KAYNAK METALURJİSİ

5. HAFTA

Kaynak yöntemleri

Oksi-yanıcı gaz kaynağı
- Oksi-asetilen kaynağı
- Gaz basınç kaynağı

Ark kaynağı
- Elektrik ark kaynağı
- MIG/MAG kaynağı
  - Darbeli ark
  - Kısa devre ark
  - Elektrogaz
  - Sprey ark
- TIG kaynağı
- Özlü telle ark kaynağı
- Tozaltı ark kaynağı
- Plazma ark kaynağı
- Saplama kaynağı

Direnç kaynağı
- Direnç nokta kaynağı
- Direnç dikiş kaynağı
- Kabartı kaynağı

Katı hal kaynağı
- Dövme kaynağı
- Soğuk basınç kaynağı
- Sürtünme kaynağı
- Ultrasonik kaynak
- Patlamalı kaynak
- Haddeleme kaynağı

Birleşik yöntemler
- Termit kaynağı
- Laser ışın kaynağı
- Elektrocuruf kaynağı
- Yakma alın kaynağı
- Indüksiyon kaynağı
- Elektron ışın kaynağı

Ark Kaynağı

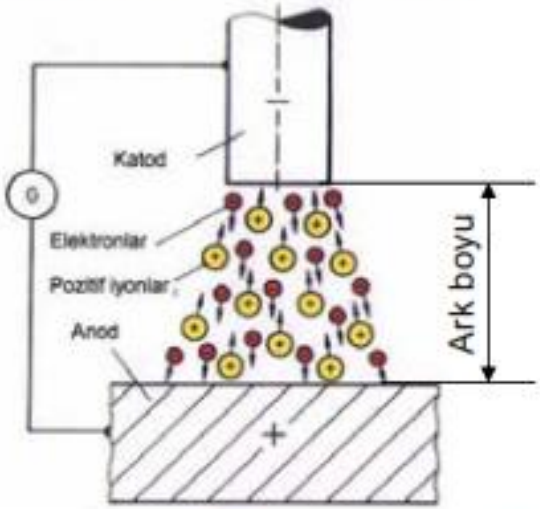
Metallerin birleştirilmesinin, bir elektrod ile parça arasındaki elektrik arkının ısısı ile oluşturulduğu bir eritme kaynak yöntemi

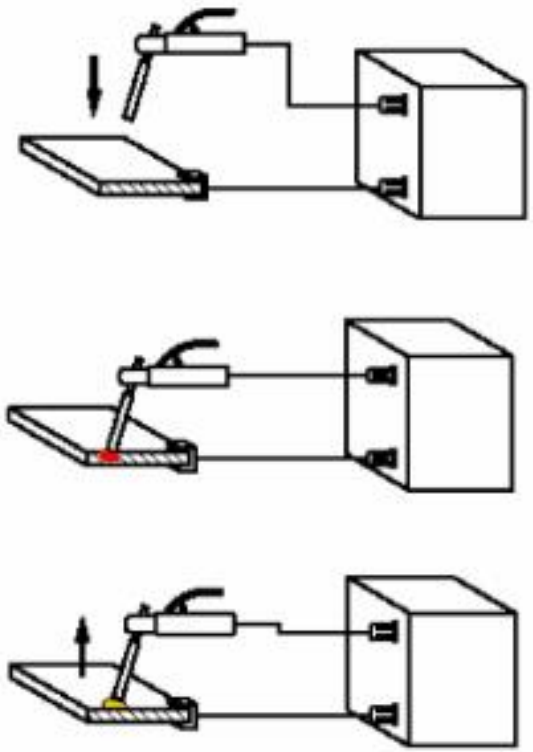
- Arkın ürettiği elektrik enerjisi, herhangi bir metali eritmeye yeterli sıcaklıklar oluşturur: ~ 5500 °C
- Çoğu ark kaynak yöntemlerinde kaynaklı bağlantının hacmini ve dayanımını arttırmak için dolgu (ilave) metal eklenir
- Bazı temel yöntemler, arkla kesmede de kullanılmaktadır

Elektrik Arkı Nedir?

Elektrik arkı = bir devredeki aralıktan geçen elektrik akım deşarjı

- Akımın aktığı bir iyonize gaz demeti (plazma) tarafından sürdürülür





- Ark kaynağında arkı başlatmak için, elektrod parça ile temas haline getirilir ve hemen ayrılarak kısa bir mesafede tutulur

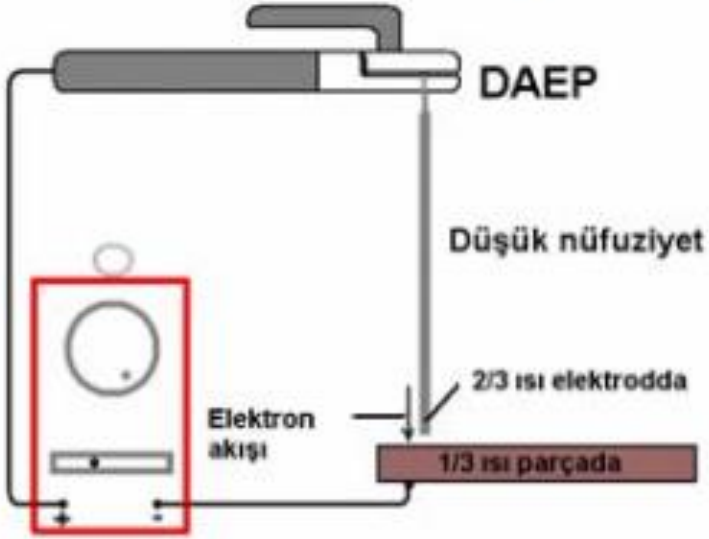
Ark; kızgın bir katottan yayman elektronların, yüksek bir hızla anodu bombardıman etmesi neticesinde oluşur. Bu bombardıman çarpma sonunda nötr moleküllerin iyonize olmasına sebep olduğundan, kuvvetli bir sıcaklık yükselmesi meydana gelir. Ortaya çıkan toplam enerjinin %85'i ısı ve %15'i de ışık enerjisine dönüşmektedir.

Arkın uçları arasındaki gerilim ve arktan geçen akım şiddeti, Ohm kanununa göre değişmez. Akım şiddeti artıkça, uçlardaki gerilim önce hızla ve daha sonra da yavaş bir şekilde düşer Aynı zamanda gerilim ve akım şiddeti ark boyuna da bağlıdır. Elektrodlar arasındaki uzaklık, "ark boyu" olarak adlandırılır. Ark boyu arttıkça, gerilim de artar. Bir elektrik arkında gerilim ile akım şiddeti arasındaki değişim "arkın statik karakteristiği" olarak adlandırılır.

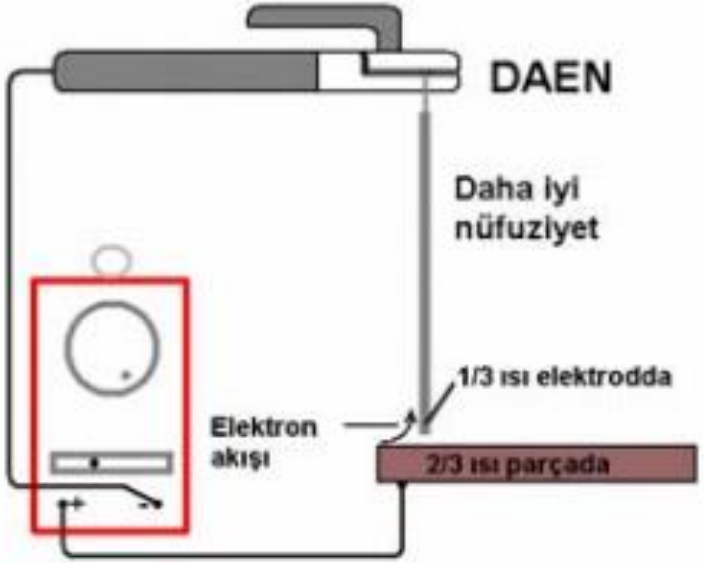
Elektrik ark kaynağı esnasında metallerin erime miktarı, arkın gücüne (sabit kaynak hızlarında) bağlıdır. Arkın gücü denilince, ark gerilimi ve akım şiddeti sözkonusudur. O halde düzgün bir kaynak yapılabilmesi için, ark geriliminin sabit tutulması lazımdır (dolayısıyla akım şiddeti sabit kalır).

Ark geriliminin sabit kalması, arkın kararlılığı olarak adlandırılmaktadır.

Kutuplamanın Etkileri



DAEP: Doğru **A**kım **E**lektrod **P**ozitif
(Ters Kutuplama)



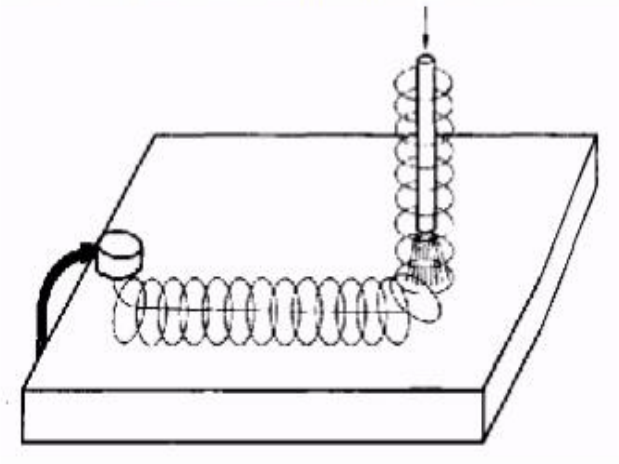
DAEN: Doğru **A**kım **E**lektrod **N**egatif
(Düz kutuplama)

DOĞRU AKIMLA KAYNAKTA KUTUPLAMANIN ETKİSİ

Ark üflemesi

Magnetik malzemeden yapılmış bir telden elektrik akımı geçtiği *zaman,* etrafında bir magnetik kuvvet alanı meydana gelir. Bu magnetik alanın kuvvet hatları, telin yakınında sık ve uzaklaştıkça da seyrektir

Bir kaynak arkı da, hareket halinde bulunan bir iletkendir. Bu sebepten arkın etrafında bir magnetik kuvvet alanı oluşur. Bu kuvvet alanı magnetik malzemelerde, arkın üflenmesine sebep olur (Şekil IV.7).



Kaynak esnasında magnetik kuvvet hatları.

Yukarıdaki sebeplerden dolayı meydana gelen ark üflemesinin önlenebilmesi için, aşağıdaki tedbirler alınmalıdır:

a-) Elektroda uygun bir meyil verilmesi

b-) İlk pasonun (kök pasosu) adım usulüyle yapılması

c-) Yeri değiştirilebilen bir kutup tertibatının kullanılması,

d-) Kaynak dikişinin puntalanarak yapılması,

e-) Kısa ark boyu ile kaynak yapılması,

f-) Örtülü elektrotla kaynak yapılması,

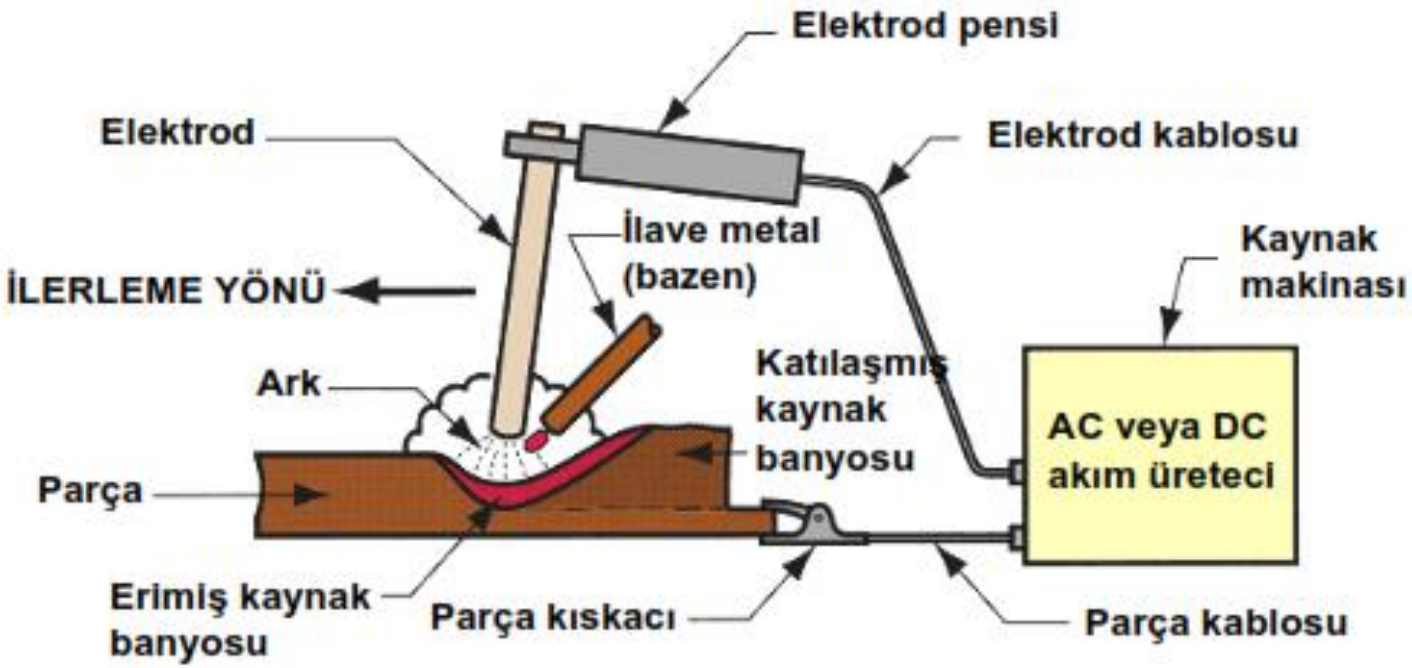
g-) Alternatif akım kullanılması,

h-) Magnetik üfleme tertibatı kullanılması.

I-) İnce çaplı elektrodların tercih edilmesi.

Ark Kaynağı

- Elektrod ucunun yakınında bir erimiş metal banyosu oluşturulur
- Elektrod bağlantı boyunca ilerlerken, erimiş metal kendi kanalında katılaşır



Şekil Bir ark kaynak yönteminin temel konfigürasyonu ve elektrik devresi

Elle Ark Kaynağı ve Ark Süresi

- Elle kaynakta problemler:
  - Kaynak bağlantı kalitesi
  - Üretkenlik
- Ark Etki Süresi = (Ark süresi)'nin (çalışma saati)'ne oranı
  - Diğer adı "ark-on time"
  - Tipik değerler:
    - Elle kaynak ark süresi = % 20
    - Makinayla kaynakta arttırılmış ark süresi ~ % 50

Ark Kaynak Elektrodlarının İki Temel Türü

- Eriyen – kaynak sırasında tüketilen
  - Ark kaynağında ilave metalin menbaı
- Erimeyen – kaynak işlemi sırasında tüketilmeyen
  - Herhangi bir ilave metalin ayrıca eklenmesi gerekir

Kaynak elektrodları

Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodlar, ya yalnız arkı meydana getirmek için yada hem arkın oluşturulmasında hem de ilâve metal olarak kullanılır. Yine bunlar da kendi aralarında çeşitli alt sınıflara ayrılırlar.

Yalnız arkı teşkil etmek için kullanılan elektrodlar

Bu elektrodlar, ya parça ile aralarında ya da iki elektrod arasında arkı meydana getirir ve ayrıca kaynak ağzını doldurmak için bir ilâve metal kullanılır. Eğer ince saclarda birleştirilecek uçlar kıvrılmış ise; kıvrılan kısımların eritilmesiyle kaynak yapılabileceğinden, ilâve metal (kaynak teli) kullanılmasına lüzum yoktur. Erimeyen elektrodlar da denilen yalnız ark teşkilinde kullanılan elektrodlar, karbon veya tungstenden olabilir.

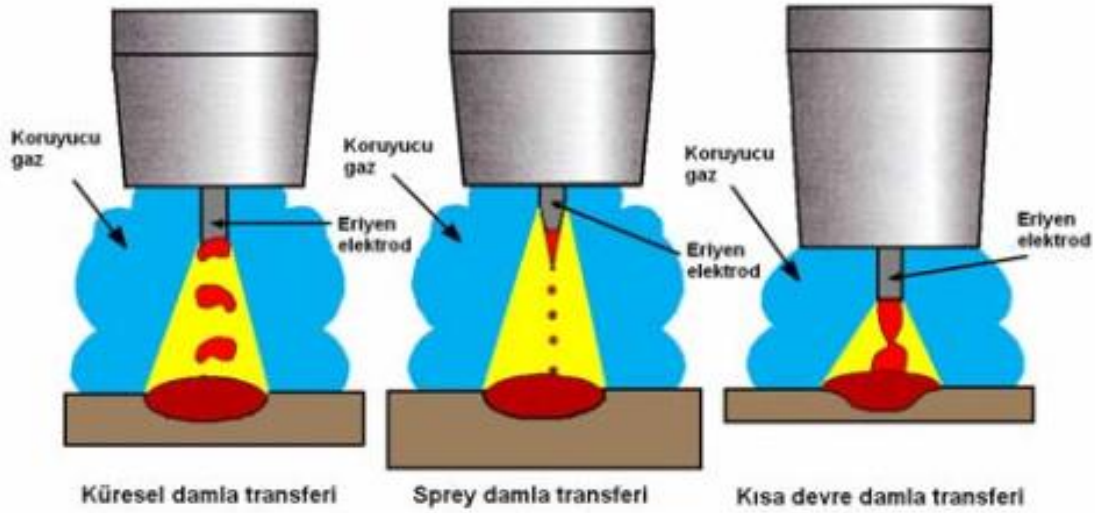
Karbon elektrodlar: Genellikle daire kesitli olan karbon elektrodlar; amorf, grafit ve elektrografit türlerinde olabilir.

Amorf elektrodlar: Toz haline getirilmiş kok, grafit veya antrasit kömürlerinin bir yapıştırıcı madde ile beraber basınç altında preslenmesiyle elde edilir. Grafit ve elektro-grafit elektrodlar grafit kömüründen imâl edilirler. Bunlar amorf elektrodlardan daha yüksek akım şiddetiyle yüklenirler ve ömürleri de daha uzundur. Karbon elektrodların çapları 3 ilâ 30 mm, boyları ise 200 ilâ 1000 mm arasındadır.

Tungsten eletrodlar: Koruyucu gaz atmosferi altında yapılan kaynak usullerinde kullanılırlar. Bunlara örnek olarak ark atom ve argonark (TIG) kaynakları verilebilir. Saf tungsten elektrodlar yerine, toryum ve zinkonyumla alaşımlandırılmış elektrodların kullanılması; daha yüksek akım şiddetiyle yüklenebilen, ömürleri daha uzun olan ve yüksek elektron emisyonu olan elektrodların elde edilmesini sağlamıştır. Alaşım elemanı olarak toryum %0,35 ilâ 2,2 arasında, zirkonyum ise % 0,15 ilâ 0,40 arasında katılır.

Eriyen Elektrodlar

- Eriyen elektrodların biçimi
  - (Örtülü elektrod olarak da bilinen) Kaynak çubukları, 22,5 mm'den 45 mm'ye kadar uzunlukta ve 9,5 mm veya daha küçük çaplıdır ve periyodik olarak değiştirilmeleri gerekir
  - Kaynak telleri, sık sık kesintilerden kaçınmak üzere, uzun tel boylarına sahip makaralardan sürekli olarak beslenebilir
- Hem tel hem de çubuk formundaki elektrod, ark içinde tüketilir ve ilave metal olarak kaynağa eklenir



Şekil Eriyen elektrodla ark kaynağında üç metal transfer modu

Arkta Metal Transferi

Kısa devre ark | Küresel ark | Darbeli ark | Sprey ark

Erimeyen Elektrodlar

- Erimeye dirençli Tungsten'den yapılır
- Kaynak sırasında yavaş yavaş tükenir (buharlaşma temel mekanizmadır)
- Ayrıca tel şeklindeki bir ilave metalin, kaynak banyosuna sürekli olarak beslenmesi gerekir

Tungsten elektrodlar, alaşım durumuna göre değişik renklerde kodlanmışlardır

Arkın Korunması

Ark kaynağındaki yüksek sıcaklıklarda, metaller havadaki oksijen, azot ve hidrojene karşı kimyasal olarak reaktiftir

- Bağlantının mekanik özellikleri, bu tür reaksiyonlar sonucu ciddi şekilde bozulabilir
- İşlemi korumak için, tüm ark kaynak yöntemlerinde arkın çevresindeki havadan korunması gerekir
  - Argon, Helyum ve CO_2 gibi koruyucu gazlar
  - Dekapan

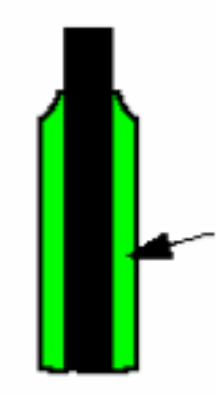
Dekapan (Örtü veya Toz)

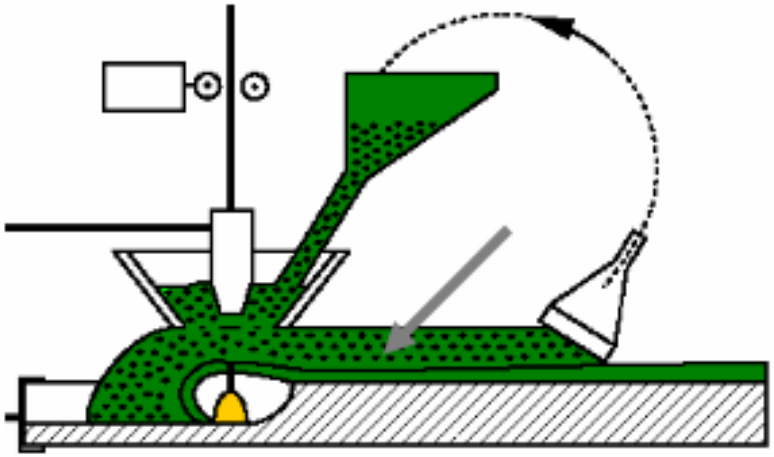
Kaynak sırasında oksitlerin ve diğer kirliliklerin oluşumunu engelleyen veya bunları çözerek uzaklaştıran bir madde

- Kaynak için koruyucu atmosfer oluşturur
- Arkı kararlı hale getirir
- Sıçramayı azaltır

Değişik Dekapan Uygulama Yöntemleri

- Toz halindeki dekapanın kaynak işlemine beslenmesi
- Kaynak sırasında işlem bölgesini örtmek üzere eriyen dekapan maddesiyle kaplanmış çubuk elektrodlar (örtülü çubuk elektrodlar)
- Dekapanın öz halinde içine doldurulduğu ve elektrod erirken açığa çıkan tüp şeklindeki elektrodlar (özlü elektrodlar)





Hem arkın teşkilinde hem de ilâve metal olarak kullanılan elektrodlar

Bu tür elektrodlar kaynak yapılırken erir ve kaynak ağzını doldururlar. Temel olarak iki grup altında toplanırlar:

a-) Örtüsüz elektrodlar

b-) Örtülü elektrodlar

Örtüsüz elektrodlar

Örtüsüz elektrodlar çekme veya haddeleme yoluyla elde edilen ve dış yüzeyleri çıplak olan tellerden ibarettir. Çıplak ve özlü olmak üzere iki türü vardır.

Çıplak elektrodların ilk uygulamalarında kaynak yapılırken, dikişi havanın oksijen ve azotunun tesirinden korumak mümkün olmamakta idi. Fakat daha sonraları geliştirilen ve kaynak yerinin kaynak tozu veya gazlarla korunduğu kaynak çeşitlerinde, havanın zararlı etkisinden korunmak mümkün olmuştur. Meselâ kaynak dikişi tozaltı kaynağında kaynak tozu ile gazaltı kaynaklarından MAG kaynağında aktif bir gaz ile korunmaktadır.

Özlü elektrodlarda elektrodun çekirdeğinde arkı stabilize eden bazı organik maddeler vardır. Öz maddesinin kaynak esnasında yanmasıyla, meydana gelen gaz atmosferi kaynak yerini havanın zararlı tesirlerinden korur. Kaynak sırasında elektrod hem pozitif hem de negatif bağlanabilir. Orta derecede bir nüfuziyet sağlanmaktadır.

· Örtülü elektrodlar

Örtülü elektrodlar çıplak telin üzerine daldırma veya presleme ile bir örtü kaplanmasıyla elde edilir. 1908 yılında İsveçli Oscar Kjellberg tarafından bulunan elektrot örtüsü aşağıdaki faydalan sağlamaktadır:

a-) Arkın tutuşması ve oluşmasını kolaylaştırır. Böylece hem doğru hem de alternatif akım ile kaynak yapılması mümkün olur.

b-) Eriyen metal damlalarının yüzey gerilimlerine tesir ederek; tavan ve dikine kaynak işlemlerinin yapılmasını kolaylaştırır.

c-) Bir koruyucu gaz ortamı meydana getirerek, kaynak dikişinin havanın oksijen ve azotunun tesirinden korumuş olur. Böylece, kaynak dikişinin mekanik özellikleri yükselir,

d-) Kaynak sonra dikişin üzerini bir cüruf tabakası ile örterek, dikişin yavaş soğumasını sağlar.

e-) Dikişi alaşımlandırmak gayesiyle, kaynak banyosunun içerisine elemanları katar,

f-) Erime (kaynak) hızını yükseltir, g-) Erimiş kaynak banyosunu dezokside eder.

Elektrot örtüsünün içerisinde bağlayıcı, cüruf teşkil edici, örtünün mukavemetini artıran, arkı stabilize eden, gaz atmosferi meydana getiren, oksidasyon ve dezoksidasyon yapıcı, alaşım teşkil edici maddeler bulunur.

Örtülü elektrotlar, örtü karakteri ve örtü kalınlığına göre tasnif edilmektedirler.

A-) Örtü karakterine göre örtülü elektrotlar

Örtü karakterine göre örtülü elektrotlar rutil (titandioksit), oksit, asit, bazik, selülozik karakterli ve özel elektrodlar olarak sınıflandırılır:

a-) Rutil karakterli elektrotlar: Bu elektrodların örtüsünün büyük kısmını, titandioksit teşkil eder. Titandioksidin örtüdeki oranı yaklaşık %35'tir. Örtü kalınlığı ince, orta ve kalın tipte olabilir. Örtü kalınlığı arttıkça, dikişin kalitesi iyileşir. Rutil karakterli örtünün kaynaktan sonra meydana gelen cürufunun rengi kahverenginden siyaha kadar değişir. Cüruf çabuk katılaşır ve kaynaktan sonra dikiş üzerinden kolayca kalkar. Bu elektrotlarla hem doğru (elektrot negatif kutupta), hem de alternatif akımda kaynak yapılabilir. Tutuşturulmaları kolay olup, yumuşak bir ark ile sakin bir çalışma sağlarlar ve sıçrama kayıpları azdır. Acemi bir kaynakçı bile, kolayca kullanabilir.

b-) Asit karakterli elektrotlar: Örtülerinde daha çok, demir oksit ve manganez bulunur. Genellikle kalın örtülü olarak imâl edilirler. Asit karakterli elektrotların cüruflarının tersinden görünüşü bir arı peteğini andırır ve dikiş üzerinden kolayca kalkar. Bu elektrotlar, çabuk akan düz dikişler verir ve dikey pozisyonda yukarıdan aşağıya doğru kaynaklardan başka, her pozisyon için uygundurlar. Hem doğru

hem de alternatif akım ile kullanılabilir. Bu elektrotların aralık doldurma kabiliyetleri iyi olmadığından, kaynak ağızlarının çok iyi hazırlanması ve parçaların birbirine iyice uyması gerekir.

c-) Oksit karakterli elektrotlar: Örtülerinin %60'lık kısmını, demiroksit (Fe_2O_3 + Fe_3O_4) oluşturur. Kalın örtülü imâl edilirler ve kaynak esnasında metal geçişi, duş akışı biçimindedir. Oksit karakterli elektrotlar düz görünüşlü, ince dikişler verirler. Yalnız düşük karbonlu ve alaşımsız çeliklerin oluk pozisyonundaki kaynaklarında kullanılırlar. Aralık doldurma kabiliyetleri kötü olduğundan, birleştirilecek parçaların birbirlerine iyice uymaları gerekir. Bu elektrodlarla yapılan dikişlerin sıcak çatlama meyilleri daha fazladır.

d-) Bazik karakterli elektrotlar: Örtünün büyük kısmını kalsiyum, kalsiyum florür ve diğer toprak alkali metallerin karbonatları teşkil eder. Genellikle kalın örtülü olarak imâl edilirler. Cüruflarının kalkması, diğer elektrotlara *nazaran* daha zordur. Bazik elektrodlarla çoğunlukla, doğru akımda pozitif kutba bağlanarak veya alternatif akımla kaynak yapılır. Bütün kaynak pozisyonları için uygun olup, iyi bir aralık doldurma kabiliyetleri vardır. Bazik elektrotlarla, sünekliği diğer elektrotlara göre yüksek olan dikişler elde edilir. Bu elektrotların kullanıldığı yerler aşağıdaki uygulamalardır:

- Bileşimi bilinmeyen karbonlu ve hafif alaşımlı çeliklerin her türlü kaynak birleştirmelerinde.
- Yüksek karbonlu, fosforlu ve azotlu çeliklerin kaynağında.
- Çatlama hassasiyeti bakımından, kalın kesitlerin (50 mm'de yukarı) güvenilir kaynak işlerinde.
- Tamamen rijit konstrüksiyonlarda.
- Yüksek karbonlu çeliklerin, düşük karbonlu çeliklerle birleştirilmesinde.
- OxC'nin altındaki sıcaklıklarda çalışacak konstrüksiyonlarda.
- Dinamik zorlamalara maruz konstrüksiyonlarda.
- Yüksek kaliteli kaynak konstrüksiyonlarında.

Bazik elektrotların örtüleri nem çekici olduğundan, kuru yerlerde depolanmalıdırlar. Rutubetli elektrotların kaynaktan önce 250 xC'de en az yarım saat kurutulmaları gerekir. Aksi takdirde, dikişte gözenekler meydana gelir ve çatlaklar olabilir.

e-) Selülozik karakterli elektrotlar: Örtülerinde, yandıkları zaman gaz haline geçen organik maddeler bulunur. Çoğunlukla kalın örtülü olarak imâl edilirler. Dikiş üzerinde çok az cüruf meydana getirirler, sıçrama kayıpları yüksektir. Doğru akımda (pozitif kutba bağlanarak) veya alternatif akımda kullanılabilirler. Her pozisyondaki kaynakta, bilhassa yukarıdan aşağıya doğru dikişlerde kullanılabilir. Aralık doldurma kabiliyetleri yüksektir.

f-) Özel elektrotlar: Bu tip elektrotların içerisine, derin nüfuziyet elektrotları ve demir tozlu elektrotlar girmektedir.

Derin nüfuziyet elektrotları ile; iki taraftan birer paso çekilerek (2.d-2) mm kalınlıktaki saclara ağız açmadan, alın kaynağı yapmak mümkündür. Her bir taraftan çekilen pasonun, sac kalınlığının yarısını kaynak etmesi gerekir. Böylece ağız açma masrafı ortadan kalkmış olur. Bu elektrotlar kalın örtülü olarak imâl edilirler.

B-) Örtü kalınlığına göre örtülü elektrotlar

Örtü kalınlığına göre örtülü elektrotları üçe ayırmak mümkündür:

a-) İnce örtülü elektrotlar: Bu elektrotlarda örtü çapı (D) ile, tel çapı (d) arasında aşağıdaki bağıntı vardır:

Örtü çapı (D) ≤ tel çapı (d) . 1,2

b-) Orta kalın örtülü elektrotlar:

Örtü çapı(D) = tel çapı . (1,2 ilâ 1,55)

c-) Kalın örtülü elektrotlar: Dış çapın, yani örtü çapının, tel çapının 1,55 katından büyük olduğu elektrotlardır.

Curuf Oluşturan Maddeler

Kaynak banyosu üzerinde bir curuf oluşturarak, ergimiş metalin çabuk soğumasını önlemek ve havanın zararlı etkisinden korunmak için katılan bu maddeleri dört ana grupta inceleyebiliriz:

- **Karbonatlar**

Elektrod örtüsü üretiminde curuf oluşturmak üzere genellikle kalsiyum ve magnezyum karbonat veya bunların karışımı gibi suda çözülmeyen türden mineraller kullanılır.

- **Silikatlar**

Curuf oluşturmak amacı ile 1400°C'nin altında ergiyen her türlü silikat örtüye katılabilir. Eldesi güç ve pahalı silikatlar örtüye ek bir özelik kazandırmadıklarından, bu iş için genellikle, kuartz ve feldspat (potasyum/sodyum/alüminyum silikat) gibi kolaylıkla sağlanabilen türler kullanılır.

- **Oksitler**

Bu tür örtülerde, titandioksit ve demiroksit curuf oluşturan bileşiklerdir. Magnetit, hematit, ilmenit, rutil bu oksitlerin doğada var oldukları şeklidir. Manganez, alüminyum, silisyum, krom gibi metallerin oksitleri de örtüye katılabilirler.

- **Florürler**

Florürler, genellikle suda çözündüklerinden, ancak bazı türleri örtü içinde kullanılabilir. Kullanılan florürler içinde fluspat (kalsiyum florür) en önemli yeri tutar. Örtü içinde kullanılan bir diğer florür de kriyolittir (sodyum/alüminyum florür).

- **Arkı Dengeleyen Maddeler**

Potasyum bileşikleri, potasyum oksalat, zirkonyum karbonat, lityum karbonat ve titan bileşikleri arkın dengeleme ve alternatif akımda arkın sürekliliğini sağlamak amacı ile örtüye katılan maddelerdir.

- **Gaz Atmosferi Oluşturan Maddeler**

Kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korumak için ark sıcaklığında ayrışmaya uğrayarak veya yanarak koruyucu bir gaz örtüsü oluşturmak amacı ile örtüye selüloz, kireçtaşı, odun tozu, dekstrin katılır.

- **Ekstrüzyon İşlemini Kolaylaştırıcı Maddeler**

Gliserin, talk, kaolen, bentonit, mikadır.

- **Bağlayıcı Maddeler**

Sodyum silikat, potasyum silikat, dekstrin, şekerdir.

- **Örtüye, Kurutma ve Depolama Sırasında Mukavemet Kazandıran Maddeler**

Örtüye, kurutma sırasında ve kuruduktan sonra mukavemetini artırmak amacı ile bağlayıcı elemanların yanısıra asbest gibi elyaflı mineraller de katılır. Son yıllarda asbestin insan sağlığı üzerine yaptığı olumsuz etkileri göz önünde bulundurularak, yerine mika gibi pul pul levhacıklar biçiminde mineraller katılmaktadır. Bunların miktarı, örtü türüne göre değişmekle birlikte genellikle çok azdır. Bu mineraller birer silikat oldukları için kaynak sırasında curufa geçer ve curuf yapıcı bir bileşen rolünü oynarlar.

- **Dezoksidasyon ve Alaşımlama Yapan Maddeler**

Ferrosilisyum, ferromanganez, elektromanganez, ferrokrom, ferromolibden, ferroniyobyum dezoksidasyon işlemini gerçekleştirmek ve alaşımlama yapmak amacı ile katılan bileşiklerdir.

Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri, kaynak sırasında kaynak metaline elementin türüne göre, ancak belirli bir oranda geçerler. Bu nedenle, elektrod üretilirken örtüye katılan alaşım elementlerinin verimleri göz önüne alınır. Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementlerinin kaynak dikişini alaşımlandırma verimleri Tablo 5.5'de verilmiştir.

Bu alaşım elementleri 100 meşlik bir elekten geçebilecek şekilde toz haline getirildikten sonra örtü pastasına eklenir. Alaşım elementlerinin toz taneleri ufaldıkça, alaşımlandırma verimi de o oranda artar. Günümüzde, bazı durumlarda alaşımlı kaynak dikişleri elde etmek için, alaşımlı tel yerine normal tel ve alaşım elementi içeren bir örtü kullanmak çok daha ekonomik olmaktadır. Bu tür örtülü elektrodlara sentetik elektrod adı verilmektedir.

Tablo 5.5.- Örtüye katılan alaşım elementlerinin alaşımlandırma verimleri.

Alaşım Elementi	Elementlerin Örtü İçindeki Alaşım Biçimi	Alaşım Elemanının Yaklaşık Verimi(%)
Karbon	Grafit	75
Manganez	Ferromangan	75
Fosfor	Ferrofosfor	100
Kükürt	Demirsülfit	15
Silisyum	Ferrosilisyum	45
Krom	Ferrokrom	95
Nikel	Elektrolitik Nikel	100
Bakır	Bakır	100
Niyobyum	Ferroniyobyum	70
Titanyum	Ferrotitan	5
Molibden	Ferromolibden	97
Vanadyum	Ferrovanadyum	80
Berilyum	Bakır-Berilyum alaşımı	0
Bor	Ferroboron	2
Azot	Nitritli Manganez	50
Tungsten	Ferrotungsten	80
Alüminyum	Ferroalüminyum	20
Zirkonyum	Nikel- Zirkon alaşımı	5

Kaynak ağızlarının hazırlanması

Kaynak ağızlarının hazırlanmasında parça kalınlığına, şekline ve cinsine göre giyotin makasla kesme, talaş kaldırarak işleme, oksijenle kesme ve karbon ark veya özel elektrod ile oluk açma yöntemlerinden birisi kullanılabilir.

Kaynak ağız şeklinin seçilmesinde gözönünde bulundurulacak hususlar şunlardır:

- Parçanın kalınlığı,
- Parçanın malzemesi,
- Kaynak pozisyonu,
- Kaynak yerine ulaşabilme olanağı,
- Kaynak yapılan iş yerinin takım teçhizat olanakları
- Ekonomik koşullar

★ iş parçalarını kaynak ile birleştirmek için kullanılan kaynak pozisyonları şu şekilde gruplayabiliriz:

a-) Yatay kaynak oluk pozisyonunda,

b-) Yatay kaynak iç ve köşe birleştirmelerinde,

c-) Düşey kaynak aşağıdan yukarıya,

d-) Düşey kaynak yukarıdan aşağıya,

e-) Korniş kaynağı,

f-) Tavan kaynağı.

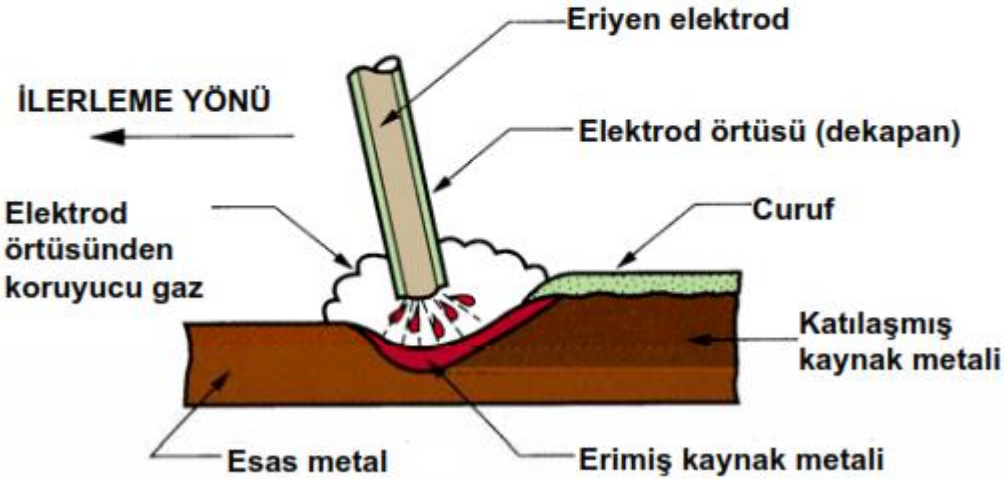
Eriyen Elektrodları Kullanan Ark Kaynak Yöntemleri

- Elektrik ark kaynağı
- Özlü telle ark kaynağı
- Eriyen elektrodla gazaltı ark kaynağı (MIG/MAG kaynağı)
- Tozaltı ark kaynağı
- Saplama ark kaynağı

Elektrik Ark Kaynağı

Dekapan ve koruma sağlayan kimyasallarla kaplı bir ilave metal çubuktan oluşan bir eriyen elektrod kullanır

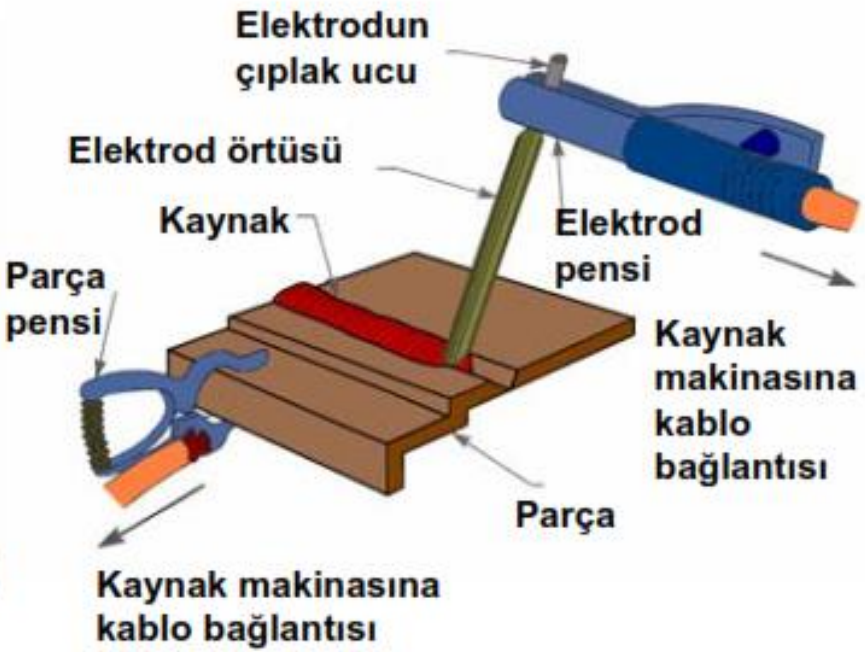
- Bazen “Örtülü çubuk elektrod kaynağı” olarak da adlandırılır
- Güç üreteci, bağlantı kabloları ve elektrod pensi birkaç bin TL’ye elde edilebilir



Elektrik ark kaynağı

Elektrik Ark Kaynağı

- Elektrik ark kaynağı, yüksek bir kaynakçı becerisi gerektirir
- Kaynakçılar özel kurslara devam eder ve sınav sonucunda sertifika alırlar
- Pek çok kaynaklı imalatta sertifikalı kaynakçıların çalıştırılmaları gerekir
- Sertifika sınavları çelik kaynakçıları için TS 6868-1 EN 287-1'e göre yapılır



Elektrik Ark Kaynağında Çubuk Elektrod

- İlave metalin bileşimi genellikle esas metale yakındır
- Örtü, bir silikat bağlayıcıyla bir arada tutulan, oksit, karbonat ve diğer katkılarla karıştırılmış toz halindeki selülozdan oluşur.
- Kaynak çubuğu, akım üretecine bağlı elektrod pensi tarafından sıkıştırılır
- Örtülü çubuk elektrodla kaynağın zayıflıkları:
  - Çubukların periyodik olarak değiştirilmesi gerekir
  - Yüksek akım seviyeleri, örtünün erken erimesine neden olabilir

TS 563-EN 499'a göre Örtülü Elektrodlar

TS EN 499 - E 46 3 1Ni B 5 4 H5

Standart numarası

E: Elle elektrik ark kaynağı için örtülü çubuk elektrod

Sembol	En düşük akma dayanımı [1] N/mm²	Çekme dayanımı N/mm²	En düşük uzama [2] %
35	355	440-570	22
38	380	470-600	20
42	420	500-640	20
46	460	530-680	20
50	500	560-720	18

1) Akma dayanımı için en düşük akma dayanımı (R_{eL}) akma mevcut olduğunda kullanılmalıdır. Aksi takdirde % 0,2 deney dayanımı kullanılmalıdır.

Sembol	En az 47 J ortalama çentik vurma enerjisi için sıcaklık °C
Z	İstenmez
A	+ 20
0	0
2	- 20
3	- 30
4	- 40
5	- 50
6	- 60

Alaşım sembolü	Kimyasal bileşim [1] [2] [3] Mn	Mo	Ni
Sembolsüz	2,0	-	-
Mo	1,4	0,3 - 0,6	-
MnMo	> 1,4 - 2,0	0,3 - 0,6	-
1 Ni	1,4	-	0,6 - 1,2
2 Ni	1,4	-	1,8 - 2,6
3 Ni	1,4	-	> 2,6 - 3,8
Mn1Ni	> 1,4 - 2,0	-	0,6 - 1,2
1 NiMo	1,4	0,3 - 0,6	0,6 - 1,2
Z	Diğer		

[1] Belirtilmemişse, Mo<0,2; Ni<0,3; Cr<0,2; V<0,05; Nb<0,05; Cu<0,3.
[2] Tabloda gösterilen tek değerler, en çok anlamındadır.
[3] Sonuçlar, ISO 31-0 Ek B, Kural A kullanılarak belirtilen değer olarak önemli sayıların aynı sayısına yuvarlatılmalıdır.

Sembol	100 gr kaynak metalindeki en çok H_2 içeriği (ml)
H5	5
H10	10
H15	15

Sembol	Kaynak metali kazancı	Akım tipi [1] [2]
1	≤ 105	a.a. + d.a.
2	≤ 105	d.a.
3	> 105 ≤ 125	a.a. + d.a.
4	> 105 ≤ 125	d.a.
5	> 125 ≤ 160	a.a. + d.a.
6	> 125 ≤ 160	d.a.
7	> 160	a.a. + d.a.
8	> 160	d.a.

[1] İşletilebilirliği göstermek için a.a. deneyleri, 65 V'tan düşük, yüksüz bir gerilimle yapılmalıdır.
[2] a.a. = alternatif akım
d.a. = doğru akım

A.	Asit örtü
C:	Selülozik örtü
R:	Rutil örtü
RR:	Rutil kalın örtü
RC:	Rutil selülozik örtü
RA:	Rutil asit örtü
RB:	Rutil bazik örtü
B:	Bazik örtü

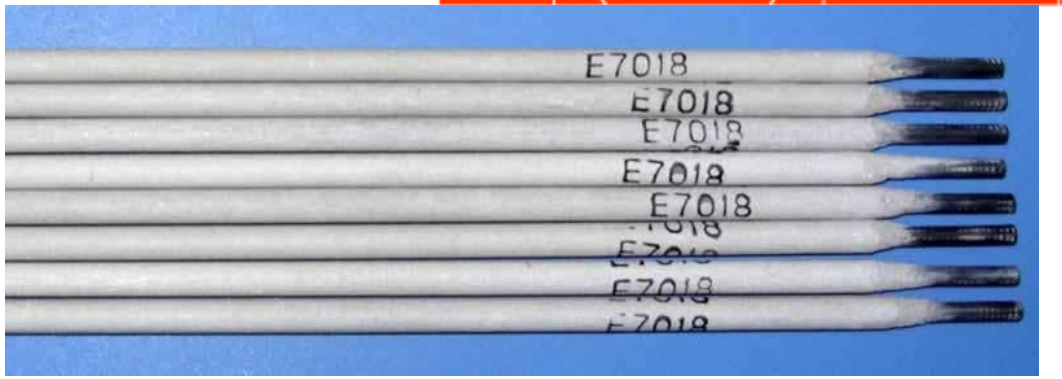
ANSI-AWS A5.1'e Göre Örtülü Elektrodlar

E 6010

Kaynak metalinin çekme dayanımı		
İşaret	Psi	N/mm²
45	45.000	316
60	60.000	422
70	70.000	492
80	80.000	563
90	90.000	633

Kaynak pozisyonu	
İşaret	Pozisyon
1	Tüm
2	Yatay ve oluk
3	Sadece oluk

İşareti	Örtü tipi	Akım şekli, Kutup durumu	Nüfuziyet
0	Selülozik (Sodyum silikat)	DAEP	Derin
1	Selülozik (Potasyum silikat)	DAEP ve AA	Derin
2	Rutil (Sodyum silikat)	DAEN ve AA	Orta
3	Rutil (Potasyum silikat)	DAEP, DAEN ve AA	Az
4	Rutil (Demir tozlu)	DAEP, DAEN ve AA	Az
5	Bazik (Sodyum silikat)	DAEP	Orta
6	Bazik (Potasyum silikat)	DAEP ve AA	Orta
7	Demir tozlu (Demir oksit)	DAEP, DAEN ve AA	Orta
8	Bazik (Demir tozlu)	DAEP ve AA	Orta



Tablo 5.9.- AWS standardına göre bazik örtülü bir elektrodun gösterilişi.

E 7018 H4R

- Elektrod
- Çekme Mukavemeti (psi)
- Pozisyon
- Örtü Türü ve Akım
- Hidrojen Miktarı (H4=4 ml/100g.'dan az, H8=8 ml/100g.'dan az)
- Nem Saptama Deneyi Gereksinimi

Pozisyon

1 Yatay oluk, yatay, dik, tavan
2 Yatay oluk, yatay
4 Yatay oluk, yatay, yukarıdan aşağıya dik, tavan

Örtü türü ve akım

Sembol	Örtü Türü	Kaynak Akım Türü Ve Kutuplama
0	Selülozik (sodyum silikat)	DAEP
1	Selülozik (Potasyum silikat)	AA veya DAEP
2	Rutil (Sodyum silikat)	AA veya DAEN
3	Rutil (Potasyum silikat)	AA veya DAEP veya DAEN
4	Rutil (Demir Tozlu)	AA veya DAEP veya DAEN
5	Bazik (Sodyum silikat)	DAEP
6	Bazik (Potasyum silikat)	AA veya DAEP
7	Demir Tozlu (Demir oksit)	AA veya DAEP veya DAEN
8	Demir Tozlu (Bazik)	AA veya DAEN
E 6020	Demir Tozlu (Sodyum silikat)	AA veya DAEP veya DAEN

Tablo 5.10.- AWS standardına göre bazik örtülü bir elektrodun gösterilişi.

E 8018-B1

Elektrod

Çekme Mukavemeti (psi)

Tüm Pozisyonlar

AA veya DAEP

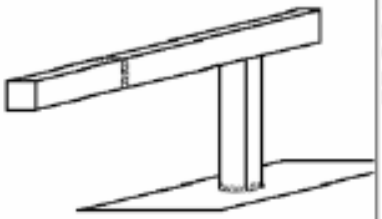
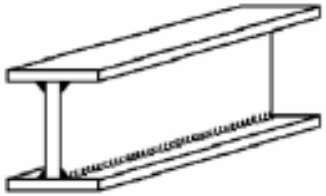
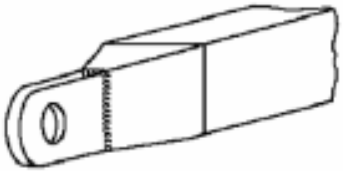
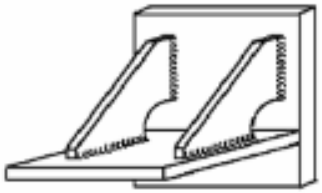
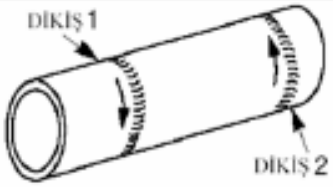
Kaynak Metalinin Kimyasal Bileşimi (%)

Ek Sembol	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
A1	0.12	0.40-0.65*	0.40-0.80	-	-	0.40-0.65	-
B1	0.12	0.90	0.60-0.80	-	0.40-0.65	0.40-0.65	-
B2L	0.05	0.90	0.80-1.00	-	1.00-1.50	0.40-0.65	-
B2	0.12	0.90	0.60-0.90	-	1.00-1.50	0.40-0.65	-
B3L	0.05	0.90	0.80-1.00*	-	2.00-2.50	0.90-1.20	-
B3	0.12	0.90	0.60-0.80*	-	2.00-2.50	0.90-1.20	-
B4L	0.05	0.90	1.00	-	1.75-2.25	0.40-0.65	-
B5	0.07-0.15	0.40-0.70	0.30-0.60	-	0.50-0.60	1.00-1.25	0.05
B6	0.05-0.10	1.00	0.90	0.40	4.00-6.00	0.45-0.65	-
B8	0.05-0.10	1.00	0.90	0.40	8.00-10.50	0.85-1.20	-
C1	0.12	1.20	0.60-0.80*	1.00-2.75	-	-	-
C2	0.12	1.20	0.60-0.80*	3.00-3.75	-	-	-
C3	0.12	0.40-1.25	0.80	0.80-1.10	0.15-	0.35-	0.05-
D1	0.12	1.25-1.75	0.60-0.80*	-	-	0.25-0.45	-
D2	0.15	1.65-2.00	0.60-0.80*	-	-	0.25-0.45	-
G	-	1.00 Min.	0.80 Min.	0.50 Min.	0.30 Min	0.20 Min.	0.10 Min.
M**	0.10	0.60-2.25*	0.60-0.80*	1.40-2.50*	0.15-1.50*	0.25-5.50*	0.05

*Miktarlar elektrod sınıflandırılmasına bağlıdır. Tek değerler maksimumu ifade ederler ve farklı elektrod sınıfları için AWS A5.5 baz alınır.

**Çok farklı M sınıfları bulunur. M sınıfları Askeri (Military) spesifikasyonları ifade ederler.

Örtülü Çubuk Elektrod Seçimi

Yapı elemanı	Kaynak işlemi	Çubuk elektrodun türü **EN 499**
	İnce cidarlı içi boş profillerin pozisyon (PA ve PB dışındaki pozisyonlarda) kaynağında	E 42 0 RR 12 E 42 0 RC 11
	PA ve PB pozisyonlarında, ince levhalardan oluşturulan profillerdeki a=5 mm kalınlığında uzun içköşe dikişlerinin kaynaklarında.	E 38 0 RR 54 E 38 2 RA 74
	Büyük kalınlıklardaki çeki çubuklarının çift-V ağızlı kaynaklarında.	E 42 4 B 42 H5 E 42 5 B 12 H5
	10 mm kalınlığındaki levhalardan oluşturulan takviyelerin pozisyon kaynağındaki içköşe dikişlerinde	E 42 2 RB 12 E 42 0 RB 12
	Boru hatlarında PE ve PG pozisyonlarındaki alın kaynaklarında	DİKİŞ 1 Yukarıdan aşağıya E 42 2 C 25 DİKİŞ 2 Aşağıdan yukarıya Kök paso : E 42 2 RB 12 Kapak paso : E 42 0 RR 12

Örtülü Elektrod Seçimi

Bilinen bir esas metal ve tanımlanmış bir kaynak işlemi için elektrod seçiminde şu konular gözönünde bulundurulur:

- **Esas metalin mukavemet özelikleri**

Esas metalin mukavemet özeliklerinin her zaman bilinmesi gereklidir. Özellikle az karbonlu ve az alaşımlı yapı çeliklerinde, elektrod seçimi esas metalin çekme ve akma mukavemetine göre yapılır.

- **Esas metalin kimyasal bileşimi**

Esas metalin kimyasal bileşiminin bilinmesi zorunludur; az karbonlu ve az alaşımlı yapı çeliklerinde kaynak metali ve esas metalin bileşiminin uyumu önemli bir sorun değildir. Buna karşın alaşımlı çelikler, demirdışı metal ve alaşımları halinde bu konu çok önemlidir. Kaynak metali ve esas metalin kimyasal bileşimi uyumlu olmak zorundadır.

- **Kaynak pozisyonu**

Her tür elektrod belirli bazı kaynak pozisyonları için uygundur; elektrod seçiminde bu önemli konu da gözden uzak tutulmamalıdır.

- **Kaynak Akımı**

Her tür kaynak elektrodu belirtilmiş olan akım türü (doğru akım veya alternatif akım) ve kutuplama (ters kutuplama, doğru kutuplama) ile kullanılmak koşulu ile üretilmiştir. Bu durumlarda, eldeki kaynak akım üreteci nedeni ile elektrod seçiminde bu konu büyük etken olarak ortaya çıkmaktadır.

- **Kaynak ağzı Tasarımı**

Elektrod seçiminde, elektrodun nufuziyeti de önemli bir etmendir. Örneğin; küt alın birleştirmelerde veya kök aralığı bırakılmadan hazırlanan X, V, U kaynak ağızlarında nufuziyeti fazla olan elektrodlar, ince parçaların kaynak edilmesi durumunda nufuziyeti az olan türde elektrodlar tercih edilmelidir.

- **Kaynaklanan parçanın kalınlığı ve biçimi**

Kalın kesitlerde ve karışık biçimli parçalarda kaynak gerilmeleri nedeni ile özellikle kök pasonun çatlamaması için sünek kaynak metali veren elektrodlar tercih edilmelidir.

- **İşletme koşulları**

Aşırı yüksek veya düşük sıcaklıktaki ortamlarda çalışan, darbeli yüklerin etkisinde kalan parçalarda kaynak metali, esas metalin bileşiminde ve aynı zamanda da tok olmak zorundadır. Bu gibi durumlarda bazik örtülü elektrodlar kullanılmalıdır.

- **Çalışma koşulları ve verimlilik**

Bazı tür elektrodlar yüksek verimlidir; ergime güçleri yüksektir dolayısı ile bu tür elektrodların kullanılması durumunda kaynak süresi kısalır ve ekonomi sağlanmış olur. Yalnız bu tür elektrodlar ancak bazı kaynak pozisyonlarında kullanılabilir. Koşulların uygun olduğu durumlarda, bu tür elektrodlar tercih edilmelidir.

Elektrod çapının saptanması

Uygun elektrod çapının saptanmasında şu konuların gözönüne alınması gereklidir.

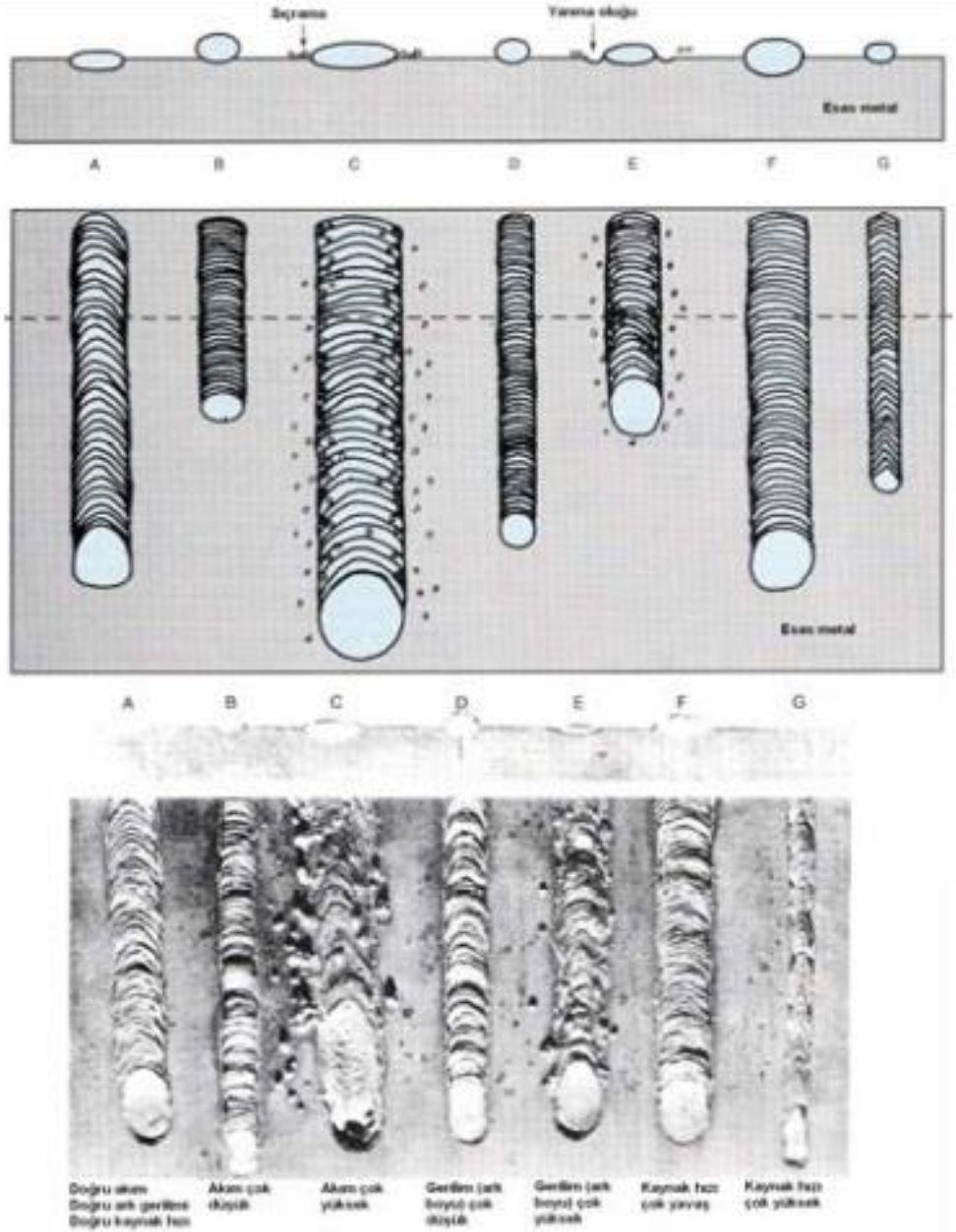
- Kaynak pozisyonu, birleştirme türü ve kaynak ağız geometrisi,
- Kaynak metalinin özeliklerini etkilemeden elektrodun yüklenebileceği en yüksek akım şiddeti,
- Esas metalin kütlesi ve kaynak sonrası ilk özeliklerini koruma konusundaki davranışı,
- Kaynak sırasında uygulanan ısıya ve bunun oluşturduğu kaynak gerilmelerine karşı konstrüksiyonun davranışı,
- Parçaya kaynak öncesi veya sonrası ısıl işlem uygulanabilirliği,
- Kaynaklı bağlantının kalitesi konusunda öngörülmüş özel koşullar,
- Ekonomi.

Kaynak Parametrelerinin Etkileri

Ark kaynağında kaynak bölgesine ısı girdisi:

$$Q = \frac{U \cdot I}{v} \eta$$

Q: Isı girdisi
U: Ark gerilimi
I : Kaynak akımı
v : Kaynak hızı
η : Verim



Elektrik Ark Kaynağının Uygulamaları

- Çelikler, paslanmaz çelikler, dökme demirler ve bazı belirli demirdışı alaşımlarda kullanılır
- Alüminyum ve alaşımlarında, bakır alaşımlarında ve titanyumda hiç kullanılmaz veya nadiren kullanılır.

Özlü Telle Ark Kaynağı (ÖTAK)

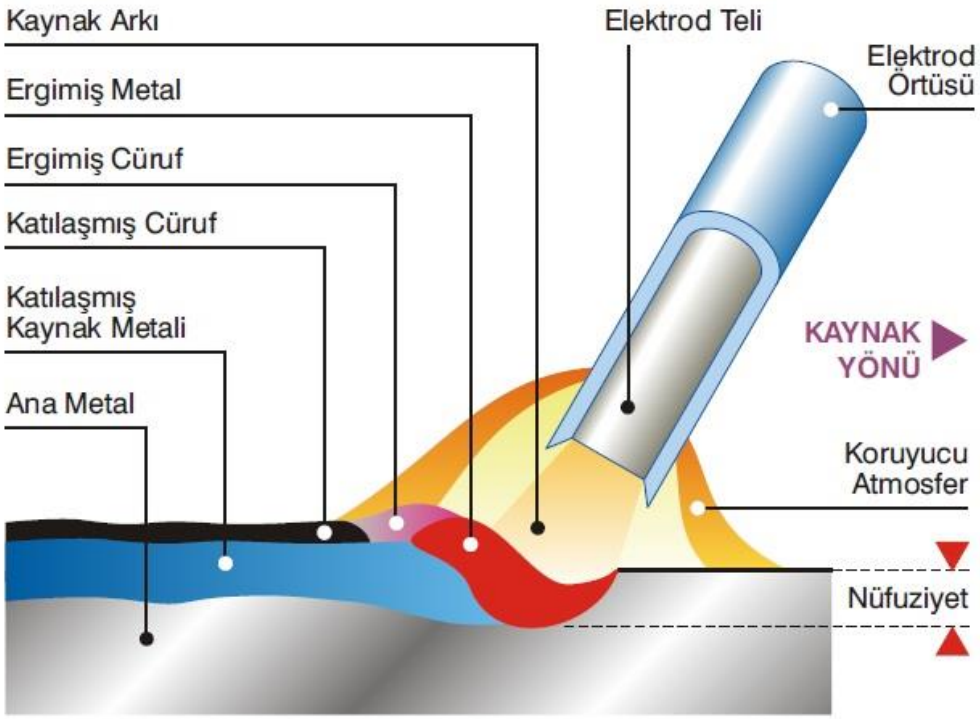
Çubuk elektrodun sınırlamalarının üstesinden gelmek için örtülü çubuk elektrodla ark kaynağının geliştirilmiş hali

- Elektrod, özünde dekapan ve diğer katkı maddeleri (örn. Deoksidanlar ve alaşım elementleri) içeren sürekli bir eriyen tüptür
- İki türü:
  - Kendinden gaz korumalı ÖTAK – Öz, koruyucu gaz içeren bileşenleri de barındırır
  - İlave gaz korumalı ÖTAK – Dış bir koruyucu gaz uygulanır

Örtülü Elektrotla Metal Ark

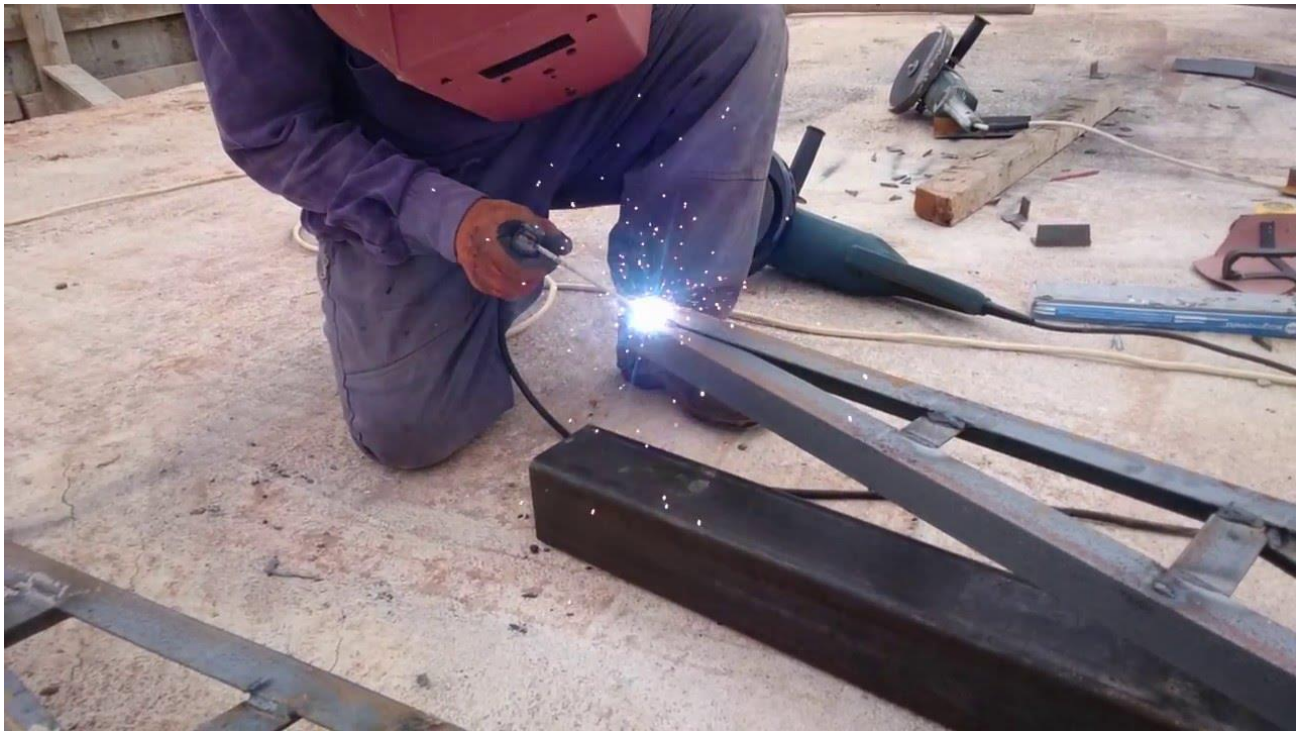
- Ana metal ile örtülü elektrot arasında bir ark meydana gelir
- Örtülü elektrot ark oluşturmak için elektriği iletir, atmosfer şartlarından korunmak için gaz üretir ve kaynak dikişi için dolgu metali sağlar
- Elektrik akımı alternatif ve doğru akım olabilir. Eğer doğru akım ise, kutup kaynak dikiş boyutunu ve uygulamasını değiştirir.

Kaynak Yönteminin Şematik Gösterimi



Örtülü Elektrotla Metal Ark

- İşlem:
  - Elektrotun ucunda oluşan arkla kaynak havuzu oluşur
  - Ark konisinin içerisinde metal damlacıkları ana metalin üzerinde toplanır
  - Ergimiş metal birikirken, kaynak dikişinin üstünü bir curuf tabakası örter ve soğuma sırasında kaynak bölgesini korur
  - Kaynak pasosu soğumaya bırakıldıktan sonra, curuf tabakası kaynak çekici ile kırılır ve tel fırça ile fırçalanır. Sonra diğer pasoya geçilir.



Ark Enerjisi

$$Q = 0.06\frac{EI}{v}$$

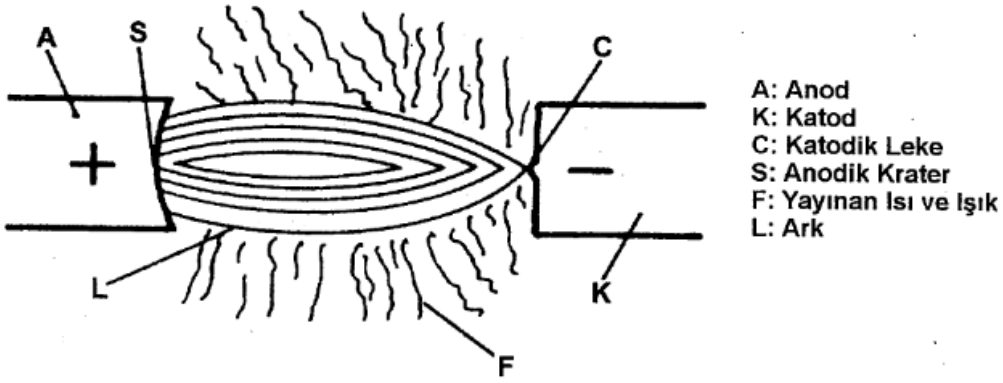
Q = Ark enerjisi kJ/mm
E = Akım (amper)
I = Ark voltajı
v = hız mm/min

Düşük Ark Enerjisi

- Boyut olarak küçük kaynak havuzu
- Tamamlanmamış füzyon
- Yüksek soğuma oranı
- İstenmez faz dönüşümleri
- Hidrojen çatlağı

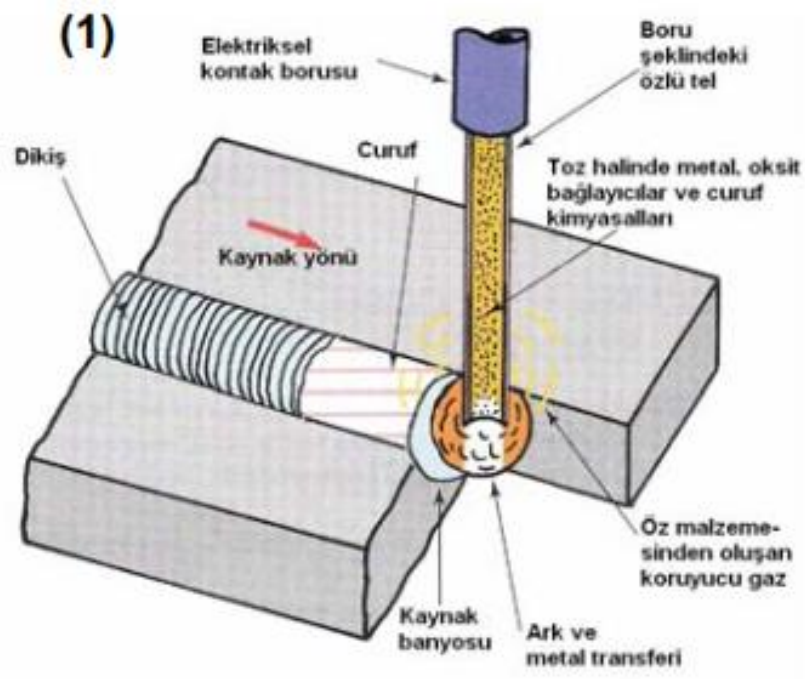
Yüksek Ark Enerjisi

- Boyut olarak büyük kaynak havuzu
- Düşük soğuma oranı
- Artan katılaşma çatlama riski
- Düşük süneklik ve mukavemet
- İstenmeyen fazların çökelmesi (korozyon ve süneklik)

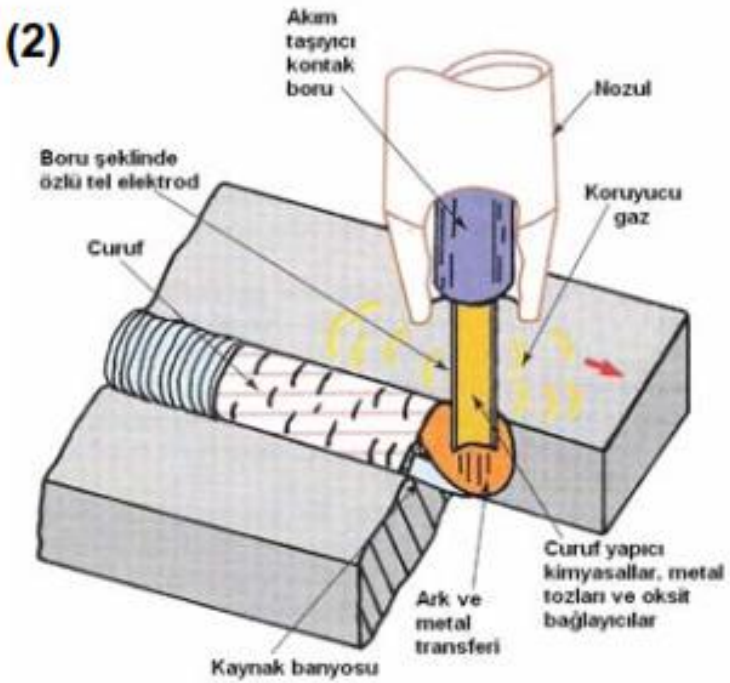


Şekil - İki karbon elektrod arasında oluşturulan arkın görünüşü.

Özlü Telle Ark Kaynak Yöntemleri



Kendinden gaz korumalı özlü telle ark kaynağı



İlave gaz korumalı özlü telle ark kaynağı

Özlü telle ark kaynağı. Dışarıdan sağlanan koruyucu gazın varlığı veya yokluğu, iki tür oluşturur: (1) koruyucu gaz bileşenleri sağladığı kendinden gaz korumalı, ve (2) dış koruyucu gazların kullanıldığı ilave gaz korumalı

GAZ ALTI ARK KAYNAĞI

a) Eriyen elektrodla yapılan gazaltı kaynağı

- Çıplak elekrodla soygaz atmosferi altında gazlatı kaynağı (MIG)
- Eriyen metal elektrod ile karbondioksit atmosferi altında gazaltı kaynağı (MAG)

b) Erimeyen elektrodla yapılan gazaltı kaynağı

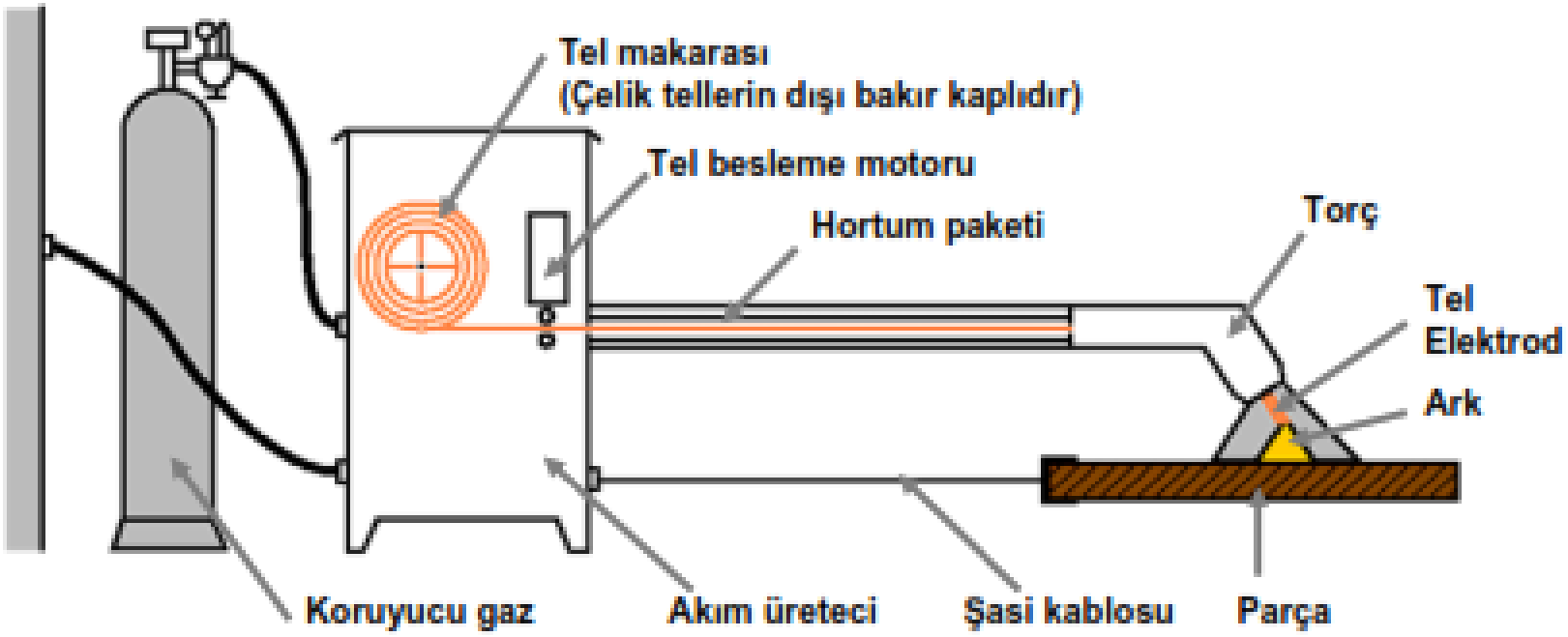
- Erimeyen iki elektrodla yapılan gazaltı kaynağı (Ark atom kaynağı)
- Erimeyen bir elektrodla yapılan gazaltı kaynağı (TIG)

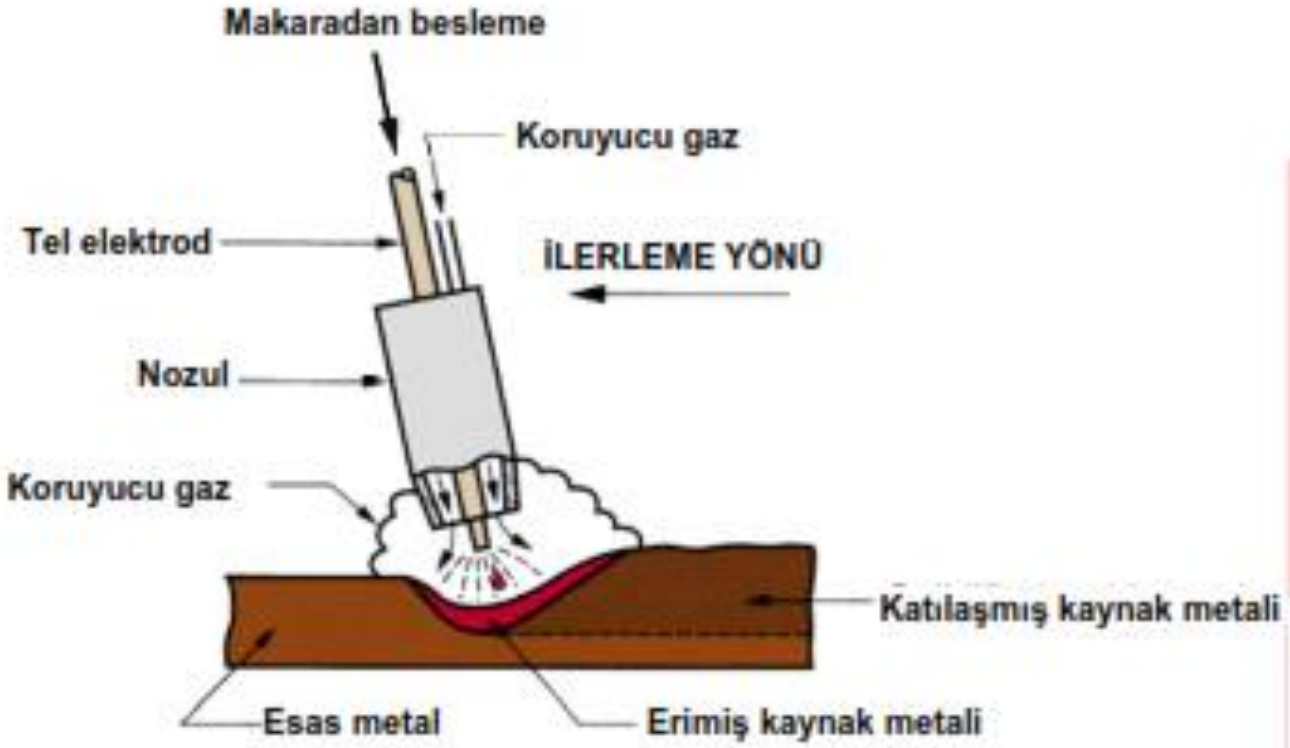
Eriyen Elektrodla Gazaltı Ark Kaynağı (MIG/MAG=**M**etal **I**nert **G**az / **M**etal **A**ktif **G**az Kaynağı)

Elektrod olarak çıplak bir eriyen metal tel kullanır ve ark, dış bir koruyucu gazla korunur

- Tel, bir makaradan kaynak tabancasına (torch) sürekli ve otomatik olarak beslenir
- Koruyucu gazlar, alüminyum için Argon ve Helyum gibi soy gazlardan (MIG), çelik kaynağı için CO_2 gibi aktif gazlardan (MAG) oluşur
- Koruyucu gaz ve çıplak tel elektrod, kaynak banyosu üzerindeki curuf örtüsünün oluşmamasını sağlar – curufun elle taşlanmasına veya temizlenmesine ihtiyaç duyulmaz

MIG/MAG Kaynak Donanımı





Eriyen elektrodla gazaltı ark kaynağı (MIG/MAG kaynağı)

MIG KAYNAĞI

MIG kaynağında doğru akım kullanılır ve elektrod, genellikle pozitif kutuba bağlanır (ters kutuplama).

Böylece hem derin bir nüfuziyet, hem de oksit tabakasının parçalanması sağlanmış olur. Paslanmaz çeliklerin iç köşe kaynağında ve doldurma kaynaklarında, elektrod negatif kutuba bağlanır.

Bilinen dikiş biçimlerinin hepsine MIG kaynağı uygundur. Yatay pozisyonlarda hem el, hem de otomatik olarak kaynak yapılabilir.

Kaynak dikişinin yüksekliği, genişliği ve nüfuziyeti aynı hamlaç tutuşunda kaynak gerilimini, kaynak akım şiddetini ve kaynak hızını değiştirerek ayarlanabilir. Bu faktörlerin etkileri, tozaltı kaynağında olduğu gibidir. Kaynak sırasında kaynak hamlacı, kaynak yönüne ters istikamette en fazla 30o'lik bir eğimle tutulur. Böylece kaynakçı, kaynak banyosuna ve elektrodun erime işlemine kolayca bakabilir. Eğer meyil fazla olursa, nüfuziyet azalır ve dikiş incelir. Aynı zamanda fazla meyil gazın koruma kabiliyetini azaltır, dikişte gözenek ve kalıntıların meydana gelmesine sebep olur. Böyle çalışma tarzı, ince sacların ve kök pasolarının kaynağında kullanılır. Eğer derin bir nüfuziyet ve kalın kaynak pasosu elde edilmek istenirse, hamlaca kaynak yönünde en fazla 30°'lik bir eğim verilir.

MIG kaynağı ile hemen hemen bütün malzemelerin kaynaklanması mümkündür. Fakat bazı kaidelere uyulması gerekir.

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında yalnız doğru akım kullanılır ve otomatik olarak ilerleyen kaynak teli, daima pozitif kutuba bağlanır. Kaynak ağızlarının iyi temizlenmesi, dikişte gözenek teşekkülünü azaltır. Yapılacak kimyasal temizlemelerde zehirli gaz oluşumlarından korunmak için, iyi bir havalandırma yapılmalıdır. İnce alüminyum levhaların kaynağında distorsiyonu azaltmak için, levhalar puntalanmalı ve geri adım usulüyle kaynaklanmalıdır.

Bakır ve alaşımlarının kaynağında, gerekli durumlarda 200 ilâ 400 xC'lik bir ön tavlama tatbik edilir. Makina ile kaynak yapılması durumunda, sola kaynak usulü tatbik edilir. Kaynak işlemi doğru akımla ve elektrod pozitif kutba bağlanarak yapılır.

Paslanmaz çeliklerin MIG usulüyle kaynaklanması, büyük üstünlük sağlar. Çünkü erimiş metal ile hava arasındaki reaksiyonlar sebebiyle, kayıplar önlenmektedir.

KAYNAKLAR

- Prof. Dr. Selahaddin ANIK, Kaynak Tekniği El Kitabı
- Prof. Dr. Murat VURAL, İmal Usulleri Ders Notları
- Prof. Dr. Erdinç KALUÇ, Ergitme Esaslı Kaynak Yöntemleri Cilt-1