KAYNAK METALURJİSİ

6. HAFTA

MAG KAYNAĞI

★ Eriyen elektrodla karbondioksit atmosferi altında yapılan, gazaltı kaynak usulüdür. MIG kaynağından tek farkı, kullanılan koruyucu gazın karbondioksit olmasıdır. Bu sebepten MIG kaynak donanımı, MAG kaynağında da kullanılır. MAG sembolü, "Metal Activ Gas" ifadesinin kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla, teşkil edilmiştir.

★ MAG kaynağı; alüminyum ve alaşımları gibi kolayca oksitlenen malzemelerin kaynağında kullanılmaz. Günümüzde büyük oranda, çelik malzemelerin kaynağında kullanılmaktadır.

★ MAG kaynağında kullanılan karbondioksit; renksiz kokusuz ve havadan ağır bir gazdır. Kullanılacak karbondioksit gazının saf ve kuru olması gerekir. Gaz içerisinde bulunabilecek rutubet, dikişi gevrekleştirir ve gözenek teşekkülüne sebep olur. Kaynak sıcaklığında karbondioksit gazı, karbonmonoksit ve oksijene ayrışır. Ayrıca $C0_2$, sıvı haldeki demir ile birleşerek demiroksit meydana getirir. Demiroksit ise manganez ve silisyum ile birleşerek, bu elementlerin kaybına sebep olur. Bu kaybın karşılanabilmesi için, kaynak telinin bu elementlerce zengin olması gerekir. Bundan başka $C0_2$, karbon ile birleşerek karbon kaybına ve karbondioksit, ayrışarak karbon teşekkülüne sebep olur.

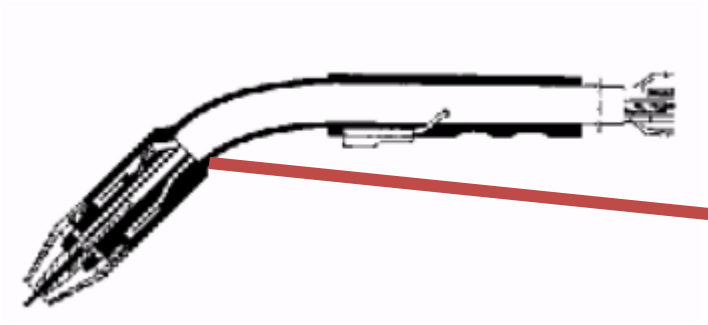
★ MAG kaynağında kullanılan kaynak üfleçlerinin prensibi MIG kaynağındaki üfleçlere benzemektedir. Burada da kaynak yerine üfleç içinde sürekli beslenen bir tel elektrod gelmektedir. Bu yöntemde kullanılan üfleçlerin soğutma sistemleri genellikle üretici firmaların kendi ürünlerinin üstünlüklerine bağlı olarak savundukları iki türe dayanır.

MAG kaynağında kullanılan tellerin, kaynak sırasında meydana gelebilecek eleman kayıplarını karşılayacak bileşimde olması lazımdır. Tellerin en fazla kullanılanları; 1,6 - 2,4 ve 3,2 mm çaplarındadır.

Kaynak dikişinin özellikleri; kaynak telinin kalitesine, karbondioksit gazının safiyet derecesine ve kaynak esnasındaki miktarına bağlıdır.

MAG kaynağında doğru akım ve ters kutuplama kullanılır. Sabit gerilimli kaynak makinalarıyla kaynak yapılır. Erime gücü, akım şiddetine bağlıdır.

MAG kaynağında, kısa ark boyu ile çalışılır. Ark boyu, 1 ilâ 2 mm arasındadır. Kaynak tabancası mümkün olduğu kadar, parçaya dik olarak tutulmalıdır. Ark boyunun büyük tutulması halinde, dikiş içerisinde gaz kabarcıkları kalır. Kaynak otomatik olarak veya el ile yapılabilir. El ile yapılması durumunda, bütün pozisyonlarda kaynak yapılabilir. Otomatik MAG kaynaklarında, derin nüfuziyetli ve muntazam görünüşlü dikişler elde edilir.



MAG kaynağının, tozaltı kaynağı ve MIG kaynağı ile mukayesesi

A-) MAG kaynağının MIG kaynağıyla mukayesesi

MAG kaynağının MIG kaynağına göre üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a-) Karbondioksit argon gazına göre daha ucuz olduğundan, gaz masrafı daha azdır.

b-) Karbondioksidin sıvı halde taşınması sebebiyle; aynı hacimli tüplerde, üç misli daha fazla gaz taşınabilir.

c-) MAG kaynağında nüfuziyet daha fazladır,

d-) Daha yüksek kaynak hızıyla çalışılır.

e-) Ortaya çıkan ultraviyole ışınlar, daha azdır ve açık renkli maske kullanılır.

B-) MAG kaynağının tozaltı kaynağı ile mukayesesi MAG kaynağının tozaltı kaynağına göre üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a-) Tozaltı kaynağında kaynak tozunun rutubet çekmesi ve dikişin hidrojen absorbe etmesi problemi, MAG kaynağında yoktur.

b-) MAG kaynağında kaynak yeri, kaynakçı tarafından daha iyi gözlenebilir,

c-) MAG kaynağında kullanılan karbondioksit gazı, tozaltı kaynağındaki kaynak tozundan daha ucuzdur,

d-) MAG kaynağında, daha derin nüfuziyet elde edilir.

MIG/MAG Kaynağının Elektrik Ark Kaynağına Göre Üstünlükleri

- Sürekli tel elektrod sayesinde daha iyi ark süresi
  - Elektrik ark kaynağında (EAK) çubuk elektrodların periyodik olarak değiştirilmesi gerekir
- EAK'na göre ilave tel elektrodun daha iyi kullanımı
  - EAK'nda çubuk elektrodun koçan kısmı kullanılamaz
- Yüksek yığma hızları
- Curuf uzaklaştırma problemi ortadan kalkar
- Kolayca otomatikleştirilebilir

MIG/MAG kaynağının robotla uygulaması

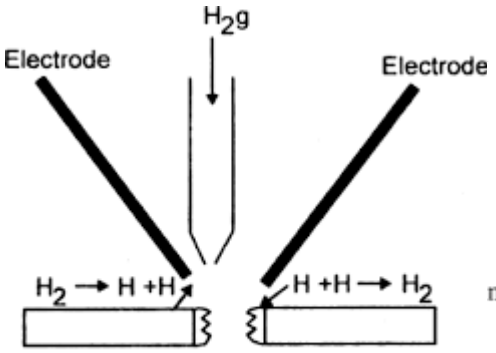
Ark Atom Gazaltı Kaynağı

Atomik hidrojen kaynağı olarak da bilinen bu gazaltı kaynağı türü, en eski gazaltı kaynağı uygulamasıdır. Koruyucu gaz olarak kullanılan hidrojen gazı, ark sıcaklığında ısı alarak aşağıdaki denkleme göre atomsal hale geçer (Şekil VI.1):

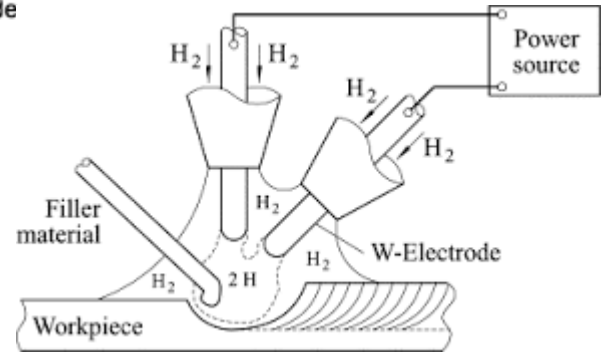
$$H_2 — 2H + 102cal/mol$$

Atomsal hale geçen hidrojen, daha sonra birleşerek molekül halini alır ve aldığı ısıyı geri verir.

Ark atom kaynağında, özel kaynak transformatörleri kullanılır. Bunlarda boşta çalışma gerilimi yüksek olup, 60-80 volt arasında çalışma gerilimleri vardır. Elektrod olarak, %99,8 - 99,9 saflıkta tungsten elektrodlar kullanılır. Elektrodların çapları, 1,5 - 3 mm olup, boyları normal olarak 300 mm'dir. Hidrojen gazı kaynak yerine 0,3 atmosfer basınçta sevk edilir. Isıyı çabuk ileten alüminyum gibi malzemelerin kaynağında, ön tavlama yapılması faydalı olur.



Broken iron piece to be welded



TIG KAYNAĞI

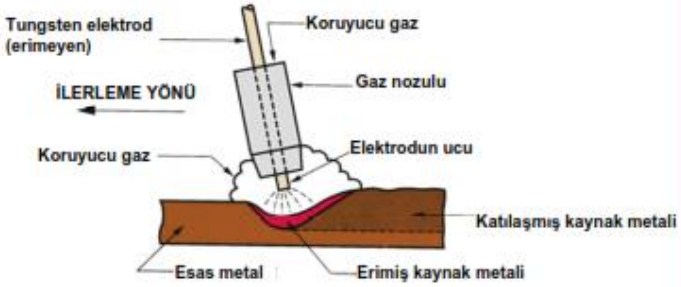
Amerika Birleşik Devletlerinde ilk geliştirildiği yıllarda magnezyum gibi hafif metal alaşımlarının kaynağında, helyum gazı koruyucu atmosferinde yapılmıştır (heliark kaynağı).

TIG sembolü, "Tungsten Inert Gas" kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla meydana getirilmiştir. TIG kaynağında tunsten elektrod ile iş parçası arasında ark teşekkül ettirilir ve bu ark havanın tesirinden argon veya helyum gazı atmosferiyle korunur. Kaynak işlemi için ayrıca, kaynak ilâve metaline (kaynak teli veya çubuğu) ihtiyaç vardır.

TIG kaynağında başlangıçta helyum, daha sonra argon gazı kullanılmıştır. Her iki gaz da, tek atomlu ve soydur. Bu sebepten diğer elementlerle birleşmezler, renksiz ve kokusuzdurlar, yanmazlar. Helyum gazı havadan hafif, argon ise ağırdır. Bu sebepten helyum uçar ve koruma kabiliyeti azdır. Fakat argon, havadan daha ağır olması sebebiyle erimiş metali daha iyi korur. Yüksek akım şiddetinin kullanılması gereken hallerde, helyum gazı kullanılır. Çünkü bu gaz, daha yüksek ark gerilimi verir.

Hafif metal ve alaşımların kaynağında kullanılan argon gazının çok saf olması gerekir (%99,99). İçerisinde bulunabilecek su buharı, oksijen ve azot gibi gayri safiyetler kaynağın kalitesini düşürür. Bu sebepten paslanmaz çelik, bakır ve alaşımlarının kaynağında oksijen ve azotun oranları sırasıyla %0,1 ve 1,5'un altında olması gerekir.

- Tungsten'in erime sıcaklığı = 3410°C
  - Avrupa'da, "WIG (Wolfram Inert Gas) kaynağı" olarak da adlandırılır
- Bir ilave metal de kullanılabilir
  - Kullanıldığında, ilave metal çubuk veya tel halinde kaynak banyosuna ayrıca beslenir
- Uygulamaları: alüminyum ve paslanmaz çelik en yaygınıdır



Tungsten Inert Gaz (TIG) kaynağı

TIG kaynağında kullanılan elektrodlar saf tungsten veya tungstenin toryum ve zirkonyum ile alaşımlandırılmasıyla elde edilen elektrodlardır. Bu elektrodlar, toz haldeki malzemenin sinterlenmesiyle elde edilir. Toryum ve zirkonyum ile alaşımlandırılmış elektrodların aşağıdaki üstünlükleri vardır:

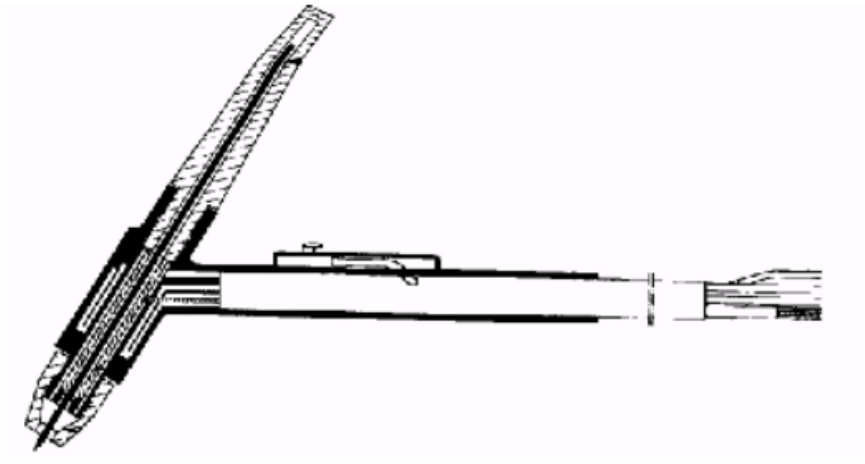
a-) İyi bir elektron emisyonu sağlarlar.

b-) %25 daha yüksek akım şiddetiyle yüklenmeleri mümkündür,

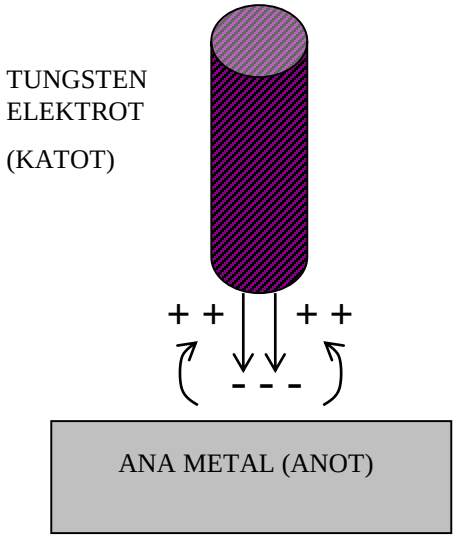
c-) Ömürleri daha uzundur ve sarfiyatları %50 daha azdır,

d-) Ergimiş metal ile temas halinde, sıçrama ve buharlaşmaları azdır.

Toryum ile alaşımlandırılmış elektrodlar, kısa bir kullanmadan sonra uçlarında meydana gelen tırtırlarla tanınırlar. Elektrodların uygun akım şiddetleriyle yüklenmeleri gerekir. Aksi halde; aşırı yüklemede, elektrod ucunda erime ve bu sebepten kararsız bir ark meydana gelir.



- Tungsten elektrot katot olarak etki etmektedir.
- Tungsten katot ve ana metal arasında bir plazma üretilir ve bu sayede ana metalde ergitme noktasında ısıtır.
- Dolgu metali ergitme bölgesinde sıvı metal havuzuna ilave edilebilmektedir.



EN standardına göre tungsten elektrodlar şu biçimde gösterilmektedir:

EN 26848 1.6 - 75 - WT 10

Burada, **1.6** elektrodun mm. olarak çapını, **75** mm olarak boyunu ve **WT 10**' da bileşiminde **% 0.9 ila 1.2 toryumoksit** bulunduğunu belirtmektedir.

Saf Tungsten TIG Kaynak Elektrodları

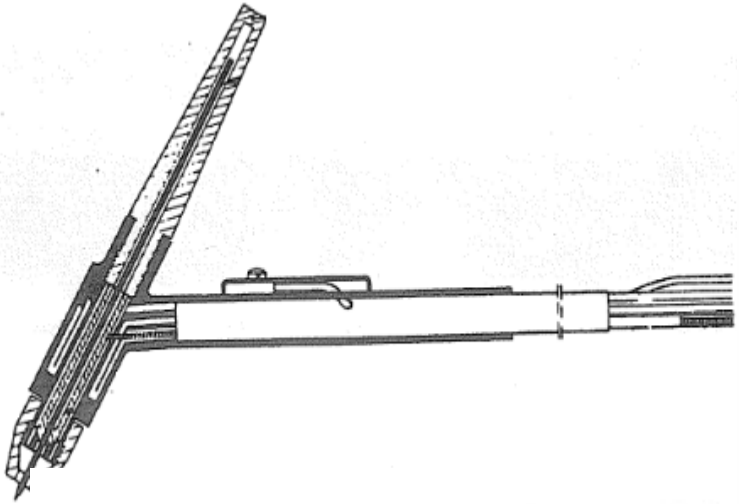
En ucuz elektrod türü olan saf tungsten elektrodlar, alternatif akımda (alüminyumun kaynağında) tercih edilirler. Bu elektrodlar iyi bir elektron yayma özeliğine sahip olmalarına karşın, toryum alaşımlılara göre daha düşük akım yüklenme kapasitesine sahiptirler, kirlenmeye ve oksitlenmeye daha yatkındırlar. Bu elektrodlar gerek EN 26848 ve gerekse de AWS A5.12'ye göre yeşil renk ile işaretlenmişlerdir.

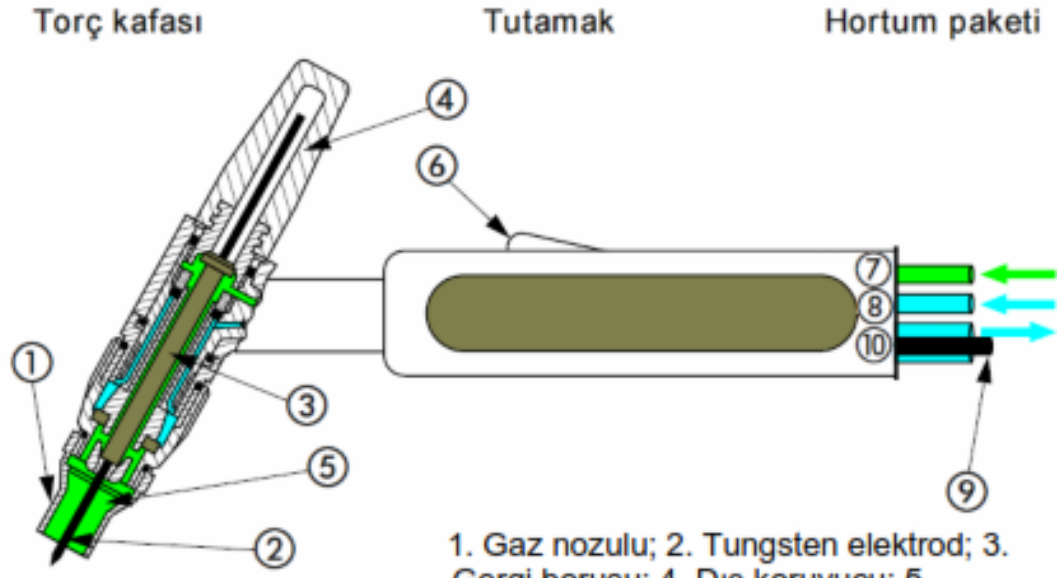
Tungsten elektrodun ucunun kirlenmesi kaynakta süreksizlik oluşturur ve arkın kararlılığını bozar. Elektrod ucunun kirlenmesinin nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- Elektrod ucunun kaynak banyosuna değmesi,
- Elektrod ucunun kaynak dolgu teline değmesi,
- Koruyucu gaz debisinin yeterli olmaması ve gereken biçimde koruma gerçekleştirememesi,
- Kaynak biter bitmez elektrod ucu henüz daha kızgın iken koruyucu gaz akımının kesilmesi.

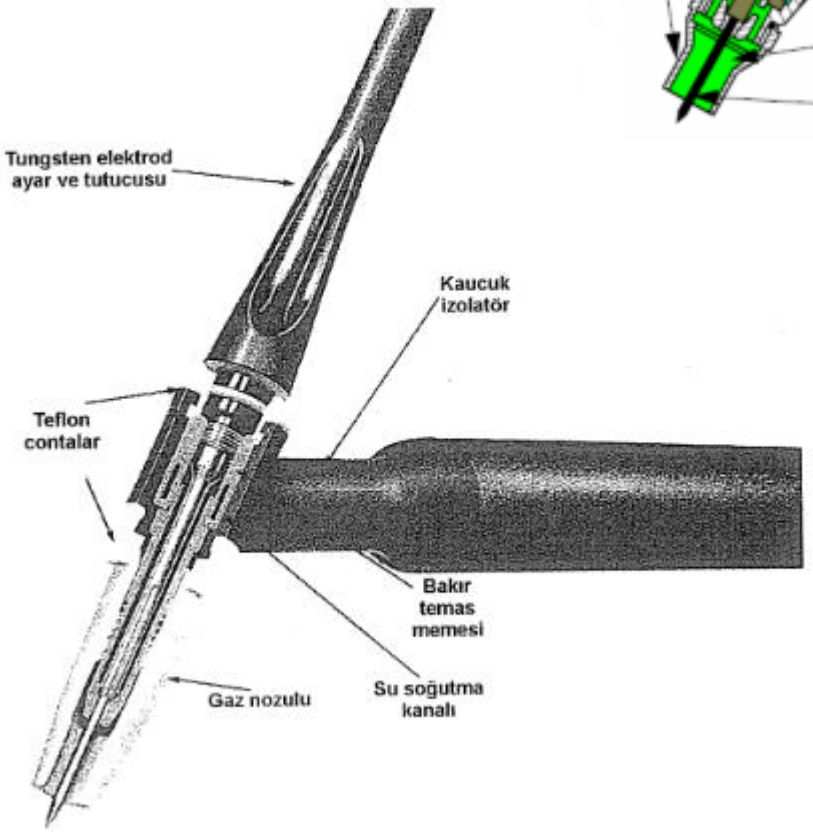
Kaynak sırasında elektrodun ucu tungstenin ergime sıcaklığı olan 3370°C'nin üzerinde bir sıcaklıktadır, bu uç kaynak banyosu veya kaynak dolgu teli ile temas ettiğinde, uca yapışan metalin bir kısmı hemen buharlaşır ve bir kısmı da, elektrodun uç kısmında bir yarım küre biçiminde olan tungsten damlacığını alaşımlandırarak arkın kararlılığının bozulmasına neden olur. Kirlenmiş elektrod ile yapılan kaynakta arkın kararlılığını kaybetmesine, elektrod ucunun biçiminin değişmesi ile kirletici metalin buharlarının ark yoluna geçmesi neden olmaktadır.

TIG Kaynak Torcunun Yapısı





1. Gaz nozulu; 2. Tungsten elektrod; 3. Gergi borusu; 4. Dış koruyucu; 5. Koruyucu gaz; 6. Torç tetiği; 7. Koruyucu gaz girişi; 8. Soğutma suyu girişi; 9. Akım kablosu; 10. Soğutma suyu çıkışı



Tablo **Tungsten elektrodların kimyasal bileşimleri ve renk kodları.**

İşareti	Malzeme No.	Oksit İçeriği %	Katışkılar %	Renk Kodu
W	2.6005	-	≤0.20	Yeşil
WT 10	2.6022	0.90...1.20 ThO_2	≤0.20	Sarı
WT 20	2.6026	1.80...2.20 ThO_2	≤0.20	Kırmızı
WT 30	2.6030	2.80...3.20 ThO_2	≤0.20	Leylak
WT 40	2.6036	3.80...4.20 ThO_2	≤0.20	Portakal
WZ 4	2.6050	0.30...0.50 ZrO_2	≤0.20	Kahverengi
WZ 8	2.6062	0.70...0.90 ZrO_2	≤0.20	Beyaz
WL 10	2.6010	0.90...1.20 LaO_2	≤0.20	Siyah

Alaşımlı Tungsten TIG Kaynak Elektrodları

Bileşiminde %1-2 toryum oksit (ThO_2) içeren tungsten elektrodlar; saf tungsten elektrodlara göre daha yüksek bir akım yüklenme kapasitesine, iyi bir elektron yayınımına, daha uzun bir kullanma ömrüne, kirlenme oksitlenmeye karşı daha büyük bir direnc, daha kolay bir tutuşma ve daha kararlı bir ark oluşturma özeliğine sahiptirler. Toryum oksit miktarının %4'e kadar yükselmesi ile ark karakteristikleri daha da iyi bir duruma gelir.

Bileşimlerinde zirkonyum oksit (ZrO_2) içeren elektrodların özelikleri saf tungsten elektrod ile toryum oksitli elektrodların özelikleri arasındadır. Alternatif akım ile kullanılmalarında saf tungsten elektrodların ark kararlılığını ve de toryum oksitli elektrodların akım yüklenme kapasitesi ile kolay ark tutuşturma özeliğini gösterirler. Bu elektrodlar zirkonyum oksit içeriğine göre kahverengi ve beyaz renk ile işaretlenmişlerdir.

Çizgili tungsten elektrodlar olarak adlandırılan elektrodların gövdeleri saf tungstenden yapılmış ve gövde üzerinde bulunan çizgi şeklindeki kanalcıklar ise toryum oksit ile doldurularak saf tungsten elektrodun alternatif akım ile kullanma durumundaki ark kararlılığı ile toryum oksit alaşımlı elektrodların akım yüklenme kapasitesi ve arkın kolay tutuşma özeliği bir arada sağlanmıştır.

Elektrod Tutucuları

Elektrod tutucuları, TIG kaynak yönteminde elektrodu torca bağlayan ve aynı zamanda da elektroda kaynak akımını ileten bir parçadır. Bunlar, genellikle bakırdan yapılır ve iç delikleri kullanılan elektrodun çapına uygun olarak hassas bir şekilde işlenmiştir. Otomatik kaynak uygulamalarında sıcaklığa dirençli olabilmeleri açısından nikel- krom alaşımları da kullanılmaktadır.

Koruyucu Gaz Donanımı

TIG kaynak yönteminde, koruyucu gaz olarak yalnız asal (soy) gazlar kullanılmaktadır. Bu yöntemde, koruyucu gaz içinde az miktarda bile aktif bir gazın varlığına izin verilemez, zira kaynak sırasında kızgın durumda bulunan tungsten elektrod bu olaydan etkilenir. Koruyucu gaz

Argon ve Helyum gazlarının TIG yöntemindeki davranışlarının karşılaştırılması.

Argon	Helyum
Düşük ark gerilimi sonucu ısı girdisinin azalması, 1,5 mm'den ince parçaların el ile kaynağında büyük bir üstünlük sağlar.	Yüksek ark gerimi sonucu oluşan daha sıcak ark, ısı iletkenliği yüksek alaşımlı malzemeler ile kalın parçaların kaynağında daha üstün sonuçlar verir.
Alüminyum ve alaşımları gibi yüzeyleri refrakter bir oksit tabakası ile kaplı malzemelerin kaynağında temizleme etkisi daha şiddetlidir.	Yüksek ısı girdisi ve yüksek kaynak hızı daha dar bir IEB oluşturur ve bunun sonucu kaynak bağlantısının mekanik özelikleri iyileşir, çarpılması ve kendini çekmeler azalır.
Arkın tutuşması daha kolaydır.	
Ark daha sakin ve daha kararlı yanar.	
Havadan ağır olması nedeni ile daha az koruyucu gaz ile daha etkin bir koruma sağlar.	Havadan çok daha hafif olması sonucu koruyucu gaz tüketimi yüksektir ve torcun memesinden çıkan gaz akımı hava hareketlerine hassastır.
Dik ve tavan kaynaklarında, gaz tüketiminin fazla olmasına karşın, ısı girdisinin azlığı sonucu oluşan, daha ufak kaynak banyosuna kaynakçının kolaylıkla hakim olabilmesine olanak sağlar.	
Otomatik kaynak işlerinde hızın yükselmesi, gözenek oluşumuna neden olur.	Otomatik kaynak işlemlerinde yüksek kaynak hızlarında karşılaşılan gözenek ve yanma çentikleri oluşumu kontrol altına alınabilir.
Farklı metallerin kaynağında daha iyi sonuçlar alınır.	

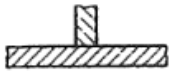
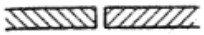
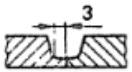
TIG Kaynak Yönteminde Arkın Tutuşturulması

TIG kaynak yönteminde kaynağa başlarken arkın tutuşturulması önemli konulardan bir tanesidir, bu konuda uygulanan yöntemler şunlardır:

- **Elektrodu değdirerek tutuşturma**
- **Yüksek frekans akımı ile arkın tutuşturulması**
- **Yüksek gerilim darbesi ile arkın tutuşturulması**

TIG yönteminde genel olarak uygulanan alın birleştirme türleri ve kaynak ağızları

Kıvrık alın **Dik alın** **Köşe alın** **Üçlü alın**

Ağız Biçimi	Çelik					Aluminyum				
	Kalınlık mm	Açı °	Aralık mm	Kök alın Yük. mm	Uygulama	Kalınlık mm	Açı °	Aralık mm	Kök alın yük. mm	Uygulama
	tüm	-	-	-	-	tüm	-	-	-	-
	<4	-	s	-	Tek taraftan	< 5	-	0...5	-	Tek taraftan
	<8	-	s/2	-	Çift taraftan	<12	-	0...5	-	Çift taraftan
	>8	60	0...3	0...4	Çift taraftan	>10	70	0...6	0...3	Çift taraftan
	>10	60	0...4	0...6	Genelde kök paso	>12	70	0...6	0...4	Genelde kök paso
	>12	8	0...3	3	Genelde kök paso	>20	>15	0...3	3	Genelde kök paso
	-	-	-	-	-	>10	>20	-	3	Genelde kök paso

TIG Kaynak Yöntemi İçin Kaynak Dolgu Metali (Tel ve Çubuk Elektrodlar)

TIG kaynak yönteminde gerekli olan kaynak dolgu metali, el ile yapılan kaynakta tel çubuk olarak kaynakçı tarafından otomatik tel besleyici sistemlerde ise tel olarak sistemin tel sürme tertibatı tarafından kaynak bölgesine sokulur. Burada, kaynak metalinin ark tarafından taşınımı söz konusu değildir ve ark asal bir gaz atmosferi altında oluşturulmuştur. Bu bakımdan, özellikle alaşım ve dezoksidasyon elementlerinin büyük çapta yanması diye bir olay söz konusu değildir, kayıplar gözönüne alınamayacak derecede azdır.

TIG Kaynak yönteminde çeşitli metal ve alaşımlar için kullanılan kaynak tellerine ait AWS standardları.

Alaşımın Türü	AWS
Yalın C'lu ve Az Alaşımlı Çelikler	A5.18 - A5.28
Sıcağa Dayanıklı Çelikler	A5.28
Paslanmaz Çelikler	A5.9
Aluminyum & Alaşımları	A5.10
Bakır & Alaşımları	A5.7
Nikel & Alaşımları	A5.14
Titanyum & Alaşımları	A5.16
Magnezyum Alaşımları	A5.19
Zirkonyum & Alaşımları	A5.24
Sert Dolgu Alaşımları	A5.21

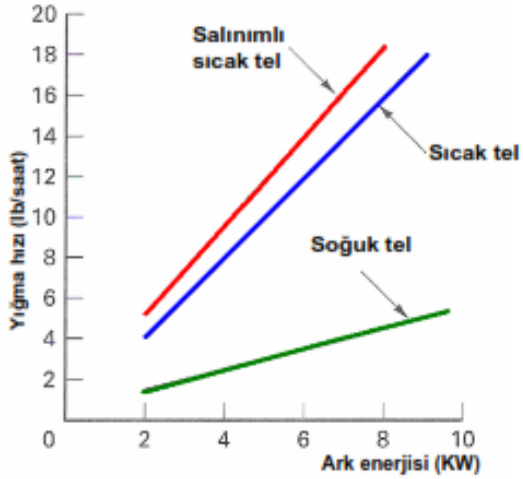
TIG Kaynağının Uygulanması

Elektrodun tutuluşunun önden ve yandan görünüşü

Kaynağın yapılışı sırasında torcun tutuluşu

Değişik TIG Kaynaklarında Kaynak Verimleri

İlave bir direnç devresiyle ısıtılan dolgu teli kullanarak birim zamanda yığılan kaynak metali miktarı arttırılabilir



Şekil 37-13. Soğuk, sıcak ve salınımlı sıcak telli TIG kaynağında metal yığma oranlarının karşılaştırılması

TIG Kaynağının Uygulamasına Örnek

Uzay mekiğinin kaynakla imal edilen dış yakıt tankları. 2219 alüminyum alaşımından oluşturulan bu tankların imalinde hem TIG hem de plazma ark kaynağı kullanılmaktadır.

TIG kaynağının üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a-) Kaynak hızı yüksektir,

b-) Kaynak ısısı bir bölgeye teksif edilebilir,

c-) Isıl distorsiyonlar azdır,

d-) Kaynak dikişleri temizdir.

e-) Kaynaktan sonra dikişin temizlenmesine lüzum yoktur,

f-) Kolay mekanize edilebilir.

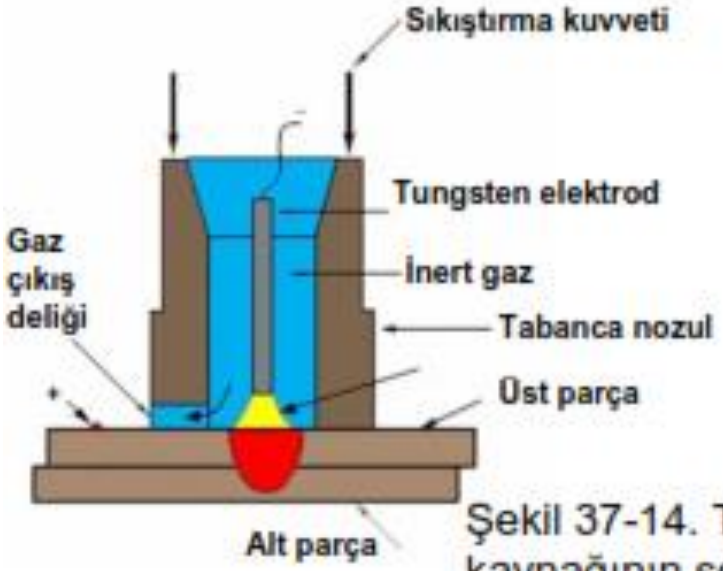
TIG Kaynağının Üstünlükleri ve Eksiklikleri

- Üstünlükleri:
  - Uygun uygulamalar için yüksek kaliteli kaynaklar
  - İlave metal ark'ı oluşturmadığından sıçrama oluşmaz
  - Curuf olmadığından kaynaktan sonra temizleme gerekmez veya çok az gerekir
- Eksiklikleri:
  - Eriyen elektrod kullanan ark kaynaklarına göre genellikle daha yavaş ve daha pahalıdır

TIG Nokta Kaynağı

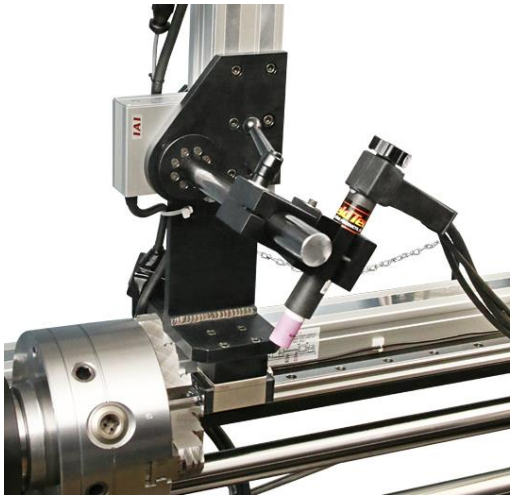
İnce bir sacın kalın bir levhaya birleştirilmesinde, birleşim bölgesine tek taraftan ulaşılması durumunda TIG kaynağının nokta kaynakları oluşturmak için kullanılan şeklidir

- Modifiye bir TIG kaynak torcu kullanılır



Şekil 37-14. TIG nokta kaynağının şematik görünüşü

TIG nokta kaynağının uygulanışı



Yarı Otomatik TIG Kaynağı

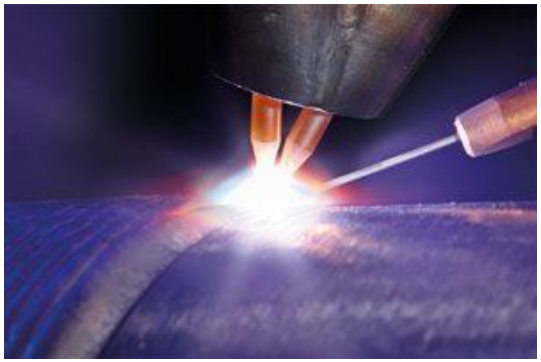
Yarı otomatik TIG kaynak yönteminde, aynen MIG-MAG kaynak yönteminde olduğu gibi, kaynak dolgu metalini kaynak bölgesine ileten ve ek kaynak metali miktarını kontrol altında tutan bir tertibat vardır. Küçük bir elektrik motoru ile tahrik edilen bu tertibat, tel halindeki ek kaynak metalini kangalından sağarak, ayarlanmış bir hız ile eğilip bükülebilir bir kılavuz içinde torçun uç kısmına dıştan takılmış bulunan bir meme ile ark bölgesine gönderir ve tel orada ergiyip esas metal ile de karışarak kaynak metalini oluşturur. Torç üzerine yerleştirilmiş bir düğme veya tetik yardımı ile telin ilerlemesi durdurulup yeniden başlatılabilir.

Sıcak Tel TIG Kaynağı

TIG kaynak yönteminde tel besleme tertibatları; soğuk tel besleme ve sıcak tel besleme olmak üzere iki türdür. Sıcak tel besleme tertibatında, tel kaynak akım üretecinden veya ayrı bir AA üretecinden alınan akım yardımı ile kaynak banyosu içine daldırılmış olan kaynak teli ısıtılır ve bu şekilde yöntemin ergime gücü artırılarak MIG-MAG kaynak yöntemi seviyesine yaklaştırılmış olur. Sıcak tel yöntemi genellikle az alaşımlı çelikler, paslanmaz çelikler, nikel alaşımları ve bakırın mekanize kaynağında önemli bir uygulama alanına sahiptir.

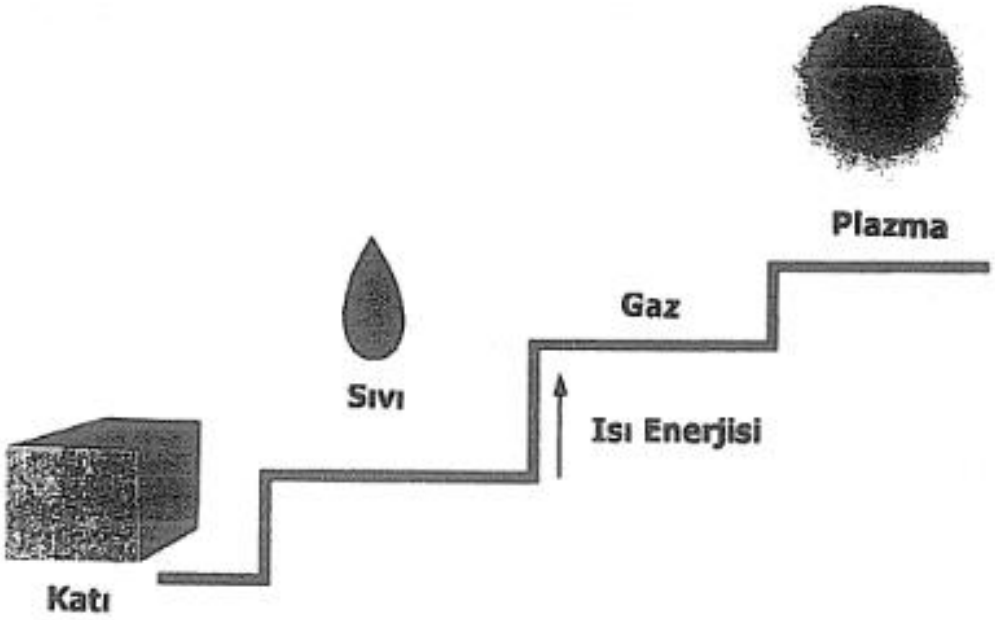
Çok Elektrodlu TIG Kaynağı

Birbirine çok yakın tungsten alaşımlı ergimeyen birden çok elektrodun kullanılması ile kaynak hızının çok artırıldığı bu yöntem, özellikle paslanmaz dikişli boruların ve ince sacların kaynağında kullanılır. Birden fazla elektrodun kullanılması ile yüksek kaynak hızlarında yanma oluğu tehlikesi de ortadan kalkar.



20. yüzyılın başlarında, varlığı görülebilen ancak el ile tutulamayan gaz biçimindeki malzemelere eski Yunanca bir kelime olan plazma adı verilmiştir. Plazma'nın anlamı "var olan" veya "oluşturulan"dır.

Evrende güneş, yıldızlar, kozmik ışınlar, yıldırım ve elektrik boşalmalarında görülen bu durum, özelikleri bakımından maddenin katı, sıvı ve gaz olarak bilinen üç durumunun dışında kaldığından, maddenin sıcaklık ölçeğinde dördüncü durumu olarak tanımlanır.



Plazma- Maddenin dördüncü hali.

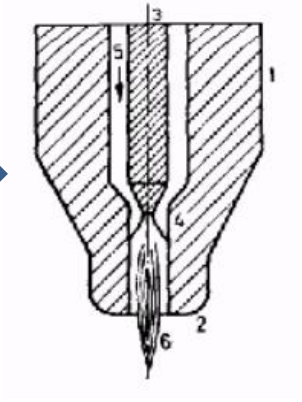
1953'de Dr. Robert Gage, refrakter malzemelerin ark yardımı ile ergitilmesi üzerine yaptığı çalışmalarda normal bir gaz alevi ile uzun bir elektrik arkı arasındaki benzerliğe dikkatleri çekerek, arkın hız ve ısı yoğunluğunun kontrolu üzerine yapılan bu çalışmalarda ilk modern plazma torcunun gelişmesine olanak sağlamıştır.

İlk endüstriyel plazma arkı ile kesme torcu, 1957 yılında Linde tarafından tanıtılmıştır. Aynı yıl, Dr. Robert Gage (Union Carbide), yöntemin patentini almıştır (U.S.Patent No. 2.806.124).

Endüstri, plazma arkı ile kaynak sistemlerine çok çabuk alışmıştır ve sağladığı üstünlüklerden dolayı yoğun bir biçimde kullanmaya başlamıştır.

Bu cihaz prensip olarak, bir TIG torcunu andırmaktaydı; buradaki fark, elektrod torcun memesinden daha geride bulunmakta ve ark, nozuldaki çok küçük çaptaki delikten geçerken büzülmektedir. TIG kaynağı için kullanılan alışılmış düzeneğe arkın başlatılmasını sağlayacak bir pilot ark devresi ile bir plazma gazı donanımı eklenmişti. Bu tür kesme torcu 1970'lere kadar patenti nedeni ile Dr. Gage'in tekelinde kaldı.

Plazma ark kaynağının prensibi.



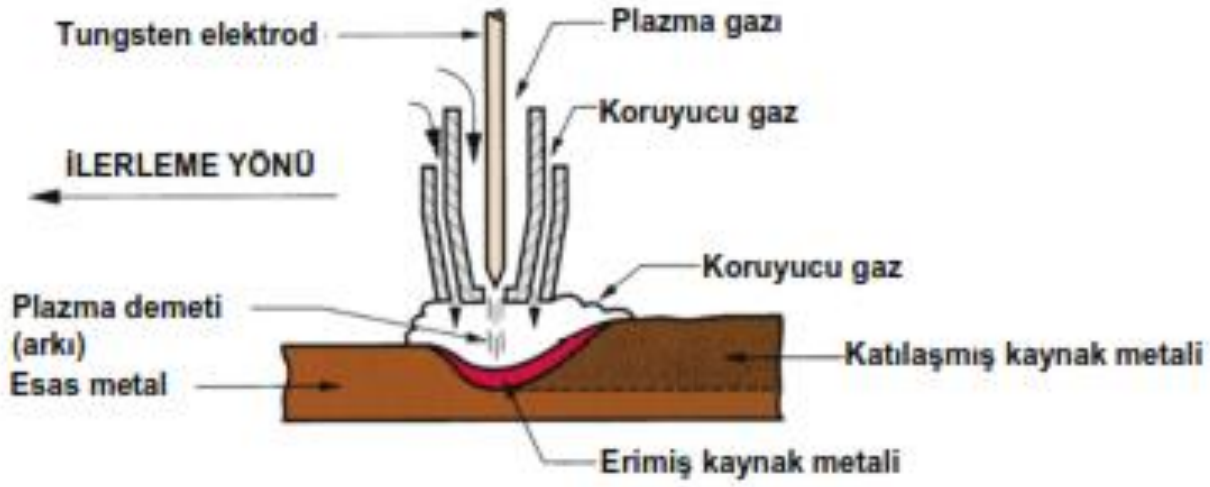
Plazma kavramından; moleküllerin, atomların ve elektronların oluşturduğu kızdırılmış gaz anlaşılır. Bu gazın tamamı, elektriksel olarak nötrdür.

Kaynakta kullanılan plazmada gaz, elektrik arkı yardımı ile ısıtılarak iyonize olmaktadır. Bu tanıma göre, ark kaynağı yöntemlerinde elektrik arkı bir plazma oluşturmaktadır. Kaynak ve ısıl kesme işlemlerinde plazma olarak adlandırılan ark radyal doğrultuda sıkıştırılıp, büzülerek enerji yoğunluğu artırılmış arktır.

Plazma birleştirme kaynağında plazma gazına ilâveten, kaynak banyosunu havanın tesirlerine karşı korumak üzere ikinci bir gaz akımı (argon) kullanılır. Plazma kaynağı cihazlarının büyük çoğunluğunda üçüncü bir gaz akımı, plazma demetini odaklayıcı ve meme dışında daraltıcı olarak kullanılır. Odaklayıcı gaz olarak; argon-helyum, argon-hidrojen veya argon-azot gaz karışımları kullanılmaktadır.

Sınırlanmış bir plazma arkının kaynak bölgesine yönlendirildiği, TIG kaynağının özel bir şekli

- Tungsten elektrod, yüksek hızlı bir inert gaz (Argon) demetinin, yoğun sıcak bir ark demeti oluşturmak üzere ark bölgesine odaklandığı bir nozul içinde kullanılır
- PAK içindeki sıcaklıklar, küçük çaplı ve yüksek enerji yoğunluğuna sahip bir plazma jetinin oluşturduğu sınırlanmış ark sayesinde 28000°C'ye ulaşır

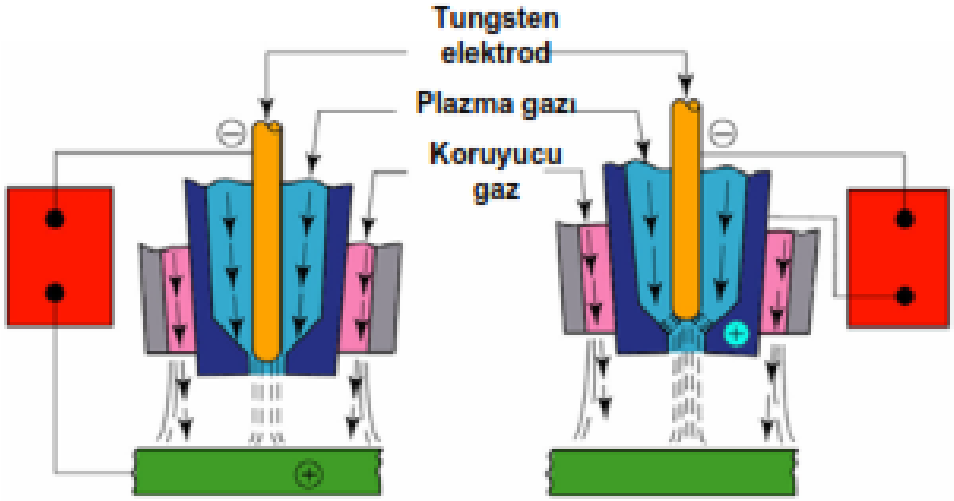


Plazma ark kaynağı

Plazma ark kaynak donanımı

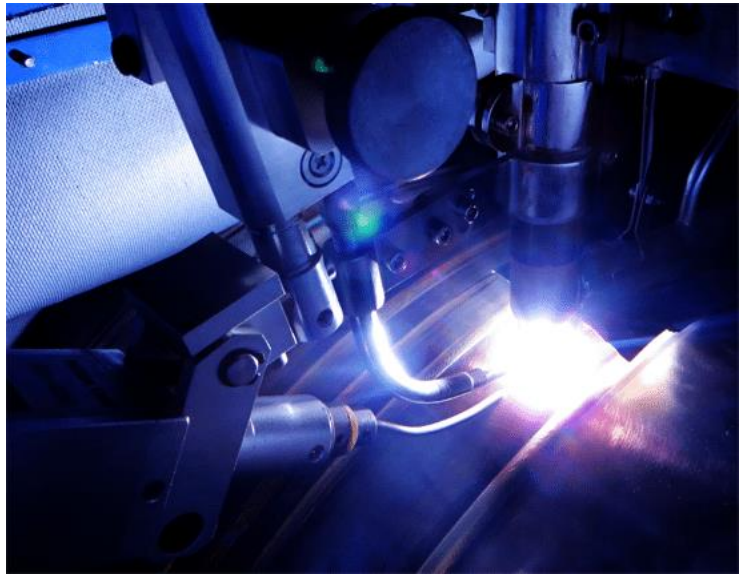
Plazma Ark Kaynak Torçlarının Türleri

Çoğu plazma ark kaynak torcunda, torç içindeki plazma gazını ısıtan ve iyonize eden küçük bir indirekt ark (pilot ark) kullanılır. İyonize olan gaz, esas direkt ark için iyi bir iletken yol oluşturur. Bu tür ark, çok daha kararlıdır



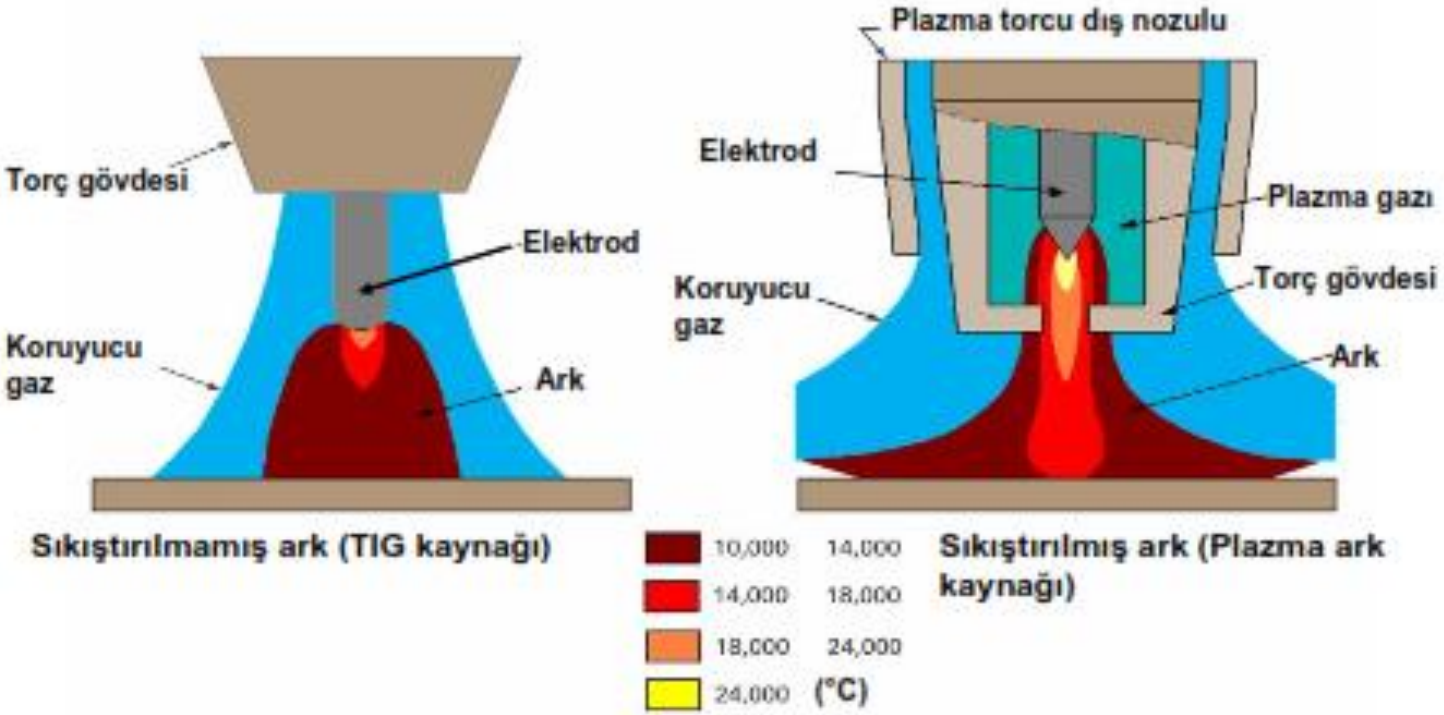
İki plazma ark torç türü. (Solda) direkt ark (Sağda) indirekt ark

Plazma Ark Kaynağının Üstünlükleri ve Eksiklikleri



- Üstünlükleri:
  - İyi ark kararlılığı
  - Ark kaynağına göre daha iyi nüfuziyet kontrolu
  - Yüksek ilerleme (kaynak) hızları
  - Mükemmel dikiş kalitesi
  - Hemen tüm metallerin kaynağında kullanılabilir
- Eksiklikleri:
  - Yüksek ekipman maliyeti
  - Diğer ark kaynak yöntemlerine göre daha büyük torç boyutu – bazı bağlantı konfigürasyonlarına ulaşmayı zorlaştırma eğilimi taşır

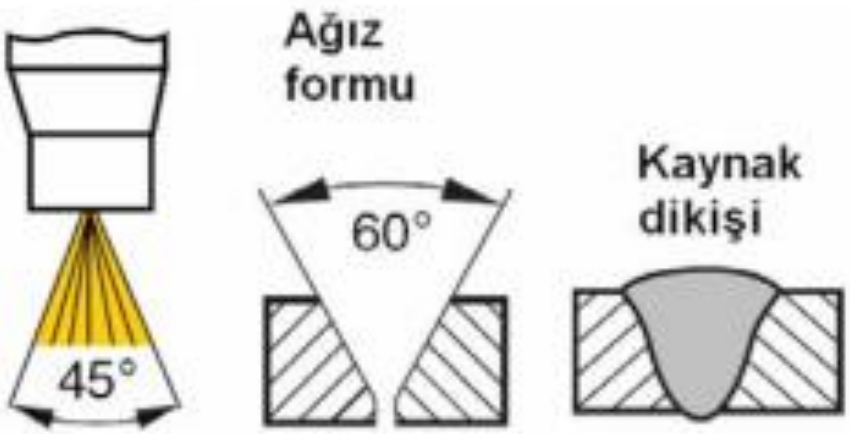
TIG Arkı ile Plazma Arkının Karşılaştırılması



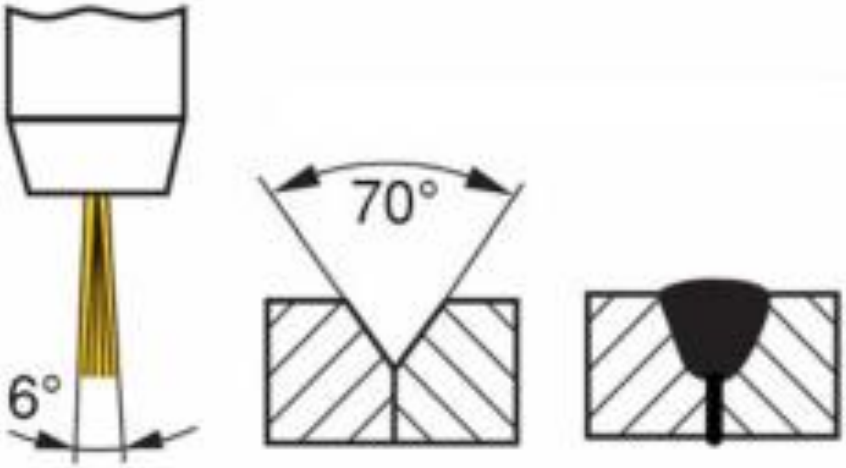
Sıkıştırılmamış TIG kaynak arkı ile sıkıştırılmış plazma arkının karşılaştırılması.

TIG Kaynağı ile Plazma Ark Kaynağının Karşılaştırılması

TIG kaynağı



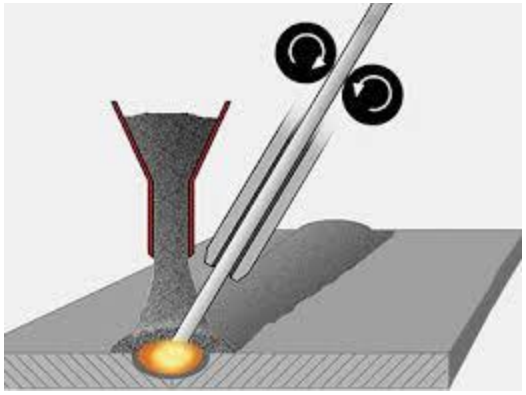
Plazma ark kaynağı

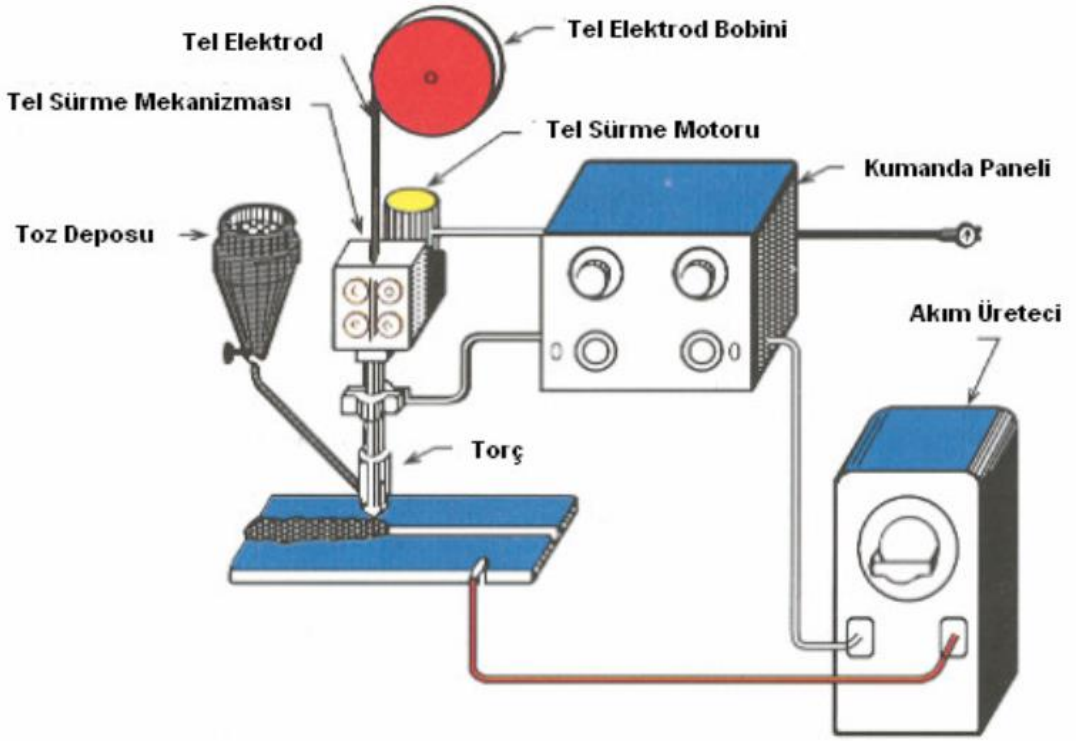


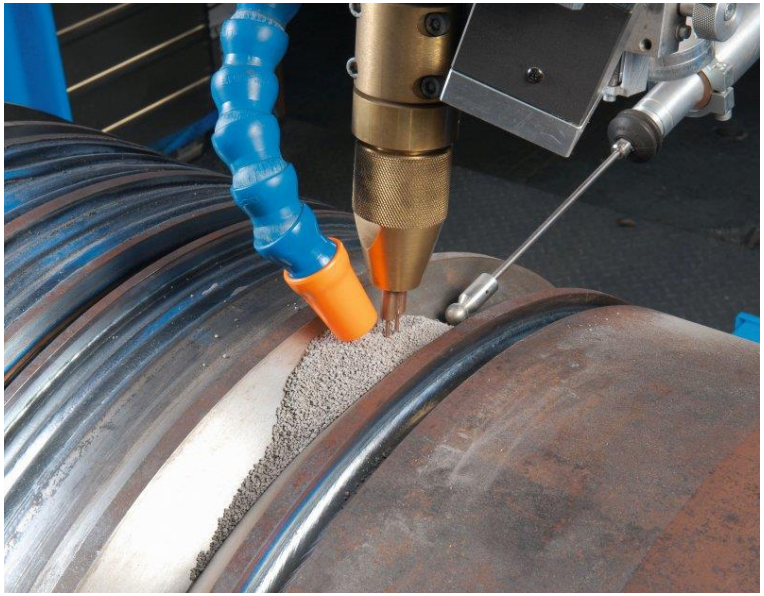
Tozaltı Ark Kaynağı

Arkı koruyan toz halindeki bir dekapan ile sürekli, eriyen çıplak tel elektrod kullanır

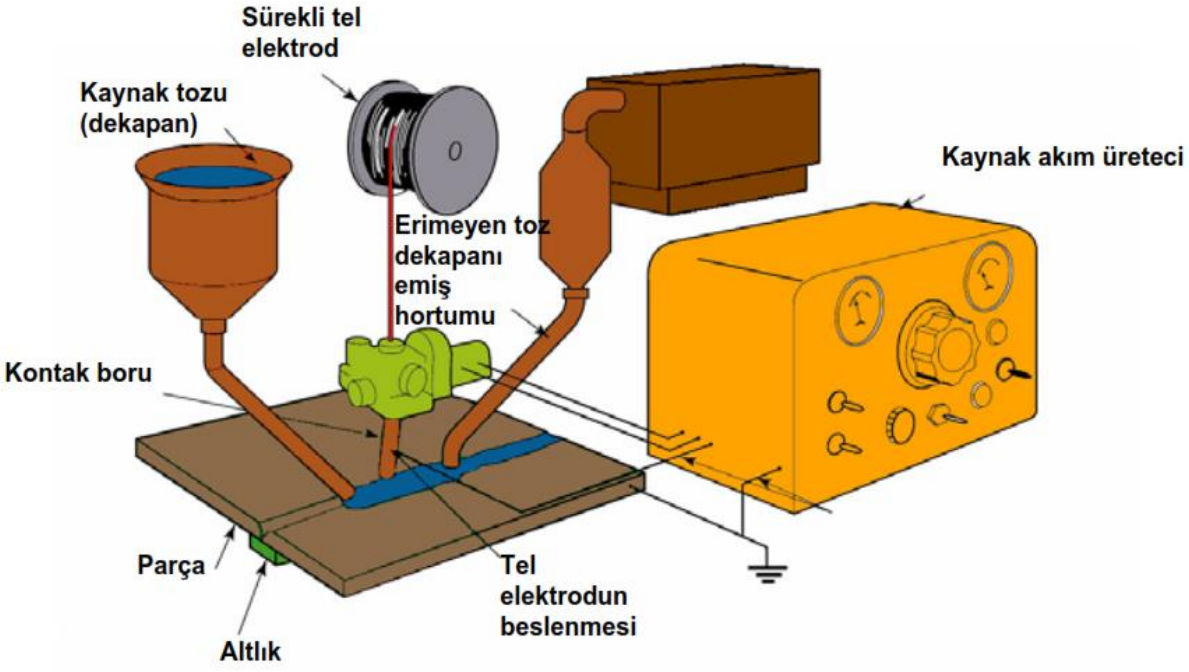
- Tel elektrod, bir makaradan otomatik olarak beslenir
- Bir huniden yerçekimi etkisiyle arkın önüne yavaşça beslenen toz dekapan, sıçramaları, kıvılcımları ve radyasyonu önleyecek şekilde arkı tamamen örter







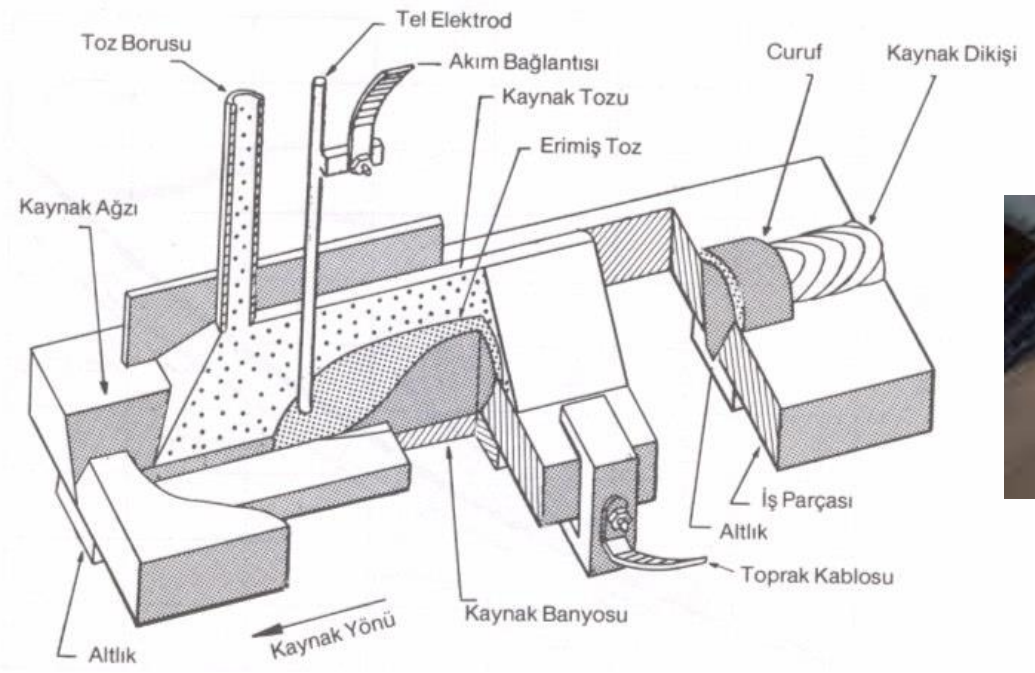
Temel olarak bir elektrik ark kaynağıdır. Kaynak arkı, otomatik olarak kaynak yerine gelen çıplak bir elektrot ile iş parçası arasında meydana gelir. Aynı zamanda, kaynak yerine devamlı olarak bir toz dökülür ve ark bu tozun altında yanar. Bu sebepten bu usul tozaltı ark kaynağı olarak adlandırılmıştır.



Tozaltı ark kaynağının şematik görünümü

Tozaltı kaynağı otomatik bir kaynak usulü olmanın yanında, yüksek güçlüdür. Bir paso ile 85 mm, iki paso ile 180 mm ve çok paso ile 300 mm kalınlığa kadar parçaların kaynağını yapmak mümkün olmaktadır. Kaynak yapılabilecek en ince sac ise, 1,2 mm'dir.

Bir bobinden gelen kaynak teli, bir motorun tahrik ettiği makaralar arasından ve bir memeden gelir. Tel ile iş parçası arasında oluşan ark, ayrı bir kanaldan gelen silikat ve toprak alkali metalleri içeren, tozlar tarafından atmosferin olumsuz etkilerinden korunur. Kaynak teli ve iş parçası arasında oluşan arkın sıcaklığında tel ve esas metalin bir kısmı ergiterek istenilen birleşmeyi sağlar. Arkın sıcaklığında bir miktar toz da ergiyerek cüruf haline geçerek kaynak banyosunu ve dikişi örter ve bu cüruf çok sıcak olan kaynak dikişini ve banyoyu atmosferin olumsuz etkilerinden koruduğu gibi, içerdiği deoksidasyon ve alaşım elementleri sayesinde kaynak banyosunun deoksidasyonunu ve alaşımlanmasında sağlar.



2.- Tozaltı kaynağının karakteristikleri ve el ile yapılan ark kaynağıyla mukayesesi

***a-)* Kaynak hızı ve kaynak gücü:** Tozaltı kaynağında 200 ilâ 5000 amper akım şiddeti ve 6 ilâ 300 m/saat kaynak hızları kullanılır. Bu değerler el ile yapılan ark kaynağına göre çok yüksektir.

b-) Kaynak teli sarfiyatı: Tozaltı kaynağında eriyen metalin 2/3'ünü esas metal ve 1/3'ünü ilâve metal oluşturur. Bu sebepten ilâve metal sarfiyatı oldukça azdır. El ile yapılan ark kaynağında, kaynak teli (ilâve metal) kaybı daha çoktur.

c-) Nüfuziyet: Kaynak ağzı açılmadan, iki paso ile, 18 mm ve ağız açarak iki paso ile 140 mm kalınlıktaki parçalar kaynak yapılabilir.

d-) Sürekli kaynak yapabilme imkanı: Tozaltı kaynağında kaynak kafası (toz hunisi, tel ilerletme mekanizması, ayar ve kumanda tertibatı) hızı ayarlanabilen ve sabit tutulabilen bir arabaya monte edildiğinden, devamlı kaynak yapma imkanı vardır. Kalifiye kaynakçı kullanma zorunluluğu ortadan kalkmaktadır. El kaynağında ise, kalifiye elemana ihtiyaç vardır.

e-) Yüksek kaliteli kaynak dikişinin sağlanması: Kaynak yerinin iyi bir şekilde cürufla örtülmesi, yavaş soğumayı temin eder. Bu ise kaynak hatalarının meydana gelme imkânını azaltır.

f-) Elektrik enerjisi sarfiyatının minimum olması: Kaynak yerinin toz tarafından gayet iyi bir şekilde örtülmesi sebebiyle, elektrik enerjisi kaybı çok azdır. El ile yapılan ark kaynağında ise, çevreye ısı ve ışık enerjisi olarak elektrik enerjisi kaybı yüksektir.

g-) Özel koruyucu emniyet tedbirlerine ihtiyaç olmaması: Tozun kaynak yerini gayet iyi şekilde koruması sebebiyle; ultraviyole ışınlar, gaz ve tozdan korunmak için özel tedbirlere ihtiyaç yoktur. El ile yapılan kaynakta kaynakçının göz ve cildini korumak için maske ve özel elbise kullanması lazımdır.

Tozaltı Kaynağında **Kullanılan** Kaynak Telleri

Yüksek kaliteli çelik teller kullanılır. Bu teller genellikle elektrik ark ocaklarında üretilir. Kaynak yerinin emniyeti bakımından, manganez miktarları yüksektir. Çaplan 1,2 ile 12 mm arasında değişir. Tozaltı kaynak tellerinin üzerleri tamamen düz ve pürüzsüz, yağ, pas ve pislikten annmış olmalıdır. Tellerin paslanmasını önlemek için kaynak telleri bakır ile kaplanır.

Tozaltı ark kaynağında kullanılan teller, içlerindeki manganez miktarlarına göre sınıflandırılır. Amerikan standardında (AWS A5-17, ASTM A 558-65T) manganez miktanna göre; düşük, orta ve yüksek manganezli teller olarak sınıflandırılmaktadır. Bunlardaki manganez oranlan aşağıdaki değerlerdedir :

Düşük manganezli.....%0,30 - 0,60 Mn
Orta manganezli.....%0,90- 1,25Mn
Yüksek manganezli.....%1,75 - 2,25 Mn

Tozaltı kaynak tellerinde fosfor ve kükürt oranlannın herbirinin %0,03 ün altında olması gerekir.

Kullanılacak kaynak telinin seçiminde, kaynak tozunun da gözönüne alınması gereklidir. Bu nedenle kaynak metalinin bileşiminin tesbitinde, hem telin bileşimi hem de tozun bileşimi gözönüne alınarak aşağıdaki seçimler yapılabilir:

a) Alaşımlı bir tel kullanmak,
b) Alaşımsız bir tel ile alaşımlı bir kaynak tozu kombinezonunu seçmek,
c) Alaşım elemanı içeren bir örtü ve alaşımsız bir telden oluşan kompoze elektrodlar kullanmak.

Tozaltı Kaynağında Kullanılan Kaynak Tozlan

Tozaltı kaynağındaki kaynak tozlan, el ile yapılan ark kaynağındaki elektrod örtüsünün görevini yerine getirir. Bu görev fiziksel olarak:

a) Kaynak banyosunu havanın zararlı etkisinden koruma,
b) Dikişe uygun bir form verme,
c) Dikişin yavaş soğumasının sağlanması, olarak sıralanabilir. Kaynak tozu metalurjik olarak da, kaynak banyosuna kattığı elemanlarla yanma kaybını ortadan kaldınr ve dengeler.

4.1.- Kaynak tozundan istenen hususlar

İyi bir kaynak tozunun aşağıdaki hususları gerçekleştirmesi gerekir:

a-) Kararlı bir ark sağlanmalıdır. Bilhassa alternatif akım ile kaynakta, akım yön değiştirirken arkın sönmesini önlemelidir.

b-) istenen kimyasal bileşim ve mekanik özelliklere sahip bir kaynak dikişi vermelidir.

c-) Uygun ve temiz bir iç yapı sağlamalıdır.

d-) Kaynak dikişinde, herhangi bir gözenek ve çatlak teşekkülüne sebep olmamalıdır.

e-) Kök pasolarının ve dar aralıkların kaynağında, cürufu kolayca kalkabilmelidir.

f-) Gözenek teşekkülüne sebep olacak organik maddeler ihtiva etmemelidir.

g-) Az nem çekmelidir.

Tozaltı kaynağında kullanılan tozlar, çeşitli yönlerden sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırma aşağıdaki biçimde yapılabilir:

A-) Kaynağın amacına göre

a-) Hızlı kaynak tozları

b-) Derin nüfuziyet kaynak tozları

c-) İnce sac kaynağı tozları

d-) Aralık doldurma kabiliyetine sahip kaynak tozları

B-) İmâl şekline göre

a-) Erimiş kaynak tozları

b-) Sinterlenmiş kaynak tozlan

c-) Aglomere kaynak tozları

C-) Kimyasal karakterine göre

a-) Asit karakterli tozlar

b-) Bazik karakterli tozlar

c-) Nötr karakterli tozlar

D-) Manganez miktarına göre

a-) Yüksek manganezli Tozlar

b-) Orta manganezli tozlar

c-) Manganezsiz tozlar

Kaynak Dikişinin Formu

Kaynak dikişinde, dikiş formu denince dikişin yüksekliği, derinliği ve genişliği anlaşılır. Dikiş formu, iç ve dış dikiş formu olarak ikiye ayrılır

İç ve dış dikiş formu (şematik)

Her dikiş formu; giriş derinliği, ergime genişliği ve dikiş yüksekliği ile nitelendirilir. Giriş derinliği (t), ergime genişliği (b) ve dikiş yüksekliği (h) ile gösterilirse; iç dikiş formu (b/t) ve dış dikiş formu (b/h) ifadeleriyle belirtilir (Şekil.24). (b/t) ve (b/h) oranlan aşağıdaki değerlerde olabilir.

İç dikiş formu	: 0,5 - 10
Dış dikiş formu	: 1,8

Tozaltı Kaynağında Kaynak Ağızlarının Hazırlanması ve Birleştirme Şekilleri

Yüksek ergime gücü olan bir kaynak türü olması nedeniyle, tozaltı kaynağında kaynak ağızlarının hazırlanması büyük önem taşır. Kaynak ağızlanmn hazırlanmasında aşağıdaki faktörler gözönüne alınır :

a) Esas metalin cinsi ve ergime şekli
b) Parçanın kalınlığı
c) Kaynak pozisyonu
d) Tek ya da çift taraflı kaynak yapılabilme olanağı
e) Paso sayısı
f) Kaynak makinasının gücü ve otomasyonu.

Yukanda sayılan faktörler gözönüne alınarak iki temel ağız hazırlama yöntemi uygulanır :

A. Yardımcı araçlarla ağız hazırlama

Bütün kaynak kesitinin ergimesini sağlamak üzere altlık adı verilen yardımcı aparatlar kullanılır. Yardımcı araç olarak bakır ya da sac şerit altlık, toz altlık kullanılabilir.

B. Yardımcı araç kullanmadan hazırlama

Genel olarak 16 mm den kalın saclar, iki tarafından kaynak yapılır. Bu takdirde de kaynak ağızlan yardımcı araca gerek kalmadan hazırlanır. Sac kalınlığına da bağlı olarak, pratikte aşağıdaki ağız tipleri kullanılır:

a) I- (küt) alın dikişi
b) Y- alın dikişi
c) Simetrik ve simetrik olmayan çift Y- alın dikişi

Uygulamada Kullanılan Diğer Tozaltı Kaynak Yöntemleri

Büyük kullanma olanakları nedeniyle, tozaltı kaynağının kullanma yerlerine göre çeşitli özel tipleri geliştirilmişin Bu özel uygulamalar aşağıda gösterilmiştir.

A. Tandem tozaltı kaynak yöntemi

Birbirini izleyen ve aynı yörüngede hareket eden iki elektrod ile yapılan bir tozaltı kaynak yöntemidir (Şekil.26). Bu sistem aşağıdaki avantajları sağlamaktadır:

a) Kaynak hızı yükselir.
b) Gözenek teşekkülü büyük ölçüde önlenir.
c) Dikişlerin çatlamaya karşı emniyeti artar.
d) Dikişlerin kalitesi yüksektir.

B. Paralel tozaltı kaynak yöntemi

tki elektrodun yan yana hareket etmesiyle, yapılan kaynak yöntemidir (Şekil.27). Bu yöntemin sağladığı yararlar şöyledir:

a) Giriş kontrol edilir.
b) Kaynak banyosunun parçayı delme tehlikesi azalmaktadır.
c) Aralık doldurma yeteneği artmıştır.
d) Dikiş formunu değiştirme olasılığı vardır.

C. Seri tozaltı kaynak yöntemi

Şekil.28 de şematik olarak verilen bu yöntemde, giriş ve esas metal ile kaynak telinin karışım oranlarının kontrolü mümkün olmaktadır. Böylece girişi az doldurma kaynaklarının yapılması mümkün olmaktadır. Bu yöntemde kaynak arkı, birbirine seri olarak bağlanmış iki elektrod arasında meydana gelir. Bu ark sayesinde parçalar ergir. Seri tozaltı kaynak, aşağıdaki yararlan sağlar:

a) Ergime gücü fazladır.
b) Toz tüketimi azdır.
c) Giriş az olduğundan, ince sacların ve kaplı sacların kaynağı için uygundur.

D. Korniş yöntemi tozaltı kaynağı

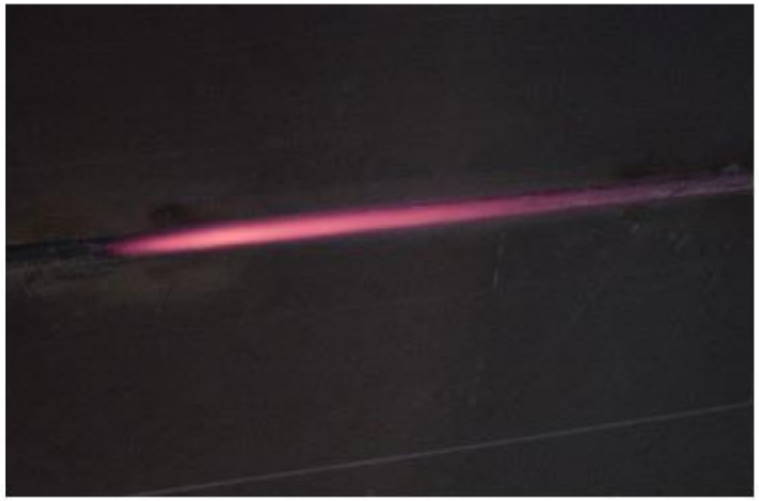
Dik konumda alın alına getirilmiş sacların, aynı anda iki taraftan kaynağının mümkün olduğu kaynak yöntemidir (Şekil.29). Böylece hızlı ve dengeli kaynak yapma olanağı doğmaktadır.

E. Bant elektrodla tozaltı kaynağı

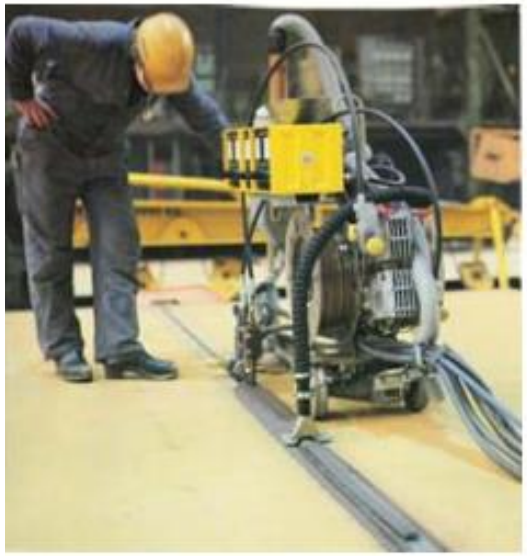
Tel elektrod yerine, bant şeklindeki elektrodun kullanıldığı bir tozaltı kaynak yöntemidir. Böylece şu avantajlar elde edilmektedir : a) Ergime gücü yüksektir, b) Giriş azdır, c) Dikişte gözenek azdır, d) Yüksek bir ekonomi sağlanır.

Tozaltı Ark Kaynağının Uygulamaları

- Yapısal çelik profillerin imalatı (Örn. I-profiller)
- Büyük çaplı boruların, depolama tanklarının ve basınçlı kapların dikişleri
- Ağır makine imalatı için kaynaklı parçalar
- Çoğu çelikler (Yüksek C-çelikleri hariç)
- Demirdışı metallere uygun değildir



Tozaltı Ark Kaynağının Uygulama Örnekleri



Kalın levhaların yatay pozisyonda küt alın kaynağı

Köşe kaynağı

Fikstür yardımıyla büyük çaplı boru kaynağı

Band elektrodla tozaltı ark kaplama

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
- TMMOB Mak. Müh. Odası, Makine Mühendisliği El Kitabı, Üretim ve Tasarım Cilt-2.