

## BAHİS III

### ELEKTRODLAR

Bu el kitabında sadece elle yapılan ark kaynağında kullanılan örtülü elektrodlerden bahsedeceğiz.

Bir örtülü elektrod iki kısımdan müteşekkildir:

**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-alaşım) ve bağlayıcı vazife gören silikatların kompleks bir karışımından meydana gelir.

Örtünün terkinde genellikle bulunan sodyum ve potasyum tuzları, metalik oksitler, karbonatlar vs. gibi maddelerin iyonlaştırıcı etkisi elektrod ucu ile kaynak edilecek parça arasında, yani anotla katot arasında, dalgalı akım geçişini hayli kolaylaştırır. Tutuşturma esnasında aradaki hava tabakası kaynak makinesinin  $E_0$  boşta gerilimi tarafından «delinir». Her elektrod tipi kendine özgü bir iyonlaşma potansiyelini, yani  $E_t$  tutuşturma gerilimini haizdir. Arkın kararlılığını idame edecek şekilde ergime sürekliliğinin temin edilmesi için

$$E_0 > E_t \text{ olmalıdır.}$$

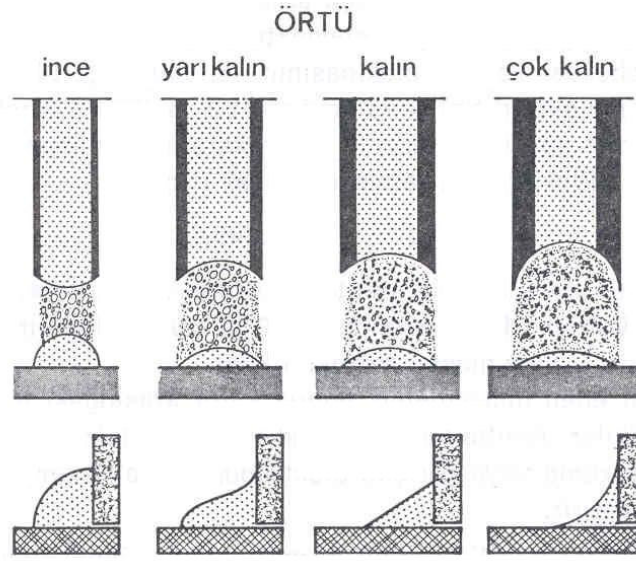
Bu itibarla örtü, arkın kararlılığını temin etmenin yanı sıra dalgalı akımda 40 ile 80 Voltluk, doğru akımda da 40 ile 50 Voltluk bir boşta çalışma geriliminin kullanılmasını mümkün kılar.

Örtüyü teşkil eden malzemeler, anotla katot arasındaki toplam enerji dağıtımını etkiler. Anotla katot arasında ark enerjisini eşit şekilde bölecek her malzeme veya karışım elektrodun dalgalı akımda kullanılma imkânlarını artırır.

Böylece örtünün elektrikî rolünü görmüş olduk. Şimdi onun mekanik, fiziksel ve metalurjik görevlerini izah edelim.

- Örtü, çekirdekten daha geç ergidiğinden, elektrodun ucunda az çok derin bir krater hasıl olur (Şek.10). 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 bariz ve derindir.

- Örtünün ergiyerek kaynak dikişi üzerinde teşkil ettiği cürufun miktarı, yoğunluğu, katılma noktası ve viskozite (lüzuciyet) sınırları dikişin alacağı şekli etkiler. Meselâ 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 da «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 hattı iç bükey olur (Şek.20).



**Şek. 20**

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 evvel 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 yığılmak 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 terkip ve metalik karakteristikler bakımından kaynak kontrüksiyonlardan beklenen şartları 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, kırılmalık (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 olanı** 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 (yeknasaklık) elde edilebilir. Pratikte en çok karşılaşılan, kopma mukavemeti 37 ile 44 Kg/mm<sup>2</sup> olan yumuşak çeliklerin kaynağında dikiş metali mukavemetinin 48 Kg/mm<sup>2</sup>'yi geçmemesi tavsiye edilir. Bilhassa 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 talî gerilmeler yüzünden, gerekse soğuma çekmesi sebebiyle çatlama ihtimali yükselir.

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: dalgalı, 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 mukabil hepsi dikey yüzeyde yatay, dik ve lavan kaynaklarına uygun değıllerdir.
- c) Eldeki kaynak makinesinin verebildiğı azamî ve aşarî 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 şuai denemesinde).
- f) Çalışma şartına göre az veya fazla duman neşretmesi vs.

3- İktisadî hususlar. Bunlar, elektrodun fiyatından başka şöyle sıralanır:

- a) **Ergime katsayısı**, yani amper başına dakikada eriyen metal miktarı (gram). Birçok elektrod tipinde bu katsayı elektrod çapına bağılı değıldir.
- 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 kaybını** teşkil eder. Bu da aşağıdaki kayıpların toplamıdır:

Elektrodun kullanılmayan kocanı;

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 tedbirler ve rutubet emmiş olmaları halinde de, kullanmadan evvel bunların kurutulması için gerekli masraflar.

## ELEKTRODLARIN SINIFLANDIRILMASI

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

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

Örtüsüne göre sınıflandırılmış bu her tip elektrodun özellikleri şöyledir:

### **Titandioksit (Rutil) elektrodlar (Ti):**

Bunlar örtülerinde esas madde olarak çoğunlukla Rutil şeklinde bulunan titandioksit veya ilmenit (demir ve titan oksidi) ihtiva ederler. 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 intikali, örtü kalınlığına göre değişir, ince örtüde iri damlalı, kalın örtüde de ince damlalı olur. Mamefih 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.

Bu elektrodlar doğru (genellikle eksi kutupta) ve dalgalı akımla ve her pozisyonda kaynak eder. Aralık doldurma kabiliyeti ince ve orta örtü kalınlığında çok iyi, kalın örtülerde İyi ve her halde, tekabül eden asit elektrodlarından daha iyidir. Sıcakta çatlama hassasiyeti, aynı miktarda manganez ihtiva eden asit elektrodunkinden daha azdır. Rutilin rolü daha çok iyonlaşmayı arttırmak olduğundan bunlarda ark çok kararlı, tutuşması kolay ve dalgalı akımda bile ark gerilimi nispeten düşük olur ( $E_0 = 40 - 45$  V). Dikiş düzgün manzara arz edip bombesi azdan düze kadar değişir. 4 mm çapa kadar olan elektrodlarla dik yüzey ve tavan kaynağı yapılabilir.

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

### **Asit elektrodlar (Es)**

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 çatlamaya hassas

olması halinde bu elektrodların kullanılması tavsiye edilmez. Aynı sebepten sıçrama kayıpları fazlaca olur ve dolayısıyla elektrod verimi nispeten düşüktür. Yatay pozisyonda kaynağa 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 desoksidanları ihtiva eder. 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 dalgalı akımda kaynak eder ve en iyi yatay pozisyonda kaynağa uygundur. Aralık doldurma kabiliyeti orta derecede olduğundan kaynak ağızlarının iyi hazırlanması ve parçaların birbirlerine iyi alıştıırılması gerekir.

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 beraber röntgen muayenesine tabi tutulacak kaynaklarda kurutulmaları gerekir.

### **Oksit Elektrodlar (Ox)**

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

Örtüleri genellikle kaim olup çoğunlukla demir oksidi ve bazen de mangan oksidi ihtiva eder. Ark içinde metal geçişi ince yağmur halinde olur. Kuvvetli asit karakterli, demir oksidi ihtiva eden bir cüruf verirler, örtü kuvvetli oksitleyici tesiri 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 dalgalı akımda çalışabilir ve en çok yatay pozisyonda kaynağa elverişlidir. Aralık doldurma kabiliyeti fena olduğundan parçalar iyi alıştıırılmalıdır. Bilhassa güzel ve düzgün görünüşlü dikişler arzu edildiği zaman tavsiye edilir. Birleştirmenin mekanik karakteristikleri zayıftır. İç köşe kaynaklarında iç bükey şekli arz eden dikiş, sünek olmakla beraber, dövülemez.

Bu tip elektrodlar uç uca (bilhassa birkaç pasolu) kaynaklara elverişsizdir. Rutubete hassas olmadıklarından kolaylıkta muhafaza edilebilirler.

### **Bazik elektrodlar (Kb)**

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

Örtü yüksek miktarda kalsiyum ve sair toprak alkali karbonatları ve feldspat ihtiva eder. 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 çatlamaya meyli yoktur. Bu elektrodlar bilhassa düşük alaşımli 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  $0^{\circ}\text{C}$ 'ın altında sıcaklıklarda çentik darbe mukavemeti bilhassa iyidir. Örtü higroskopik (rutubete hassas) olabileceğinden bu elektrodların kuru mahallerde muhafaza edilmeleri gerekir. Rutubet almış olmaları halinde en az yarım saat müddetle  $250^{\circ}\text{C}$ 'da kurutulmaları lâzımdır. 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 İntikal bölgelerinde kıl çatlakları meydana getirebilir). 100 gr. dikiş malzemesinde azamî 5 cm" 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 sığağa mukavim kılmasını önlemek üzere ilâve edilen kalsiyum flüorürün (**spath flüor**) neşrettiği buharların tahriş edici ve hatta zararlı olmasındadır.

Bu itibarla dar sahalarda bazik elektrodlarla yapılacak kaynaklarda ciddi tedbirlerin alınması gerekir.

Bu elektrodların bir başka mahzuru da rutil gibi iyonlaştırıcı maddelerin az miktarda bulunması sebebiyle arki devam ettirmedeki güçlüktür. Bu sebepten bu bazik elektrodların yakılmasında özel bir tecrübe veya eğitim gereklidir; bunlar ancak usta kaynakçılar tarafından ya kılabilir.

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

Emaylama esnasında hidrojen intişarı kabarcıklar hasıl ettiğinden dikiş malzemesinde bu gazın az bulunması keyfiyeti, bazik elektrodları sıcakta emaylanacak saçların kaynağına bilhassa elverişli kılar.

### **Sellülozik elektrodlar (Ze)**

Bunlar az cüruf bırakan, her pozisyonda kaynak eden elektrodlar olup bilhassa zor pozisyonlarda çalışmaya uygun elektrodlardır. Örtülerinde %10'dan fazla yanabilen organik (uzvî) madde (ağaç veya pamuk sellülozu), tabiî silikatlar ve redükleyici ferro-alaşım lar ihtiva eden, 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. Bilhassa 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 mahzuru ileri sürülür.

Çok duman neşrederler. Bunları meselâ kazan, depo vs. gibi kapalı hacimdeki işlerde kullanmaktan kaçınmalıdır.

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

Cürufunun metalurjik etkisinin diğer tiplerinkine nazaran az olmasına mukabil selülozun uçuculuğundan ötürü meydana gelen gaz kılıflı, havada bulunan gazlara karşı belirli bir koruyucu tesiri haizdir.

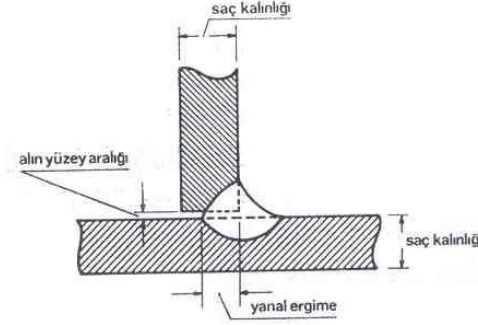
Bu karakteristiklerin toplamı sayesinde bu elektrodlar pipe-line kaynaklarının kök pasolarında kullanılır.

### **Özel elektrodlar (So)**

Derin nüfuziyet elektrodları (Tf)

Bu gruba sadece aşağıda tarifi yapılan kaynaklara elverişli elektrodlar dahil edilir:

- a) Her iki tarafına birer paso çekilecek bir alın (I) dikişi yapılacaktır. Sac en az elektrod çekirdek çapının iki misline 2 mm ilavesi ile elde edilen kalınlıkta olacaktır ( $2d+2mm$ ). Alın yüzeylerinin arasında da 0,25 mm'den fazla bir açıklık olmayacaktır. Her iki taraftan kaynak edildiğinde iki taraftan ergimiş alan (sahife 8'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 misli olan iki saçın köşe kaynağı, aralarında en fazla 0,25 mm alın yüzey aralığı olmak şartı ile, yapıldığında yan al ergime derinliği 4 mm'den az olmayacaktır (Şek.21).

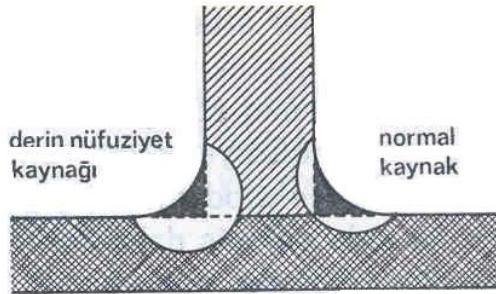


Şek. 21

Derin nüfuziyet elektrodları, örtülerinin yukarıda zikredilen karakteristiklerine (Ti'den Ze'ye kadar) göre başta Tf olmak üzere işaretlenirler (örneğin Tf Ti). Bu karakter belirtilemiyorsa <Özel tip> So işareti kullanılarak TfSo şeklinde gösterilir.

Bunlar daima kalın örtülü olup örtüde fazlaca miktarda organik madde bulunur. Derin nüfuziyet kaynağı (Deep-welding), klâsik ark kaynağı usullerine nazaran işlemin hızını arttıran, gerekli kaynak mukavemetini elde etmek için daha yüksek ark nüfuziyetinin üstünlüklerinden istifade eden ve netice itibariyle kaynak eyleminin maliyetini düşüren bir ark kaynağı tekniğidir. Köşe kaynaklarında buna «derin köşe kaynağı (deep-fillet welding)» denir. Derin nüfuziyet kaynağının başlıca özellikleri şunlardır:

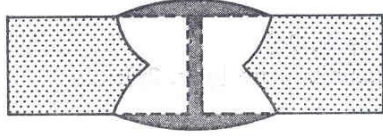
Daha az metal yığılır. Daha derin nüfuziyet elde ederek kaynak edilmiş birleşmede klâsik usullere nazaran ana metalde daha az ergimiş kısım ve daha az elektrod metalini bulunur. Meselâ bir köşe derin nüfuziyet kaynağında, yığılan elektrod metalinin kesiti %50, bunun için gerekli işçilik saati de %59 oranında az olur. Şek.22'de bu durum belirlenir. İnce taranmış kısım yığılan elektrod metalini birleşmenin geri kalan kısmı da kaynak olmuş ana metalleri gösterir.



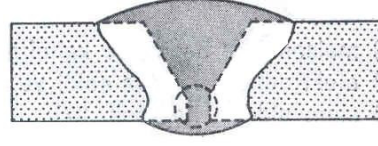
Şek. 22

10 mm kalınlıkta 2 levhanın derin nüfuziyetle düz alın kaynağı ile (Şek.23) bunların V kaynak ağzı içine normal kaynağı (Şek.24) arasındaki kıyaslamada da derin nüfuziyet kaynağında yığılan elektrod metalinin yine %50, işçiliğin de bu kere %78 oranında az olduğu görülür. Kaynak ağzı açılmamıştır, kök pasosu tersten taşlanmamıştır.





Şek. 23 - dakikada 23 cm kaynak



şek. 24 - dakikada 5 cm kaynak

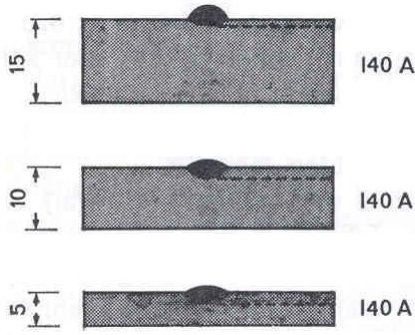
V, U ve benzeri dikişlerde kaynak hızı kaynak ağzını doldurmak üzere elektrod metalinin yığılma oranı ile saptanır. Metal yığılma oranı kullanılan akımla orantılı olduğundan akım şiddetini arttırarak kaynak hızı orantılı olarak arttırılır. Yukarıdan aşağı dik kaynakta akımı sınırlayan faktör genellikle dikişin görünüşünden ibarettir. Derin nüfuziyet kaynağında kaynak hızı akım şiddeti (amperaj) ile orantılı değildir zira bu hızı sınırlayan faktör cürufun kaynağı takip edip örtebilmesi nispetidir. 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.

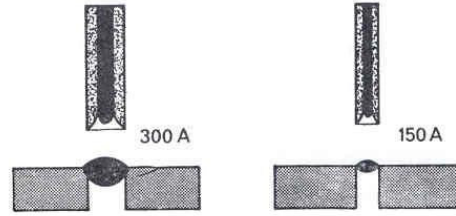
Senelerce devam etmiş bir inancın aksine olarak daha hızlı kaynağın daha derin nüfuziyet temin ettiği anlaşılmıştır. Daha yavaş kaynakta daha fazla elektrod metali yığılma meyli vardır. Daha yüksek kaynak hızı ile elde edilmiş daha derin nüfuziyetli bir kaynakta dikiş daha küçük görünürse de mukavemeti, 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 arttırarak mukavemete zarar vermeden kaynak hızı arttırılabilir.

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 bahsini kaparken bu konuda genel etkenleri de özetleyelim. Nüfuziyet

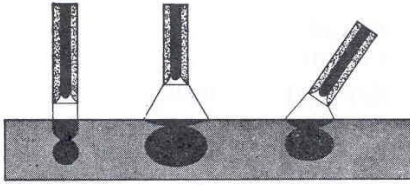
- 1) Malzemenin hacim ve kalınlığı ile (Şek.25);
- 2) Elektrodların tutuluş şekli ve ark uzunluğu ile (Şek.26);
- 3) Akım şiddeti ile (Şek.27);
- 4) Elektrod örtülerinin cinsi ile (Şek.28);
- 5) İlerleme hızı ile değişir.



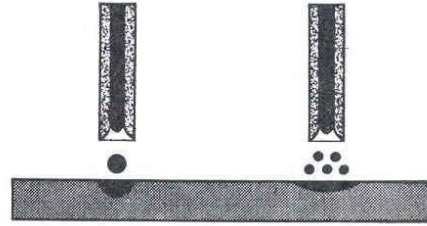
Şek. 25



Şek. 26



Şek.27



Şek.28

### Demir tozlu elektrodlar (Fe)

Fe işareti sadece ergimiş çekirdek metal ağırlığına kıyasen verimi %120'den büyük olan elektrodla verilir. Bunların örtüleri yüksek miktarda demir tozu ihtiva ettiğinden ergime güçleri ve verimleri diğer elektrodla rı nkinden ciddi şekilde yüksektir.

Fe işaretinin yanına, demir tozundan sonra örtüde ağırlığı olan maddenin işareti konur (örneğin FeTi, FeKb vs. gibi).

Bu elektrodla rla 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 rla kontak elektrodu adı verilir.

Özel tiplere, cins, örtü karakteri ve kullanma gayesi itibariyle Ti'den Ze'ye kadar sıralanan tipler arasında bulunmayan elektrodla r da dahildir. Örneğin su altı kaynak elektrodla rı ile kesme elektrodla rı bunlardandır.

### İŞARETLEME

İşaretleme kullanıcıya elektrod seçimini ve kullanımını kolaylaştır-malı ve kaynağın kalite, ekonomiklik ve emniyetini sınırlamalıdır.

Almanya'dan dış memleketlere satılan elektrodların işaretlenmesi üç kısımda olup aralarında bolü çizgisi bulunur. Birinci kısım sınıflandırmayı, ikinci ve üçüncü kısımlar da ISO işaretlemesinin en önemli kısım ve bu normun numaralarını ihtiva eder.

İşaretleme aşağıdaki sıraya göre yapılır:

- a) Elektrik ark kaynağının işareti olan E harfi;
- b) Elektrod tipinin işareti (yukarıda gördüğümüz örtü karakterlerine göre);
- c) Aşağıda göreceğimiz elektrod klâsı;
- d) Aşağıda göreceğimiz örtü kalınlığı işareti;
- e) Aşağıda göreceğimiz sadece kaynak malzemesinin mekanik değerleri (çekme mukavemeti, uzama, çentik darbe mukavemeti). Bunlar uluslararası kaynak malzemesi deneme normuna göre üç rakamla ifade edilir.
- f) Yine aşağıda göreceğimiz kaynak pozisyonu ve akım şeklini gösteren iki rakam;
- g) Bu normun numarası.

Derin nüfuziyet ve demir tozlu elektrodlar daima çok kalın örtülü olduklarından bunlarda örtü kalınlığı işareti bulunmaz. Derin nüfuziyet elektrodlarında kaynak dikişine çok miktarda ana metal karıştığından bunlarda kaynak malzemesinin mekanik değer işaretleri bulunmaz. Bunlarda kaynak pozisyonu ve akım şekli işareti olarak da sadece ark geriliminin değeri yazılır.

### **Elektrod klâsı**

Belirli çelik cinslerinin kaynağı için elektrodlar, Romen harfleri ile gösterilen I'den XIV'e kadar 13 klâsa ayrılmıştır (Klas IV ve VI'ya ait elektrodlar artık imâl edilmediklerinden bu klâslar tasnife dahil edilmemiştir). Bu klâs ayırımı aynı zamanda kaynak birleştirmesindeki asgarî mekanik değeri de öngörür.

Elektrodların klâs ayırımı ve kullanma sahaları aşağıdaki tabloda (Tablo I) verilmiştir. Çeşitli çelik cinsleri için bir elektrod klâsının kullanma sahası kalın karelerin içinde kalır. Bu karelerden deneme değerini ihtiva etmeyenlerde de elektrod klâsı kullanılır, ancak hiç bir deneme değeri garanti edilmez.

Kaynak birleştirmesinin mukavemeti en az yapı çeliğinin asgarî mukavemetine eşit olacaktır; St 70-2 çeliğinde bu mukavemet %10 kadar düşük olabilir. Eğme açısı ve çentik darbe mukavemeti için verilmiş deneme değerleri asgarî değerlerdir.

V klâsına kadar (V dahil) elektrod klâsları için St50-1, St60-1, St50-2, St60-2 ve St70-2 çeliklerinde mukavemet değil, sadece çatlama emniyeti garanti edilir.

Genellikle I'den V'e kadar klâslar çıplak, ince örtülü ve özlü elektrodları, VII'den XIV'e kadar klâslar da orta kalın ve çak kalın örtülü elektrodları içine alır.

Ana Malzeme			Elektrod Klâsı													
Çelik cinsi	Çelik tipi	Kopma mukavemeti $\sigma_B$ Kp/mm <sup>2</sup>	I	II	III	V	VII	VIIIa	VIIIb	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	
			Kullanma alanı ve deney değerleri													
			$\alpha$ = Eğilme açısı													
			<sup>a</sup> K = Çentik darbe mukavemeti													
Genel imalât çelikleri DIN 17100	St 34-1	34 ilâ 42										50°				
	St 37-1	37 ilâ 45										50°	Sadece Kb elektrodları ve 12 mm'ye kadar kalınlıklarda			
	St 42-1	42 ilâ 50										50°				
	St 50-1	50 ilâ 60														
	St 60-1	60 ilâ 72														
	St 34-2	34 ilâ 42				50°	50°	90°	90°	90°						
	St 37-2	37 ilâ 45				50°	50°	90°	90°	90°						
	St 42-2	42 ilâ 50				50°	50°	50°	50°	90°						
	St 46-2	44 ilâ 54				50°	50°	90°	90°	90°						
	St 50-2	50 ilâ 60											90°	90°		
	St 60-2	60 ilâ 72									-5)	-5)	-5)			
	St 70-2	70 ilâ 85										-5)	-5)			
	St 37-3	37 ilâ 45					90°	180°	180°	180°						
	St 42-3	42 ilâ 50					90°	90°	90°	90°						
	St 46-3	44 ilâ 54					90°	90°	180°	180°						
	St 52-3	52 ilâ 62					90°	90°	180°	180°	180°	180°	180°	180°		
	Gemi İnşaa çelikleri Alman Loyd'u	A ve B	41 ilâ 50					6)	6)	6)	6)					
		C ve D	41 ilâ 50					6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)		
E		41 ilâ 50								6)	6)	6)	6)			



Ana Malzeme			Elektrod Klâsı																
Çelik cinsi	Çelik tipi	Kopma mukavemeti $\sigma_B$ Kp/mm <sup>2</sup>	I	II	III	V	VII	VIIIa	VIIIb	IX	X	XI	XII	XIII	XIV				
			Kullanma alanı ve deney değerleri																
			$\alpha$ = Eğilme açısı																
			$a_K$ = Çentik darbe mukavemeti																
Kazan saçları DIN 17155	H I	35 ilâ 45							180° 8	180° 8	180° 8								
	H II	41 ilâ 50							180° 7	180° 7	180° 7	180° 7							
	H III	44 ilâ 53									180° 6	180° 6	180° 6						
	H IV	47 ilâ 56									180° 5	180° 5	180° 5	180° 5	180° 5				
	17 Mn 4	47 ilâ 56									180° 5	180° 5	180° 5	180° 5	180° 5				
	19 Mn 5	52 ilâ 62									180° <sup>a)</sup> 5	180° <sup>a)</sup> 5	180° <sup>a)</sup> 5	180° <sup>a)</sup> 5	180° <sup>a)</sup> 5				
Dikişsiz boru DIN 1629	St 35 ve St 35,4	35 ilâ 45							180° 5	180° 5	180° 5	180° 5							
	St 45 ve St 45,4	45 ilâ 55							90° 5			180° 5	180° 5	180° 5	180° 5				
	St 55 ve St 55,4	55 ilâ 65							-10)										
	St 52 ve St 52,4	52 ilâ 62							90° 5	90° 5	180° 5	180° 5	180° 5	180° 5	180° 5	180° 5			
Dikişsiz boru DIN 17175	St 35,8	35 ilâ 45							180° 8	180° 8	180° 8								
	St 45,8	45 ilâ 55									180° 5	180° 5	180° 5						
Çelik Pipe-Line borusu DIN 17172	St 34,7	33 ilâ 45							11)	11)	11)	11)							
	St 38,7	38 ilâ 50							11)	11)	11)	11)							
	St 43,7	43 ilâ 55							11)	11)	11)	11)	11)	11)					
	St 47,7	47 ilâ 59							11)	11)	11)	11)	11)	11)					
	St 53,7	52 ilâ 64							11)	11)	11)	11)	11)	11)					

Örtü kalınlığı işaretleri:

d = ince örtülü elektrodlar; elektrodun toplam kalınlığı çekirdek tel çapının %120'sine kadar;

m = orta kalın örtülü elektrodlar; elektrodun toplam kalınlığı çekirdek tel çapının %120'si ile %155'i arasında;

s = kalın örtülü elektrodlar; elektrodun toplam kalınlığı çekirdek tel çapının %155'inden fazla.

Kaynak malzemesinin (dikişinin) mekanik değerlerini belirten işaretler:

Bunlar üç rakamdan ibaret olup ilki asgari çekme mukavemetini( $K_p/mm^2$ ), ikincisi asgari kopma uzamasını (%), üçüncüsü de asgari çentik darbe mukavemetini ( $mK_p/cm^2$ ) gösterir(Tablo 2).

Çekme Mukavemeti		Kopma uzaması $L_{01}=5d$		Çentik darbe mukavemeti ISO—deneyi	
İşaret rakkamı	Değerler $K_p/mm^2$ askarî	İşaret rakkamı	Değerler % askarî	İşaret rakkamı	Değerler $K_p/mm^2$ askarî
<b>0</b>	—	<b>0</b>	—	<b>0</b>	—
<b>1</b>	<b>41</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>44</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>48</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>52</b>	<b>4</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>56</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>60</b>	—	—	—	—

Kaynak pozisyonlarını belirten işaretler:

Elektrodun kullanılabilirdiği kaynak pozisyonları tablo III 'de gösterilen bir rakamla ifade edilir. Tf ile gösterilen derin nüfuziyet elektrodlarında, bunlar genellikle sadece yatay pozisyonda kaynak edebildiklerinden, işaret rakamı bulunmaz.

İşaret rakkamı	Kaynak Pozisyonları
<b>1</b>	Bütün pozisyonlar
<b>2</b>	Yukardan aşağıya dik kaynak dışında bütün pozisyonlarda
<b>3</b>	Yatay Pozisyonlar ve aşağıdan—yukarı kaynak
<b>4</b>	Sadece tekne kaynakları (köşe ve alın dikişleri)

### Akım şeklini gösteren işaretler:

İşaret rakamı, elektrodun arkın tutuşturulması ve söndürülmesinde zorluk olmadan kaynak edebildiği akım şekli ve doğru akımda da elektrodun bağlandığı kutbu gösterir (Tablo IV).

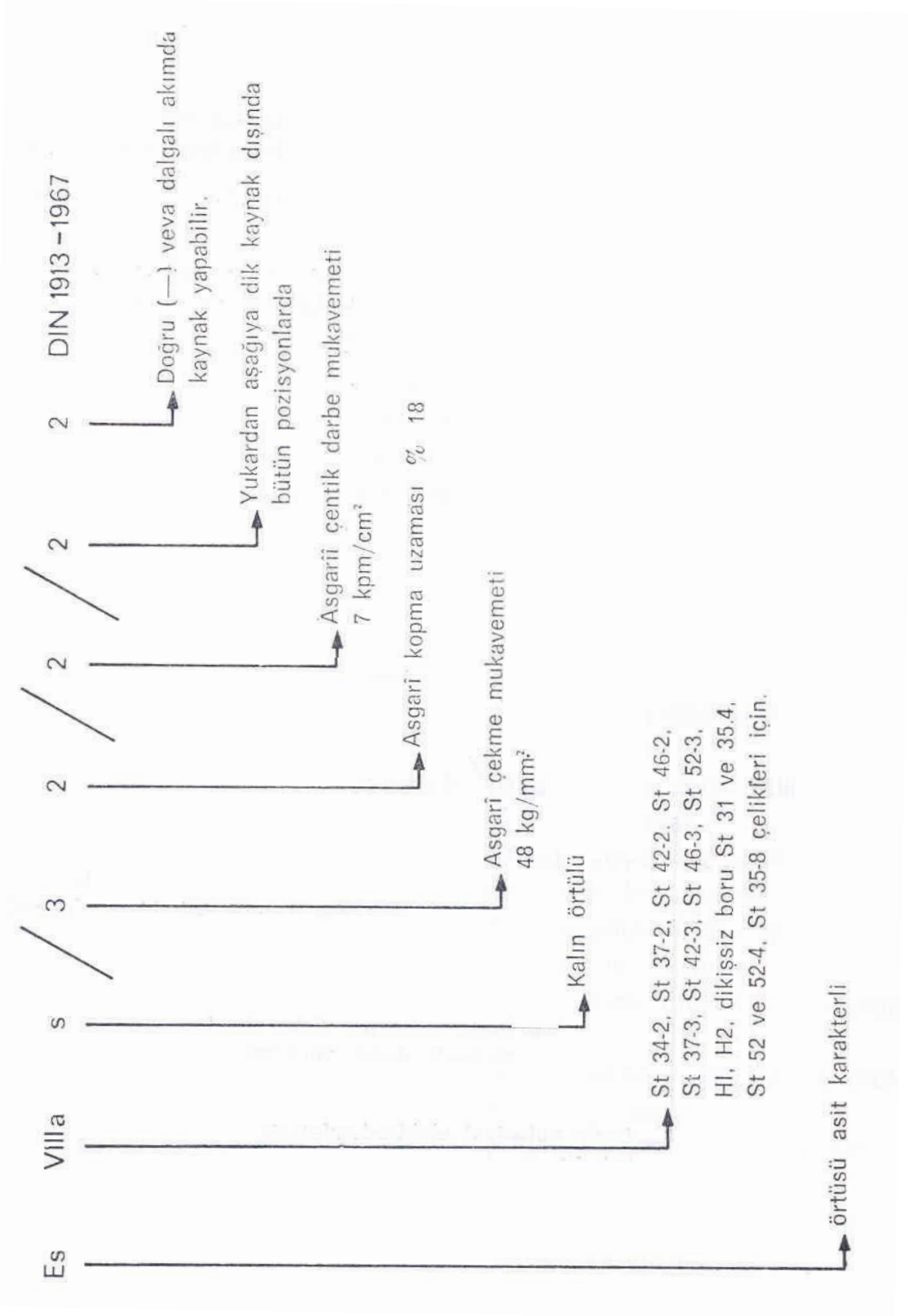
Elektrodun bağlanacağı kutup	Doğru veya dalgali akım Transformatörün boşta gerilimi (asgari)			sadece doğru akım
	50 Volt	70 Volt	90 Volt.	
Her iki kutupta iyi	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>0</b>
En iyi eksi kutupta	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>0</b>
En iyi artı kutupta	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>0</b>

Arkın kusursuz tutuşması ve devamlılığı, doğru akımda, her şeyden evvel kaynak makinesinin dinamik özelliklerine bağlıdır.

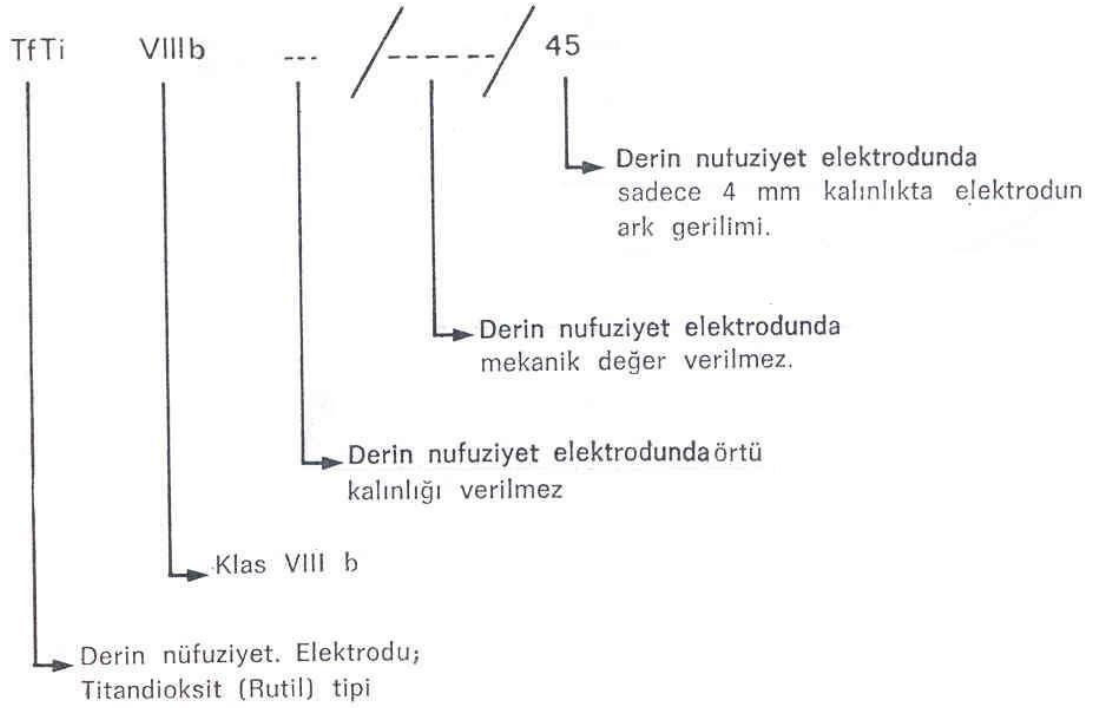
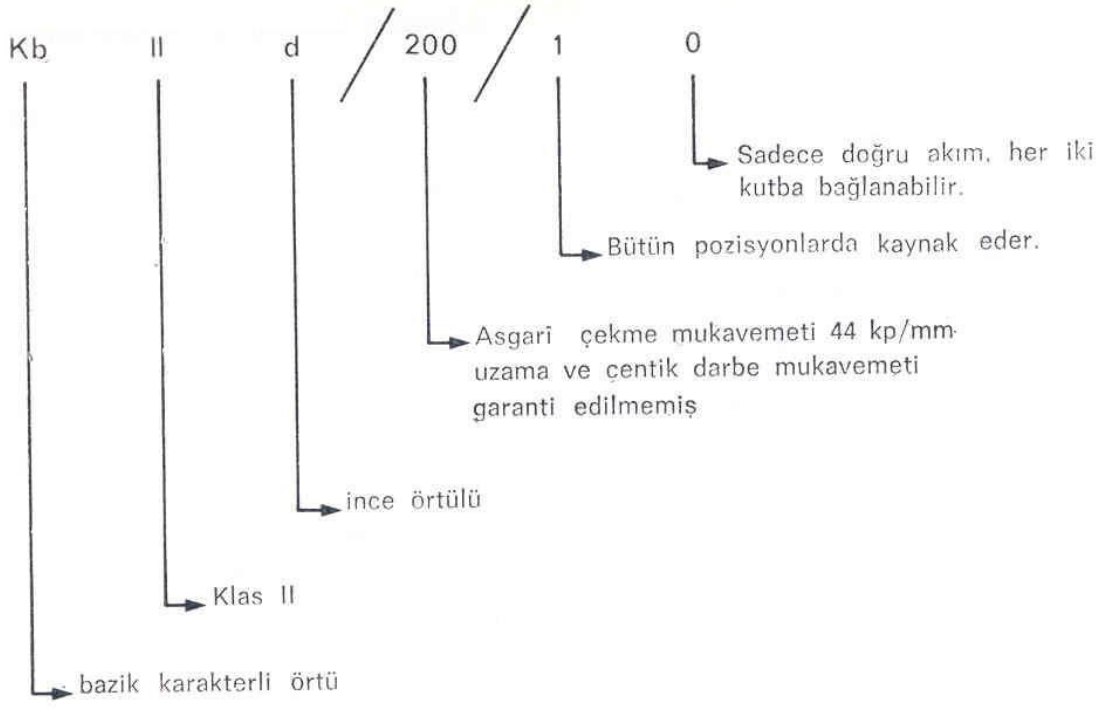
Dalgali akımla kaynakta, önemli bir kısma tesiri olmayan transformatörlerde tutuşturma gerilimine ayarlanabilen boşta çalışma gerilimi kati rol oynar. Bunun için elektrodlardan kusursuz bir kaynak temin etmek üzere 50 frekanslı transformatörlerden elde edilmesi gereken asgari değerler verilmiştir.

Akım şekli, gerilimi ve elektrodun bağlanacağı kutup tablo IV 'de gösterilmiştir. Bu tablo sadece 2,5 mm 'den yukarı çapta elektrodlar için geçerli olup icabı halinde daha küçük çekirdek tel çapında daha yüksek boşta çalışma gerilimini gerektirebilir.

Örnekler: (43, 44) sayfalar.







Amerikan ASTM - AWS A 233 normuna göre örtülü yumuşak çelik elektrodları başta E harfi (elektrod) olmak üzere dört rakamla işaretlenir. İlk iki rakam kaynak edilmiş halde kaynak metalinin (kaynak dikişinin) 1000 psi cinsinden asgari kopma mukavemetini, üçüncü rakam, elektrodun başarı ile kullanılabileceği kaynak pozisyonlarını ifade eder: Exx1x bütün pozisyonları, Exx2x de sadece yatay ve yatay köşe kaynaklarını gösterir. Dördüncü rakam da örtü tipini ve uygun akım karakteristiklerini verir. Bunlar aşağıdaki tabloda sıralanmıştır.

**TABLO V**

**Yumuşak Çelik Ark Kaynağı Örtülü Elektrodlarının AWS sınıflandırılmasında dördüncü rakam tarafından gösterilen örtü tipi ve Uygun Akım Şekli**

Dördüncü rakkam	Örtü	Akım (a)
0 ... ..	Selülozik (sodyum silikat)	Doğru akım, elektrod (+) kutupta
1 ... ..	Selülozik (potasyum silikat)	dalgalı veya doğru akım, elekt. (+) kutupta
2 ... ..	Rutil (sodyum silikat)	dalgalı veya doğru akım, elektr. (—) kutupta
3 ... ..	Rutil (potasyum silikat)	dalgalı veya doğru akım, elektrod her iki kutupta
4 ... ..	demir tozlu rutil	dalgalı veya doğru akım, elektrod her iki kutupta
5 ... ..	Bazik (sodyum silikat)	doğru akım, elektr. (+) kutupta
6 ... ..	Bazik (potasyum silikat)	dalgalı veya doğru akım, elektr. (+) kutupta
7 ... ..	demir tozlu demir oksid	dalgalı veya doğru akım (a)
8 ... ..	demir tozlu bazik	dalgalı veya doğru akım, elektr. (+) kutupta

(a) Yatay kaynaklar için herhangi bir kutup, yatay köşe kaynaklar için doğru akım, elektrod (-) kutupta, mesela E 6011, asgari çekme mukavemeti 60000 psi olan bir kaynak metali terk eden bir elektrodur (ilk iki rakam); yüksek selüloz, potasyum örtüyü haiz ve hem dalgalı akımda, hem de doğru akımda, elektrod artı kutupta, kullanılabilir (dördüncü rakam).

Buna nazaran elektrod sınıflandırılması aşağıdaki tabloda özetlenir.

**TABLO VI**  
**ELEKTROD SINIFLANDIRILMASI**

AWS-ASTM Sınıflandırması	Örtü tipi	Gösterilen pozisyonlarda tatminkâr kaynak verebilir (a)	Akım Şekli
E 60 Serileri - terk edilmiş metalin kaynak edilmiş halde asgarî kopma mukavemeti 60.000 psi			
E6010	Yüksek sodyum selüloz	F,V,OH,H	doğru akım, ters kutup
E6011	yüksek potasyum	» F,V,OH,H	dalgalı veya doğru akım, ters kutup
E6012	yüksek rutil sodyum	F,V,OH,H	dalgalı veya doğru akım, düz kutup
E6013	yüksek rutil potasyum	F,V,OH,H	dalgalı veya doğru akım, her iki kutup
E6020	yüksek demir oksidi	yatay köşe F	dalgalı veya doğru akım, düz kutup
E6027	Demir tozu, demir oksidi	yatay köşe F	dalgalı veya doğru akım, düz kutup
E70 Serileri- terk edilmiş metalin kaynak edilmiş halde asgarî kopma mukavemeti 70.000 psi			
E7014	Demir tozu, titan	F,V,OH,H	dalgalı veya doğru akım, her iki kutup
E7015	düşük hidrojen, sodyum	F,V,OH,H	doğru akım, ters kutup
E7016	düşük hidrojen, potasyum	F,V,OH,H	dalgalı veya doğru akım ters kutup
E7018	demir tozu, düşük hidrojen	F,V,OH,H	dalgalı veya doğru akım, ters kutup
E7024	demir tozu, titan	Yatay köşe, F	dalgalı veya doğru akım, her iki kutup
E7028	demir tozu, düşük hidrojen	Yatay köşe, F	dalgalı veya doğru akım, ters kutup

F = düz; H = yatay; V = dik; OH = tavan kaynakları ters kutup elektrod artı kutupta; düz kutup elektrod eksi kutupta demektir.

Bu sınıflandırmaya dahil elektrod tiplerinin başlıcaları hakkında biraz daha etraflı bilgi verelim.

**E 6010 ve E 6011** elektrodları derine nüfuz eden, metali yağmur halinde püskürten bir ark verir ve bütün kaynak pozisyonlarında kullanılabilir. Kolay temizlenen ince bir cüruf hasil ederler. Yıgıdıkları metal genellikle iyi mekanik karakteristikleri haiz olup radyografik bakımdan kabul edilebilir durumdadır. Örtünün esas maddesi, kaynak esnasında ayrışıp bir koruyucu gaz hasil eden selülozdur. Selülozun ayrışmasından ortaya çıkan gazlar ve ihtiva ettiği yüksek rutubet (%5'e kadar) ark karakteristiğini meydana getirir. E 6011 elektrodlarının örtüsü, dalgalı akım kullanıldığında arkın kararlılığını temin etmeye yardım eden potasyum ihtiva eder.

**E 6012 ve E 6013** elektrodları orta nüfuziyetli bir ark verirler. İyi alıştırmamış parçaların kaynağına imkân veren yarı küreselden, küresele kadar varan lüzucî (yapışkan) bir cüruf bırakırlar. Bu elektrodlarla elde edilen yatay köşe kaynaklarında dikiş kesiti E 6012 elektrodlarındaki dış bükeyden E 6013 elektrodlarındaki aşağı yukarı düz şekle kadar değişir. Her iki tip yataydan başka pozisyonlarda kullanılabilir ve E 6013 elektrodlarının çoğu yukarıdan aşağı dik kaynakta da iyi netice verir.

E 6012 elektrodları, örtülerinde sadece düşük oranda selüloz ve yüksek miktarda ergimez madde bulunduğundan nispeten yüksek kaynak akım şiddetlerinde kullanılabilir. E 6013 elektrodlarının örtüleri genellikle E 6012'ninkilerine nazaran daha çok potasyum ihtiva ederler ve böylece daha sakın fakat daha az nüfuziyetli bir ark verirler. Bazı E 6013 elektrodlarının yüksek potasyum oranı, düşük açık devre geriliminin ( $E_0$ ) kullanılmasına imkân verir. Küçük çaplarda E 6013 elektrodları daha çok sac kaynaklarında kullanılır.

**Demir tozlu elektrodlar.** Tablo VI 'da gösterildiği gibi E 6027, E 7014, E 7013, E 7024 ve E 7028 elektrodlarının örtülerinde, bir çok klasik elektrod klasında bulunan maddelere ilâveten demir tozu vardır. Demir tozu dışında E 7014 ve E 7024'ün örtülerinin maddeleri E 6012 ve E 6031'inkilere, E 7018 ve E 7028'inkiler de 7016'ninkilere benzer. Genellikle demir tozu oranı arttıkça örtü kalınlığı da artar. Demir tozu ve ek örtü kalınlığı, benzer terkipte fakat içinde demir tozu bulunmayan örtülü elektrodlarınkine nazaran daha yüksek kaynak akım şiddetleri ve daha yüksek verime imkân verir. Daha kalın örtüler daha aerin bir koruma temin edip yatay pozisyonda temaslı çekme (kontakt) tekniğine imkân verir. Buna ek olarak, yatay köşe kaynağında elde edilen dikiş, demir tozlu elektrodların kullanılmaları halinde, daha yayvan (düz) çevre arz eder.

Bir elektrodun örtüsünü %40'dan fazla demir tozu ihtiva etmesi halinde o elektrod dik, tavan ve yatay oluk kaynaklarında kullanılamayacak kadar kalın olur. Böylece E 6027, E 7024 ve E 7028 elektrodları, örtülerindeki %40 ile 55 demir tozu ile sadece yatay kaynaklarla yatay köşe kaynaklarında kullanılabilirler (bunun dışında E 6027 elektrodları, örtülerinin akışkanlığı sebebi ile de kaynak pozisyonları bakımından sınırlıdır).

E 7016 elektrodları bazik örtülü olup örtülerinde selüloz, kil ve amyant gibi hidrojen taşıyan maddelerden çok az bulunur veya hiç bulunmaz. Bu elektrodlar nispeten yüksek sıcaklıklarda (260-

320°C) fırınlanır ve böylece silikat bağlayıcıların su tutması asgariye indirilir. Örtünün düşük hidrojenli olması sebebiyle kaynak dikişinde de az hidrojen bulunur ve dikiş gözeneksiz olur. Kalsiyum karbonattan hasil olan karbondioksit ile flüorspat'ın silisyum dioksit ile reaksiyonundan hasil olan silisyum flüorid koruyucu gazı teşkil ederler. Örtüsünde yüksek nispette titandioksit (rutil) ve potasyum silikat bulunması sayesinde E 7016 elektrodları dalgali akımdan olduğu gibi doğru akım, elektrod artı kutupta da kullanılabilirler. E 7015 elektrodları, doğru akım, elektrod artı kutupta kullanılan düşük hidrojenli elektrodlardır. Normda bulunmalarına rağmen bunlar artık imal edilmemektedir.

**TABLO VII**  
**On bir yumuşak çelik elektrod sınıfı ile elde edilen nüfuziyet**

Elektrod sınıfı	Nüfuziyet	Elektrod sınıfı	Nüfuziyet
E 6010	Derin	E 6027	Orta
E 6011	Derin	E 7014	Orta
E 6012	Orta	E 7016	Orta
E 6013	E 6012'den az	E 7018	Sığ
E 6020	Orta	E 7024	Sığ
		E 7028	Sığ

Görüldüğü gibi ASTM Normu sınıflandırılmasında örtü kalınlığı nazarı itibara alınmamış olup klaslar için verilmiş işaretler birkaç elektrod tipini kapsamaktadır. Mesela AWS E 6013 sınıfı DIN 1913'ün hem Ti VIIIm, hem de Ti VIIIs klaslarını karşılamaktadır. Örtü kalınlığının önemi de ortadadır. Bu itibarla AWS sınıflandırması yanında DIN 1913'teki özelliklerin belirtilmesi, istenilen elektrodu iyice tanımlama konusunda çok faydalıdır.

### **ÖRTÜLÜ ELEKTRODLARDA METAL GEÇİŞİ**

Bu konuda daha evvel kısa bilgi vermiştik. Bu kere bazı ayrıntıları görelim. Aynı bir elektrodta damlacıkların çapı çok farklı, mesela 0,25 'den 3 mm 'ye kadar değişik olur. Bu damlacıkların miktar ve ortalama çaplarına ve netice itibariyle dakikada terk edilen metal miktarına tesir eden faktörler şunlardır:

- Akımın cinsi (doğru akım veya 50 Hz ve orta frekanslı dalgali akım);
- Arkın uzunluğu;
- Elektrodun çapı (damlaların çapı örtülü elektrodların çapı ile artar);
- Örtünün cins ve kalınlığı (meselâ bazik örtüler rutillere nazaran çok daha az damla verir. Bazik ve selülozik örtülü elektrodlarda geçiş bilhassa küresel ve arada bir, kısa devreli olur);
- Ark gerilimi (örtü tipine göre). Bu gerilim arttıkça damla adedi de artar, damlaların ortalama çapı küçülür.

Bazı fiziksel hadiseler damlacıkların geçişini kolaylaştırır veya güçleştirir. Bu hadiseler çok sayıda olup etkileri birbirlerine eklenebilir. Bunların bilinmesi, aşağıdan yukarı dik veya tavan kaynağı gibi kaynak pozisyonlarında en iyi elektrod tutuş şeklini ve en münasip ark ayarını seçebilmek için elzemdir.

Bu hadiseler şöyle sıralanır:

- Ark basıncı (ark alevi - plasma - hızı ile münasebette olarak): arkı çevreleyen alev-plasma çok yüksek sıcaklığı sebebiyle tamamen ion ve elektronlara ayrılmış maddeden müteşekkil olup yüksek hızlı bir basınç dalgası gibi eksenel yönde ilerler. Ergimiş metal damlaları bu plasma «fıskiye» si tarafından sürüklenir. Bu hadise, metalin elektrodta ergime banyosuna geçişine yardım eden sair hadiseler arasında çoğu zaman en önemlisidir.
- **Elektrod çekirdek metalinin buharlaşması ve yoğuşması:** Arkın sıcaklığı elektrodu teşkil eden metali eritmekle kalmayıp bunun az bir miktarını da buharlaştırır. Bu buhar havada kısmen oksitlenip duman halinde kaybolur, geri kalanı yoğuşup ergime banyosu veya ana metal üzerinde birleşmenin iki tarafına sevk olunur.
- **Ağırlık:** Görünürlere rağmen ağırlık, ergimiş metal geçişinde çok talî bir rol oynar. Bundan da tavan kaynağı yapılabilmesi izah edilir. Tavan kaynağında yatay kaynağa nazaran kaydedilen fark, tavadaki püskürmelerin kaynak banyosuna kaymaya meyilleri olmamasındadır.
- **Kıstırma tesiri:** Bu hadise bilhassa doğru akımda kısa devreli geçiş halinde görülür. Elektrodla banyo arasında köprü kuran bir iri damla kısa devre tesis ettiğinde evvelce gördüğümüz manyetik kuvvetler iletken sıvı damara tesir eder. Onu kıstırır (boğar) ve damlayı elektrodta ayırarak onu banyoya göndermeye yardım eder.
- **Yüzey gerilimi:** Evvelki hadisede (kısa devre halinde) banyonun yüzey gerilimi küçük kütleyi büyük kütleye doğru, yani ergimiş metal damlasını banyoya doğru çekip onu orada tutmaya meyleder. Kısa devre yoksa yüzey gerilimi de bahis konusu olmaz.
- **Örtünün ergimesi veya yanmasından hasıl olan gazlar:** Bilhassa selülozik elektrodlarda bol olan bu iyonize olmuş gazlar örtü ucunun teşkil ettiği huniden parçaya doğru kaçmaya ve beraberlerinde de sıvı metal damlacıklarını sürüklemeye meylederler. Mamafih örtülerinde az miktarda gaz yapıcı bileşim bulunan elektrodlar da metalin ark aralığından yüksek hızlı damlacıklar halinde geçmesini sağlayan ark karakteristiklerine sahiptirler.
- **Çekirdek telinden karbon monoksit çıkışı:** Metal geçiş olayı, elektrodun ucunda ergiyen metaldeki karbonun oksitlenerek karbon monoksitin meydana geldiği ve bunun genişerek küçük patlamalara sebep olarak ergimiş metali elektrodta uzaklaştırdığı kabul edilerek açıklanmaktadır. Bu teori, yüksek safiyette demir veya döküm sırasında tamamıyla dezokside olmuş çelikten mamul çekirdekli elektrodların tavan kaynağında başarılı olmaması ile kuvvet kazanmaktadır. Böylece metal geçiş, sıçraması ve krater meydana gelmesinin sebeplerinden birinin ergimiş metaldeki dekarbürasyon olayı olduğu belirli gibi görülmektedir. Çekirdek içinde bulunan sair gaz habbeleri de, karbon monoksidin yaptığı gibi genişip elektrod ucunda patlarlar ve beraberlerinde de metal küreciklerini sürüklerler. Bu

gazların mekanik etkisi önemlidir; bunlar redükleyici gazlar (hidrojen ve karbon oksidi) olduklarından metalurjik etkileri de önemlidir.

### **ARK KRATERİ**

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 olabilirler 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 şartlarının 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 suverme yani dikişi soğutup banyoyu katılaştırma etkisi ve arkın söndürülmesi sırasında ergimiş metalin ark oyuğuna göre pozisyonuna bağlıdır. Kraterlerin doldurulmasında en önemli faktör ağırlık etkisidir.

### **METALURJİK BÖLGELER**

Kaynak metali diye kaynak esnasında ergimiş olan ana ve ilâve metale denir. Isıdan etkilenmiş bölge ise kaynak ısı yüzünden metalurjik 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.