

TOZ ALTI KAYNAK YÖNTEMİ

1. TARİHÇESİ

Toz altı kaynak yöntemi ilk defa 1933 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde uygulanmaya başlamıştır. Yöntem daha sonraları 1937 yılında Avrupa'da kullanılmaya başlamış ve bugünkü şeklini ise 1946 yılında Rusya'da almıştır.

Yöntemin Türkiye'ye girişi 1960'lı yıllara rastlar. Bugün ülkemizde kaynaklı imalat yapan büyük kuruluşların tümünde toz altı kaynağı yapılmaktadır.

1.1. Yöntemin Genel Özellikleri

Toz altı kaynak yönteminde kaynak parametreleri (kaynak akımı, ark voltajı, tel ilerleme hızı, kaynak hızı) iyi seçildiği takdirde hatasız ve çok güzel görünümlü dikişler elde edilir. Normal örtülü elektrotla yapılan kaynağa göre bu yöntemde kullanılan aynı çaplı elektrot daha yüksek kaynak akımı ile yüklendiğinden, daha büyük kaynak banyosu ve daha derin nüfuziyet elde edilir. Yöntem, yan otomatik ve tam otomatik kaynak uygulamalarına da müsait olduğu için, modern kaynak uygulaması olarak sanayileşmiş ülkelerde yaygın kullanım sahası bulmuştur.

Netice olarak toz altı kaynak yöntemi için özetle şöyle diyebiliriz:

- Sürekli kaynakta sürat
- Malzeme ve işçilikten ekonomi
- Güvenilir ve güzel görünümlü kaynak dikişi, elde edilen bir kaynak yöntemidir.

1.2. Yöntemin Prensipleri ve Kaynak Donanımı

Toz altı kaynak yönetiminde de ark, otomatik olarak kaynak yerine sürülen çıplak elektrot ile iş parçası arasında meydana gelir ve ayrı bir kanaldan kaynak yerine dökülen toz yığını altında işlevine devam eder. Kaynak arkının toz yığını altında teşekkül etmesinden dolayı bu yönetime TOZALTI KAYNAK YÖNTEMİ denmiştir.

Kaynak donanımının prensip şeması aşağıda görüldüğü gibidir.

Şekil 1. – Toz altı kaynak yönteminin prensip şeması.

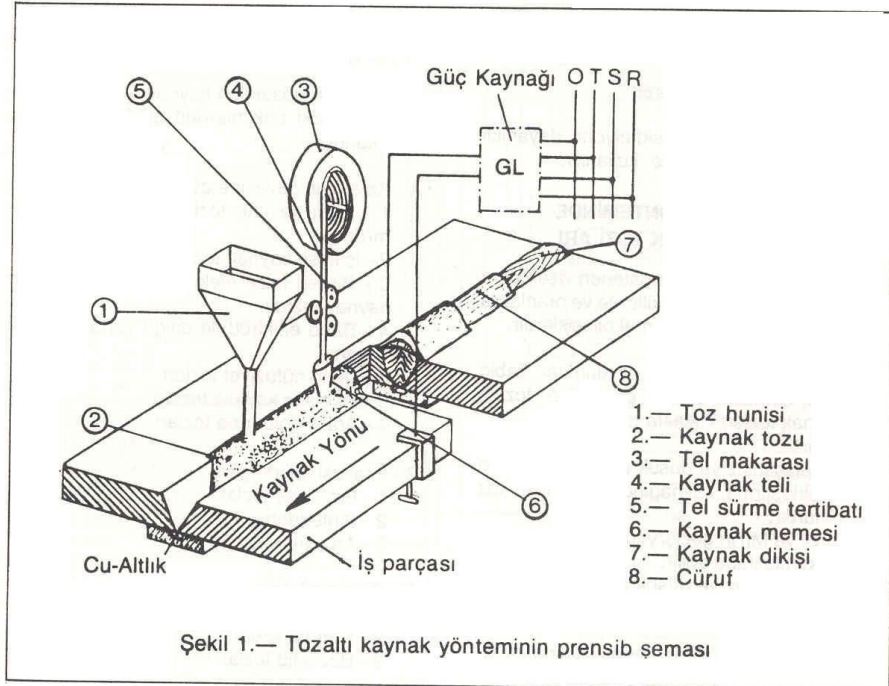
Kaynak donanımı şu ünitelerden meydana gelmiştir.

- Sabit gerilim tipi (c.p) kaynak makinesi
- Tel sürme motoru

- Kaynak tozu deposu
- Bakır çene
- Çıplak elektrot kangalı
- Tel sürme motoru, elektrot kangalı ve toz deposunu üzerinde taşıyan araba.

1.3.Avantajları

- Yüksek kaynak hızı, kaynak parametreleri uygun seçildiğinde hatasız ve güzel görünümlü kaynak dikişleri elde edilir.
- Kaynak arkı, kaynak tozu tarafından örtüldüğünden ark ışınlarından korunmak için maske kullanmaya gerek yoktur.



- Kaynak esnasında zararlı metal tozlan ve duman çıkarmaz.
- Sıçrama kaybı yoktur.
- Koçan atmadan ileri gelen kaynak malzemesi zayıfatı yoktur.
- Derine işleme kabiliyeti iyi olduğu için daha dar ve daha derin kaynak ağızlarında kaynak yapılabilir. Bu özelliği, daha az işçilik ve daha az kaynak malzemesi kullanımı demektir.
- Gerekli toz tutma önlemleri alındığında tek taraflı kaynakta kaynak ağızı açmadan 16 mm kalınlığa kadar, iki taraflı kaynakta ise 30 mm. kalınlığa kadar kaynak yapabilme imkanı sağlar.
- Kaynak tozu, kaynak dikişinin özelliklerini etkileyecek şekilde alaşımlandırılabilir. Böylece ucuz ve alaşımsız bir elektrotla alaşımlı bir toz kullanarak istenen özellikte daha ekonomik kaynak dikişleri elde edilebilir.

—Yarı otomatik, tam otomatik uygulamalara uygun olduğu gibi istenirse elle uygulama imkanı da vardır.

— Küçük bir değişiklikle «GAZALTI KAYNAĞI»na dönüştürülebilir.

1.4. Uygulama Alanları

Toz altı kaynak yöntemi birleştirme kaynaklarında olduğu kadar dolgu ve kaplama kaynak işlemlerinde de başarıyla kullanılan bir yöntemdir. Birleştirme yöntemi olarak kullanıldığı alanlar:

—Basınçlı kap, kazan ve tank imalatında

—LPG tüpleri imalatında

—Spiral kaynaklı boru imalatında

—Çelik konstrüksiyon imalatında

—Profil (I, H, T) yapımında

—Otomotiv ve lokomotif sanayiinde

—Gemi inşa sanayiinde

Dolgu işlemlerine örnek olarak:

— Aşınan mil ve makine parçalarının dolgusunda

— Darbe ve aşınmaya dayanıklı sert dolgu işlemlerinde

Kaplama yöntemi olarak:

— Korozyona ve oksidasyona dayanıklı kaplama işlemlerinde kullanılır.

2. TOZALTI KAYNAK YÖNTEMİNDE KULLANILAN KAYNAK TOZLARI

Tozaltı kaynak tozları istenen özelliklere bağlı olarak çeşitli şekillerde ve oranlarda karıştırılmış taneli mineral bileşiklerdir.

DİN 32 522'ye göre açıklaması Tablo Vde şematik olarak gösterilen tozaltı kaynak tozları 7 klâsta toplanmıştır.

Bu klâslar:

Klâs 1 : Alaşım-sız ve düşük alaşım-lı çeliklerin birleştirme kaynağında kullanılan toz fardır. Si ve Mn'in geçiş/yanma davranışı rakamla ifade edilir.

Klâs 2 : Alaşım-sız ve düşük alaşım-lı çeliklerin birleştirme kaynağında kullanılan tozlardır. Si ve Mn'in geçiş/yanma davranışı rakamla ifade edilirken Mo ve diğer elemanların Geçiş/yanma davranışı sadece sembolleriyle verilir.

Klâs 3 : Sert dolgu tozu olup Si ve Mn.ın Geçiş/yanma davranışı rakamla ifade edilirken C, Cr, Mo gibi elemanlar sadece sembolleriyle verilir.

Klâs 4 : %5'in üzerinde Cr içeren yüksek sıcaklığa dayanıklı çeliklerin birleştirme kaynağına, alaşım-sız ve düşük alaşım-lı çeliklerin uygun ilave metalle dolgu kaynağında kullanılan tozlardır. Geçiş/yanma davranışı Si, Mn, Cr sırasıyla rakamla ifade edilir.

Klâs 5 : Paslanmaz ve ısıya dayanıklı Cr'lu ve Cr-Ni'li çeliklerin birleştirme ve dolgu kaynağında kullanılan tozlar olup geçiş/yanma davranışı Si, Mn, Cr, Nb, C sırasıyla rakamla ifade edilir.

Klâs 6 : Paslanmaz ve ısıya dayanıklı Cr'lu ve Cr-Ni'li çeliklerin birleştirme ve d'löu kaynağı için Cr içermeyen tozlar olup geçiş/yanma davranışı Si, Mn, Cr, Nb, C sırasıyla rakamla ifade edilir.

Klâs 7 : Nikel ve nikel esaslı alaşımların birleştirme ve dolgu kaynağında kullanılan tozlar olup geçiş/yanma davranışı Sİ, Mn, Cr, Nb, sırasıyla rakamla ifade edilir.

TABLO 1'de gösterilen kaynak tozlarını (flux~ lar) aşağıdaki bakımlardan sınıflara ayırmak mümkündür.

A - Kaynağın gayesine göre

- 1- Hızlı kaynak tozları (kaynak hızı 1,5 m/dak)
- 2- İç köşe kaynak tozları
- 3- Birden fazla elektrot ile çalışmak için kaynak tozları
- 4- Band elektrot ile dolgu yapan kaynak tozları
- 5- Derin nüfuziyet tozları
- 6- İnce saç kaynak tozları
- 7- Aralık doldurma tozları

B - İmal usullerine göre

- 1- Ergitilmiş tozlar
- 2- Sinterlenmiş tozlar
- 3- Aglomere tozlar

C - Kimyasal yapılarına göre

- 1- Asit tip tozlar
- 2- Nötr tip tozlar
- 3- Bazik tip tozlar

D - Mineral yapılarına göre

- 1- Mangan silikat esaslı tozlar
- 2- Kalsiyum silikat esaslı tozlar
- 3- Alumina esaslı tozlar
- 4- Alumina-Bazik esaslı tozlar
- 5- CaO esaslı tozlar

Bilindiği gibi toz altı kaynak yönteminde kullanılan kaynak tozları, örtülü elektrodda örtünün gördüğü vazifeleri görmektedir.

Bu vazifeleri hatırlatmak gerekirse:

A - Fiziksel vazifeleri

—Kaynak esasında arkı kapatır.

—Eriyik haldeki dikişi, havanın kötü etkilerine karşı korur.

—Dikişe uygun bir form verir.

— Kaynak banyosunun yavaş soğumasını sağlayarak, zararlı gazların kaynak banyosunu terk etmesi için zaman kazandırır ve soğuk-sıcak çatlamları önler.

B - Metalurjik vazifeleri

—Kaynak banyosuna ilave ettiği yardımcı katkı elemanlarıyla yanma kayıplarını önler veya dengeler.

TABLO 1. Kaynak tozlarının DIN 32522'ye göre gösterilişi.

Üretim Şekli		Kaynak Tozu DIN 32522 F MS. 1 6 5 AC 8 S K 1-12		Tozun Tane Büyüklüğü	
Ergimiş Tozlar : F				Tane büyüklüğü	mm. karşılığı
Aglomere Tozlar : B				D-8	0,1-0,5
Karışık Tozlar : M				1-12	0,1-1,25
				2-16	0,2-1,60
				3-25	0,3-2,50
Kimyasal Bileşenleri				Diğer Özellikleri	
Manganez Silikat : MS				S: Hızlı kaynak tozları (kaynak hızı 1,5 m/dak)	
Kalsiyum - Silikat : CS				K: İc köşe kaynak tozları	
Alumina - Rutil : AR				M: Birden fazla elektrod ile kaynak tozları	
Alumina - Bazik : AB				B: Band elektrod ile dolgu yapan kaynak tozları	
Florür - Bazik : FB				100 gr. kaynak metalindeki hidrojen miktarı:	
				HP 5: 5 cm ³	
				HP 7: 7 cm ³	
				HP10: 10 cm ³	
				HP15: 15 cm ³	
Klâs Grupları				Akım Şiddeti	
Si, Mn				Bu sayı 100 ile çarpılarak çalışma akımı bulunur. (Örnekte: 8 x 100 = 800 Amper)	
Si, Mn ve sembolleriyle diğer elemanlar				Kullanma Şekli	
Si, Mn ve sembolleriyle diğer elemanlar				D.C.: Doğru akımda kullanılır.	
Si, Mn, Cr				A.C.: Hem doğru akımda hem de alternatif akımda kullanılır.	
Si, Mn, Cr, Nb, C					
Si, Mn, Cr, Nb, C					
Si, Mn, Cr, Nb					
elemanlarının sırası ile % ağırlık olarak geçiş/yanma miktarını belirtir					
Metalurjik Davranışı					
Yanma	0,7'den fazla	1			
	0,5-0,7	2			
	0,3-0,5	3			
	0,1-0,3	4			
Nötr	0,0-0,1	5			
Geçiş	0,1-0,3	6			
	0,3-0,5	7			
	0,5-0,7	8			
	0,7'den fazla	9			
Rakamlar Si,Mn,Cr,Nb,C sırasıyla geçiş/nötr/yanma davranışını ifade etmektedir					
				Not: Tekrar kurutma şartları:	
				Ergimiş tozlar 250°C'de 2 saat süreyle	
				Aglomere tozlar 350°C'de 3 saat süreyle	

C - Elektriksel vazifeleri

—A.C.Ia çalışmada akımın sıfır noktalarından geçişte arkın devamlılığını sağlar.

—Kararlı arka çalışmayı mümkün kılar.

TABLO1 'in tetkikinden anlaşılacağı gibi tozlar, muhtelif tane büyüklüğünde olabiliyor. Tozları, iri ve ince taneli tozlar diye iki guruba ayırmak gerekirse:

İri taneli tozlar paslı malzemelerde ve düşük akım şiddetlerinde tercih edilmelidir.

İnce taneli tozları ise, yüksek akım şiddetlerinde, LPG tüplerinin imalinde ve küçük çaplı millerin sert dolgu işlemlerinde tercih edilmelidir.

TOZALTI KAYNAK YÖNTEMİ

Geçen Sayıdan Devam ve son

Hatırlanacağı gibi geçen sayımızda Tozaltı Kaynak Yönteminin tarihçesi, prensibi, özellikleri ve avantajları üzerinde durmuş, yöntemde kullanılan tozları (Flux'ları) tanıtmaya çalışmıştık.

Bu sayımızda konumuza kaldığımız yerden devam edeceğiz.

3. Toz altı Kaynak elektrotları

Toz altı kaynak yönteminde kullanılan çıplak elektrotlar, kaynak teli diye adlandırılır.

Toz altı kaynak telleri, elektrik ark ocaklarında üretilen, kimyasal yapısı ile kaynak yerinin metalurjik güvenliği bakımından yüksek mangan (Mn) içeren özel çeliklerden imal edilirler.

Çeşitli amaçlar için genellikle dairesel kesitli olarak 1,2 - 1,4 - 1,6 - 2,0 - 2,4 -3,2 -4,0 - 5,0 ve 6,0 mm 0 çaplarında imal edilirler.

Kaplama kaynakları için lama şeklinde (dikdörtgen kesitli) imal edildiği de olur.

Dairesel kesitli olanlar bakırla kaplanmış olarak kangal halinde piyasaya verilir. Çıplak telin bakırla kaplanmasının üç nedeni vardır.

Borular : a- Soğuk çekme esnasında passız ve temiz hale gelen teli, kullanım anına kadar oluşacak pastan korumak

b- Bakırın iyi bir elektrik ileticisi olmasından dolayı, telin kontakt elemanlarına temasında iyi iletkenlik sağlayarak, temas yüzeylerinin ısınmasını ve enerji ziyanını önlemek.

c- Bakırın yumuşak olmasından dolayı, kaynak esnasında devamlı ilerleyen tel, kontakt elemanlarının temas yüzeylerinde aşınmaya sebebiyet vermez.

Yüksek Mn'lı olarak imal edildiğini ifade ettiğimiz kaynak tellerinde Fosfor (P) ve Kükürt (S) miktarlarının her birinin % 0.03 ten fazla olmaması gerekir. Birleşimde bulunan diğer elemanların % sınırları ve kaynak dikişindeki etkileri Tablo 2'de verilmektedir.

Toz altı kaynağında kullanılan teller (çıplak elektrotlar) bilhassa bileşimlerindeki Manganez (Mn) miktarlarına göre sınıflandırılır.

TABLO: 2- Tozaltı kaynağında kullanılan kaynak tellerinde bulunan elemanların % sınırları ve etkileri.

Alaşım elemanı	% Sınırları	Etkisi
Karbon (C)	0.05 - 0.25	- Sertliği artırır, çekme dayanımını yükseltir.
Silisyum (Si)	0.05 - 0.45	- Desokside eder - İşlenebilme kabiliyetini yükseltir. - Kaynak kabiliyetini artırır.
Manganez (Mn)	0.5 - 3.0	- Sertliği kısmen yükseltir - Çekme ve çentik-darbe dayanımını yükseltir. - Uzamayı artırır.
Molibden (Mo)	0.5 - 1.0	- Isıya dayanımı artırır.
Krom (Cr)	1.0 - 2.9	- Sertliği yükseltir - Isıya dayanımı artırır.
Nikel (Ni)	1.0 - 2.0	- Düşük çalışma sıcaklıklarında dayanımı artırır.

4. Uygulama Alanları

4.1 Genel

Toz altı kaynak yönteminde başlıca üç uygulama şekli vardır.

- Birleştirme kaynaklarında
- Sert dolgu kaynaklarında
- Kaplama kaynaklarında

Yukarıdaki uygulama şekillerinden uygun biri seçilerek aşağıdaki sahalarda toz altı kaynak yöntemini kullanmak mümkündür.

4.2 Birleştirme kaynaklarının uygulandığı sahalarda

- Gemi inşa sanayii
- Otomotiv sanayii
- Çelik konstrüksiyon sanayii
- Depolama tanklarının kaynağında

- Likit-propan-gaz (LPG) tülerinin imalinde
- Spiral kaynaklı boruların kaynağında
- Sanayi kazanlarının kaynağında
- Cebri boruların kaynağında

4.3 Sert dolgu kaynağının uygulandığı sahalar

- Krank millerinin dolgusunda
- İş makinelerinin aşınan kısımlarının dolgusunda
- Askeri amaçlı tankların aşınan parçalarının dolgusunda.

4.4 Kaplama kaynaklarında uygulama alanı

- Yumuşak karbonlu çeliklerin bir yüzüne Krom-Nikel kaplama yapmak için.

Bu uygulama Türkiye’de henüz yapılmamaktadır.

TABLO : 3

İşaret	Kimyasal bileşim (%)			
	C	Mn	Si	Mo
S1	0,06-0,12	0,4-0,6	0,10	-
S1Si	0,06-0,12	0,3-0,6	0,10-0,40	-
S2	0,08-0,14	0,8-1,2	0,05-0,15	-
S2Si	0,08-0,14	0,8-1,2	0,15-0,40	-
S3	0,08-0,15	1,3-1,7	0,10-0,25	-
S4	0,08-0,16	1,8-2,2	0,05-0,25	-
S5	0,08-0,16	2,3-2,7	0,05-0,25	-
S6	0,08-0,17	2,8-3,2	0,20-0,30	-
S1Mo	0,06-0,12	0,3-0,6	0,15-0,40	0,40-0,60
S2Mo	0,08-0,12	0,8-1,2	0,05-0,15	0,45-0,60
S3Mo	0,08-0,14	1,1-1,5	0,05-0,15	0,45-0,60
S4Mo	0,08-0,16	1,7-2,1	0,05-0,15	0,45-0,60
S6Mo	0,08-0,17	2,8-3,2	0,15-0,30	0,45-0,60

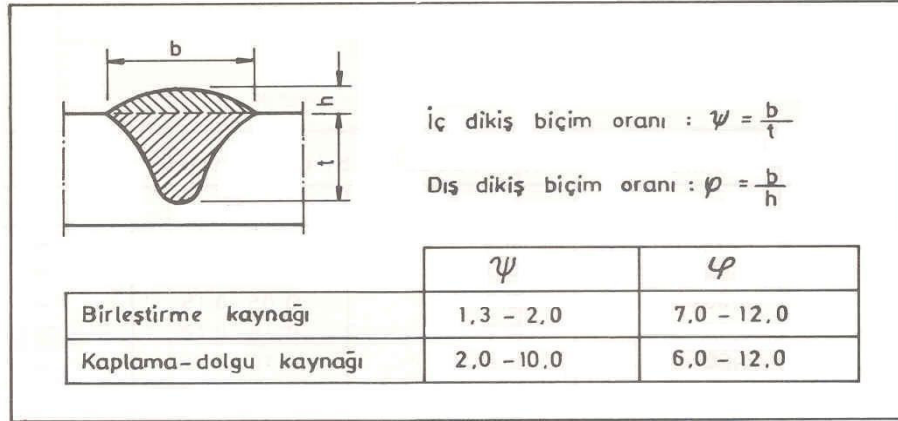
Tozaltı kaynağında kullanılan tellerin DIN 8557’ye göre kimyasal bileşimleri, işaretleri

4.5 Amaca uygun Tel-Toz seçimi

Toz altı kaynak yöntemi ile ister birleştirme kaynağı yapılsın, isterse sert dolgu kaynağı, kaynak dikişinden beklenen mekanik mukavemetler ve metalürjik yapı ile istenen sertlik sadece kaynak telini uygun seçmekle sağlanamaz. Çünkü, toz altı kaynağında kullanılan çıplak teller,

imalat esnasında soğuk haddelerden problemsiz çekilebilmesi için düşük alaşım, yumuşak karbonlu çeliklerden olması zorunludur.

Kaynak dikişinden istenen mukavemetler, mekanik yapı ve sertlik derecesi, tel+toz seçiminin uygun yapılması ile sağlanır. Bu seçime tel+toz kombinezonu denir. Toz altı kaynak yöntemi ile yapılan köşe kaynağı, şek.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1- Tozaltı kaynağında, kaynak dikişi boyutları. Kaynak amacına bağlı olarak seçilmesi gereken iç ve dış dikiş biçim oranları.

5. Çalışma Tekniği

Toz altı kaynağının otomatik olarak gerçekleştirilebilen bir işlem olmasına karşılık, değiştirilebilen kaynak parametreleri (kaynak akımı-çalışma voltajı-tel çapı-tel ilerleme hızı-kaynak hızı-kutuplama durumu-serbest tel uzunluğu) dikiş biçimi oluşumunu büyük oranda etkilemektedir.

5.1. İnce malzemelerin kaynağında bilinmesi gerekli hususlar

Toz altı kaynak yönteminin en önemli Özelliklerinden birisi yüksek ergime verimi ve derin nüfuziyet elde edilebilmesidir. Yöntemin bu özelliğinden dolayı kalınlığı 4 mm. 'den ince olan malzemelerin kaynağında güçlükler ortaya çıkabilmektedir.

Bu kalınlıklarda:

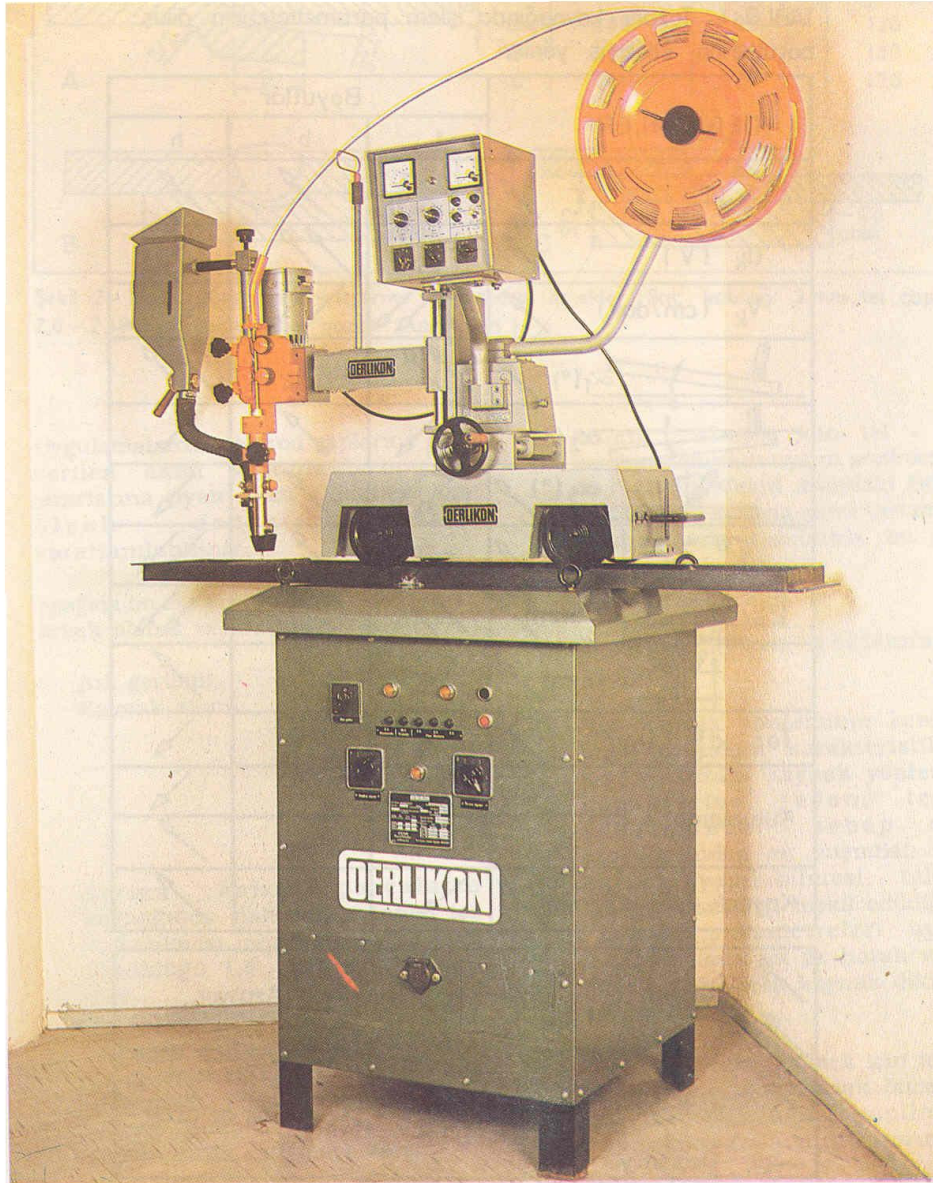
- Bakır (Cu) altlık kullanılması
- Toz yastık kullanılması
- Özel dikiş biçimlerinden yararlanılması
- Akım şiddeti ve ark voltajının düşük tutulması
- Yüksek kaynak hızları ile çalışılması
- Kaynak teli çapının en fazla 2.0 mm ϕ seçilmesi

- Pozitif kutuplamanın yapılması gerekli bulunmaktadır.

Şekil: 2'deki birleştirme şekillerinden A-biçimi özellikle LPG (Lipid-propan-Gaz) basınçlı tüplerin kaynağı için uygundur.

5.2. Kalın malzemelerin kaynağında bilinmesi gereken hususlar

Kalın parçaların birleştirilmesinde, malzeme birleşiminde homojenlik olmaması durumunda, özellikle sakınleştirilmemiş çeliklerde sıcak çatlama tehlikesi bulunmaktadır. Kök pasoda metelsel banyonun büyüklüğünün etkisi ile ana metalde ergime payının büyümesi de bu olayı teşvik etmektedir. Bu durumda özellikle kök pasolarda ark voltajının yüksek, kaynak akımının düşük seçilmesi gerekmektedir.



Uygulamalarda elektrot çaplarına göre verilen akım yoğunluklarının alt sınırlarına uyan akım şiddetlerinden ölçek değerler olarak yararlanılabilir.

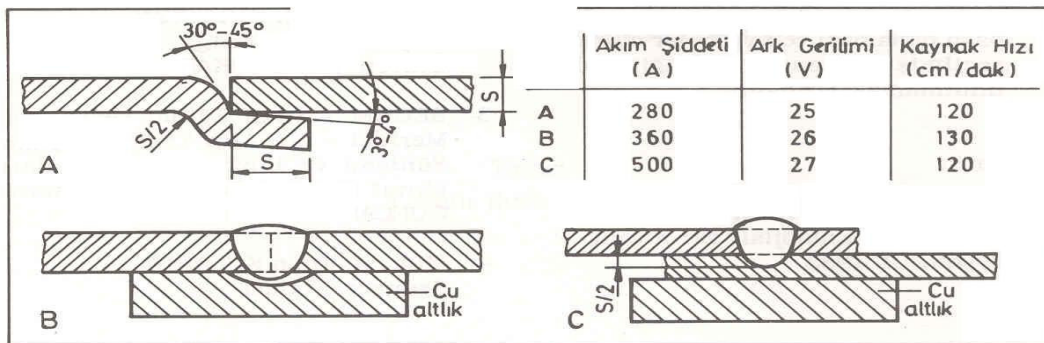
Aşağıda bu esasa göre saptanan değerler örnek olarak verilmektedir.

Ark gerilimi : 30 % 40 volt

Kaynak akımı : 900 Amper

TABLO : 4 - Tozaltı kaynağında, işlem parametrelerinin dikiş boyutlarına etkileyiş yönleri

DEĞİŞİMLER	Boyutlar		
	t	b	h
I_k (A)	↗	↗	↗
U_k (V)	↘	↗	↘
V_k (cm/dak.)	↘	↘	↘
α_1 (°)	↗	↘	↗
α_2 (°)	↘	↗	↘
α_3 (°)	↘	↗	↘
β (°)	↗	↗	↘
a (mm)	↗	↗	↘
KA (mm)	↘	↗	↗
Toz d_t (mm)	↘	↘	↘
Kutuplama	-	↗	↘
	+	↗	↘
Kaynak teli d_t (mm)	↘	↗	↘



Şekil 2 - İnce saçlar için birleştirme biçiminden örnekler. (Saç kalınlığı 3 mm, tel çapı 2,0 - 2,40 mm, doğru akım pozitif kutuplama)

(Elektrod çapı 5φ)

1000 Amper

(Elektrod çapı 6mmφ)

Ayrıca kalın parçaların kaynağında daha ince taneli toz kullanılması (normal tozlarda tane büyüklüğü 1,5 - 2.0 mm⁰) uygun olur.

Yüksek dayanımlı kaynak dikişlerinin etkisinde bilhassa ana malzemede alaşım elemanı oranlarının yüksek olması durumlarında, sıcak çatlamaya karşı önlem almak için tel - toz kombinezonunun uygun seçilmesi ve ITAB (Isı Tesiri altındaki Bölge) bölgelerinin kaynak sonu tavlama işlemine tabi tutulması, ön şart olarak gerekmektedir.

6. Toz altı kaynak yönteminden beklenen

Her kaynak yönteminin kendine özgü bir takım karakteristikleri vardır. Toz altı kaynak yöntemini karakterize eden, tercih edilmesinde sebep olan özelliklerinden en önemlisi, hızlı kaynak yapılabilmesi, tel+toz kombinezonu iyi teşkil edildiği ve kaynak parametreleri uygun saptandığında en az hatalı ve en güzel görünümlü kaynak 'dikişleri vermesidir.

Bu amaca ulaşabilmek için toz altı kaynağında, kaynaktan Önce çok iyi bir hazırlığın yapılması, kaynak ağızlarının normlara uygun olarak açılmış olması, yağlı, paslı olmaması ve uygun bir altlığın seçilmiş olması gerektiğini de unutmamak lazımdır.