

## Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Hazırlayan: Pierre-Jean Cunat



## Euro Inox

Euro Inox, Paslanmaz Çelik için Avrupa pazarını geliştirme birliğidir.

Euro Inox'un üyeleri arasında şunlar bulunur:

- Avrupalı paslanmaz çelik üreticileri
- Ulusal paslanmaz çelik geliştirme birlikleri
- Alaşım element endüstrilerini geliştirme birlikleri

Euro Inox'un öncelikli hedefi paslanmaz çeliklerin eşsiz özelliklerini tanıtmak ve bunların mevcut uygulamalarda ve yeni pazarlarda kullanımını daha ileri götürmektir. Bu amaç doğrultusunda Euro Inox, mimarların, tasarımcıların, uzmanların, üreticilerin ve nihai kullanıcıların malzemeyi daha yakından tanıması için konferanslar ve seminerler organize eder, basılı ve elektronik formatta kılavuzlar yayımlar. Euro Inox ayrıca, teknik ve pazar araştırmalarını destekler.

## Tam Üyeler

### Acerinox

[www.acerinox.es](http://www.acerinox.es)

### Outokumpu

[www.outokumpu.com](http://www.outokumpu.com)

### ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

[www.acciaiterni.com](http://www.acciaiterni.com)

### ThyssenKrupp Nirosta

[www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)

### Ugine & ALZ Belgium

### Ugine & ALZ France

### Arcelor Mittal Group

[www.ugine-alz.com](http://www.ugine-alz.com)

## Ortak Üyeler

### Acroni

[www.acroni.si](http://www.acroni.si)

### British Stainless Steel Association (BSSA)

[www.bssa.org.uk](http://www.bssa.org.uk)

### Cedinox

[www.cedinox.es](http://www.cedinox.es)

### Centro Inox

[www.centroinox.it](http://www.centroinox.it)

### Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

### Institut de Développement de l'Inox (I.D.-Inox)

[www.idinox.com](http://www.idinox.com)

### International Chromium Development Association (ICDA)

[www.icdachromium.com](http://www.icdachromium.com)

### International Molybdenum Association (IMOA)

[www.imoa.info](http://www.imoa.info)

### Nickel Institute

[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

### Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

[www.puds.com.pl](http://www.puds.com.pl)

### SWISS INOX

[www.swissinox.ch](http://www.swissinox.ch)

ISBN 978-2-87997-179-7

978-2-87997-180-3 İngilizce çeviri

2-87997-087-3 Lehçe çeviri

978-2-87997-177-3 Çekçe çeviri

978-2-87997-178-0 Felemenkçe çeviri

**Basım**

Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı  
İlk basım 2007  
(Malzemeler ve Kullanımları Serisi, Cilt 3)  
© Euro Inox 2007

**Yayımcı**

Euro Inox  
Organizasyon Merkezi:  
241, route d'Arlon, 1150 Lüksemburg,  
Lüksemburg Büyük Dükalığı  
Tel: +352 26 10 30 50, Faks: +352 26 10 30 51  
İdare Merkezi:  
Diamant Building, Bd. A. Reyers 80,  
1030 Brüksel, Belçika  
Tel: +32 2 706 82 67, Faks: +32 2 706 82 69  
E-mail: info@euro-inox.org  
İnternet: www.euro-inox.org

**Yazar**

Pierre-Jean Cunat, Joinville-le-Pont, Fransa

Metin içerisinde (\*) ile işaretlenmiş paragraflar, "Working with Stainless Steels" (Paslanmaz Çeliklerle Çalışma) Paris (SIRPE) 1998 den alınmıştır.

**Kapak fotoğrafı**

ESAB AB, Göteborg (S)

**Çeviri**

Dr Caner Batıgün, Ankara, Türkiye

**İçindekiler**

1	Paslanmaz Çelikler Hakkında Genel Bilgiler	2
2	Paslanmaz Çelikler için Kullanılan Kaynak Prosesleri	3
3	Paslanmaz Çeliklerin Kaynağa Uygunluğu	23
4	Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı için Koruyucu Gaz Seçimi	24
5	Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı için Önerilen Kaynak Dolgu Malzemeleri	25
6	Ark Kaynağında Birleştirme Hazırlığı	26
7	Kaynaklar için Son Bitirme İşlemleri	28
8	İş Güvenliği	30
9	Sözlük Eki: Terimler ve Tanımlar	32

**Bildirim**

Euro Inox burada sunulan bilgilerin teknik açıdan doğru olması için gerekli tüm çabayı göstermiştir. Ancak okuyucunun burada verilen bilgilerin yol gösterici olduğunu bilmesi gerekir. Euro Inox üyeleri, çalışanları, danışman ve çeviri yapan kişi veya kuruluşların işbu yayında sunulan bilgilerin kullanımları nedeniyle oluşabilecek herhangi bir kayıp, hasar veya ziyana bağlı hiçbir yükümlülük veya sorumluluk kabul etmeyeceklerin özellikle bildirirler. Ayrıca bu broşürdeki bilgilerin yayın hakları mahfuz olup, iktibas edilmesi, alıntı yapılması, yayımcı kuruluşun yazılı iznini gerektirir.

**Telif Hakkı Uyarısı**

Bu çalışma telif haklarına tabidir. Euro Inox, herhangi bir dilde çeviri, yeniden basım, resimlerin, ifadelerin ve yayının yeniden kullanımı konusundaki bütün hakları elinde tutmaktadır. Bu yayının hiçbir kısmı, telif hakkı sahibi olan Euro Inox, Lüksemburg'un yazılı izni olmaksızın yeniden üretilemez, bilgi deposunda saklanamaz ve hiçbir şekilde elektronik, mekanik, fotokopi, kayıt veya diğer yöntemlerle herhangi bir biçime aktarılamaz. İhlaller yasal işleme tabi tutulacak olup, ihlalden kaynaklanan maddi hasarların yanı sıra maliyet ve yasal ücretler konusunda da sorumluluk doğar ve Avrupa Birliği dahilinde Lüksemburg telif hakları yasa ve tüzüğüne kovuşturma yasası kapsamına girer.

# 1 Paslanmaz Çelikler Hakkında Genel Bilgiler

## 1.1 Östenitik Paslanmaz Çelikler: Fe-Cr-Ni (Mo)

Bu alaşımlar, mükemmel seviyede şekillendirebilirlik, korozyon direnci ve kaynaklanabilirliğe sahip olmaları sebebiyle paslanmaz çeliklerin en popüler cinsidir. Bu gruba dahil alaşımlar, tavllanmış durumdayken manyetik değildirlir.

Kompozisyon aralığı:  $C \leq \% 0.10$  -  $\% 16 \leq Cr \leq \% 28$  -  $\% 3.5 \leq Ni \leq \% 32$  -  $(Mo \leq \% 7)$

## 1.2 Ferritik Paslanmaz Çelikler: Fe-Cr-(Mo)

Ferritik paslanmaz çelikler, düşük bir karbon oranına sahiptir. Bunlardaki başlıca alaşım elementi krom (ve molibden) dur.

Bunlar, ısıtılma işlemle sertleştirilemezler ve her zaman manyetiklerdir.

Kompozisyon aralığı:  $C \leq \% 0.08$  -  $\% 10.5 \leq Cr \leq \% 30$  -  $(Mo \leq \% 4.5)$

## 1.3 Östenitik - Ferritik Dupleks Paslanmaz Çelikler: Fe-Cr-Ni (Mo)-N

Dupleks paslanmaz çeliklerin mikro yapısı, östenit ve ferritin karışımından meydana gelmektedir. Bunlar, her iki fazın karakteristikleriyle beraber yüksek dayanç ve süneklik özellikleri gösterirler. Azot, dayanç sağlamak için ilave edilir ve aynı zamanda kaynaklanabilirliğe de yardımcı olmaktadır. Bu alaşımlar manyetik ve ısıtılma işlemle sertleştirilemezler.

Kompozisyon aralığı:  $C \leq \% 0.03$  -  $\% 21 \leq Cr \leq \% 26$  -  $\% 3.5 \leq Ni \leq \% 8$  -  $(Mo \leq \% 4.5)$  -  $N \leq \% 0.35$

## 1.4 Martensitik Paslanmaz Çelikler: Fe-Cr-(Mo-Ni-V)

Bu alaşımlar, geniş bir aralıkta kullanılabilir sertlik seviyeleri elde edecek şekilde ısıtılma tabi tutulabilirler.

Elde edilen martensitik yapı, manyetikdir.

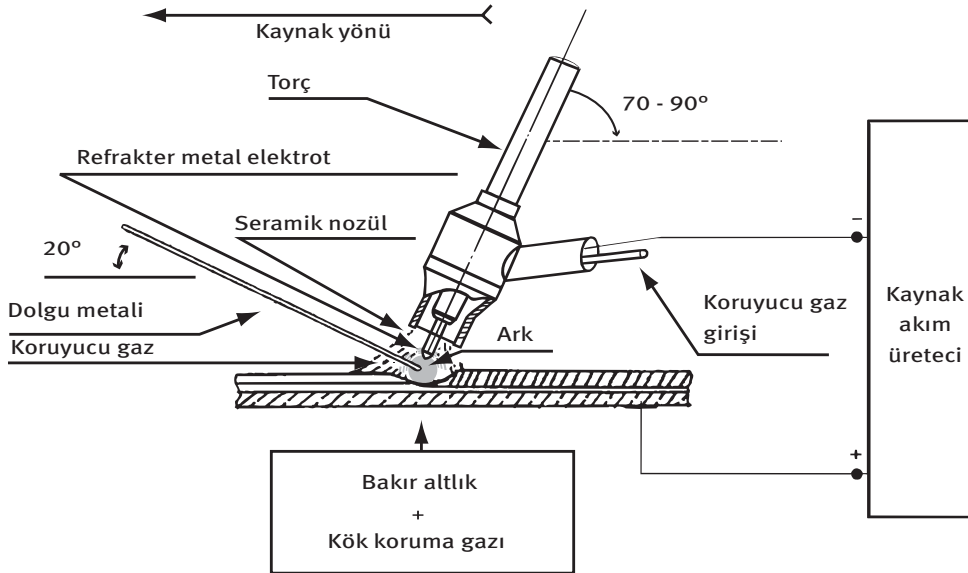
Kompozisyon aralığı:  $C \leq \% 1.2$  -  $\% 11.5 \leq Cr \leq \% 17$  -  $(Mo \leq \% 1.8$  -  $Ni \leq \% 6$  -  $V \leq \% 0.2)$

## 2 Paslanmaz Çelikler için Kullanılan Kaynak Prosesleri

### 2.1 Elektrik Ark Prosesleri

#### 2.1.1 Refrakter Metal Elektrot Kullanan Prosesler

##### 2.1.1.1 Gaz Tungsten Ark Kaynağı: GTAW (Gas Tungsten Arc Welding\*)



Elle gaz tungsten ark kaynağının prensibi

TIG (Tungsten İner Gaz) veya WIG (Volfram İner Gaz) prosesi olarak da bilinen GTAW prosesi, yukarıdaki şekilde gösterilmektedir. Metali eritmek için gereken enerji, bir elektrik arkı huzmesi tarafından sağlanmaktadır. Ark, tungsten veya tungsten alaşımı bir elektrot ile iş parçası arasında, asal veya hafif indirgeyici bir atmosfer altında yanar. Paslanmaz çelikler her zaman DCEN (doğru akım elektrot negatif) veya DCSP (doğru akım düz kutuplama) modunda kaynaklanırlar. Bu tarz kutuplamada, elektronlar iş parçasına çarparak nüfuziyetin artmasına sebep olurlarken, genellikle toryum

katkılı tungstenden (% 2 ThO<sub>2</sub>) yapılan elektrot, çok az aşınmaya maruz kalmaktadır. Bir dolgu metali kullanılması gerektiğinde, bu ya çıplak tel çubuk veya otomatik kaynak için makaraya sarılı tel biçimindedir. Ark bölgesini çevredeki havadan koruyan asal gaz akışı, çok kararlı bir arkın muhafaza edilmesini sağlamaktadır. Koruyucu gazlar, ana malzemenin cinsine bağlı olarak, genelde argon (Ar), helyum (He) ve hidrojen (H<sub>2</sub>) karışımlarından meydana gelmektedir (bakınız Bölüm 4 'paslanmaz çeliklerin kaynağı için koruyucu gaz seçimi').

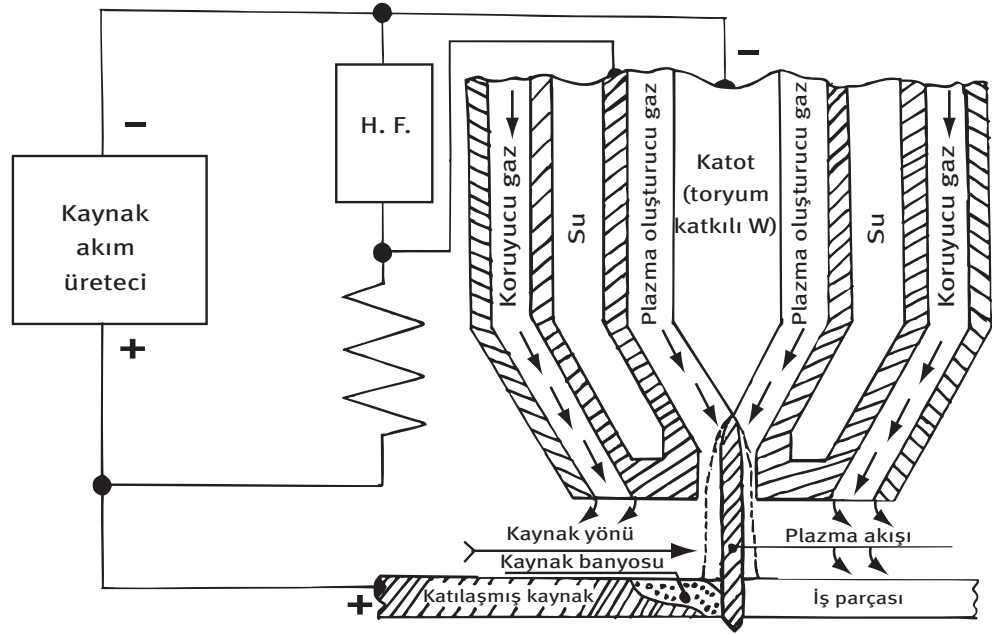
Paslanmaz çelikler için kullanıldığında, bu prosesin başlıca avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Dar bir erime bölgesine sebep olan, konsantre bir ısı kaynağı;
- Çok kararlı bir ark ve küçük boyutlu durgun bir kaynak banyosu. Sıçrıntı yok ve yardımcı toz (flux) gerekmediğinden oksidasyon kalıntıları da mevcut değil. Bu sayede son temizlik işlemleri fazlasıyla basit;

- Metalurjik kalite mükemmel, nüfuziyet ve kaynak deseni her pozisyonda hassas biçimde kontrol edilebilir;
- Hatasız ve gözeneksiz kaynaklar;
- Elektrot aşınması çok az
- Öğrenmesi kolay

Genelde iş parçası kalınlık aralığı, 0.5 mm ila 3.5 / 4.0 mm'dir.

### 2.1.1.2 Plazma Ark Kaynağı: PAW (Plasma Arc Welding \*)



Plazma anahtar deliği kaynağının prensibi

Plazma kaynağı, Gaz Tungsten Ark Kaynağına (GTAW) benzer. Aralarındaki en önemli fark, ark plazmasının yüksek enerjili bir plazma akışı üretmek için bir nozül tarafından sıkıştırılması ve plazma içerisinde 10 000 ile 20 000 °C arasında sıcaklıklar elde edilmesidir.

Genellikle, kaynak prosesleri sıkıştırılmış arkin elektrot ile iş parçası arasında oluşturulduğu 'transfer edilen ark' düzenini kullanmakta iken, diğer uygulamalar daha ziyade 'transfer edilmeyen' sıkıştırılmış ark kullanmaktadır.

Plazma jeti son derece dar olduğundan, kaynak banyosu için yeterli koruma sağlayamamaktadır, dolayısıyla halka biçimli koruyucu gazın çapını genişletmek gerekmektedir.

Hem bu amaçla, hem de plazmayı şekillendirmek için kullanılan gazlar GTAW için kullanılan gazlara benzemektedir. Bunlar, saf argon (Ar), Ar - en fazla % 20 hidrojen (H<sub>2</sub>), Ar - helyum (He) - H<sub>2</sub> biçimindedir. Hidrojen içeren karışımlar, östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağı için tavsiye edilmektedir, fakat GTAW'dakine benzer şekilde ferritik, martensitik ve dupleks türleri için yasaklanmışlardır. Adı geçen son malzemeler için, kaynak içerisindeki östenit ve ferritin uygun oranlarda tutulabilmesi amacıyla gaz içerisine azot ilave edilmesi tavsiye edilmektedir (bakınız Bölüm 4 'paslanmaz çeliklerin kaynağı için koruyucu gaz seçimi').

Torcun elle idare edildiği manuel plazma kaynağı, 'mikro-plazma' ve 'mini-plazma' adı verilen prosesler, 0.1 ve 15 amper arasındaki akım değerlerinde uygulanmaktadırlar. 'Nüfuz etmeyen jet' tekniğinde ise, akım değerleri yaklaşık 15 ve 100 amper arasındadır.

Torcun bir traktör üzerine bağlandığı otomatik kaynaktaki 'anahtar deliği' adı verilen proses uygulanmaktadır. Kaynak akımının (100 amper üzerinde) ve plazma gaz akışının artırılması ile, iş parçasında tam nüfuziyete ulaşabilen çok güçlü bir plazma ışını oluşmaktadır. Kaynak esnasında delik, metali sürekli olarak kalınlığı boyunca kesmekte ve arkadaki kaynak banyosu içeri akarak kaynak metalini oluşturmaktadır.

PAW prosesinin GTAW üzerindeki başlıca avantajı, arkın aşağıdaki sonuçlara yol açan belirgin kararlılığıdır:

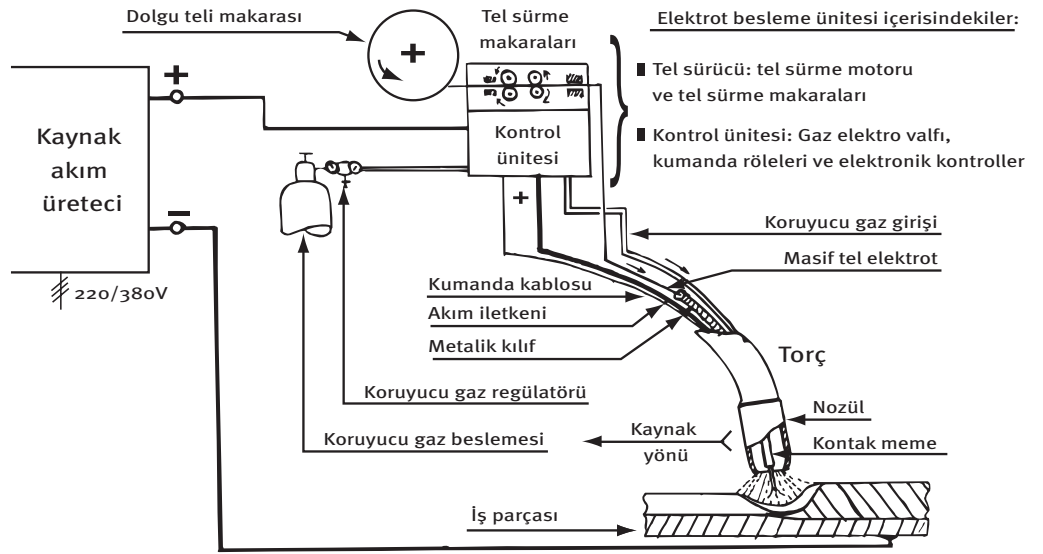
- Güç girdisinin daha iyi kontrol edilmesini sağlayan 'değişmez' bir ark;
- Kaynak oluşumunda belirgin bir değişime yol açmadan, nozül - iş parçası arası mesafenin değişmesine karşı daha büyük tolerans
- Dar bir ısıdan etkilenmiş bölge (HAZ) ve genellikle daha yüksek kaynak hızları;
- Özellikle anahtar deliği kaynağında, hatalı hazırlık için büyük tolerans.

Genel iş parçası kalınlık aralığı:

- Mikro-plazma ve mini-plazma prosesleri için 0.1 mm ila 1.0 mm
- Nüfuz etmeyen jet tekniği için 1.0 ila 3.5 mm
- Anahtar deliği prosesi ( tek pasoda ) için 3.5 ila 10.0 mm

## 2.1.2 Eriyen Bir Elektrotlu Proses

### 2.1.2.1 Gaz Metal Ark Kaynağı: GMAW (Gas Metal Arc Welding \*)



Gaz metal ark kaynağının prensibi

MIG (Metal Asal Gaz) prosesi olarak da bilinen GMAW prosesinde, kaynak ısı, sürekli beslenen metal tel elektrot ile iş parçası arasında oluşan ark tarafından meydana getirilir.

GTAW ve PAW proseslerinin aksine, elektrot tükenir niteliktedir, eriyen dolgu teli ve iş parçası arasında koruyucu gaz altında bir ark oluşturulmaktadır.

Bu prosesin başlıca özellikleri şunlardır:

- Elektrot telinde çok yüksek akım yoğunluğu kullanılır ( $> 90 \text{ A/mm}^2$ ), örtülü elektrot (SMAW) prosesine göre yaklaşık 10 kat daha yüksektir;

- Arkın yüksek sıcaklığı sayesinde elektrot telinin hızlı erimesi (erime hızı yaklaşık 8 m/dak), 12 kg'lık makaralarla besleme yapan otomatik tel besleme sistemlerinin kullanılmasını gerektirmektedir;
- Paslanmaz çelikler her zaman DCEP (Doğru Akım Elektrot Pozitif) veya DCRP (Doğru Akım Ters Kutuplama) modunda kaynaklanırlar, jeneratörün pozitif kutbu elektroda bağlanır;
- Kaynak torcu genellikle elle kontrol edilir ('yarı-otomatik' proses olarak anılır), fakat yüksek kaynak güçlerinde bir (taşıyıcıya) traktöre sabitlenir ('otomatik' proses).



Ark içerisinde metal transferi mekanizması önemli bir proses parametresidir, üç temel şekilde bahsedilebilir:

- Eriyen metalin sıklıkla elektrot teli çapından daha büyük damlacıklar oluşturduğu **kısa-devreli** veya **daldırma transfer** şekli. Elektrot ucunda damlacık meydana geldiğinde, kaynak banyosu ile temas eder ve kısa devre oluşturur. Bu esnada akımda ani yükselme görülür. Yüzey gerilimi, damlacığı elektrottan ayıran sıkıştırma etkisine neden olur. Bu olay, 0.01 ila 0.05 saniyelik periyoda karşılık gelen 20 ila 100 Hz arasında bir frekansta meydana gelmektedir.
- **Küresel transfer** veya **yerçekimi transfer** şekli. Bir önceki durumda olduğu gibi erime büyük damlacıklar şeklinde gerçekleşir. Damlacığın kütlesi yüzey gerilim kuvvetlerini aşmaya yeterli geldiğinde, damlacık kopar ve ark boyunun büyük olması sebebiyle kaynak banyosuna temas etmeden önce serbestçe düşer.
- **Sprey transfer** şekli belirli bir geçiş düzeyi üzerinde, 200 A/mm<sup>2</sup> seviyelerinde akım yoğunlukları içermektedir. Elektrot eriyerek küçük damlacıklardan meydana gelen bir akış oluşturur. Akım yoğunluğu daha da artırıldığında, elektrot ucu konikleşir ve daha ince damlacıklar eksenel biçimde serbest bırakılır.

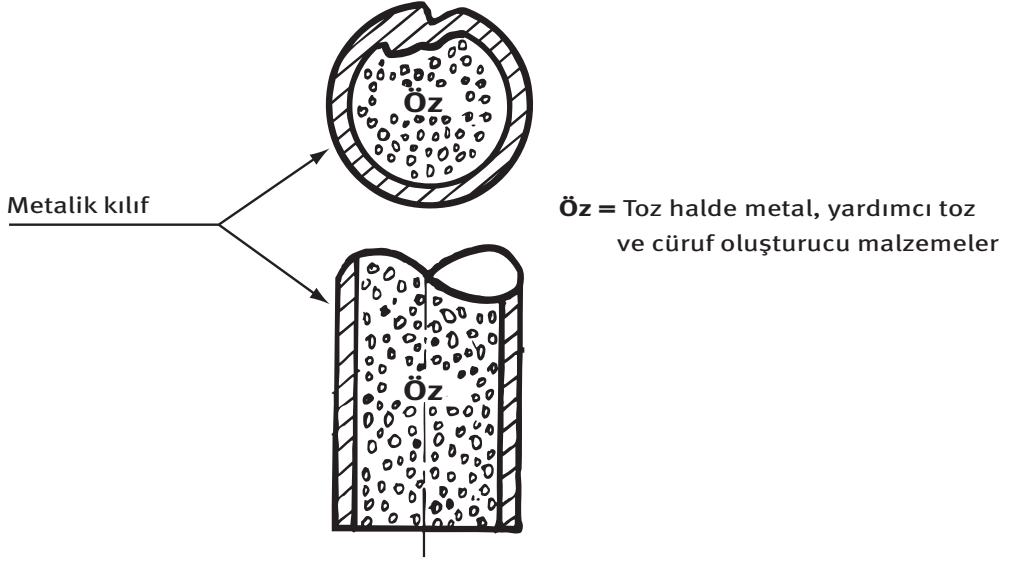
GMAW kaynak arkı içerisinde oksidasyonun önlenmesi için koruyucu bir gaz gerektirmektedir (bakınız Bölüm 4 'paslanmaz çeliklerin kaynağı için koruyucu gaz seçimi').

Argon ve % 2 oksijen (O<sub>2</sub>) karışımı, kararlı bir ark oluşturur ve bir çok uygulama için uygundur. Argon ile % 3 karbondioksit (CO<sub>2</sub>) karışımı da yaklaşık aynı sonucu vermektedir. Argon + O<sub>2</sub> veya Argon + CO<sub>2</sub> koruyucu gazına, helyum (He) ve hidrojen (H<sub>2</sub>) ilave edildiğinde, kaynak hızı ve nüfuziyet bazen arttırılabilmektedir. CO<sub>2</sub> miktarı yüksek olan gazlar (MAG prosesi) kaynak banyosunda önemli miktarda karbon artışı ile birlikte krom oksitlenmesi meydana getirmeye eğilimlidir. Bu nedenden dolayı tavsiye edilmezler.

Paso büyüklüğü ve nüfuziyet derecesi, iş parçası türüne (ferritik, östenitik, vs.), birleştirme çeşidine, damlacık transfer şekline ve kaynakçının becerisine bağlı olarak değişmektedir. Tek pasoda kaynaklanan tek taraflı V-birleştirmeleri ile I-alın birleştirmeleri için genel iş parçası kalınlık aralığı 1.0 mm ile 5.0 mm arasındadır.

**Not:** GMAW prosesi sıklıkla MIG kaynağı olarak adlandırılır. Çoğunlukla MIG ve MAG kaynak prosesleri birbiriyle karıştırılır. Aslında, MIG prosesinde, koruyucu gazların oksitleyici özelliği ihmal edilir düzeydedir ('paslanmaz çelikler için gazların seçimi' bölümüne bakınız). Buna karşın MAG prosesinde bu durum özellikle arttırılmıştır. Bununla birlikte, GMAW/MIG prosesinde ark kararlılığını ve erimiş metalin ıslatma kabiliyetini geliştirmek amacıyla, koruyucu gaz (argon) içerisinde sıklıkla oksijen (O<sub>2</sub>) veya karbondioksite (CO<sub>2</sub>) ihtiyaç duyulmaktadır. Tipik seviyeler % 2 O<sub>2</sub> veya % 3 CO<sub>2</sub>' dir. Daha yüksek seviyelerdeki O<sub>2</sub> veya CO<sub>2</sub>, kromun (Cr), manganın (Mn) ve silisyumun (Si) aşırı oksitlenmesine ve kaynak banyosundaki karbon (C) miktarının aşırı artmasına neden olmaktadır. Örneğin, % 2 CO<sub>2</sub> içeren koruyucu gaz için kaynak metalindeki karbon oranı % 0.025 iken, % 4 CO<sub>2</sub> için bu oran % 0.04' e çıkabilmektedir.

**2.1.2.2 Özlü Tel Elektrotla Ark  
Kaynağı: FCAW (Flux Cored  
Arc Welding \*)**



Bir özlü tel elektrot  
örneği

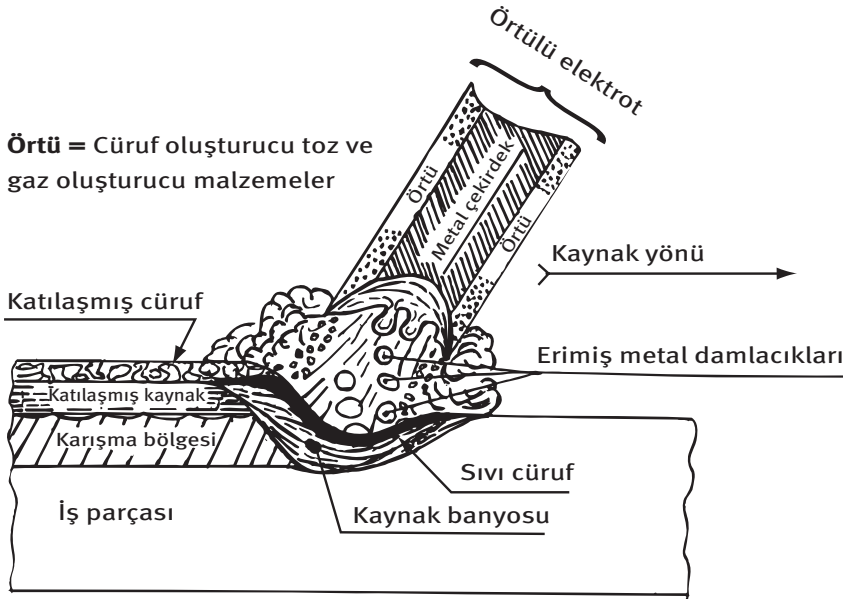
FCAW (özlü tel elektrotla ark kaynağı) prosesi, GMAW prosesinin değişik bir biçimidir. Burada tel elektrot, paslanmaz çelik kılıf içine katı öz doldurulmuş şekildedir. Öz, SMAW prosesindeki elektrot örtüsüyle aynı görevi üstlenmektedir. Öz, oksit gidericiler ve cüruf oluşturu malzemeler sağlamaktadır ve kendinden korumalı FCAW elektrotlarda koruyucu gazlar da temin edebilmektedir.

FCAW tekniği SMAW metodunun avantajları ile beraber, otomatik veya yarı otomatik proseslerde özlü telin sürekli beslenme olanağı sebebiyle meydana gelen yüksek verimi birleştirmektedir. Geleneksel masif elektrotlarla karşılaştırıldığında, özde bulunan toz, cüruf örtüsünü oluşturmakta ve verimliliği artırmaktadır.

Böylece, % 20 Cr ve % 10 Ni içeren 1.6 mm çapındaki masif telin yaklaşık 200 A akımdaki yığıma hızı yaklaşık 100 g/dak. iken, buna kıyasla aynı çaptaki özlü tel için yığıma hızı 170 g/dak. olmaktadır. Bu büyük farklılık özlü telin sadece metal kılıfının elektriği iletmesi gerçeğine dayanır. Mineral ve metal tozlarının karışımından ve olasılıkla alkali silikatlarla bağlanmış olan öz büyük bir elektrik direncine sahiptir.

FCAW ve GMAW benzer paso büyüklüklerine sahiptirler. Tek pasoda kaynaklanan tek taraflı V-birleştirmeleri ile I-alın birleştirmeleri için genel iş parçası kalınlık aralığı 1.0 mm ile 5.0 mm arasındadır.

### 2.1.2.3 Örtülü Metal Ark Kaynağı (örtülü elektrot): SMAW (Shielded Metal Arc Welding\*)



Örtülü metal ark kaynağı  
prosesinin prensibi

MMA (manuel metal ark) olarak ta bilinen SMAW prosesi çok eski bir yöntemdir. İlk uygulamaları 1907 yılında Kjelberg tarafından bildirilmiştir. Büyük esnekliği ve kolay kullanımı sayesinde hala geniş bir kullanım alanı bulmaktadır.

Elektrot, bir örtü katmanı ile çevrelenmiş metal bir çekirdekten meydana gelmektedir. Çekirdek genellikle masif bir paslanmaz çelik çubuktur. Proseste önemli bir rol oynayan örtü, çekirdek üzerine ekstrüze edilir, ve her elektroda özel bir karakter verir. Örtü, üç temel fonksiyon yerine getirir: elektriksel, fiziksel ve metalurjik. Elektriksel fonksiyon arkın başlaması ve kararlılığı ile ilgilidir. Fiziksel etki, metal damlacıkların transferini, kaynak banyosunun etkili korunmasını ve ıslatma kabiliyetini kontrol eden cürufun

viskozite ve yüzey gerilimi ile ilgilidir. Metalurjik rol, kaynak banyosu ve cüruf arasındaki kimyasal etkileşimi içerir; örneğin, kaynak metalinin rafine edilmesi.

Örtü, belirli bir miktarda kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) içermektedir. Bu, ark içerisinde yaklaşık  $900\text{ }^\circ\text{C}$ 'de ayrışarak  $\text{CaO}$  ve  $\text{CO}_2$  oluşturur ve bu sonuncusu ark bölgesinin korunmasını sağlar. Aşağıdaki bölüm, en sık kullanılan örtülü elektrotların kısa bir tanımını vermektedir:

- **Rutil (titanyum oksit) elektrotlar:** Rutil bazlı elektrotlarda temel koruma mekanizması cüruf oluşumudur. Rutil elektrotların kullanımı kolaydır, az miktarda sıçranta neden olurlar ve düzgün yüzeyli kaynak oluştururlar.

Kaynak sırasında oluşan cüruf kolay temizlenir.

- **Bazik (kireç) elektrotlar:** Kireç taşı, arkı kararlı kılan ve metalurjik yönden olumlu karakteri nedeniyle, bazik örtülü elektrotların temel bileşenidir. Gaz koruması sağlayan karbondioksitin çıkmasına da neden olmaktadır. Bununla birlikte kireç taşının en büyük dezavantajı, yüksek erime sıcaklığıdır. Bu etki, cürufun erime sıcaklığını düşürmeye yarayan kalsiyum florür ( $CaF_2$ ) eklenmesi ile giderilir. Bazik örtüler, belirli bir süre zarfında açık havada bırakılırlarsa nem çekerler, ve bu elektrotların kuru tutulmaları için özel özen

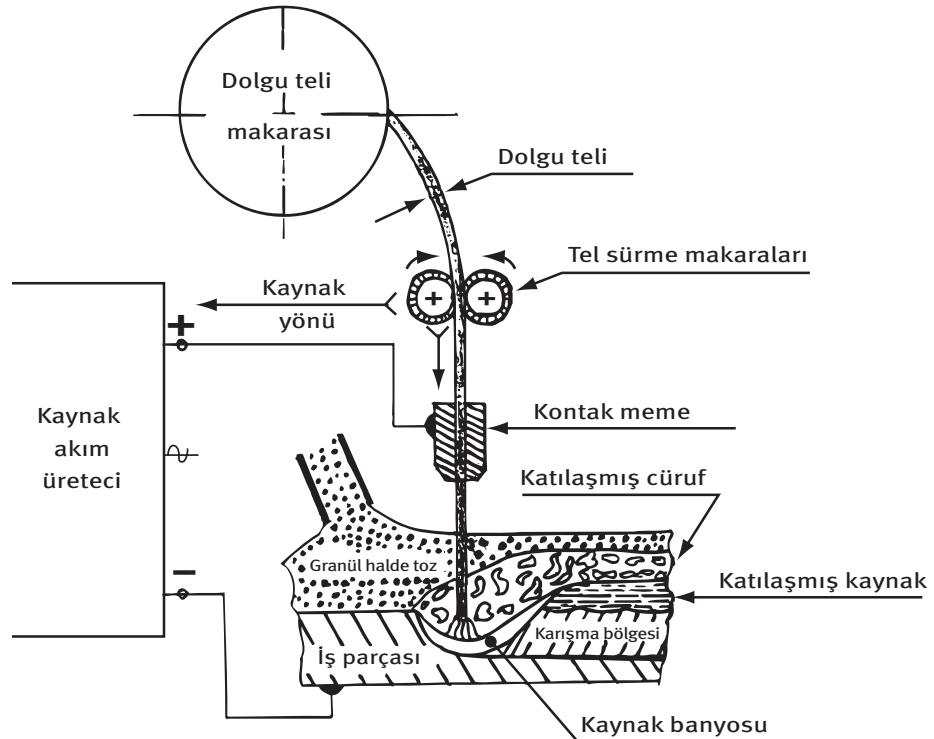
gösterilmelidir. Tipik kurutma süresi, bir saat, sıcaklık ise yaklaşık  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  ila  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir.

- Rutil örtülü elektrotlar hem AC hem de DC modunda kullanılabilirken, bazik (kireç örtülü) elektrotlar esasen DCEP modunda kullanılırlar.

Genel iş parçası kalınlık aralıkları:

1.0 mm ila 2.5 mm	tek pasolu prosesler için
3.0 mm ila 10.0 mm	çok pasolu teknikler için

#### 2.1.2.4 Tozaltı-Ark Kaynağı : SAW (Submerged Arc Welding\*)



Tozaltı ark kaynağı prosesinin prensibi

SAW prosesinde kaynak ısısı, bir veya birkaç sürekli tel ile iş parçası arasından geçen yüksek seviyeli bir elektrik akımı ile üretilmektedir. İş parçası, erimiş halde koruyucu bir cüruf oluşturan toz örtüsü altındadır.

Proses, tam veya yarı otomatik olabilmektedir. Fakat paslanmaz çeliklerdeki işlerin çoğu, tam otomatik cihazlarla yapılmaktadır.

Otomatik porseste kaynak akımı, tel başına 2000 amper gibi çok yüksek bir değerde olabilmektedir. Bu durum, yüksek bir güç girdisine ve dolayısıyla dolgu malzemesinin ana malzemeyi yüksek oranda seyreltmesine yol açmaktadır.

Proses oluk pozisyonunda alın ve köşe kaynakları ile yatay iç köşe pozisyonundaki köşe kaynakları için uygundur. Akım üretici genellikle DCEP ters kutuplama tipindedir, ve birkaç tel eşzamanlı kullanıldığında ark üflemesini önlemek amacıyla daha nadiren AC kullanılmaktadır. DC ve AC üreteçlerinin her ikisinde mükemmel derecede kararlı bir ark elde etmek üzere, tel elektrot besleme hızı eritme hızına eşit olmak zorundadır. Bu durum, besleme makaralarının servo hız kontrollü dişli sistemine sahip bir motor kullanarak kumanda edilmesiyle başarılmaktadır. Paslanmaz çeliklerin kaynağı için en yaygın kullanılan toz, kompozisyonu aşağıda verilen 'kireç/florit' tipidir:

$25\% \leq \text{CaO} + \text{MgO} \leq 40\%$ ,  $\text{SiO}_2 \leq 15\%$ ,  $20\% \leq \text{CaF}_2 \leq 35\%$ .

Eritilerek veya aglomere edilerek üretilen iki biçimi bulunmaktadır. Eritilmiş tozlar, 1600 –

1700 °C'ye ısıtılarak üretilirler, ve toz haline ya eritme fırınlarında bırakılıp atomize edilerek, ya da katılaştırılmış masif malzemeden kırılıp elenerek getirilirler. Aglomere tozlar, uygun tane boyutlarındaki işlenmemiş malzemelerin alkali sillikat bağlayıcılarla bağlanması yoluyla üretilmektedir. Elde edilen karışım kurutulduktan sonra, istenilen son parçacık boyutunu sağlamak için mekanik işlemlerden geçirilir.

Kaynak esnasında tozun sadece bir bölümü eritilir. Eritilmeyen malzeme, genellikle bir emme hortumu vasıtasıyla tekrar kullanılmak üzere bir depo içerisine geri götürülür. Eritilmiş toz kaynak bölgesi arkasında katılaştır ve soğumayla büzülür ve kolayca yüzeyden ayrılır.

Kalın malzemelerdeki kaynaklar, genellikle bir veya iki paso halinde yapılmaktadır; yani, elle yapılan bir altlık kaynağının üzerine tek paso, veya plakanın her iki tarafından birer paso, fakat çok pasolu teknik de uygulanabilmektedir. İnce malzemelerdeki kaynaklar, oluklu şerit halindeki bir kaynak altlığı yardımıyla tek pasoda yapılabilir.

SAW prosesi, başlıca kalın östenitik paslanmaz çelik plakalar için kullanıldığından, yüksek enerji kullanılmasına bağlı sigma fazı oluşumundan kaçınmaya özel dikkat gösterilmelidir. Bu, özellikle % 25 Cr - % 20 Ni alaşımları için önemlidir, ancak yüksek ferrit içerikli % 18 Cr - % 9 Ni türleri için de önemlidir. 650 – 900 °C sıcaklık aralığının defalarca geçildiği çok pasolu kaynakta, sigma fazı oluşma riski artmaktadır. Takiben, 1050 °C' de gerçekleştirilen çözüldürme tavlamaının yapılması önemle tavsiye

edilmektedir. Tozlar, alıcıya teslim edildiklerinde mükemmel seviyede kuru haldedirler. Nem almalarının önlenmesi için, tozların nispi nem oranı % 50' yi geçmeyen atmosferlerde ve atölye sıcaklığından 10 °C daha yüksek sıcaklıkta depolanması tavsiye edilmektedir.

Nem almasından endişe ediliyor veya şüpheleniliyorsa, tozun 300 °C'de en az iki saat kurutulması yararlıdır.

SAW prosesi genellikle 10 – 80 mm kalınlık aralığındaki ağır parçaların birleştirilmesi için, başka bir yöntem kullanılarak tamamlanan kök pasonun üzerine uygulanır. Alt paso da oluklu bir kök koruma altlık şeridi yardımıyla yapılabilir.

#### **2.1.2.5 Saplama Kaynağı: SW (Stud Welding)**

Saplama kaynağı, metal bir civatanın genellikle levha veya plaka halindeki iş parçasına birleştirilmesi metodudur.

İki farklı saplama kaynağı metodu mevcuttur: **ark kaynağı (ARC) ve kapasitör boşaltma (CD).**

**1. Ark Saplama Kaynağı (ARC)** diğer herhangi bir ark kaynak prosedürü ile aynı temel prensip ve metalurjik bakış açısını içermektedir. Civata, iş parçasına civata tabancası olarak adlandırılan bir el aleti yardımıyla temas ettirilir, ve civata yüzeyi ile iş parçasının bir bölgesini eriten bir ark oluşturulur. Kaynak öncesinde, arkı korumak ve kaynak metalini kuşatmak için civatanın ucuna bir seramik yüksük

yerleştirilir.

Daha sonra civata kaynak banyosuna kuvvetle bastırılır ve erimiş metal katılaşana ve homojen bir birleştirme oluşturana kadar sabit tutulur. Tam dayançlı bir birleştirme oluşturan bu süreç, bir saniyeden daha kısa bir zamanda tamamlanır. Civata tabanındaki düzgün ve eksiksiz kaynağın üzerini açmak için sarf malzemesi olan yüksük kırılarak uzaklaştırılır.

**2. Kapasitör Boşaltmalı (CD)** saplama kaynağı diğer herhangi bir ark kaynak prosedürü ile aynı temel prensip ve metalurjik bakış açısını içermektedir. Kaynak tabancası aktif hale getirildiğinde, özel hazırlanmış kaynak ucu kaynak cihazındaki kapasitörlerde depolanan enerji sayesinde kontrollü bir elektrik arki başlatarak, civatanın ucu ile iş parçasının bir bölümünün erimesini sağlar. Civata, erimiş metal katılaşana ve yüksek kaliteli bir eritme kaynağı oluşana kadar yerinde sabit tutulur. Tüm kaynak süreci birkaç milisaniye içerisinde tamamlandığından, küçük çaplı civatalar (9 mm ve daha küçük) ve ince levhalar arasında çarpılma, delinme veya renk değişikliği olmadan kaynak yapılabilir. CD kaynağı ayrıca farklı metalik alaşımların saplama kaynağını da mümkün kılmaktadır.

**ARC veya CD Prosesi?**

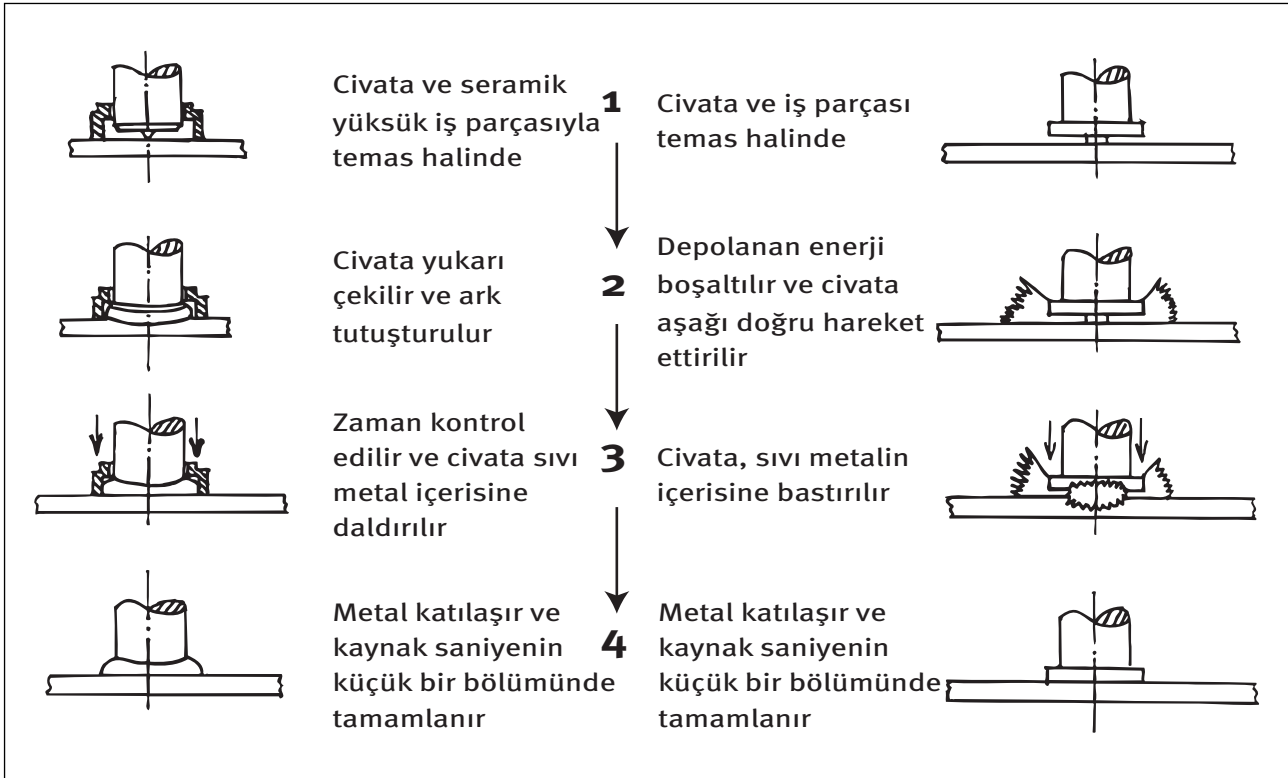
Ark prosesi genellikle 6 mm ve daha büyük çaplı civatalar için, kalın ana malzemelere kaynak yapılırken veya konstrüksiyon uygulamalarında kullanılmaktadır.

CD tekniği genellikle çapları en fazla 9 mm olan civatalar için ve öncelikle ince plaka halindeki metallerde kaynak yapılırken kullanılmaktadır.

**Paslanmaz Çelik Civatalar**

Paslanmaz çeliklerin çoğu, saplama kaynağı ile kaynaklanabilirler. Saplama kaynağı için, kolay işlenir türler hariç çoğunlukla östenitik paslanmaz çelik civatalar kullanılmaktadır.

Paslanmaz çelikler genelde paslanmaz çeliklere kaynaklanırlar ve aynı zamanda alaşımsız çeliklere de kaynaklanabilirler. Bu durumda, ana metalin karbon oranının % 0.20' yi aşmaması gerekmektedir

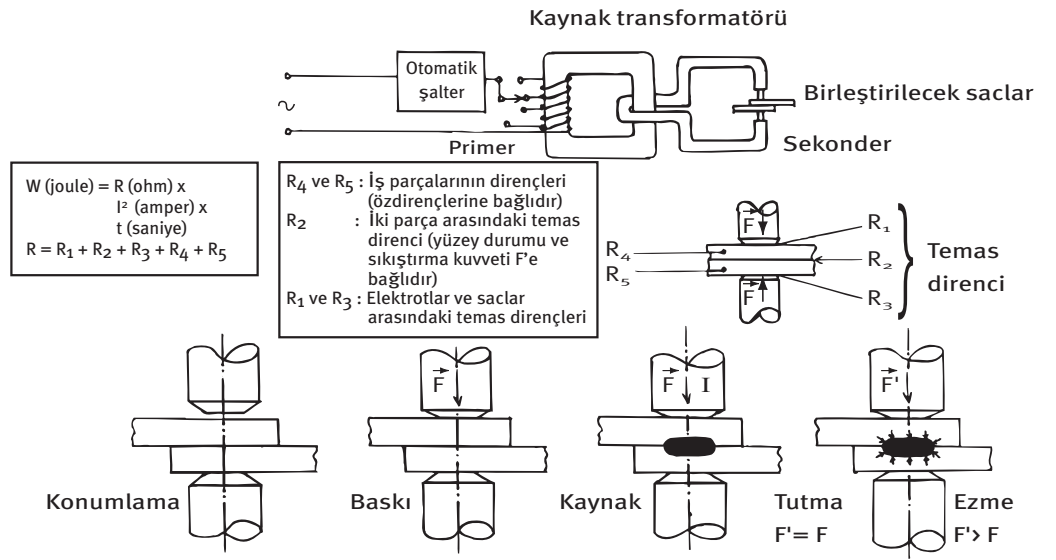


Ark saplama kaynağı

Kapasitör boşaltmalı saplama kaynağı

## 2.2 Direnç ve İndüksiyon Prosesleri

### 2.2.1 Direnç Nokta Kaynağı: RSW (Resistance Spot Welding \*)



Direnç nokta kaynağının prensibi

Bu proses hala yaygın bir şekilde kullanılmakta olup, özellikle ince paslanmaz çelik sacların kaynağı için uygundur. Erime, iş parçası malzemelerinin birleştirme yerinden geçirilen elektrik akımının yol açtığı direnç ısınması sayesinde meydana gelir.

Direnç nokta kaynağı prosesinde, genellikle aşağıdaki beş farklı evre uygulanmaktadır:

- Birleştirilecek sacların konumlanması
- Üst elektrodun indirilmesi ve baskı kuvvetinin uygulanması
- Isı enerjisi üreten düşük voltajlı bir alternatif akımla kaynak,

$$W \text{ (joule)} = R \text{ (ohm)} \times I^2 \text{ (amper)} \times t \text{ (saniye)}$$

- Baskı kuvvetinin tutulması veya ek ezme kuvvetinin uygulanması, ve sonunda
- Üst elektrodun bir sonraki kaynak süreci öncesi yükseltilmesi.

Elektrot malzemeleri ile ilgili olarak, paslanmaz çelikler söz konusu olduğunda, düşük öz direnç ve yüksek mekanik dayanımın en iyi kombinasyonu bakır – kobalt – berilyum alaşımları ile elde edilmektedir. Bu elektrot uçları genellikle 120° açılı, kısa kesilmiş koni biçimindedir. Kaynak noktasının oluşması kaynak akımına, süresine, ve elektrotlar tarafından uygulanan baskı kuvvetine bağlıdır.



% 18 Cr - % 9 Ni östenitik paslanmaz çelik ve stabilize % 17 Cr ferritik sınıflar için önerilen kaynak parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

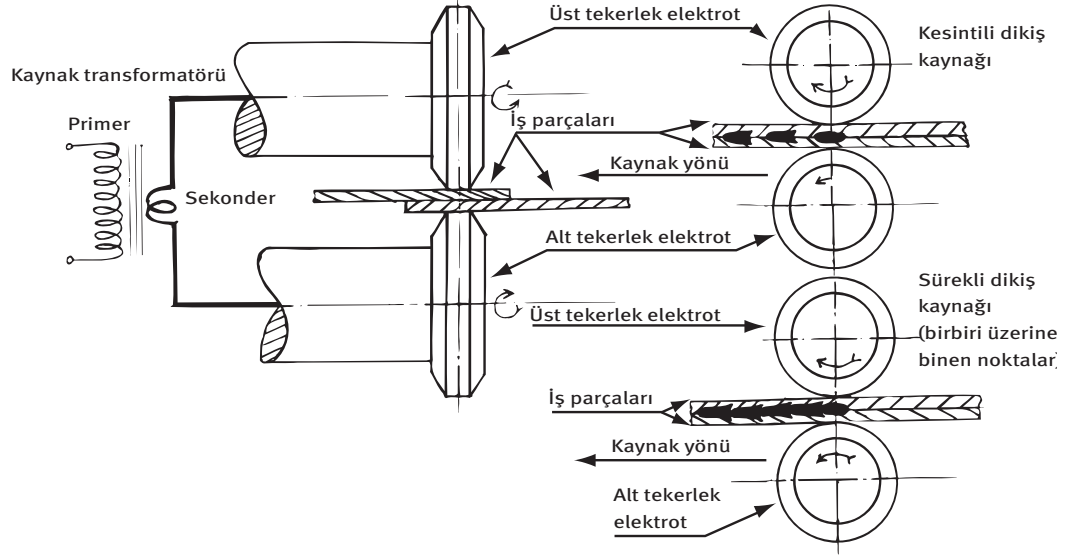
Sac Kalınlığı (mm)	Elektrot Uç Çapı (mm)	Elektrot Baskı Kuvveti (daN)	Kaynak Akımı (A)	Kaynak Süresi (Periyot sayısı)
% 18 Cr - % 9 Ni Östenitik Sınıflar				
0.5	3.0	170	3500	3
0.8	4.5	300	6000	4
2.0	6.0	650	11000	8
Stabilize % 17 Cr Ferritik Sınıflar				
0.5	3.0	150	4000	3
0.8	4.5	250	7550	4

Yukarıdaki tabloda verilen parametreler, nokta oluşumunda belirleyici rol oynayan ara yüzey direnci üzerinde güçlü etkiye sahip yüzey durumlarına (paklanmış, cilalı, parlak tavllanmış, parlatılmış) izin verebilmek için ideal seviyesi bulunarak ayarlanmalıdır.

Diğer eritme kaynağı proseslerinin aksine, direnç nokta kaynağındaki sıvı banyo gözle kontrol edilememektedir. Gözle algılanabilen

tek hata aşırı elektrot girintisi ve yüzey sıçrantıdır. Bununla birlikte, nokta kaynağının kalitesini hızlı gösteren basit bir tahribatlı muayene metodu 'ayırma testi' dir. Bu testte, kaynaklanmış saclardan biri diğerinin üzerinden ayrılarak kopartılır, ve böylece metal 'düğmesi' diğer sacın üzerinden çekilmiş olur.

### 2.2.2 Direnç Dikiş Kaynağı: RSEW (Resistance Seam Welding \*)



*Direnç dikiş kaynağının prensibi*

Prosesin sürekli olması dışında, direnç dikiş kaynağının prensibi nokta kaynağınınki ile aynıdır. En önemli fark, elektrot tipinde görülmektedir. Burada, uygun bir sürme sistemi ile donatılmış bakır alaşımlı iki tekerlek elektrot bulunmaktadır. Tekerlek kenarları genellikle ya çift taraftan eğimli veya dışbükey profile sahiptirler. Temel proses parametreleri kaynak akımı, ısıtma süresi ve tutma süresi olan nokta kaynağı ile kıyaslandığında, dikiş kaynağında dikkate

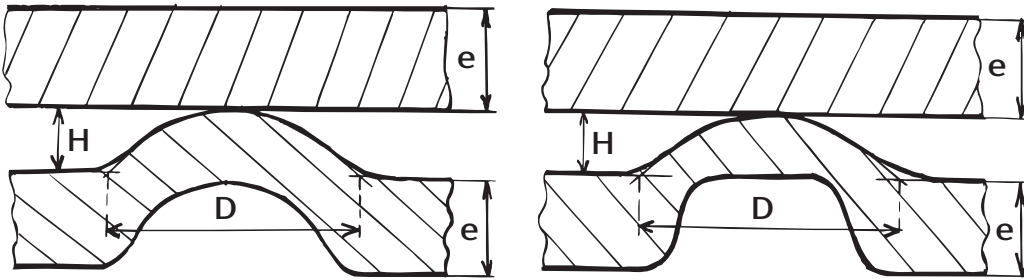
alınması gereken ek faktörler, module edilmiş veya darbeli akım ile kaynak hızıdır.

Fe-Cr-Ni östenitik türleri için tavsiye edilen kaynak parametreleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Sac Kalınlığı (mm)	Tekerlek Kalınlığı (mm)	Baskı Kuvveti (daN)	Kaynak Süresi (periyot)	Kapalı Zaman (periyot)	Kaynak Akımı (Amp)	Kaynak Hızı (cm/dak)
0.5	3.0	320	3	2	7900	140
0.8	4.5	460	3	3	10600	120
1.5	6.5	80	3	4	15000	100
2.0	8.0	1200	4	5	16700	95
3.0	9.5	1500	5	7	17000	95

Hem nokta hem de dikiş kaynağındaki elektriksel direnç ısınmasının avantajları başlıca, ısıdan etkilenmiş bölgedeki mikro yapının sınırlı değişimi, saclar doğru soğutulduğunda (soğuk su püskürterek) fiilen yüzey oksidasyonunun mevcut olmaması ve kaynak sonrasında saclarda çok az çarpılma meydana gelmesidir.

### 2.2.3 Kabartılı Nokta Kaynağı: PW (Projection Welding \*)



e : kesitlerin kalınlığı: 0.3 mm - 3.0 mm  
H : kabartı yüksekliği: 0.4 mm - 1.5 mm  
D : kabartı çapı: 1.4 mm - 7.0 mm

*Temel kabartı tasarımları*

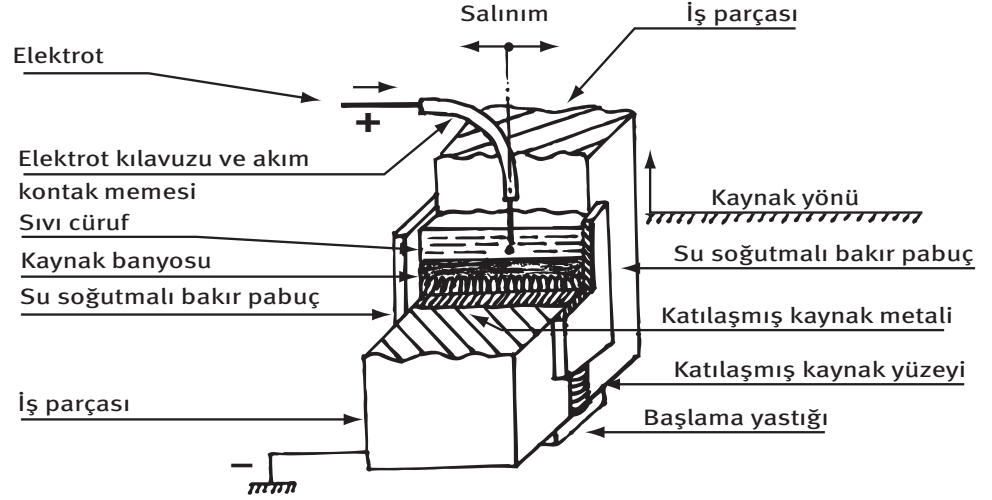
Bu proseste, iki iş parçasından birinin yüzeyinde hazırlanmış küçük kabartılar, düz yüzeyli bakır alaşımı elektrotlar üzerinden sağlanan akım ile eritilerek ezilirler. Kabartılar, genellikle birleştirilecek parçalardan kalın veya elektrik iletkenliği yüksek olan iş parçası üzerine, kakma (sac metal parçalar) veya mekanik işleme (kütleli metal parçalar) yoluyla şekillendirilir. Kabartılar, akımı yoğunlaştırmak amacıyla şekillendirilip konumlandırılırlar ve çok sayıda nokta kaynağı aynı zamanda yapılabilir. Karşıdaki iş parçasının yüzeyi erimeden önce kabartıların ezilmesini önlemek

için nokta kaynağındakinden daha düşük akım ve baskı değerleri kullanılmaktadır. Aynı tasarımda, tek veya çok sayıda kabartı için gerekli kaynak süresi yaklaşık aynıdır.

Kabartılı nokta kaynağı, özellikle iki iş parçası arasında aynı anda birden fazla noktanın üretilmesi için kullanışlıdır.

Halka biçimindeki kabartılı nokta kaynağı uygulamaları için çeşitli kaynak tutturucu tasarımları mevcuttur; örneğin, omuz-pimleri, civatalar, saplamalar, somunlar ve yastıklar.

### 2.2.4 Elektro Cüruf Kaynağı: ESW (Electroslag Welding)



Elektro cüruf kaynağı  
prosesinin prensibi

Elektro cüruf kaynağı prosesi, E.O. Paton Kaynak Enstitüsü (Ukrayna) tarafından 1950 başlarında geliştirilmiştir.

Elektro cüruf kaynağı, dik pozisyonda alın birleştirmeleri imal etmek için kullanılan tek pasolu bir prodestir. 15 mm'den daha kalın birleştirmeler (üst limit yoktur) tek pasoda kaynaklanabilir ve basit bir I-alın dikişi hazırlığı gerekmektedir. Erimiş haldeki kaynak metali, iki iş parçası ve soğutulan bir çift bakır pabuç arasında tutulduğundan, proses dikey bir döküm operasyonuna benzemektedir.

Elektro cüruf operasyonunun başlatılması esnası hariç, ark mevcut değildir. Sürekli beslenen elektrotlar, elektrik iletkeni sıvı cüruf katmanından (cüruf banyosundan) geçerlerken, elektrik direncinden doğan ısı sayesinde erirler.

Cüruf banyosu iş parçası plakasının komşu kenarlarını da eritir ve sıvı metali atmosferden

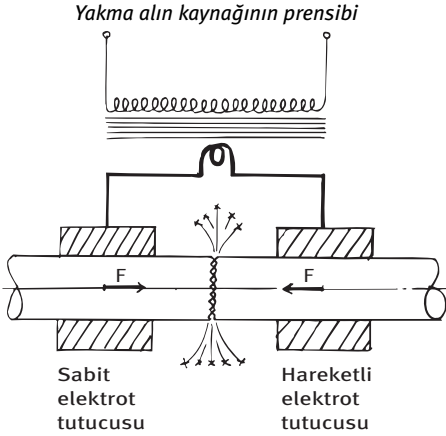
korur. Banyonun sıcaklığı yaklaşık 1900 °C civarındadır.

Elektro cüruf prosesini başlatmak için, birleştirmenin tabanına bir toz katmanı yerleştirilir ve sıvı bir cüruf banyosu elde etmek için elektrotlar ile başlatma bloğu veya başlatma yastığı arasında bir ark oluşturulur.

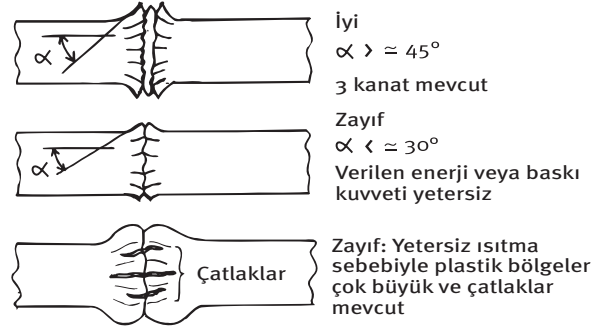
Kaynak ilerledikçe, bakır pabuçlar ve tel besleme ünitesi yaklaşık 30 mm/dak hızla birleştirme boyunca yukarıya doğru hareket ettirilir. Metal yığıma hızı yaklaşık 350 g/dak'dır. Elektrot tel kompozisyonu genellikle ana metale uygundur. En sık kullanılan elektrot çapları 1.6 mm, 2.4 mm ve 3.2 mm'dir.

Elektro cüruf birleştirmelerin metalurjik yapısı, diğer eritme kaynaklarındakilere benzemez. Yavaş soğuma ve katılma, iri taneli bir yapıya neden olabilmektedir. Bu sebeple, proses sadece östenitik türler için tavsiye edilmektedir.

## 2.2.5 Yakma Alın Kaynağı: FW (Flash Welding\*)



*Kaynak parametrelerinin son kaynak profili üzerindeki etkisi*



Bu teknik özellikle çubuk, bar, boru ve şekilli kesitler gibi uzun mamuller için kullanılmaktadır. Basınçlı alın kaynağı ile aynı gibi görünse de yakma alın kaynağı aslında oldukça farklıdır. Gerçekte, alın alına bitleştirilen yüzeylerin basınçlı alın kaynağındaki gibi mükemmel biçimde temas etmediği durumlarda, akım sadece bir kaç küçük alandan geçerek yoğun lokal ısınmaya ve hızlı erimeye yol açmakta ve bu arada meydana gelen ark ve bağlantılı manyetik alanları sebebiyle sıvı haldeki metal birleştirme yerinden şiddetle dışarı doğru püskürmektedir (yakma olayı).

Önemli proses parametreleri, yakma olayını meydana getirmeye yeterli olacak seviyede kaynak akımı ve voltajı, metal tüketimi ile orantılı biçimde hareketli tutucuların yer değiştirmesi ile dengelenen anlık yakma

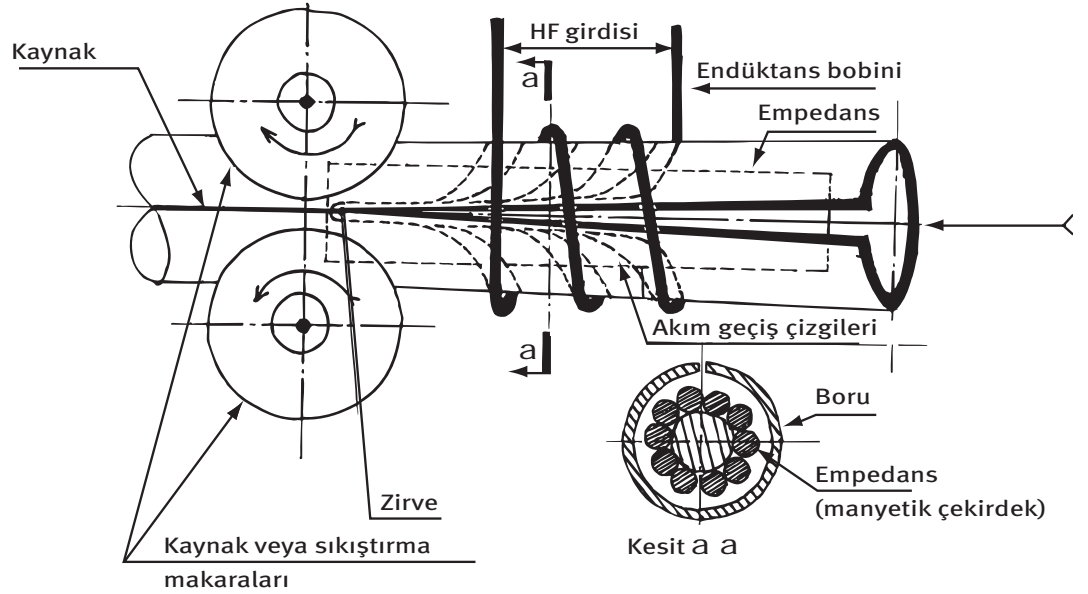
hızı, yakma süresi ve son bastırarak ezme safhasıdır. Birleştirilecek yüzeylerin başlangıçtaki pürüzlülüğü, temas noktalarının yeterince çok sayıda, ve tüm birleşme yüzeyinde homojen bir yakma olayı meydana getirmek için, iyi dağılmış biçimde olmasını temin etmelidir.

Parçalar birbirine bastırıldıktan sonra, birleştirme profili başarılı kaynak operasyonunun göstergesi olan karakteristik üç-kanatlı profili göstermelidir. Östenitik türler için tavsiye edilen kaynak parametreleri, kesit alanının fonksiyonu olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Bazı tipik uygulamalar: tekerlek çerçeveleri (bisikletler için) yakma alın kaynaklı çemberlerden üretilir, dikdörtgen kesitli çerçeveler (pencereler ve kapılar için), vs.

Kalınlık (mm)	Kesit Alanı (mm <sup>2</sup> )	İlk Kalıp Açıklığı (mm)	Son Kalıp Açıklığı (mm)	Malzeme Kaybı (parlama ve ezme) (mm)	Yakma Zamanı (san)
2.0	40	13	5	8	2.2
5.0	570	25	7	18	6.0
10.0	1700	40	15	25	17.0

### 2.2.6 Yüksek Frekans İndüksiyon Kaynağı: HFIW (High Frequency Induction Welding \*)



HF indüksiyon kaynağının prensibi

Yüksek frekans indüksiyon kaynağı, esasen şeritlerden boru yapmak için kullanılmaktadır. Proses, çok makaralı bir şekil verme sistemi ile uygulanmaktadır. Boru son makaradan ayrıldıktan sonra kaynaklanarak kapatılan uzunlamasına bir yarık içermektedir. Birleştirme, şerit kenarları yatay konumdaki bir çift makara (sıkıştırma makaraları) ile bir araya getirildiğinde, arası eritilen katı-katı teması ile oluşturulmaktadır.

Kabuk etkisinden dolayı, sağlanan HF akımı (140 ila 500 kHz) empedansı en düşük yolu izleyerek ısıyı kenarlarda yoğunlaştırır.

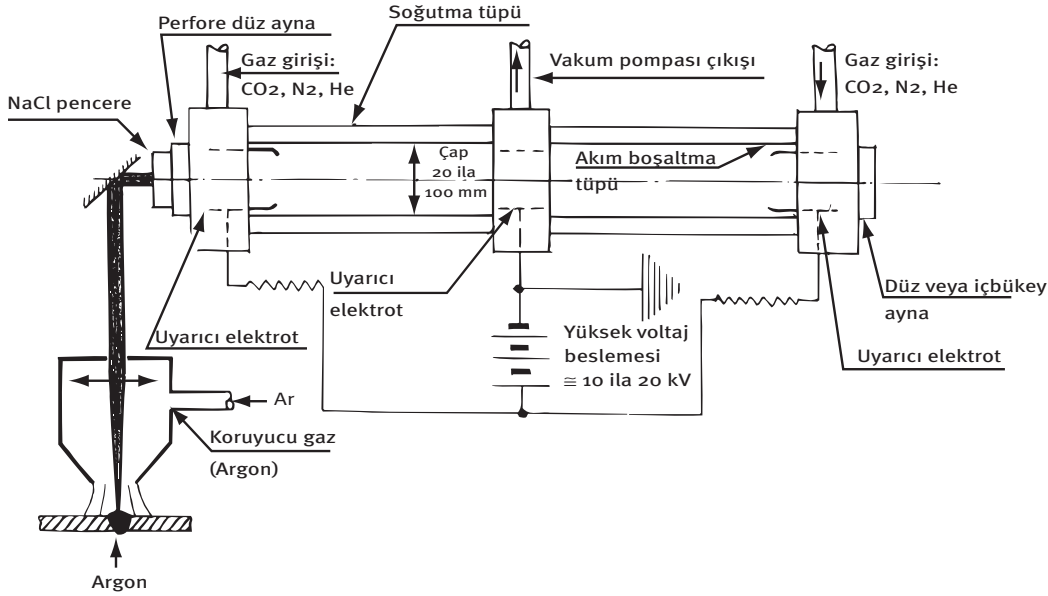
Üretkenliği yüksek olan bu proses, ferritik paslanmaz çelikler söz konusu olduğunda, bu

türlerin eğilimli olduğu tane irileşmesini önlemektedir.

Bu durumda, kullanılan kaynak güçleri boru çapına bağlı olarak 150 ve 300 kW arasındadır, kaynak hızı makineye bağlı olarak 50 ila 90 m/dak arasında değişmektedir.

## 2.3 Işıma Enerjili Prosesler (\*)

### 2.3.1 Laser Işın Kaynağı: LBW (Laser Beam Welding)



Kaynak için kullanılan  
CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He)  
laserinin prensibi

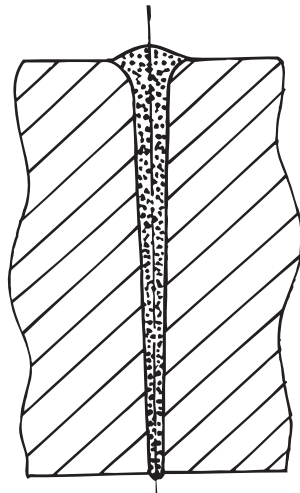
Laser etkisi (ışımın uyarılmış yayını yoluyla ışık güçlendirme) Maiman tarafından 1958' de optik dalda boyu aralığında keşfedilmiştir. Hemen, laser ışınının kaynak uygulamaları için küçük alanlı temassız yüksek yoğunluklu güç kaynağı olarak kullanılması olanağı doğmuştur. Karbon dioksit laserleri için, mümkün olan kesintisiz güç seviyeleri oldukça yüksektir. Bununla birlikte, etkin kaynak gücünün verilen bir dalga boyu için iş parçası malzemesinin yansıtıcılığına bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Kaynak amacıyla kullanılan en yaygın güç kaynakları CO<sub>2</sub> gaz laserleri ve katı hal itriyum-alüminyum granat (YAG) laserleridir. YAG laserleri, ince paslanmaz çelik levhaların

( $\leq 1.5$  mm) kaynağı için darbeli modda tercih edilmektedir. CO<sub>2</sub> laserleri olarak anılanlar ise, kalın paslanmaz çelik levhalar veya şeritler (1.5 ila 6.0 mm) için daha uygundur.

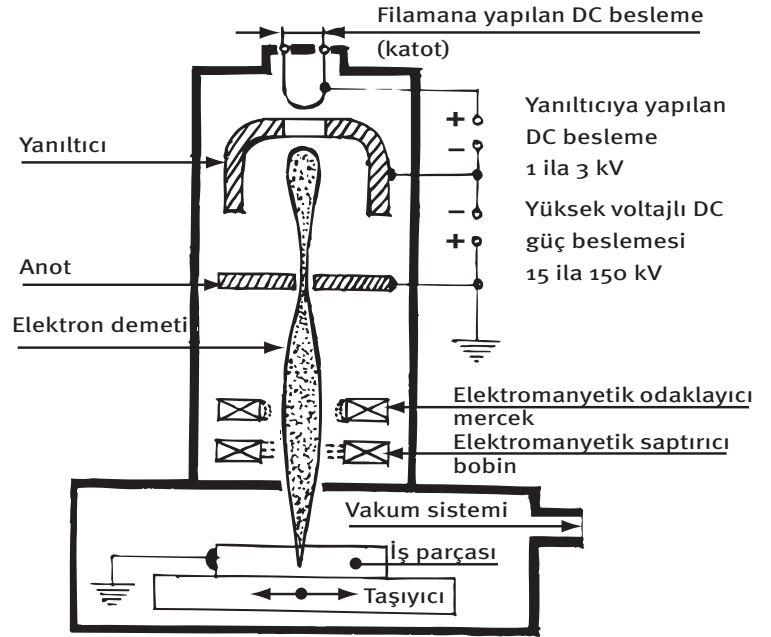
Yüksek frekans indüksiyon kaynağında (HFIW) olduğu gibi, bu proses de yaygın olarak boyuna kaynaklı boruların imalatı için kullanılmaktadır. 2 mm kalınlığındaki stabilize % 17 Cr ferritik paslanmaz çelik şeritler, yaklaşık 6 kW güç ile yaklaşık 7 m/dak hızla kaynaklanabilmektedir, ve ısıyla ilgili süreç oldukça kısa olduğundan, ısıdan etkilenmiş bölgedeki tane irileşmesi seviyesi de oldukça sınırlıdır.

### 2.3.2 Elektron Işın Kaynağı: EBW (Electron Beam Welding)



Bir elektron ışın kaynağının kesiti

Elektron ışın kaynağının prensibi



Bir elektron ışın makinasının basitleştirilmiş şekli

Elektron ışın kaynağı, ana malzeme ile çarpıştırılan yüksek hızdaki odaklanmış elektron demetinin enerjisini kullanmaktadır. Yüksek ışın enerjisi ile, malzeme içerisinde bir delik eritilebilmekte ve yaklaşık 20 m/dak hızda nüfuziyetli kaynaklar meydana getirilebilmektedir.

EBW dar ısıdan etkilenmiş bölgesi derin ve dar kaynaklar üretebilmektedir. Derinliğin genişliğe oranı yaklaşık 20/1' dir.

Kaynaklar kaynak banyosunun gazlarla kirlenmesini önleyen vakum içerisinde yapılmaktadır. Vakum, sadece kaynağın kirlenmesini önlemekle kalmayıp, ayrıca kararlı bir ışın demeti de üretmektedir. Isı

kaynağının konsantre doğası, prosesi paslanmaz çelikler için çok uygun kılmaktadır. Mevcut güç kolayca kontrol edilebildiğinden, aynı kaynak makinesi 0.5 mm ila 40 mm kalınlığındaki paslanmaz çeliklerin tek pasolu kaynağında kullanılabilir.



### 3 Paslanmaz Çeliklerin Kaynağa Uygunluğu

#### 3.1 Östenitik Paslanmaz Çelikler: Fe-Cr-Ni (Mo)-(N)

##### ► Düşük oranda ferrit içeren yapılar (genelde kullanılan tür)

- Sıcak çatlamaya karşı hassas değil
- Düşük karbonlu ve stabilize türlerin taneler arası korozyona karşı dirençleri iyi
- Tokluk ve süneklilikleri mükemmel
- 550 ve 900 °C arasına uzun süre maruz bırakıldığında, ferritin ayrışarak sigma fazı oluşturması sebebiyle gevrekleşme meydana gelebilir

##### ► Tam östenitik yapılar (istisna)

- Katılma esnasında sıcak çatlak oluşturmaya eğilimli
- Düşük karbonlu ve stabilize türlerin taneler arası korozyona karşı dirençleri iyi
- Tokluk ve süneklilikleri mükemmel

#### 3.2 Ferritik Paslanmaz Çelikler: Fe-Cr-(Mo-Ni-V)

##### ► Yarı ferritik türler: % 0.04 C - % 17 Cr

- 1150 °C üzerinde tane irileşmesi sebebiyle gevrekleşme hassasiyeti
- Tokluk ve süneklilikleri zayıf
- Taneler arası korozyona karşı hassas
- Yaklaşık 800 °C da gerçekleştirilen kaynak sonrası ısıl işlem, mekanik özellikleri ve taneler arası korozyon direncini tekrar kazandırır

##### ► Ferritik türler: % 0.02 C - % 17-30 Cr – (Ti, Nb ile stabilize)

- 1150 °C üzerinde tane irileşmesi sebebiyle gevrekleşme hassasiyeti

- Yarı ferritik türlere kıyasla yeterli sünekliliğe ve geliştirilmiş tokluğa sahip
- Genelde, taneler arası korozyona karşı hassas değil

#### 3.3 Östenitik - Ferritik Dupleks Paslanmaz Çelikler: Fe-Cr-Ni (Mo)-N

- Sıcak çatlamaya karşı hassas değil
- -40 °C ila 275 °C aralığında mükemmel tokluk ve iyi süneklik gösterirler
- 500 ve 900 °C arasına maruz bırakıldığında, sigma fazı ile gevrekleşmeye hassas

#### 3.4 Martensitik Paslanmaz Çelikler: Fe-Cr-(Mo-Ni-V)

- Yaklaşık 400 °C altında karbon ve hidrojen miktarları ile kalıntı gerilmelerinin seviyesine bağlı olarak, soğuk çatlamaya karşı hassas (Genellikle, ön ısıtma ve kaynak sonrası tavlama tavsiye edilmektedir)
- Özellikle düşük karbonlu türler için, çekme dayancı ve sertlik yüksek, tokluk iyi

## 4 Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı için Koruyucu Gaz Seçimi <sup>(1)</sup>

### 4.1 Koruyucu Gazın GTAW, PAW, GMAW, FCAW ve LBW Yöntemleri Üzerindeki Etkileri

Koruyucu gaz seçimi, aşağıdaki faktörler üzerinde önemli etkilere sahiptir:

- Koruma Verimi  
(Kontrollü koruyucu gaz atmosferi)
- Metalurji, Mekanik Özellikler  
(Alaşım elementlerinin kaybı, atmosferik gazların kapılması)
- Korozyon Direnci  
(Alaşım elementlerinin kaybı, atmosferik gazların kapılması, yüzeyin oksitlenmesi)
- Kaynak Geometrisi  
(Paso ve nüfuziyet profilleri)
- Yüzey Görüntüsü (Oksitlenme, sıçrantılar)

- Ark Kararlılığı ve Tutuşturma
- Metal Transferi (mevcutsa)
- Çevre  
(Duman ve Gaz emisyonu)

Kaynak prosesi ve koruyucu gaz arasındaki etkileşim, § 2 içerisinde daha detaylı biçimde tarif edilmiştir.

### 4.2 Koruyucu Gazın Seçilmesi

Kaynak Prosesi	Koruyucu Gaz Plazma Gazı	Kök Koruma Gazı
GTAW	Ar Ar + H <sub>2</sub> (en fazla % 20) – <sup>(1)</sup> Ar + He (en fazla % 70) Ar + He + H <sub>2</sub> <sup>(1)</sup> Ar + N <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	Ar N <sub>2</sub> <sup>(2)</sup> N <sub>2</sub> + % 10 H <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>
PAW	GTAW gibi	GTAW gibi
GMAW	% 98 Ar + % 2 O <sub>2</sub> % 97 Ar + % 3 CO <sub>2</sub> % 95 Ar + % 3 CO <sub>2</sub> + % 2 H <sub>2</sub> <sup>(1)</sup> % 83 Ar + % 15 He + % 2 CO <sub>2</sub> % 69 Ar + % 30 He + % 1 O <sub>2</sub> % 90 He + % 7.5 Ar + % 2.5 CO <sub>2</sub>	GTAW gibi
FCAW	Yok % 97 Ar + % 3 CO <sub>2</sub> % 80 Ar + % 20 CO <sub>2</sub>	Yok GTAW gibi
LBW	He Ar	GTAW gibi

Ar: argon; H<sub>2</sub> : hidrojen; He: helyum; N<sub>2</sub> : azot; CO<sub>2</sub> : karbondioksit

<sup>(1)</sup> Hidrojen içeren karışımlar kesinlikle ferritik, martensitik veya dupleks paslanmaz çelikler için kullanılmamalıdır.

<sup>(2)</sup> Azot içeren östenitik ve dupleks paslanmaz çeliklerin kaynağı için, koruyucu gaza azot ilave edilebilir

## 5 Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı için Önerilen Kaynak Dolgu Malzemeleri

Ana Malzeme			Kaynak Dolgu Malzemeleri		
EN 10088		AISI <sup>(1)</sup>	EN 1600	EN 12072	EN 12073
İsim	Numara		Örtülü Elektrotlar <sup>(2)</sup>	Teller ve Çubuklar <sup>(3)</sup>	Özlu Tel Elektrotlar <sup>(4)</sup>
X5CrNi18-10	1.4301	304	E 19 9	G 19 9 L	T 19 9 L
X2CrNi18-9	1.4307	304 L	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L
X2CrNi19-11	1.4306				
X5CrNiTi18-10	1.4541	321	E 19 9 Nb	G 19 9 Nb	T 19 9 Nb
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	316	E 19 12 2	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	316 L	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	316 Ti	E 19 12 3 Nb	G 19 12 3 Nb	T 19 12 3 Nb
X2CrNiMo18-15-4	1.4438	317 L	E 19 13 4 N L	G 19 13 4 L	T 13 13 4 N L
X10CrNi18-8	1.4310	301	E 19 9	G 19 9 L	T 19 9 L
X2CrNiN18-7	1.4318	301 L	E 19 9 L	G 19 9 L	T 19 9 L
X12CrNi23-13	1.4833	309 S	E 22 12	G 22 12 H	T 22 12 H
X8CrNi25-21	1.4845	310 S	E 25 20	G 25 20	T 25 20
X25CrNiMo18-15-4	1.4438	317 L	E 19 13 4 N L	G 19 13 4 L	T 13 13 4 N L
X2CrTi12	1.4512	409	E 19 9 L	G 19 9 L	T 13 Ti
X6Cr17	1.4016	430	E 17 veya 19 9 L	G 17 veya 19 9 L	T 17 veya 19 9 L
X3CrTi17	1.4510	430 Ti / 439	E 23 12 L	G 23 12 L	T23 12 L
X2CrMoTi18-2	1.4521	444	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 L
X2CrTiNb18	1.4509	441	E 23 12 L	G 23 12 L	T 23 12 L
X6CrMo17-1	1.4113	434	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L	T 19 12 3 Nb
X2CrNiN23-4	1.4362	–	E 25 7 2 N L	G 25 7 2 L	T 22 9 3 N L
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	–	E 25 7 2 N L	G 25 7 2 L	T 22 9 3 N L
X12Cr13	1.4006	410	E 13 veya 19 9 L	G 13 veya 19 9 L	T 13 veya 19 9 L
X20Cr13	1.4021	–	E 13 veya 19 9 L	G 13 veya 19 9 L	T 13 veya 19 9 L
X30Cr13	1.4028	420	E 13 veya 19 9 L	G 13 veya 19 9 L	T13 veya 19 9 L

<sup>(1)</sup> AISI: American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)

<sup>(2)</sup> Paslanmaz ve ısıya dirençli çeliklerin elle ark kaynağı için örtülü elektrotlar. İki temel örtü türü mevcuttur: Bazık (B) veya kireç (doğru akım) ve rutil (R) veya titanyumdioksit (doğru veya alternatif akım)

<sup>(3)</sup> Paslanmaz ve ısıya dirençli çeliklerin ark kaynağı için tel elektrotlar, teller ve çubuklar: G.M.A.W. için G, G.T.A.W. için W, P.A.W için P veya S.A.W. için S kullanılmaktadır

<sup>(4)</sup> Paslanmaz ve ısıya dirençli çeliklerin gaz korumalı veya gaz korumasız metal ark kaynağı için tüp şekilli özlu tel elektrotlar

## 6 Ark Kaynağında Birleştirme Hazırlığı

Ark kaynağında prensipte kullanılan temel birleştirme tipleri, alın, bindirme, dış köşe, kenar ve T biçimlerindedir. Belirli bir uygulama için uygun olan tasarımın seçimi başlıca aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Kaynaktan istenilen mekanik özellikler
- Kaynaklanacak çelik türünün tipi
- Kaynaklanacak parçalar topluluğunun büyüklüğü, şekli ve görünüşü
- Birleştirme hazırlığının ve kaynağın yapılmasının maliyeti

Kaynaklarda iyi görünüm ve mekanik özellikler elde edilmek isteniyorsa, hangi tip birleştirmenin kullanılacağına bakmadan kaynaktan önce uygun bir temizlik işleminin yapılması gerekmektedir. Birleştirilecek parçalar topluluğu küçük ölçekli ise, bir paslanmaz çelik tel fırça, paslanmaz çelik yün veya kimyasal çözücü yardımıyla elle temizlik genellikle yeterli olmaktadır. Büyük çaplı parça toplulukları veya imalat bazlı temizlikler için, buharlı yağ çözme veya tankta temizleme daha ekonomik olabilir. Her durumda, bütün oksit, yağ, gres, kir ve diğer yabancı maddelerin malzeme yüzeyinden tamamen uzaklaştırılması gerekmektedir.

### 6.1 GTAW ve PAW

**I-Alın birleştirmeleri**, hazırlanması en kolay türdür ve kaynaklanacak iki parçanın kalınlığına bağlı olarak, dolgu malzemesiz veya dolgu malzemesiyle kaynaklanabilirler. % 100 nüfuziyet sağlayabilmek için, alın birleştirmesi parçaları her zaman yeterince doğru konumlanmalıdır. İnce kesitli malzemeler dolgu malzemesi ilave edilmeden

kaynaklanırken, yetersiz nüfuziyet veya yanma deliği oluşumundan kaçınmaya aşırı özen gösterilmelidir.

Kaynak kepinin yüksek olması istendiği durumda dik kenarlı alın birleştirmesi yerine **kıvrık alın birleştirmesi** kullanılabilir. Bu birleştirme türü, sadece nispeten ince malzemelerde pratiktir (1.5 ila 2.0 mm).

**Bindirme birleştirmesi**, kenar hazırlama gereğini tamamen ortadan kaldırma avantajına sahiptir. İyi bir bindirme birleştirmesi yapmak için gerekli tek koşul, levhaların kaynaklanacak birleştirmenin tümü boyunca yakın temas halinde bulunmasıdır.

**Dış köşe birleştirmeleri**, tava, kutu ve her türlü kabın imalatında sıklıkla kullanılmaktadır. Bütün dış köşe birleştirmelerinde yeterli kep yüksekliği sağlayabilmek için, ana metalin kalınlığına bakılarak dolgu malzemesi kullanımı gerekebilir veya gerekmez. Dikişin tamamı boyunca parçaların birbirine iyi temas etmeleri sağlanmalıdır.

Bütün **T birleştirmeleri**, gerekli oluşumu sağlayabilmek için dolgu malzemesi ilavesi gerektirmektedir. Yüzde 100 nüfuziyet gerektiğinde, kaynak akım şiddetinin ana malzemenin kalınlığı için yeterli olduğu garanti altına alınmalıdır.

**Kenar birleştirmeleri**, sadece ince kesitli malzemelerde kullanılmaktadır ve dolgu malzemesi ilavesi gerektirmemektedir. Hazırlanması basittir, fakat bu birleştirme türünün kök kısmı nispeten düşük gerilme altında dahi kırılabileceğinden, bu konfigürasyon, tamamlanmış birleştirme üzerine doğrudan

çekme yüklerinin uygulanacağı yerlerde kullanılmamalıdır.

## 6.2 GMAW

GMAW kaynakları için kök aralığı ve de V açıları çoğunlukla normalde SMAW'da kullanılanlardan daha azdır. Dolayısıyla, birim uzunluktaki kaynak metali miktarı % 30'a varan nispete azaltılabilmekte ve daha az dolgu malzemesi gerektiren tasarımlar yapılabilmektedir. GMAW kaynaklarını dar oluklar için tasarlarken, çoğunlukla yüksek bir akım yoğunluğu uygulamak gereklidir (sprey tarzı transfer).

## 6.3 FCAW

Alın kaynağı birleştirmelerinde, kök aralıkları ve V açıları, birleştirmede kullanılan dolgu malzemesinden çoğunlukla % 40 seviyesinde bir tasarruf sağlanabilecek biçimde azaltılabilir.

İdeal birleştirme tasarımı çoğunlukla çok pasolu kaynaklarda cürufun temizlenebilme kolaylığına göre belirlenmektedir.

Köşe kaynaklarında aynı dayanca sahip daha küçük boyutlar uygulanabilir. Özlü telin derin nüfuziyet kapasitesi, düşük nüfuziyet gücüne sahip bir SMAW elektrodu ile yapılan daha büyük köşe kaynaklarıyla aynı dayancı vermektedir.

SMAW elektrotlarıyla kıyaslandığında, FCAW telleri daha yüksek metal yığıma hızları, daha

dar ağızlar ve bazen cüruf temizliği için durmadan önce iki paso kaynaklama gibi çeşitli yollar vasıtasıyla maliyette belirgin tasarruf sunmaktadır.

## 6.4 SAW

Diğer ark proseslerinde gereken değere kıyasla, ağız açıları daraltılmıştır. SMAW elektrotlarındakiyle karşılaştırıldığında kaynak pasoları daha büyüktür. Kökte aralık bırakılan düzenlemeler için çoğunlukla bakır bir çil çubuğu veya seramik bir çubuk tarafından tutulan bir toz altlığın kullanılması istenmektedir.

Bütün proseslerde 3.0 mm ve daha düşük kalınlıklar için ağız açmak gerekli değildir. Fakat daha kalın malzemelerde "V", "U" veya "J" ağızı hazırlanmalıdır.

## 7 Kaynaklar için Son Bitirme İşlemleri

Yüzey son bitirme işlemlerine öncelikle ark kaynaklarında ihtiyaç duyulmaktadır. Direnç kaynağı prosesleriyle yapılan kaynaklar, yakma alın kaynakları hariç, normalde kaynaklandığı halde veya hafif bir temizlik sonrasında kullanıma alınırlar.

Birleştirme tipi, malzeme kalınlığı ve uygulanan kaynak tekniğine bağlı olarak, bir ark kaynağı işleminin tamamlanmasını takiben, kaynak bölgesi ve çevresindeki ana metal, kaynak sıçrantıları ve oksit filmleri ile kirlenmiş olabilmektedir.

İmalatı takip eden kullanım esnasında, korozyona karşı maksimum bir direnç sağlamak için, korozyon saldırısı bakımından yer teşkil edebilen bütün yüzey kiri ve düzensizliklerini gidermek ve bu amaçla yüzey son bitirme işlemlerine dikkatli bir şekilde özen göstermek gerekmektedir.

Korozyon direnci, hijyen ve estetik çekiciliğin daha önemli olduğu bazı uygulamalarda, kaynak metali yüksekliğinin giderilmesi ve kaynak bölgesini çevreleyen ana metale bütünleştirmek için parlatma yapılması gerekebilir.

Normalde uygulanan son bitirme işlemleri, kaynak tekniği ve yüzeyde gereken son temizlik seviyesine bağlı olarak, aşağıdakilerden herhangi birisi veya birkaçının kombinasyonu biçiminde kullanılabilir:

- Çekiçleme, fırçalama, taşlama, parlatma ve perdahlama metotlarıyla uygulanan mekanik son bitirme işlemleri;
- Asitle gerçekleştirilen paklamayı takiben uygulanan pasivasyon işlemi ve yıkama.

### 7.1 Cüruf, Sıçrantı ve Oksit temizliği

Kaynak sonrasında kalan cüruf, dikkatli şekilde çekiçlenerek temizlenmek zorundadır. Bu esnada, civardaki metal yüzeyi zedelemekten kaçınmaya özen gösterilmelidir. Kaynak sıçrantıları, özellikle çok iyi parlatılmış saclardaki kaynaklar için muhtemelen temizlenmesi en zor olan kirlilik türlerinden birisidir. Bu nedenle, kaynağa komşu sac yüzeylerinin plastik örtülerle korunması genellikle tavsiye edilmektedir. Bu önlem, son bitirme işlemi gerektiren bölgeyi minimumla sınırlandırmaktadır.

Oksit filmleri ve kaynak sıçrantıları paslanmaz çelik tel fırçalar kullanılarak temizlenebilmektedir. Paslanmaz çelik olmayan bir fırçanın kullanılması durumunda demir parçacıklarıyla kirlenme, sonraki servis sürecinde pas oluşumu ve renk değişimine sebep olabilir.

Ağır parçalardaki kaynak cürufu ve sıçrantılarını temizlemek için kullanılan diğer bir metot, kumlama'dır. Bu proseste, basınçlı bir akışkan (hava veya su) yardımıyla malzeme yüzeyine aşındırıcı parçacıklar (silika, alümina, vb) fırlatılmaktadır.

### 7.2 Taşlama

Paslanmaz çeliklerin fiziksel özellikleri, aşırı ısınma ve buna bağlı renk bozulmalarını önlemek için taşlama esnasında dikkat gerektirmektedir. Bu durum, yüzey sıcaklığı 200 °C yi aştığında meydana gelmektedir. Bu proseste iş parçası yüzeyi teğet hızları 20 ila 80 m/san arasında olacak şekilde yüksek

<sup>(4)</sup> Bu konu Euro-Inox ' un aşağıdaki yayınında detaylı olarak açıklanmaktadır: VAN HECKE Benoît, Dekorasyonda kullanılan paslanmaz çelik yüzeylerinin mekanik işlemleri ve sonlanması ("Malzemeler ve Kullanımı Serisi", Cilt 6), Lüksembourg: Euro Inox, 2006.

hızda dönen bir taşlama diski ile aşındırılır. Aşındırıcı parçacıklar, genellikle ya alümina (korundum) veya silisyum-karbür (karborundum) dur. Kaynaktaki aşırı yüksekliğin giderilmesi gibi kaba taşlama işlemleri için, tanecik büyüklükleri 40 grit civarında olan 100 – 200 mm çaplı silindirik diskler kullanılmaktadır. Bağlayıcının tipine bağlı olarak, teğet hızları 25 ila 60 m/san arasında değişmektedir. Son bitirme amaçlı taşlama işlemlerinde (örneğin kaynakların tesviyesinde) çapları 150 – 250 mm ve tane boyutları 80 ila 120 grit arasında olan, teğet hızları 12 ve 15 m/san aralığında bulunan, yarı-sert veya esnek aşındırıcı diskler kullanılmaktadır.

### 7.3 Parlatma

Parlatma, çok yaygın bir yüzey son bitirme işlemidir. Normal prosedür, 180 – 320 grit aşındırıcı kullanarak taşlama izlerini yok etmek için uygulanmaktadır. Kullanılan takımlar (disk ve silindirik şekilli parlatıcı keçeler), demir parçacıklarla kirlenme riskinden tamamen kaçınmak için kesinlikle sadece paslanmaz çeliklere tahsis edilmek zorundadır. Diğer malzemelerle kıyaslandığında, paslanmaz çeliklerden madde uzaklaştırmak büyük miktarda enerji gerektirmektedir. Bu nedenle, pasif film oluşumunu engelleyecek hafif yüzey oksitlenmesine yol açabilecek aşırı ısınmalardan (en yüksek sıcaklık 200 °C düzeyinde) kaçınmaya özen gösterilmek zorundadır. Disk veya şerit tarafından uygulanan baskı kuvveti, bölgesel aşırı ısınmalara yol açmadan başarılı biçimde parlatma sağlayabilen en düşük seviyeye ayarlanmak zorundadır.

## 7.4 Kimyasal İşlemler

### 7.4.1 Paklama

Bazı kaynak proseslerinde birleştirme yüzeyi renkli oksitlerle kaplanmaktadır. Pasifliği tekrar sağlayabilmek için bu oksitlerin temizlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla birkaç teknik uygulanabilir.

#### ► Östenitik türler için paklama banyoları

• % 52 nitrik asit (36° Baumé):	100 lt
• % 65 hidroflüorik asit:	20 lt
• veya sodyum flüorit:	30 kg
• su:	900 lt

#### ► Ferritik türler için paklama banyoları

• % 52 nitrik asit (36° Baumé):	100 lt
• % 65 hidroflüorik asit:	10 lt
• veya sodyum flüorit:	15 kg
• su:	900 lt

20 °C daki daldırma süreleri genellikle 15 dakika ile 3 saat arasında değişmektedir. Metalin korozyona uğramasını önlemek için, banyo sıcaklığı ve daldırma süreleri dikkatlice kontrol edilmek zorundadır. Paklamadan sonra, parçalar klor içermeyen bol suyla durulanmak zorundadır.

#### ► Paklama pastaları ve jelleri

Pasta ve jellerin kullanılması, işlemin sadece kaynak bölgesiyle sınırlandırılmasını sağlamaktadır. Bileşimleri değişkenlik göstermekle beraber sıklıkla nitrik asit içerirler. Pasta veya jel, bir boya fırçası ile yüzeye yayılır ve daha sonra paslanmaz çelik bir fırça ile temizlenir. Paklama işleminden sonra, etkilenen bölge suyla durulanır.

## 8 İş Güvenliği

### 7.4.2 Pasivasyon

Paklama işleminden sonra metal korumasız haldedir ve korozyon direncini yeniden kazanmak için yeni bir pasif tabakanın oluşması zorunludur.

#### ► Pasivasyon banyoları

Parçalar, bileşimi yaklaşık aşağıdaki gibi olan bir asit banyosuna daldırılırlar:

- % 52 nitrik asit (36° Baumé) : 250 lt
- su : 750 lt

20 °C daki daldırma süreleri genellikle 15 dakika ile bir saat arasında değişmektedir. Pasivasyon işleminden sonra parçalar suyla dikkatlice durulanırlar.

#### ► Pasivasyon pastaları ve jelleri

Pastalar ve jeller, kaynak bölgelerinin lokal pasivasyonu için kullanılmaktadır. Nitrik asit bazlı ürün işlem görecekt yüzeylere yayılır ve daha sonra tamamen giderilinceye kadar paslanmaz çelik veya plastik bir fırçayla fırçalanıp suyla durulanır.

#### ► Bulaşıkların giderilmesi

Farklı sac işleme operasyonları yüzeyde temizlenmesi gereken demirce zengin parçacıklar bırakabilirler. Amacı farklı da olsa, bulaşıkların giderilmesi için kullanılan metotlar, pasivasyon için kullanılanlarla aynıdır.

### 8.1 Elektrik çarpması

Bütün manuel ark kaynağı işlemlerindeki esas risk, kaynak devresindeki akım taşıyan çıplak parçalara temas sonucunda gerçekleşen elektrige çarpılmadır. Ark gerilimi, 10 ila 40 Volt aralığındadır. Fakat, arkı tutuşturmak için gereken gerilim daha yüksek olabilir. Akım üreteçlerinin boşa çalışma gerilimleri 80 Volta kadar çıkabilmektedir.

Bu gerilimler evlerdeki 220 Volt güç beslemesiyle kıyaslandığında düşük görülsede, sadece 50 Volt AC (alternatif akım) veya 120 Volt DC (doğru akım) dan düşük voltajların kuru bir iş ortamında sağlıklı kişiler üzerinde tehlikeli olmayacağı gösterilmiştir.

Aşağıdaki kılavuz bilgiler, iş güvenliği ve kazaları önlemeyi temin etmek için gerekli başlıca sağlık ve emniyet önlemlerini vermektedir.

- Kaynakçı iş başındayken, elektrot ve iş parçası devreleri elektrik “yüküldür”. Devredeki elektrik “yükü” parçaların çıplak ten veya ıslak elbiselere temas etmesine kesinlikle izin vermeyin. Eldiven, bot ve işçi tulumu gibi uygun giysiler kaynakçıyı elektrik çarpmasından koruyacaktır.
- Nemli alanlarda veya metal zeminler üzerinde özellikle vücudun büyük bölümünün iletken yüzeye temas edebileceği oturur veya yatar pozisyonlarda kaynak yaparken, kendinizi her zaman kuru izolasyon kullanarak iş parçası ve zeminden yalıtın.
- Asla elektrot pensesini soğutmak için suya daldırmayın.



- Kaynakçı mekanize kaynak akım üretici kullanıyorsa, yukarıdaki kılavuz aynı zamanda otomatik elektrot, elektrot makaraları, kaynak kafası, nozül veya yarı-otomatik kaynak torcu için de uygulanır.

Kaynak akım üreticine şase kablosu dışında başka yollardan dönen kaçak kaynak akımlarından dolayı, başka türlü bir elektriksel tehlike ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, şase kablosu takılı değilken geri dönen akımın kaynak makinasının koruyucu toprak hattı üzerinden geçmesi halinde kaynak yapmak mümkündür. Şase kablosu izolasyonunun zayıf veya hatalı olması ile diğer iletkenlerle kısa devre yapması halinde meydana gelen kaçak akımlar, şiddet yönünden kaynak akımı ile kıyaslanabilir seviyededir. Konstrüksiyon veya boru şebekesi inşasında kaynak yaparken, kaynak şase kablosu kaynak bölgesine mümkün olan en yakın yere bağlanmalıdır.

## 8.2 Duman ve Gazlar

Kaynak işlemleri, sağlığa zararlı duman ve gazlar üretebilirler. Bu duman ve gazlar atölye çevresindeki atmosferi kirletebilir. Bu tür duman ve gazların riskini ortadan kaldırmak için önlemler alınmak zorundadır. Mümkün olmadığı durumda, duman ve gazlar ark civarında soluma bölgesinden lokal havalandırma ve / veya hava tahliye sistemi yardımıyla uzaklaştırılarak kaynağında kontrol altına alınmak zorundadır. Diğer olasılıkların hepsi elenmeden solunum ekipmanları kullanılmamalıdır. Genelde, koruyucu solunum ekipmanları sadece geçici bir önlem olarak kullanılmaktadırlar. Fakat, havalandırma önlemlerine ilave olarak kişisel

korumanın da halen gerekli olabileceği durumlar mevcuttur.

Yağdan arındırma, temizleme veya püskürtme işlemlerinden doğan klor içeren hidrokarbon buharlarının yakınında kaynak yapmayın. Solvent buharları, ark ısı ve ışığı ile reaksiyona girerek çok zehirli bir gaz olan fosgen ve diğer tahriş edici ürünleri meydana getirebilirler.

## 8.3 Ark Işması

Ark ışması, gözlere zarar verip cildi yakabilir. İş güvenliğini temin etmek ve ark yanmalarını önlemek için aşağıdaki tavsiyelere uyulmalıdır.

- Kaynak yaparken veya açık ark kaynağını seyrederken gözlerinizi ark ışması ve kıvılcımlardan korumak için uygun bir filtre ve cam ekrana sahip bir maske kullanılmalıdır. Filtre edici camlar, Avrupa Standartlarına uygun olmalıdır.
- Cildinizi ark ışmasından korumak için uygun giysiler kullanın.
- Yakında bulunan diğer personeli uygun şekilde perdeleme yoluyla koruyun ve onları arka bakmamaları ve kendilerini ark ışmasına veya sıcak sıçrıntı ve metallere maruz bırakmamaları konusunda uyarın.

## 9 Sözlük Eki: Terimler ve Tanımlar

### 9.1 Prosesler

#### **Alternating Current / Alternatif Akım (AC):**

Yönünü periyodik olarak ters çeviren bir elektrik türüdür. 50 periyotluk akımda, akım önce bir yöne doğru hareket eder daha sonra ters yöne döner, saniyede 50 defa yön değiştirir.

**Arc Blow / Ark Üflemesi:** Manyetik kuvvetler sebebiyle elektrik arkının normal yolundan sapmasıdır.

**Arc Length / Ark Boyu:** Elektrodun ucundan arkın iş parçası yüzeyine temas ettiği noktaya kadar olan mesafedir.

**Arc Seam Weld / Ark Dikiş Kaynağı:** Bir ark kaynağı prosesiyle yapılan bir dikiş kaynağıdır (örn. GTAW, PAW, GMAW, SMAW, SAW).

**Arc Spot Weld / Ark Nokta Kaynağı:** Bir ark kaynağı prosesiyle yapılan bir nokta kaynağıdır (örn. GTAW, GMAW).

**Arc Welding / Ark Kaynağı:** Kaynak için gerekli ısının, dolgu malzemesi kullanarak veya kullanmadan, bir elektrik arkı veya arklarından elde edildiği bir grup kaynak prosesidir.

**Arcing time factor / Ark Zaman Faktörü:** Ark süresinin, gücün mevcut olduğu toplam zamana oranıdır.

**Automatic Welding / Otomatik Kaynak:** İşlemin ağırlıklı olarak bir makine tarafından kontrol edildiği kaynaktır.

**Direct Current Electrode Negative (DCEN) / Doğru Akım Elektrot Negatif:** Doğru akım ark kaynağında kaynak arkının pozitif kutbunun iş

parçası, negatif kutbunun ise elektrot olduğu düzenlemedir (örn. GTAW, PAW).

**Direct Current Electrode Positive (DCEP) / Doğru Akım Elektrot Pozitif:** Doğru akım ark kaynağında kaynak arkının negatif kutbunun iş parçası, pozitif kutbunun ise elektrot olduğu düzenlemedir (örn. GTAW, PAW).

**Direct Current Reverse Polarity (DCRP) / Doğru Akım Ters Kutuplama = DCEP**

**Doğru Akım Düz Kutuplama (DCSP) = DCEN**

**Electron Beam Welding (EBW) / Elektron Işın Kaynağı:** Isının odaklanmış yüksek hızdaki elektron demetinin iş parçasına çarpması ile üretildiği bir kaynak prosesidir. Kaynak işlemi normalde bir vakum kamarası içerisinde yürütülmektedir.

**Electroslag Welding (ESW) / Elektro Cüruf Kaynağı:** Elektriksel iletken bir cürufun direnci ( $RI^2$ ) sebebiyle ısınması temeline dayanan bir kaynak prosesidir. Kalınlığı 15 mm'den fazla olan (kalınlık üst sınırı yok) bağlantılar (dik konumda) tek pasoda kaynaklanabilmektedir, ve basit dik-kenarlı ağız hazırlığı kullanılmaktadır.

**Flash Welding (FW) / Yakma Alın Kaynağı:** İş parçalarının (çubuklar, borular) özel bir fikstür içerisine kısıkaçlarla bağlanarak hafifçe birbirine yaklaştırıldığı bir kaynak prosesidir. Kısıkaçlar üzerinden yüksek bir akım iletilir ve iş parçaları arasındaki küçük temas bölgelerinde sıvı metal oluşup dışarı taşana kadar parçalar aşırı ısıtılır.

**Flux Cored Arc Welding (FCAW) / Özlü Telle Ark Kaynağı:** Sürekli bir dolgu metali elektrodunun (tüp biçiminde elektrot) kullanıldığı bir metal-ark kaynağı prosesidir. Koruma işlevi, tüp biçimindeki elektrodun içerisindeki toz tarafından sağlanmaktadır. Dışarıdan beslenen bir gaz karışımıyla ilave koruma sağlanabilir veya sağlanmayabilir.

**Gas Metal Arc Welding (GMAW) / Gaz Metal Ark Kaynağı:** Sürekli bir dolgu metali elektrodunun kullanıldığı bir metal-ark kaynağı prosesidir. Ark ve kaynak banyosu, tamamen dışarıdan beslenen bir gaz tarafından korunmaktadır.

**Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) / Gaz Tungsten Ark Kaynağı veya TIG Kaynağı:** Tüketilmeyen bir tungsten elektrot kullanan asal gaz ark kaynağı prosesidir. Bir dolgu metali kullanılabilir veya kullanılmayabilir.

**Induction Welding (IW) / İndüksiyon Kaynağı:** Kaynak için gereken ısının, iş parçaları içerisinde meydana getirilen yüksek frekanslı (IHFW) veya düşük frekanslı (ILFW) indüksiyon akımlarına karşı gösterdikleri direnç ile elde edildiği bir kaynak prosesidir. Yüksek ve düşük frekanslı kaynak akımlarının, kaynak ısısını istenilen bölgede konsantre edebilme etkisi vardır.

**Inert Gas Welding / Asal Gaz Kaynağı:** Ark ve kaynak banyosunu atmosferden koruyucu ortamın tamamen (GTAW, PAW yöntemleri) veya büyük oranda (GMAW, FCAW prosesleri) asal bir gazdan meydana geldiği ark kaynağıdır.

**Laser Beam Welding (LBW) / Laser Işın Kaynağı:** Kaynak için gerekli ısının bağlantı üzerine odaklanmış konsantre ve aynı fazda bir ışık demetiyle elde edildiği bir kaynak prosesidir.

**Plasma Arc Welding (PAW) / Plazma Ark Kaynağı:** Tüketilmeyen tungsten bir elektrot kullanarak gerçekleştirilen asal gaz ark kaynağıdır.

**Projection Welding (PW) / Kabartılı Nokta Kaynağı:** İş parçası yüzeyinde hazırlanan küçük kabartıların karşılıklı iki elektrot arasında akım uygulanarak eritilip ezildiği bir kaynak prosesidir.

**Resistance Seam Welding (RSEW) / Direnç Dikiş Kaynağı:** Sacların seri biçimde nokta kaynakları yapmak üzere dikiş boyunca hareket eden iki tekerlek elektrot arasına kısırıldığı bir kaynak prosesidir.

**Resistance Spot Welding (RSW) / Direnç Nokta Kaynağı:** Kaynak yapılacak sacların karşılıklı iki elektrot arasına sıkıştırılıp üzerlerinden çok kısa süreyle yüksek akım geçirildiği bir kaynak prosesidir.

**Resistance Welding / Direnç Kaynağı:** Parçaların sıkıştırılıp üzerlerinden akım geçirilmesi esnasında bileşenler arası yüzeydeki dirençten dolayı ısı elde edilen bir kaynak prosesidir.

**Root run / Kök Paso:** Çok pasolu bir prosesin kökünde kaynaklanan ilk pasodur.

**Semi-automatic Welding / Yarı-otomatik**

**Kaynak:** Kaynak işleminin kısmen bir makine tarafından kontrol edildiği tarzda kaynaktır. Fakat, elle yönlendirme gerektirmektedir.

**Shielded Metal Arc Welding (SMAW) /**

**Örtülü Metal-Ark Kaynağı veya Elle Ark Kaynağı:** Bir operatör tarafından uygulanan ve boyu 450 mm'yi aşmayan örtülü elektrotlarla yapılan metal ark kaynağı. Koruma, elektrot örtüsünün ayrışması ile elde edilmektedir.

**Stud Welding (SW) / Saplama Kaynağı :**

Isının, bir saplama ucu ile iş parçası arasında oluşturulan bir elektrik arkı tarafından temin edildiği bir kaynak prosesidir. Uygun sıcaklığa ulaşıldığında, iki parça derin temas sağlayacak şekilde birbirine bastırılır.

**Submerged-Arc Welding (SAW) / Tozaltı-Ark**

**Kaynağı :** Bir veya birden fazla tel elektrodun kullanıldığı metal ark kaynağı yöntemidir; Ark veya arklar bir toz örtüsü altındadır. Tozun bir kısmı eriyerek kaynağın üzerinde temizlenebilir bir cüruf örtüsü oluşturur.

**Travel rate / Kaynak Hızı:** Elektrot ve iş parçası yüzeyi arasındaki göreceli hareket hızıdır.

**Voltage / Voltaj (volt):** Akım üretici çıkışları arasında ölçülen ve ark boyunu belirleyen voltajdır. Arkta ölçülen gerçek ark voltajı, her zaman daha düşük bir değere sahiptir.

**Weaving / Salımlı Kaynak:** Elektroda salınım hareketi yaptırılarak gerçekleştirilen metal yığma tekniğidir.

**Welding Current / Kaynak Akımı (amper)**

**9.2 Kaynaklı Birleştirme Tipleri**

**Angle of bevel / Kenar Açısı:** Kaynak yapmak üzere bir bileşenin kenarına hazırlanarak verilen açıdır.

**Bevel / Kenar eğimi:** Açılı kenar hazırlığıdır.

**Backing strip / Banyo Altlığı:** Bir kaynağın nüfuziyetini kontrol altına almak için köke yerleştirilen bir parça malzemedir.

**Butt joint / Alın Birleştirmesi:** Alın altına yaklaşık aynı düzlemde (yani birbirlerine 180° ye yakın açı yaparak) hizalanmış iki parçanın uçları veya kenarları arasındaki bağlantıdır.

**Butt Weld / Alın Kaynağı:** Alın birleştirmesi kenarları arasında yığılan kaynak metali ile oluşturulan bir kaynaktır.

**Chamfer / Pah:** Eğimli kenar için kullanılan başka bir terimdir.

**Closed joint / Kapalı Birleştirme:** Birleştirilecek yüzeylerin (iki parçanın kenarları) kaynak yapılırken temas halinde bulunduğu bir birleştirme türüdür.

**Concave fillet weld / İçbükey Köşe Kaynağı:** Kaynak dış yüzeyi içbükey olan bir köşe kaynağıdır.

**Corner joint / Dış Köşe Kaynağı:** Uçları veya kenarları arasında 30° den fazla fakat 135° den az bir açı bulunan iki parça arasındaki bir birleştirmedir.

**Cruciform joint / Istavroz Biçimli Birleştirme:** İki düz plakanın diğer bir düz plaka üzerine

bununla dik açı yapacak şekilde ve birbirleriyle aynı ekseninde kaynaklandığı birleştirmedir.

**Double V butt weld / Çift V Alın Kaynağı:** Her iki bileşenin kenarlarına çift taraftan eğim verilerek erime bölgesinin kesitinde karşılıklı iki V nin oluşturulduğu bir alın kaynağıdır.

**Edge joint / Kenar Birleştirmesi:** İki parçanın kenarları arasında yaklaşık  $0^\circ$  açı bulunan bir birleştirme türüdür.

**Edge presentation / Kenar Sunumu:** Bir kenarın kaynak için dik, oluk biçimli veya eğimli hazırlanmış olmasıdır.

**Fillet weld / Köşe Kaynağı:** Birbirine göre yaklaşık dik açıda bulunan, bindirme, T veya dış köşe birleştirmesi biçimindeki iki yüzeyi bağlayan, yaklaşık üçgen kesitli bir kaynaktır.

**Flat filled weld / Düz köşe kaynağı:** Kaynak yüzeyinin düz olduğu bir köşe kaynağıdır.

**Fusion line / Erime Çizgisi:** Kaynak metali ile, erimemiş ana malzeme arasındaki sınırdır.

**Gap or root opening / Aralık veya Kök Boşluğu:** Herhangi bir kesitte, birleştirilecek kenar, uç veya yüzeyler arasındaki mesafedir.

**Heat affected zone (HAZ) / Isıdan Etkilenmiş Bölge:** Erime çizgisinin hemen yanında bulunan, erimemiş fakat kaynak ısı sebebiyle mikro yapısı etkilenmiş olan ana metal bölümüdür.

**Joint / Birleştirme:** İki ya da daha fazla iş parçası arasında veya tek iş parçasına ait iki

ya da daha fazla parça arasında kaynaklanacak bağlantıdır.

**Lap joint / Bindirme Birleştirmesi:** Aralarında yaklaşık  $0^\circ$  açı bulunacak şekilde birbiri üzerine binen iki parça arasındaki birleştirmedir.

**Open joint / Açık Birleştirme:** Birleştirilecek parçaların kaynak yapılırken belirli bir boşlukla ayrıldığı bir birleştirme türüdür.

**Overlap / Kaynak Metali Akması:** Bir kaynağın kenar geçişi veya kök kenarı ötesine taşması.

**Penetration / Nüfuziyet:** Kaynaklanan parça veya parçaların yüzeylerinin altında erime bölgesinin uzandığı derinliktir.

**Root of a joint / Bir Birleştirmenin Kökü:** Kaynaktan önce, birleştirilecek parçaların en yakın olduğu bölgedir.

**Single V butt weld / Tek Taraflı V-Alın Kaynağı:** İki parçanın hazırlanan kenarları, erime bölgesinin kesitinde bir V oluşturacak biçimde eğimlendirilmiş bir alın kaynağıdır.

**Square butt weld / I-Alın Kaynağı:** Karşılıklı kenarları birleştirilecek parçaların yüzeyine yaklaşık dik açıda ve birbirine paralel konumda bulunan bir alın kaynağıdır.

**T (or tee) joint / T (veya te) Birleştirmesi:** Aralarında yaklaşık  $90^\circ$  lik bir açı bulunan iki parçada, bir parçanın sonu veya kenarı ile diğer parçanın yüzeyi arasında gerçekleştirilen bir bağlantıdır.

**Tack weld / Punta Kaynağı:** Montaja yardım etmek veya kaynak esnasında kenarların aynı hizada kalmasını sağlamak için kullanılan ufak bir kaynaktır.

**Throat thickness / Köşe Dikişi Kalınlığı:** Kök noktası ile kenar geçişlerini birleştiren doğrunun ortası arasına çekilen çizgi üzerinden ölçülen, kaynağın minimum kalınlığıdır.

**Undercut / Yanma Çentiği:** Kaynak kenar geçişinin hemen yanında ana malzeme yüzeyinden eritilip boşaltılan ve kaynak metali ile doldurulmadan bırakılan bir oluktur.

**Y joint / Y-Birleştirmesi:** Aralarında  $10^\circ$  den fazla fakat  $70^\circ$  den az bir açı bulunan iki parçada, bir parçanın sonu veya kenarı ile diğer parçanın yüzeyi arasında gerçekleştirilen bağlantıdır.

**Weld face / Kaynak Kepi:** Bir eritme kaynağının kaynağın yapıldığı tarafta görülmekte olan yüzeyidir.

**Weld penetration / Kaynak Nüfuziyeti:** Ana metalin orijinal yüzeyinden başlayarak ölçülen erime derinliğidir.

**Weld reinforcement / Aşırı Kaynak Metali:** Kaynak kepinde, belirtilen kaynak kalınlığından fazla gerçekleştirilmiş kaynak metali yüksekliğidir.

### 9.3 Kaynak Sarf Malzemeleri

**Covered electrode / Örtülü Elektrot:** Ark kaynağında kullanılan ve toz örtüye sahip bir dolgu çubuğudur (SMAW için). Sıvı metale koruma sağlayan ve arki kararlı hale getiren nispeten kalın bir örtüye sahip çekirdek metalden oluşmaktadır.

**Filler metal / Dolgu Metali:** Kaynak esnasında ilave edilen metaldir (sert lehimleme veya yüzey kaplama).

**Filler rod / Dolgu Çubuğu:** Çubuk formundaki dolgu metalidir (örn. GTAW).

**Filler wire / Dolgu Teli:** Makaraya sarılı tel formundaki dolgu metalidir (örn. GMAW ve SAW).

**Flux / Toz:** Kaynağı atmosferden ileri gelen kirlilikten korumak, arki kararlı hale getirmek ve bir metalurjik fonksiyon yerine getirmek (oksit ve diğer istenmeyen maddelerin önlenmesi, çözündürülmesi, veya giderilmesinin kolaylaştırılması) amacıyla kullanılan eritilebilir bir malzemedir.

**Flux cored electrode / Özlü Tel Elektrot:** Ortasına toz yerleştirilmiş küçük bir boru formundaki dolgu metalidir. Orta bölge, oksijen giderici ve cüruf oluşturucu malzemeler sağlamakta olup, aynı zamanda koruyucu gaz oluşturucular da içerebilmektedir (bazı özlü tel elektrotlar kendinden gaz korumalıdır).

ISBN 978-2-87997-179-7