşulları hasıl olur. Her ne kadar her faktör kendi alanında kaynağı etkilerse de birçok durumda bunlar birbirlerine bağlı olup ya kendi kendilerini telâfi ederler ya da etkileri birbirine eklenir.

Basitleştirmek üzere öbür faktörler sabit varsayılarak bunlar, değişmeleri açısından, tetkik edileceklerdir.

1. Kök aralığı genellikle makinaya uygun çalışma hacmi sağlayacak asgari ölçüde tutulur. Bu, (DS - EW) nin iki katından fazla olacaktır. (Şekil: 411) Aksi halde akım yolu tercihen yanların biri ya da öbürüne sapabilir. Kök aralığının artması sonucu distorsiyon ve elektrod sarfiyatı o nispette artar.

2. Cüruf tipi ana metale bağlı olup örneğin tam yumuşak çelik için aşağıdaki bileşim uygun olacaktır.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	FeO	CaF ₂
% 33 – 36	% 11 – 13	% 21 – 26	% 4 – 7	% 5 – 7	% 1,5 max.	% 13 - 19

Çelik imali terminolojisiyle bu bir asit cüruf olup fosfor ve kükürt gibi saflığı bozan maddeler cürufle temizlenmezler.

Östenitik paslanmaz çelik gibi özel alaşımlar için bir bazik cüruf, alaşım bileşenlerine daha uygun düşecektir. Böyle bir cüruf kalsiyum flüorür esaslı olup alaşım elementlerini oksitlemeye daha az eğilimli olacaktır.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CaF ₂
% 5,0 max.	% 350	—	—	% 60-65
veya	TiO ₂	veya	veya	veya
% 6,0-90	% 30-40	% 12-15	% 4,0	% 33-40

cürüfların aşağıdaki genel nitelikleri haiz olmaları gerekir:

- a. Çalışma sıcaklığında alçak elektriksel dirence (yaklaşık $0.5\omega W/cm$) sahip olacaklar, şöyle ki makul bir gerilimde yüksek akım şiddetlerini iletebileceklerdir.
- b. Yeterli bir viskozite aralığına sahip olacaklardır: ne bakır pabularla levhalar arasından akıp gidecek kadar ince, ne de levhaların kenarlarına ısıl enerjiyi intikal ettiremeyecek kadar kalın olacaklardır. Bu sonuncu halde ergime eksikliği ve cüruf girdileri veya bindirmeler meydana gelir.
- c. Soğukken kaynağın üzerinden kolayca kalkabilmelidirler ve laynerlere zarar verme tehlikesini azaltmak için fazla camsı olmayacaklardır.

Cüruf banyosunun derinliği, uygun sınırlar (40-65 mm) içinde tutulacaktır. 20 mm'nin altına indiğinde ve böylece kuru elektrod serbest uç uzunluğu aşırı ölçüde olduğunda, dirençle ısınan telle cürufun tepesi arasında bir ark oluşabilir. Aşırı kaynak banyosu derinliği ıslak elektrod serbest ucunun fazla ısınmasını sonuçlandırır. Bu da, bir yandan metal terketme oranını artırırken öbür yandan akım girdisini azaltan bir direnç artışına götürür. Veya, metal terketme oranı sabit tutulduğunda, tel sürme hızı nedeniyle, "ark uzunluğu" artıp gerilim yükseldiğinde, akımı daha da alçaltır. Bunun sonucunda cürufun sıcaklığı azalır ve böylece levha kenarlarına girme vaki olur. Dar bir kaynak hasıl olur, bu da donarken kristallitlere sahip olma eğiliminde olur. Bu sonuncular kaynak yönüne dikey yönde sıralanırlar ve kristallerarası çatlakların oluşmasına götürürler.

3. Kuru elektrod uç uzunluğu aynı yönde fakat daha büyük ölçüde kaynağı etkiler. Kaynak hızının bir termo-çift kontrol sistemiyle ayarlandığı modern makinalarda, elektrodun direnç ısınmasından hasıl olan metal terketme oranında herhangi bir artış makinanın kaynak hızının artmasıyla sonuçlanır, yani bakır pabuçlar daha hızlı hareket ederler ve cüruf levhalara girmeye vakit bulamaz. Kaynak genişliği, yukarda şöylenen sonuçlarla, azalır.

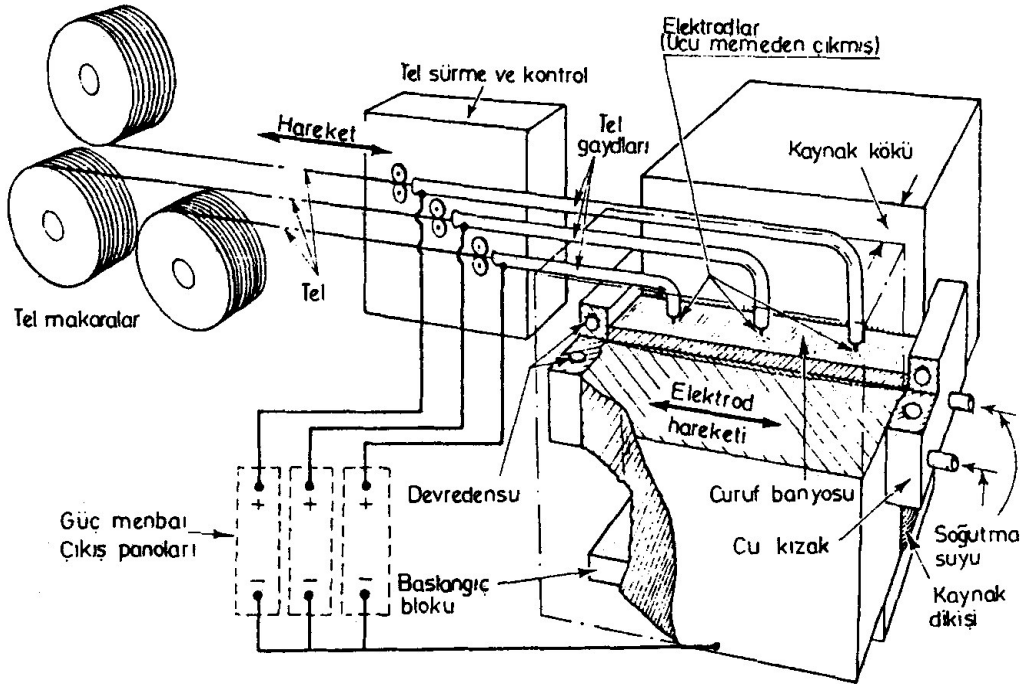
4. Genellikle 2.4 ile 4 mm arasında çaplarda elektrodlar kullanılır. Tek bir 4 mm'lik tel, 65 mm'ye kadar levhada tam nüfuziyet sağlamaya yeterli olur; ancak daha kalın parçalarda ya iki, ya da daha çok akım taşıyabilecek teller kullanılır veya tek tel, kaynak içinde ileri geri salıntılanır. Bu, uygun kaynak koşulları altında kaynak banyosu derinliğini etkilememekle birlikte levhalar içinde nüfuziyeti homogenleştirmeye yardım eder.

Çok kalın kesitlerde (500 mm'nin üzerinde) veya kaynağın düz bir dik kaynak olmadığı hallerde elektrod memesi (nozl) kullanmak uygun düşmeyip bunun yerine yukarda gördüğümüz sarf olur gayd levhası kullanılır; bu, telleri şekil boyunca yönlendirir. Bir gayd levhası yaklaşık % 30 oranında kaynak metaline iştirak eder şöyle ki kaynak yükseldikçe kendisi buna dahil olur (sarf olur). Böylece, hareketli komponent sayısı azaldığından, kaynakçının işi kolaylaşmış olur. Çok miktarda "ölü" elektrod bulunduğundan "canlı elektrodlar" onu da ergitmek için iläve akım taşırlar, yeterli nüfuziyeti idame ettirmekle birlikte.

5. Yine gördüğümüz gibi kaynak akımı alternatif ya da doğru akım olabilir. Ark mevcut olmadığından, akım için bir ionlaşmış yolun idamesi sorunu da artık var olmaz ve yüksek güç katsayılı transformatörler kullanılabilir.

6. Kaynak gerilimi, başka herhangi etkenden çok, kuvvetlice kaynak genişliğini denetler. $Q = 0,24 VI$ kal/sn ($Q =$ ısı miktarı; $V =$ voltaj; $I =$ akım şiddeti) denklemi, kaynak sistemi içinde ortaya çıkan ısı miktarını yönetir. Voltaj sadece cüruf içinde etkili olduğundan, bunun bir artışı, cüruf banyosu içinde ısı girdisinde bir artış anlamında olur. Cürufun sıcaklığı ve kaynağın nüfuziyeti artar. Elektrodun ucuyla kaynak banyosu arasındaki mesafe şimdi daha büyük olup kaynak banyosu yüzeyi bu denli alçalmaz ve kaynak banyosu derinliği bir akım şiddeti artışında olduğu kadar etkilenmez. Şekil, dolayısıyla, daha yüksek olma eğiliminde olur.

Yine akım şiddeti, artarken, telin serbest ucunu karesiyle orantılı olarak direnç ısınmasına tabi tutar ve yukarda söylendiği gibi, bu tel ısınması kaynağı daralmaya yöneltir. Voltajın bu aynı direnç ısıtma etkisi olmayıp sair değişkenlerden bağımsız olarak o, kaynak genişliğini denetlemenin en etkin vasıtası olmaktadır. Fazla yüksek bir gerilim (voltaj) elektrod ucunu cüruf yüzeyine çok yaklaştırır ve böylece arada bir cüruf yüzeyinde ark tutuşabilir. Bunun derhal düzeltilmesi gerekir; aksi halde kaynak koşullarının tüm bozulması vaki olacaktır.



Şekil: 426 — Kalın kesitli kaynaklarda ileri geri hareketli 3 elektrod kullanan elektroslag birimi. Burada tel ve 100 A başına 3.0 kg/sa kaynak metali terkedilmekte olup ortalama 500-600 A akım şiddetiyle verimin öbür yöntemlerinkinden haylice yüksek olduğu görülür.

7. Elektrod sürme temposu az çok kaynak akım şiddetiyle eşanlıdır ve bu sonucunu için söylenmiş olanlar bu etkene de uygulanacaktır.

8. Cüruf derinliği bölümünde kaydedilmiş olduğu gibi, fazla uzun bir ıslak elektrod serbest ucunun kullanılması, dar bir kaynakla sonuçlanır.

9. Kaynak hızı, yada bakır pabuçların hızı önceden saptanabilir veya kaynağın ilerlemesine göre değişebilir. Kaynağın ilerlemesi, kaynak aralığını doldurmak için gerekli elektrod hacmi ile tel sürme hızından hesaplanabilir. Bakır pabuçlar gerekli hızla hareket ettirilirlir. Kaynak

sırasında doğal distorsiyon vaki olur ve dikiş boyunca kaynak aralığı değişir. Burada pabuçların kaynağın gerisinde kalmaları ve cüruf banyosunun üstten akması tehlikesi belirir; bu durumda cüruf banyosu sığlaşır. Elektrod memeleri uniform hızla hareket ettiklerinden ıslak elektrod serbest üç boyu kısılacak ve yukarda kaydedilen sonuçlar hasıl olacaktır. Böylece kaynak koşulları altüst olup iş, kusurlu bir kaynakla sonuçlanacaktır. Öbür yandan makinanın kaynak banyosundan daha hızlı hareket etmesi halinde, banyonun pabuçların altında açıkta kalması ve aradan akması tehlikesi belirir. Bu takdirde kaynak durdurulup bütün işlem baştan başlatılacaktır. Modern makinalar pabuçların tepe ve dibinde sıcaklığı denetim altında tutup pabuç ve elektrod memelerini yukarı çeken elektrik motorunun kontrol sinyallerini artırmaktadırlar.

Her ne kadar kaynak hızı öbür süreçlerle kıyaslamada yavaş gibi görünüyorsa da (40-75 mm/dak), sair mülâhazalar hesaba katılarak gerçekte bu sürecin daha hızlı ve daha ekonomik olduğu ortaya çıkar.

Birim zaman içinde terk edilen metal miktarı daha fazladır. Aşağıdaki rakamlar bu hususta bir fikir verir:

Elektroslag	18-22 gr/A sa
Tozaltı	14-16 gr/A sa
Metal ark elektrod kaynağı	8-10 gr/A sa

Püskürme kaybı az olup kaynak metalinin buharlaşması kaybı sıfırdır. Yavaş kaynak hızı gazlara kaçmaları için yeterli zaman bıraktığından gözeneklilik derecesi alçaktır.

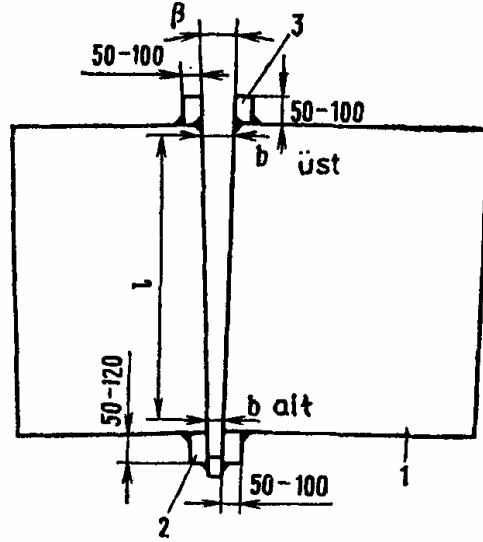
Kenar hazırlanması asgaride tutulur; basit bir alın hazırlığı yeterlidir. Böylece talaşlı işlemeden büyük tasarruf sağlanır. Cüruf temizleme, kök temizleme ve levhaları çevirme işlemleri burada yoktur. Çok paso diye bir şey olmadığından iyi cüruf temizlenmemesinden dolayı araya cüruf sıkışması tehlikesi de yoktur.

Ağır soğuma temposu kaynaktaki gerilmeleri azalttığından orta karbonlu çeliğin sıcak çatlamaya mukavemeti artar. Keza IEB'de martensit oluşması da bahis konusu olmaz şöyle ki onun çok daha sünek bir faza dönüşmesi için yeterli süre vardır.

Kaynak takviyesi (taşkınlığı), suyla soğutulan bakır pabuçların iç yüzeylerinin şekli tarafından sıkıca denetim altında tutulur. Böylece de fazla taşkınlığı temizleme işlemi (taşlama vb.) asgariye iner. Kaynak bütün işlem süresince hep aynı kalınlıkta olup tek pasoda bitirildiğinden açılal distorsiyon mevcut olmaz. Enine distorsiyona ise rastlanır, kaynağın başlangıcında kaynak aralığı açmaya çalışır ve kaynak ilerledikçe yine kapanma eğiliminde olur.

Buna karşılık kaynak iri kristalli bir iç yapıda olur; bu da zayıf mekanik nitelikler, özellikle alçak darbe mukavemeti hasıl eder. Dolayısıyla kullanıcı bu hususu hesaba katacak ya da kaynaklı birleşmeyi ısıl işleme tabi tutacaktır. Kaba tane yapısını inceltmek ve fiziksel nitelikleri düzeltmek için 930°C'ta 1 saat süreyle normalize edilmesi yeterlidir.

Genellikle kaynak aralığı genişliği "tasarım" ve "alıştırma" olarak sınıflandırılır. Tasarım aralığı, kaynaklı konstrüksiyonların boyutlarını hesaplamada kullanılan "hayalî" değerdir. Alıştırma aralığı ise kaynak işlemi sırasındaki fiilî aralık olup muhtemel kaynak distorsiyonuna pay bırakmak üzere öbüründen büyük olur:



Şekil: 427 — Elektroslag kaynağı için tipik alıştırma: 1. İş parçaları, 2. Başlangıç alt kulaklar, 3. Üst bitirme kulakları.

Aralık mm	Levha Kalınlığı (mm)				
	16-30	30-80	80-500	500-1000	1000-2000
Tasarım	20	24	26	30	30
Alıştırma	20-21	26-27	28-32	36-40	40-42

Çoğunlukla aralık, birleştirmenin üst başına doğru bir kenar açılmasının şeklidir. Bu, muhtemel distorsiyona pay bırakıp istenen aralığı elde etmek için yapılır: $\beta = (b_{üst} - b_{alt}) / l$ (Şekil 427). Bu açı, kaynak edilen çeliğin grade'ine, kullanılan elektroslag kaynak türüne, kaynak koşulları ve iş parçalarının tespit edilme derecesine göre 1 ilâ 2 derece (0,02 ilâ 0,03 rad) olur.

Küt alın kaynaklarında parçaların birbirlerine göre yer değiştirmeleri 2-3 mm'yi geçmeyecektir. Bunun 200-250 mm uzunlukta 0,5 ilâ 1 mm arasında tutulması yeğlenir. Bununla birlikte mevcut makinalar 500-700 mm uzunlukta alıştırma farkı 10 mm'ye varan ve ± 10 mm kadar değişen birleştirmeleri kaynak eder.

TEL ELEKTRODLARLA DÜZ DİKİŞLERİN KAYNAĞI

50 mm kalınlığa kadar mutad olarak salıntısız tek elektrodla kaynak edilir. 50 mm kalınlıktan yukarı, salıntılı elektrodlarla çalışılır. Aslında, ekonomik mülâhaza ile belli bir kalınlık, olabildiği kadar çok elektrodla kaynak edilmelidir.

Kaynak kalınlığı içinde nüfuziyetin uniform olması için tel elektrodlar arasında mesafenin (Şekil 412):

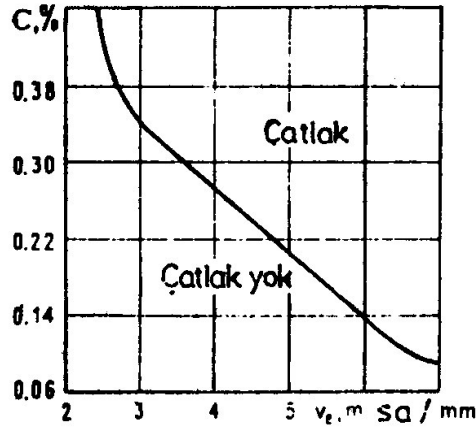
$$d = (S + \Delta_1 - 2\Delta_2) / n$$

olması gerekir. Δ_1 , iki komşu elektrodun başlangıç ve nihai pozisyonları arasındaki mesafe; Δ_2 , aralık içinde salıntı hareketi sırasında elektrodun pabuçlara asgari mesafesi; S , levha (iş parçası) kalınlığı; n , elektrod sayısıdır.

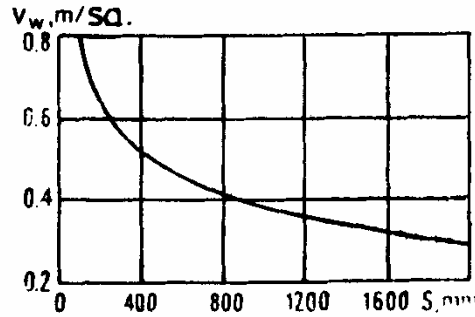
Δ_1 , 17-18 mm olur; Δ_2 , tutma pabuçlarının oluk derinliğine göre seçilir. 2.5 mm oluk

derinliği için 4-5 mm, 8-10 mm derinlik için de sıfır olur. Kaide olarak azami $d = 160$ mm'dir.

Kaynak hızı, istenilen ölçü hassasiyetini tutturucağ ve sıcak çatlaklardan kaçınılacak şekilde seçilir (Şekil: 428 ve 429).



Şekil: 428 — Elektroslag kaynağında ana metalin karbon oranına göre kritik elektrod sürme hızının değişmesi.



Şekil: 429 — Levha kalınlığına göre kaynak hızı.

Tel sürme hızı (m/sa)

$v_e = v_w A_d / \sum A_e$ formülüinden bulunur. Burada;

A_d = terk edilen metalin enine kesit alanı (cm^2), ($A_d \sim Sb$)

S = levha kalınlığı, cm

b = kaynak aralığı, cm.

$\sum A_e$ = bütün sarf olunur elektrodların toplam kesit alanı (cm^2)'dir.

Şekil 428'de görüldüğü gibi müsaade edilebilen tel sürme hızı, ana metalin karbon oranına bağlıdır. Kaynak gerilimi güç menbaında ayarlanır. Bu sonucusu ise istenen akım şiddetine göre seçilir. Bu şiddet, 3 mm çapında bir elektrod için.

$I_w = 2,2 V_e + 90$ 'dir.