

BORU HATTI (PIPE-LINE) İNŞAATINDA KAYNAĞIN YERİ VE ÖNEMİ

I – BORU HATTI İNŞAATI

Boru hatları sıvı ve gazların uzun mesafelere ekonomik olarak taşınabilmesi maksadıyla inşa edilirler. Boru hatları ile taşınan maddeler; ham petrol, petrol ürünleri (jet yakıtı, benzin, mazot) tabii gaz, CO₂, sıvı içerisinde konsantre katılar (maden ocağı çamurları gibi) ve arıtılmış sudur.

Boru hattı endüstrisi başlangıçta A.B.D. Pennsylvania eyaletindeki büyük petrol sahalarından çıkan petrolün nakliyesi amacıyla 1800'lü yılların sonunda geliştirilmiştir. Günümüzde ise boru hatlarının büyük çoğunluğu tabii gaz nakliyesi için inşa edilmektedir. İlk önceleri ağaç borularla başlanan inşaatlar, petrol arama, rafinerasyon teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak, gelişmiş ve 1850'lerden sonra çelik borular kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraki yıllarda metalurjik gelişmeler sonucunda, et kalınlığı ince fakat yüksek mukavemetli malzemeden mamul 20" ve daha büyük çaplı boru hatları döşenmeye başlanmıştır. Günümüzde çapı 60"e kadar varabilen ve uzun mesafelere sıvı ve gaz nakledebilen boru hatları inşa edilebilmektedir.

Boru hattı inşaatlarında amaç, inşaatı en kısa sürede bitirebilmektir. Bu amacı sağlayabilmek için bütün faaliyetler birbirini takip eder.

Herhangi bir faaliyetteki aksama arkadan gelen faaliyetleri de aksatacağı için bütün birimlerin tam bir uyum içinde çalışması gereklidir. Boru hattı inşaatında yer alan faaliyetler şu şekilde sıralanabilir.

- 1- Pist açma
- 2- Kanal açma
- 3- Boru dizme
- 4- Boru eğme
- 5- Kaynak
- 6- Hasarsız kontrol (Tahribatsız kontrol)
- 7- Sargı ve indirme

ARA BAĞLANTILAR

- 8- Tie-in ve özel geçişler (nehir-deniz)
- 9- Kapatma
- 10- Hidrostatik Test
- 11- Temizlik ve saha düzenlemesi

1 - PİSTAÇMA

Pist, boru hattının geçeceği kanalın yer aldığı ve her türlü inşaat faaliyetinin üzerinde cereyan ettiği toprak parçasıdır. Pistin genişliği şartnamelere bağlı olup genellikle 15 m. ile 30 m. arasındadır. Borunun geçtiği yer pistin dar bir bölgesini kapsarsa da, kanalın her iki tarafında ekipman ve personelin hareketleri için yeterli alan bulunmalıdır.

2 - KANALAÇMA

Kanal açma işlemi sadece kazı işi olmayıp, borunun rahat bir şekilde oturabilmesi için özel ihtimam gösteren bir işlemdir.

Kanal derinliği hat boyunca standart olmalıdır. Yalnız kara ve demiryolu geçişlerinde daha derin olur. Kanaldan çıkan toprak (eğer müsaitse) kapatma işleminde kullanılmak üzere kenara yığılır. Yol geçişlerinde kanal, açılmayarak sonraya bırakılır.

3 - BORU DİZME

Boruların inşaat bölgesine taşınarak kanal kenarına sıralanması "boru dizme" olarak isimlendirilir. Dizilen borular korozyon etkiden korunmak amacıyla ağaç takoz veya kum torbası üzerine yerleştirilir. Yol geçişlerinde borular geçişi engellemeyecek şekilde kenara yerleştirilir ve geçitler açık bırakılır.

4 - BORU EĞME

Boru hatları dizayn edilirken her ne kadar düz arazilerden geçmesi istenirse de, topografik şartlar buna her zaman izin vermeyebilir. Böyle durumlarda hattın arazi profiline uyması gerekir. Bu yüzden de arazi eğimine uygun olarak borularda eğme yapmak zorunlu olur.

Boru eğme soğuk bükme metodu ile yapılır. Bu iş için yapılmış ve hidrolik veya pnömatik olarak çalışan eğme makinesi ile borular belli açılarda bükülürler.

5 - KAYNAK

Kaynak, boru hattı inşaatlarında en önemli operasyondur. Boru hattının gelecekteki kalite, emniyet ve çalışma ömrünü tayin ettiği gibi, inşaatın tamamlanma süresi de kaynak ekibinin hızına bağlıdır.

Kaynak işlemini 2 bölüme ayırabiliriz.

a) *Boruların ağızlanması ve 1. sıra kaynağının atılması:* Bu işlem boru hattı inşaatının en zor ve en Önemli safhasını teşkil eder. Hatasız ve kaliteli kaynak elde edilmesi için boruların çok iyi ağızlanması gerekmektedir. Bu işlem, iş hızına da etki ettiğinden bu ekibin çok seri olarak çalışması çok önemlidir. Bu amaçla bu ön ekibin oldukça deneyimli elemanlardan teşkil edilmesi gerekmektedir.

Borular ağızlanmadan önce, kaynak ağızlan her türlü pas, boya v.s.'den arınmış olması gerekir. Bu amaçla boru ağızlan mekanik taş ve fırça ile temizlenir.

Borular genellikle fabrikadan 30°'lik V-kaynağı ağızı açılmış olarak sevk edilirler. Fakat nakliye esnasında kaynak ağızlan hasar görebilir. Böyle durumlarda hasarlı boruların ucu kesilerek yeniden kaynak ağızı açılır.

Kaynaktan önce, bazı durumlarda ön ısıtma gereklidir. Bu durumları şu şekilde sıralayabiliriz. Normal çeliklerde çevre ısısı 5°C'den düşükse, el dayanacak derecede ön ısıtma uygulanır.



Resim 1



Resim 2

Karbon yüzdesi fazla ve yüksek mukavemetli çeliklerde (özellikle kalın etli ve büyük çaplı borularda) 200°C'ye kadar ön ısıtma uygulanır. Ön ısıtma esnasında boru çevresi, kaynak ağzında 10 cm içeriye kadar ısıtılır.

Boruların kaynak için ağızlanması hassasiyet ve çabukluk isteyen bir iştir. Yapılacak kaynağın hatasız çıkması büyük oranda ağızlanmanın iyi olmasına bağlıdır. Boruların ağızlanması pnömatik olarak çalışan iç kelepçe ile olur. Borunun içinde hareket eden kelepçenin üzerinde her iki boruyu sabit bir şekilde tutacak olan pabuçlar bulunur. Borular ağızlanırken arada belirli bir açıklık kalması gerekir. Bu açıklık yapılacak olan I. sıra kaynağın temiz olarak nüfuz edilebilmesi için çok önemlidir.

Aralığın genişliği, kullanılacak olan elektrodun çapına bağlıdır. Çok tecrübeli borucular bu aralığı göz karan ile tayin edebilir. Diğer bir uygulama da iki boru arasına aynı kalınlıkta İnce bir lama yerleştirmektir. El kaynağında bu lama kaynak başladıktan sonra çıkarılır. İki boru tam olarak ayarlandığında 1. sıra kaynağa geçilir. "Kök paso" olarak adlandırılan bu kaynağın yukarıdan aşağı pozisyonda çok seri ve hatasız olarak çekilmesi gerekir. Kök paso kaynağı sırasında boruları tutan iç kelepçe sökülmez ve kaynak bitene kadar iki boruyu sabit olarak tutar.

İki kaynakçı karşılıklı olarak aynı anda kaynağa başlarlar ve her biri borunun bir yarısını kaynatır. Kaynaktan sonra iç kelepçe gevşetilerek bir sonraki kaynak noktasına hareket edilir. Kök paso kaynağı atıldıktan sonra borunun hareket ettirilmemesi gerekir. Bu sırada meydana gelecek olan bir oynama, kaynağın çatlamasına neden olabilir. Kök paso kaynağı, mekanik taşlarla taşlanarak cüruf kalıntıları temizlenir ve kaynak, diğer sıra kaynakların atılmasına hazır hale getirilir. İyi temizlenmiş kök paso kaynağı daha sonra alınacak olan X-Ray filminde hatalı gözükeceği için temizlik çok iyi yapılmalıdır.

b) Sıcak paso, dolgu ve kapak paso kaynaklarının atılması: iç kelepçe ve kök paso kaynakçılarının bir sonraki kaynağa geçmelerinden sonra sıcak pasoyu atmak için diğer ekip bu noktaya gelir.

Burada da iki kaynakçı karşılıklı olarak çalışır. Aynı şekilde kaynağın tamamlanmasından sonra sıcak paso kaynakçıları da bir sonraki kaynağa geçerler ve dolgu sıra kaynakçıları onların yerini alır. Böylece her sıra kaynak için 2 kaynakçıdan meydana gelen bir ekip çalışır. Boru et kalınlığına bağlı olarak ekip sayısı da değişir.

Boru hattında çalışacak olan kaynakçıların belirli bir tecrübede ve maharette olması gerekir. Çünkü aynı kaynak üzerinde, düz dik ve tavan pozisyonlarında seri ve hatasız kaynak yapma şartı aranır. Bu şekilde tamamlanan kaynaklar çeşitli tahribatsız

yöntemlerle kontrol edilir. En yaygın yöntem X-Işını ile röntgen kontrolüdür. Şartnameye bağlı olarak yapılan bütün kaynakların veya belirli yüzdesinin röntgenleri çekilir. Film değerlendirmelerine göre hatalı kaynaklar tamir edilir veya hata giderilemeyecek durumda ise (çatlak gibi) kaynak dikişi karbon elektrot veya taşla sökülerek yeniden kaynatılır.

6- SARGI VE İNDİRME

Toprağa gömülecek olan borunun korozyondan etkilenmemesi için, dış yüzeyi özel maddeyle sarılır. Burada amaç, metalin su ile temasını önlemektir, dolayısıyla sargı malzemesi seçilirken buna dikkat edilir.

Yaygın olarak kullanılan sargı malzemeleri polietilen esaslıdır. Boru üzerindeki pas tabakası temizlendikten sonra polietilen sargı sarılır.

Sargı kontrolü özel bir dedektör ile yapılır. Boru üzerinde yüksek voltaj uygulanarak herhangi bir delik olup olmadığı araştırılır. Sargı ve kontrolü tamamlanan kısımlar peyderpey kanala indirilir

7-TİE-İN VE ÖZEL GEÇİŞLER

Boru hatları inşaatında mühim olan sürat ve devamlılık olduğu için bu devamlılığı aksatabilecek olan noktalar normal ekip tarafından atlanarak geçilir. Bu atlanan yerler arkadan gelen özel ekiplerce tamamlanır.

Bu tip atlanan yerler, yol geçitleri, vana istasyonları, test noktaları ve diğer özel bağlantı gerektiren yerlerdir. Bu tip bağlantı noktaları "tie-in" olarak nitelendirilir. Bu işleri yapan ekip de "tie-in ekibi" diye bilinir ve bu noktadaki kaynak, sargı ve kapatma işlerinin tümünü yaparak tamamlar.

8- KAPATMA

Kanala indirilen borunun üzeri hemen kapatılır. Uzun süre üzeri açık kalan borunun sargısı zedelenebileceğinden, indirme ekibinin hemen arkasından borunun üzeri örtülür.

9- HİDROSTATİK TEST

Boru hattı inşaatının zor işlemi hidrostatik testtir. Test sırasında hattın belirli bir bölümü su ile doldurularak, şarnamede belirtilen basınç elde edilir, bu basınçta belli bir süre tutulur. Bu süre içinde herhangi bir kaçak olursa tespit edilerek tamir edilir.

Test edilecek bölümlerin uzunluğu ve sayısı toplam hat uzunluğuna, yükseklik farklarına, vana istasyonlarının yerlerine ve su temin edilecek yerin durumuna ve boşaltma imkanına göre saptanır. Gerekli basıncın elde edilmesi bakımından test bölümlerinin kısa tutulması tercih edilir.

10- TEMİZLİK VE SAHA DÜZENLEMESİ

Test tamamlandıktan sonra test noktaları kaynatılarak hat tamamlanır, kurutularak kullanıma hazır hale getirilir. Uzun süre kullanıl-mayacaksa korozyonu önlemek için azot gazı basılır. Daha sonra borunun döşendiği saha ilk tabii görünümüne getirilir ve boru hattı inşa işlemi tamamlanır.

II- BORU HATTI İNŞAATINDA KULLANILAN BORU TİPLERİ

Boru hattı kaynağına geçmeden önce boru hattının ana malzemesi olan borunun imalat yöntemleri hakkında kısa bilgi vermenin yararlı olacağı kanısındayız. Boru hatlarında genellikle sistemin özelliklerine uygun olarak seçilmiş malzemelerden ilgili standartlara göre dizayn edilerek kalınlığı tespit edilmiş borular kullanılır.

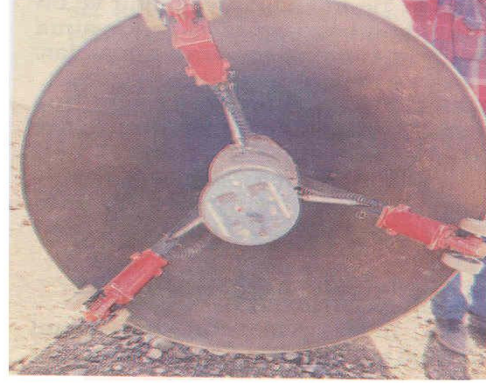
Pek tabiidir ki boru hattındaki diğer işlemlerin problemlerini en aza indirmek ve hattın genel kalitesini istenilen düzeyde tutmak için önce borunun kaliteli olarak üretilmiş olması gerekmektedir.



Resim 3



Resim 4



Resim 5



Resim 6

A) BORU ÜRETİM YÖNTEMLERİ

- 1- Dikişsiz : Ancak küçük çaplı hatlarda kullanılır. Çok pahalıdır.
- 2- Dikişli : Genellikle boru hatlarında kullanılır.
 - a) Elektrik direnç kaynağı ile (6"e kadar)
 - b) Toz altı kaynak yöntemi ile spiral kaynaklı boru (6"dan yukarı)
 - c) Toz altı kaynak yöntemi ile düz kaynaklı boru olarak üretilir.

Boru hattında genellikle toz altı kaynak yöntemi ile imal edilmiş spiral veya düz kaynaklı borular kullanılır.

Spiral kaynaklı boruların üretimi seri üretim şeklinde olması nedeniyle burada tahribatsız kontroller, gelişmiş otomatik cihazlarla yapılmaktadır. Kaynaklar bir TV ekranında takip edilmekte ve hatalara anında müdahale edilebilmektedir. Ayrıca kaynakların tamamlanmasını müteakiben ultrasonik ve röntgen kontrolleri yapılmaktadır. Ultrasonik kontrollerde birden fazla prob kullanarak tüm kaynak bölgesi taranmakta ve hata bulunduğu anda operatör ses ve ışık ikazı ile uyarılmaktadır. Radyografik kontrollerde ise görüntü bir TV ekranına alınmakta (autoradyography) ve bir teknisyen tarafından sürekli izlenmekte, hatalı ve şüpheli yerler teknisyen kumandası ile filme de alınabilmektedir.

- Düz dikişli boruların üretiminde de benzer faaliyetleri görmek mümkündür.

Boruların hat kaynağını¹ etkileyen en önemli faktörler:

- Saçta kalınlık değişimleri-
- Kaynak bölgesindeki lokal çökmeler
- Ovallık (spiral kaynaklı borularda kaçınılmazdır)
- Çap farklılıkları

Bu hatalar, boruların uç uca montajında pek çok kaynak hatasının da orijinini oluşturan kaçıklığa (high-low) neden olurlar.

Boruların uç-uca montajında görülen kaçıklık.

Bunların dışında kaynak kalitesi de çok önemli bir faktördür. Önemli olan bir diğer konu da boru malzeme sindeki paslanma, kabuklanma ve (pittings) karıncalanmadır.

Son yıllarda ABD'de bazı imalatçıların uygulamaya başladığı bir diğer yöntem de boruları önce küçük çapta ve düşük mukavemetli malzemelerden imal edip daha sonra İÇ BASINÇ uygulamak suretiyle şişirerek istenilen çapa getirmektir. Bu arada boru iç basınç nedeniyle soğuk şekil değiştirmiş olduğundan sertleşmiş ve mukavemeti artmış olacaktır (EXPANDING PIPES).

III- MALZEME SEÇİMİ

Her dizaynda olduğu gibi boru hattı malzeme seçiminde de servis şartları iyice analiz edilerek optimum çözüm bulunmalıdır. Malzeme seçiminde aşağıdaki faktörler etkindir:

a) MUKAVEMET

Boru hattının hidro-statik ve dinamik yükleri ile deprem yükleri, montaj sırasındaki yükler ve test yükleri dikkate alınarak malzemenin "kalınlık ve kalitesi" tespit edilir.

Burada diğer faktörler ve ekonomiklik dikkate alınarak belli bir kalınlık için belli bir kalite saptanır. Genellikle kaliteli ve ince malzeme kullanmak (imalat ve montajda özel sorunlar yaratmadığı sürece) daha ekonomiktir. Yüksek mukavemet için C, Mn oranı artırılır.

b) KOROZYON

Toprak erozyonu ve akışkanın dizayn basınç ve sıcaklığındaki korozyon ihtimali (gr/yıl) dikkate alınmalıdır. Genellikle mukavemet için hesaplanan kalınlık arttırılarak iç ve dış boya/kaplama yapılarak sorun çözümlenir. Kaplama malzemeleri içinde epoxy, beton, polietilen, dışarıda polietilen asfalt ve benzerleri olabilir.

c) YÜKSEK SICAKLIK

Creep (sürenme) özelliğinden dolayı malzemelerin mukavemeti 200-250°C'den itibaren önemli şekilde düşer. Bu nedenle bu tür servisler için hafif alaşım (Mn, Mo, Cr) malzemeler kullanılmalıdır.

d) DÜŞÜK SICAKLIK

Düşük sıcaklarda (-15°/-20°C) darbe dayanımı hızla düşer. Yüksek karbon (C) darbe mukavemetini düşürür. Manganezin de etkisi aynı yöndedir, ancak Mn geçiş sıcaklığını daha düşük sıcaklıklara (sola doğru) çeker. Bu nedenle manganez (Mn) düşük servis sıcaklıklarında çalışacak malzemelerde çok kullanılır. Krom (Cr) ve Nikel (Ni) alaşım elemanları da çeliğin darbe mukavemetini manganez gibi etkiler.

e) **DİNAMİK YÜKLER**

Darbe dayanımı yüksek krom ve nikel alaşımlı boru malzemesi kullanılır.

f) **KAYNAK EDİLEBİLİRLİK**

Malzeme mukavemetini arttırmak için yükseltilmiş olan C ve Mn sünekliği ve tokluğu düşürdüğünden sertliğin, artmasına ve dikiş altı çatlaklarının oluşmasına yol açar.

$$Ceşd = C + Mn/6 + Ni/15 + Mo/4 + Cr/5 + Cu/13$$

$Ceşd < 0,45$ problem yok, eğer malzeme kalınlığı da 20 mm'nin altında ise ön ısıtma gerekli değildir.

$Ceşd = 0,45-0,60$ ön ısıtma gerekir. (150-200°C)

$Ceşd > 0,60$ ön ısıtma gerekir (200-400°C)

Eğer mukavemet nedeniyle C, Mn'i yüksek tutmak zorunda isek sorunu iki şekilde önleyebiliriz.

- 1) C, Mn yerine mukavemeti arttırmak için Cb, V ve bazen Cr. Ni ilave edilir.
- 2) Ön ısıtma yapılır. Ön ısıtma yavaş soğumayı sağlar. Dolayısıyla sert yapı oluşmasını önler.

Dikiş altı çatlaklarından şüphelenme sınırı 285 HB'dir. Dolayısıyla kaynakta bu değer altında kalınlığı kontrol edilmelidir.

Memleket aşırı boru malzemeleri için enternasyonal kod

API5L, 5LS, 5LX dir.

C, Mn miktarı arttıkça mekanik mukavemetler yükselmektedir. X56, X60, X65'de Cb, V katkısına; X70 de ise C, Mn bulunduğuna dikkat ediniz, ayrıca X70 malzemeye müşteri ile mutabakat yapılarak Cb, V vb. katılabilir.

Özet olarak dizayncıya düşen görev, elindeki imkanları çok iyi değerlendirerek optimum çözümü bulmaktır:

İnce, yüksek mukavemetli kaynağı zor bir malzeme mi; yoksa kalın, orta mukavemetli kaynağı kolay malzeme mi kullanılmalıdır?

IV - KAYNAK YÖNTEMLERİ

A) ÖRTÜLÜ ELEKTRODLA ELEKTRİK ARK KAYNAĞI YÖNTEMİ (SMA)

Avantajları

- 1) Ekipman maliyeti düşük ve temini kolaydır.
- 2) Kaynak ağzı hataları kolaylıkla tolere edilebilir.
- 3) Kaynakçı temini kolaydır
- 4) Otomatik olmadığından ayar deneme çalışması vb. problemleri yoktur, dolayısıyla daha hızlı devreye girebilir.
- 5) Bakım ve onarım sorunları en az seviyededir.

Dezavantajları

- 1) Yavaş bir yöntemdir
- 2) Hata ihtimali fazladır
- 3) Kaynakçıya çok bağlıdır (Hız-Kalite)

Kullanılma Yeri

- 1) Ana hat kaynaklarında
- 2) Tie-in kaynaklarında bozuk kaynak ağzını tolere edebildiği için
- 3) Aksesuar ve branşman kaynaklarında

B) OTOMATİK MAG KAYNAK YÖNTEMİ

Avantajları

- 1) Hızlı bir yöntemdir.
- 2) Hata ihtimali azdır.
- 3) Operatöre çok bağlı değildir.
- 4) Cüruf temizleme işi yoktur.

Dezavantajları

- 1) Kaynakçı eğitimi gerektirir
- 2) Yatırım maliyeti fazladır
- 3) Özel bakım ve onarım personeli ve yedek parça gerektirir
- 4) Deneme çalışmaları ve ayar gerektirir

- 5) Kaynak ağızı hatalarını tolere edemez.
- 6) Tie-in ve Özel yerlerde (dik tepe vb) kullanılamaz.

Kullanma Yerleri

Ana hat kaynaklarında (özellikle süre önemli ise)

C) TOZALTI KAYNAK YÖNTEMİ (SAW)

Avantajları

- 1) Hızlıdır.
- 2) Hata ihtimali azdır.
- 3) Operatöre çok bağlı değildir.

Dezavantajları

- 1) Sadece düz pozisyonda kaynak yapabilir.
- 2) Operatör eğitimi gereklidir.
- 3) Yatırım maliyeti yüksektir.
- 4) Özel yetiştirilmiş bakım ve onarım personeli gerektirir.
- 5) Deneme çalışmaları ve ayar gerektirir.
- 6) Kaynak ağızı hatalarını tolere edemez.

Kullanma Yerleri

Kaynak pozisyon sınırlaması nedeniyle boru hattı inşaatlarındaki simetrik kaynak ağızlarında uygulanamaz, Toz altı kaynağı yöntemi ile ana hat kaynağı denemeleri de vardır, ancak yukarıda belirtilen nedenlerle tercih edilmemektedir.

D) ÖZLÜ TEL ELEKTRODLA ELEKTRİK ARK KAYNAĞI YÖNTEMİ (FCAW)

Yöntemin Açıklaması Boru şeklinde (içi boş) tel elektrot kullanılır. Boşluğa özel kaynak tozu konulmuştur. Tel, bir rulo halinde tel besleme ünitesine monte edilir. Yan otomatik bir yöntem olup her pozisyonda kaynak yapılabilir.

Toz altı kaynağına alternatif olarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Son zamanlarda boru hattı kaynağında da uygulamalara başlanılmıştır.

Ancak koruyucu gazsız kullanılan tipi (Self-shielded) darbe mukavemetinin düşük olması nedeniyle ilgili ABD'de standartlarca kabul edilmiş olmasına rağmen müşterilerin özel şartnameleri ile uygulanmasına izin verilmemektedir. Henüz kendini kanıtlamış bir yöntem değildir.

60°lik KAYNAK AĞZINDA ÖRTÜLÜ ELEKTRODLA ARK KAYNAĞI

1- Kaynak ağızı hazırlığı

Kök nüfuziyeti açısından kök yüksekliği ve aralığı çok önemlidir. Yükseklik az olursa içeriye akma (sakal) yapar, çok olursa nüfuziyeti sağlanamaz.

Açı dar olursa yanlarda ergime eksikliği, cüruf sıkışması olabilir. Kök aralığı çok olursa yanlarda yanma oluşu ve akma olabilir, az olursa nüfuziyet sağlanamaz.

Boru kaynaklarında, kaynak ağızı tercihen mekanik olarak açılmalıdır.

Kaynakçı, duruma göre ark boyu, hız ve elektrot yönlendirmesi ile (ileri kaynak, geri kaynak) nüfuziyeti ayarlayabilmelidir.

2- Elektrod seçimi

Röntgen kalitesinde kaynak istenildiğinde bazik ve selülozik elektrot olmak üzere iki alternatif vardır. Selülozik elektrotlar genellikle daha hızlı ve daha derin nüfuziyet sağladığı için tercih edilir. İnce cüruf yukarıdan aşağıya düşen pozisyonda kaynak sağlar. Ancak yüksek kaliteli malzemelerde hidrojen difüzyonunun yol açacağı çatlakları önlemek üzere "Düşük Hidrojen Bazik" elektrot kullanılır, (vana vb. bağlantı),

Kaynadıktan sonra yavaş soğuma, hidrojen kaçmasına zaman tanıdığından çatlak riskini azaltmaktadır.

Ancak düşük hidrojenli elektrotların aşağıdaki dezavantajları vardır.

a) Selülozik elektrotlara göre daha az nüfuziyet

- b) Viskoz ve geniş hacimli bir cüruf verir (temizliđi zor).
- c) Tavan pozisyonunda kullanmak zorluđu.
- d) Aşağıdan yukarıya dik pozisyonda kullanıldığından selülozik elektrotlara göre düşük kaynak hızı
- e) Elektrotların kurutma fırınında en az 300°C'de 2 saat süreyle kurutulma gereği.

Bu nedenlerden dolayı elektrot imalatçıları bu dezavantajları minimize edecek özel elektrot geliştirmektedir.

Mukavemet

Genellikle elektrot malzeme mukavemetinin biraz üzerinde mukavemeti haiz olacak şekilde seçilmelidir. Mukavemetteki büyük farklılıklar, farklı özellikler nedeniyle çatlaklara yol açabilir.

Kök paso, ikinci paso atılmadan önce 100-150 N/mm² daha fazla mukavemeti haiz olup darbeye karşı hassastır. Bu riski kaldırmak için kök pasoda daha sünek tercihen bazik tip bir elektrot kullanılır.

Uygulama Teknikleri

A) Selülozik Elektrot için:

1) Aşağıdan yukarıya dik pozisyon tekniği

Yavaştır, kök aralığındaki farkları tolere edebilir. Kaim bir kaynak dikişi sağlar. Bu özelliklerinden dolayı montajı kötü yapılmış yerlerde Tie-in ve yol geçişlerinde kök pasoda kullanılır, (şekil 1).

2) Yukarıdan aşağıya dik pozisyon tekniği

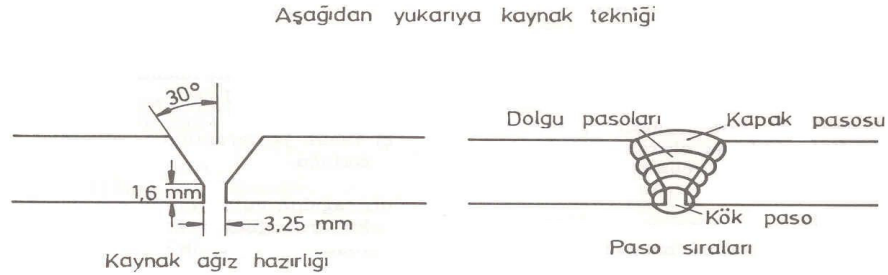
Çok hızlıdır, salınımlı kaynak yapamaz. Bu nedenle çok kalın borularda tavsiye edilemez. Çok büyük maharet ister. Hızlı olması nedeniyle genellikle tercih edilen ve uygulanan bir tekniktir, (şekil 2).

3) Karma Teknik

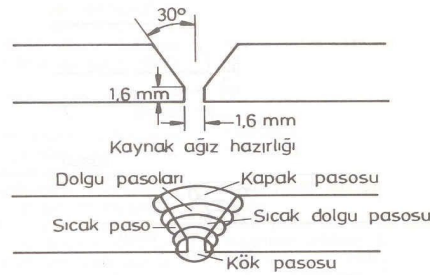
Özellikle tie-in'lerde, yol geçişlerinde, boru-fitting bağlantılarında, tamirlerde ve kötü alıştırmış yerlerde kök aralığındaki farklılıkları tolere ettiği için kök paso aşağıdan yukarıya doğru yapılır. Ancak bu yavaş bir teknik olduğu için diğer pasolar yukarıdan aşağıya doğru yapılır, (Şekil 3).

B) Bazik elektrotlar için

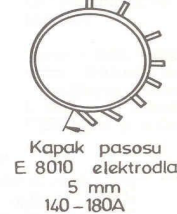
Aşağıdan yukarıya dik pozisyon uygulanır. Ancak boru hatları için yukarıdan aşağıya doğru kaynak yapabilen özel bazik elektrotlar (AWS/ASME E 7048 sınıfı) geliştirilmektedir, (Şekil 4).

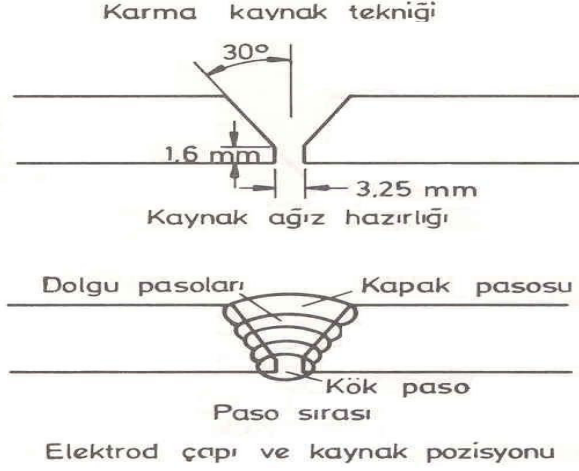


Yukarıdan aşağıya kaynak tekniği



Paso Sırası

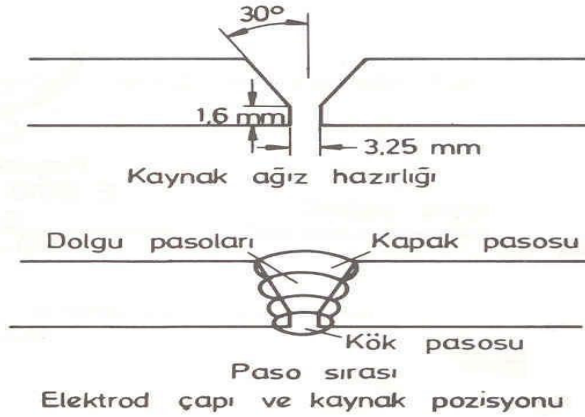




Kök pasosu ϕ 3,25 mm elektrodla, aşağıdan yukarıya pozisyonda
 Sıcak pasosu ϕ 4,00 mm elektrodla yukarıdan aşağıya pozisyonda
 Dolgu ve kapak pasoları ϕ 5,00 mm elektrodla yukarıdan aşağıya pozisyonda

Şek 3

E 7018 elektrodla bir borunun aşağıdan yukarıya kaynak (konvensiyonel) tekniğinde tipik prosedür.



Kök pasosu ϕ 2,50 mm elektrodla, dolgu pasoları ϕ 3,25 mm elektrodla ve kapak pasosu ϕ 4,00 mm elektrodla aşağıdan yukarıya pozisyonda

Sek 4

KAYNAK PROSEDÜRÜ

Ön ısıtma: Ön ısıtma genellikle soğuma hızını yavaşlatmak amacıyla yapılır. Özellikle $C_{es}d > 0,45$ olan, alaşımlı ve kalın malzemelerde önemlidir. Hızlı soğuma:

a) Metalürjik yapıyı daha sert yapar.

b)Hidrojenin ve diğerk gazların kaçmasına zaman vermez. Kaim parçalarda ise deformasyon İmkani az olduğundan soğurken çekme nedeniyle çatlaklara yol açma tehlikesi vardır. Dolayısıyla ön ısıtmaya, kimyasal bileşim ve kalınlığa bakılarak karar verilir. Genellikle 20 mm.'nin üzerinde kalınlıklarda ön ısıtma gereklidir. Genel bir kural olarak $Ceşd > 0,45$ ise 150-200°C; $Ceşd > 0,60$ ise 200-400°C sıcaklık aralığında ön ısıtma uygulanır.

Ayrıca parçanın çok sıkı puntalanıp puntalanmadığına da dikkat etmek gerekir.

Gerilim giderme : Malzemenin metalürjik özellikleri ve kullanılma yeri belirler. Kaynak sırasında oluşan iç gerilmeleri minimize etmeyi amaçlar. Ancak bu arada kopma mukavemetinde bir miktar düşme söz konusudur. Bu nedenle mukavemet/iç gerilme durumu optimize edilmelidir. Pipe-line'da gerilim giderme olayı çok pahalı bir olaydır. Bu nedenle dizaynda dikkat edilir ve gerilim giderme tavlamasını gerekli kılacak gerilmelere yol açmamaya çalışılır.

Genellikle alaşımatsız çeliklerde kalınlık 32 mm.'yi geçince gerilim giderme işlemi istenir, ancak özel servislerde (Hidrojen, Klor vb. gibi) mutlaka yapılır. Alaşımatsız çeliklerde ortalama 600°C/saat/25 mm uygulanır.

Kelepçe: Genellikle ana hat kaynaklarında İç kelepçe kullanılır.

Dış kelepçe kullanıldığında kelepçe, geometrisi nedeniyle kaynağa ara vermek ve kelepçeyi aldıktan sonra da kök pasoya devam etmek söz konusudur. Tie-in'lerde ise dış kelepçe kullanılır.

Kelepçeler pneumatiktir. İç kelepçe kök paso tamamlanıncaya kadar içeride tutulur. Kelepçeler boru ağzının reglajını da sağlar.

Kök paso ile sıcak paso arasındaki süre:

Kök paso ile sıcak paso (kök pasonun üzerine atılan 2. pasodur) arasında geçecek süre çok önemlidir. Bu sürenin uzun olması halinde kök paso soğuyacak ve soğuma sırasındaki çekmeler nedeniyle çatlaklar meydana gelecektir, özellikle "yukarıdan-aşağıya dik pozisyonda" ince bir kök paso olduğundan bu husus çok önemlidir. Süre ençok 10 dakika olup, bu süre zarfında cüruf alma ve temizleme işinin bitirilmesi gerekir. Bu nedenle kök paso biter bitmez taşçılar devreye girmelidir. Tıpkı bir "bayrak yarışı" gibi.

Paso sıralarının özellikleri:

1) Kök paso : Nüfuziyet ve süreklilik çok önemlidir.

- 2) Sıcak paso : Kök paso soğumadan atılmalıdır. Yüksek amper, penetrasyon sağlayıp kalan cürufların kaynak banyosu üzerine çıkmasını sağlar: Örneğin ϕ 4.0mm için 160-180 A gibi.
- 3) Dolgu pasoları: Düz, yanma olumsuz ve cüruf kalıntısız pasolar olmalıdır. Saat 12/10, 12/2, 4/6. 8/6 saat pozisyonlarında dönme ve adım hareketi verilmeli, diğer pozisyonlarda salınım yapılmalıdır. Amper nispeten düşük olmalıdır: örneğin ϕ 4.0 mm. için 130-150 A gibi.
- 4) Kapak paso: Az salınımla yanma olumsuz yapılmalı; kapak pasosu bombesi 1-2mm olmalı, kenarlara 1.5 mm.'den fazla binmemelidir. Amper, gözeneği önlemek üzere (aşırı ısınmadan ileri gelebilecek) dolgu pasolarında daha düşük olmalıdır.

Elektrotların Depolanması:

- A) Selülozik tip elektrotlar: Örtülerinde yüksek oranda nem vardır. Başarılı bir kaynak için örtünün belli bir miktar nem içermesi gerekir. Bu nedenle güneş ışınlarına ve yüksek sıcaklığa maruz kalması önlemelidir.
- B) Bazik tip elektrotlar: Düşük hidrojen özelliğini sağlayabilmek için örtü nem içermemelidir. Örtü hidroskobiktir, bu nedenle kullanmadan önce elektrotlar mutlaka fırınlanmalıdır. 300-350°C'de iki saat tutulmalıdır. Kullanılmayan elektrotlar tekrar fırına konulmalıdır.

Kaynak Ekipmanları : Sadece Doğru Akım kullanılır. Yüksek devre voltajı ve düşük karakterli bir eğrisi olmalıdır. Böylece gerilimdeki değişmeler (ark buyunu değiştirerek) akım şiddetini çok etkilememelidir. İyi bir iyonizasyon sağlamak için açık devre voltajı 70 V olmalıdır.

Selülozik elektrodlar, kök pasoda derin nüfuziyet vermesi nedeniyle NEGATİF (-) kutupta, müteakip pasolarda POZİTİF (+) kutupta kullanılmaktadır.

VI-GAZALTI KAYNAĞI

Özellikle boru hattı kaynağı için geliştirilen bu sistem küçük çaplı tel kullanılan MAG (Metal-Aktif-Gaz) kaynağıdır. Fabrikadan 30°lik V-Kaynak ağızı açılarak sevk edilen borular, bu tip kaynak için uygun değildir. Kaynak ağızında olabilecek küçük kaçıklıklar el kaynağında sorun çıkarmayabilir, fakat otomatik MAG kaynağında çok ciddi sorunlar yaratabilir. Bu yüzden kaynaktan önce makinenin özel tornası ile özel kaynak ağızı açılır, Şekil 5. Kaynatılacak olan borular otomatik MAG kaynak makinesinin

kendi iç kelepçesiyle ağız ağza getirildiğinde arada hiçbir aralık bırakılmaz. Dolayısıyla gerekli kaynak metali miktarı, el kaynağına göre daha az olur.

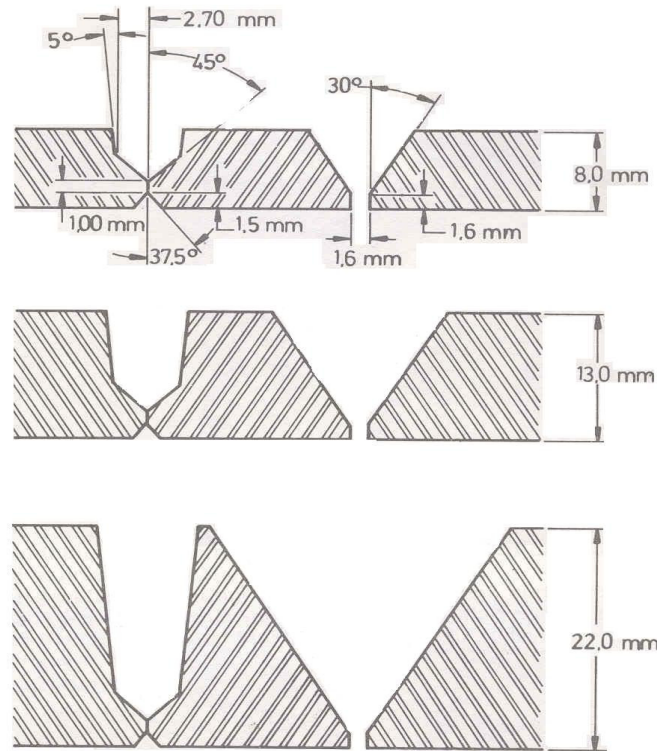
Otomatik MAG kaynağında kök paso içerden çekilir, bu suretle kök pasoda olabilecek yanma çentikleri en aza indirilir. Diğer bir avantaj da, kök paso bitmeden, dışarıdan sıcak paso kaynağına başlanabilir. Bu suretle kaynak işlemi hızlandığı gibi iç kelepçe sökülmeden daha mukavemetli bir kaynak elde edilir.

Otomatik MAG kaynağı 3 sistemden meydana gelir:

- 1- Kaynak ağız açma tornası
- 2- İç kelepçe ve iç kaynak makinesi
- 3- Dış kaynak makinesi

I- Torna makinesi hidrolik tahrikli olup, üzerinde boru çapına göre değişen sayıda (4 veya 6) torna bıçağı bulunur. Bu bıçaklardan her biri değişik bir profili açar.

Aynı anda iki torna çalışarak bir borunun her iki ucuna kaynak ağız açar.



Üç aynı et kalınlıklı boruda 30°'lik standard kaynak ağızları (sağda) ile otomatik MAG kaynak yöntemi için açılmış kaynak ağızlarının (solda) mukayesesi (Ölçek 3:1)



Resim 7



Resim 8

II- İç kelepçe ve iç kaynak makinesi: Bu ünite iki boruyu ağızlayarak kaynak pozisyonunda sabitleştirir ve otomatik olarak kök pasoyu içerden çeker. Kelepçe kısmında pnömatik olarak çalışan pabuçlar bulunur. Kaynak kısmında ise 4 veya 6 adet kafa ye raim akta dır. 24" - 38" mm. çaplar için 4 kafa, 40"-60" çaplar için 6 kafa kullanılır. Her kafada 1.5 kg. 'lık 0.9 mm. çaplı rulo tel yakılmaktadır. Kök paso kaynağı, %75 argon, %25 CO₂ karışım gazı ortamda yapılır. Ortalama tel hızı 340 inch/dak. iç kaynak makin ası kök pasoyu iki hareketle

tamamlar. Makine ilk önce borunun bir yansını kaynatır, daha sonra aksi yöne dönerek ikinci yarıyı tamamlar, Resim 6

III- Dış Kaynak Makinesi:

Değişik kaynak sıralan için değişik dış kaynak makineleri mevcuttur. Sıcak paso, dolgu ve kapak paso için makine özellikleri farklıdır. Dolgu ve kapak paso makinelerinde kaynak kafası sağa sola salınım yapar. Makine boru çevresinde Özel bir ray üzerinde hareket eder. Dış kaynak makinelerinde 2.5 Kg.'lık 0.9 mm. çaplı rulo tel kullanılır. Koruyucu gaz % 100 CO₂'dir. Her sıra kaynak için iki adet makine çalışır, Resim 7.

Genel olarak otomatik kaynağın el kaynağına göre avantajları şöyledir:

- a) Fiziksel ve estetik kalite daha iyidir.
- b) Bitmiş kaynağın özellikleri uniformdur.
- c) Kaynakçı eğitimi için çok az süre gerekir.
- d) Kaynakçı sayısı daha azdır.
- e) Daha az kalifiye kaynakçı kullanılabilir.
- f) Kaynakçılar bir kaynak üzerinde daha kısa süre çalıştıkları için yorulma süreleri daha uzundur.
- g) Toplam kaynak sayısına göre, el kaynağına nazaran daha ucuzdur.
- h) El kaynağına göre hava şartlarından daha az etkilenir, gaz koruma düzeneği kullanılması şartıyla.
- i) Ön ve arka ekipler birbirlerine yakın olduğu için ekip kontrolü kolaydır.
- j) Kaynak teli hidrojen içermediği için çatlamaya karşı daha yüksek mukavemetli kaynak elde edilir.
- k) Bitmiş kaynağın metalürjik özellikleri daha olumludur.
- l) Kaynak sarf malzemesinin tayini ve hatalı yerlerin tamiri ve kontrolü daha kolaydır.
- m) Gerekli toplam kaynak metali miktarı daha azdır, özellikle kaim etli borularda bu miktar el kaynağına göre daha azdır.

- n) Kaynak ağzı geometrisinden dolayı bitmiş kaynağın göz ve radyografik muayenesi kolaydır.
- o) Ön ısıtma ihtiyacı minimuma indirilebilir.

KAYNAK HATALARI, MUHTEMEL SEBEPLERİ, ÖNLENMESİ İÇİN ALINACAK TEDBİRLER

A- GÖZENEK:

Sebepler

- Aşırı salınımlı kaynak
- Yüksek akım şiddeti kullanma sonucu ana metalin aşırı ısınması
- Elektrot örtüsündeki çok düşük nem miktarı (selülozik tip elektrotlar için)
- Elektrot örtüsündeki çok yüksek nem miktarı (bazik tip elektrotlar için)
- Ana metal kompozisyonundaki dengesizlik.

Önlenmesi için alınacak tedbirler

- El hareketi elektrot çapının 2 katını geçmemeli
- Elektrot çapı ve akım şiddeti boru et kalınlığına göre seçilmeli.
- Elektrotlar belli bir nem oranını haiz depolarda muhafaza edilmeli.
- Elektrotlar kullanılmadan önce elektrot kurutma fırınında 300-350°C'de iki saat süreyle kurutulmalı. (Şekil 6).

B- KURT DELİĞİ:

Sebepleri:

- Kaynak dolgusunda gecikmiş deoksidasyon
- Elektrod örtüsündeki nem oranı çok düşük veya çok yüksek.

Önlenmesi için alınacak tedbirler

- Aşırı dolgudan kaçınmalı.
- Elektrodlar, belli bir nem oranını haiz depolarda muhafaza edilmeli.
- Elektrodlar, kullanılmadan önce elektrod kurutma fırınında 300-350° C'de iki saat süreyle kurutulmalı. (Şekil 7).

B- KÖK PASODA BOŞLUK:

Sebepleri

- Kök açıklığı çok dar bu yüzden gazların çıkması engellenmiş.
- Ana metal kompozisyonundaki yüksek Al mitan.

Önlenmesi için alınan tedbirler

- Kök açıklığı 1 mm.'den az olmamalı.
- %0.040 Al ihtiva eden metaller için optimum kök açıklığı 1.5 mm. olmalı ve küçük çaplı elektrod kullanılmalı. (Şekil. 8)

C- CÜRUF KALINTISI:

Sebepleri:

- Pasolar arası yetersiz temizlik
- Kök paso kötü taşlanmış
- Acemi elektrot hareketi.
- Amper çok düşük.

Önlenmesi için alınan tedbirler

- Her paso döner fırça ile temizlenmeli.
- Sıcak paso atılmadan önce kök paso iyice taşlanmalı. (Şekil 9).

E. ERGİME EKSİKLİĞİ:

Sebepleri:

- Kaynak ağzı yüzeylerinin yetersiz ergimesi.
- Kaynak ağzı yüzeyleri kirli ve paslı.

Önlenmesi için alınan tedbirler

- Kaynak ağzı uygun şekilde temizlenmeli.
- Çok düşük akım şiddeti, elektrot çapına ve kaynak pozisyonuna göre seçilmeli. (Şekil. 10).

F. ISI TESİRİ ALTINDA KALAN BÖLGEDE (ITAB) DİKİŞ ALTI ÇATLAKLARI

Sebepler:

- Hidrojen, gerilme ve sertleşen malzeme yapısının birleşik etkisi.

Önlenmesi için alınan tedbirler

- Hidrojen çıkışını sağlamak için boru malzemesine ön ısıtma uygulanmalı, ön ısıtma aynı zamanda çatlama sıvıları açısından avantajlıdır.
- Borunun hareketi engellenmeli
- Kök paso kaynağı sırasında nispeten sertleşme beklenebilir, bu yüzden sıcak paso, kök paso biter bitmez atılmalıdır. (Seki. 11).

G. MEKANİK GERİLMELER SEBEBİYLE OLUŞAN ÇATLAKLAR

Sebepleri:

- Borunun kök paso sırasında veya sıcak paso atılmadan önce hareket ettirilmesi.
- Kaynak ağzı kaçıklığı çok fazla, bu yüzden kök kesiti dar, çatlama riski fazla.

Önlenmesi için alınan tedbirler

- Kök paso sırasında boruyu hareket ettirmekten kaçınmalı
- Kaynak ağzı kaçıklığı minimum da tutulmalı. (Şekil. 12).

H. YANMA ÇENTİKLERİ VE OLUKLARI:

Sebepleri:

- Akım şiddeti çok yüksek
- Acemi el hareketi.

Önlenmesi için alınan tedbirler

- Elektrot çapına uygun, doğru akım şiddeti seçimi. (Şek. 13).

I. AŞIRI KAYNAK YÜKSEKLİĞİ:

Sebepleri:

- Acemi el hareketi.

Önlenmesi için alınan tedbirler

- Akım şiddeti kök açıklığına uygun olarak seçilmeli.
- Son dolgu pasosu atılırken kapak paso yüksekliği düşünülerek ayarlama yapılmalı (taşlama vs.)
(Şekil. 14).

J. KÖK PASODA SARKMA

Sebepleri:

- Akım şiddeti çok yüksek
- Yetersiz ayarlama, kök açıklığı çok geniş.

Önlenmesi için alınan tedbirler

- Kök açıklığına uygun olarak doğru akım şiddeti seçmeli. Şekil. 15
- Kaynağın her iki tarafında ark tutuşturma lokal sertleşmeye yol açar ve sertleşme çatlakları riski artar.

K. ANA METAL ÜZERİNDE, KAYNAK AĞZI KENARINDA ELEKTROD TUTUŞTURMA YARALARI:

Sebepleri :

- Kaynağın her iki tarafında ark tutuşturma lokal sertleşmeye yol açar ve sertleşme çatlakları riski artar.

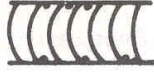
Önlenmesi için alınan tedbirler :

- Elektrod, kaynak ağzı içerisinde tutuşturulmalı. (Şekil. 16).

Hatalar

Gozenek

(dikif yüzeyinde görülemez)



Şek. 6

Kurt delikleri

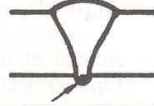
(dikif yüzeyinde görülür)



Şek. 7

Kök pasoda boşluk

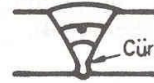
Özellikle kök paso takviyesinde görülür, ancak dikif kesidini azaltmaz.



Şek. 8

Çüruf kalıntıları

Özellikle ağız yüzeylerinde ve kök bölgesinde diziler halinde ortaya çıkar.



Şek. 9

Ergime eksikliği

(soğuk birleşme)



Pasolararası ergime yetersizliği
Kaynak ağızında ergime yetersizliği
Kökte ergime yetersizliği

Şek. 10

Dikif altı çatlakları

Özellikle sertleşmiş İTAB' de ortaya çıkar.



Şek. 11

Mekanik gerilmelerden ileri gelen çatlaklar

Genellikle kök paso bölgesinde ortaya çıkar.



Şek. 12

Yanma çentik ve olukları

Kök paso ve kapak pasosu bölgesinde ortaya çıkar.



Şek. 13

Kapakta ve kökte aşırı kaynak yüksekliği



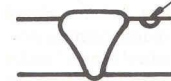
Şek. 14

Kök pasoda sarkma



Şek. 15

Elektrod tutuşturma yaraları



Şek. 16