



Karadeniz Teknik Üniversitesi

Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği

MAKİNA BİLGİSİ

8. Kaynak Bağlantıları

Dr.-Mak.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ



8. Kaynak Bağlantıları

8.1. Giriş

8.2. Suni Malzemelerin Kaynağı

8.3. Metal Malzemelerin Kaynağı

8.4. Kaynak Bağlantıları Uygulamaları

8.5. Kaynak Bağlantılarının Özellikleri

8.6. Kaynak Usulleri

8.7. Gaz Ergitme Kaynağı

8.8. Elektrik Ark Kaynağı

8.9. Kaynak Kalitesini Etkileyen Faktörler

8.10. Kaynak Hataları ve Bağlantının Dayanımı

8.11. Kaynak Bağlantılarının Kontrolü

8.1. Giriş

- İki metali ısı ve basınç ya da bunlardan birisinin etkisi ile, aynı cinsten ve erime aralığı aynı veya yaklaşık bir dolgu malzemesi (elektrot) kullanarak veya kullanmaksızın yapılan birleştirmeye **kaynak etme** denir.
- Genellikle benzer malzemeler için çözülemez bir bağlantı olarak yapılan kaynak, günümüzde ileri usullerle ayrı malzemelerin birleşmesinde de kullanılabilmektedir.
- Genel olarak kaynak bağlantıları dar ve uzun bir şekilde parça kenarı boyunca devam ettiğinden bağlantının yapıldığı yere **kaynak dikişi** adı verilir.
- Kaynak, bir bağlantı elemanı olması yanı sıra korozyon ve aşınmadan koruma için “**kaplama kaynağı**”, imalat için “**kesme kaynağı**” olarak da yapılmaktadır.
- Kaynak, birleştirilen malzemelerin cinsine göre iki gruba ayrılır:
 - Metal malzemelerin kaynağı
 - Suni malzemelerin kaynağı

8.2. Suni Malzemelerin Kaynağı

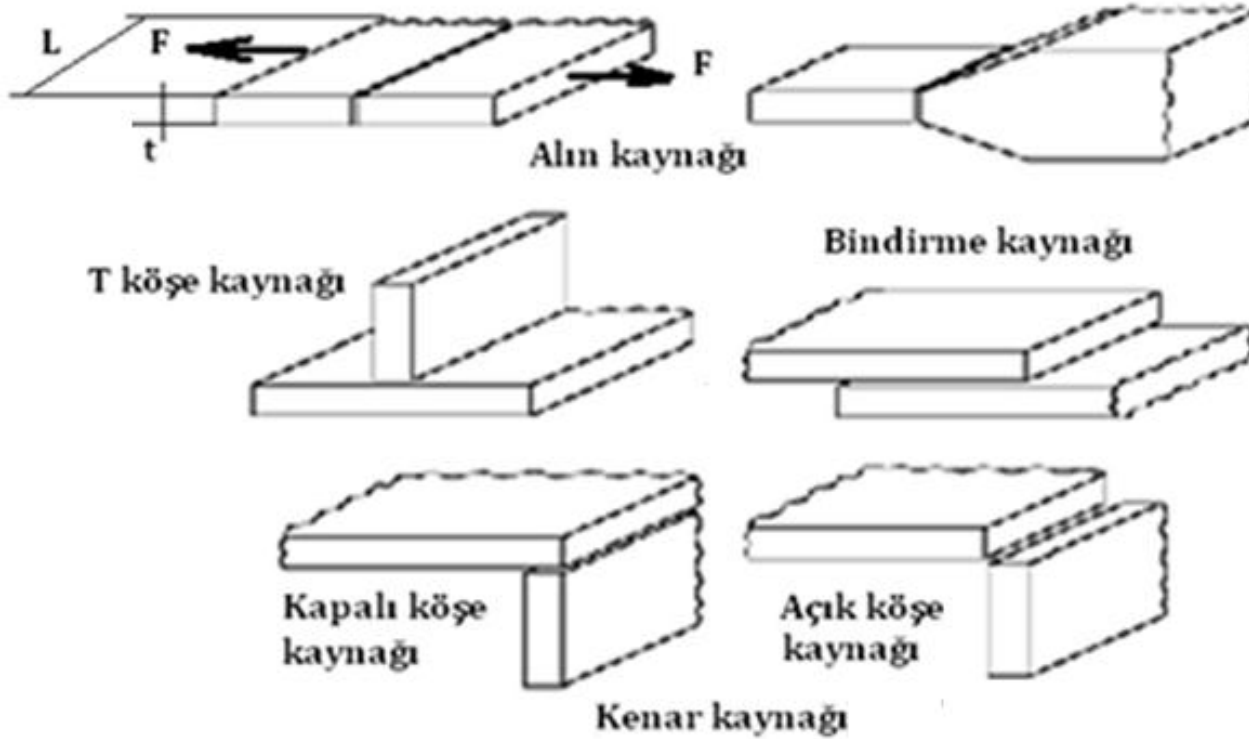
- Suni malzemelerin kaynağında aynı veya yakın gruptan termoplastik malzemeler ısı ve basınç etkisiyle birleştirilirler.
- Gereken durumda birleştirme yerinde aynı özellikte bir suni malzeme elektrot olarak kullanılabilir.
- Kaynak sırasında, temas yüzeylerinde yumuşama sıcaklığına erişmiş malzeme molekülleri birbirine karışır ve tekrar katılaştıkları zaman bağlantı oluşur.
- Suni malzemelerden termoplastlar, yani ısıtıldıkları zaman yumuşayan plastikler kaynak edilebilir.
- Duroplast grubundaki plastikler kaynak edilemez.

8.3. Metal Malzemelerin Kaynağı

- Metal malzemelerin kaynağında parçalar ısı veya basınç ya da her ikisinin de etkisi ile ve gereken hallerde aynı cins malzemelerden bir **elektrot** kullanılarak birleştirilir.
- Malzemeler ergiyerek birbirine karışır ve katılaştıkları zaman bağlantı oluşur.
- Kaynak edilen parçaların birbirlerine göre konumu kaynak birleştirme şeklini, kaynakla birleştirilen kenarların biçimi (kaynak ağzı) ise kaynak dikiş şeklini belirtir.
- Konstrüksiyona uygun kaynak birleştirme şekli seçilir.

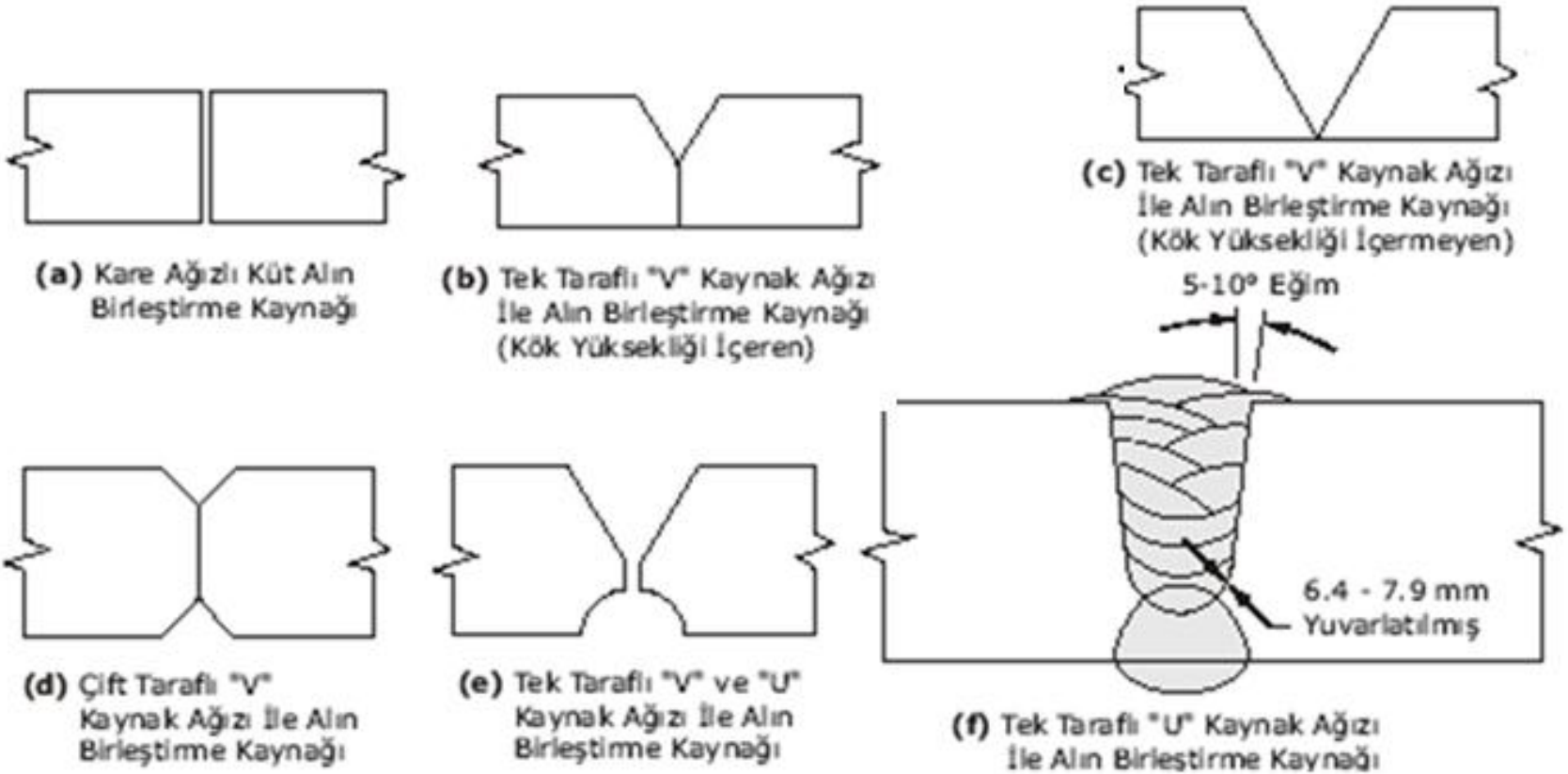
8.3. Metal Malzemelerin Kaynağı

- En önemli kaynak birleştirme şekilleri alın kaynağı, kenar kaynağı ve köşe kaynağıdır.



Kaynak bağlantı şekilleri

8.3. Metal Malzemelerin Kaynağı



Kaynak ağızı şekilleri

8.3. Metal Malzemelerin Kaynağı

Tanımlama	Gösterim	Sembol	Tanımlama	Gösterim	Sembol
I-dikişi			Çift V - dikişi		X
V-dikişi		V	Çift yarım V - dikişi		K
Yarım V-dikişi		V	Çift Y- dikişi		X
Y-dikişi		Y	Çift yarım Y- dikişi		K
Yarım Y-dikişi		Y	Çift U - dikişi		X
U-dikişi		Y	Karşı pasolu V - dikişi		K
Dik kenarlı dikiş		V	Çift köşe kaynak dikişi		X
Karşı paso		D			
Nokta dikişi		O			
Köşe dikişi		Δ			

Kaynak dikiş şekilleri



8.3. Metal Malzemelerin Kaynağı

Tanım	Sembol	Kesit	Tanım	Sembol	Kesit
Alın dikişleri:			Çift kat dikişler		
Kıvrırma alın dikişi	⌋		Bindirme kenar dikişi		
I- dikişi			Bindirme kenar dikişi	⌋	
V- dikişi	V		Köşe dikişler		
Çift V- (X) dikişi	X		Tek taraflı	△	
Y- dikişi	Y		Çift taraflı	▷	
Çift Y- dikişi	X		Diğer dikişler		
U- dikişi	U		(Örnekler) :		
Çift U- dikişi	X		U ile birlikte V- dikişi	*	
HV- dikişi	V		Çift taraflı köşe dikişi ile birlikte HV dikişi	*	
Çift-HV (K)- dikişi	K		Çift taraflı köşe dikişi ile birlikte Çift HV dikişi	*	
HY- dikişi	Y				
Çift-HY- dikişi	K				
HU- dikişi	U				
Çift-HU- dikişi	K				

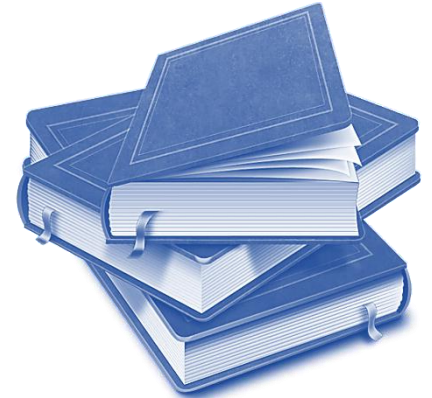
Kaynak sembolleri



8.3. Metal Malzemelerin Kaynağı

Parçaların konumu			Tanımlama	Sembolü, Düşünceler
1	Alın konumu		Parçalar bir düzlemde bulunur ve bir biteriyle alın temasındadır.	$\wedge \vee \times \gamma \gamma$ Kuvvet akışı gayet normal. Kullanılması önerilen kaynak şekli.
2	Paralel konum		Parçalar bir biteriyle paralel durumdadır.	$\Delta \nabla \Gamma \Pi$ Genelde eğilmeye zorlanan kısımlarda kullanılır.
3	Üst üste konum		Parçalar bir biteriyle paralel üst üste kaydırılmış durumdadır.	$\Delta \nabla$ Genelde çelik konstrüksiyonda kullanılır.
4	T-konum		Bir parça diğer parça ile dik açıyla T durumundadır.	$\Delta \nabla K$ Enine zorlanmada önlemler alınması şart.
5	Çift T-konum		Aynı düzlemde bulunan iki parçanın aralarına dik olarak üçüncü bir parçanın gelmesi.	$\Delta \nabla K$ Enine zorlanmada önlemler alınması şart.
6	Eğik konum		Bir parça diğer parça ile dik açıdan daha küçük bir açı durumundadır.	Δ Eğiklik açısı $\geq 60^\circ$. Enine zorlanmada önlemler alınması şart.
7	Köşe durumu		İki parça herhangi bir açı köşe durumunda.	Δ T konumuna göre daha az zorlanabilir.
8	Çok parça durumu		Üç veya daha fazla parça bir doğruda herhangi bir açı ile birleşme durumunda.	Büyük yükler için kullanışlı değil. Parçaların hepsinin mukavemeti kullanılamaz.
9	Çapraz durum		Çift T durumunun dik açı dışındaki durumu.	$\Delta \nabla K$ Çelik konstrüksiyonda çok ender.

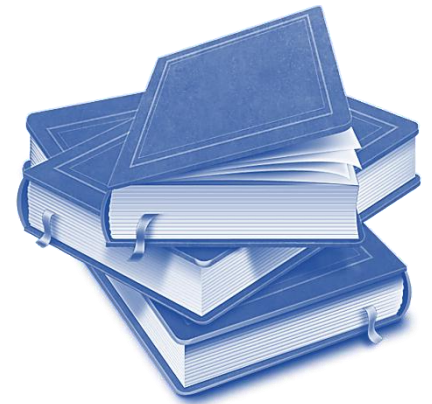
Kaynak bağlantılarında parça konumları



8.4. Kaynak Bağlantıları Uygulamaları

Kaynak bağlantıları son yıllarda önemini artırmış ve çelik inşaat, basınçlı kap yapımı ve gemi inşaatında perçin bağlantılarının yerini almıştır.

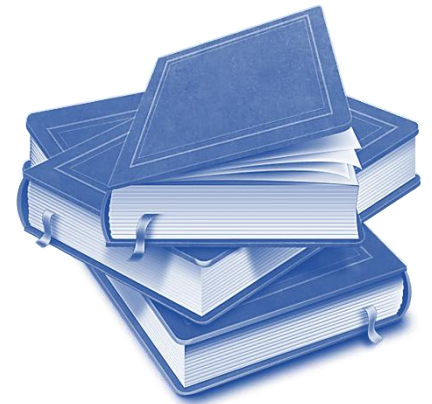
- Basınçlı tanklar, çelik konstrüksiyonlar.
- Mil ve akslara kaynak edilen flanşlar.
- Krank milleri.
- Ağır hidrolik türbin şaftları
- Ağır tip dişliler, kasnaklar, volanlar
- Dişli kutusu gövdeleri
- Makina gövdeleri ve temelleri
- Hadde gövdeleri....



8.5. Kaynak Bağlantılarının Özellikleri

Kaynak Bağlantılarının Yararlı Özellikleri

- ✓ Daha hafiftir: Perçin konstrüksiyonlara göre %15–20, döküm konstrüksiyonlara göre %50'ye kadar ağırlık tasarrufu sağlar.
- ✓ Daha ucuzdur: %20–30 dolayında işçilik tasarrufu sağlar.
- ✓ Perçin bağlantılarından daha iyi sızdırmazlık sağlar.
- ✓ Konstrüksiyonları esnektir.
- ✓ Az sayıda imalat için ekonomiktir.
- ✓ Iskarta parça sayısı çok azdır



8.5. Kaynak Bağlantılarının Özellikleri

Kaynak Bağlantılarının Sakıncalı Özellikleri

- ✓ Kaynak sonucu iç gerilmeler, çekmeler ve çarpılmalar oluşur.
- ✓ Kaynak dikişinden malzemeye geçiş bölgesindeki kristal yapı farkı mukavemeti kötü yönde etkiler. Ancak uygun bir ısıtma işlemiyle bu sakıncalar azaltılabilir.
- ✓ Kaynağın kalitesi malzemeye, kaynak metoduna ve kaynak işçiliğine bağlıdır.
- ✓ Kaynak kalitesinin kontrolü özel ve pahalı ölçme metotları gerektirir.
- ✓ Kaynak dikişlerinde gevşek kırılma olur.

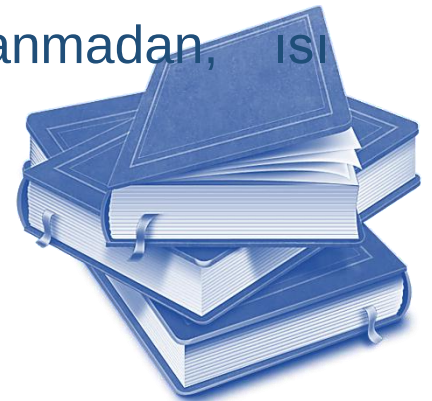


8.6. Kaynak Usulleri

- Metodik olarak iki şekilde yapılır:
 - Basınç kaynağı (Pres, Katı hal kaynağı)
 - Ergitme kaynağı

Her iki kaynak metodu arasındaki önemli fark;

- Basınç kaynağında bağlantının basınç altında yapılmasıdır. Kaynak sırasında kaynak edilen bölgede sınırlı bir ısınma olur. Basınç kaynağında genellikle kaynak malzemesi kullanılmaz.
- Ergitme kaynağında bağlantı, basınç uygulanmadan, ısı yardımıyla bölgesel bir ergitme yapılarak sağlanır.
- Bağlantı şekline göre elektrot kullanılır.



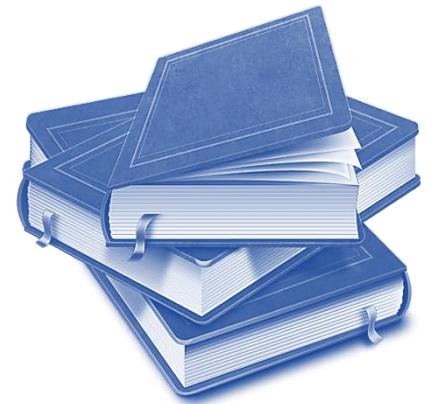
8.6. Kaynak Usulleri

Basınç kaynağı usulleri örnekler;

- demirci kaynağı,
- difüzyon kaynağı,
- sürtünme kaynağı

Ergitme kaynağı usulleri örnekler;

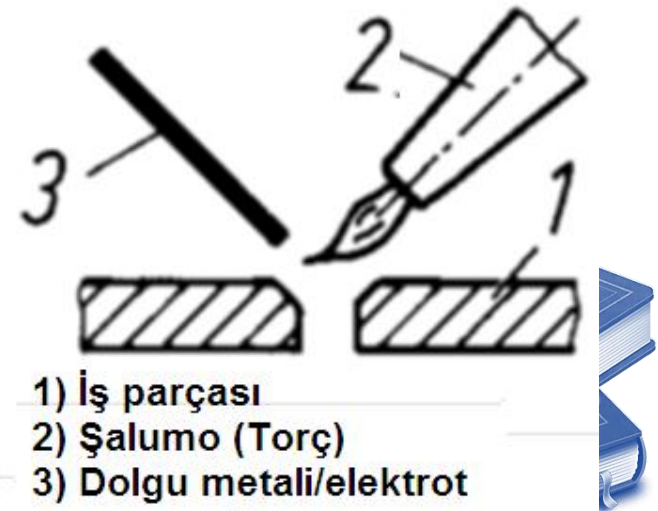
- gaz ergitme (oksi-yanıcı gaz) kaynağı,
- elektrik ark kaynağı,
 - açık ark kaynağı
 - kapalı ark kaynağı
- elektrik direnç kaynağı,
- lazer kaynağı



8.7. Gaz Ergitme Kaynağı

- Gaz ergitme kaynağı, yanıcı bir gazın oksijenle yakılması sırasında açığa çıkması ile parçaların kaynak yapılan bölgede ergitilmesi suretiyle yapılır.
- Elektrik ark kaynağına oranla parçaların ergime hızı kontrolü daha kolaydır.

İnce saclar hariç çoğu zaman kaynak dikişindeki boşluğu doldurmak için ana parçalarla aynı cins malzemeden yapılmış elektrod kullanılır.



- 1) İş parçası
- 2) Şalimo (Torç)
- 3) Dolgu metali/elektrot

Gaz ergitme kaynağı

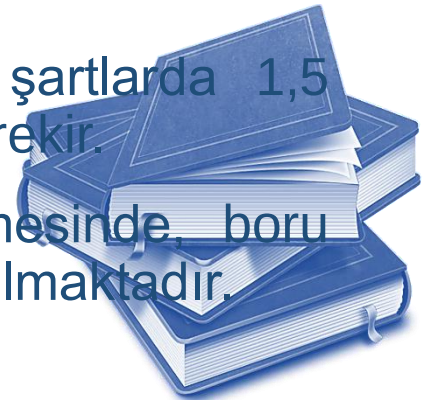
8.7. Gaz Ergitme Kaynağı

- Kaynak sırasında parçalara kuvvet uygulanmaz.
- Gaz ergitme kaynağında yakıcı gaz olarak oksijen, yanıcı gaz olarak asetilen (her türlü kaynak işleminde), hidrojen (düşük sıcaklıklarda), propan (kesme işlemlerinde) ve hava gazı (lehimleme işlemlerinde) kullanılmaktadır.
- Uygulamada yanıcı gaz olarak genellikle asetilen kullanıldığından, gaz ergitme kaynağı ile ilk düşünülen kaynak usulü “**oksi – asetilen kaynağı**”dır.
- Asetilen alevi ile erişilen sıcaklık 3250 °C olup, bazı özel haller dışında bütün metallerin kaynağı için yeterlidir.
- Asetilen ve oksijen gazı üfleç içinde belirli bir oranda karıştırılıp yakılarak kaynak alevi oluşturulur.



8.7. Gaz Ergitme Kaynağı

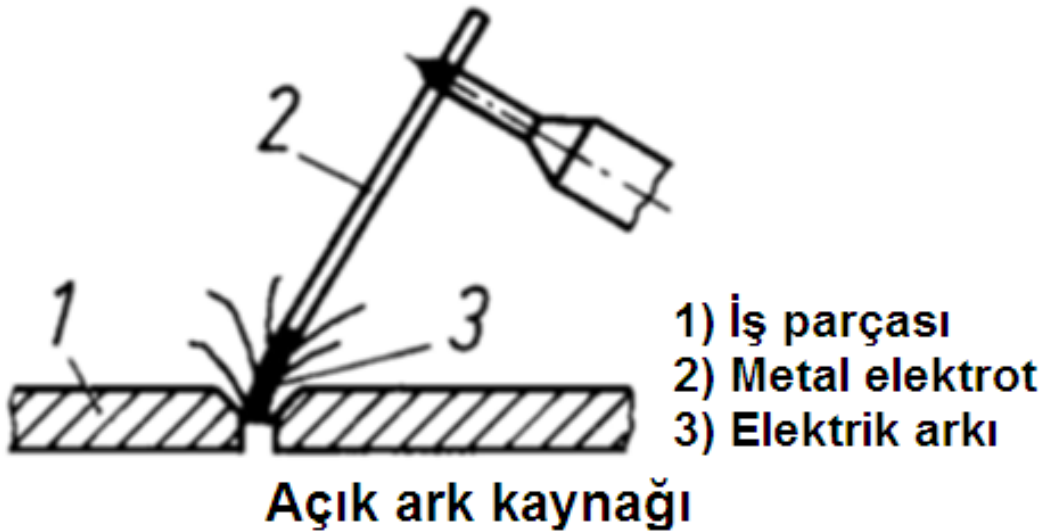
- Karışım ve alevin oluşmasını sağlayan araca üfleç denir.
- Üfleç uçlarına takılan değişik büyüklükteki eğik borulara bek denir.
- Bekler kaynatılacak malzemelerin kalınlığına uygun olarak numaralandırılmışlardır.
- Asetilen gazı, asetilen kazanlarında kalsiyum karpitin su ile reaksiyonundan elde edilir (C_2H_2).
- Asetilen gazı üretimi asetilen kazanlarında yapılır.
- Asetilen, çok kısa zamanda yanar ve normal şartlarda 1,5 atmosferden yüksek basınç altında tutulmaması gerekir.
- Oksi–asetilen kaynağı ince parçaların birleştirilmesinde, boru kaynaklarında, kesme işlemlerinde yaygınca kullanılmaktadır.



8.8. Elektrik Ark Kaynağı

Açık Ark Kaynağı

- Açık ark kaynağı tek karbon metotlu, iki karbon elektrotlu ve metal elektrotlu olmak üzere üç şekilde kullanılmaktadır.
- Kömür elektrodla yapılan kaynakta elektrod sadece ark oluşturur, dolgu amacıyla tel şeklinde uygun metaller kullanılır.



8.8. Elektrik Ark Kaynağı

- Yaygınca kullanılan metal elektrodlerden örtülü elektrotlarla yapılan kaynakta, örtü malzemesi ark sırasında ergiyerek malzemenin üzerinde bir tabaka oluşturarak atmosfer etkilerini önler.
- Diğer taraftan kaynak dikişinin hızlı soğumasını da önlediğinden iç gerilimler daha az olur.
- Otomatik ark kaynağında bu amaçla hazırlanan otomatik kaynak elektrodları kullanılmaktadır



8.8. Elektrik Ark Kaynağı

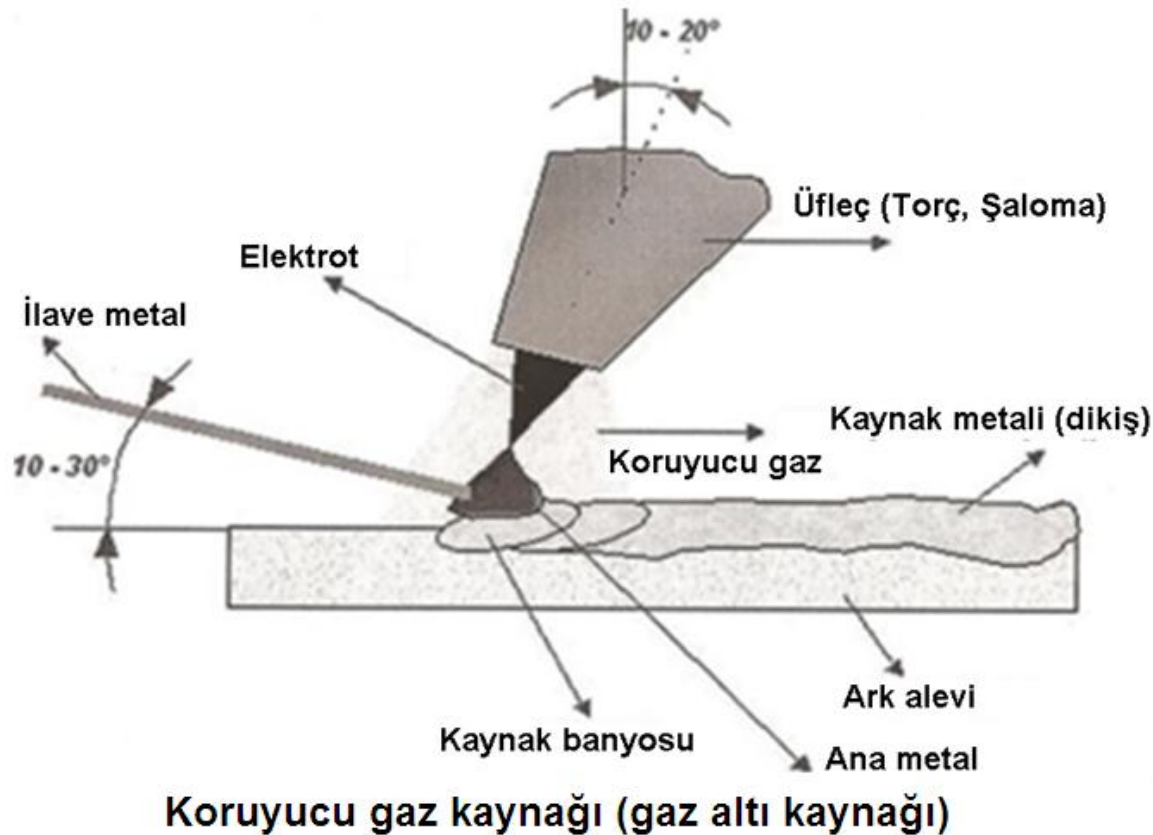
Kapalı Ark Kaynağı

- Açık ark kaynağında, örtülü elektrot kullanılsa da ergimiş malzeme atmosfer etkisine, özellikle oksijen ve azotun zararlı etkilerine maruz kalabilir.
- Kaynak dikişinde meydana gelen gaz kabarcıkları ve cüruf kaynak kalitesini olumsuz etkiler.
- Alaşımlı çeliklerde bazı alaşım elementleri oksijen ve azotla birleşerek oksit ve nitrür bileşikleri oluştururlar. Bunu sonucunda malzeme gevrekleşir.
- Bu olumsuz sebeplerden dolayı modern kaynak metodlarında ergimiş malzeme atmosfer etkilerine karşı tamamen korunur.



8.8. Elektrik Ark Kaynağı

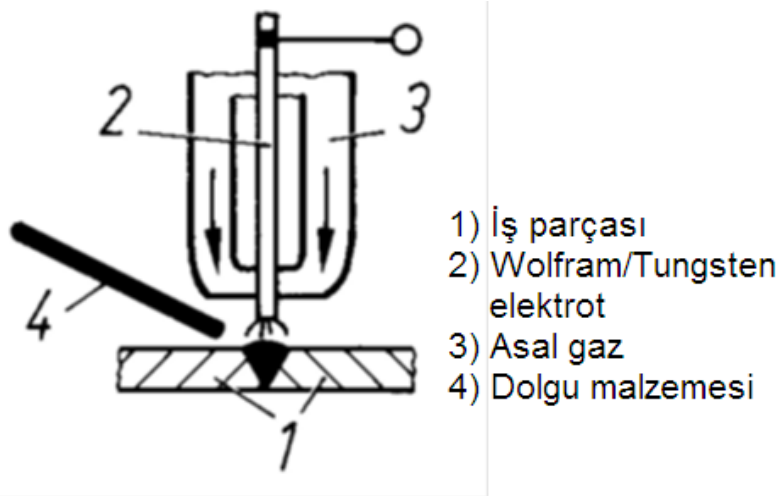
- Kapalı ark kaynağında koruyucu gaz kaynağı ve toz altı kaynağı olarak iki metot uygulanmaktadır.



8.8. Elektrik Ark Kaynağı

TIG (Tungsten Inert Gas) veya WIG (Wolfram Inert Gas) Kaynağı

- Koruyucu gaz olarak asal gazlardan helyum ve argon veya bunların karışımı kullanılır.
- Ark bir wolfram elektrotla parça arasında oluşturulur.
- Doğru veya alternatif akım kullanılabilir.
- Kaynak dikişinin büyüklüğüne göre kaynak teli kullanılabilir



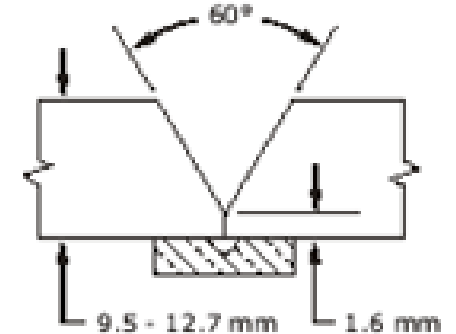
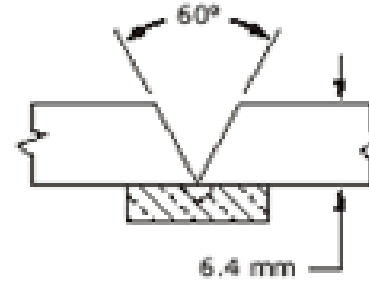
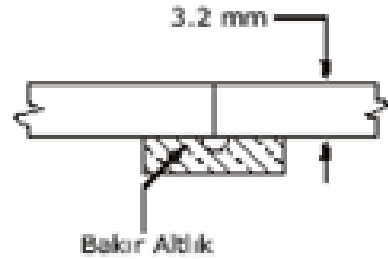
TIG veya WIG kaynağı



8.8. Elektrik Ark Kaynağı

Koruyucu Gaz :
Argon + % 1 Oksijen

Gaz Debisi :
16.5 lt/dak.



Parça Kalınlığı (mm)	3.2	6.4	9.5	12.7
Paso Sayısı	1	2	2	4
Elektrod Çapı (mm)	1.6	1.6	1.6	2.4
Akım (amp) DC (+)	225	275	300	325
Tel Sürme Hızı (mm/sn)	60	74	85	95
Kaynak Hızı (mm/sn)	8.0-8.9	8.0-8.9	6.3-7.2	6.3-7.2
Tüketim (kg/m)	0.112	0.282	0.405	0.737
Kaynak Süresi (saat/m)	0.033	0.066	0.082	0.164

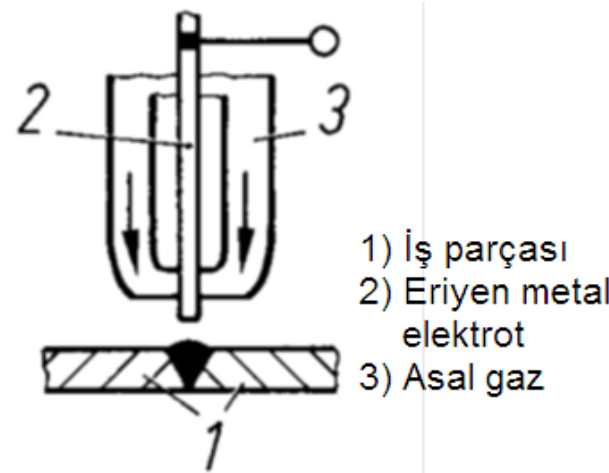
Koruyucu gaz alın kaynağı elemanları



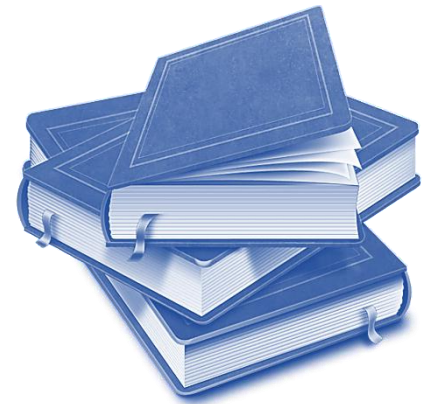
8.8. Elektrik Ark Kaynağı

S.I.G.M.A (Shielded Inert Gas Metal) veya M.I.G (Metal Inert Gas) Kaynağı

- Koruyucu gaz olarak argon kullanılır.
- Elektrik arkı, elektrot görevi gören ve ergiyen kaynak teli ile parça arasında meydana gelir.
- Elektrod teli, ergime hızına bağlı olarak belirli bir hızla parçaya doğru sürülür.



MIG kaynağı



8.8. Elektrik Ark Kaynağı

- Argon kullanılarak yapılan koruyucu gaz kaynağı özellikle demir olmayan malzemelerin ve yüksek alaşımlı çeliklerin kaynağında yüksek kalitede kaynak yapmaya imkan verir.
- Elektrik arkı, elektrot görevi gören ve ergiyen kaynak teli ile parça arasında meydana gelir.
- Elektrot teli, ergime hızına bağlı olarak belirli bir hızla parçaya doğru sürülür.
- Argon kullanılarak yapılan koruyucu gaz kaynağı özellikle demir olmayan malzemelerin ve yüksek alaşımlı çeliklerin kaynağında yüksek kalitede kaynak yapmaya imkan verir.



8.8. Elektrik Ark Kaynağı

CO₂ Koruyucu Gaz Kaynağı

- Özgül ağırlığının yüksek olması (0 °C'da 1,976 kg/m³) yatay dikişlerde iyi koruma sağlamaktadır.
- Argon gazına oranla fiyatı daha düşük, sarfiyatı da daha azdır.
- Kaynak kalitesi için saf CO₂ kullanılmalıdır.
- Wolfram elektrotlar, CO₂ kaynağında oksitlendikleri ve buharlaştıkları için uygun değildir.
- Ergiyen tel elektrotlar uygun sonuçlar verir. Fe60'a kadar alaşımsız karbonlu çeliklerin kaynağında kullanılabilir.



8.9. Kaynak Kalitesini Etkileyen Faktörler

1. **Malzeme:** Kaynak edilmeye uygun malzeme
2. **Hazırlık:** Kaynak tekniğine uygun çalışma, kaynak ağzı açılması vb.
3. **Kaynak metodu:** Malzemeye, kalınlığa, ve zorlanmaya uygun metot.
4. **Kaynak malzemesi:** Uygun elektrot, dolgu teli vb.
5. **Personel:** Eğitimli, tecrübeli, sertifikalı.
6. **Kontrol:** Uygun bir tahribatsız muayene metodu ile kontrol

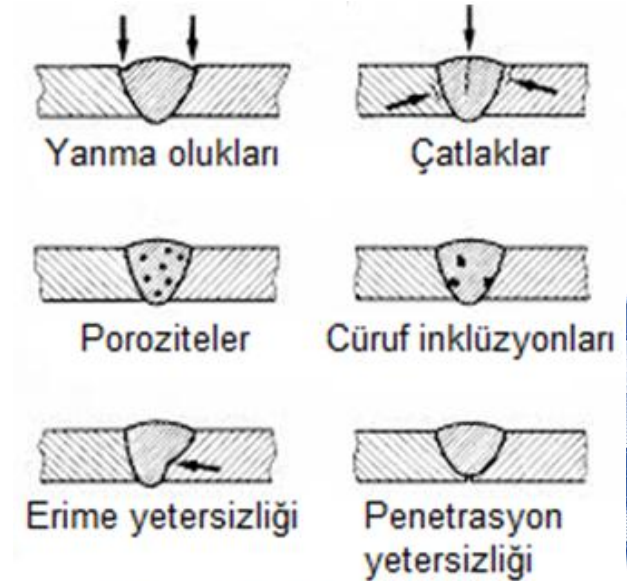


8.10. Kaynak Hataları ve Bağlantının Dayanımı

Kaynak sırasında oluşan hatalar kaynak mukavemetini azaltır. Kaynak hatalarının bir kısmı göz kontrolü ile ayırt edilebilirken, bazıları ise göz kontrolü ile ayırt edilemez. Bu hataların nedenleri belirlenerek giderilmesi gerekir.

Genel olarak kaynak sırasında aşağıdaki hatalar oluşur:

1. Nüfuz yetersizliği
2. Kaynak kesitinde birleşme eksikliği
3. Oluk ve çentikler
4. Cüruf kalıntıları
5. Gaz kabarcıkları
6. Çatlaklar



Kaynak hataları

8.10. Kaynak Hataları ve Bağlantının Dayanımı

Çentik Etkisi: Kaynak bağlantılarında çentikler, bağlantının dış geometrik yapısından kaynaklanabileceği gibi birleştirme sırasında meydana gelen kusurlardan da kaynaklanabilir.

- Dış geometrik yapıdan kaynaklanan etkisi yorulma hesaplarında dikkate alınmaktadır.
- Birleştirme sırasında meydana gelen kusurlar cüruf boşlukları, nüfuziyet eksikliği gibi gözle görülemeyen kusurlar olabileceği gibi, artık gerilmeler ve yanma sonucu meydana gelen çentiklerle, ergime sırasında gerçekleşen sıçramalar sonucu ortaya çıkan gözle görülebilen kusurlardır.



8.10. Kaynak Hataları ve Bağlantının Dayanımı

Hidrojen gevrekliği: Kaynak sıcaklığında atomik yapıda bulunan hidrojen iyi korunmayan kaynak bölgesine hızla nüfuz eder.

- Düşük sıcaklıklarda ise hidrojen molekülü oluşturmaya çalışır.
- Molekül hidrojenin hacmi atomik hidrojenden çok büyük olduğu için bu bölgelerde zorlanmalar meydana gelir ve malzeme sünek olmasına rağmen gevrek bir davranış gösterebilir.

Kaynak dikişinin dayanım değeri: Kaynak dikiş bölgesinin mukavemet değeri esas metalin (birleştirilen parçaların) dayanım değerine göre belirlenir. Bunun için kullanım amacına bağılı olarak malzemenin dayanım değerinin belirli bir oranı (%40-60 gibi) dikkate alınır.



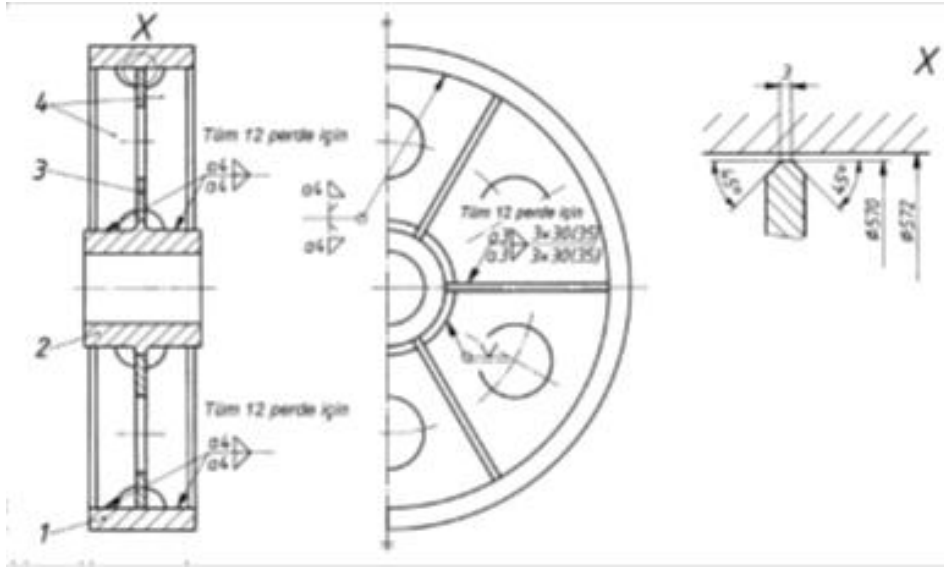
8.11. Kaynak Bağlantılarının Kontrolü

- Kaynak bağlantılarının mukavemeti kaynak dikişlerinin kaliteli ve kusursuz oluşuna bağlıdır.
- Bununla birlikte, kaynağın özelliğinden dolayı dikişlerde hataların, kusurlu bölgelerin, boşlukların veya cüruf parçacıklarının, çatlakların bulunması kaynak kalitesini azaltır.
- Bağlantıların kontrolünden amaç bu bağlantıların belirlenmesidir.
- Kaynak bağlantısı çözölemeyen bir bağlantı olduğundan kontrol için tahribatsız muayene metotları kullanılmalıdır.
- Tahribatsız muayene metotları yetiştin personel ve pahalı cihazlarla yapılabilir.
- Ayrıca, belirlenen hataların bitmiş bir konstrüksiyonda görölmesi mümkün değildir.



8.11. Kaynak Bağlantılarının Kontrolü

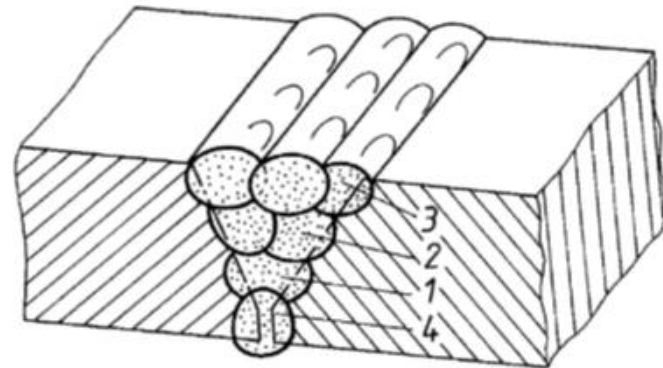
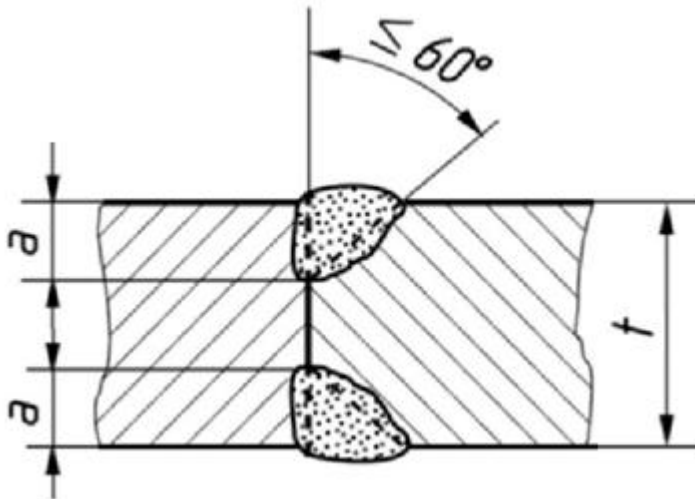
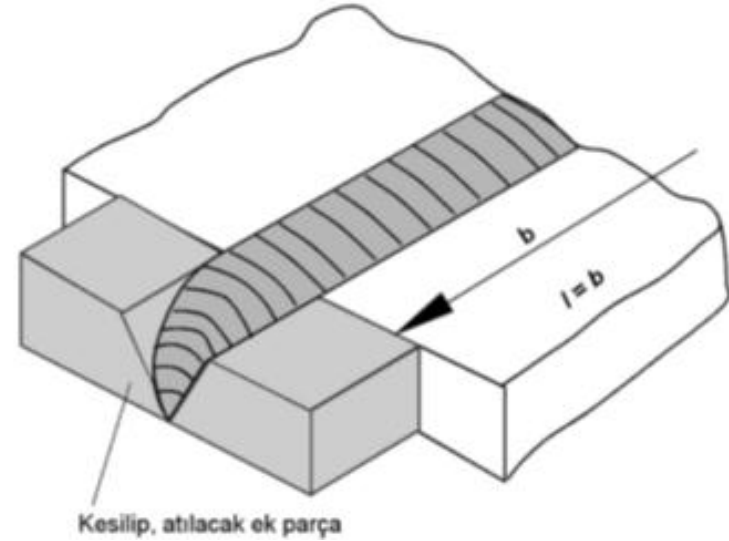
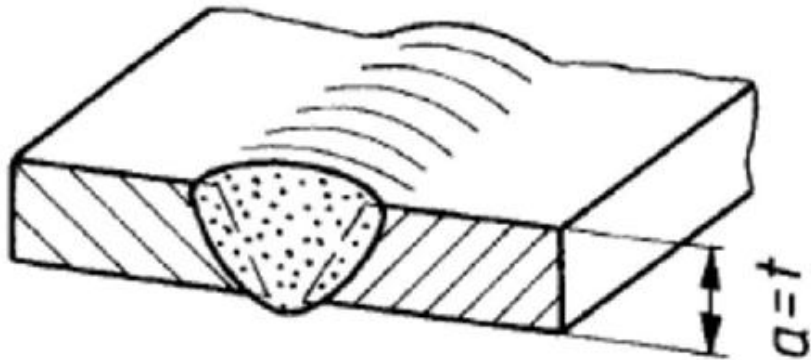
- Bu nedenle kaynak bağlantısının yapılmasında her kademede çok dikkatli olunması zorunludur.
- Kaynak dikişinin gözle yapılan kontrolünde dıştan, kaynak işçiliği hakkında bir kanaate varıldıktan sonra tahribatsız muayene metotları uygulanır.



- En çok kullanılan kaynak muayene metotları; röntgen (X) veya gama (y) ışınları, ses üstü dalgaları, magnetik ve floresan sıvı ile kontrol.



8.11. Kaynak Bağlantılarının Kontrolü



8.11. Kaynak Bağlantılarının Kontrolü

