

VI — ELEKTRODLAR

Kaynak yöntemlerinin çoğunluğunda elektrik arkı ergime için gerekli ısıyı sağlarken bir flux-dekapan da koruma ve temizleme ve çoğu kez de bunlarla birlikte metalürjik kontrol işlevlerini yerine getirir. Flux korumalı ark kaynağının en yaygın şekli, kitabımızın konusunu oluşturan elle metal-ark kaynağıdır. Dolayısıyla bu el kitabında sadece elle yapılan ark kaynağında kullanılan örtülü elektrodlerden söz edilecektir.

Bu örtülü elektrod iki kısımdan oluşur:

- 1 — *Çekirdek*: Kaynak metalini teşkil eden bu orta silindirik kısımdan arkı meydana getiren akım geçer.
- 2 — *Örtü*: Değişik kalınlıkta, çekirdekle tamamen eşmerkezli olması gereken bu kılıf taşıyıcı maddeler (kalsiyum karbonat, Rutil vs.), aktif maddeler (ferro - alaşımlar) ve bağlayıcı vazifesi gören silikatların kompleks bir karışımından meydana gelir.

Örtünün bileşiminde genellikle bulunan sodyum ve potasyum tuzları, metalik oksitler, karbonatlar vs. gibi maddelerin ionlaştırıcı etkisi elektrod ucu ile kaynak edilecek parça arasında, yani anodla katod arasında, alternatif, akım geçişini hayli kolaylaştırır. Tutuşturma esnasında aradaki hava tabakası kaynak makinasının E_0 boşta gerilimi tarafından "delinir". Her elektrod tipi kendine özgü bir ionlaşma potansiyelini, yani E , tutuşma gerilimini haizdir. Arkın kararlılığını idame edecek şekilde ergime sürekliliğinin temin edilmesi için

$$E_0 \geq E_t \text{ olmalıdır.}$$

Bu itibarla örtü, arkın kararlılığını temin etmenin yanı sıra alternatif akımda 40 ilâ 80 voltluk, doğru akımda da 40 ilâ 50 voltluk bir boşta çalışma geriliminin kullanılmasını mümkün kılar.

Örtüyü teşkil eden malzemeler, anodla katod arasındaki toplam enerji dağıtımını etkiler. Anodla katod arasında ark enerjisini eşit şekilde bölecek her malzeme veya karışım elektrodun alternatif akımda kullanılma imkânlarını artırır.

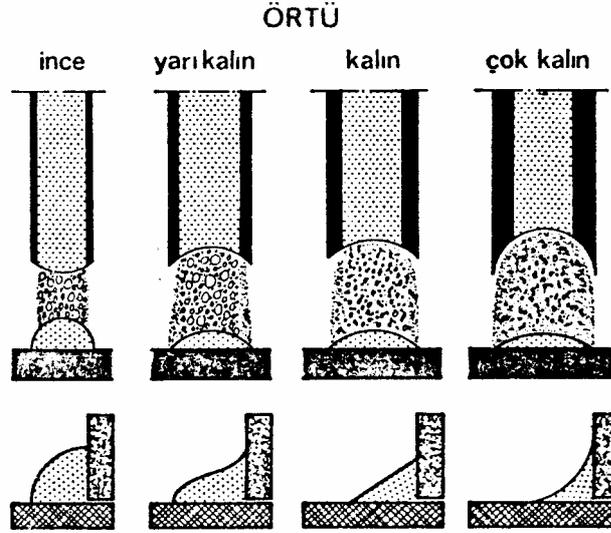
Böylece örtünün elektriksel rolünü görmüş olduk. Şimdi onun mekanik, fiziksel ve metalürjik görevlerini izah edelim.

—Örtü, çekirdekten daha geç ergidiğinden, elektrodun ucunda az çok derin bir krater hasıl olur (şek. 13-14). Bu krater arkın mekanik kararlılığına ve onun elektrod yönünde tutulmasına ve dolayısıyla ergime banyosunun münasip şekilde idaresine yardım eder. Bazı elektrod tiplerinde bu krater, elektrodu devamlı olarak parçaya sürterek kaynak etme imkânını verecek kadar belirli ve derindir.

—Örtünün ergiyerek kaynak dikişi üzerinde teşkil ettiği cürufun miktarı, yoğunluğu, katılma noktası ve viskozite (lüzuciyet) sınırları dikişin alacağı şekli etkiler. Örneğin dik ve tavan kaynaklarında akıcı ve dar viskozite sınırlarını haiz bir cüruf gereklidir. Cüruf, dikiş boyunca ergimiş metali, aşağıda izah edileceği gibi, temizleyecek kadar akıcı, kaynak işlemi ilerledikçe ergimiş metali yerli yerinde tutacak kadar da çabuk katılacak cinsten olmalıdır. Çok akıcı olan bir cüruf ergimiş banyonun üstünden akar ve metal de "sarkar" veya "damlar" ve pürüzlü bir yüzey arz eder. Dolayısıyla örtü, hasıl ettiği cürufun viskozite ve yüzey gerilimi aracılığı ile kaynak dikişini tanzim eder.

Yine dikiş şeklini etkileme konusunda örtünün başka yönde de rolü büyüktür: elektrodun

örtü kalınlığı arttıkça kaynak akım şiddeti artar, elektrod çekirdek metali daha ince damlacıklar halinde geçer ve netice itibariyle dikiş daha düz ve hatta iç bükey olur (şek. 48).



TS 563/Şubat 1979 (*Ark kaynağı elektrodları. Örtülü alaşımsız ve az alaşımlı çelikler için*)'a göre

- *ince örtülü* elektrod, dış çapı, elektrod çubuğu çapının % 120'sine kadar olan elektroddur
- *Orta örtülü* elektrod, dış çapı, elektrod çubuğu çapının % 120'sinden %155'ine kadar olan elektroddur
- *Kalın örtülü* elektrod, dış çapı, elektrod çubuğu çapının % 155'inden büyük olan elektroddur.

4 mm'den büyük çapta (çekirdek çapı) çok kalın örtülü elektrodlar, geçen elektrod metal miktarının çokluğundan, yatay pozisyon dışındaki pozisyonlarda kullanılamazlar.

— Kaynak edilen parça yüzeyinde bulunan oksitler kaynak esnasında dikişe dahil olurlar. Örtünün teşkil ettiği cüruf, yığılan metalin kalitesine zarar verecek bu oksitler ve sair pisliklerden dikişi temizler ve bunları kendi içinde toplar.

— Ergimiş banyoya gerekli ilâve elementler getirerek onu alaşımlandırır, her şeyden önce de kaynak esnasında oksitlenme ve buharlaşma suretiyle silisyum ve manganezin kaçınılmaz kayıplarını telâfi eder. Krom, nikel, molibden vs. gibi ilâve elementler örtü içinde ferro alaşım halinde bulunur. Böylece bir yumuşak çelik çekirdekten hareket ederek bir alaşımlı çelik dikişi yığmak mümkün olur. Keza bazı hallerde örtü malzemesine önemli miktarda demir tozu katarak ileride göreceğimiz gibi elektrodun *verimi* artırılır. Sonuç olarak denilebilir ki örtünün münasip şekilde seçilmesi ile çeşitli pozisyonlarda kaynak yapmak imkânını veren ve görünüş, kimyasal bileşim ve metalik karakteristikler bakımından kaynak konstrüksiyonlardan beklenen koşulları yerine getiren dikişler temin edecek yumuşak ve istikrarlı bir ark elde edilebilir.

ELEKTROD SEÇİMİ

Kaynakçı, elektrod seçerken aşağıdaki hususları göz önünde tutacaktır:

1 — Ana metalin cinsi ve mekanik özellikleri. Mekanik özellikten kopma mukavemeti, uzama, kırılma mukavemeti (çentik darbe mukavemeti), sertlik, elastikiyet sınırı, bükülme kabiliyeti ve süneklik

gibi özellikler anlaşılır. Bu konuda kaynakçıların çoğu zaman yaptıkları bir hataya dikkati çekelim: iki veya daha çok çeşitte elektrod arasından bir seçim yapma durumunda olduklarında daima *en yüksek mukavemetli olanını* tercih etmektedirler. Halbuki sert dolgular bir yana bırakılacak olursa elektrod, yığılan metalin özellikleri *ana metalinkilerine mümkün olduğu kadar yakın* olacak şekilde seçilmelidir. Ancak böylece birleştirme yerinde homojenlik (yeknesaklık) elde edilebilir.

Pratikte en çok karşılaşılan, kopma mukavemeti 37 ilâ 44 Kg/mm² olan yumuşak çeliklerin kaynağında dikiş metali mukavemetinin 48 Kg/mm²'yi geçmemesi tavsiye edilir. Özellikle uzama ve çekmenin serbest olmadığı bridli birleşmelerin kaynağında bu hususa riayet şarttır. Aksi halde dikiş metalinin su alma tehlikesi artar, gerek çalışma esnasında hasıl olan tali gerilmeler yüzünden, gerekse soğuma çekmesi nedeniyle çatlama ihtimali yükseldir.

2 — Kullanma ile ilgili hususlar. Ana metalin karakteristiğine göre elektrod cinsi belli olduktan sonra yine kaynakçı birkaç çeşit elektrodla karşılaşır. Bunlar birçok hususta birbirlerinden farklar arz ederler. Bu hususlar şunlardır:

- a) Kullanılacak akımın cinsi: alternatif, doğru ve sonuncu halde de elektrod için tavsiye edilen kutup: eksi (normal) veya artı (ters) kutup.
- b) Kaynak pozisyonu: bütün elektrodların yatay kaynağa elverişli olmasına karşılık hepsi dikey yüzeyde yatay, dik ve tavan kaynaklarına uygun değildir.
- c) Eldeki kaynak makinasının verebildiği azamî ve asgarî akım şiddeti ve tutuşturma gerilimi.
- d) Cürufun kolay temizlenip temizlenememesi.
- e) Dikişten beklenen görünüş, köşe kaynaklarında şekil (iç bükey, dış bükey, düz), düzgünlük, gözeneksizlik derecesi (X şuaı denemesinde), f) Çalışma koşuluna göre az veya fazla duman neşretmesi vs.

3 — Ekonomik hususlar. Bunlar, elektrodun fiyatından başka şöyle sıralanır.

- a) *Ergime katsayısı*, yani amper başına dakikada ergiyen metal miktarı (gram). Birçok elektrod tipinde bu katsayı elektrod çapına bağlı değildir.
- b) Elektrodun *verimi*, yani kullanılan elektrod çekirdek ağırlığının yüzdesi olarak yığılan metal miktarı. Örtüsünde demir tozu bulunan bazı elektrodlarda bu verimin % 100'den büyük olduğuna dikkati çekelim. Kullanılan metal ağırlığı ile yığılan metal ağırlığı arasındaki fark *ergime kaybı'nı* teşkil eder. Bu da aşağıdaki ayıpların toplamıdır :
 - Elektrodun kullanılmayan koçanı;
 - Ark içinde buharlaşan metal;
 - Dikiş dışına sıçramalar;
 - Cürufu sürüklenen metal,
- c) Cürufu temizlemek için sarf edilen emek. Kullanmadaki kolaylığın yanı sıra bu husus, emek ve zamanın maliyeti itibariyle iktisadî önemi haizdir.
- d) Bazı örtüler higroskopik, yani rutubeti emici olduklarından elektrodların stok edilmeleri için özel önlemler ve rutubet emmiş olmaları halinde de, kullanmadan önce bunların kurutulması için gerekli masraflar.

ELEKTRODLARIN SINIFLANDIRILMASI

TS 563'e göre elektrodlar, örtülerinin çeşitlerine göre yedi tipe ayrılır ve buna göre işaretlenirler:

Asit (demir oksit)	A
Asit (Rutil doğal titan dioksit)	AR
Bazik	B
Selülozik	C
Oksitleyen	O
Rutil (orta örtülü)	R
Rutil (kalın örtülü)	RR

DIN 1913'e göre örtülü elektrodlar altı ana tipe ayrılır ve buna göre işaretlenirler :

Titandioksit elektrodlar	Ti
Asit elektrodlar	Es
Oksit elektrodlar	Ox
Bazik elektrodlar	Kb
Selülozik elektrodlar	Ze
Özel elektrodlar	So

Örtünün karakterini belirlemede kriter B bazlık derecesi (bazisite) olup bu, şöyle ifade edilmektedir:

$$B = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2}$$

- B < 1 : asit karakter
B = 1-2,5 : nötr karakter
B = 2,5-3 : bazik karakter

Formülü oluşturan oksitler ise şöyle ayrılır :

Bazik Oksitler	Asit Oksitler	Anfoter Oksitler
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
MnO	ZrO ₂	
K ₂ O		
Na ₂ O		

Örtüsüne göre sınıflandırılmış bu her tip elektrodun özellikleri şöyledir :

Titandioksit (Rutil) elektrodlar

Bunlar örtülerinde esas madde olarak çoğunlukla Rutil şeklinde bulunan titandioksit veya ilmenit (demir ve titan oksidi) ve bununla birlikte elektrodları kolay kullanılabilir duruma getiren yüksek oranda iyonlaştırıcı maddeler içerirler. Bunlardan başka örtülerinde silikatlar, karbonatlar, metal oksitleri, organik maddeler ve ferro - alaşımlar bulunur. Çok yönlü kullanılma imkânına sahip olan bu elektrodlar, örtüleri her kalınlıkta, yani ince, orta, kalın ve çok kalın olarak imâl edilir. Bu husus, yine başka tiplerde olduğu gibi, kaynak hızı, pozisyonu, aralık doldurma

kabiliyeti ve cürufun kolay kalkmasını etkiler.

Ark içinde kaynak malzemesinin geçişi, örtü kalınlığına göre değişir, ince örtüde iri damlalı, kalın örtüde de ince damlalı olur. Mamafih bu sonuncu halde damla inceliği aynı örtü kalınlığında asit elektrodlardaki kadar olmaz. Örtü kalınlığı arttıkça kaynağın mekanik değerleri de yükselir.

Cürufun şekli örtünün kalınlığı ve içindeki elementlere bağlı olup sıklıdan petek gibi gözenekliye kadar değişir ve mukavemeti de farklı olur. Cüruf kolay kalkar. İyi hazırlanmamış kaynak ağızlarında da kaynak yapılabilir.

Rutil elektrodlar, ergimiş metali taşıyan lüzucetli (viskoz) bir cüruf hasıl etmekle duvarda yatay ve dik kaynaklara uygun olurlar. Bu elektrodlar doğru (genellikle eksi kutupta) ve alternatif akımla ve her pozisyonda kaynak eder. Aralık doldurma kabiliyeti ince ve orta örtü kalınlığında çok iyi, kalın örtülerde iyi ve herhalde, tekabül eden asit elektrodlarından daha iyidir. Sıcakta çatlama hassasiyeti, aynı miktarda manganer içeren asit elektrodunkinden daha azdır. Rutilin rolü daha çok ionlaşmayı artırmak olduğundan bunlarda ark çok kararlı, tutuşması kolay ve alternatif akımda bile ark gerilimi nispeten düşük olur ($E_o = 40 - 45$ V). Dikiş düzgün manzara arz edip bombesi azdan düze kadar değişir. 4 mm çapa kadar olan elektrodlarla dik yüzey ve tavan kaynağı yapılabilir.

Bunlar St 52'ye (St 50 hariç) kadar olan yapı çeliklerinin kaynağında üniversal elektrodlardır.

Dikiş metali dövülebilir fakat içinde kolaylıkla cüruf kalabilir (genel olarak röntgen muayenesi yapılacak kaynaklara uygun değildir.)

Asit elektrodları :

Çok akıcı olan bu elektrodlarla yukarıdan aşağıya dik kaynak dışında her pozisyonda kaynak yapılabilir. Dikişin yüzeyi parlak olup dikiş dövülebilir ve röntgen muayenesinde çok iyi netice verir. Ark yüksek sıcaklığı haiz olduğundan büzülme fazla olur. Ana metalin çatlama hassas olması halinde bu elektrodların kullanılması tavsiye edilmez. Aynı sebepten sıçrama kayıpları fazlaca olur ve dolayısıyla elektrod verimi nispeten düşüktür. Yatay pozisyonda kaynakta yüksek akım şiddeti ile ve dolayısıyla büyük ergime hızı ile çalışılabilir. Dikiş iç bükey olup "çentikler" arz etmez.

Bu elektrodlar genellikle kalın örtülü olup aynı tipin ince örtülülerine nazaran daha yüksek mekanik değerler arz ederler. Bu sonunculara metal geçişi iri damlalar halinde olur.

Örtü, daha çok maden halinde demir oksidi ve çoğu zaman da mangan oksidi ile bunların dışında yüksek miktarda ferro - mangan ve diğer desoksidanlar içerir. Asit karakterli cürufta demir oksidi, mangan oksidi ve silisik asit bulunur. Cüruf petek gibi gözenekli olup çok kolayca kalkar.

Bu elektrod tipinin kalın örtülülerinde dikiş düz ve ince pullu olur. Elektrod doğru ve alternatif akımda kaynak eder ve en iyi yerde yatay pozisyonda kaynağa uygundur. Aralık doldurma kabiliyeti orta derecede olduğundan kaynak ağızlarının iyi hazırlanması ve parçaların birbirlerine iyi alıştıırılması gerekir.

Dikişlerin üzerinden cüruf kolaylıkla kalkar. Çok pasolu derin kaynaklarda araya cüruf sıkışması olasılığının az olması itibariyle bu elektrodlar özellikle, radyografik muayenenin uygulanacağı yüksek kaliteli işlere uygundur. Cüruf akıcı olduğundan yerde yatay dışında başka

pozisyonlarda pek kullanılmaz. Ergitilecek cüruf hacmi itibariyle, elektrod ucundaki fazla ısıdan faydalanmak üzere elektrod artı kutba bağlanır. Alternatif akım da kullanılabilir.

Ancak, ana malzemenin kaynağa çok müsait olmasına rağmen sıcakta çatlakların hasıl olabileceğine dikkat edilmelidir. Thomas çeliklerinde, yüksek karbon, fosfor ve kükürtlü çeliklerde özel itina gereklidir.

Bunlar rutubete az hassas olmakla birlikte röntgen muayenesine tabi tutulacak kaynaklarda kurutulmaları gerekir.

Oksit Elektrodlar :

Bu elektrodlar çok akıcı olup düzgün dikişler verirler. Bunlar en çok alaşımsız ve düşük karbonlu çeliklerin birleştirilmesine ve sadece yerde yatay oluk pozisyonunda kaynağa elverişlidir. Diğer elektrod tiplerine göre sıcakta çatlama daha müsait olup çok iyi bir hazırlık çalışmasını gerektirirler.

Örtüleri genellikle kalın olup çoğunlukla demir oksidi ve bazen de mangan oksidi içerir. Ark içinde metal geçişi ince yağmur halinde olur. Kuvvetli asit karakterli, demir oksidi içeren bir cüruf verirler, örtü kuvvetli oksitleyici etkiyi haizdir. Arkta karbon ve mangan fazlaca yanar: bu sebepten dikişte mangan miktarı az olur. Cüruf sıkı olup soğuduğunda kendiliğinden kalkar. Bazen sıçradığından gözlere dikkat edilmesi gerekir. Dikişler çok düzgün ve bilhassa ince tırtıllı, fakat az nüfuziyetlidir.

Bu elektrodlar doğru (elektrod eksi kutupta) ve alternatif akımda çalışabilir ve en çok yerde yatay pozisyonunda kaynağa elverişlidir: Aralık doldurma kabiliyeti fena olduğundan parçalar iyi alıştırmalıdır. Özellikle güzel ve düzgün görünüşlü dikişler arzu edildiği zaman tavsiye edilir. Birleştirmenin mekanik karakteristikleri zayıftır. İç köşe kaynaklarında iç bükey şekli arz edilen dikiş, sünek olmakla beraber, dövülemez.

Bu tip elektrodlar uç uca (özellikle birkaç pasolu) kaynaklara elverişsizdir. Rutubete hassas olmadıklarından kolaylıkla muhafaza edilebilirler. Günümüzde kullanımı giderek azalmaktadır.

Bazik elektrodlar :

Genellikle yukarıdan aşağı dik kaynaklar dışında bütün pozisyonlarda kullanılır. Mekanik özellikleri öbür tiplerinkinden üstündür. Özellikle kalın kesitlerin ve rijit konstrüksiyonlarla Thomas çeliklerinin kaynağına uygundur.

Örtü yüksek miktarda kalsiyum ve sair toprak alkali karbonatları ve feldspat içerir. Kalınca örtülü elektrodlarda ark içinde metal geçişi orta büyüklükte damlalar halinde olur. Cüruf kahverengi ile siyaha kadar renk arz eder ve diğer tiplerdeki kadar kolay kalkmaz. Dikiş hafif bombedir. En çok doğru akım (elektrod artı kutupta) ile kaynak eder. Elde yüksek boşta gerilimli ($E_0 = 55—80$ V) transformatör olması halinde dalgalı akımla da çalışabilen bazik elektrod çeşitleri vardır.

Bu elektrodlar iyi bir aralık doldurma kabiliyetini haizdirler. Dikiş malzemesine cüruf dahil olmaz ve bunun sıcak ve soğukta çatlama meyli yoktur. Bu elektrodlar özellikle düşük alaşımlı çelikler, yüksek karbonlu çelikler ve kükürt, fosfor veya azottan geniş ölçüde temizlenmemiş çelikler (Thomas çelikleri) için uygundur.

Kaynak malzemesinin mekanik özellikleri ve zaman içinde bunları muhafaza etme kabiliyeti (yaşlanmaya mukavemet) ile 0°C 'in altında sıcaklıklarda çentik darbe mukavemeti özellikle

iyidir. Örtü higroskopik (rutubete hassas) olabileceğinden bu elektrodların kuru mahallerde muhafaza edilmeleri gerekir. Rutubet almış olmaları halinde en az yarım saat müddetle 250°C'da kurutulmaları şarttır. Umumi kaide olarak bazik elektrodlar fazlaca yüksek bir akım şiddetine tabî tutulmamalıdır zira çalışma esnasındaki sıçramalar dışında, dikişin mekanik özellikleri de düşer.

Örtüleri iyice kuru bazik elektrodlar düşük hidrojen oranlı dikişler verirler (hidrojen, kaynağın intikal bölgelerinde kıl çatlakları meydana getirebilir). 100 gr. dikiş malzemesinde azamî 5 cm² hidrojen taşırlar. Bu gaz oranının düşük olduğu elektrodlara *düşük hidrojenli elektrod* (Amerika'da "Low-H") adı verilir.

Bazik elektrodların başlıca zayıf tarafı, kalsiyum karbonatın örtüyü fazla sıcağa mukavim kılmasını önlemek üzere ilâve edilen kalsiyum flüorürün (*spathflüor*) neşrettiği buharların tahriş edici ve hatta zararlı olmasındadır.

Bu itibarla dar alanlarda bazik elektrodlarla yapılacak kaynaklarda ciddi önlemlerin alınması gerekir.

Bu elektrodların bir başka sakıncası da rutil gibi ionlaştırıcı maddelerin az miktarda bulunması sebebiyle arkı devam ettirmedeki güçlüktür. Bu nedenle bu bazik elektrodların yakılmasında özel bir tecrübe veya eğitim gereklidir; bunlar ancak usta kaynakçılar tarafından yakılabilir.

Buna karşılık yukarıda zikredilmiş üstünlüklerine ek olarak dikiş malzemesinin elektrodun çekirdek malzemesine çok yakın ve çok az karbon ve mangan kaybetmiş olması, röntgen muayenesinde iyi sonuç vermesi de söylenebilir.

Örtü hammaddelerinin kaynak banyosuyla aşağıda dökümü yapılan metalürjik reaksiyonu sonucunda yüksek nitelikli bir kaynak metali elde edilir :

- Örtüdeki CaCO₃, CaO ve CO₂'ye ayrışır ve CO₂, kaynak banyosunu atmosferik etkilerden korur.
- CaO, örtüdeki öbür maddeler ve özellikle kalsiyum flüorürle birleşerek fosfor ve kükürdü cürufa geçirir.
- Örtüde bulunan ferro-silisyum gibi desoksidan maddeler banyoya gazı alınmış bir çelik özelliğini kazandırır (Örtüde hidrojen oluşturacak madde bulunmamaktadır).

Bazik elektrodların genel olarak kullanım alanları gemi sanayii, kazan ve basınçlı kap, makina, çelik konstrüksiyon gibi ağır makina ve donanım sanayii olup :

- Bileşimi bilinmeyen karbonlu ve hafif alaşımli çeliklerin her tür birleştirilmesi.
- Karbon, kükürt, fosfor, azot gibi elementleri yüksek miktarda içeren çeliklerin kaynağı.
- Çatlama hassasiyeti bakımından kalın kesitlerin (50 mm'den yukarı) kaynağı.
- Farklı oranda karbon içeren çeliklerin birleştirilmeleri.
- Dökme demir ve çeliklerin kaynağı.
- Tamamen rijit konstrüksiyonlar.
- Dinamik yüklere maruz parçaların kaynağı.
- Sıfırın altındaki sıcaklıklarda çalışacak konstrüksiyonların kaynağı.
- Efervesan (gazı alınmamış - desokside olmamış) çeliklerin röntgen muayenesine tabi tutulacak kaynakları

gibi yüksek nitelikli kaynaklı konstrüksiyonlar için tek seçenek bu bazik elektrodlar olmaktadır.

Kaynak tekniğinde bu denli olumlu sonuç veren bir elektrod tipinin bu sonuçları, ancak belli kurallara uymak kaydıyla elde edilebilir. Bunun bilinci, kaynakçı açısından son derece önemli olup bu kurallar üzerinde biraz duracağız.

Kısmen kaynak metalinin alçak hidrojen içeriği nedeniyle bu elektrodlar, ısıdan etkilenmiş bölgelerinde çatlama tehlikesi arz eden alçak alaşımlı çeliklerin kaynağına uygundur. Kaynak metali sıcak çatlamaya büyük mukavemet gösterir, öbür tip elektrodla göre kalın çeliklerle daha yüksek karbon içerikli çeliklerin kaynağında çok daha memnunluk verici sonuca götürür. Ayrıca kaynak metali mükemmel mekanik, özellikle darbeye mukavemet nitelikleri arz eder. Yine yukarıda söylendiği gibi bazik elektrodların kullanışı öbür elektrodlarıki gibi kolay olmayabilir, ancak bunlar genellikle her iki tür akımda (DA'da elektrod + kutupta), bütün pozisyonlarda kullanılabilir. Cüruf, göreceli olarak akışkan olup rutil tipte olduğu gibi büyük hacimli değildir.

Kurutma. Örtülerindeki alçak rutubet oranına dayanarak yüksek nitelikteki uygulamalarda kullanılmakta olan bu elektrodlar *özenle depolanıp kurutulacaklardır*. Alaşımlı çeliklerin kaynağı gibi özellikle ağır uygulamalarda kaynaktan hemen önce bir ilâve fırınlama yapılacaktır (250 - 300°C'da 2 - 3 saat). Kurutulan elektrodlar fırından çıkarıldıklarından itibaren en geç bir saat içinde kullanılacaklardır. Bu süre, deniz kıyısı gibi aşırı nemli ortamlarda (tersaneler) çok daha kısa tutulacaktır. Aslında bu durumlarda kaynakçının yanında portatif bir kurutma ocağı bulunup kaynakçı ihtiyacı kadar elektrodu oradan alıp derhal kullanılmalıdır.

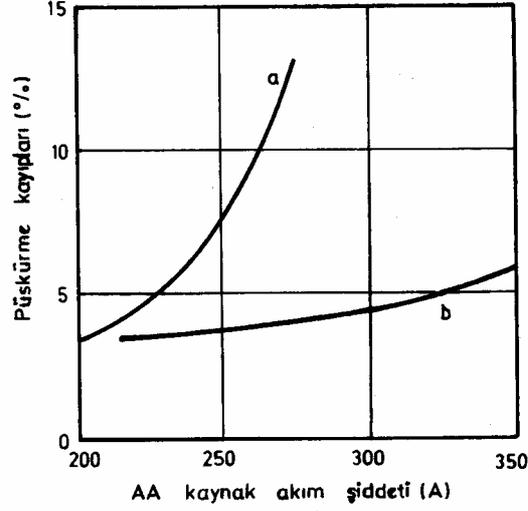
Akım şiddeti. Örtüleri, bazik elektrodla öbür tiplere göre daha yüksek akım şiddetiyle çalışma olanağını sağlar. Yüksek akım şiddetinin, tutuşma kolaylığının yanı sıra yüksek ısı girdisi nedeniyle kaynak banyosunun daha uzun süre sıvı halde kalması ve böylece de gazların kaçmasına olanak sağlaması gibi yararları vardır - (özellikle bakiye kalmış zararlı hidrojen sıvı banyodan dışarıya çıkar).

Elektrodun örtüsüne demir tozu katılmasının, elektrodun çalışması üzerinde belirgin etkisi vardır. Demir tozu ilâvesi % 5'den % 50'ye kadar olmakta (% 5'lik bir ilâve elektrodu "demir tozlu elektrod" sınıfına sokmaz), bu ilâve iki amaçla yapılmaktadır: Artan yığılmış metal (kaynak kütlesi) sağlamak ve arkın davranışını iyileştirmek. Normal elektrodla kaynak akımı tümüyle elektrodun çekirdeği tarafından iletilir; örtüsünde demir tozu olan elektrodla ise örtü, arka yakın bölgede iletken olup böylece akıma bir başka geçiş yolu arz eder. Bunun sonucu olarak ark yayılır ve daha geniş alana daha az nüfuziyetle metal terketme eğiliminde olur. Arkın alanında bu ikinci akım yolu, metal damlacığı elektrod teli ile iş parçası arasında kısa devre oluşturduğunda akımın kabarmasını sınırlar şöyle ki sıçramalar azaltılmış olur. Bu etkiler, kaynak uygulaması terimleriyle, daha yumuşak, daha stabil bir arkla birlikte daha iyi yan kenar ergimesi, daha düz dikişler ve daha az yanma çentiği sağlar.

Demir tozu tarafından bir elektrodla sağlanan yüksek metal yığıma kabiliyetinden faydalanabilmek için % 50 maksimum ilâveyi yapmak gerekir. Bu oranın üstünde elektrodun davranışı bozulmaya başlar zira örtü homojen olmayan şekilde ergime gösterir. Bir demir tozlu elektrodun daha yüksek metal yığıma derecesi, örtüsüne fazladan metal karıştırılmış olmasından çok, aynı çekirdek tel çaplı elektrodla göre daha yüksek kaynak akım şiddeti kullanma olanağından ileri gelir.

Bu durum, şek. 49'daki (AA) kaynak akım şiddeti sıçrama kayıpları eğrilerinden görülür.

Akım şiddeti arttıkça püskürme - sıçrama miktarı artar, ancak demir tozlu elektrodlar için eğriler, normal elektrodlarınkine göre daha az dik olarak yükselir şöyle ki daha yüksek çalışma akım şiddetleri mümkün olmaktadır.



Şek. 49 — ϕ 5 mm elektrodlar için kaynak akım şiddeti/püskürme kayıpları eğrileri.
(a) Normal alçak hidrojenli örtü. (b) Aynı örtü % 50 demir tozu ilâvesiyle.

Ark boyu. Bazik elektrodlarla yapılan kaynakta ark boyunun, yanma sırasında oluşan CO₂ gazının banyoyu koruma görevini tam olarak yapabilmesi için, kısa tutulması gerekir. Bir rutil elektrodda ark boyu elektrodun (çekirdek) çapı kadarken bazik elektrodda bu çapın yarısı kadardır.

Arkın tutuşturulması. Bazik elektrodla çalışırken yeni elektrod, önceki elektrodun kraterinde kesinlikle tutuşturulmayacaktır; aksi halde dikişte gözenek oluşur. Elektrod bu nedenle henüz kaynak yapılmamış kısımda tutuşturulup geri çekilerek kraterden kaynağa devam edilmelidir; bu sırada elektrod dikişe paralel hareket ettirilecektir, aksi halde kaynak banyosu hava alır (yani koruyucu gaz kılıfı yırtılabilir) ve gözenek oluşabilir. Elektrodun tutuşturulması rutil tiplerde olduğu gibi parçaya bastırılıp çekilerek değil, kibritin tutuşturulması gibi sürtülerek yapılacaktır.

Elektrodun eğim açısı. Rutil elektrodlarda tutuş açısı 45°'ye kadar olabilirken bazik elektrodlarda bu açı 90 - 85°'nin altında olmamalıdır.

Kaynak hızı. Bu hız bazik elektrodlarda, rutil tiplere göre daha düşük olacaktır. Aksi halde cüruf, kaynak metalini yeterince örtmeye yetişemez. Bu nedenle bazik elektrodda hız, rutildekinin 2/3 kadar olacaktır. Fakat bu kez de dikiş genişliği artacağından, bu genişliğin sınırlandırılmış olduğu hallerde bir küçük çaplı elektrod seçilecektir.

Cürufun temizlenmesi. Bazik elektrodlarda cürufun temizlenmesi öbürlerine göre daha zordur. Oysa ki cüruf kalıntısına, özellikle kök pasolarında, kesinlikle izin verilmeyecektir. Bu husus büyük önem taşır. Bu nedenle kaynakçı cüruf çekici, tel fırça, keski veya gerektiğinde taş kullanarak cürufu özenle temizleyecektir. Kaynak hızlı yapıldığında dikiş kenarlarında oluşan yanma oluklarının içine toplanan cürufu temizlemek oldukça güç olduğundan kaynak hızının iyi seçilmesi de önemli olmaktadır.

Bazik elektrodlarla puntalama. Kaynak edilecek parçaların kaynaktan önce bir bağlantı tertibatı yoksa puntalama yapılmalıdır. Ancak bunu yaparken aşağıdaki hususlara dikkat edilecektir:

- Malzeme, kimyasal bileşim açısından uygunsa puntalama bir rutil elektrodla yapılacaktır; aslında puntalama işlerinde bazik elektrodlar kullanılmamalıdır, zira bu elektrodlar hem nem kapmışlardır, hem de tutuşturulurken örtü kırılacağından punta bağlantısı gözenek yapar.
- Gözenekli puntalar, bunlar ister rutil, ister bazik elektrodla yapılmış olsun, kaynağa başlamadan önce kesinlikle taş veya keski ile temizlenecektir zira bu gözeneklerden başlayabilecek herhangi bir çatlak tüm dikişe, hatta parçaya sirayet edebilir.
- Mümkünse puntalama yerine bağlantı tertibatı kullanılmalıdır.
- Bazik elektrodlarla puntalamanın gerekli olduğu hallerde bu iş çıraklara bırakılmayacak, tecrübeli bir usta tarafından bizzat yapılacaktır.

Emaylama esnasında hidrojen yayımı kabarcıklar hasıl ettiğiinden dikiş malzemesinde bu gazın az bulunması keyfiyeti, bazik elektrodları sıcakta emaylanacak saçların kaynağına özellikle elverişli kılar.

Selülozik elektrodlar :

Bunlar az cüruf bırakan, her pozisyonda kaynak eden elektrodlar olup özellikle zor pozisyonlarda çalışmaya uygun elektrodlardır. Örtülerinde % 10'dan fazla yanabilen organik (uzvî) madde (ağaç veya pamuk selülozu), tabii silikatlar ve redükleyici ferro - alaşımlar içeren, dolayısıyla kaynak esnasında büyük zorluklar arz eden elektrodlardır.

Daha çok orta kalınlıkta örtüde arktan malzeme geçişi orta büyüklükte damlalar halinde olur. Sıçrama kayıpları oldukça önemlidir. Dikiş az bombeli ve intizamsız kaba tırtıllı bir yüzey arz eder. Dikişin şekli güzel değildir. Doğru akımda (elektrod artı kutupta) veya dalgalı akımda ($E_0 = 60-70$ V) kullanılırlar. Başlıca özellikleri iyi bir aralık doldurma kabiliyeti ve nüfuziyetten ibarettir. Özellikle yukarıdan aşağı dik kaynaklara ve boru kaynaklarına elverişlidirler. Yığılan metal iyi kaliteli olup dövülebilir ve röntgen muayenesinde iyi netice verir. Buna karşılık fazla miktarda erimiş hidrojen tutması sakıncası ileri sürülür.

Çok duman neşrederler (hidrojen ve karbon monoksit). Bunları meselâ kazan, depo vs. gibi kapalı hacimdeki işlerde kullanmaktan kaçınmalıdır.

Yine, çoğu zaman çukurluk ve gözenekleri haiz dökme çeliklerin kaynağına da elverişlidirler.

Cürufun metalürjik etkisinin diğer tiplerinkine göre az olmasına karşılık selülozun uçuculuğundan ötürü meydana gelen gaz kılıflı, havada bulunan gazlara karşı belirli bir koruyucu etkiyi haizdir.

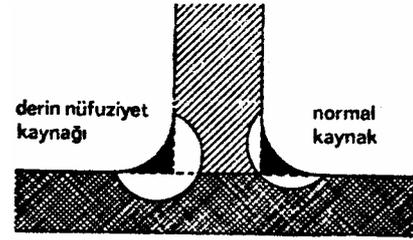
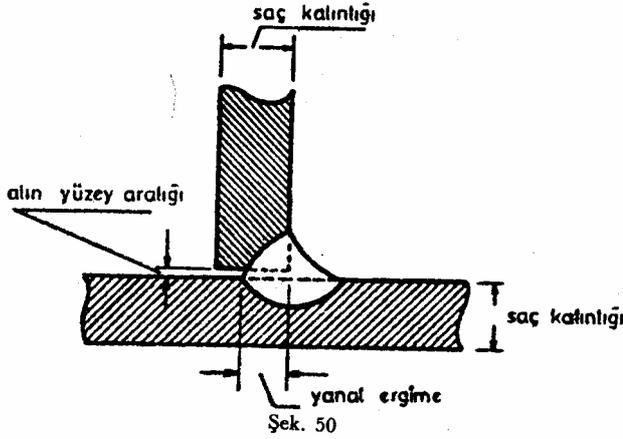
Arkta, onu atmosferden koruyan, yüksek ionizasyon potansiyelli hidrojen ve karbon monoksidin bulunması sonucu ark voltajı yüksek olur ve dolayısıyla bu tip elektrodlar hızlı yanıp derin nüfuziyet arz ederler. Selülozik elektrodların metal terketmeleri sırasında, elektrodun çekirdek teli dirençten dolayı ısınmış olduğundan, organik örtü bileşkenlerinin ayrışma eğilimi vaki olur. Bunun sonucunda hafif bir ark gerilimi düşmesi ve kaynak metaline geçen manganez ve silisyum miktarında bir artış olur. Bu etki, örtünün oluşturuluş şekliyle az çok kontrol altında tutulur. Örtünün çoğunluğu karbonat olduğundan kaynak üzerinde az cüruf kalır ve bu keyfiyet, itici bir ark veren kuvvetli plazma ile birlikte, elektrodu her pozisyonda kaynağa elverişli kılar.

Bu karakteristiklerin toplamı sayesinde bu elektrodlar boru hattı kaynaklarının kök pasolarında kullanılır.

Özel elektrodlar (So) :

Derin nüfuziyet elektrodları. Bu gruba sadece aşağıda tarifi yapılan kaynaklara elverişli elektrodlar dahil edilir:

- a) Her iki tarafına birer paso çekilecek bir alın (I) dikişi yapılacaktır. Saç en az elektrod çekirdek çapının iki katına 2 mm ilâvesi ile elde edilen kalınlıkta olacaktır ($2d + 2$ mm). Alın yüzeylerinin arasında da 0,25 mm'den fazla bir açıklık olmayacaktır. Her iki taraftan kaynak edildiğinde iki taraftan ergimiş alan (sayfa 45'deki nüfuziyet tarifine bakınız) saçın ortasında birbirleriyle kesişecek ve böylece saçın ortasında kusurlu (ergimemiş) yer arz etmeyen mükemmel bir dikiş elde edilecektir. Deneme 4 mm kalınlıkta derin nüfuziyet elektrodları ile yapılır.



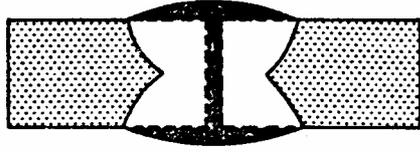
- b) Kalınlıkları en az elektrod çapının iki katı olan iki saçın köşe kaynağı, aralarında en fazla 0,25 mm alın yüzey aralığı olmak şartı ile, yapıldığında yanıl ergime derinliği 4 mm'den az olmayacaktır (sek. 50).

Derin nüfuziyet elektrodları, daima kalın örtülü olup örtüde fazlaca miktarda organik madde bulunur. Derin nüfuziyet kaynağı (Deep - welding), klâsik ark kaynağı yöntemlerine göre işlemin hızını artıran, gerekli kaynak mukavemetini elde etmek için daha yüksek ark nüfuziyetinin üstünlüklerinden istifade eden ve netice itibariyle kaynak izleminin maliyetini düşüren bir ark kaynağı tekniğidir. Köşe kaynaklarında buna "derin köşe kaynağı" (deep - fillet welding) denir.

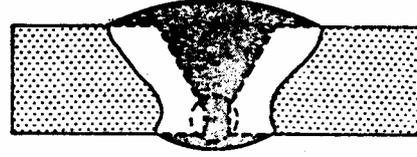
Derin nüfuziyet kaynağının başlıca özellikleri şunlardır :

Daha az metal yığılır. Daha derin nüfuziyet elde ederek kaynak edilmiş birleşmede klâsik yöntemlere göre ana metalde daha az ergimiş kısım ve daha az elektrod metali bulunur. Örneğin bir köşe derin nüfuziyet kaynağında, yığılan elektrod metalinin kesiti % 50, bunun için gerekli işçilik saati de % 59 oranında az olur. Şek. 51'de bu durum belirlenir.

10 mm kalınlıkta 2 levhanın derin nüfuziyetle düz alın kaynağı ile (şek. 52) bunların V kaynak ağzı içine normal kaynağı (şek. 53) arasındaki kıyaslamada da derin nüfuziyet kaynağında yığılan elektrod metalinin yine % 50, işçiliğin de bu kez % 78 oranında daha az olduğu görülür. Kaynak ağzı açılmamıştır, kök pasosu tersten taşlanmamıştır.



Şek. 52 — Dakikada 23 cm kaynak.



Şek. 53 — Dakikada 5 cm kaynak.

V, U ve benzeri dikişlerde kaynak hızı, kaynak ağzını doldurmak üzere elektrod metalinin yığılma oranı ile saptanır. Metal yığılma oranı kullanılan akımla orantılı olduğundan akım şiddetini artırarak kaynak hızı orantılı olarak artırılır. Yukarıdan aşağı dik kaynakta akımı sınırlandıran faktör genellikle dikişin görünüşünden ibarettir.

Derin nüfuziyet kaynağında kaynak hızı akım şiddeti (amperaj) ile orantılı değildir zira bu hızı sınırlayan faktör cürufun kaynağı takip edip örtebilmesi derecesidir. Bu itibarla derin nüfuziyet kaynağında kaynak hızı elektrodun ergime hızına değil, onun cüruf kaplama (yani örtü) karakteristiklerine bağlıdır. Özet olarak derin nüfuziyet kaynağının faydaları şöylece sıralanır:

- Yatay ve düz köşe ve daha ekonomik hazırlık çalışmasını gerektiren düz alın (I) kaynaklarında metre - dikiş başına daha az elektrod sarfiyatı;
- metre - dikiş başına daha az cereyan sarfiyatı;
- bazı hallerde kaynak ağzından vazgeçebilme imkânı;
- bazı hallerde tersten kök pasoyu temizleme lüzumu olmaması;
- levhalar arasında aralık bırakma gereği azaldığından yine elektrod, işçilik ve cereyan sarfiyatından tasarruf.

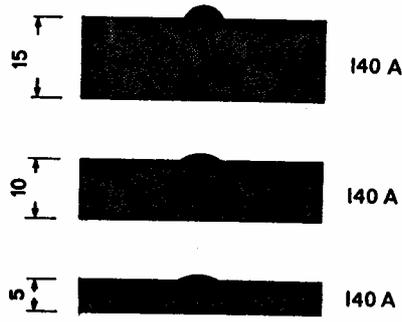
Yıllarca devam etmiş bir inancın aksine olarak daha hızlı kaynağın daha derin nüfuziyet temin ettiği anlaşılmıştır. Daha yavaş kaynakta daha fazla elektrod metali yığılma meyli vardır. Daha yüksek kaynak hızı ile elde edilmiş daha derin nüfuziyetli bir kaynakta dikiş daha küçük görünürse de mukavemeti, fazla metal yığılma suretiyle nüfuziyetten fedakârlık ettiren yavaş kaynağın temin ettiği mukavemete eşit veya ondan daha fazladır. Bu itibarla yığılan elektrod metali miktarını azaltmak üzere nüfuziyeti artırarak mukavemete zarar vermeden kaynak hızı artırılabilir.

Daha yüksek ark hızlarının sonucu olan daha derin nüfuziyeti kullanarak istenen kaynak mukavemetini elde etme metodu işbu derin nüfuziyet kaynağı tekniğinin temel prensibini teşkil eder.

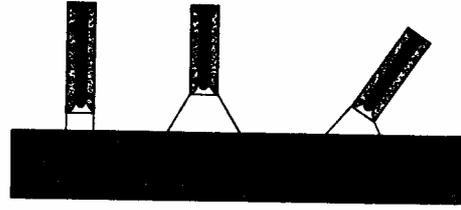
Nüfuziyet bahsim kaparken bu konuda genel etkenleri de özetleyelim.

Nüfuziyet,

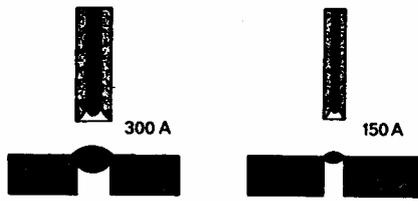
- 1) malzemenin hacim ve kalınlığı ile (şek. 54);
- 2) elektrodların tutuluş şekli ve ark uzunluğu ile (şek. 55);
- 3) akım şiddeti ile (şek. 56);
- 4) elektrod örtülerinin cinsi ile (şek.57);
- 5) ilerleme hızı ile değişir.



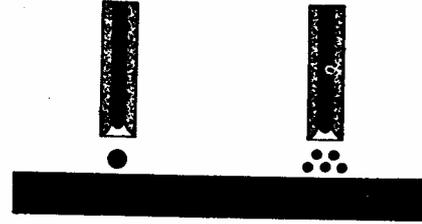
Şek. 54.



Şek. 55.



Şek. 56.



Şek. 57.

Demir tozlu elektrodlar :

Demir tozlu elektrod adı sadece ergimiş çekirdek metal ağırlığına göre verimi % 120'den büyük olan elektrodla verilir. Bunların örtüleri yüksek miktarda demir tozu içerdiğinden ergime güçleri ve verimleri öbür elektrodla rı nkinden ciddi şekilde yüksektir.

Bu elektrodla ra aynı zamanda *yüksek güçlü elektrod* adı da verilir. Bunlar sadece yatay pozisyonda, doğru veya dalgalı akımla kaynak ederler. Örtülerindeki yüksek demir tozu oranı örtüyü iletken kıldığından ark çok kolay tutuşur veya kendiliğinden tekrar tutuşur. Kaynak esnasında parçaya temas ettirilerek kullanılan elektrodla ra *kontakt elektrodu* adı verilir.

Özel tiplere, cins, örtü karakteri ve kullanma amacı itibariyle sıralanan tipler arasında bulunmayan elektrodla r da dahildir. Örneğin su altı kaynak elektrodla rı ile kesme elektrodla rı bunlardandır.

YUMUŞAK ÇELİK ARK KAYNAĞI ELEKTROD ÖRTÜLERİNİN CİNS VE İŞLEVLERİ

Aşağıdaki tabloda, örtü malzemesi olarak kullanılan 18 tür maddenin başlıca ve yardımcı işlevleri görülür. Aslında kullanılabilen madde sayısı bundan fazladır. Bunlardan 12 veya daha çoğu bir özgül örtüye katılabilir. Her madde en az bir, ve çoğu kez de birden çok amaç için kullanılır.

Örtü maddesi	Başlıca işlevi	Yardımcı işlevi
Selüloz	Koruyucu gaz	-
Kalsiyum karbonat	Koruyucu gaz	Dekapan (temizleyici)
Flüorspat	Cüruf oluşturucu	Dekapan (temizleyici)
Dolomit	Koruyucu gaz	Dekapan (temizleyici)

Titanium dioksit (rutil)	Cüruf oluşturucu	Ark stabilizatörü
Potasyum titanat	Ark stabilizatörü	Cüruf oluşturucu
Feldspat	Cüruf oluşturucu	Ark stabilizatörü
Mika	Ekstrüzyon	Ark stabilizatörü
Balçık (hidrate alüminyum silikat)	Ekstrüzyon	Cüruf oluşturucu
Silis (SiO ₂)	Cüruf oluşturucu	-
Asbest	Cüruf oluşturucu	Ekstrüzyon
Manganez oksit	Cüruf oluşturucu	Alaşım
Demir oksidi	Cüruf oluşturucu	-
Demir tozu	Metal yığıma oranı	Kontakt kaynak
Ferro-silisyum	Desoksidan	-
Ferro-manganez	Alaşım	Desoksidan
Sodyum silikat	Birleştirici	Dekapan (temizleyici)
Potasyum silikat	Ark stabilizatörü	Birleştirici

BİR GAZ ATMOSFERİ OLUŞTURARAK ERGİMİŞ METALİN KORUNMASI

İyi etüd edilmiş bir örtüyle metalin bir gaz atmosferiyle korunması sağlanabilir. Bununla birlikte, örtünün kompleks bir karışımından meydana gelmesi itibariyle arkın yüksek sıcaklığında gazın ortaya çıkışını peşinen kestirmek güçtür. Örtünün selüloz (C₆H₁₀O₅)'dan oluştuğu basit durumda arkın yüksek sıcaklığı bu selülozdan moleküler ya da atomik hidrojen gelişmesine yol açar. Bu da, nitrürlerin ayrışmalarını ve metalin bunlardan arınmasını sağlayarak mekanik karakteristiklerde belirgin bir iyileşmeye götürür:

<i>ince örtülü elektrod</i>	<i>Selülozdan oluşan ince örtülü elektrod</i>
Kopma muk. = 48 kg/mm ²	50 kg/mm ²
Uzama = %12	% 17
Çentik darbe m.= 4,3 kgm/cm ²	14,7 kgm/cm ²

ELEKTROD ÖRTÜLERİNDE SU ORANININ ETKİSİ

Bundan önce bazik elektrodların kurutulmaları zorunluluğu için bütün söylediklerimiz saklı kalmak kaydıyla aşağıdaki hususları belirtelim: Rutubetin tüm yumuşak çelik elektrodlarına zarar verici olduğu çoğu kez yanlış olarak ileri sürülür. İmalâtçıların elektrodları kuru yerlerde ambarlamak için aldıkları önlemler teşvik edilmelidir. Bununla birlikte, çoğu kez uzun bir ambarlamadan sonra yapılan yeniden kurutmanın, bazı Selülozik tipte elektrodların kalite ve çalışma koşullarını bozduğunu söyleyebiliyoruz. Gerçekten bazı elektrod tiplerinin, örtüdeki su oranının genel olarak kabul edilmiş değerinin üstünde olması halinde daha memnunluk verici sonuç verdikleri bilinir.

Yeniden kurutma sıcaklığı, örtünün cins (bileşim) ve kalınlığına bağlıdır. Organik maddeler içeren örtüler genellikle kömürleşme derecelerinin (120°C) altında bir sıcaklıkta yeniden kurutulurlar; oysa ki alçak hidrojen tiplerinde (bazik elektrodlarda) olduğu gibi inorganik madde

içeren örtülerde, bu yeniden kurutma sıcaklığı 350°C mertebesindedir. Kurutma süreci hususunda elektrod imalatçısının önerilerine uymak çok önemlidir; aksi halde elektrodlar kullanılamaz hale gelebilirler.

Örtülü elektrodların kurutma sıcaklık ve süreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir imalatçının bu husustaki önerilerine aynen uyulacaktır.

Örtü tipi	Kurutma süresi (sa)	Kurutma sıcaklığı (°C)	Düşünceler
Rutil	1	100—110	Örtünün rutubetli olması halinde sıçramalı yanar, kaynak metalinde gözenek oluşur. Normal koşullarda oda sıcaklığında saklanması yeterlidir.
Rutil	1	100—110	Yukarıdakiler gibi
Demir tozlu Bazik	2	250—300	Bazik elektrodlardaki gibi
Bazik	2	300—350	Kesinlikle kurutulması gerekir, aksi halde kaynak metalinde gözenek ve çatlaklar oluşur.

ELEKTROD KLASININ SEÇİMİ

Her ne kadar birçok örtülü elektrod tipi özgül uygulamalara uyarlılık açısından birbirine benzerse de "her işe yarar" bir örtülü el kaynağı elektrodu mevcut değildir. Bir dereceye kadar, seçilen elektrodun klası kaynak için elde bulunan alternatif ya da doğru akım menbaya bağlıdır. Elektrod seçimindeki sair etmenler şunlardır:

1. Ana metalin bileşimi
2. Kaynak pozisyonu
3. Birleşecek parçaların alıştırılmaları
4. Kaynaklı birleştirmenin çalışma koşulları
5. İstenen nüfuziyet
6. Kaynak işleminin maliyeti
7. Kaynakçının beceri derecesi.

Ana metalin bileşimi, aynı zamanda ön ve son ısıtma gereğini etkileyip elektrod seçiminde başat etmen olmaktadır. Bütün alçak karbonlu ferritik çelikler herhangi bir yumuşak çelik elektroduyla kaynak edilebilirler. Bundan istisna ancak sıcaklığın düşük olmasıdır.

Yaklaşık % 0,35'den fazla karbon içeren veya yaklaşık 42 kg/mm²'nin üstünde çekme mukavemetini haiz çelikler çoğu kez alçak hidrojenli ya da demir tozlu alçak hidrojenli örtülü elektrodlarla kaynak edilirler ve böylece de ön ve son ısıtma gereğinden kaçınılmış olur.

Kaynak pozisyonu. Dik ve tavan kaynakları, uygun elektrod klaslarını sınırlar ve terk edilen metal miktarını da genellikle azaltır. Bu nedenle de, kaynak kullanan imalatçıların çoğu, birleştirdikleri parçaları, kaynak yerde veya yatay pozisyonda olacak şekilde tertiplemeye çalışırlar; böylece her pozisyona uygun elektrod kullanabilip optimum metal terketme olanağını

elde ederler ve özellikle yatay ve yerde çalışmaya uygun elektrodların yüksek kaynak hızından faydalanırlar.

Alıştırma, Bir kaynaklı konstrüksiyonun bireysel parçalarının iyi alıştırmış olması az çok her klastan elektrodun başarıyla kullanılması olanağını verir.

Kaynaklı birleştirmenin çalışma koşulları. Elektrod klası seçimini etkiler. Yanlış bir elektrod klasının seçimi gerekli mukavemeti sağlamada yetersiz nüfuziyetli kaynaklara götürebilir.

Kaynak işleminin maliyeti, elektrod klası seçimi tarafından iki yolla etkilenir. Önce, bu seçim, terk edilen metal miktarını etkiliyor ki bu, çoğu kez, kaynak işleminin toplam maliyetinin başat etmenidir, ikinci ve genellikle daha küçük etmen, yakılan elektrodların doğruca maliyetidir.

Kaynakçı beceri derecesi. Belli bir elektrod klası ile kaynak etmede en iyi sonuç, ancak kaynakçının bu elektrodları kullanmada yetenekli olması halinde elde edilir. Yerde kaynak genellikle daha az beceri ister. Alçak hidrojenli (bazik, LH) elektrodlar, öbür tiplere göre, üstün beceri gerektirir.

ELEKTROD ÇAPININ SEÇİMİ

Birçok uygulamada en ekonomik işlemin gerçekleştirilmesi, elektrod klasının olduğu kadar elektrod (çekirdek teli) çapının seçimine bağlıdır. Bu sonuncusunda başlıca mülâhazalar birleşmenin dizaynı, kaynak tabakasının kalınlığı, kaynak pozisyonu, müsaade edilen ısı girdisi ve kaynakçının becerisinden ibarettir.

Bir birleşmenin boyutları ya şartnameler, ya da deneyle niteliği saptanmış kaynak süreçleriyle belirlenir. Şartnamelere uymak için gerekli paso sayısı geniş ölçüde birleşmenin dizaynı, elektrodun çapı, iş parçasının kalınlığı, kaynak pozisyonu ve kaynakçının beceri derecesine bağlıdır.

Örtülü elektrodların bütün klasları çok pasolu kaynaklara uygundur. Bazı birleştirme tipleri ve kaynak pozisyonları için değişik pasolarda kullanılacak uygun elektrod çapları aşağıda verilmiştir:

1. Kökte iyi bir ergimenin istendiği boru kaynakları (ya da başka benzer tipte işler) için ilk pasoyu $\phi 3,2$ veya $\phi 4$ mm'lik elektrod önerilir. Geri kalan pasolarda bütün pozisyonlar için $\phi 4$ mm veya $\phi 5$ mm'lik elektrodlar kullanılabilir; yerde yatay pozisyonda kaynak için $\phi 5$ mm veya daha büyük elektrod önerilebilir.
2. Alttan destek lamasını haiz olan veya alttan taşlanabilen veya keski ile temizlenebilen V veya X birleştirmelerinin yerde yatay pozisyonda kaynağında $\phi 4$ mm'lik elektrod birinci paso, $\phi 5$ mm veya daha büyük elektrod da geri kalan pasolar için kullanılabilir.
3. Yere yatay köşe kaynaklarında $\phi 4,5$ veya 6 mm elektrodlar iyi sonuç verir. Daha büyük çaplı elektrodlar parçanın ilâve ısıya izin verecek kadar kalın olması halinde kullanılabilir.
4. Yerde yatay dışındaki pozisyonlarda köşe ya da küt alın kaynağında $\phi 5$ mm'lik elektrod, pratik olarak kullanılacak en büyük çaplı elektroddur. Çoğunlukla ilk paso $\phi 4$ mm'lik elektrodla çekilir.
5. Genellikle, dik ve tavan kaynaklarında kullanılan alçak hidrojenli (LH) bazik elektrodların çapları $3,2$ ve 4 mm olup yerde yatay pozisyonlarda 5 mm veya daha büyüktür.

ELEKTRODLARIN METAL TERKETME ORANLARI

Herhangi bir özgül örtülü elektrod klası için terk edilen metal oranları her şeyden önce elektrodun kullanıldığı akımı şiddeti ayarının bir fonksiyonudur. Elektrodun tip ve çapı ve kaynak pozisyonu, kullanılacak olan güç tipi ve akım şiddeti alanını saptar. Kaynak elektrodu imalâtçıları, ürünlerinin kullanılacağı her kaynak pozisyonu için akım şiddeti alanını önerirler.

ARK UZUNLUĞU

Bir elektrodun ucu, ergimiş metalin elektrodan doğruca ve hassasiyetle kaynak banyosuna intikalini sağlamaya yetecek kadar iş parçasına yakın olmalıdır. Ark uzunluğu, yani elektrodun ucuyla kaynak banyosu arasındaki mesafe, örtünün bir tasarlanmış fonksiyonu ise de bazı kaynak koşulları altında değişiklikler gerekebilir. Genellikle ark uzunluğu, elektrodun çekirdek teli çapını aşmayacaktır. Kaynakçılar bu kaideden ancak beceri ve deneyimleri ölçüsünde sapacaklardır. Çoğunlukla ark uzunluğu, kalın örtüyü haiz elektrodalarda daha kısa olur. Bu ark uzunluğunun sabit tutulması başlıca, kaynakçının marifetine bağlı olup bu da onun bilgisi, gözünün seçme kabiliyeti, elini kullanma yeteneği ve deneyiminin ürünüdür.

Arkın uzunluğu geniş ölçüde ark gerilimini kontrol edip kaynak hız ve verimini doğruca etkiler. Daha kısa ark, akım şiddetinde bir artışa olanak sağlayıp böylece terk edilen metal miktarlarında ve dolayısıyla kaynak hızında bir artışa götürür. Bir ark fazla uzun olursa, ısı havaya yayılır, elektrodan ergimiş metal akışı, kaynak püskürmesi şeklinde dağılır ve metal terk etme miktarı azalır. Bunlardan başka, ark üflemesine eğilim ve koruma kayıplarından dolayı süngerleşme, ark boyu arttıkça, fazlalaşır. Doğru akımla kaynakta, ark üflemesini ve havanın bulaşmasını asgariye indirmek üzere, ark boyu mümkün olduğu kadar kısa tutulur.

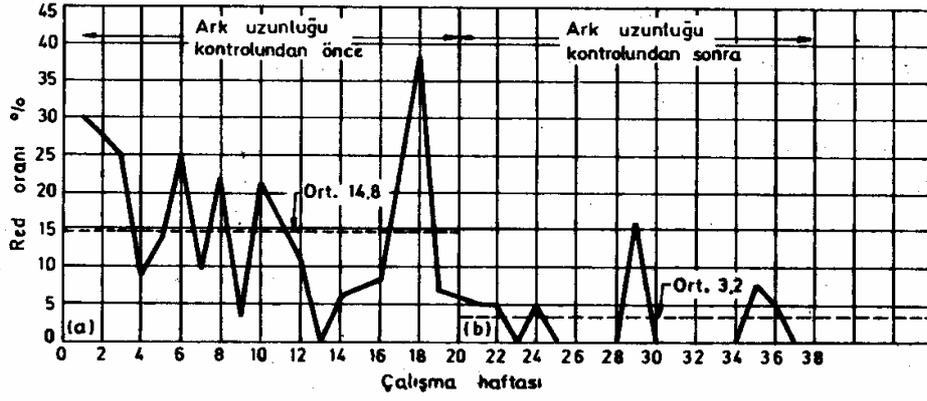
Dik ve tavan kaynağında ark boyunun kontrolü kaynakçının daha büyük dikkat ve yerde yatay kaynağa göre daha büyük becerisini gerektirir. Tavan kaynağında sadece bazı elektrod tipleri kullanılabilir ve kaynakçı, metal terketme sırasında, kaynak banyosunun kontrolünü sağlamak üzere ark boyunu ayarlayacaktır.

Köşe (tekne) kaynaklarında ve iyi hazırlanmış (alıştırılmış) boru alın kaynaklarının kök pasolarında ark kolaylıkla, azami hız ve nüfuziyet için, birleştirme yerinde toplanabilir. Ark uzunluğunun kontrolünün önemi, aşağıdaki örnekte belirgin olmaktadır.

Kaynaklı boru birleştirmelerinde gözenek (süngerleşme), kaynakların reddedilmesini mucip oluyordu. Bu reddedilen boru kaynağı oranı, 19 haftalık bir süre içinde ortalama % 14,8 olup % 40 kadar yüksek bir azami arz etmiştir (şek. 58 a). Araştırmaların, gözeneklerin kısa bir ark boyu tutmada (alçak gerilim için) kusurdan hasıl olduğunu göstermesi üzerine ark boyu kontrol altına alınmış, 18 haftalık bir yeni süre içinde ortalama ret oranı % 3,2'ye düşmüş, bu sürenin 12 haftasında ise hiç reddedilen kaynak olmamıştır (şek. 58 b).

ELEKTRODLARIN ÇALIŞMA KARAKTERİSTİKLERİ

Bir elektrodun ergimesi için gerekli elektriksel karakteristiklerin, akım şiddeti ve gerilimin, birçok etkene, özellikle elektrodun çapına, örtüsünün cins ve kalınlığına bağlı olduğunu gördük. Bu bağlamda Ebrun, I akım şiddetinin maksimum değerini, elektrod çapının fonksiyonu olarak veren bir deneysel formül saptamıştır.



Şek. 58 — Kaynaklı boru birleştirmelerinde ark uzunluğu kontrolünden önce ve sonra gözenek (süngerleşme) nedeniyle haftalık red oranlarının kıyaslanması.

$$I = \left(k - \frac{d}{10} \right) (d^2 + 4d) \quad (1)$$

Burada k , elektrod metaline bağlı bir sabite olup yumuşak çelik için $k = 4,1$ 'dir. d ede elektrodun mm cinsinden çapıdır.

Aşağıdaki tabloda (tablo I) çeşitli çap ve örtü kalınlıklarındaki elektrodların ergitilmesi için pratik olarak uygulanan akım şiddetleriyle, sağdaki son sütunda (1) formülüyle bulunan akım şiddetleri verilmiştir.

TABLO – I

Elektrod ϕ	İnce Örtü	Orta kalınlıkta örtü	Kalın örtü	(1) formülüne göre hesaplanmış akım şiddeti
(mm)	(A)	(A)	(A)	(A)
2	40	45	55	47
2,5	60	70	80	62,5
3,2	95	105	115	89
4	130	140	150	118
5	165	180	200	162
6	200	235	260	210
8	260	310	340	317

Aynı şekilde U_f rejim gerilimi de yine deneysel olarak saptanmış :

$$U_f = k' + l \frac{d I}{10 s} \quad (2)$$

formülü ile bulunur. Burada

k' , elektrod metaline bağlı bir sabite olup çelik için $k' = 12$ dir;

l , mm cinsinden ark uzunluğu;

I/s , akım şiddetinin yoğunluğu olup I , amper olarak akım şiddeti, s de cm^2 olarak elektrod kesitidir;

d de mm cinsinden elektrodun çapıdır.

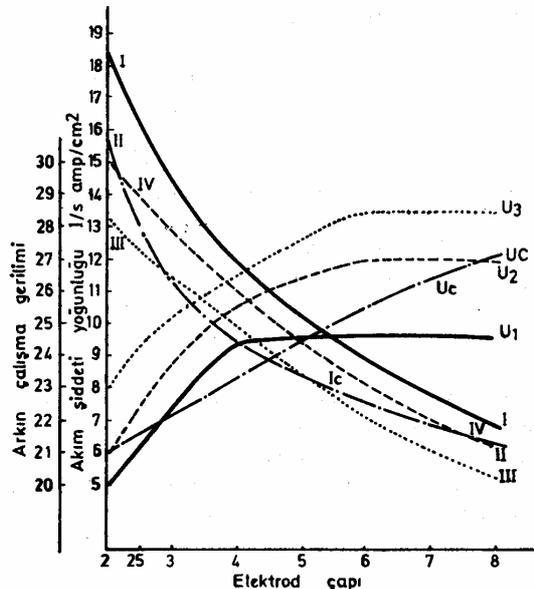
3 mm'lik bir ark uzunluğu varsayıldığında, çeşitli çap ve örtü kalınlığında elektrodlar için U_f rejim gerilimleri verilmiş (tablo II), sağdaki son sütunda da bunun (2) formülü ile hesaplanmış değerleri gösterilmiştir.

TABLO — II

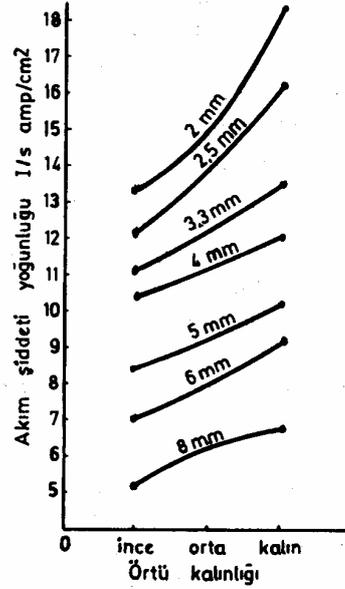
Elektrod							(2) formülüne göre hesaplanmış değerler	
çapı mm	ince örtü I/s	$v_f(v)$	Orta kalınlıkta örtü Vs		Kalın örtü I/s	Vs	$U_f(V)$	
2	13,3	20	15	21	18,3	23	15,7	21
2,5	12,2	21	14	22,5	16,3	24,2	12,8	21,6
3,2	11,2	23	12,3	24,3	13,5	25,5	10,5	22
4	10,4	24,5	11,2	25,5	12	24,6	9,5	23,4
5	8,4	24,6	9,2	25,8	10,2	27,3	8,4	24,6
6	7,1	24,8	8,4	27	9,2	28,5	7,5	25,5
8	5,2	24,5	6,2	27	6,8	28,3	6,3	27,1

Tablo II'nin incelenmesinden aşağıdaki gözlemler ortaya çıkar:

- a — Belli bir örtü kalınlığı için I/s akım şiddeti yoğunluğu, elektrod çapı arttığında, göreceli olarak basit bir kanuna göre azalıyor (şek. 59'da I, II, III eğrileri);
- b — Belli bir elektrod çapı için, örtü kalınlığının artması, akım şiddeti yoğunluğunun artmasını sonuçlandırıyor (şek. 60'daki eğriler);
- c — (1) akım şiddeti formülüne göre hesaplanmış I/s'in değişmesi, daha çapraşık bir şekil arzeder (şek. 59, IV eğrisi);
- d — Aynı kalınlıkta, aynı cins örtü halinde gerilim başlangıçta yavaş yavaş belli bir değere ulaşır, sonra elektrod çapı artsa da gerilim bundan böyle sabit kalır (U_1, U_2, U_3 eğrileri);
- e — Örtü kalınlığı arttığında, rejim gerilimi de birlikte artar;
- f — (2) formülü gereğince hesaplanmış U_c rejim gerilimi, az çok lineerdir (şek. 59'da U_c eğrisi).



Şek. 59 — Akım yoğunluğu ve akım geriliminin örtünün fonksiyonu olarak değişmesi



Şek. 60 — Akım yoğunluğunun örtü kalınlığının fonksiyonu olarak değişmesi.

KAYNAK METALİ YIĞILMASININ MEKANİZMASI

Ergimiş ilâve metalin geçiş ve banyoda tutulmasında birçok kuvvet, değişik derecelerde, bahis konusu olur. Bunlardan bazıları aşağıdadır:

1. *Buharlaştırma ve yoğunlaşma* — Arkta mevcut enerji, arkın arasından geçen toplam metal miktarının sadece bir küçük yüzdesini buharlaştırmaya yeterlidir. Bununla birlikte buharlaşmış metalin bir bölümü, elektrod ucundan çok daha aşağı sıcaklıkta olan ergimiş banyo içinde yoğunlaşmış olur. Buharlaşmış metalin bir bölümü çevredeki havaya kaçar, oksitlenir ve duman şeklinde belirir. Metalin bir bölümü de, damlacıklar halinde kaynağın dışına, püskürme şeklinde atılır. Ama metalin çoğunluğu elektroddan iş parçası üzerine geçer.

2. *Yer çekimi* — Yer çekimi, metalin ark içinden iş parçasına intikal ettirilmesinde önemli bir etmen değildir. Bir elektrodun ergime derecesi, kaynak yerde yatay ya da tavanda da olsa, pratik olarak aynıdır. Mamafih, yerde kaynakta verim, püskürmelerin bir kısmının ergimiş banyoya düşmesi itibariyle, tavan kaynağına göre hafifçe yüksek olur zira bu sonucunda püskürmeler tamamen kaybolur.

3. *Sıkma (kıstırma) etkisi* — Bazı elektrod tipleri, metallerinin bir bölümünü, bir taraftan elektrod ucuna bağlı kalırken öbür taraftan iş parçasına degecek kadar iri damlalar halinde geçirir ki böylece bir süre bir kısa-devre vaki olur. Bu kısa-devre süresi içinde bu ergimiş damlanın içinden geçen yüksek akım şiddeti, ergimiş damlayı sıkıp (kıstırıp) onu elektroddan ayırmaya meyleden bir radyal magnetik sıkma kuvveti hasıl eder. Bu etmen, iri damla ile geçiş ve bunun sonucunda sık kısa-devreler dolayısıyla çıplak tel. ve rutil tipi örtülü elektrodlarda önemlidir.

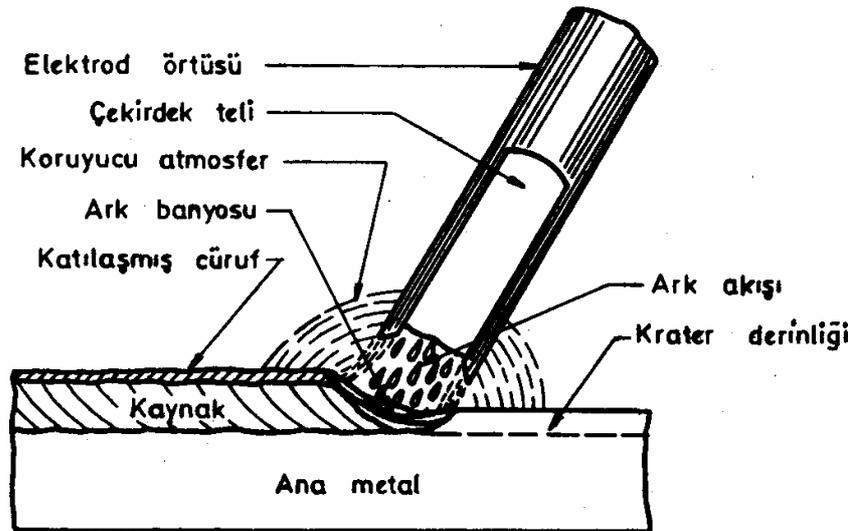
4. *Yüzey gerilimi* — Bir damla, arkı kısa-devre ettiğinde, yüzey gerilimi metali ergimiş banyoya sevk edip onu orada tutmada önemli rol oynar. Metal geçişi küçük kitleden büyüğüne doğru olduğundan burada kitle ısı etkisi de bahis konusu olur. Mamafih kısa-devrenin mevcut olmadığı durumda, damlacıkları ayırıp onları fırlatmak için kuvvet uygulamadığından, yüzey gerilimi bahis konusu olmaz.

5. *Elektrod örtülerinden gaz akışı* — İyonize olmuş gaz akışının hız ve hareketi, ark aralığı

içinde küçük zerrelere aynı yönde bir hareket ve hız verme eğiliminde olur. Bununla birlikte, örtülerinde az gaz hasil eden bileşkenler bulunan elektrodlar da metalin yüksek hızla, çok sayıda küçük zerrelere halinde ark aralığının içinden geçmesine olanak sağlayan ark karakteristiklerini haizdirler. Özellikle Selülozik elektrodlarda bol olan bu iyonize olmuş gazlar örtü ucunun teşkil ettiği huniden iş parçasına doğru kaçmaya ve beraberlerinde de sıvı metal damlacıkların sürüklemeye meylederler.

6. *Çekirdek telinden karbon monoksit çıkışı* — Metal geçişi için bu anlatım şekli elektrodun ucunda metalin ergimesi sırasında karbon monoksidin hasil olduğu varsayımına dayanır şöyle ki bu gaz, ergimiş metali elektrodun ilerisine fırlatan minyatür patlamalar hasil eder. Bu kuram, çok üstün safiyette demir veya döküm kaynağı sırasında tamamen desokside edilmiş çelikten çıplak tel elektrodların tavan kaynağında memnuluk verici şekilde kullanılmadıkları olgusuna dayanır. Bu da, metal geçişi, püskürme ve krater oluşmasının nedenlerinden birinin ergimiş çelikte işbu dekarbürasyon reaksiyonu olduğunu gösterir gibidir. Çekirdek telinde bulunan sair gaz haneleri de, karbon monoksidin yaptığı gibi genişip elektrod ucunda patlarlar ve beraberlerinde metal küreciklerini sürüklerler. Bu gazların mekanik etkisi önemli olup bunlar redükleyici olduklarından (hidrojen ve karbon monoksidi) metalürjik etkileri de önemini korumaktadır.

ARK KRATERİ



Şek. 61.

Kaynak işlemi durduğunda, ark basıncının meydana getirdiği boşluğu doldurmak için yeter miktarda ergimiş metal mevcut değilse bir krater meydana gelecektir. Ark kraterleri bir kaynak hatası olabilir zira son metal yüksek gerilme altında katılaşmakta ve çok miktarda yabancı maddenin toplandığı bir yer teşkil etmektedir. Bu durum sıcak çatlamalara ve hizmet sırasında aksaklıklara yol açar.

Büyük oyuklar derin nüfuziyetli elektrodlar ve yüksek akım şiddetleri, küçük oyuklar ise alçak şiddette akımlar ve yüksek derecede stabilize elektrodlarda meydana gelirler. Kaynak koşullarının çoğunda nüfuziyet derinliği ark basıncına bağlıdır, zira ana metal ergidikçe, arkın buhar kuvvetiyle kenara itilmektedir.

Ark boşluğunu doldurabilecek ergimiş metal miktarı kaynak edilen parçanın hasıl edebileceği su verme yani dikişi soğutup banyoyu katılaştırma etkisi ve arkın söndürülmesi sırasında ergimiş metalin ark oyuğuna göre pozisyonuna bağlıdır. Kraterlerin doldurulmasında en önemli faktör ağırlık etkisidir.

METALÜRJİK BÖLGELER

Kaynak metali diye kaynak esnasında ergimiş olan ana ve ilâve metale denir. Isıdan etkilenmiş bölge ise kaynak ısısı yüzünden metalürjik olarak değişime uğramış ana metal kısmıdır ve birbirinden ayrı üç bölgeden meydana gelir:

- 1 — Ana metalin kritik sıcaklığın çok üstüne ısıtıldığı ve tanelerin irileştiği kaynak dikişine yakın bölge.
- 2 — Ana metalin kritik sıcaklığın hemen üzerine ısıtıldığı ve tanelerin incilmesi için yeterli çabuklukta soğutulduğu ince tanecikli bölge.
- 3 — Etkilenmemiş metale geçiş bölgesi. Burada sıcaklık kritik değere erişmemiştir.

