

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞALGAZ BORU HATLARINDA
KULLANILAN BORULARIN KAYNAĞI
ve
BUNLARA UYGULANAN MUAYENE
YÖNTEMLERİNİN ETÜDÜ

Mak. Müh. Korkmaz KILÇOĞLU

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilimdalı İmal Usulleri Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Selhattin YUMURTACI

İSTANBUL , 1996

İÇİNDEKİLER .

	Sayfa
1. DOĞALGAZIN TANIMI ve ENDÜSTRİYEL ÖNEMİ	1
1.1. Doğalgaz oluşumu ve bileşimi .	1
1.2. Doğalgazın özellikleri , üretimi ve Dünya doğalgaz rezervleri	3
1.3. Doğalgazın diğer yakıtlarla karşılaştırılması ve üstünlükleri	4
1.4. Doğalgazın kullanım alanları	6
2. DOĞALGAZ BORU HATLARINDA KULLANILAN BORULAR	7
2.1. Doğalgaz boru hatlarında kullanılan Çelik (ST) borular	8
2.1.1. Çelik borular	8
2.1.2. Çelik borularda dış kaplama	9
2.2. Doğalgaz boru hatlarında kullanılan Polietilen borular	12
2.2.1. Polietilen malzemenin özellikleri	13
2.2.1.1. Fiziksel özellikleri	13
2.2.1.1.1. Hacim , kütle	13
2.2.1.1.2. Doğrusal genişleme katsayısı	13
2.2.1.1.3. Mekanik özellikleri üzerinde sıcaklığın etkileri	14
2.2.1.1.4. Elektriksel özellikleri	14
2.2.1.1.5. İklima bağlı yaşlanma , katalizörler	14
2.2.1.1.6. Geçirgenlik	15
2.2.1.2. Kimyasal özellikleri	16
2.2.1.2.1. Genel gaz dağıtımı sırasında davranışı	16
2.2.1.2.2. Aktif gerilim barındıran ortamlarda baskı sonucu çatlak oluşumu	17
2.2.1.2.3. Mekanik özellikleri	17
2.2.1.2.4. Ani darbelere karşı davranışı	18
2.2.2. Polietilen (PE) borular	18
2.2.2.1. Sınıflandırma ve özellikler	19
2.2.2.2. Boyut ve toleranslar	19
2.2.2.3. PE boruların imali	21
2.2.2.3.1. Boruların imalinde PE reçine seçimi	21
2.2.2.3.2. Reçine ve borular	24
2.2.2.3.3. Mekanik gerilmeler ve uzun vadeli davranışı	26

2.2.2.3.3.1. Yavaş gelişen çatlaklar	27
2.2.2.3.3.2. Hızla yayılan çatlaklar	27
3. ÇELİK BORULARA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMİ	28
3.1. Çelik borularda kaynaktan önce hazırlık	28
3.1.1. Malzemeler ve ekipman	28
3.1.2. Çelik boruların kontrolü	28
3.1.3. Boruların temizliği	28
3.1.4. Kesme ve kaynak ağzı açma	29
3.1.5. Çelik boruların yönlendirilmesi	31
3.1.6. Boru iç kısımlarının kontrolü	31
3.2. Elektrotlar	31
3.3. Çelik boruların hat boyunca kaynağı	33
3.3.1. Kaynak koşulları	33
3.3.2. Kaynak pasoları	35
3.3.2.1. Kök paso	35
3.3.2.2. Sıcak paso	35
3.3.2.3. Dolgu ve kapak pasoları	36
3.3.3. Tie-in kaynakları	36
3.3.4. Flanş kaynakları	37
3.3.5. Bozuk kaynakların tamiri ve yeniden kaynak yapılması	37
3.3.6. Kaynak parametreleri	38
4. POLİETİLEN BORULARA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMİ	40
4.1. PE boruların elektrofüzyon ile kaynağı	41
4.1.1. Elektrofüzyon Tekniği	41
4.1.2. PE şebekelerde birleştirme işlemler	44
4.1.3. PE boruların topraklanması	47
4.2. Elektrofüzyon kaynağının kullanım nedenleri	49
4.2.1. Teknik nedenler	49
4.2.2. Pratik nedenler	51
4.2.3. İnsan faktörü	52
4.2.4. Alın eritme kaynağı	52
4.2.5. PE borulara uygulanan elektrofüzyon ve alın eritme kaynak yöntemlerinin karşılaştırılması	54

4.3. Elektrofüzyon kaynağı ilkeleri	55
4.3.1. Zaman Sıcaklık parametresi	56
4.3.2. Zaman Basınç parametresi	57
5. KAYNAK HATALARI	60
5.1. Hataların tamiri	72
6. KAYNAKLARA UYGULANAN MUAYENELER	73
6.1. Tahribatlı (Mekanik) muayene yöntemleri	73
6.1.1. Çelik boruların kaynağında uygulanan tahribatlı muayene yöntemleri	74
6.1.1.1. Alın kaynaklarının testi	74
6.1.1.1.1. Çekme testi	76
6.1.1.1.2. Çentik darbe testi	77
6.1.1.1.3. Kök ve yüz bükme testi	79
6.1.1.1.4. Yan bükme testi	80
6.1.1.2. Kaynakçı kalifikasyonu	83
6.1.1.2.1. Tek kalifikasyon	84
6.1.1.2.2. Çoğul kalifikasyon	85
6.1.1.2.3. Kaynakların kontrolü	87
6.1.2. PE borular ile ilgili muayene ve testler	88
6.1.2.1. Dış görünüş ve piyasa arzı ile ilgili muayeneler	89
6.1.2.1.1. Gözle muayene	89
6.1.2.1.2. Boyut muayenesi	90
6.1.2.1.3. Piyasa için gerekli boru üzerine yazılı işaretler	90
6.1.2.2. Boru yapısı ve direnç deneyleri	90
6.1.2.2.1. Yoğunluk	91
6.1.2.2.2. Gaz bileşenlerinin boru hidrostatik direncine tesirinin tayini	91
6.1.2.2.3. Uzun süreli hidrostatik mukavemet deneyi	91
6.1.2.2.4. Alternatif uzun süreli hidrostatik mukavemet deneyi	92
6.1.2.2.5. Kısa süreli hidrostatik mukavemet deneyi	93
6.1.2.2.6. Alternatif kısa süreli hidrostatik mukavemet deneyi	94
6.1.2.2.7. Hava (Atmosfer) tesirinden sonraki özelliklerinin tayini deneyi	95
6.1.2.2.8. Fabrika hidrostatik deneyleri	95
6.1.2.2.9. Boyca eski haline (uzunluğuna) gelebilme deneyi	96
6.2. Tahribatsız muayene yöntemleri	96
6.2.1. Kaynakların radyografik kontrolü	98
6.2.1.1. Filmlerin seçimi	99

6.2.1.1.1. Negatifin yangölgesi	100
6.2.1.1.2. Fotografik yoğunluk	101
6.2.1.2. Işın kaynağının seçimi	102
6.2.1.3. Pozlama için işlem prosedürü	103
6.2.1.3.1. Boru içine ışın kaynağının yerleştirilmesi	103
6.2.1.3.2. Borunun dışına ışın kaynağının yerleştirilmesi	103
6.2.1.4. Koyulaştırıcı ekranların seçimi ve kullanımı	105
6.2.1.5. Filmlerin tanınması	105
6.2.1.6. Filmlerin banyosu ve karanlık oda düzeni	105
6.2.1.7. Pozların okunması	106
6.2.1.8. Radyografik görüntünün kalitesi	107
6.2.1.8.1. Telli Alman penetremetresi	108
6.2.1.8.2. Delikli penetremetreler	109
6.2.1.9. Radyografik kontrollerin sıklığı	110

7. UYGULAMALAR

Uygulama . 1 .

24'' Çelik boru hattında bulunan 46 nolu kaynak uygulaması ve radyografik testi . 111

Uygulama . 2 .

24'' Çelik boru hattındaki çift blöflü vana kaynağı 114

Uygulama . 3 .

Doğalgaz çelik boru hatlarında çalışacak olan Kaynakçı No: 154 Cumali ÇANDARLI

isimli kaynakçının , kaynakçı kalifikasyon testi 117

Uygulama . 4 .

Gaz akışımı kesmeden polietilen şebeke hatlarına müdahale , çap 63 mm polietilen

vana kaynağı 118

- Sonuç ve sentez

- Kaynakça

- Ekler

ÖZET

Tez konusu olarak doğalgaz borularının kaynağı ve bu kaynaklara uygulanan muayene yöntemleri incelenmiştir . Öncelikle doğalgaz çeşitli yönleriyle tanıtılmış ve daha sonra temel kullanım alanları belirtilmiştir . Doğalgazın taşınmasında ve son kullanım noktalarına ulaşmaya kadar içinden taşındığı borular temel olarak iki bölümde anlatılmıştır . Kullanılan çelik borular yapı , boyut ve kaynak parametreleri olarak , polietilen borular ise fiziksel ve kimyasal özellikleri ön plana çıkartılarak incelenmiştir .

Çelik ve polietilen borulardaki kaynaklı bağlantıların muayeneleri ise , mekanik (tahribatlı) ve tahribatsız olmak üzere iki grupta ele alınmış , son olarakda doğalgaz boru hatlarında yapılan temel boru kaynakları baz alınarak değişik çap ve boyutlarda kaynak uygulamaları deneysel olarak anlatılmıştır .

Bu tezin hazırlanmasında İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş. (İGDAŞ) arşivinde bulunan çeviri , spesifikasyon ve kaynaklar temel alınmıştır . Ayrıca çelik borular ve polietilen boruların kaynağı ve muayeneleri ile ilgili olarak Amerikan Petrol Kurumu (API) ve Türk Standartları Enstitüsü'nün spesifikasyonları kullanılmıştır .

Bu tez Sn. Yrd. Doç. Dr. Selehattin YUMURTACI'nın değerli yönetimi altında hazırlandı ve bu tezin hazırlanmasında emek harcayan insanlara teşekkürlerimi sunarım .

SUMMARY

The source of natural gas pipes and the inspection methods applied on them are explored as the main subject of this thesis . First , the natural gas has been described in various aspects and later the main fields of it's use has been taken into consideration . The pipes used in transferring the natural gas and the pipes which are used to transfer the natural gas to the final point of it's usage have been explained mainly in two parts . The steel pipes have been described in terms of structure dimension and source paramofers , while the polyethylene pipes has been taken into account through omphasizing their physical and chemical foatures.

The inspections of the source joints in steel and polyethylene pipes have been dealt in two groups as mechanic (damaged) and undamaged ones . Finally , source applieations in various diameters and dimensions have been deseribed experimentally on the basis of main pipe sources used in the naturel gas lines .

During the preparation of this thesis , translations , specifications and sources in the arehives of İstanbul Gas Distribution (İGDAŞ) have been taken as the base. In addition , the specifications of American Petrol Institution (API) and Turkish Standarts Institutions have been made use of in relation with the sources and inspections of steel and polyethylene pipes .

This thesis has been prepared under the invaluable administration of Doç.Dr.Selehattin YUMURTACI and I appreciate the labor of every other person during the preparation of this thesis .

- GİRİŞ-

1. DOĞALGAZIN TANIMI ve ENDÜSTRİYEL ÖNEMİ

1.1. Doğalgaz oluşumu ve bileşimi

Doğalgaz doğal kaynaklı bir yakıttır, yerin derinliklerinde esas olarak , küçük deniz kabuklarının milyonlarca yıl süren çürümelemleri sonucu oluşmuştur . Yeraltında gözenekli kayaların boşluklarına sıkışmış olarak bulunmaktadır.

Doğalgaz, genellikle petrolle birlikte ve petrol bölgelerinde bulunur ikisinin de yapısı hidrokarbonların karışımından oluşmuştur . Doğalgaz petrolden hafif olduğu için petrolün üstündeki katmanda bulunan boşlukları doldurur . Alt tarafta petrol ve en altta da tuzlu su bulunur . Doğalgaz petrolün üstündeki katmanlarda bulunabileceği gibi petrolün sürüklenmesi sonucu yalnız olarakta bulunabilir.

Doğalgaz, insanlar tarafından yüzyıllardır bilinmektedir. Günümüz den 5000 yıl önce ateşe tapan (Mecusilerin) taptıkları sönmeyen alev doğalgaz alevinden başka birşey değildi. Ayrıca doğalgazın günümüzden 3000 yıl önce Çin'de bambu boruları ile taşınarak tuz üretiminde kullanıldığı bilinmektedir.

Doğalgaz, büyük ölçüde, bataklık gazı diye de bilinen metan'dan meydana gelir. Metandan başka etan, propan, bütan gibi diğer hidrokarbonlar, çeşitli oranlarda bulunur. Ayrıca, azot, oksijen karbondioksit, hidrojen sülfür ve bazen de helyum vardır.

Doğalgazın kimyasal kompozisyonu doğalgaz yataklarına göre farklılıklar

göstermekte ve buna bağlı olarak özellikleri değişmektedir. Türkiye'nin doğalgaz rezervi çok az olduğu için gaz ihtiyacımız Rusya Federasyonu ve Cezayir'den karşılanmaktadır. Ayrıca Ağustos 1996 ' dan itibaren geçerli olmak kaydı ile İran ve Türkiye arasında bir doğalgaz antlaşması yapılmıştır. Rusya Federasyonundan ithal edilen doğalgazın kimyasal kompozisyonu Tablo 1. ve fiziksel özellikleri Tablo 2.' de verilmiştir.

Metan	CH ₄	% 98.52
Etan	C ₂ H ₆	% 0.41
Propan	C ₃ H ₈	% 0.14
Bütan	C ₄ H ₁₀	% 0.06
Karbondioksit	CO ₂	% 0.03
Azot	N ₂	% 0.81
Diğer Hidrokarbonlar	-	% 0.03

Tablo . 1 . Doğalgazın Kimyasal Kompozisyonu (Kaynakça. 1.).

Havaya göre izafi yoğunluk	0.56
Yoğunluk	0.67 Kgf / m ³
Özgül ağırlık	0.67 Kgf / m ³
Alt ısı değeri	8250 Kcal / Nm ³

Tablo . 2 . Doğalgazın Fiziksel Özellikleri (Kaynakça. 1.).

1.2. Doğalgazın özellikleri, üretimi ve Dünya doğalgaz rezervleri.

Doğalgaz renksiz ve kokusuzdur. Kullanıma sunulan doğalgaz, kaçakların farkedilebilmesi için, özel olarak kokulandırılmıştır (THT Tetra Hidro Tiyofen m³ başına 17 - 21 mg) .Doğalgaz zehirli değildir. Havadan hafiftir; havaya göre yoğunluğu 0.6 - 0.7 kg/m³ arasında değişmektedir. Rusya Federasyonundan gelen gazın yoğunluğu min. 0.658 kg/m³ , max. 0.769 kg/m³ tür.

Doğalgazın ısı değeri yüksektir; 1 m³ doğalgaz yakıldığı zaman 9300 - 9800 kcal. ısı verir. Doğalgazın yanabilmesi için oldukça fazla havaya ihtiyaç vardır. 1 m³ gazın yanması için gerekli hava 10 m³'tür. Doğalgazın yanma sınırı da oldukça dardır; hava ile % 5-15 oranındaki karışımlar tutuşabilir. Doğalgazın yanma hızı da düşüktür; yaklaşık olarak 34 cm/sn' dir.

Doğalgaz kuru yani rutubetsiz bir gazdır.

1 m³ doğalgaz 10 m³ hava ile birleştirilip tutuşturulduğunda; 1 m³ karbondioksit, 1 m³ su buharı ve 8 m³ azot yanma ürünü olarak açığa çıkarken, 9300 kcal. ısı elde edilir.

OPEC ülkelerinin, 1973 yılında petrol fiyatlarına yaklaşık olarak %370 zam yapması, insanları birincil enerji kaynaklarından biri olan doğalgaz kullanımına yöneltmiştir. Doğalgazın tüketim alanının genişlemesine paralel olarak, yeni doğalgaz kaynağı arayışları hızlanmış, üretim teknikleri

geliştirilmiş ve kayıplar azaltılmıştır. Bu nedenle bilinen doğalgaz rezervinde

sürekli bir artış gözlenmektedir.

12

Dünya'da 54 x 10. m³ civarında bir doğalgaz rezervi olduğu tahmin edilmektedir. Bu rezervin yarısının Rusya Federasyonu ve ABD'de bulunduğu sanılmaktadır.

1.3. Doğalgazın diğer yakıtlarla karşılaştırılması ve üstünlükleri.

Doğalgaz birincil enerjidir, yani çıkarıldığı halde kullanılabilir. Bundan başka doğalgazın en önemli özelliklerinden biride temiz bir gaz olmasıdır. Yandığında kül, karbonmonoksit ve kükürt bileşikleri oluşturmaz ve çevrede asit yağmuruna sebep olmaz. Yalnızca karbondioksit ve su buharı oluşur. Bunun yanında azot oksit emisyonu diğer yakıtlara kıyasla daha azdır.

Doğalgazı üstün kılan diğer bir özelliği de depolamaya gerek duyulmamasıdır. Borularla kullanılacak yere kadar taşınır. Ayrıca kullanım ünitelerinde çok az bakım gerektirir. Verimliliği ve emniyetli olarak kullanıma sokulması da önemli bir özelliğidir.

- Yanmanın son derece hassas olarak kontrol edilebilmesi yakıt kaybını en aza indirir,
- Uzun zaman dilimi içinde aynı yakıt kalitesi elde edilebilir,
- Gaz oluşundan dolayı diğer bir avantajı hava ile çok iyi karışabilmesi ve yanma verimliliğinin de yüksek olmasıdır.

- Ön yakıt hazırlama masrafı yoktur,
- Ödemenin yakıt kullanıldıktan sonra yapılması da ayrı bir avantaj oluşturur,
- Alev boyu fuel-oil ve kömüre göre daha kısadır, yanmayı tamamlamak için gereken zaman da daha kısadır. Böylece daha küçük kazanlar kullanılarak maliyet azalır.
- Katı ve sıvı yakıtlarda baca gazları kükürt içerdiği için baca gazlarının suyun yoğuşma noktasına kadar soğutulması ve böylece suyun gizli ısısından faydalanılması imkanı yoktur. Ekonomizer ilave edilerek doğalgazın baca gazı sıcaklığını 56 dereceye kadar indirebiliriz.
- Yanma için fazla hava gereksinimi doğalgazda en azdır. Bu oran kömür de % 20-30 , fuel-oil' de %10-20 , doğalgaz da %5-10' dur.
- Kurum , is gibi maddeler oluşturmadığı için ısı transfer yüzeyleri temiz kalır. Tesis çok az bakım ve denetleme gerektirir.
- Temiz olması ve içerisinde kükürt bulunmamasından dolayı, bir çok sanayi sektöründe direkt kullanılabilmesi, hem sistem veriminin hem de ürünün kalitesinin artmasını sağlar.
- Hem petrole alternatif bir yakıt olarak dış kaynaklı enerji bağımlılığımızı azaltmakla birlikte çeşitlendirilmesi açısından stratejik bir avantaj sağlar,
- Enerji tasarrufu açısından doğalgazın ülke ekonomisine dolaylı katkısında, doğalgazın kullanıcıya kadar taşınmasıyla, taşıma için gerekli olan enerjinin tamamından tasarruf edilir ve karayoluna yaptıkları yükü en aza indirilmiş olur,

- Doğalgazla birlikte yeni iş sahaları da açılmış olacaktır.

1.4. Doğalgazın Kullanım Alanları

Doğalgaz , yaygın olarak konutlarda ısınma , yemek pişirme ve sıcak su ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır . Doğalgaz , yoğun olarak sanayide , özellikle kontrollü ısı gerektiren proseslerde en uygun yakıt olarak görülmektedir . Bunların dışında doğalgaz , yapısındaki yüksek metan oranı nedeniyle metanol üretiminde ham madde olarak da kullanılır .

Doğalgazın insanlar tarafından çok eskilerden beri bilinen bir yakıt olduğu söylenmekle birlikte , yaygın olarak bu yüzyıl içinde kullanılmaya başlandığı görülmektedir . Doğalgazın , ilk önce M.S. 220 yılı civarında Çin'de tuz üretim alanlarında kullanıldığı belirtiliyor . Çinliler doğalgazı bambu kamışların içinde nakletmişler . Doğalgaz ilk modern üretim teknikleri ile , 1800'lerin başlarında , ABD'de Erie gölü civarında , 10 m derinlikten 4 cm borularla çıkarılmış ve aydınlanma için kullanılmış .

İlk endüstriyel uygulama , yine ABD'de Batı Virjiniya tuz üretim alanlarında görülüyor . Doğalgazın geniş kapsamlı kullanımına ise 1880 yılında , yine ABD'de Pennsylvania eyaletinde başlanmış .

Havagazı veya LPG (likit - sıvılaştırılmış - petrol gazı) gibi yapay gazların kullanımı , bu yüzyıl içinde giderek artarken , doğalgazın yaygın olarak kullanımı , özellikle 1970'lerdeki petrol krizi sonucu gerçekleşmiştir .

Kömürden elde edilen havagazının, gerek kömürün üretimi, nakledilmesi ve gerekse gazın üretim işlemlerinin ekonomik olmaktan çıkması, öte yandan LPG türü yakıtlarında petrole bağımlı olması gibi nedenlerle alternatif bir yakıt olarak doğalgaz kullanım alanı bulabilmiştir.

Bunun sonucu olarak, son yirmibeş yıl içinde, özellikle pratikliği, verimliliği ve temizliği gibi özelliklerinin sağladığı avantajlarla, doğalgaz yaygın olarak kullanılan yakıt türleri arasında önemli bir yere ulaşmıştır.

2. DOĞALGAZ BORU HATLARINDA KULLANILAN BORULAR

Doğalgaz boru hatlarında kullanılan boruları cinsine göre sınıflama yaptığımızda ana boru hatlarının basınç ve çekilen debi açısından tamamı çelik (ST), dağıtım şebekesi borusu çeşidine göre ise servis hatları ;

- Çelik (ST) boruya bağlantılı servis hatları ,
- Polietilen (PE) boruya bağlantılı servis hatları

olarak ayrılabilir.

İki tip bağlantıda servis hattı dizaynı aynıdır. Ancak kullanılacak ekipman ve işlemler farklıdır. Doğalgaz dağıtım projesi kapsamında , ST dağıtım borularına servis hattı bağlantısı , rehabilitasyon işlemleri sırasında ve bazı sanayi tesislerinin servis hatlarında uygulanabilir. Bunun dışındaki bütün bağlantılar Orta işletme basıncı (2.5 - 6 bar) ile çalışan Polietilen boruya servis hattı bağlantısı uygulaması ile gerçekleşir.

2.1. Doğalgaz boru hatlarında kullanılan Çelik (ST) borular.

2.1.1. Çelik Borular

Maximum 25 bar basınç altında çalışacak dağıtım şebekelerinin inşaatında kullanılan çelik borular API 5L Grade B 'ye göre karbon miktarı belirli dikişli tip çelik borulardır.

Çelik Karakteristikleri :

Kimyasal Bileşimleri : Dikişli tip çelik boru, Grade B

- Karbon : % 0.26 max.
- Mangan : % 1.15 max.
- Fosfor : % 0.04 max.
- Sülfür : % 0.05 max.

Mekanik Özellikleri :

- Akma Sınırı : 246 N / mm²
- Çekme Dayanımı : 422 N / mm²

Boru Karakteristikleri :

Ana hat şebekeleri için teslim edilen boru boyları 12 m uzunluktadır. Ancak toplam miktarın % 5'i oranında 6 m'nin üzerindeki boylarda boru olabilir. Çelik hat borularının 400 mm nominal çapa kadar olanlar boyuna kaynak dikişli borulardır. Ana hat ve dağıtım şebekelerine ait borulara ilişkin et kalınlıkları ve ağırlık bilgileri Tablo 3. ve 4. 'de gösterilmiştir.

D Nominal (mm)	Dış Çap (mm)	Test Basıncı (bar)
100	114.3	61
150	188.3	61
200	219.1	52
300	323.8	50

Tablo. 3. 4 Barlık dağıtım şebekesine ait çelik boru spesifikasyonları (Kaynakça .2.).

D Nominal (mm)	Dış Çap (mm)	Test Basıncı (bar)	Et Kalınlığı (mm)	İç Çap (mm)	Ağırlık (kg/m)
200	219.1	63	4.78	209.5	25.23
300	223.8	50	5.55	312.7	62.63
400	406.4	45	6.35	393.7	62.63
500	508	41	7.14	493.7	86.16
600	609.6	38	7.92	593.8	117.57
700	711.2	39	9.52	692.2	164.8
800	812.8	39	11.13	790.6	219.91

Tablo.4. Ana Çelik Hatlardaki Borulara ilişkin et kalınlıkları ve ağırlık (Kaynakça .2.).

Boru ağızları düzgün, içten ve dıştan pürüzsüz, tamamen temizlenmiş olup . 100 mm ve daha büyük nominal çapta borularda, boru eksenine dik hatla 30 derece (+ 5 - 0) açı yapan ve 0.8 - 1.6 mm arasında değişebilen genişlikte V tipi kaynak ağızı açılmaktadır .

2.1.2. Çelik Borularda Dış Kaplama

Boru, bütün gevşek pullardan, çamurlardan, çapaklardan keskin köşelerden, toz,

pas ve korozyon sonucu oluşmuş maddelerden, yağ, gres, boya parçaları ve rutubetten yabancı maddelerden arındırılıncaya kadar temizlenmektedir . Gres ve ağır yağlar, nafta ve toluen gibi yağlı olmayan solventlerle çıkarılır .

Gevşek pas, pul ve toz mekanik olarak çalıştırılan, boruyu zedelemeyecek ve oyuklara yol açmayacak tel fırçası kullanan mekanik temizleme makinası ile çıkarılır . Temizleme işlemi sırasında, boru yüzeyindeki metalde kazınma ve delinme olmasına izin verilmemektedir . Yağmur yağarken, sis ve kum fırtınası sırasında veya boru ıslak olduğu zaman veya buzlanma varsa kaplama yapılmaz. Kaplama işlemi için minimum ortam sıcaklığı 5 derece olmalıdır. Kırağı, çığ gibi olağanüstü durumlarda boru kurulanabiliyorsa kaplama yapılabilir.

Paketlenmiş kaplama ve sargı malzemeleri zarar görmeyecek ve bozulmayacak bir biçimde depolanmalıdır. Bütün boru sargısı ruloları kuru bir yerde depolanmalı , döşeme ile temas ettirilmeyecek ve havanın etkisinden korunarak muhafaza edilmelidir. Kaplama malzemelerinin üzerine hiçbir alet veya ekipman konulmamalıdır. Çelik boru üzerine kaplama yapılırken sıcakla büzüşebilir bant uzunluk ve boru kalibrelerine göre kesilir. Metal fırça kullanılarak çelik boru temizlenir. Kaynak bölgesi yağlı veya nemli olmamalıdır. Yağlı borularda solvent kullanılır. Mükemmel bir kaplama kalitesi sağlamak için, kaynak

bölgesinin her iki tarafında, kaplanacak boru kısımlarına ön ısıtma uygulanacaktır. Ön ısıtma için propan torcu kullanılır ve portakal rengi bir alev çıkmasını sağlayacak şekilde ayarlanır. Kaynak bölgesi 50 dereceye kadar ısıtılmalıdır. Kaplama için, kaynak bölgesinin her iki yanındaki yerlerin 30 dereceye kadar ısıtılması yeterlidir.

Kaplama kalitesinin elektriksel izolasyon kontrolü Holiday dedektörü ile yapılır. Holiday dedektörü, yalnızca kaplamanın tam olarak kuru olduğu durumda kullanılır. Bu kontrol, uygulamadan hemen sonra ve birleşme yerlerinde kaplamaların üstüste bindirilmesinin gözle kontrolünü ve kaplamanın sürekliliğini Holiday dedektörü ile kontrolü, yani yüksek voltajlı bir jeneratöre bağlanmış toroidal veya fırçalı tipte elektrotların korunmuş borunun üzerinden geçirilmesi yoluyla kontrolünü içerir.

Korunmuş boru boyunca elektrotun hızı 0.3 m/s' den fazla olmamalıdır. Kaplamaya zarar vermemek için, elektrot gerilim altında iken (dedektör açık) sabit tutulmayacaktır. Elektrot gezdirilirken bulunacak delik ve hasarlar, sonra onarılacağı için tebeşirle işaretlenir ve en kısa sürede onarılır .

Test voltajı , kaplama kalınlığına ve kaplamanın cinsinin özelliklerine göre belirlenmeli ve en az 10.000 volt olmalıdır. Uygulanacak test voltajının değeri, borunun uygun bir biçimde kaplanmış bir bölgesinde mikro seviyede bir delikte bir arkın oluşması için gerekli minimum voltaj ölçülerek, deneysel olarak tespit edilir . Bu bölgedeki kaplama anti-korozif korumadan, aşırı zorlamalarda mekanik korumadan dolayı iki katlı olmalıdır. İki kaplama da

uygun şeritlerin genişliklerinin 1.5 katı (% 50) üstüste gelecek şekilde yapılmalıdır .

2.2 . Doğalgaz boru hatlarında kullanılan Polietilen borular .

Doğalgazın endüstride enerji üretiminde ve evlerimizde ısıtma , gibi çeşitli amaçlar ile kullanımının her geçen gün artması tüketiciye gelinceye kadar maliyetinin daha ekonomik olmasını zorunlu kılmaktadır . Daha önceleri doğalgazın taşınım ve dağıtılmasında yaygın olan dökme demir ve çelik borular yerlerini hızlı bir şekilde daha ucuz , hafif , kolay şekillendirilebilen , korozyon ve aşınmaya karşı yüksek dirençli plastik borulara bırakmıştır.

PE boruların gaz taşınmasında kullanılmasının asıl nedeni bu malzemelerin taşınan gazda bulunan korozif maddelere karşı yüksek kimyasal dirence sahip olmalarıdır. Ayrıca kolay taşınmaları yerleştirilebilmeleri, birleştirilebilmeleri dolayısı ile gaz endüstrileri ve aynı zamanda su ve kanalizasyon ile uğraşan kuruluşlar da mevcut sistemleri değiştirerek yerlerine PE plastik boruları tercih etmektedirler.

Doğalgazın çıkarılıp kent merkezlerine getirilmesinde kullanılan borulardaki basıncın yüksek oluşu (60 - 125 bar) nedeni ile bu tür yerlerde yüksek mukavemetli çelik borular kullanılmaktadır. Yüksek basınçlı bu gaz, kent merkezlerinde bulunan basınç düşürücü sistemler vasıtasıyla kullanma basıncına kadar düşürülüp çeliğe nazaran daha ekonomik olan büyük çaplı plastik borular ile endüstriyel kuruluşlara veya evlere taşınmaktadır.

Plastik borular kullanım amaçlarına göre renklendirilerek kodlandırılmıştır. Gaz dağıtımında kullanılan borular sarı, su dağıtımındakiler mavi, kanalizasyon boruları ise siyah renkte imal edilmektedirler. Bu kodlandırma mevcut sistemin kolay tanınması ve olası bir karışıklığı önlemede büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Gerçekte bu borular mekanik özellikleri bakımından farklı değildir.

2.2.1. Polietilen Malzemenin Özellikleri

2.2.1.1. Fiziksel Özellikleri

2.2.1.1.1. Hacim Kütle

Gaz merkezli uygulamalarla ilgili polietilenlerin 23 derecedeki nominal hacimkütleleri, alt sınırı 925 kg/m^3 olan bir yelpaze oluşturur. PE'nin suya göre ortalama özgül ağırlığı 0.95'tir; böylece özgül ağırlığı sudan daha hafif, çelik ve dökme demirden sekiz kat daha az boruların yapılabilmesine imkan verir.

2.2.1.1.2. Doğrusal Genişleme Katsayısı

PE, yaklaşık 130 veya $200 \text{ m/m/}^\circ\text{C}$ 'lik bir doğrusal genişleme katsayısına sahiptir ve bu, çeliğin genişleme katsayısından on kat daha iyi bir değerdir. Bu yüksek değer bazen, gaz dağıtım şebekesindeki ana borulara yapılan dikey desteklerin bel vermesini ya da yeraltı musluklarının deplase olmasını önlemek amacıyla alınan tedbirleri boşa çıkarabilmektedir.

Bununla birlikte normal bir derinliğe gömülü kanalizasyonlarda, ortam sıcaklığı değişim aralığının etkisi oldukça zayıftır ve normal şartlarda yalnızca küçük oynama ve zorlamalara neden olabilir veya PE'nin gerilmeleri gevşetme kabiliyeti ona, ısı kökenli gerilmelerin büyük bir kısmını tekrar emme imkanı verir.

2.2.1.1.3. Mekanik özellikleri üzerinde sıcaklığın etkileri

PE'nin ısı iletkenliği düşüktür (0.4 kcal.m.h°C) ; PE zayıf bir ısı ileticisidir. Ortalama özgül ısısı 0.45 cal/g°C' tır. Sıcaklık artışı , PE'nin önemli bir doğrusal genişlemeye uğramasına yol açtığı gibi , ayrıca malzemenin mekanik karakteristiklerini de etkiler , şöyle ki ; ısının etkisiyle PE malzemesi önce cam (sert ve gevrek) haline , sonra geçiş (plastik , yumuşak) haline , sonra kıvamlı- elastik (elastiklik yanında özlü , kıvamlı bir hal de kazanmasıyla karakterize edilen) hale , en sonunda da sıvı hale geçer . Sıvı hali ortalama 130 derecede ve kristallik halinin tüm maddeye yayılması ve onun bir sıvıya benzer ve tamamıyla şekilsiz bir moleküler yapıya sokmasıyla ortaya çıkar . Daha yüksek sıcaklıklarda bu sıvının kıvamı giderek azalır , böylece boru imaline , ek yapımına yada 200 derece sıcaklıklarda bizzat kendisine elektrofüzyon kaynağı yapılmasına imkan verir.

2.2.1.1.4. Elektriksel özellikleri

Polietilen çok iyi bir yalıtıcıdır . Bu vasıf ona gömülü kanalizasyonlardan gelen ve doğal olarak toprağa akan elektrostatik yükleri biriktirme yeteneği kazandırır. Dahası yalıtma gücünün yüksekliği nedeni ile elektrokimyasal korozyondan hiçbir şekilde etkilenmez , dolayısıyla da katodik koruma gibi birşeye ihtiyaç göstermez.

2.2.1.1.5. İklimle bağlı yaşlanma , katalizörler

Polietilen , mor ötesi ışınlara (gün ışığı) ve ısıya karşı duyarlıdır. Mor ötesi ışınlar ve sıcaklık, PE moleküllerinin oksitlenme süresini hızlandırır ; ve

bu süreç bazen onun mekanik özelliklerinde de değişiklikler yaratarak daha sert ve daha gevrek hale gelmesine , dolayısıyla da boruların basınç altındaki ömrünün kışalmasına yol açar. Fakat bu olayın PE maddesini etkilemesi için , PE boruların (ki gün ışığı altında ve fırtınalı açık hava koşullarında en az bir yıl stoklanabilmelerine imkan veren çeşitli katalizörlerle korunmuş durumdadırlar.) bir yıl yada daha fazla bu tür açık hava koşullarına maruz kalmaları gerekir. O yüzden , bu olay fazla abartılmamalıdır, PE bir kere gömüldükten sonra hem ısıdan hem de gün ışığından kesinlikle korunmuş demektir. Bu amaçla kullanılan katalizörler şunlardır ;

- anti-oksidan ısı dayanıklılık artırıcı (ısıya karşı koruma) katalizörler olarak, belirli kimyasal işlemlere sahip çeşitli organik moleküller : örneğin aminler ve - çok küçük oranlarda - fenol türevleri (büyük bir kısmı) gibi
- mor ötesi ışıklardan korumak için , % 2.3 oranında (kütleye) hasas bir şekilde dağıtılmış karbon kömürü ya da uygun renkli boyalar (bazı ülkeler , gaz dağıtımında kullanılan borularda sarı rengi tercih ediyor.)

2.2.1.1.6. Geçirgenlik

PE'nin geçirgenliği , gaz borularının çeperlerinden çıkan doğalgaza (0.6 m³/km yıl/bar) eşittir ve normal durumlarda hiçbir önemi yoktur.

PE'nin hidrojen karşısındaki geçirgenliği de hesaplanmıştır ; metan ve doğal gazlara karşı geçirgenliğinden (ortalama üç kat) daha yüksektir ancak , boruda muhafaza ettiği gaz miktarı aynı büyüklükte olduğundan , bütünüyle ihmal edilebilir.

PE ateşte bir mum gibi eriyerek ve aynı tür bir kokuyla yanar.O yüzden gerek depolarda gerekse sahada monte edildiği yerlerde tutuşma tehlikesine karşı tedbir alınmalıdır. Ancak PE yandığında herhangi bir toksik ürün yaymaz.

2.2.1.2. Kimyasal Özellikleri

2.2.1.2.1. Genel Gaz Dağıtım Sırasında Davranışı

PE oldukça inert bir maddedir ve asit , baz gibi bilinen zararlı ürünlerekarşı (bunların büyük bir bölümü için , konsantrasyonu yüksek ve ısıtılmış dozlar dahil) direnci mükemmeldir.

Toprakta bulunması muhtemel çeşitli mikro-organizma ve bakterilerden etkilenmez. Dağıtılmamış tutuşur gazın hassaslığı konusunda yapılan araştırmaların sonuçları , doğalgazın şartlandırılmasında kullanılan eriticiler ile kokulandırma elementlerinin (genel olarak buhar halinde oldukları sürece) pratik olarak normal PE bölümler üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını kanıtlar görünmektedir. Ancak bu ürünler sıvı halde ise , tıpkı doğal gazlarda görülen çiylenmeler gibi , zamanla PE'nin yaşlanmasına yol açan zararlı etkiler doğurabilmektedir. Gaz dağıtım hizmetlerinde su nakil hizmetlerine oranla , azami basınç değerine ilave bir emniyet katsayısı (2.5) eklenmesinin nedeni doğrudan PE borulardaki muhtemel çiylenme tehlikesini dikkate alma kaygısıdır ; öte yandan doğalgaz bazı kaynaklara göre gaz halindeyken tersi bir etki doğurmakta ve suya oranla yedi kat yüksek bir değerde PE'nin ömrünü uzatmaktadır. O yüzden , sıvılaştırılmış petrol gazlarının dağıtımını yalnızca ürün gaz halindeyken yapılır.

2.2.1.2.2. Aktif Gerilim Barındıran Ortamlarda Baskı Sonucu Çatlak Oluşumu

Mekanik zorlamaların bulunduğu ortamlarda ıslatıcılık kapasitesi yüksek (aktif gerilimli) bazı sıvılar PE'de birincil zorlamaların en yüksek olduğu bölgelerde, bölgeye dikey konumda küçük ince çatlaklar meydana getirmektedir. Sonuç olarak bu çatlakların zamanla malzeme çeperini yanlamasına katederek PE kısmın zayıflaması ve elden çıkmasıdır.

Belli bir PE'nin süre olarak bu olaya dayanma kabiliyeti (ki, sıcaklık artışı olayı hızlandırır) Kuzey Avrupa'da "Çevresel Gerilim Çatlak Direnci" (ESCR) olarak adlandırılır; öyle sanılıyor ki, aktif-gerilim yaratıcı etmenlerin bulunduğu ortamlarda baskı altında çatlak oluşumu ile, borularda 80 dercede yapılan hidrolik test basıncı sırasında oluşan mikro-çatlakların uzun dönemde gelişmesi arasında bir paralellik bulunmaktadır.

2.2.1.2.3. Mekanik Özellikleri

PE'nin mekanik özelliklerinin incelenmesi, çeşitli zorlamalar ile malzemede oluşan deformasyonlar (yani gerilimli bir yapıya ya da belli bir mekanik zorlamaya maruz kaldığında verdiği tepkiler) arasındaki bağıntıların tanımlanmasından oluşur.

Termoplastik polimerler alanında elastikiyet ya da plastiklik kaybı şeklinde çok fazla deformasyonla karşılaşılması (ki bu, bir yandan belirli kıvamlı akışkanların belirli akış özelliklerinin masaya yatırılmasını gerektirmektedir; öte yandan, deformasyonların kapsamı ve gündeme getirdiği karmaşık süreçler, bunlar farkedilmeden önce kullanılan mutad malzeme direncinin yetersiz olduğunu göstermektedir.) yeni bir bilmin yaratılmasına yol açtı: Reoloji ("akış incelemesi")

anlamına gelen Yunanca bir kökten türetilmiş bir kelime) ; polimerlerde zorlama ve kısıtlamalar ile deformasyonlar arasındaki bağıntı üzerindeki zaman faktörünün etkisini net bir şekilde ortaya koyar.

2.2.1.2.4. Ani Darbelere Karşı Davranışı

PE ani darbelere karşı gayet dirençlidir. Gaz dağıtımına uygun çap ve basınçlardaki boru serileri ile PE boru üzerindeki deneylerde , bir kazma darbesinin boruyu delse bile parçalayamadığı görülmüştür. Belirli laboratuvar araştırma sonuçlarına göre , yalnızca 300 mm gibi büyük çaplarda ve 4 bar gibi basınçlarda hızlı çatlak yayılması meydana gelebilmektedir.

Şekillendirme ve soğutma sürecinde özgül bir moleküler düzenleme elde etmek , iç gerilimleri azaltmak ve böylelikle borunun kalitesini yükseltmek için özel ekipmanlar kullanılmalı ve hassas bir çalışma tarzı tutturulmalıdır.

2.2.2. Polietilen (PE) Borular

1950' li yıllar dev bir polietilen ailesinin doğmasıyla sonuçlanacak ve gaz dağıtım şirketlerinin faaliyetlerinde büyük değişiklikleri meydana getirecek polimerizasyon süreçlerinin başladığı yıllardır.

PE maddesinin gerçekten ilginç özellikleri vardır. Hafif , esnek ve düşük sıcaklıklarda eriyebilir olması , boruların uzun mesafeler boyunca döşenebilmesine ve elektrofüzyon kaynağı gibi hem kolayca , hemde otomatik olarak icra edilebilen bağlantı tekniklerinin kullanılabilmesine izin verir. Bu kullanım kolaylığına ilaveten gaz dağıtım şirketlerinin ana problemlerinden biri olan korozyon sorununu da tümüyle ortadan kaldırır.

PE'nin kıvamlı elastik davranışı ayrıca , yeni bir kapıya aralıyor , şebeke tasarımında dikkate alınması şart olan şebeke ömrü sorununa getirdiği çözümlerle uzun vadeli bir güvenilirlik garantisi sağlıyordu (gaz dağıtım şebekeleri genellikle en az 50 yıl kullanılmak üzere tasarlanır) .

Polietilen (PE) borular , yer altında döşenmiş durumda , gaz yakıt naklinde kullanılan metrik seri , gaz haldeki yakıtların nakli ve dağıtımını amacıyla ; yer altında döşenmiş durumda tesis edilen , metrik seri , uygun boyutlarda ve TS 10827 standartında belirtilen özelliklere sahip polietilen (PE) malzemeden mamül özel borulardır.

2.2.2.1. Sınıflandırma ve özellikler

Üç ana PE ölçü sınıfı vardır. Aynı dış çap için 3 ayrı et kalınlığı olanaklı olabilir. Bu sınıflar Standart Boyut Oranı (SBO) sınıflandırılması ile belirlenir. Borular , Sınıf A , Sınıf B ve Sınıf C olmak üzere 3 sınıftır.

$$\text{Standart Boyut Oranı} : \frac{\text{Dış Çap}}{\text{Et Kalınlığı}} \quad (2.2.2.1.)$$

Yer altına döşenmiş durumda gaz yakıt naklinde kullanılan borular , Standart Boyut Oranına göre ;

- Tip 1 (SBO 26)
- Tip 2 (SBO 17.6)
- Tip 3 (SBO 17)
- Tip 4 (SBO 11)

olmak üzere 4 tiptir. Her sınıf için nominal çalışma basıncı ayrılmıştır. Her SBO sınıfı için bir en üst çalışma basıncı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$q : \frac{P (D - e)}{2 e} \quad \begin{array}{l} q : \text{Çevresel Gerilme} \\ P : \text{Basınc} \\ D : \text{Çap} \\ e : \text{Et Kalınlığı} \end{array} \quad (2.2.2.1.)$$

Kullanılacak değere PE sınıfında karşılık gelen tasarım gerilimidir. PE 50 (veya bazı ülkelerde P 63) 6 mPa (50 yıl/20°C) . Yukarıdaki formül aşağıdaki gibi yazılabilir ve her SBO sınıfı için en üst işletme basıncının hesaplanmasında kullanılabilir.

$$P : \frac{2 q}{(SBO - 1)} \quad (\text{MPa}) \quad (2.2.2.1.)$$

- SBO 11 Boruları : P max = 1 MPa (10 bar)
- SBO 17 Boruları : P max = 0.66 MPa (6.6 bar)
- SBO 26 Boruları : P max = 0.40 MPa (4 bar)

Bu aşağıdaki eş kodlamayı getirir.

SBO 11 Boruları = PN 10 Boruları

SBO 17 Boruları = PN 6 Boruları

SBO 26 Boruları = PN 4^s Boruları

PE 50 sınıfı için type testing koşullarına uyan bir malzeme 1.3'lük emniyet faktörü dikkate alınarak bulunmuş demektir.

Polietilen borular piyasaya arz ediliş şekillerine göre düz ve kangal şeklinde olmak üzere 2 türdür.

2.2.2.2. Boyut ve toleranslar

Boruların anma dış çapı ve et kalınlığı boyutları Tablo 5'e uygun olmalıdır. Anma dış çapı 40 mm'den küçük olan borularda asgari et kalınlığı, SBO formülü ile hesaplanan değer, 2 mm, 2.3 mm veya 3 mm değerlerinin hangisinin altında ise o değere tamamlanarak bulunur.

Anma Dış Çapı (mm)	Standart	Boyut		Oran
	26	17.6	17	11
40		2.3	2.4	3.7
50		2.9	3	4.6
63		3.6	3.8	5.8
75		4.3	4.5	6.8
90		5.2	5.4	8.2
110		6.3	6.6	10
125		7.1	7.4	11.4
140		8	8.3	12.7
160		9.1	9.5	14.6
180		10.3	10.7	16.4
200	7.7	11.4	11.9	18.2
225	8.6	12.8	13.4	20.5
250	9.6	14.2	14.8	22.7
280	10.7	16	16.6	25.4
315	12.1	17.9	18.7	28.6
355	13.6	20.2	21.1	32.3
400	15.3	22.8	23.7	36.4
450	17.2	25.6	26.7	41
500	19.1	28.5	29.6	45.5
560	21.4	31.9	-	51
630	24.1	35.8	-	57.3

Tablo.5. Polietilen boruların anma dış çapı ve et kalınlığı boyutları (Kaynakça. 14.).

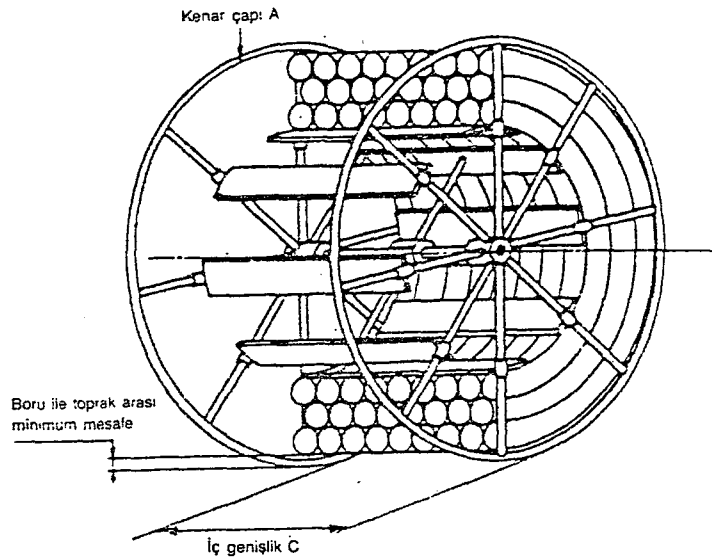
Düz veya kangal olarak piyasaya arz edilen borularda uzunluk önceden belirtilmelidir.

Kangal şeklinde piyasaya arz edilen borularda kangal çapları , boru sınıflarına göre ;

- Sınıf B ve Sınıf C borularda kangal çapı en az 0.6 m olmak üzere boru dış çapının en az 20 katı ,
- Sınıf A polietilenlerde kangal çapı en az 0.6 m olmak üzere boru dış çapının en az 24 katı , olmalıdır. Tambur boyutlarını (Şekil.1.) , tambur karakteristiklerini ve bunların üzerindeki kangal uzunluğunu gösteren Tablo. 6 . aşağıdadır.

TAMBUR (m)	Kenar Çapı	Dış Genişlik	İç Genişlik	BORUNUN ANMA DIŞ ÇAPI (mm)				
				40	63	90	110	125
2.2	1.18	1.00	1.00	1200	400	-	-	-
2.4	1.18	1.00	1.00	1500	600	-	-	-
2.6	1.18	1.00	1.00	2100	700	-	-	-
3.1	1.21	1.00	1.00	-	1300	500	225	120
3.1	1.46	1.25	1.25	-	1650	600	270	155
3.1	1.71	1.50	1.50	-	2000	725	325	190
3.1	1.96	1.75	1.75	-	2350	860	375	225
3.1	2.21	2.00	2.00	-	2700	1000	450	260

Tablo. 6. Tambur karakteristikleri ve bunların üzerindeki kangal uzunluğu (Kaynakca.10).



Şekil.1. Tambur Boyutları

Borularda , et kalınlığı (t) ile herhangi bir noktada ölçülen (ti) arasında mücade edilen en büyük sapma TS 5451'e uygun olmalıdır.

Normal toleranslı borularda , ortalama dış çap Dm ile anma dış çapı arasında mücade edilen en büyük sapma TS 5451'e uygun olmalıdır. Hassas toleranslı PE borularda bu sapma Tablo 7.'e uygun olmalıdır.

Anma Dış Çapı	Hassas Toleranslı Boru	Normal Toleranslı Boru
20	0.3	0.3
25	0.3	0.3
32	0.3	0.3
40	0.4	0.4
50	0.4	0.5
63	0.4	0.6
75	0.5	0.7
90	0.6	0.9
110	0.6	1.0
125	0.6	1.2
140	0.8	1.3
160	1.0	1.5
180	1.2	1.7
200	1.3	1.8
225	1.4	2.1
280	1.5	2.3

Tablo .7. Normal ve Hassas Toleranslı PE Borulara Ait Toleranslar (Kaynakça. 14.).
Not: Toleranslar + yöndedir, ölçüler mm'dir.

2.2.2.3. PE Boruların İmalı

PE borular extrüzyon metoduyla imal edilmiş olmalıdır . İyi bir boru imal etmek için iyi bir reçine zorunlu ama yeterli değildir. Gerçekten de , imalat sırasında yaşadığı termomekanik tarih (zaman , hız , basınç ve sıcaklık) boruya , onun davranışlarını büyük ölçüde belirleyen özel morfolojiye (zincirlerin yapısı ve konumlanması , kristallik , iç gerilimler)

sahip bir madde kazandırır. Boru imalatı üç hassas işlemi gerektirir : malzemenin eritilmesi , ekstrüzyonla (extrusion) şekillendirme ve soğutma . “Tazyikle” (screw) yapılan eritme bir silsile halinde ve homojen olmalıdır.Son sıcaklık çok yüksek olmamalı (yoksa oksidasyon maddenin bozulması , zincirlerin kopması yada çapraz bağlantı oluşumu gibi tehlikeler baş gösterir) ama maddeyi tam kıvamında sıvılaştıracak kadar da yüksek olmalıdır . Biçimlendirme ve soğutma süreçleri , özel bir makro-moleküler yapı elde etmek , iç gerilmeleri gidermek ve böylece borunun kalitesini arttırmak için , özel ekipmanlara ve hassas çalışma tarzlarına ihtiyaç duyar.

2.2.2.3.1. Boruların İmalinde PE Reçine Seçimi

Bugün yapıları ve dolayısıyla da fiziksel ve mekanik özellikleri birbirinden çok farklı birçok PE türü imal edilebilmektedir. Gaz borusu başta olmak üzere genel olarak “ boru “ amaçlı uygulamalarda şu özelliklere sahip polietilenler kullanılır :

- Yüksek veya orta yoğunluk : 0.930 - 0.950 (23°C/kg/m³'de nominal yoğunluk)
- ergime endeksi düşük : 0.40 - 1.20 (190°C ve 5 kg altında ölçülen ergime endeksi)
- moleküler ağırlık dağılımları son derece geniş .

Avrupa pazarından temin edilebilecek reçinelerin yapıları birbirine oldukça yakındır fakat , mekanik davranışları önemli farklılıklar gösterir.

2.2.2.3.2. Reçine ve borular

Borular uluslararası standartlara uygun olarak A veya B tipi “ yüksek ” ya da “ orta ” yoğunluklu PE reçinelerinden imal edilirler. Bu reçineler 20 derece sıcaklıkta ,

5 MPa'lık bir basınç gerilimine , herhangi bir sorun yaratmadan 50 sene boyunca dayanabilirler.

Reçine seçimine yalnızca mekanik ölçütler zemininde karar verilir.Reçine ergime endexinin (M 15 : 190°C ölçülen ergime endexi , g/10 dk içinde 5 k'lık bir burun) 0.3 - 1.4 aralığında olması halinde bu seçim , ilke olarak , reçinenin sıvı hal viskozitesine bağlı değildir. Boru ve ekler ergime endexleri bu aralıkta kalan reçinelerden yapıldığı için elektrobağlantı tekniğinin uygun olmaması gibi bir durum yoktur.

Boru çaplarına karar verilirken aşağıdaki noktaları göz önünde bulundurarak büyük bir emniyet payı koyar.

- belli doğalgazlarda bulunması muhtemel çiylenme sularının zararlı etkileri
- borunun döşeme sırasındaki dış gerilimlere (bükülme ve zorlanmalar , dolgu maddelerinin ağırlığı) dayanması için gerekli pay .

Emniyet payı , 50 yıl boyunca 2.5 kat daha büyük bir gerilime dayanabilen 2 MPa boruların kullanılmasından ibarettir.

Fransada gaz dağıtımında kullanılan borular siyah renktedir (mor ötesi ışınlarla karşı en iyi korumayı sağladığı için izin verilen tek boya maddesi karbon siyahıdır) ve üzerinde yumuşak haldeyken yedirilmiş , işaret amaçlı sarı yollar vardır. Bu borular " 4 bar PE gaz boruları " imali sırasında yapılması gereken muayene ve onay testlerini (yöntemlerini , sayısını , sıklığını , özelliklerini) tanımlayan şartnamelere uygundur.

Genelde kabul edilen nominal dış çap ve ona karşılık gelen et kalınlıkları (mm cinsinden) şöyledir :

■ servis boruları için : 20/2.0 - 32/2.9 - 40/3.7

■ ana sistem için : 40/3.7 - 63/5.8 - 90/8.2 - 110/10 - 125/11.4

PE'nin esnek olması bu boruların (63-125 mm arası) kangallar halinde , değişik kablo kasnaklarına sarılabilesine izin verir. O yüzden PE borular sahaya istenilen uzunlukta sevk edilebilirler (örneğin bir kablo kasnağına 300 metreden fazla 110 mm'lik boru sarılabilir) .

Bir kangal boru en fazla 50 kg ağırlığında olduğundan , indirme , bindirme ve taşınması oldukça kolaydır.

2.2.2.3.3. Mekanik Gerilmeler ve Uzun Vadeli Davranışı

Yeni bir ekipmana optimal bir yapı kazandırmak demek , onu öngörülen ömründen önce deformasyona uğramasına ya da kopmasına yol açacak mekanik etkilere dayanıklı bir tarzda tasarlamak demektir.

Metal malzemelerin tasarımında , malzeme asgari gerilim değerinin onun ileride maruz kalacağı muhtemel azami gerilim değerlerinden yüksek tutulması bu amaç için yeterlidir.

PE'de bu iş son derece karmaşıktır ve uzama gerilimine ya da deformasyona maruz kaldıklarında PE malzemeleri karakterize eden çatlama , sünme / büzülme ve gevşeme gibi olayların hesaba katılmasını gerektirir .

Bu haldeki durumıyla mekanik yasaları bu olayları çözümlmek için bilgisayar modelleri kullanılmasını mümkün kılmakla beraber , elimizde hepsi de laboratuvar

testlerine dayanan çeşitli yaklaşımlar var . Bunlar esas olarak çatlama mekaniğini konu almakta ve yayılma hızlarına göre çatlakları ikiye ayırmaktadırlar.

2.2.2.3.3.1. Yavaş Gelişen Çatlaklar

Kusursuz şekilde imal edilmiş bir borunun çeperlerinde , mikroçatlak olarak değerlendirilebilecek çok küçük defolar vardır (malzemenin heterojen olması , karbon siyahı , oksitlenmiş polimerler) . Boru çeşitli gerilmelere maruz kaldığında bunlar zamanla gelişme eğilimi gösterirler.

PE boruların yavaş çatlama direncini saptamakta kullanılan sayısız test vardır. En çok kullanılan test , özel bir hazırlık (kesme , çentme) gerektirmeksizin borunun doğrudan test edilmesine imkan vermek gibi bir üstünlüğü olan , hidrolik basınç testidir. Hidrolik basınç testinde boru belirli bir sıcaklıkta belirli ve sabit bir iç basınca tabi tutulur.

2.2.2.3.3.2. Hızla Yayılan Çatlaklar

Bu türde meydana gelen çatlakların mekaniği hakkında henüz çok az bilgiye sahibiz ve konuyla ilgili sayısız çalışma yapılmaktadır. Bir kaç ülkede daha risksiz işletme koşulları ve malzemelerin saptanmasına yönelik çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Ne yazık ki , bu yaklaşımlarla alınan sonuçlar çoğu kez çelişiktir ve genel olarak ticari kaygıların gölgesini taşırlar .

PE üzerindeki işletme koşullarından ileri gelen gerilmeleri dört dörtlük değerlendirmek ve PE kritik gerilimini tam olarak ölçmek zordur. Ancak gaz kuruluşlarının yaptığı çalışmalar , PE' nin kritik gerilim eşiğinin çok yüksek olduğunu ve yalnızca kötü yapılmış eklerde karşılaşılabileceğini göstermektedir.

PE gaz borularının işletme koşulları ve kullanılan ek tipleri (yalnızca elektrofüzyon ekler) , hızla yayılan çatlak tehlikesini pratik olarak sıfıra indirmektedir .

3. ÇELİK BORULARA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMİ

3.1. Çelik Borularda Kaynaktan Önce Hazırlık

3.1.1. Malzemeler ve Ekipman

Çelik boruların kaynağı için gerekli malzeme , ekipman , makina ve kaynak donanımları kaynak yapılacak bölgeye temin edilir .

Boru bükme makinaları uygun ekipmanlarla , özellikle boru çapı ve et kalınlığı gerektirdiği taktirde iç mandreller kullanılır . Aşınacak parçalar iyi durumda olmalı ve gerektiğinde hemen yenilenir. Hatalı bükme yapan makinalar hemen değiştirilmelidir . Fırçalar , taşlar gibi elektrikli aletler güvenlik önlemleri kurallarına uygun olmalıdır.

3.1.2. Çelik Boruların Kontrolü

Bütün çelik borular kaynak işlemleri için hazırlanmadan önce incelenir . Burkulma , boru uçlarında ezilme , bombe , çentik , oluk , çizik , korozyon çukurları gibi kusurlar görülen her boru incelenerek , ya kesilerek veya onarılarak hataların giderilmesi için yada kullanılmamasına karar varilmek üzere bir kenara ayrılır .

3.1.3. Boruların Temizliği

Borular montajdan önce bir boru fırçası kullanılarak içten temizlenmelidir. Bütün işlemler boru hattının içine yabancı maddelerin girmesini önleyecek

biçimde yönetilmelidir.

Boruların birbirine montajından ve kök pasosunun atılmasından hemen önce , bütün boruların uçları , eğer gerekiyorsa , döner bir tel fırça veya veya taş kullanarak , metal parlaklığı görülene kadar temizlenecektir. Bu temizleme , kaynak ağzının adım ve ağız tarafında , borunun iç ve dış yüzeylerinde ve en az 5 cm bir uzunlukta yapılmalıdır .

3.1.4. Kesme ve Kaynak Ağız Açma

Kesme ve kaynak ağız açma , hem kesme torcu hemde kaynak ağız makinası veya onaylı bir makina ile yapılır.

Düz borular ; El torcu ile kesme yapılmaz . kesme yüzeyi borunun eksenine dik olmalıdır. Kaba kesim yapılmış boru uçları kaynak ağız , açısı ve ağız adım yüksekliği kaynak ağızlı boru spesifikasyonlarına uygun olacak şekilde taşlanır .

Açılı kesimli borular ; Açılı kesimli borularda kesme yüzeyi borunun eksenine dik değildir , torc ile elle kesme işlemine müsaade edilir. Kaynak ağız taşlanarak açılır .

3.1.5. Çelik Boruların Yönlendirilmesi

Bükülme ; Borunun serilmesi sırasında bükülmeye izin verilmez. Bütün diğer durumlarda , boruların sahada saptırılması , soğuk bükme veya fabrikasyon dirsek ve açılı dirsekler kullanarak gerçekleştirilmelidir.

Sahada soğuk bükme ; Sahada kaplanmış boruların bükülmesi , yalnız zorunlu veya onay alındığı durumlarda gerçekleştirilebilir. Bükme , herhangi bir kesitte

yassılma ve kontrolsüz bükülmeye yol açmayacak şekilde yapılacaktır. Yassılmış veya bükülmüş herhangi bir boru hatta kullanılmayacaktır. Boyuna kaynaklı borularda , bükme , kaynak dikişi bükme nötr ekseninden 15 derece olacak şekilde yapılmalıdır. Ardarda kaynaklanmış birkaç borunun bükülmesi gerektiğinde tei-in kaynağında bükme yapılamaz. Bükme merkezindeki max. ve min. kesitten geçen ölçülmüş dairesellikten kaçış , boru dış çapının % 2.5'ünü geçmemelidir.

Fabrikasyon dirsekler ; Boru hattında fabrikasyon dirsek ve kesilmiş dirsek parçaları , çapı 50 mm'den büyük borularda iç büküm boyunca ölçülmüş yay boyu en az 25.4 mm olması kaydıyla kullanılabilir.

Açılı dirsekler ; Açılı dirsekler , çalışma basıncı tanımlanmış min. akma mukavemetinin % 30 veya daha fazla olması durumunda kullanılmaz. Boru montajından dolayı 3 dereceye kadar olan sapmalar açılı dirsek olarak nitelenmemelidir. Açılı dirseklere çalışma basıncı tanımlanmış min. akma mukavemetinin % 30'dan daha az olan hatlarda izin verilir. Bu durumda sapma açısı 12.5 derece veya daha az olursa açılı dirsek kullanılabilir . Çoklu açılı dirseklerde açılar arasında içbüküm noktasında ölçülen min. uzaklık boru çapından daha az olmayacaktır.

T'ler ; Boru hattının içi kazıyıcı veya küresel piglerle temizlenmesi gerekirse T'nin bransman tarafındaki ağzına , blokajı önlemek için yeterli sayıda çubuklar kaynatılır .

3.1.6. Boru iç kısımlarının kontrolü

Dahili olarak yabancı maddelerin temizlenmesinden sonra kazıyıcı ile temizlenmiş olan bir boru hattı , her bükülmüş boru veya doğrusal bölümlerin iç kısımları iki metal plakadan yapılmış ve onaylı bir master geçirilerek kontrol edilecektir.

Plakalar arasındaki uzaklık , kontrol edilen borunun nominal çapının iki katına eşit olacaktır. Plakaların çapları özel olarak belirlenmelidir.

Bükülmüş olsun veya olmasın , boru eğer masterın serbestce geçirilmesine izin vermiyorsa kabul edilmez .

Red edilmiş borular , kırmızı boya ile “ Reddedilmiştir “ diye işaretlenecektir. Bu türden borular derhal çalışma sahasından uzaklaştırılacak onaylanmış bir depoya taşınır ve istiflenir .

3.2. Elektrotlar

Çelik boru hatlarında malzeme , kaynak pozisyonu , nufuziyet ve kaynak şartlarına göre rutil , bazik ve selüozik tip elektrotlar kullanılmaktadır. Tüm boru hatlarında kaynağa uygun özelliklerinden dolayı genellikle selüozik tip elektrotlar tercih edilmektedir. Tablo.7.'de boru hatlarında elektrik ark kaynağı için onaylanmış örtülü elektrotlar gösterilmiştir.

Sahada onaylanmış elektrot tipleri kullanılır . Eğer kaynak işleminin onaylama şartlarını karşılayabilen bir elektrot varsa , bu şekilde başka bir elektrot önerilebilir .

Başka sınıf bir elektrotun kullanılmasına karar verilirse kaynakçılar yeniden kalifikasyon testine tabi tutulurlar .

BORU		KAYNAK ELEKTROTLARI			
Dış Çap (mm)	Et Kalınlığı (mm)	Kök P. çap mm	Sıcak P. çap mm	Dolgu P. çap mm	Kapak P. çap mm
711.2	9.52	4.0	4.0	4.8	4.8
609.6	7.92	4.0	4.0	4.8	4.8
505.0	7.92	4.0	4.0	4.8	4.8
406.4	7.92	4.0	4.0	4.8	4.8
323.8	6.35	4.0	4.0	4.8	4.8
219.1	4.75	3.2	3.2	4.0	4.0
166.3	4.37	2.4	2.4	3.2	3.2
114.3	4.37	2.4	2.4	3.2	3.2

Tablo . 7 . Boru çaplarına göre onaylanmış E 6010 elektrot çapları (Kaynakca.2).

Selülozik tip elektrotların örtüsünde yandığı zaman gaz haline geçen organik maddeler bulunur. Örtü ağırlığının % 30'nu selülöz oluşturur. Genellikle , orta ve kalın örtülü olarak üretilirler . Kaynak sırasında metalin geçişi damlalar halindedir. İnce örtülü olarak üretildikleri zaman curuf , transfer halindeki damlacıklara çok az bir koruma etkisi yapar.

Bu tür elektrotlar ile yapılan kaynak dikişi üzerinede oluşan curuf çok azdır ve sıçrama kaybı yüksektir. Buna karşılık , bu elektrotlarla yapılan kaynak dikişlerinin aralık doldurma yeteneği ve nüfuziyeti oldukça iyidir. Her pozisyonda kaynak için (özellikle yukarıdan aşağıya düşey) uygundur . Kaynak işlemi sırasında yanan selülöz gayet iyi bir gaz atmosferi oluşturur fakat dikiş az da olsa , bir miktar hidrojen kapar ; bu ise bazı tür çeliklerin kaynağı için sakıncalı olabilir.

Örtüye katılmış olan titan bileşikleri arkın stabilizasyonunu sağladığı gibi , curufun kolaylıkla kalkmasına da yardımcı olur. Bazen örtüye bir miktar

manganez katılarak , kaynak sırasında oksitlenerek kaybolan , manganezin tamamlanması sağlanır. Eskiden bu tür örtülere asbest de katılmaktaydı ; ancak , bu maddenin sağlık koşullarını kötüleştirmesinden dolayı kullanımından vazgeçilmiştir.

Çelik boru hattı kaynağında Lincoln Klas E 6010 kaynak elektrotu kullanılmaktadır.

■ E harfi elektrotun ekstrüzyonla üretildiğini gösterir.

■ 60 rakamı 1000 ile çarpıldığında (lbs/sq.inç) cinsinden kaynak yerinin min. çekme dayanımını gösterir.

■ 1 rakamı kaynak pozisyonunu gösterir .

■ 0 rakamı da akım şekli , kutup durumu ve örtü türünü karakterize eder.

Elektrot kutuları ihtiyaç olduğu zaman açılır . Kaynak çubukları oksidasyonun etkisinden korunmalı ve kaplamalar asla yapışık ve nemli olmamalıdır. Bu durumlardan biri görülürse ; kusurlar az sayıda ise yalnız şüpheli kutular , kusur çoksa henüz kullanılmamış bütün şüpheli kutular iptal edilebilir.

3.3. Çelik Boruların Hat Boyunca Kaynağı

3.3.1. Kaynak Koşulları

Boru kaynak boyunca sabit tutulmalıdır. Pozisyon kaynağında , işin uygun bir şekilde yapılmasını sağlamak için boru yerden yeterli bir yükseklikte olmalıdır . Kaynağın tranşe zemininde yapılması durumunda özel boyutlarda bir birleşim çukuru açılmalıdır

Her kaynak pasosu yapılırken hizalama ve destekleme işlerinin standartlara uygun olup olmadığına , hava koşullarından (rüzgar , nem , yağmur , soğuk) etkilenip etkilenmediğine dikkat edilmelidir. Aksi durumda

a . Uygun olmayan hizalama ve desteklemeyi düzeltinceye ,

b . Hava koşulları uygun olana veya hava koşullarının üstesinden gelmeyi mümkün kılacak önlemler alınuncaya ,kadar kaynak yapılmasına izin verilmeyebilir.

Çevre sıcaklığı 5 derecenin altında ise , borunun veya fittingin kaynak yapılacak her iki ucu , uygun bir ısıtıcı ile kaynak ağzının yüzeyinin üzerinde en az 25 mm'lik kısmında ön ısıtma yapılacaktır.

Ön ısıtma sıcaklıkları aşağıdaki gibi olmalıdır.

a. Boru et kalınlığı 7 mm'den küçük ise 95 derece

b. Boru et kalınlığı 7 mm'den büyük ise 150 derece

Orjinal olarak hazırlanmış kaynak ağzında taşlama yapılmayacaktır. Kaynak sırasında , bir kaza sonucu , kaynak ağzından ark parçası sıçramasını önlemeye dikkat edilmelidir.

Boru bölümlerinin içine , başta su ve çamur olmak üzere yabancı maddelerin girerek birikmesini önlemek için boru bölümlerinin uçları çalışmanın durduğu her zaman ve birleşme yapıluncaya kadar bir keple (night-kep) kapatılır .

Kaynaktan sonra boru , zararlı maddelerden , çentiklerden el aletlerinin çapaklarından , kazımlardan arındırılacaktır. El aleti çapaklarının , çentiklerin , ark parçalarının olması halinde zarar görmüş alan bir taş motoru ile ve kaynak

yüzeyi boyunca çevreye doğru hassasiyetle düzgünleştirilir . Düzeltilmiş alanda , boru et kalınlığının %10' undan daha fazla incelme olmaması sağlanmalıdır.

3.3.2. Kaynak Pasoları

Boru et kalınlığı 4 mm'yi geçiyorsa , kaynak en az üç pasoda yapılmalıdır. Her paso diğeri başlamadan önce tamamen bitirilmelidir.

3.3.2.1. Kök Paso

Kök paso , dış çap 400 mm'nin üzerindeki borularda karşıt pozisyonda çalışan en az iki kaynakçı tarafından yapılmalıdır . Kaynakçıların veya kaynak makinalarının pozisyonları ve kaynak yapacakları kısımlar ısı kaynaklı gerilmeleri mümkün olduğu kadar giderebilecek şekilde olmalıdır . 250 mm'den büyük çaplı boruların kaynağı yapılırken kelepçe kök paso uygulamasında takılı duracaktır.

Kök pasonun üzerinin temizlenmesi ve curuflarının alınması işlemleri , elektrot değiştirme noktalarında oluşan üst üste binme noktaları dışında pasonun incelmesine yol açılmadan yapılmalıdır.

Kök paso sarkmalarının eğer kalibrasyon pigi kullanılmayacaksa 3 mm'yi geçmediği kanıtlanmalıdır.

3.3.2.2. Sıcak Paso

Sıcak paso , 400 mm ve üzerindeki çaplı borular için karşıt pozisyonda çalışan iki kaynakçı tarafından yapılmalıdır ; sıcak paso , kök pasonun üzerindeki herhangi bir hatanın bulunmadığının görülmesi üzerine yapılabilir. Sıcak paso , kök pasodan hemen sonra yapılmalıdır.

3.3.2.3. Dolgu ve Kapak Pasoları

Farklı pasoların başlangıç noktaları bir önceki pasonun bitiş noktasından en az 5 cm ayrı olmalıdır . Her paso , curufun en ufak zerresini alacak şekilde metal fırça veya uygun bir aletle , dikkatle temizlenmelidir.

Son kaynak düzenli ve üniform olmalı , son pasonun takviyesi düzenli ve 0.5 - 1.5 mm arasında olmalıdır. Tamamlanmış kaynak yüzeyi , orjinal kaynak ağzı genişliğinden 2 - 3 mm daha büyük olmalıdır.

3.3.3. Tie-in Kaynakları

Boru hatları inşaatında mühim olan sürat ve devamlılık olduğu için bu devamlılığı aksatabilecek olan noktalar normal kaynak ekibi tarafından atlanarak geçilir . Bu atlanan yerler arkadan gelen özel ekiplerce (Tie-in ekibi) tamamlanır.

Bu tip atlanan yerler , yol geçişleri , 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 işlerinin tümünü yaparak tamamlarlar .

Bu kaynakların , yöntemine uygun olarak aşağıdan yukarıya kaynak metodu ve düşük hidrojenli elektrotlar kullanarak yapılması tercih edilmelidir.

Tie-in kaynaklarında , yukarıdan aşağıya kaynak metodu ile hat kaynağında kullanılan özel elektrotlarla kaynak yapılması için izin ve onay gereklidir.

3.3.4. Flanş Kaynakları

Boru üzerindeki kaynak boyunlu flanşların kaynağı , hat kaynakları için belirlenmiş kalitede olmalıdır.

Flanş boyun çapı boru çapından büyükse , kaynak , borudan flanş boynuna bir eğimle tamamlanır , bu eğim 1 / 2.5 oranını geçmemelidir. Flanş boynu iç çapı ile boru iç çapı arasındaki fark 2.4 mm'den büyükse bir geçiş manşonu kullanmak zorunludur veya daha küçük çap , kabul edilmiş eğimlere uygun olarak taşlanarak genişletilir .

Kaynak boyunlu flanşın boruya kaynağı sırasında flanş yüzeyinin boru eksenine dik olmasına dikkat edilecektir. Flanş yüzeyleri , flanş yüzündeki sızdırmazlık halkasının veya yüzünün zarar görmemesi ve civata ile sıkıldığında sızdırmazlık sorunu olmaması için dikkatli tutulmalıdır.

Fabrikasyon redüksiyonlar , T'ler , dirsekler gibi , boruya uygun boyutta ve kaynak ağzı açılmış standart fittingler boruya kaynakla birleştirilecektir .Kaynağın niteliği hat kaynağı için onaylanmış nitelikte olacaktır. Fittingin iç çapı ile borunun iç çapı arasındaki fark 2.4 mm'den büyük olursa flanş kaynağı için yukarıda açıklanan işlem uygulanır .

3.3.5. Bozuk Kaynakların Tamiri ve Yeniden Kaynak Yapılması

Tolerans sınırları dışında görülen kaynak hataları talaş kaldırma ile ortadan kaldırıldıktan sonra tamir edilir .

Kaynağın her iki tarafı boyunca 7 - 10 cm'lik bir alan onarım için ön ısıtmaya tabi tutulur . Bu ön ısıtma için ön sıcaklıklar :

- Boru et kalınlığı 12.7 mm için 95 derece
- Boru et kalınlığı 19 mm için 150 derece
- Boru et kalınlığı 19 mm üzerinde 200 derece

olacaktır.

Kaynak aşağıdan yukarıya doğru kaynak metodu kullanılarak yapılır . Tamir , radyografi ile kontrol edilir ; eğer bir hata görülmüyorsa kaynak kabul edilir ; eğer bir hata görülürse kaynak kesilir ve yeniden kaynak yapılır . Yeniden kaynak yapılması , sıcak paso veya kök pasoya nüfuz etmiş bir çatlak gibi kabul edilmez hatalara sahip herhangi bir kaynak kesilir ve yeniden kaynak yapılır.

Kaynağın yeniden yapılması bir geçiş manşonu kullanarak veya kullanmayarak yapılır . Kaynak ağızları , boruların hizalandırılması ve kontrol , Tie-in kaynağındaki gibi yapılacaktır. Gerekirse kullanılacak iki çapa da eşit bir manşonun uzunluğu 0.5 m'den daha az olmayacaktır.

Boru hattı üzerindeki bütün yeniden kaynaklar , borunun kaplanmasından önce tamamlanacak ve boru bölümlerindeki bütün yenilenen kaynakların spesifikasyonlara uygun olarak bitirildiğini belgeleyene kadar hiç bir boru bölümünde kaplama yapılmamalıdır .

3.3.6. Kaynak Parametreleri

Kaynak üretimine başlamadan önce kaynakların mekanik özelliklerini belirleyecek detaylı yöntem spesifikasyonu hazırlanmalıdır. Kaynakların kalitesi tahribatlı ve tahribatsız testlerle belirlenecektir. Kullanılan yöntemin tüm detayları

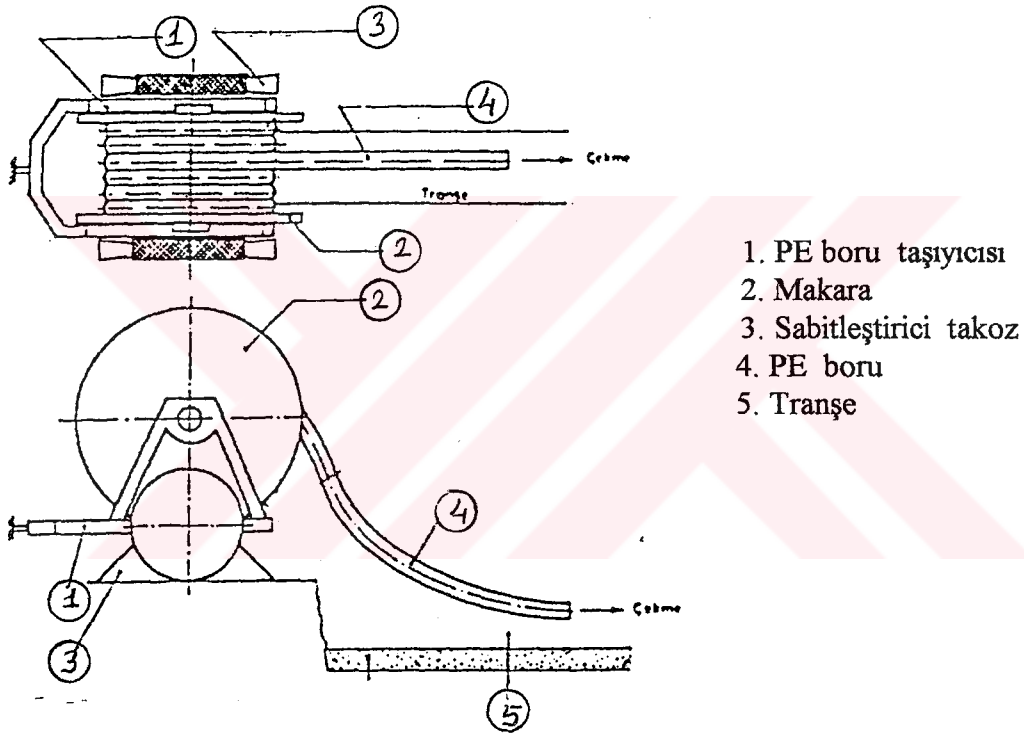
kayıt edilmelidir , bu raporlar tüm test sonuçlarını içermelidir. Raporlar yöntem uygulandığı sürece saklanmalıdır.

Kaynak yöntemi parametreleri aşağıdaki maddeleri içermelidir.

1. Proses
2. Boru ve fitting malzemeleri
3. Çap grupları - et kalınlığı grupları
4. Kaynak ağızı
5. Dolgu metali ve paso sayısı
6. Elektriki özellikleri
7. Ark karakteristikleri
8. Kaynak pozisyonu
9. Kaynağın yönü
10. Pasolar arası geçen zaman
11. Bağlantı elemanlarının tipi
12. Bağlantı parçasının çıkarılması
13. Temizleme
14. Kaynak öncesi veya sonrası ısıtma
15. Kaynak hızı

4. POLİETİLEN BORULARA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMİ

PE dağıtım şebeke hatlarındaki PE boruların açılmış tranşelere döşenmesi işi , çekilebilir bir römork üzerine yerleştirilmiş bir makaraya sarılmış uzun boy boruların , tranşe boyunca bir vinç ile çekilmesi yoluyla yapılır (Şekil. 2) .



Şekil . 2 . Makara ile Polietilen boru döşemesi

Bu işlem sırasında borunun çarpıp zarar görmemesi için makaralı yönlendiriciler kullanılır ve boru uygun ve ayarlı bir gerilme kuvvetiyle çekilir.

Servis hatlarında kullanılan PE borular ince olduğu için çanta içinde sarılı (kangal) halde olacaktır. Bu çanta sahada gerekli yerlere elde taşınarak

götürülebilecek ve döşeme işlemi yine elle çekilerek yapılabilir.

PE boru , dış çapının 30 katına eşit yarıçaplı bir daire boyunca kıvrılabilir. Bu yarıçapa kadar olan yön değişiklikleri PE boruyu kıvrarak yapılabilir. Bundan daha küçük yarıçaplı yön değişikliklerinde dirsek kullanmak gerekir.

4.1. PE Boruların Elektrofüzyon ile Kaynağı

Dağıtım şebekelerinde ve servis hatlarında kullanılan PE borular , polietilenden yapılmıştır . Polietilen petrolden elde edilir , önce toz halindedir sonra " granül " denilen tanecikler haline getirilir . Sudan hafiftir . Asit ve bazik ortamlardan etkilenmez . Toprak içinde çürümez . Minimum ömrü 50 yıldır . Yanıcıdır .

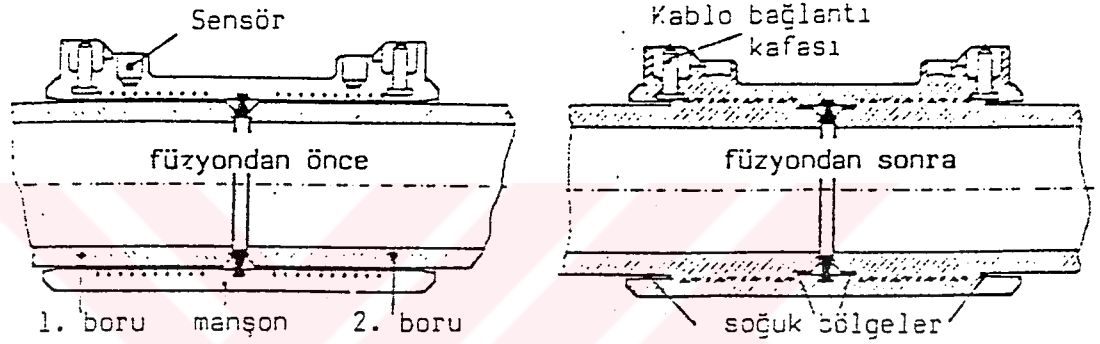
PE malzeme güneşin mor ötesi ışınlarından (ultraviyole) ve sabundan etkilenir . Bu nedenle PE şebekelerde sızdırmazlık testi sırasında sabun köpüğü kullanılmışsa borunun çok iyi temizlenmesi gerekir. Aynı şekilde borunun temizliği için kullanılan solventler de boruya zarar verir .

PE malzeme düşük sıcaklıklarda erir ve soğuduktan sonra tekrar eski haline dönebilir . Bu özelliği polietilenin eritilerek birleştirilmesine olanak sağlar . Aynı zamanda polietilenin ısı iletimi çok kötüdür , yani ısıyı az iletir Bu nedenle polietilen malzemenin bir bölgesi ısıtılıp eritildiğinde hemen yanındaki bölge özelliğini kaybetmeden katı halde kalabilir . Bu bölgelere "soğuk bölge " denilmektedir . Bu özelliğide elektrofüzyon tekniğinin uygulanmasını mümkün kılar .

4.1.1. Elektrofüzyon Tekniği

Elektrofüzyon tekniğinde malzemelerin , elektrik akımı kullanarak ısıtılıp basınç altında birleştirilmesi yöntemi uygulanır . Birleştirilecek boruların

üzerine , iç yüzeyine elektrik dirençleri yerleştirilmiş bir " manşon " geçirilir . Elektrik akımı verilince ısınan dirençler manşon iç yüzeyi ile boruların dış yüzeylerini eritir . Birleşmenin sağlanabilmesi için gereken basınç ise , ısınma sırasında polietilenin yapısında bulunan karbonun havanın oksijeni ile birleşmesi sonucu oluşan karbondioksit gazının yaratacağı sıkışma ile sağlanır (Şekil . 3 .)



Şekil . 3 . Elektrofüzyonla birleştirme

Bir soğumak süresinden sonra , birleştirilen bölgedeki malzeme sertleşir . Böylece moleküler düzeyde bir birleşme sağlanmış olur .

Elektrofüzyon bağlantı elemanının üzerinde basınca duyarlı bir hücre (sensör) vardır . Sensörler kablo bağlantı yuvalarının hemen yanında bulunur . Eğer kaynak tam olmuşsa eriyen polietilen , basıncın etkisiyle bu hücreleri doldurur . Kaynak bittikten sonra , sensör kapakları açılarak hücrelerin dolup dolmadığına bakılır . Hücreler polietilenle doldurulmuş ise birleşme yeterli kabul edilir .

Sensörün hücrelerini doldurmuş polietilen bir pistonu yukarıya doğru iterek kumanda kutusu ile bağlantıyı keser . Elektrofüzyon işlemi tamamıyla otomatik

olarak yapılır . Kolay bir işlem olması , seri olarak yapılabilmesi , güvenli bir birleşme sağlaması gibi özellikleri nedeniyle elektrofüzyon gaz boru hatlarında yaygın olarak kullanılmaktadır . Ancak kaynak sırasında gerekli kurallara titizlikle uyulması gerekir .

Birleştirme yapılacak yüzeyler mutlaka kazınmalıdır . Polietilen borular kalıplara döküldükten sonra boru şeklini alınca su ile soğutulur . Bu sırada polietilenin üst yüzeyinde 0.2 mm kalınlığında korozif bir tabaka oluşur . Elektrofüzyondan önce , kaliteli bir kaynağın sağlanabilmesi için bu yüzeyin hafifçe kazınarak kaldırılması gerekir .

Birleştirilecek yüzeyler çok temiz olmalıdır . Bunun için yüzeyler solventle silinir . Kuruduktan sonra da kirlenmemesine dikkat edilir ve birleştirme yüzeyleri ellenmez . Birleştirme sırasında , birleştirilecek elemanların birbirine iyice temas etmesi sağlanmalıdır . Ovallık varsa , boruyu zedelemeyen bir kelepçe kullanılarak düzeltilmelidir . Borular tam alın alına gelmeli , aralarında boşluk kalmamalıdır . Bunun içinde boruların kesimlerinin çok düzgün yapılması gerekir .

Kaynak ve soğuma süresince , birleştirilen elemanların sabit durumda kalması gerekir . Bunun içinde , birleştirilecek elemanların “ pozisyoner ” denilen sabitleştirici ve hizalayıcı özel kelepçelere çok iyi yerleştirilmeleri ve tespit edilmeleri gerekir . Pozisyonerler ancak soğuma süresi sonunda elektrofüzyon işlemi tamamlanınca çıkarılmalıdır . Bunun için de , kaynak işlemi bitince pozisyonerin çıkarılacağı saat mutlaka borunun üzerine yazılmalıdır .

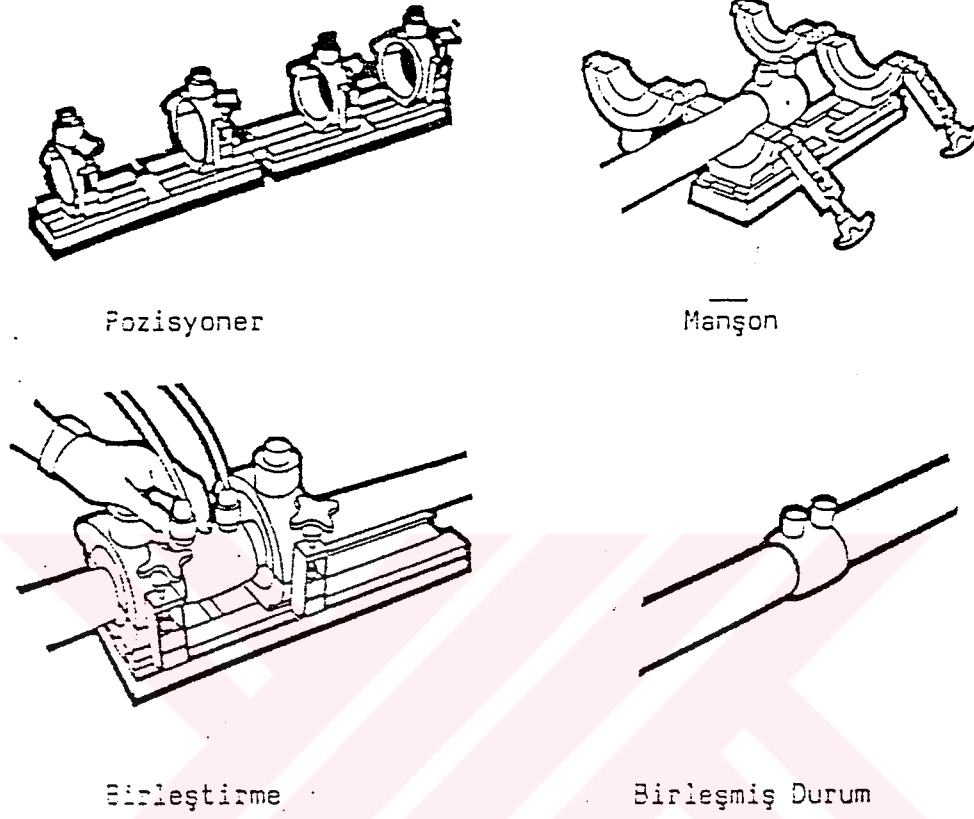
Kaynakçı , kaynağın bitiş saatinin üzerine soğuma süresini ekleyerek bulacağı saati kaynağın bitiş saati olarak borunun üzerine yazar . Polietilen kaynağı , borunun yüzeyi - 5 ve + 35 derece arasında iken yapılabilir . Bu sıcaklık sınırının dışında , polietilen ya çok sert ve kırılğan veya çok yumuşak olacağından elektrofüzyon işlemi için uygun bir durumda olmayacaktır . Eğer hava soğuksa ve boru yüzeyinin ısısı -5 derecenin altında ise ya havanın ısınması beklenmeli ya da kaynak mahalının üzeri bir çadırıla örtülerek ortam ılıtılmalıdır . PE boru üzerine doğrudan ısı tatbik edilmesi , alev uygulanması , PE yanıcı bir malzeme olduğu için kesinlikle yasaktır .

Eğer hava sıcak ve boru yüzeyinin ısısı -35 derecenin üzerinde ise , kaynak mahalının üzeri bir tente ile gölgelendirilerek borunun ısısının düşmesi sağlanır . Kaynak sırasında füzyon çevrimi her hangi bir nedenle kesintiye uğrarsa , daha sonra aynı malzemelerle işleme devam edilmemeli , eski malzemeler kesilerek çıkarılmalı , elektrofüzyon kaynağı yeni malzemelerle yeniden yapılmalıdır .

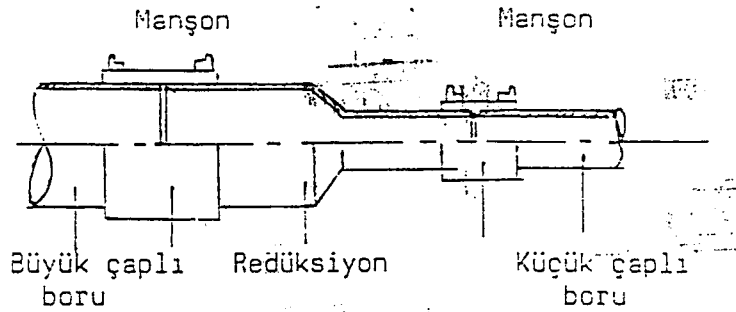
4.1.2. PE Şebekelerde Birleştirme İşlemler

Aynı çapta boruların brleştirilmesi : Aynı çapta iki boru üzerlerine geçirilmiş bir elektrofüzyon manşonu ile birleştirilir (Şekil . 4 .)

Farklı çapta iki borunun birleştirilmesi : Farklı çapta iki PE borunun birleştirilmesi için redüksiyon kullanılır . Redüksiyonun bir tarafı büyük çaplı boruya , öteki tarafı küçük çaplı boruya uygundur (Şekil . 5 .) .



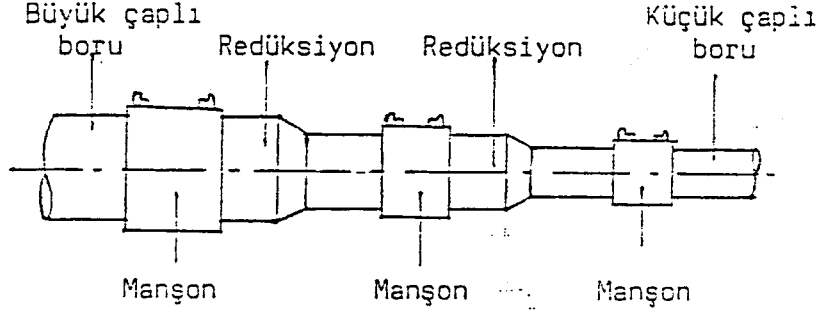
Şekil . 4 . Aynı çapta iki borunun birleştirilmesi



Şekil 5 . Redüksiyon bağlantısı

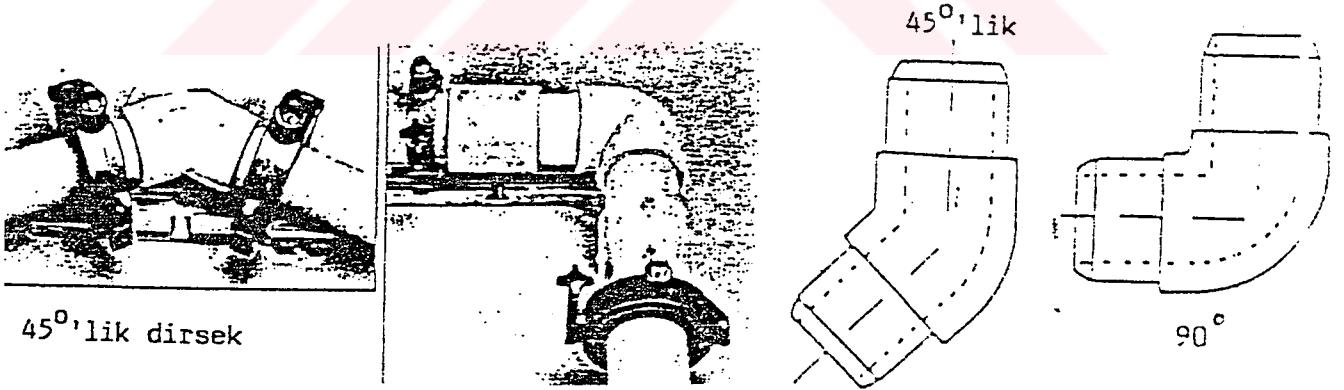
Redüksiyon iki tarafından da elektrofüzyon manşonu ile borulara bağlanır .
Birleştirilecek boru çapları arasında kademe farkı varsa ,iki redüksiyon arka arkaya

eklenerek küçük borunun çapına inilir (Şekil . 6 .) .



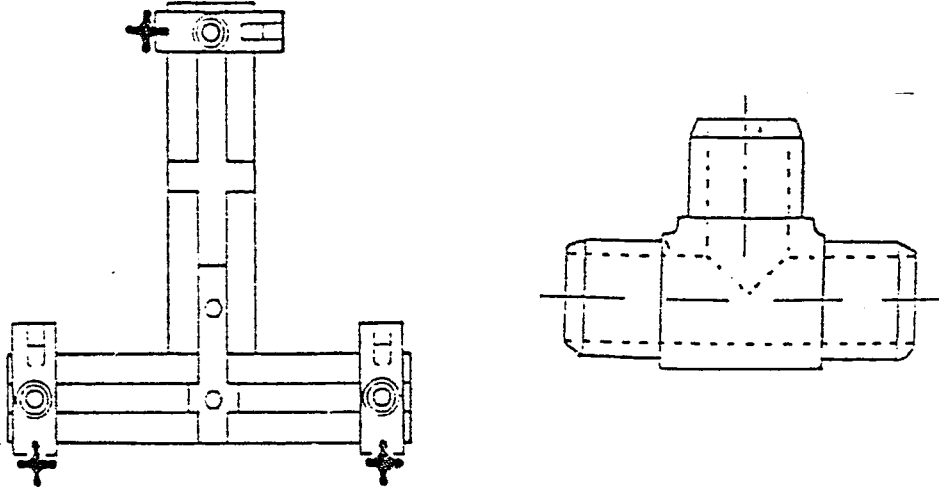
Şekil . 6 . Seri redüksiyon bağlantısı

Dirsekler : Boru güzergahındaki yön değişiklikleri sırasında , saptırma boruyu kıvrılarak yapılamıyorsa dirsek kullanılır . Dirsek iki boruyada elektrofüzyon manşonu ile bağlanır . Dirsek bağlantıları için birbirine birleşme açısına göre eklenmiş pozisyonerler kullanılır (Şekil . 7 .) .



Şekil . 7 . Dirsek pozisyoneri ve birleştirme durumu

T Bağlantısı : T parçası üç boruya da elektrofüzyon manşonu ile bağlanır (Şekil . 8 .) .

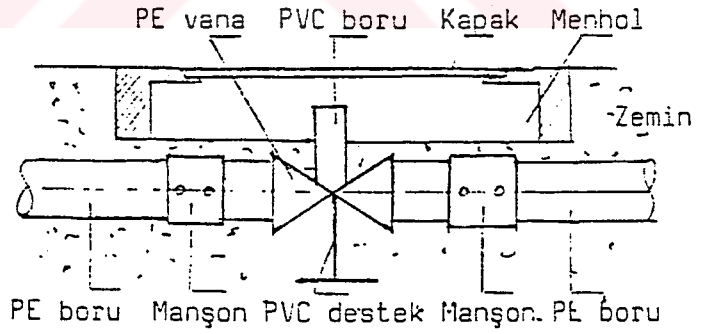


Şekil . 8 . T parçası ve birleştirme durumu

PE vana bağlantısı : PE şebeke üzerine yerleştirilecek vananın giriş ve çıkış ağzları PE boruya elektrofüzyon manşonları ile birleştirilir (Şekil . 9 .) .



PE vana



Şekil . 9 . PE vana ve birleştirilmesi

4.1.3. PE Boruların Topraklanması

Yüksek elektrik direnci nedeniyle gazı taşıyan PE boru , hava / gaz

karışımını ateşleyebilecek bir kıvılcım çıkarmaya yetecek kadar statik elektrikle yüklenebilir . Bu yüzden servis veren ve gaz kaçırabilecek polietilen şebekelerde çalışırken bazı önlemlerin alınması gerekir .

Bir servis vanası vasıtasıyla gaz verildiğinde , vanadan olabilecek bir elektrik boşalmasının etkisini önlemek için gaz jeti bir metal-plastik geçiş fittingi vasıtasıyla , vananın çıkış ağzına bağlanmış yeterince uzun bir PE boru ile çalışma bölgesinin uzağına tahliye edilmelidir .

Başka türlü bir cihazla gaz verildiğinde , eğer bir boşaltma borusu (vent) yapılması da mümkün değilse gerek temizleme vanası gerekse diğer metalik parçalar topraklanmalıdır . Bu önlemlere ek olarak metalik parçalarla (vanalar , metal-plastik geçiş fittingleri gibi) çalışıldığında kıvılcım çıkartmayan aletler kullanılmalıdır .

PE borularda çalışmaya başlamadan önce boru elektriksel olarak toprağa bağlanmalıdır .

Topraklama Usulü :

- ◆ Ortalama 2 veya 3 mm kalınlığında 2 cm genişliğinde pamuk bandajlar kesilir (sentetik tekstil ürünleri kullanılmamalıdır) .
- ◆ Bandajları suya (ya da sıcaklık 0 dereceden düşükse , bir su ve glikolkarışımına) sokularak ıslatılır .
- ◆ Bu bandajları borunun çalışma (sağlamlaştırma , kesme , boğma) yapılacak bölümüne sıkıca sarılır .
- ◆ Bandajın boşa kalan ucunu ortalama 15 cm derinliğe toprağa gömülür .

- ◆ PE boru toprak hattı , çalışma sonuna kadar muhafaza edilmeli ve ancak herhangi bir gaz kaçağı tehlikesi kalmadığında sökülmelidir .

4.2. Elektrofüzyon Kaynağının Kullanım Nedenleri

Bugün elektrofüzyon , polietilen dağıtım hatlarındaki kaynağa cevap veren , genel olarak basınçlı akışkanlarda güvenilir ve uygulaması kolay bir kaynak işlemi olarak kabul görmüştür . Bu işlemin üstünlükleri üç düzlemde temellendirilebilir .

4.2.1. Teknik Nedenler

Bir alın yada soket kaynak işleminde birleştirme ilkesi şu esaslara dayanır :

- ◆ ısıtıcı aletler yardımıyla , kaynaklanacak yüzeylerin bir ön-füzyonla birleştirilmesi
- ◆ ısıtıcı aletlerin çıkarılması ve , yüzeyler arasında düzgün bir temas olup olmadığına anlamak için , kaynaklanan parçaların hafifçe yerlerinden oynatılması ,
- ◆ soğuma safhası boyunca yüzeylerin basınç altında temas halinde tutulması

Kaynaştırılan malzemenin oynatılmasından dolayı bu tip bir ek , kaynak bölgesinde , ekipmanın uzun vadeli davranışı üzerinde zararlı etkileri olan iç gerilimler meydana getirir . Bu gerilimler , akışkanlıkları farklı iki reçine arasındaki eklerde daha da büyür .

Kaynatılan parçaların (manşon veya branşman alma parçaları) geometrik yapısından dolayı , bu sorun soket füzyonda daha da ağırlaşır . Sahada ve , özellikle de bir kaynak üzerine dış bir gerilim (toprak tabakası , bükme) uygulandığında normal süresinden önce ortaya çıkan çeşitli arızaların altında bu sorun yatmaktadır . Alın kaynağı topraklarında ya da soket eklerinde bu tür gerilimlerin yol açabileceği

arıza ve tehlikeleri en aza indirmek için , sadece aynı tip reçineden , hatta sadece aynı reçineden yapılmış parçaların birbirine kaynaklanması şarttır .

Elektrofüzyon tekniğinde kaynaklama işlemi , montaj tamamlandıktan ve kaynaklanacak parçalar sıkıca biraraya getirildikten sonra yapılır . O yüzden kaynak anında boru ve fitting arasında herhangi bir oynama olmaz . Malzemenin hareket miktarı çok düşüktür ki bu , kaynak yüzeyindeki gerilim faktörlerinin de düşük olması anlamına gelir .

Bu , akışkanlık endeksi M 15 (0.3 - 1.4 arası) olan , köken itibariyle farklı iki reçine arasındaki kaynaklarda da geçerlidir .Kaplınler uygulanacakları borulara uygun reçineler yardımıyla imal edildiğinden boru ve fitting arasında , dolayısıyla da birbirinden tümüyle farklı tip iki boru arasında tam bir uyum elde edilir .

Yapılan çalışmalarda elektrofüzyon kaynak yöntemiyle yapılan bir bağlantının performansının , uygun birleştirme yapıldığı sürece kullanılan borununkinden daha iyi olduğu saptanmıştır . Bu tür bağlantıların performansı , kullanılan sargı tellerinin yardımıyla güçlenmekte ayrıca kaynaktan sonra bağlantının yavaş soğutulmasında performansa olumlu yönde etkimektedir . Bu yöntemin etkinliğini azaltan en önemli faktör birleştirme yüzeylerinin yeterince temiz olmamasıdır . Bu nedenle , çoğu zaman kaynak öncesi borunun dış çapından bir miktar malzeme rendelenerek alınır . Borunun dış çapından belirli bir uzunluk ve kalınlıkta talaş kaldırmak için mekanik olarak çalışan çeşitli türde aparatlar geliştirilmiştir .

4.2.2. Pratik Nedenler

Alın ve soket füzyon teknikleri kendi başlarına yeterli teknikler değil tamamlayıcı tekniklerdir :

- ◆ Soket füzyon sadece 75 mm çapındaki borularda kullanılabilir .
- ◆ Alın füzyonu , boru malzemesi et kalınlığının mümkün olduğunca az olmasını gerektirir ; o yüzden de sadece çapı 50 mm'nin altındaki borularda ve ancak düz bölümlerde kullanılabilir . Bu , ek sayısını ve tranşe genişliğini (eğer montaj tranşe tabanında gerçekleştirilecekse) artırır .

Oysa elektrofüzyon , çapı 20 - 200 mm arasındaki tüm boruların monte edilebilmesine imkan verir . Çapı 125 mm'ye kadar olan boruların uzun mesafeler boyunca kullanılabilmesini sağlayan yegane tekniktir . Ayrıca aynı anda ,

- ◆ şebeke inşasının tüm safhaları boyunca her yerde ,
- ◆ basınç altında yapılan bağlantılarda ,
- ◆ tamirat işlerinde , kullanılabilir .

Fakat diğer teknikler tek başlarına bu amaçlar için yeterli değildir ve önceden döşenmiş borularda ek veya tamirat işlerinin yerine getirilmesi için , en azından elektrofüzyon yada mekanik fittinglerle birlikte kullanılmaları gerekir . Dahası , elektrofüzyon tekniği montaj alet ve parçalarının her yerde kullanılabilme özelliği , operatörü her ekte / tamiratta yeni parça yada alet edavat temini için koşturmaktan kurtarır ; bu teknikte operatörün tüm yapması gereken , uygun fittingi seçmektir .

4.2.3. İnsan Faktörü

Soket ve alın füzyon kaynaklarında kaliteli bir ek için el mahareti nihai bir önem taşır . O yüzden , kaynak işlemi aşamaları boyunca gereken çeşitli basınç ve sıcaklıkları tanımlamak ve uygulamak için uzmanlara ihtiyaç duyulur . Yani kaynak kalitesi , dolayısıyla da kaynağın uzun dönemli davranışı doğrudan kaynak operatörüne bağlıdır . Bunun iki sonucu vardır :

- ◆ ayrıntılı bir personel eğitim programı hazırlama gereği ve kaynakçıların periyodik kontrolü ,
- ◆ kaynakları gözle ya da ultrasonik cihazlarla kontrol etme gereği (ki bu tür yöntemler ancak büyük hataların tespitine yardımcı olur ve kaynağın kalitesi konusunda tam bir güvence veremezler .

Elektrokaynak tekniği işlem sonrası kontrol ihtiyacını ortadan kaldırır . Burda kaynak sıcaklığı ve basıncı eksiksiz bir şekilde tanımlanmış kaynak parametrelerinin ve kaplin geometrisinin bir fonksiyonudur . O nedenle ideal kaynak koşullarının bir kaynaktan diğerine sistematik olarak tekrarlanması mümkündür . Koşullar sağlandıktan sonra da kaynak işlemi otomatik makinalarla yapılır . Dolayısı ile elektrofüzyonda basit bir eğitim yeterlidir .

4.2.4. Alın Eritme Kaynağı

Alın eritme kaynağı , plastik boruların kaynağında kullanıldığında “ sıcak levha kaynağı ” olarak adlandırılır . Bu yöntemde kullanılan makinaların hemen hepsi hidrolik olarak çalışır . Genellikle 90 mm. ve daha büyük çaplı polietilen borular bu yöntemle kaynak edilebilirler . Daha küçük çaplı boruların ise bu yöntemle kaynak

edilmesi birtakım problemleri beraberinde getirmektedir. Zira kaynak anında boru iç çapında daralmalar olabilmekte ve düzgün bir bağlantının eldesi gerçekten güçleşmektedir.

Bu teknikte boru uçları her iki taraftan ayrı ayrı kelepçelerle tutularak sıcaklığı yaklaşık 200 derece civarında olan ve elektrikle ısıtılan sıcak bir levhaya hidrolik bir sistem ile her iki taraftan belirli bir kuvvet ile bastırılır . Boru ile levha arasında yarı erimiş bir tabaka oluşuncaya kadar bu işleme devam edilir , daha sonra borular geri çekilir ve sıcak levha yukarıya veya yana doğru alınır . Zaman kaybetmeden borular yine aynı hidrolik silindir yardımı ile birbirleri ile aynı doğrultuda olacak şekilde belli bir kuvvetle alın alına bastırılır . Bu bastırma süresince kaynak bölgesinden dışarıya doğru bir miktar malzeme akmakta ve bu , borunun iç ve dış kısmında şişkin bir çember oluşturmaktadır . Soğuma süresince bu bastırma işlemine devam edilir .

Alın-eritme kaynağında en önemli parametreler ; plakanın sıcaklığı , ısıtma süresi ,ısıtma basıncı , kaynak süresi ve kaynak basıncıdır . İş parçalarının kaynak için ön hazırlığıda ayrıca önem taşımaktadır . Birleştirilecek boruların ağız kısımları düz ve ısıtıcı yüzeye dik olmalı aynı zamanda kaynak yüzeyleri kaynak öncesi iyice temizlenmelidir . Yapılan araştırmalar , bağlantının kısa süreli mekanik özelliklerinin soğuma hızı ile etkilendiğini ve düşük soğuma hızının malzemenin kristal boyutunun küçülttüğünü böylece mukavemeti artırdığını göstermiştir .

4.2.5. PE Borulara Uygulanan Elektrofüzyon ve Alın-eritme Kaynak Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Doğalgaz taşınımında kullanılan PE plastik boruların kaynak ile birleştirilmesinde kullanılan her iki yöntemden de oldukça başarılı sonuçlar alınmaktadır . Ülkemizde henüz yapımı sürmekte olan doğalgaz boru hatlarında kullanılacak PE boruların birleştirilmesinde bu iki yöntemin başarıyla uygulanabilmesi için avantaj ve dezavantajlarının bilinmesinde fayda vardır .

Elektrofüzyon kaynak yönteminin başlıca avantajlarını şöyle sıralayabiliriz :

1. Kaynak işlemi çok küçük ve dar alanlarda yapılabilir .
2. Herhangi bir erime işleminde , erime sıcaklığı önemli bir birleştirme parametresidir . Dolayısı ile gerekli ısının iyi ayarlanması ve uygun zamanda birleştirmenin yapılabilmesi önemli bir dikkat ve tecrübe gerektirir . Ancak bu yöntemde teçhizatın uygun bir şekilde ayarlanmasıyla operatörün müdahale ve sorumluluğu minimuma indirilmiştir .
3. Alın-eritme yönteminde olduğu gibi elektrofüzyon yöntemi de belirli düzeyde bir ekipman gerektirir . Ancak bu ekipman diğer yonteme nazaran teferruatlıdır dolayısı ile taşıyıcı araç ile taşınan ağırlık ve hacim azalmaktadır ve bakım giderlerinden de bu ölçüde tasarruf edilmektedir .
4. Birleştirme tekniğinin özelliği dolayısı ile birleştirilecek yüzey kaynak süresince atmosferin olumsuz etkilerine karşı korunmuştur .
5. Alın-eritme kaynağı belirli bir et kalınlığını gerektirir , böylece ince cidarlı borular bu yöntemle kaynak edilmezler yani elektrofüzyon yöntemi tercih edilir .

Elektrofüzyon kaynak yönteminin birkaç dezavantajıda vardır .

- 1 . Kaynak süresi alın-eritme kaynağına göre % 5 daha fazladır .
- 2 . Bağlantı elemanı ile boru arasının çok temiz olması gerekliliği boru yüzeylerinden kaynaktan önce bir miktar talaş kaldırılmasını zorunlu kılmaktadır .

4.3. Elektrofüzyon kaynağı ilkeleri

Elektrofüzyonla düzgün bir ek yapmak için sadece tasarımı uygun bir fitting kullanmak yetmez , aynı zamanda belirli çalışma kurallarına da riayet etmek gerekir .

Bir elektrofüzyon fittinginin tasarımında ve montaj koşullarının tanımlanmasında hesaba katılması gereken konuların başında , kullanılan boruların çapları ve bunların hazırlanmasında başvurulan yöntemler (kangal halindeki ya da kasnağa sarılmış haldeki boruların doğrultulması) gelir .

Diğer kaynak tekniklerinde PE parçaların kaynayıp kaynamadığını kontrolde üç temel parametre önem kazanır .

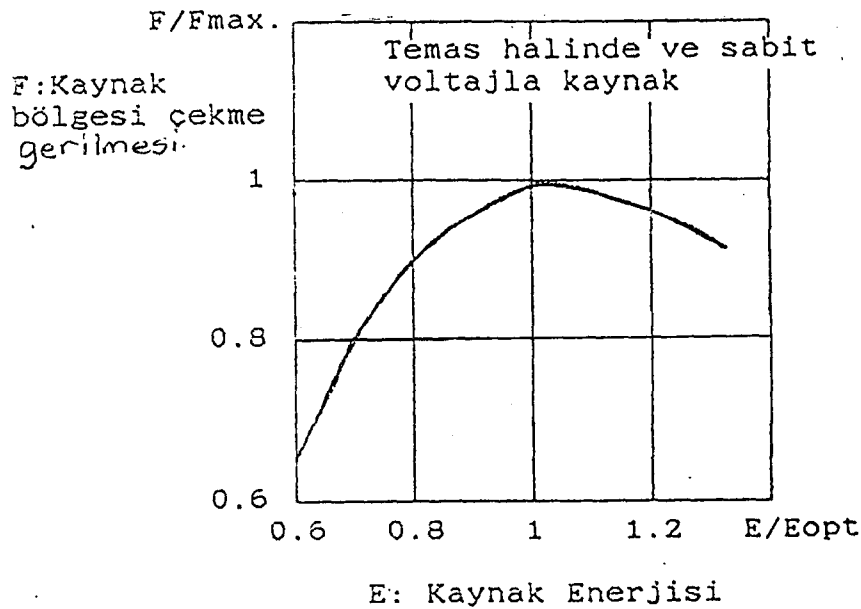
- * kaynaklanacak yüzeylerin sıcaklığı ,
- * kaynak ve soğuma aşamalarında yüzeylerdeki basma basıncı ,
- * zaman ,

oysa elektrofüzyon tekniğinde bu parametreler karşılıklı olarak birbirine bağlıdır . ; çünkü sıcaklık ve basınç , herşeyden önce , uygulanan elektrik enerjisinin etkisiyle gerek kaynak gerekse soğuma safhası boyunca , zamana bağlı olarak sürekli bir değişim gösterir .

4.3.1. Zaman Sıcaklık parametresi

Elektrofüzyonlanabilir bir fittingde PE'nin kaynağına harcanan enerji , fitting bünyesindeki bir ısıtıcı elemanın ürettiği ısı etkisiyle elde edilir . Isı transferinde sonlu eleman analizi göstermektedir ki , ısı dereceleri çok yüksektir ve kaynak için gereken enerji miktarı fitting tasarımına (ebatlar , direnç telinin tipi ve yerleştirilme şekli) bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedir . Farklı kaplin konfigürasyonlarının davranışı incelendiğinde görülüyor ki , kaynak yüzeyi birim alanı baz alındığında bu enerji miktarı altı katlık (2 J/mm² ile 13 J/mm² arasında) bir farklılık gösterebilmektedir .

Elektrofüzyon tekniğinde kaynak enerjisi , dolayısıyla da kaynak sıcaklığı büyük hassasiyet arzeden parametreler değildir . Tam olarak söylemek gerekirse , kaplin tasarımı düzgün olduğu sürece , optimum kaynak enerjisi miktarından % 10-20 arasındaki sapmaların kaynak kalitesini etkilemediği görülmüştür (Şekil . 10 .) .

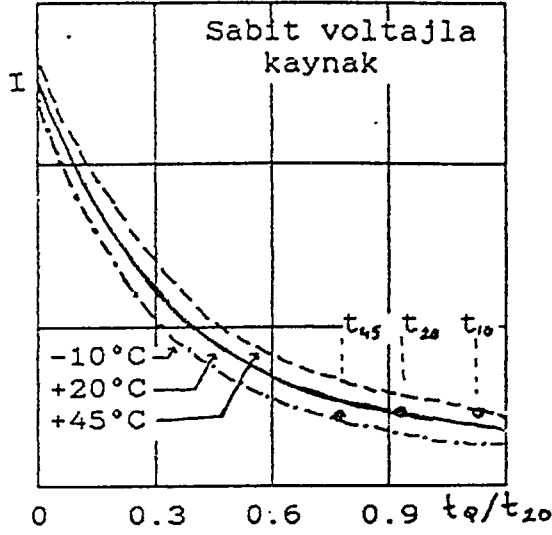


Şekil . 10 . Kaynak enerjisi ve çekme gerilmesi .

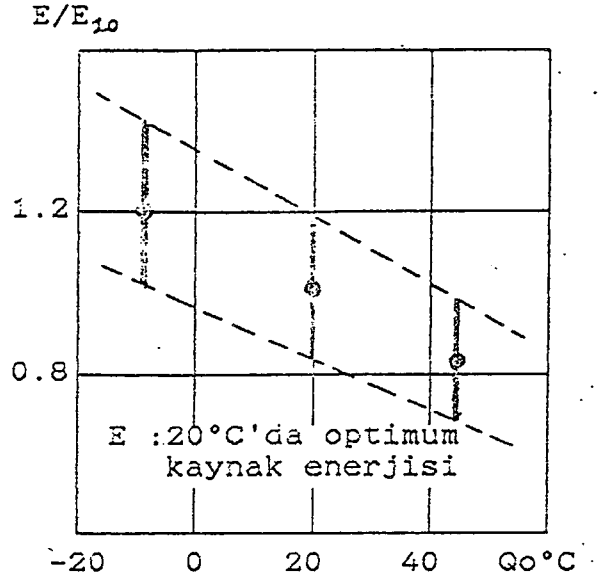
4.3.2. Zaman Basınç parametresi

Kaynaklanacak iki yüzeyin birbirine bastırılması ve basınç altında tutulması işlemi polietilen malzemesinin genişmesi ve fittingte imalat sırasında “ dondurulmuş ” iç gerilmelerin serbest bırakılmasıyla gerçekleştirilir . Bu gerilmeler , malzemenin tanınmasına , yönlendirilebilmesine ve ona ağ-tipi bir yapı kazandırılmasına bağlıdır ki bu , bugün boru ve fitting imalatında kullanılan yüksek ve orta yoğunluklu PE ile elde edilmesi güç bir durumdur ; o yüzden söz konusu gerilmelerin etkisi sınırlıdır. Malzemenin genişmesiyle ortaya çıkan basıncın etkisi , monte edilen parçaların işlem başlamadan önceki geometrik konumları (yani PE'nin elastik bir madde olmasından dolayı , soğuk haldeyken fitting ile boru yüzeylerinin birbirine tam basması ya da arada belli bir açıklık kalması) ile fitting içinde yayılan enerji miktarının bir fonksiyonudur .

Ancak sahadaki iklim koşullarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösteren (Fransa'da - 10 ile +45 derece arası) montaj başlangıç sıcaklığını tümüyle bertaraf etmek mümkün değildir . Her durumda kaynak sıcaklığını kontrol altında tutmak ve kaynak kalitesini garantiye almak için , sağlanacak elektrik enerjisi miktarını söz konusu montaj başlangıç sıcaklığının bir fonksiyonu olarak ele almak ve derece başına % 0.7 oranında değiştirmek şarttır (Şekil . 11 .) . Elektrik enerjisi genel olarak ya voltaj ya da akım ayarlı olduğundan , bu amaçla kullanılacak yöntem , akım uygulama süresini değiştirmekten ibarettir (Şekil . 12 .) . Belli prototip parçalar (Şekil . 13 .) ve elektrofüzyonlanabilir kaplinler üzerinde yapılan araştırmalar şu sonuçları vermiştir .



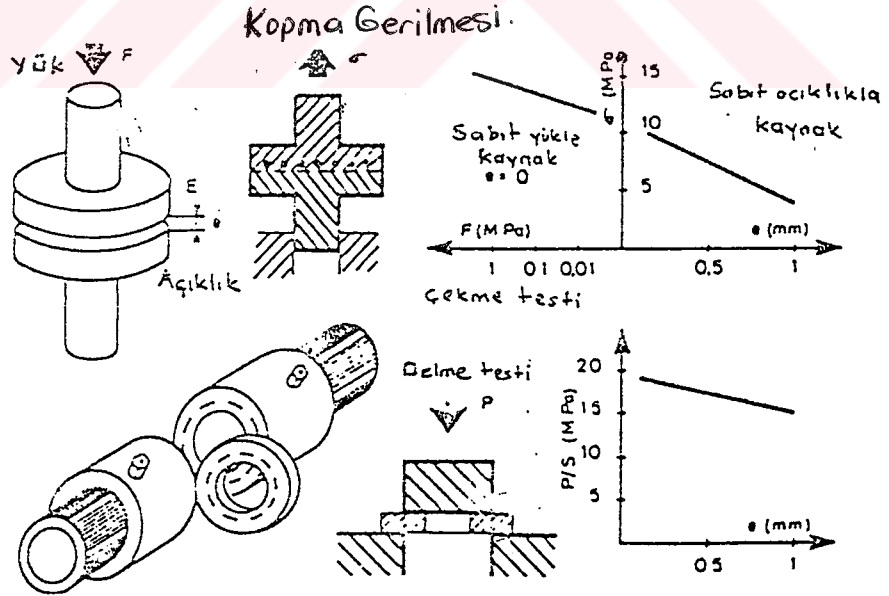
t_q : Q_0 başlangıç sıcaklığı ile kaynak süresi
 I : Akım şiddeti.
 I_s : Demir çelik direncine ve kaynak sıcaklığına oranı



Q_0 : Montaj başlangıç sıcaklığı
 E : iyi bir ek için müsadde edilen enerji

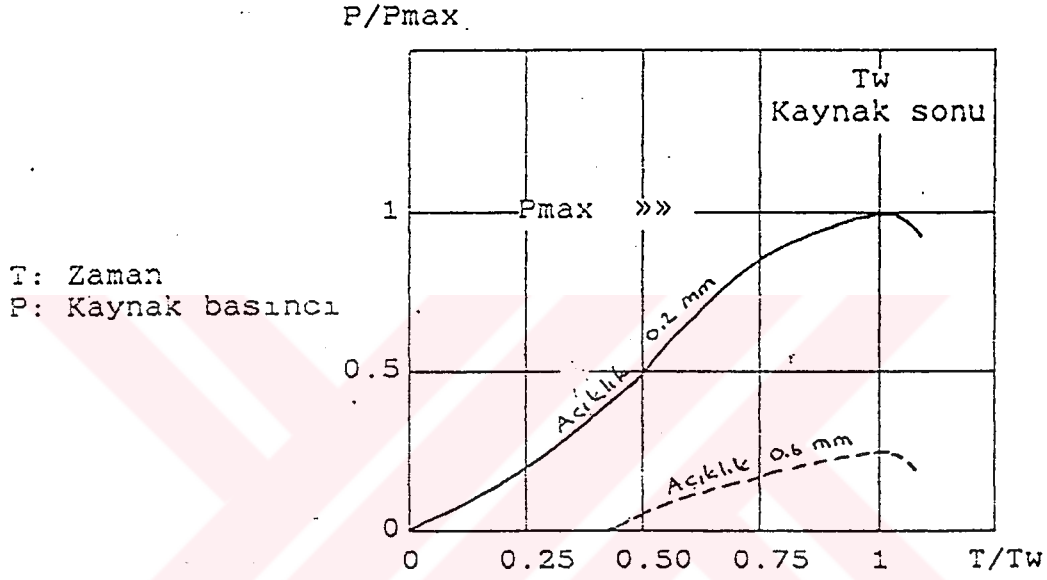
Şekil . 11 . Kaynak enerjisi ve sıcaklık

Şekil . 12 . Kaynak süresi ve sıcaklık .



Şekil . 13 . Elektrofüzyon kaynaklı montajlarda çekme ve ezme testleri .

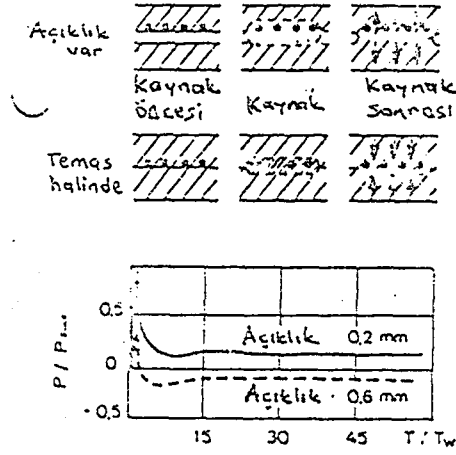
Yüzeyler arasında önemli bir açıklık bulunması , fittingin yerleştirilmesini oldukça kolaylaştırır . Ancak açıklık arttıkça , bir yandan malzemenin temasa geçmesi için gereken zaman artacak , bir yandanda kaynak üzerinde oluşan basınç azalacaktır (Şekil . 14 .) .



Şekil . 14 . Kaynak basıncı ve açıklık .

Bu basınç kaybı , kaynak enerjisinin artırılmasıyla kısmen telafi edilebilir . Fakat enerji artırıldığında , açıklığı doldurmak için erimesi gereken malzemenin miktar ve hareketinden dolayı , istenen basınç sınırına hızla ulaşır (ki bu da , elektriksel aygıtın düzeninin bozulması , istikrarsızlaştırılması demektir) . Bunun pratik bir sonucu da vardır , kaynaktan sonra soğuma süresinin artması .

Başlangıçta yüzeyler arasında açıklık bulunması , eğer kaplinin büzülmesi ya da borunun deformasyonu suretiyle telafi edilmişse , malzemenin soğumasından sonra kaynak bölgesinde yüksek çekme gerilmeleri hasil eder . Yüzeylerin tam oturmuş olması ise , tersi , kaynak sonrasında malzemede basma gerilmeleri oluşturur(Şek.15)



Şekil . 15 . Soğuma sonrası gerilimler .

Nihai gerilmelerin etkisi (çekme ya da basma) , elektrofüzyon yapılmış bölgelerde yapılan çekme ve askıya alma testleriyle analiz edilmiştir (Şekil . 13 .) Testlerde açıkça görülmüştür ki başlangıçta bir açıklık bulunması ve bunun giderilmemiş olması montajın mukavemetini zayıflatırken , başlangıçtaki tam oturma hali , malzemenin sıkışmasına yardımcı olmakta , dolayısıyla da kaynak mukavemetini artırmaktadır .

5. KAYNAK HATALARI

Radyografi alımına çok çeşitli soruların cevabının alınması istendiğinde başvurulur . Radyografi üzerinde hangi tür hata olasılıklarına rastlanacağı teorik olarak bilinmektedir .

Kaynaklı birleştirmelerde en tehlikeli hata türü çatlaklardır . Çatlak , kaynak içerisinde olduğu gibi ısı etkisi altında kalan bölgelerde de meydana gelir . Bundan dolayıdır ki kaynak tam filmin ortasında kalacak şekilde radyografi alınmalıdır .

Çatlaklar kaynak dikişi boyunca veya enine olabildiği gibi kaynak arkının başlama veya bitme yerindeki krater içerisinde de meydana gelebilir .

Çatlakların belli başlı sebepleri konstrüksiyon hatasından veya uygun sıra ile kaynak yapılmayışından meydana gelir . Çatlamanın diğer sebepleri ani soğuma (özellikle soğuk havalardaki yapılan kaynakta görülür) ve malzeme ile elektrot uyumsuzluğundan kaynaklanan çatlamlar olabilir .

Kaynak içi hatalarından (porozite) gözenekler genellikle iki şekilde görüntü verirler . Bölgesel olan gözenekler . Bu gözenekler elektrot arkının başlama ve bitmesi anındaki uygun olmayan hareketten kaynaklanır . İkinci grup kısmi gözenek olayı bölgesel olarak kirlenmiş kaynak ağzından meydana gelir .

Devamlı görülen gaz kabarcığının iki nedeni vardır . Bunlardan bir tanesi rutubetli elektrot kullanma sonucudur . İkinci sebep ise çalışma akımının normalin çok üstünde tutularak yapılan kaynaklarda görülür .

Diğer kaynak içi hata curuf kalıntılarıdır . Curuf kalıntıları elektrotla yapılan kaynaklarda daha fazla görülür . Bu tür hata kaynak pasosu sonunda meydana gelen curufun mekanik olarak çıkarılmasından kaynaklanan bir hata şeklidir . Temizliğin uygun yapılması ile bu tür hata şekli radyografide görülmez .

Kaynak içi hatalardan bir diğeri de birleşme hatası denilen (kısmi nüfuziyetsizlik) olayıdır . Bu hata genellikle otomatik kaynak makinalarında ayar bozulması sonucu elektrodun kaynak ağzı ekseninden kaçması sonucu meydana gelir . El ile yapılan ark kaynaklarında da bu tür hataya rastlanır . Radyografide tespiti oldukça güç hata türüdür . Kaynak yan kenarında gölgeli bir görüntü verir .

Kesin teşhis konulamamış ise ultrasonik yöntemle başvurulmuş kesinlik sağlanmalıdır .

Kaynak içinde oluşan birbaşka hata şeklide kök hatalarıdır . Kök hataları düzgün açılmamış kaynak ağzı veya uygun yapılmamış montajdan dolayı parçalar arasında dengeli aralık bırakılmamasından meydana gelir . Bu hataya kök pasoda kaynak hızının yüksek olmasından dolayı arkın malzeme derinliğine nüfuz edemeyişinden de kaynaklanır . Arka yüzeyden kaynak edilecekse birinci yüzdeki kaynak metali temiz görülünceye kadar ikinci yüz temizlenmelidir .

Genelde yüzeysel hata olan yanma olukları yüksek akımda çalışmadan doğan ana malzeme ile kaynak malzemesi arasındaki çentik şeklindeki oyuklardır . Radyografi üzerinde kaynak kenarında siyah lekeler olarak gözükür . Yüzeyde görülen düzensiz kaynak görünümü bazı yerlerin yüksek bazı yerlerin çukur olması kaynak radyografisini koyu ve açık görünüm vererek kontrast farkı verir .Bu hem kaynak yüzünün görünümünü bozar hemde değerlendirmede problem olur . Kaynakçının el maharetinin iyi olmayışından kaynaklanır .

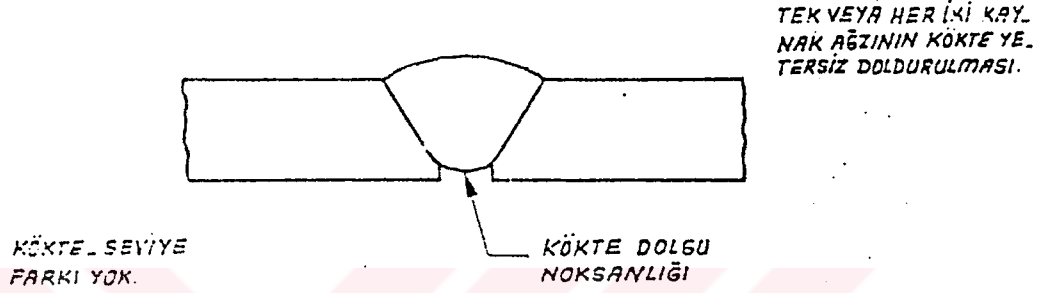
Nüfuziyetsizlik ve birleşme noksanlığı :

Nüfuziyetsizlik , kök pasoda bazı yerlerin kaynak metaliyle doldurulmaması demektir . Birleşme noksanlığı ise , pasoların veya kaynak metali ve ana malzemenin birbirine yapışma noksanlığı şeklinde tanımlanabilir . Nüfuziyetsizlik ve birleşme noksanlığı ayrı ve farklı şekillerde ortaya çıkan bir durumdur .

Kaynak kökündeki nüfuziyetsizlik :

Yükseklik farkı olmaksızın oluşan nüfuziyetsizlik , kaynak kökünün eksik

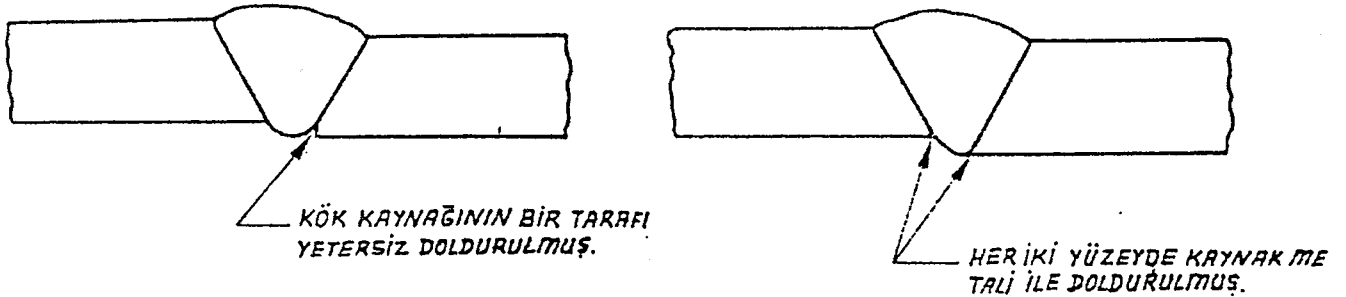
doldurulması olarak tanımlanabilir . Bu durum Şekil . 16.'da gösterilmiştir . Tek hatalar 25.4 mm'yi geçmeyecektir . 304.8 mm'lik bir kaynak uzunluğu için bu sınırlama 25.4 mm'dir . Eğer kaynak 304.8 mm'den kısa ise bu tür bir hatanın boyu kaynak boyunun % 8'ni geçmeyecektir .



Şekil . 16 . Kök kaynağın yetersiz nüfuziyeti .

Yükseklik farkından doğan nüfuziyetsizlik :

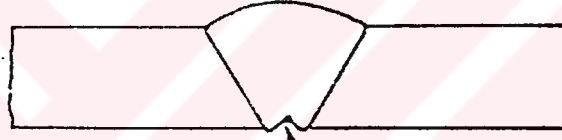
Yükseklik farkı boru veya fittinglerin yanlış ağzlanmasıyla doğan bir durumdur . Bu durum Şekil . 17.'de gösterilmiştir . Bu yükseklik farkı bitişik iki borunun kök pasoda tamamiyle bağlanması halinde kabul edilebilir . Tek bir bölgede bu durumun boyu 50.8 mm'yi geçmeyecektir veya 304.8 mm'lik bir kaynak boyu için 76.2 mm'yi geçmeyecektir .



Şekil . 17 . Seviye farkı hataları .

İç konkavite :

İç konkavite , kaynağın ana metalle tam nüfuziyet ve birleşme sağladığı durumlarda kök pasonun alt yüzeyi ile ana metalin alt yüzeyi arasında iç tarafta kalan seviye farkı anlamındadır . Çöküklüğün ölçüleri ana metalin hizasından kök pasoya çekilen dikle ölçülür . Bu durum Şekil . 18.'de gösterilmiştir . İç konkavite olan bölgenin film yoğunluğu ana metalin film yoğunluğunu geçmediği sürece kabul edilebilir . Eğer geçerse böyle bir bölgenin boyutları yanmalar için tanımlanan ölçüleri geçmeyecektir .



*KÖK PASO HER İKİ İÇ YÜZEYDE
KAYNAMIŞ ANCAK KAYNAĞIN
ORTASI DÜŞÜK KALMIŞ.*

Şekil . 18 . İç bükeylikten doğan yetersiz nüfuziyet (iç konkavite)

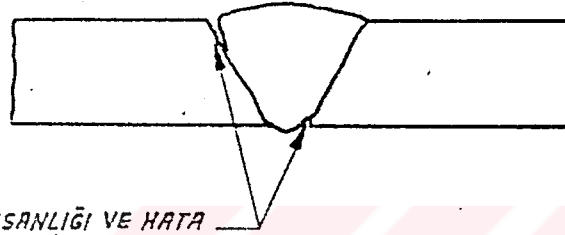
Birleşme noksanlığı :

Kökte veya üstte , kaynak metali ve ana metal arasında oluşan bu durumun boyu 25.4 mm'yi geçmeyecektir . Bu durum Şekil . 19.'da gösterilmiştir . Böyle bir durumun boyu her 304.8 mm'lik kaynak boyu için 25.4 mm'yi geçmeyecektir . Eğer kaynak 304.8 mm'den az ise böyle bir durumda kaynak boyunun % 8'ni geçmeyecektir .

Isı farkından doğan birleşme noksanlığı :

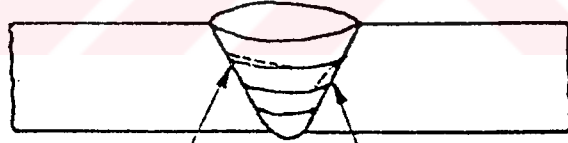
Isı farkından doğan birleşme noksanlığı bitişik paso arasında veya ana

metal ile kaynak metali arasındaki kesikliklerdir . Bu yüzeyin altında oluşan bir olaydır ve birleşme noksanlığından farklıdır . Bu durum şematik olarak Şekil . 20.'de gösterilmiştir . Bu durum için sınır 50.8 mm'dir . Her devamlı 304.8 mm'lik kaynak için 50.8 mm'yi geçmeyecektir .



BİRLEŞME NOKSANLIĞI VE HATA
YÜZEY İLE BİRLEŞMİŞ.

Şekil . 19 . Kök veya yüzeyde birleşme noksanlığı .



PASOLAR ARASI
SOĞUK KAT.

KAYNAK VE ANA METAL
ARASI SOĞUK KAT.

Şekil . 20 . Soğuk kat nedeniyle olan birleşme noksanlığı .

Yanmalar :

Yanma kökünün bir kısmının , aşırı nüfuziyet nedeniyle borunun içine itilmesidir .

Dış çapı 60.4 mm ve daha büyük borular için tamir edilmemiş bir yanmanın boyu 6.35 mm'yi ve boru et kalınlığını geçmeyecektir . Bu iki durumdan

daha küçük olanına göre ayarlama yapılacaktır . Tamir edilmemiş bir yanmanın maximum boyutları toplamı her devamlı 304.8 mm kaynak boyu için 12.7 mm'yi geçmeyecektir . Bu kısımdan alınan film , bu noktaların iyi bir şekilde tamir edildiğini gösterecektir . Eğer yanma olan kısmın film üzerindeki yoğunluğu bitişik ana metalin film yoğunluğunu geçmiyor ise bu hatanın kabul edilebilir bir biçimde tamir edilebileceği düşünülebilecektir .

Dış çapı 60.4 mm'den küçük borular için birden fazla tamir edilmemiş yanma kabul edilmez ve bu 6.35 mm'yi veya boru et kalınlığını geçmeyecektir . Bu iki değerden daha küçük olana göre ayarlanacaktır . Tamir edilmiş yanmanın filmi bu kısmın iyi bir tamir edildiğini gösterecektir . Eğer yanma olan kısmın filmin üzerinde yoğunluğu bitişik ana metalin film yoğunluğunu geçmiyor ise bu hatanın kabul edilebilir bir şekilde tamir edildiği düşünülecektir .

Curuflar :

Curuf , kaynak metalinin içinde veya kaynak metali ve boru arasında sıkışmış metal olmayan parçalardır . Sıralanmış curuf genellikle erime bölgesinde bulunur . Tecrit edilmiş curuflar düzensiz olarak dağılmış curuflardır ve kaynağın her yerinde bulunabilir .

Sıralı curuflar :

Dış çapı 60.4 mm ve daha büyük borular için hiçbir curuf kalıntısının boyu 50.8 mm genişliği 1.59 mm'yi geçmeyecektir . Herhangi bir devamlı 304.8 mm kaynak için curufun boyu 50.8 mm'yi geçmeyecektir . Paralel curuf hataları eğer yanındakilerin genişlikleri 0.79 mm'yi geçerse bu ayrı bir durum olarak göz önüne

alınacaktır .

Dış çapı 60.4 mm'den daha küçük borular için tek bir curuf kalıntısının eni 1.59 mm'yi geçmeyecektir . Boy olarak nominal et kalınlığının üç katını geçmeyecektir . Paralel curuf hataları eğer yanındakilerin genişlikleri 0.79 mm'yi geçerse bu ayrı bir durum olarak göz önüne alınacaktır .

Kısmi curuflar :

Dış çapı 60.4 mm ve daha büyük borular için hiçbir kısmi curufun eni 3.17 mm'yi geçmeyecektir . Bu curufların boyu her devamlı 304.8 mm'lik kaynak boyu için 12.7 mm'yi geçmeyecek ve maksimum genişliği 3.17 mm'den büyük olan dörtten fazla kısmi curuf olmayacaktır .

Dış çapı 60.4 mm'den daha küçük borular için curufun genişliği nominal et kalınlığının iki katını geçmeyecektir .

Porozite ve gaz kalıntıları (gözenek) :

Porozite ve gaz kalıntıları kaynak metali içinde oluşan boşluklardır .

Küresel porozite :

Herhangibir küresel gaz kalıntısının boyları 3.17 mm veya boru et kalınlığının % 25'ni geçmeyecektir . Bu durum bu iki değerden küçük olanına göre değerlendirilecektir . Küresel gaz boşluklarının maksimum dağılışı Şekil . 21 ve 22'de gösterilenden fazla olmayacaktır .

Porozite demetleri :

Son pasoda demet alanının çapı 12.7 mm'yi geçmemeli ayrıca bu demet içindeki tek bir gaz boşluğunun çapı 1.59 mm'yi geçmemelidir . 304.8 mm'lik

sürekli bir kaynak boyu için porozite demetinin boyu 12.7 mm'yi geçmeyecektir .

Kökte sıralı porozite :

Bu durum kök pasoda doğrusal olarak ortaya çıkan gaz boşluğudur . Bu durumun boyu 12.7 mm'yi geçmeyecektir . Her 304.8 mm'lik sürekli kaynak için 50.8 mm'yi geçmeyecektir .Herbiri 6.35 mm'den büyük olan tek bir durum aralarında 50.8 mm'lik bir mesafe olacak şekilde ayrılacaktır .

Kurt delikleri :

Kurt deliği , kaynak metali katılaştırken arasından çıkan gazın oluşturduğu bir durumdur . Film üzerinde görülen kurt deliğinin maksimum boyutları 3.17 mm veya boru et kalınlığının % 25'ni geçmeyecektir . Değerlendirme bu iki değerden daha az olanına göre yapılır . Bu durum film yoğunluğunu esaslı olarak etkiler .Bu durumun maksimum dağılışı Şekil . 21 ve 22'de gösterilenden fazla olmayacaktır .

Çatlaklar :

Pasoların durma noktasında ve kaynak metalinin katılma esnasında büzülmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkan çatlakların boyu 3.96 mm'yi geçmediği sürece zararlı olarak düşünülmezler . Bu yüzeysel çatlakların dışında diğer bütün çatlakların boylarına bakılmaksızın reddedilir .

Kaynak hatalarının toplanması :

Yükseklik farkı ve yanma çentikleri hatalarını bunun dışında tutmak kaydıyla eğer hataların toplamı 304.8 mm'lik kaynak boyu için 50.8 mm'den fazla veya kaynağın toplam boyunun % 8'den fazla ise bu durum kabul edilmez .

Yanma çentikleri :

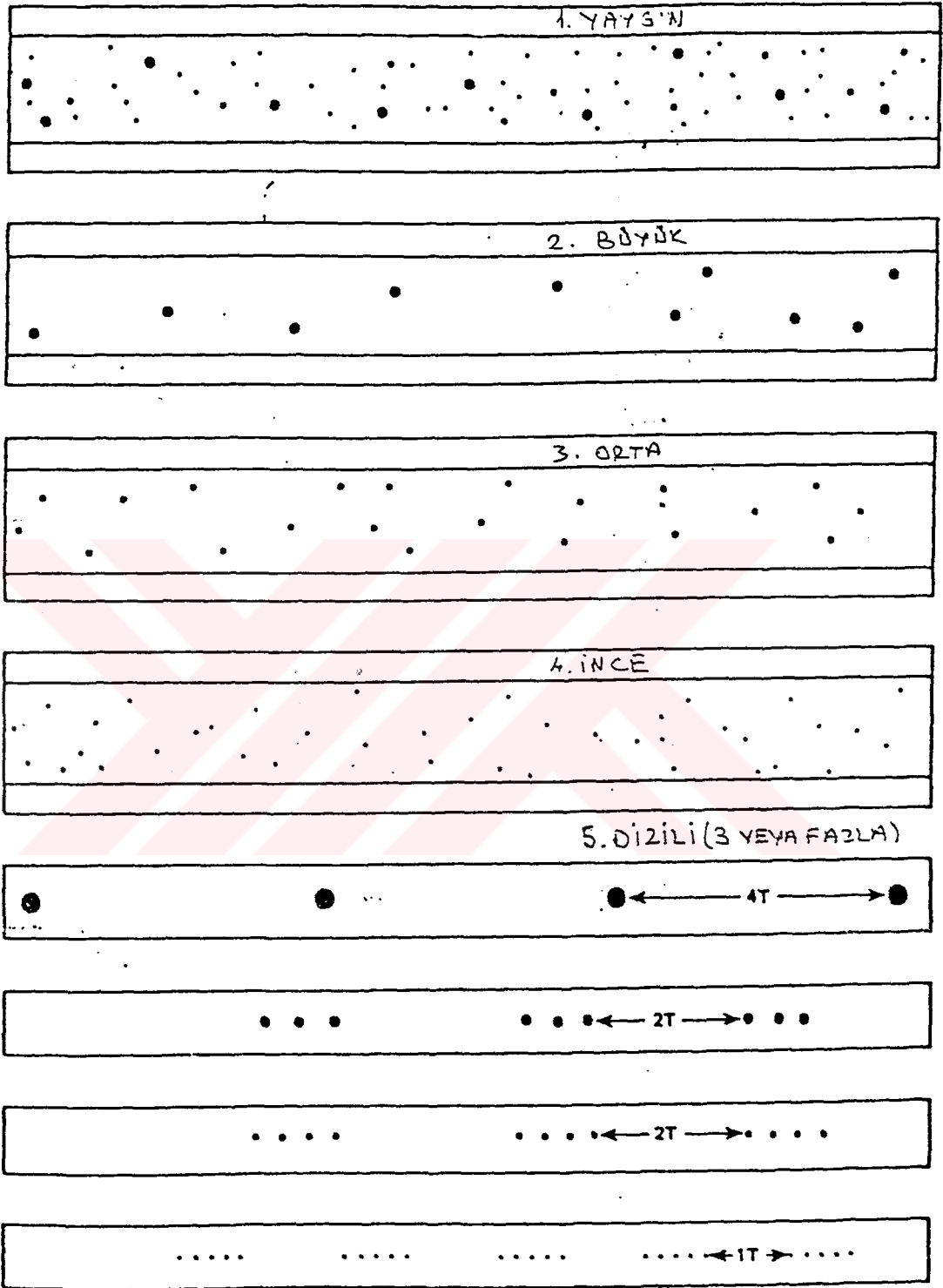
Yanma çentiği ana metal içerisinde köke bitişik olarak ana metalin erimesiyle oluşmuş ve kaynak metaliyle doldurulmuş bir oluk veya çentiktir . Bu hatanın derinliği gözle veya mekanik test yöntemleriyle muayene yapıldığında kapak yada kökte oluşan bu durumun boyutları aşağıdaki sınırları geçmeyecektir .

Derinlik	Boy
0.79 mm'nin üstü veya boru et kalınlığının % 12.5'nin üstü (Bu iki değerden daha küçük olanı)	Kabul edilmez .
0.4 mm'nin üzeri 0.79 mm'ye kadar veya boru et kalınlığının % 6'nın üzeri (Bu iki değerden küçük olanı)	304.8 mm'lik bir kaynak boyu için 50.8 mm veya kaynak boyunun 1/ 6'sı (Bu iki değerden küçük olanına göre)
0.4 mm veya boru et kalınlığını % 6'sı (Bu iki değerden küçük olanı)	Boyuna bakılmaksızın kabul edilir .

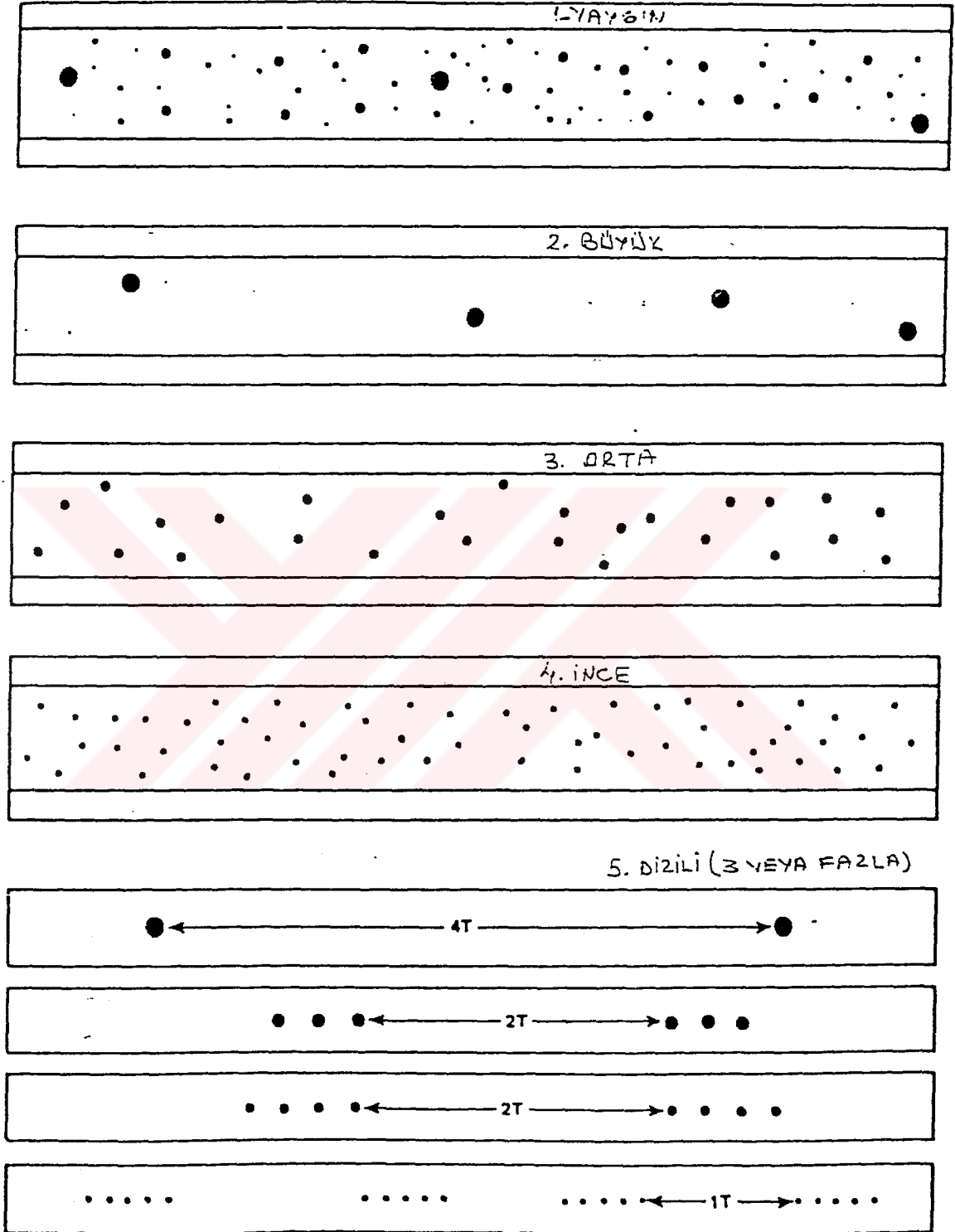
Radyografi ile kontrol yapılırken kapağa veya kök pasoya bitişik olan yanma çentiklerinin boyu için 50.8 mm'yi geçmeyecek veya kaynak boyunun 1 / 6'nı geçmeyecektir (Bu iki değerden küçük olanına göre mekanik ve radyografik testler yapıldığında mekanik ölçümler geçerlidir) .

Boru hataları :

Boru ve fittinglerdeki tüm pullanmalar , hasarlı kaynak ağızları ve ark yanıkları tamir edilecek veya borudan uzaklaştırılacaktır .



Şekil . 21 . Et kalınlığı 12.7 mm veya daha az olan malzemelerde gözeneklerin maksimum dağılımı



Şekil . 22 . Et kalınlığı 12.7 mm'den fazla olan malzemelerde gözeneklerin maksimum dağılımı

5.1. Hataların Tamiri .

Tamirler yapılmadan önce zararlı kısımlar bütünüyle giderilmelidir . Bütün curuf ve pullanmalar temizlenir . Tamir şartlarına göre ön ısıtma uygulanabilir .

Tamir bölümlerinin yeniden filmi alınır ya da tamirden önce kullanılan yöntemle kontrol edilir .

Çatlakların tamir yöntemi :

Çatlak kaynak hattın çıkarılmalıdır . Çatlaklar aşağıdaki durumları sağlayacak şekilde tamir edilmelidir .

- 1 . Çatlak kaynak boyunun % 8'den az olmalıdır.
- 2 . Tam bir kaynak prosedürü hazırlanmalıdır . Tamir prosedürü aşağıdaki maddeleri kapsayacaktır .
 - a . Çatlak kısmın tespiti
 - b . Çatlağın giderilmesi
 - c . Ön ısıtma
 - d . Kaynak yöntemi ve elektrot tipi
 - e . Tahribatsız muayene yöntemleri
 - f . Son ısıtma
- 3 . Tamir , tamir kaynağı konusunda tecrübeli bir teknisyenin kontrolü altında yapılır .
- 4 . Tamir kaynağı çatlağın tamamının giderildiğini garanti etmek için magnetik , partikül veya penetrent ile muayene edilir .

6 . KAYNAKLARA UYGULANAN MUAYENELER .

Kaynak bir çok değişkenin etkisini üzerinde taşıyan bir olaydır . Değişkenlerin çokluğu ve elde olmayan sebeplere de dayalı olması , kaynak tekniğine ne kadar gelişmiş olursa olsun kaynak metali ve ısı tesiri altında kalan bölgelerdeki iç olayları gözetlemeyi ve denetim altında tutmayı zorunlu kılmaktadır . Kaynak bağlantıları kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirebilmeleri için hata içermemeli ve önceden saptanmış mekanik özellikleri sağlamalıdır . Kaynak hatalarının büyükçe bir kısmı bağlantının içinde bulunduğundan bunların varlığı ancak özel muayene yöntemleri ile belirlenebilmektedir .

Kaynak bölgesindeki ısının ve erimenin etkisi ile meydana gelmesi mümkün olan kusurlar iki ana yöntem ile incelenmektedir . Bunlardan birincisi kaynak metalini ve ısı tesiri altında kalan bölgeyi bozarak yapılan muayenedir . İkinci yol ise tahribatsız muayene yöntemleri ile kaynak bölgesinin ve iç yapısının incelenmesidir . Birinci gruba giren yöntemler genellikle deney parçası ve çok seyrek olarakta iş parçasına uygulanır ve parça tahrip olduğundan da kullanılmaz duruma gelir .

6.1. Tahribatlı (Mekanik) Muayene Yöntemleri

Tahribatlı muayene yöntemleri metal iç yapısının incelenmesi ile kaynak bölgesinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tespitinde kullanılmaktadır . Bu yöntemde tüm kaynaklar tahribatlı muayeneye tabi tutulamayacağından kaynak bölgesinin özelliklerini taşıdığı kabul edilen test parçaları tüm kaynakları temsilen tahrip edilerek muayeneye tabi tutulur . Dolayısı ile elde edilen değerler diğer

kaynaklı bölgeler içinde aynı olduğu varsayılır .

Tahribatlı muayene yönteminin , tahribatsız muayene yöntemine tercih edilme sebeplerinden en önemlisi teknolojinin gelişiminin tahribatlı muayeneler yolu ile elde edilen kesin sayısal değerleri verecek tahribatsız muayene yöntemlerinin geliştirilmediğinden , tahribatlı yönte kullanılmaktadır . Kaynak bölgesindeki hata türüne göre muayene yöntemi seçilir .

6.1.1. Çelik Boruların Kaynağında Uygulanan Tahribatlı Muayene Yöntemleri .

6.1.1.1. Alın Kaynaklarının Testi

Test parçaları Şekil .23'de verilen yerlerden kesilecektir . Teste girecek minimum parça sayısı ve parçaların tabi tutulacakları testler Tablo 8.'de verilmiştir . Parçalar Şekil . 24,25,26 veya 27' de gösterildiği şekilde hazırlanacaktır . Çapı 60.3 mm'den az olan borulardan yeterli sayıda test parçası hazırlayabilmek için iki conta kullanılacaktır . Test parçaları normal hava sıcaklığına hava ile soğutulmuş getirilecektir . Çapı 33.4 mm veya daha küçük olan borularda bir test parçası dörde kesilerek çentik darbe ve kök bükme test parçaları hazırlanacaktır .

Test örneklerinin numaralanması pozisyon kaynağında 1 nolu test örneği , borunun kaynak pozisyonunda teğetin en üst noktasına gelecek şekilde yerleştirilir . Bunu izleyen numaralar , kaynak veya kaynakları üniform olarak döndürülerek verilecektir . Bütün numaralar Şekil .28'de görüldüğü gibi döner biçimde yerleştirilecektir . Test örnekleri bir veya daha fazla kaynaktan kesilerek alınacaktır .

Çelik borunun çekme mukavemeti 50 kg/mm²'den büyükse , yalnız testere ile veya freze ile kesmeye izin verilebilir . Kaynak , test çubuğunun orta noktasında olacaktır .

Boru dış çapı inches-(mm)	Test Parçası					Total
	Çekme	Centrik Darbe	Kök Bükme	Yüz Bükme	Yan Bükme	
Et kalınlığı 1/2 inch (12.7mm) ve altı						
2 3/8 (60.3) den küçük	0	2	2	0	0	4
2 3/8 (60.3) ve 4 1/2 (114.3) arası	0	2	2	0	0	4
4 1/2 (114.3) ve 12 3/4 (323.8) arası	2	2	2	2	0	8
12 3/4 (323.8) den büyük	4	4	4	4	0	16
Et kalınlığı 1/2 inch (12.7 mm) ve üstü						
4 1/2 (114.3) den küçük	0	2	0	0	2	4
4 1/2 (114.3) ve 12 3/4 (323.8) arası	2	2	0	0	4	8
12 3/4 (323.8) den büyük	4	4	0	0	8	16

(Kaynakça 13-) Tablo . 8 . Yöntem kalifikasyon testi , kaynakların tipi ve sayısı

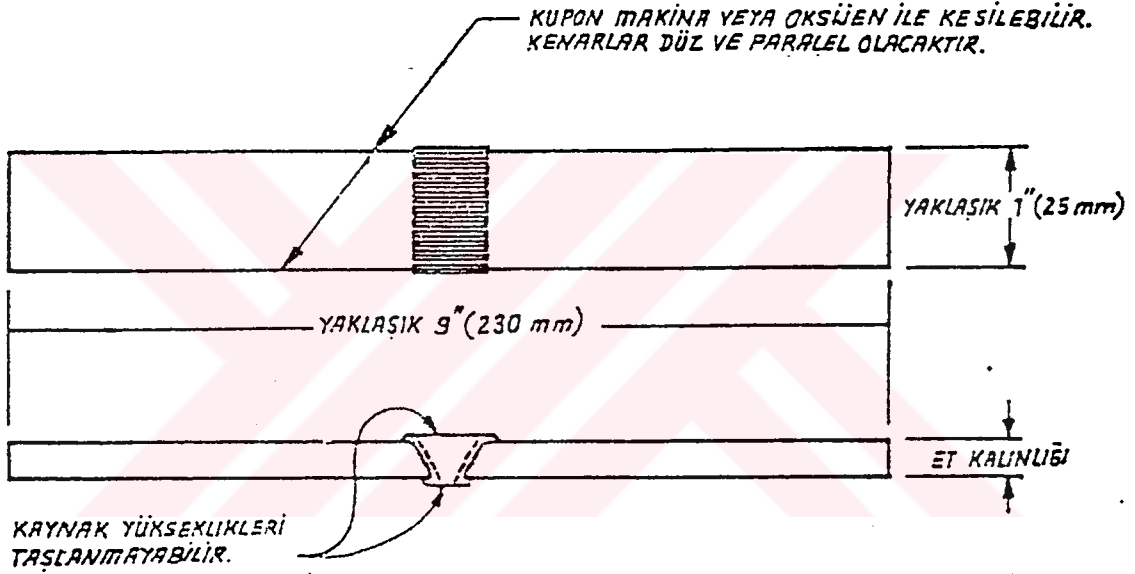
6.1.1.1.1. Çekme Testi

Test parçaları Şekil . 24'de görüldüğü gibi 230 mm uzunluğunda ve 25.4 mm genişliğinde olacaktır . Test parçaları taşla veya oksijenle kesilebilir , kenarların paralellığı ve düzlüğü sağlanamamışsa torna edilecektir . Kırılmış kenarlardaki bütün pürüzler taşla alınacaktır .

Test parçaları parçalar kopana kadar çekilecek ve koptuğu andaki kuvvet kaydedilecektir . Çekme kuvveti hesabı parçanın koptuğu maximum kuvvetin kopma yerindeki alana bölünmesi ile bulunur .

Kaynaklı bölgedeki ve ısı etkisi altında kalan bölgedeki çekme kuvveti ana malzemenin çekme kuvvetinden fazla olmalıdır . Eğer test parçası kaynaklı ve ısı etkisi altında kalan bölgeden kopmazsa ve spesifikasyonlardaki minimum çekme

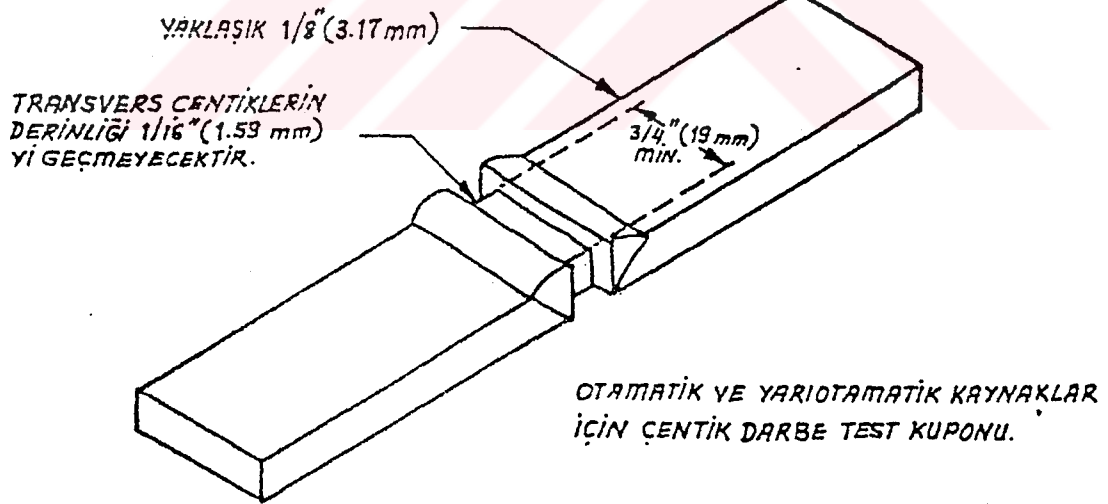
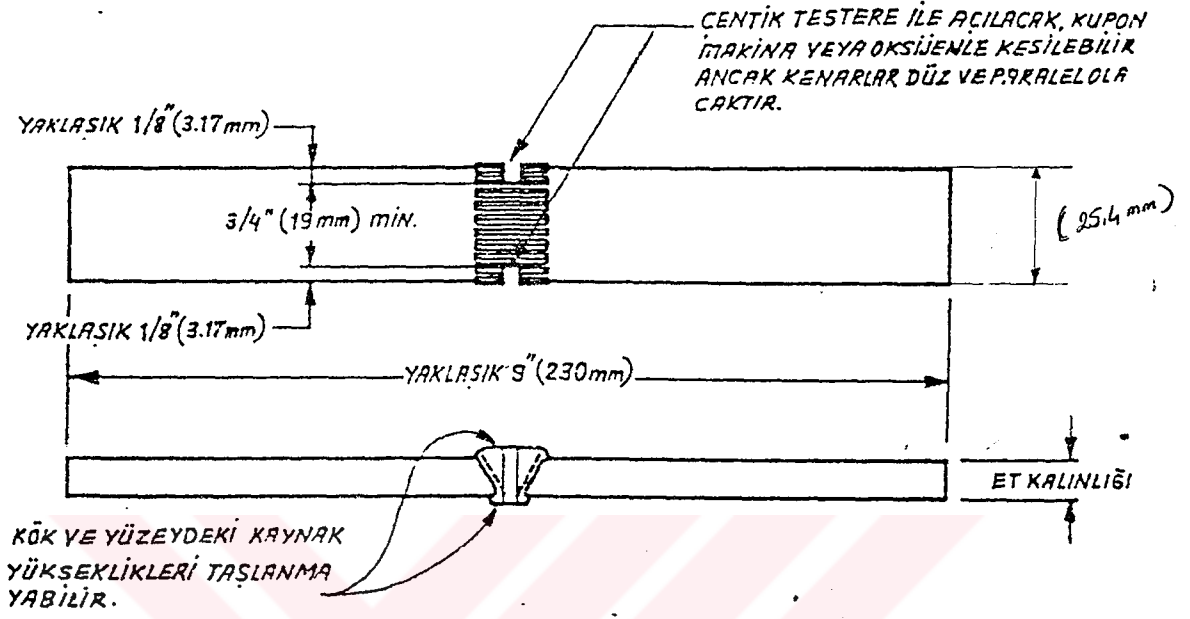
kuvvetinden fazla ise kaynak kabul edilecektir . Eğer test parçası kaynaklı bölgeden ve ısı etkisi altında kalan bölgeden koparsa ve hesaplanan minimum çekme kuvveti boru malzemesinden fazla ise kaynak kabul edilecektir . Eğer test parçası kaynaklı bölgeden veya ısı tesiri altında kalan bölgeden koparsa ve minimum çekme kuvveti ana malzemenin çekme kuvvetinden düşük ise kaynak kabul edilmez ve yeni test parçası hazırlanır .



Şekil . 24 . Çekme test parçası

6.1.1.1.2. Çentik Darbe Testi

Test parçaları Şekil .25'deki gibi 230 mm uzunluğunda ve 25.4 mm genişliğinde olacak , makina ile ve oksijenle kesilecektir . Kaynağın ortasının her iki tarafına 3.17 mm derinliğinde çentik olacaktır . Eğer kaynak otomatik veya yarı otomatik yöntemi ile yapılmışsa kaynak yerine ana malzemedan kopabilir . Böyle durumlarda çentik derinliği 1.59 mm'ye kadar açılır .



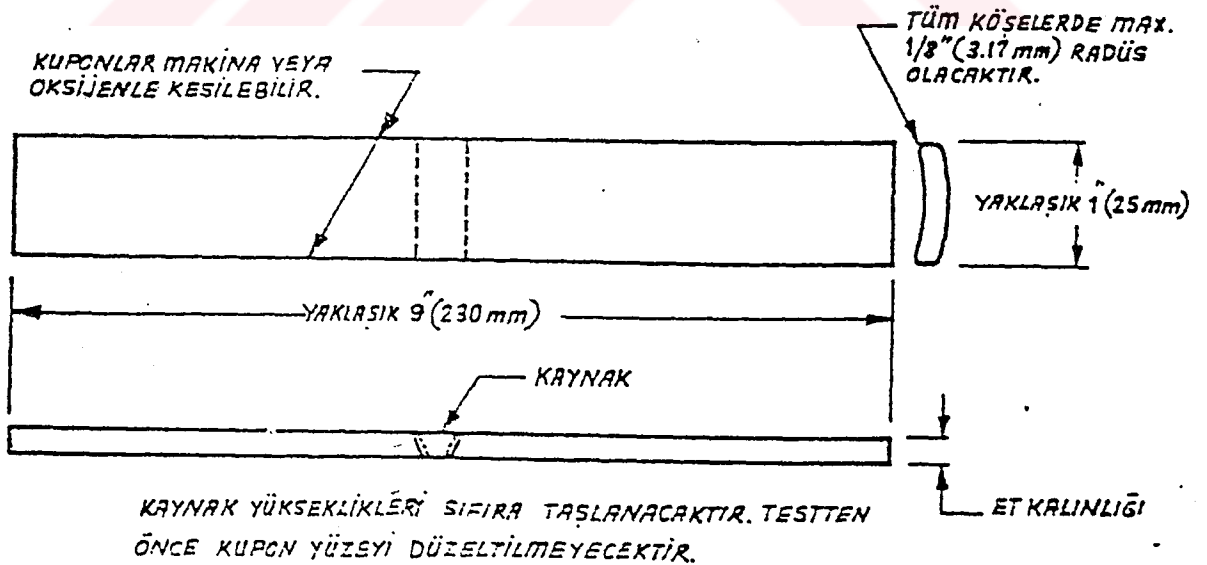
Şekil . 25 . Çentik darbe test parçası .

Test parçaları çekme aparatına bağlanarak çekilir . İki ucu bağlı olarak ortasına vurulur veya bir taraftan bağlanır diğer taraftan vurulur . Kuvvete maruz kalacak kısım en az 19 mm genişliğinde olacaktır .

Test parçasının görünen yüzeyi , tam nüfuziyet ve birleşme göstermelidir . En büyük boyutlu gaz boşluğu 1.56 mm birden fazla gaz boşluğu varsa bu toplam kaynak yüzeyinin % 2'ni geçmeyecektir . Curuf 0.79 mm'den daha derin 3.17 mm veya nominal et kalınlığının yarısından daha fazla olmayacaktır . İki curuf arasındaki en kısa mesafe 12.7 mm olacaktır .

6.1.1.1.3. Kök ve Yüz Bükme Testi

Test parçaları Şekil .26'da olduğu gibi yaklaşık 230 mm uzunluğunda ve 25.4 mm genişliğinde olacak kenarlar yuvarlatılacaktır . Parçalar makina ile veya oksijenle kesilebilir . Parçanın yüzeyi pürüzlü ve çentikli olmayacaktır .



Şekil .26 . Borular için kök ve yüz bükme test parçası

Bükme testi'nden önce kaynak dikişindeki fazlalıklar , boyuna talaş kaldırmak suretiyle sıfırlanacak ve talaş kaldırma sırasında test örneğinin dört yüzeyinde de oluşan izler eğelenerek silinecektir .

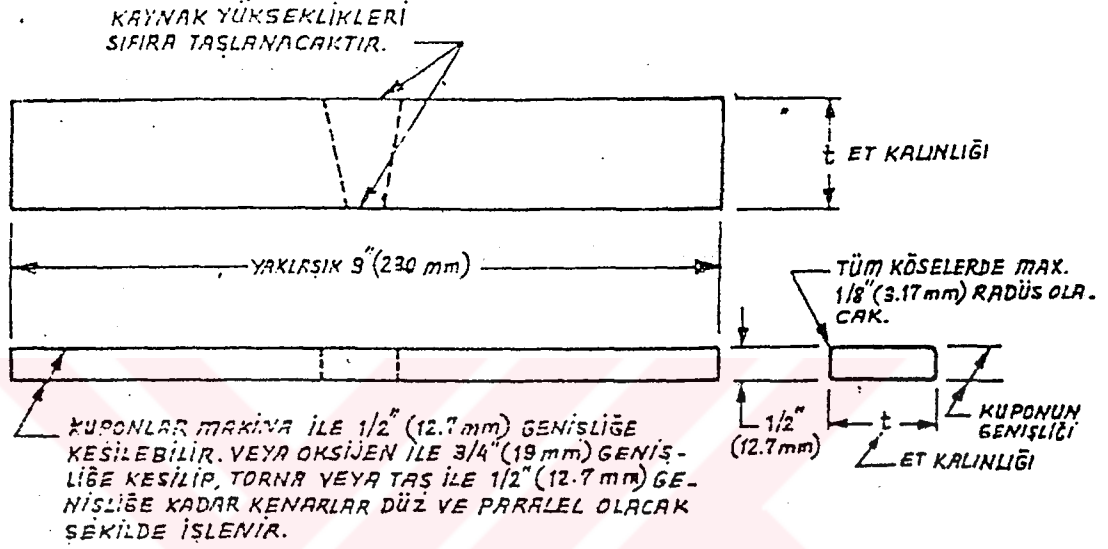
Test parçaları Şekil .29'deki gibi bir aparatla bükülecektir , yüz bükme parçalarında kaynağın üstü ortada ve çukura dönük olacaktır . Kök bükmede ise kaynak ortada ve kaynağın kökü çukura dönük olacaktır . Parça ' U ' şeklini alana kadar bükme devam edecektir .

Test parçasının yüzeyinde çatlak olmazsa veya kaynaklı bölgede ve ısı etkisi altında kalan bölgede uzunluğu 3.17 mm veya nominal et kalınlığının yarısı hata görünmezse test parçası kabul edilecektir . Test parçasının kenarlarında olan ve uzunluğu 6.35 mm'yi geçmeyen çatlaklar kabul edilebilir . Bükme testi yapılan bütün parçalar bu şartlara uyacaktır .

6.1.1.1.4. Yan Bükme Testi

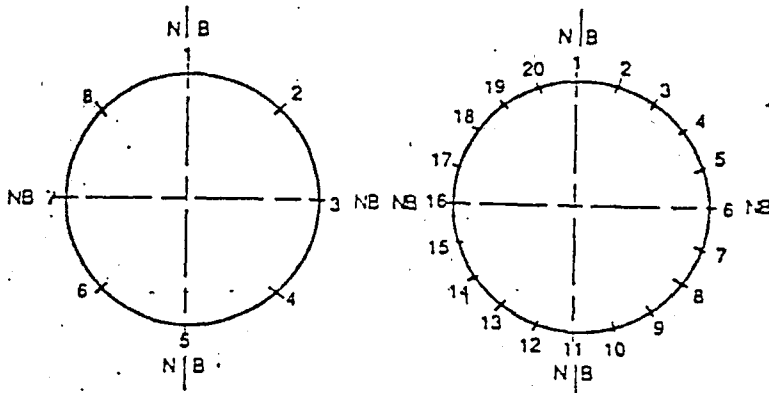
Test parçaları Şekil .27'de olduğu gibi yaklaşık 230 mm uzunluğunda 12.7 mm genişliğinde ve kenarlar yuvarlatılmış olacaktır . Makina ile veya oksijenle yaklaşık 19 mm genişliğinde kesilecek daha sonra torna veya taşla genişlik 12.7 mm'ye getirilecektir . Yüzeyler pürüzsüz ve paralel olacaktır .

Parçalar kök ve yüz bükme testindeki aparatla bükülecektir . Test parçası aparatla kaynak ortada olacak ve kaynağın yüzeyi çukura dik olacaktır . Parça ' U ' şeklini alana kadar bükülecektir . Test parçalarının kontrolü , kök ve yüz bükme testindeki gibi yapılacaktır .



Şekil .27 . Yan bükme test parçası

TEST ÖRNEKLERİNİN NUMARALANDIRILMASI



Kaynakçuların
Kalifikasyonu

Onaylanmış
Kaynak Yöntemi

Test örnekleri
yapılmış kaynakların
üzerine dağıtılacaktır.

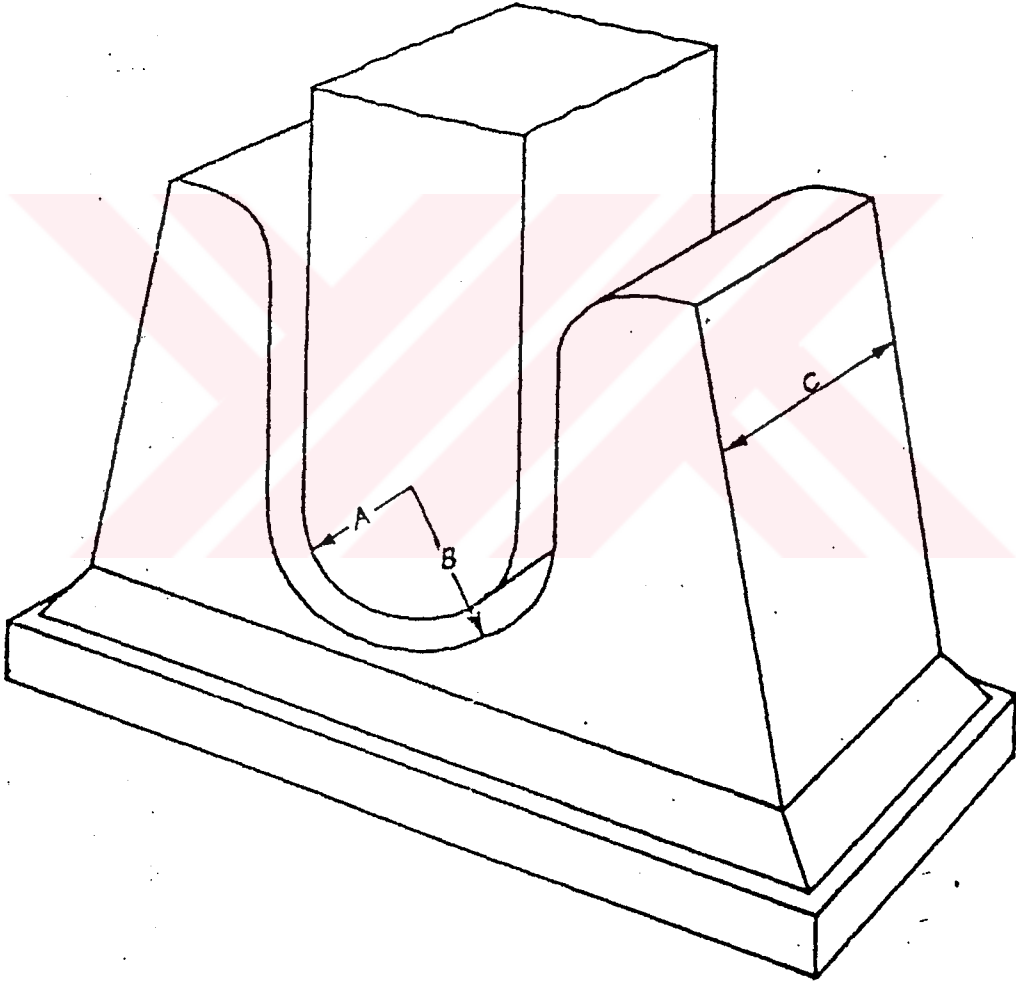
(veya uygun eşdeğer
test disiplinleri)

Şekil .28 . Test örneklerinin numaralandırılması

PİSTON YARIÇAPI A = 1 3/4 INCHES (44.45 mm)

KALIP YARIÇAPI B = 2 5/16 INCHES (58.74 mm)

KALIP GENİŞLİĞİ C = 2 INCHES (50.8 mm)



Şekil . 29 . Klavuzlu bükme testleri için aparat

6.1.1.2. Kaynakçı Kalifikasyonu

Kaynakçı kalifikasyon testinin amacı kaynakçıların , önceden kalifiye edilen kaynak yöntemleri ile alın ve köşe kaynaklarını yapabilmelerinin kanıtlanmasıdır . Kalifikasyon testlerine başlamadan önce kaynakçılara testte kullanacakları kaynak teçizatını ayarlamaları için makul bir süre verilecektir . Kaynakçılar testi kazandıkları takdirde testteki kaynak tekniği ve hızları ile imalat veya montaj kaynaklarını yapacaktır .

Kaynakçı kalifikasyon testleri temsilci gözetiminde yapılacaktır . Kaynakçılar tarif edilen borularda veya boru parçalarında kaynak yapacaklardır veya boru parçaları kullanılmış ise tipik düz ,dik , tavan kaynakları yapacaklardır . Bu test parçalarından en az bir tanesini tahribatlı testlere tabi tutulacaktır .

Bir kaynakçının kalifikasyonunun geçerliği aşağıdaki koşulların sürmesine bağlı olacaktır :

- a . İşten uzaklaştırma süresi 45 gün veya daha az olacaktır .
- b. Kaynakların kısmen veya tamamen incelenmesinde , çalışmasını yüksek bir standartta yaptığını kanıtlayacaktır .

Kalifikasyon testini başaramayan veya çalışması sırasında kalifikasyonunu kaybeden bir kaynakçı , en az 15 gün sürecek bir eğitimden geçirildikten sonra yeniden kalifikasyon testine tabi tutulacaktır . İkinci bir başarısızlık veya ikinci kere kalifikasyonunun geri alınması durumunda kaynakçının üçüncü bir test için başvurmasına izin verilmeyecektir .

6.1.1.2.1. Tek Kalifikasyon

Kalifiye edilecek kaynakçı , test boruları veya test boru parçaları kullanarak kalifiye edilen kaynak yöntemi ile kaynak yapılacaktır .

Kaynakçı boru eksenini yatay düzlem veya yatayla 45 dereceyi geçmeyen bir açıda sabit pozisyonda alın kaynağı yapacaktır . Tek kalifikasyon testine tabi tutulan kaynakçı alın kaynağı bransman , köşe kaynakları veya benzeri özel bir yöntemle göre kalifiye edilecekler ve özel yöntemle sınırlandırılacak . Aşağıda belirtilen önemli değişkenlerden birinde değişiklik olduğu takdirde yeniden teste alınacaklardır .

a . Kaynak yönteminde değişiklik olursa

b . Kaynak yönünde değişiklik olursa ; yukarıdan aşağıya pozisyondan aşağıdan yukarıya pozisyona veya tersi

c . Dolgu metali grubunda değişiklik olursa

d . Çap grupları değişikliği , dış çaplar

- * 60.3 mm'den küçük
- * 60.3 mm'den 323.8 mm'ye
- * 323.8 mm'nin üstü

e . Nominal et kalınlığında değişiklik olursa

- * 4.78 mm'den küçük
- * 4.78 mm'den 19.05 mm'ye kadar
- * 19.05 mm'nin üstü

f . Boru pozisyonu değişirse ; sabitten döndürmeye , yataydan dike veya tersi .

g . Kaynak ağzında değişiklik olursa .

6.1.1.2.2. Çoğul Kalifikasyon

Çoğul kalifikasyon kapsamında kalifiye edilecek kaynakçı aşağıda açıklanan iki testi kalifiye edilen yöntemle yapacaklardır .

Kaynakçı önce borunun sabit ve boru ekseninin yatay ve yatayla 45dereceyi geçmeyecek bir açıyla alın kaynağı yapacaktır . Kaynağın yapılacağı borunun çapı 168.3 mm ve et kalınlığı en az 6.35 mm olacaktır . Test parçaları Şekil .30'da gösterildiği gibi alınacaktır . Aralar eşit kalmak şartıyla kupon yerleri değiştirilebilir .

İkinci kalifikasyon testi kaynakçının bir boruya markalama , kesme , reglaj ve bransman kaynağı yapacaktır . Bu testte boru çapı en az 168.3 mm ve nominal et kalınlığı en az 6.35 mm olacaktır . Kaynak boru ekseninin yatay , bransman boru ekseninin aşağıya doğru dik olduğu pozisyonda yapılacaktır . Biten kaynak düzgün bir işçilik gösterecektir . Biten kaynak tüm çevrede tam nüfuz etmiş olacaktır . Tamamlanan kök pasoda yanmalar 6.35 mm'den fazla olmayacaktır . Devam etmeyen kök yanmalarının 304.8 mm'de 12.7 mm'yi geçmeyecektir .

Çoğul kalifikasyonun kapsamı içinde 323.8 mm veya daha büyük çaplı boru kaynağını ve 323.8 mm veya daha büyük çaplı bransman kaynağını başarıyla yapan bir kaynakçı tüm pozisyonlarda tüm et kalınlıklarında , kaynak ağızlarında , fittingler ve tüm boru çaplarında kaynak yapabilir . 323.8 mm'den daha küçük çaplı boru ve bransman kaynağını başarıyla yapan kaynakçı tüm kaynak pozisyonlarında , tüm et kalınlıklarında kaynak ağızlarında , 323.8 mm veya daha küçük çaplı boruların ve fittinglerin kaynağını yapabilir .

Aşağıdaki önemli değişkenlerde değişiklik olduğu takdirde yeni kalifikasyon gerekir .

- a . Bir kaynak yönteminden diğer kaynak yöntemlerine geçiş olursa
- b . Yukardan aşağıya veya aşağıdan yukarıya kaynak yönünde değişiklik olursa .
- c . Dolgu metali gruplarından bir diğerine değişiklik olursa .

6.1.1.2.3. Kaynakların Kontrolü

Yapılan kaynakta çatlak , birleşme noksanlığı , tamir edilmemiş kök yanmaları ve diğer hatalardan olmayacaktır ve iyi bir işçilik arz edecektir . Son pasoda 0.79 mm veya boru et kalınlığının % 12.5 derinliğinde yanma çentiği olmayacaktır ve devam eden 304.8 mm kaynakta 50.8 mm'den fazla yanma çentiği olmayacaktır .

Test parçaları her test kaynağından kesilecektir . Eğer test kaynağı boru parçalarına yapılmışsa eşit sayıdaki test kuponu her parçadan kesilecektir . Testten önce test parçaları hava sıcaklığına bekletilerek soğutulacaktır . Eğer boru çapı 33.4 mm ve daha küçük ise kök bükme ve çentik darbe kuponu olarak tüm parça kullanılabilir . Çekme , çentik darbe ve bükme testleri yöntem kalifikasyonunda olduğu gibi yapılacaktır , çekme testi yerine çentik darbe testi yapılabilir . İki veya daha fazla çekme test kuponu kaynaktan veya ısı etkisi altında kalan bölgeden koparsa ve yüzeyde çentik darbe testi şartlarında uygulanmamışsa ; çentik darbe test parçaları yöntem kalifikasyon test şartlarını yerine getirmiyorsa kaynakçı kalifiye edilmez . Eğer bir bükme test parçası yöntem testi için verilen kök ve yüz bükme test şartlarını veya yan bükme test şartlarını karşılıyorsa kaynakçı kalifiye edilmez . Yüksek test boru kaynaklarında tam ' U ' şeklinde bükülmeyebilir . Bu test

parçaları kırılırsa ve yüzey çentik darbe test şartlarını yerine getiriyorsa kabul edilir . Eğer test parçalarından bir tanesi bu şartları karşılamazsa , kaynakta nüfuziyet noksanlığı yoksa test parçasının kesildiği kaynağın yanından bir parça daha çıkartılır . Bu parçada şartları karşılamazsa kaynakçı kalifiye edilmez .

6.1.2. Polietilen Borular ile İlgili Muayene ve Testler

PE doğalgaz boruları , dünyanın her yerinde uluslararası kabul edilmiş standartlara göre üretilmek ve biçimlendirilmek zorunda olup , ülkemizde de TSE'nin bu konuda hazırlayıp yayınladığı TS 10827 sayılı 'Gaz Yakıtlarının Nakli için Yer Altına Döşenen PE Borular ' şeklinde üretilip kabul görmektedir .

Borular TS 7483'e uygun olup PE hammaddesinden üretilmekte , renk vermek , oksitlenmeyi önlemek , güneş ışınlarına karşı korunmak ve kaynak edilebilirliğini sağlamak amacıyla antioksidanlar , ultra-viyole ışın stabilizatörleri , boyar maddeler ilave edilmekte ve tamamen homojen bir biçimde bu maddeler birbirlerine karıştırılmaktadır .

PE'nin ISO ve DIN'e göre mekanik özelliklerinin en önemlileri ; esneklik sınırında % 16'lık uzama , kopma noktasının en az % 350 ; su emme (doyma) % 2 , çarpma mukavemetinin ise ' kırılmaz ' ile değerlendirilmiş olanlarıdır .

Isı iletim katsayısı $0.43 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ($0.37 \text{ kcal/hm}^{\circ}\text{C}$) ve yalıtkanlık mukavemeti VDE 0.303 değeri olup , duyarsızlığı diğer cins borulardan çok daha iyidir .

Kimyasal özelliklerinin en belirginini 23 derece sıcaklıktaki organik ve inorganik çözücülerde erimemesi ve böylece toprak altındaki sızıntı ve kimyasal maddelerden etkilenmemesidir .

6.1.2.1. Dış Görünüş ve Piyasa Arzı ile İlgili Muayeneler

Doğalgaz boruları TSE'nin hazırladığı TS 10827 numaralı standarta göre muayene ve kabul görmekte , PE hammaddesinin özelliğine göre A-B-C sınıflarına , standart boyut oranı referansına göre Tip 1-2-3-4'e , piyasa arzına göre düz veya kangal olarak sınıflandırılmaktadır .

TS 10827 numaralı standarta göre PE doğalgaz borularının muayene ve kabulünde yapılan deneylerden dış görünüş ve piyasaya arz ile ilgili olanlar aşağıdadır . Bunlar gerek imalatçının , gerek alıcının ve gerekse kullanıcının kolaylıkla kontrol edebileceği durumlardır .

- a . Gözle muayene
- b . Boyut muayenesi
- c . Piyasa için gerekli boru üzerine yazılı işaretler .

6.1.2.1.1. Gözle Muayene

Aynı bileşimde ve sınıftaki polietilen baz malzeme ile aynı şarjda , aynı metolla imal edilen , aynı tipte , aynı boyutta ve bir defada muayeneye sunulan 1000 m'ye kadar olan borular bir parti sayılır . Gözle muayene partinin tamamına uygulanır . Fabrika muayeneleri , malzeme ve artık malzemelerin tamamına imalat sırasında uygulanır .

Boruların tamamı gözle muayene edilerek boru iç ve dış yüzeylerinin ayrıca boru uçlarının gerekli özellikleri sağlayıp sağlamadığına bakılır . Boruların işaret ve ambalajında dikkat edilir .

6.1.2.1.2. Boyut Muayenesi

Boyut muayenesi için , düz boru tipinde piyasaya arz edilenlerde , her partiden rastgele seçilen 2 adet boru numune olarak alınır . Aynı muayene için kangal tipte piyasaya arz edilenlerde ise , her partiden rastgele seçilen 1 kangalın ucundan yapılacak test yöntemine göre uygun kesilen 2 boru parçası numune olarak alınır .

Boyut muayenesi + 0.05 , -0.05 mm ölçme hassasiyetli çap mastarı , kumpas veya mikrometre gibi cihazlarla alınan numunelerin tamamına hassas bir şekilde uygulanır .

6.1.2.1.3. Piyasa için gerekli boru üzerine yazılı işaretler

Bu standarta uygun borular düz veya kangal şeklinde olmak üzere piyasaya arz edilir . Kangal şeklinde piyasaya arz edilen boruların kangal çapları , boruların sınıflarına ve anma dış çaplarına uygun olmalıdır .

Ambalajlama önceden belirtilmelidir . Boru uçlarının normal olarak yükleme-boşaltma ve taşıma sırasında hasarlanmasını önlemek üzere gerekli tedbirler alınmalıdır

İşaretleme borular üzerine en az aşağıdaki bilgiler , kolayca silinmeyecek , bozulmayacak ve rahatça okunabilecek bir şekilde ; boru renginden farklı bir renkte boya ile şablon kullanılarak veya baskı halde yazılmalıdır .

6.1.2.2. Boru Yapısı ve Direnç Deneyleri

Borunun yapısının , kullanımının , projedeki yerinin , tüm iç ve dış etkenlere karşı direncinin belirlendiği ve kabul gördüğü deneyler aşağıdaki gibidir .

6.1.2.2.1. Yoğunluk

Yoğunluk tayini için deney numuneleri TS 1818'e göre alınır , alınan numunelerden deney parçaları TS 1149'a göre hazırlanır . Deney sonucunda elde edilen değerin 930 kg/m³ (0.93 gr/cm³) veya daha fazlası olması gerekmektedir .

6.1.2.2.2. Gaz bileşenlerinin boru hidrostatik direncine tesirinin tayini

Gaz bileşenlerinin hidrostatik mukavemete tesirlerinin denenmesi için deney numuneleri TS 5439'a göre alınır . Bu deney için , kütle itibarıyla yarı yarıya N-dekan ve trimetilbenzen ile sentetik çözelti hazırlanır . Alınan numuneler , deneyden önce hazırlanan çözelti ile doldurularak 23 derece sıcaklıkta (2 derece tolerans payı ile) ve 1500 h süre ile şartlandırılır . Borular 80 derece sıcaklıkta , 2 MPa (20 bar) çevre gerilmesi meydana getiren gaz basıncında en az 30 h mukavemet edebilmelidir .

6.1.2.2.3. Uzun süreli hidrostatik mukavemet deneyi

Uzun süreli hidrostatik mukavemet deneyi için her partiden rasgele seçilen en az 26 adet boru deney numunesi olarak alınır . Bu deney , anma dış çapı 32 mm , SBO 11 olan borulardan alınan numunelerle yapılır . Alınan numuneler 20 derece sıcaklıkta , numune ve tank su ile doldurularak yapılır .

Bu deney için çevre gerilmesi değerleri şu şartlarda seçilmelidir .

- * 10 h sürenin üzerinde en az 25 adet bozulma basıncı - süre noktası elde edilmeli ,
- * Bu noktaların dağılımı , en az 5 basınç seviyesinde olmalı ,
- * Basınç seviyelerinin her birinde en az 1 adet bozulma noktası kaydedilmeli ,

İstatiksel sebepler dolayısıyla , her bir basınç seviyesinde ; daha fazla sayıda bozulma noktalarının bulunması tercih edilmelidir .

Deney numunelerinin her biri için deneyde elde edilen sonuçlardan gerilmeyi logaritmik grafik kağıdında yatay eksene , bozulma için gerekli olan süreyi dikey eksene işaretlenir . İşaretlemede , bozulma çevre gerilmesi MPa ; bozulma süresi h birimleri cinsinden kaydedilmelidir . 100.000. h süredeki bozulma gerilmesini elde etmek için % 95 'lik alt güvenirlilik sınırı hesaplanır .

En düşük basınç seviyelerinde bozulmayan deney numuneleri , uzun süreli hidrostatik mukaavemeti artırması durumunda ; (Standart Ekstrapolasyon Metoduyla SEM) bozulma noktalarının hesaplanmasında kullanılmalıdır . En düşük basınç seviyelerinde bozulan deney numuneleri veya uzun süreli hidrostatik mukavemeti azaltan deney numuneleri iptal edilmeli ve bu numunelerle yapılan deney sonuçları değerlendirmeye alınmamalıdır .

İleri istatistik metodlarından faydalanabilmek için , birbirini takip eden basınç seviye farkları değerlerinin logaritmasının sabit olduğu esas alınmalıdır .

6.1.2.2.4. Alternatif uzun süreli hidrostatik mukavemet deneyi

Alternatif uzun süreli hidrostatik mukavemet deneyi için her partiden rasgele seçilen 6 adet boru ve bağlantı parçası deney numunesi olarak alınır . Alınan numuneler 23 derece sıcaklıkta borular çevresinde 9.1 MPa gerilme meydana getirecek hidrostatik basınçta denendiğinde en az 1000 h süre ile mukavemet edebilmelidir .

Çevre gerilmesi ile hidrostatik basınç arasındaki bağıntı , deney numunesinin anma çapı ile et kalınlığına bağlı olarak şu formülle bulunur .

$$P = \frac{2 * t * Qç}{DN}$$

P : Hidrostatik basınç , MPa
t : Et kalınlığı , mm
DN : Anma dış çapı , mm
Qç : Çevre gerilmesi , MPa

Boruların alternatif uzun süreli hidrostatik deney basınçlarının hesaplanmasında formülde çevre gerilmesi yerine 9.1 MPa değeri alınır .

6.1.2.2.5. Kısa süreli hidrostatik mukavemet deneyi

Kısa-süreli hidrostatik mukavemet deneyi için her partiden rasgele seçilen 6 adet boru deney numunesi olarak alınır . Deney numuneleri , her 8 saatlik vardiya değişiminde ve her mamul kangaldan ayrıca alınır .

Boru Sınıfı	Çevre Gerilmesi (bar)	Bozulma Süresi (h)
A	150	1
B	120	1
C	120	1

T = 20 derecedeki Kısa süreli hidrostatik mukavemet deneyi

Boru Sınıfı	Çevre Gerilmesi (bar)	Bozulma Süresi (h)
A	30	170
B	40	170
C	30	170

T = 80 derecedeki Kısa süreli hidrostatik mukavemet deneyi

Kısa süreli hidrostatik mukavemet deneyi için alınan numuneler , imalatın tamamlanmasından 15 h sonra , 1 h süre ile 23 derece sıcaklıktaki bir ortamda şartlandırmadan sonra yapılır. Deney 20 ve 80 derece sıcaklıklarda ayrı ayrı yapılır. Deneylerde basınç-bozulma eğrisi grafikleri hazırlanır . Elde edilen (bozulma basıncı

ve bozulma süresi) değerlerinin yukarıdaki verilen değerlere uygun olup olmadığına bakılır .

Bu deneylerde , imalatçının imalat programındaki bütün boyutlardaki borular A,B,C sınıflarına göre değerlendirilir .

Kısa süreli hidrostatik mukavemeti itibarıyla sınıf C'deki özelliklere uygun olan ancak , sınıf A ve sınıf B'deki özellikleri karşılamayan en küçük boyutlu borular SBO 11 (S 5) boyut grubundan seçilen numunelerle tekrar denenir . Tekrarlanan deneyde elde edilen değerlerin uygun bulunması durumunda , boyut itibarı ile SBO 17.6 (S 8.3) ve SBO 17 (S 8) boyut grubundaki boruların özelliklerinin de uygun bulunduğu kabul edilir. Uygun bulunmadığı durumda ise deney yeniden uygulanmalıdır . Sınıf C'ye uygun borular , ilgili boyuttaki numuneye deneyin uygulanması ve uygun sonuç alınmasıyla kabul edilmelidir .

6.1.2.2.6. Alternatif kısa süreli hidrostatik mukavemet deneyi

Alternatif kısa süreli hidrostatik mukavemet deneyi için her 8 saatlik vardiya değişiminde veya her mamul kangaldan 1 adet deney numunesi alınır .

Bu deney , 23 derece sıcaklıkta , boruların kısa süreli hidrostatik mukavemetlerine alternatif metotla aşağıdaki gibi tespit edilir . Alınan deney numunelerinin et kalınlığı ve anma dış çapları ölçülür . Deneyde çevre gerilmesi 17.4 MPa esas alınır . Hidrostatik deney basıncı alternatif uzun süreli mukavemet deneyindeki formülle hesaplanır . Hesaplanan deney basıncındaki deney akışkanı (su) , TS 7084'e göre numunelere uygulanır .

Borular çevresinde 17.4 MPa gerilme meydana getirecek hidrostatik basınca 60-70 s süreyle mukavemet edebilmelidir .

6.1.2.2.7. Hava (Atmosfer) tesirinden sonraki özelliklerin tayini deneyi

Bu deney için , her partiden rasgele seçimle bir boru numune olarak alınır . Bu deneyde kullanılacak numuneleri yaklaşık 1'er metre uzunlukta olmalıdır . Numuneler , diğer özellikleri itibarıyla bu standarta uygun bulunan partilerden alınır .

Alınan deney numunelerinden

- 2 adet çekme deneyinde
- 2 adet hidrostatik mukavemet deneyinde
- 2 adet kaynak deneyinde

kullanılır .

Kasım ile Şubat ayları dışında olmak üzere 3 ay süre ile en az 3.5 GJ/m² 'lik güneş enerjisindeki dış hava tesirine bırakılan boru örneği ;

- a . Akma noktasındaki çekme mukavemetinin en az 19 MPa olmasına
- b . Kopma noktasındaki uzamanın en az % 350 olmasına
- c . Kısa süreli hidrostatik direnç deneylerine
- d . Kaynak olabilme özelliğine uygun olmalı ve direnebilmelidir .

6.1.2.2.8. Fabrika hidrostatik deneyleri

Fabrika hidrostatik deneyleri , partinin tamamına uygulanır . Boruların imal edildiği fabrikalarda , uygun malzemelerin kullanıldığına , artık malzemelerin uygun olduğuna , ayrıca uygulanan imalat metodlarının uygunluğuna bakılır .

Fabrika hidrostatik mukavemet deneyleri alınan numuneler üzerinde ve imalat sırasında önceden belirtilmesi halinde uygulanır . Deney akışkanı olarak su kullanılır Hidrostatik mukavemet deneyi tezgahı , deney basıncı ve deneyin uygulama süresinin tespit edilebilmesi için yazıcı manometre ve kronometre ile techiz edilmelidir . Deney sıcaklığı 18 - 32 derece arsında olmalıdır .

Deney basıncı , boru çevresinde 6.9 MPa çevre gerilmesi meydana getirebilecek değerde olmalıdır . Hidrostatik deney basıncı formüle göre , deneye tabi tutulan her mamülün et kalınlığı ve dış çapı için ayrı ayrı hesaplanmalıdır . Deney süresi en az 5 s olmalıdır .

6.1.2.2.9. Boyca eski haline (uzunluğuna) gelebilme deneyi

Boyca eski haline gelebilme deneyi için numuneler her parti borudan TS 5450'ye uygun olarak alınır . Et kalınlığına göre değişmek üzere örnek borunun 60-240 dk süre ile 110 derece hava sirkülasyonlu etüvde tutulması ve sonuçta boyca % 3'den fazla değişimin olmaması gereklidir .

6.2. Tahribatsız Muayene Yöntemleri

Tahribatsız muayeneler dar anlamda malzeme deneyleri değil daha çok bitmiş parça kontrol yöntemleridir . Sadece bazı özel durumlarda malzeme özelliklerinin belirlenmesi için kullanılırlar . Asıl amaç yüzeyde ve iç kısımdaki kusurları parçayı tahrip etmeden ortaya koymaktır . Kural olarak bir konstrüksiyon parçasının kusurları işletmeye alınışından önce saptanır . Ancak gerekirse işletme sırasında da denetlenebilir .

Bu bilgiler ışığında başlıca tahribatsız muayene yöntemleri ve tarayıcı ortamlar şu şekildedir .

A . Enerji ve nükleer radyasyon ortamları

- 1 . Işık (optik metodlar)
- 2 . Girici radyasyonlar (X , Gamma , alfa demetleri ve fluoroskopi)
- 3 . Elastik dalgalar (Ultrasonik muayene)
- 4 . Magnetik alan (Magnetik parçacıklarla muayene)
- 5 . Elektriksel alan (Elektriksel metodlar)
- 6 . Elektromagnetik alan (Girdap akımları metodu)
- 7 . Termal radyasyon (Enfrared muayene metodu)

B . Maddesel ortamlar

- 1 . Penetrant sıvılar (Penetrant muayene)
- 2 . Akışkanlar ve özellikle su (Basınç veya vakum altında sızma)

Bunlardan optik , penetrant ve magnetik parçacıklarla muayene metodları sadece yüzeysel hataların , diğerleri ise yüzeysel hatalarla beraber derindeki hatalarında tespitine elverişlidirler . Akışkanlarla basınç veya vakum altında yapılan sızma muayenelerinde ise ancak malzemeyi bir yüzden öbürüne süreklilik veren hatalar bulunabilir .

Hepsi aynı fiziksel temellere dayanmadığı için birinin yapısı öbüründen çok farklıdır . Tahribatsız muayene zaman zaman ' Aletler Ormanı ' denildiğinde olur . Bunların tamamını kapsamak önemli bir yatırım meselesidir . Gerçekte her metod diğerlerinin aciz kaldığı haller için geliştirilmiştir . Her birinin kapsamı ve sınırları

farklıdır . Her metodun diğer hepsine üstün olduğu haller vardır . Bu sebepten tahribatsız muayene metodları birbirinin rakibi veya alternatifi olmaktan ziyade tamamlayıcısıdır.

Bu itibarla yukarıda adı geçen yöntemler bilinen ve uygulanmakta olan tahribatsız muayene usullerinin tamamı değildir . Belirli bir endüstrinin muayene problemleri için bunlar arasında bir veya bir kaç metod yeterli olabilir . ancak en sık kullanılanlar olması ve sınıflandırmayı daraltmak açısından şu belirleme yapılabilir .

- 1 . Işınım yöntemleri
- 2 . Ses dalgası yöntemleri (Ultrasonik)
- 3 . Magnetik yöntemler
- 4 . Kapiler yöntemler (Penetran sıvı emdirme)

Doğalgaz çelik boru hatlarında , kaynak yöntemi ve arazi şartlarına göre en çok kullanılan radyografi ve bu yöntemde en çok yer alan Gammagrafi incelenecektir .

6.2.1. Kaynakların Radyografik Kontrolü

Endüstriyel radyografi X yada Gama ışınları gibi nüfuz edici radyasyonu kullanarak malzemelerin ve kaynak dikişlerinin bir muayene yöntemidir . Bu , ışığı geçirgen olmayan malzemenin içinin tetkikine olanak sağlamaktadır .

Kaynak dikişinin içinden geçen radyasyonun bir bölümü emilir veya değişir . Emilme miktarı malzemenin kalınlığına ve yoğunluğuna bağlıdır . Film , flüresan perde veya Geiger sayacı gibi bazı dedektör türleri , görüntü yada işaretler şeklinde ortaya çıkan hüzmelerin şiddet değişimlerini kaydetmekte kullanılabilir .

Endüstriyel radyografi başlıca görüntüleri film üzerinde kaydetmekle ilgilidir .

6.2.1.1. Filmlerin seçimi

Radyografik kontrollerde malzeme iç görüntüsünün film üzerinde kaydedilmesi en temel konu olduğundan gerek fotografik malzemenin seçimi ve gereksede onu takip eden işlemlerin itina ile yapılması kaliteli bir görüntü elde edebilmek için en önemli konulardan bir tanesidir .

Gamma ışınları radyografisinde kullanılan filmler halogen tuzların jelatin içinde emilsiyonunu saydam ve fleksibl bir plakanın her iki yüzüne de sürülerek elde edilmişlerdir , yani her iki yüzeyde hassastır ve her iki yüzede çekim yapılabilir .

Üzerinde ışınlara hassas emilsiyonun sürüldüğü taşıyıcı tabaka poliyester veya selülöz triasetat'dan yapılmış , saydam , su geçirmez , deforme olmaz , kolayca yırtılmaz , asit ve bazdan etkilenmez takriben 0.2 mm kalınlığında bir ince lehvadır . Duyarlı tabaka ise taşıyıcı tabakanın her iki yüzüne sürülmüş takriben 0.02 mm kalınlığında içinde homogen olarak dağılmış gümüş bromür bulunan bir tabakadır . Bu tabaka içindeki gümüş bromür zerrelerinin tane büyüklüğü ve dağılımı filmin özelliklerini belirleyen en önemli etmendir . Bu tabaka taşıyıcı tabakaya 0.002 mm kalınlığında bir yapıştırıcı tabaka ile bağlanmıştır . Duyarlı tabakaların dışa gelen yüzleri de ayrıca 0.005 mm kalınlığında bir koruyucu tabaka ile kaplanmıştır .

Duyarlı tabaka görünür ışık ,X veya gamma ışınları tarafından etkilenir ve fiziksel yapısında gözle fark edilmeyen bir değişim meydana gelir . Film daha sonra developman banyosu diye adlandırılan bir kimyasal solüsyon ile muamele

edildiğinde , ışıktan etkilenmiş gümüş bromür zerreleri , metalik siyah gümüşe dönüşür . Tespit , yıkama ve kurutma işlemlerinden sonra , taşıyıcı saydam plakanın her iki yüzünde jelatin içinde süspansiyon halinde bulunan bu gümüş zereler şeklin görüntüsünü oluşturur .

Radyografik filmler tane yapılarına göre üçe ayrılırlar .

- a . ince taneli filmler
- b . orta taneli filmler
- c . iri taneli filmler

Radyografi filmlerinde duyarlı tabakanın fazla kalınlaşarak paralaks hatalarına neden olmaması için , duyarlı tabaka filmin her iki yüzüne eşit kalınlıkta olmak üzere dağıtılmıştır .Filmin her iki yüzünde ışıktan eşit biçimde etkilenir .

Hiç kullanılmamış film yoğunluğu , standart bir negatif ile aynı zaman ve sıcaklık şartları altında developpe edileceği zaman , kullanılmamış film yoğunluğu , emilsiyonun absorpsiyonu gözönüne alınarak , her zaman 0.25'den az olmamalıdır .

6.2.1.1.1. Negatifin yarıgölgesi

Alınan radyograflerin üzerinde görülen hataların çevresinde ,net görüntünün hemen bitişiğinde sisli bir gölge daha oluşur, bu gölgeye yarı gölge denilir . Oluşmasının sebebi , malzeme içerisindeki hatanın filmden uzaklığından dolaydır . Filmler her ne kadar çekim yapılan malzemeye yapıştırılsa da hata , malzemenin kalınlığından dolayı yarı gölge oluşur . Film çekim yapılan malzemedan aralık kalacak şekilde tespit edilmişse , yarı gölge artar

$$U_g = \frac{h * d}{(F - d)}$$

U_g : Yarı gölge
F : Kaynak-film mesafesi
h : Işın kaynağı boyutları
d : Çekim yapılan malzeme kalınlığı

Standartlar yarı gölgenin belirli büyüklükten çok olmamasını şart koşarlar . Bazen yarı gölge formülünde yer alan geometrik faktörlere bağlı sınırlamalar ile şart koşarlar . Film ile temas halindeki kaynağın kalınlığı ve ışın kaynağı-film aralığına göre hesaplanan geometrik yarıgölge aşağıdaki değerleri geçmemelidir .

Klas A Film : 0.4 mm

Klas B Film : 0.3 mm

Klas C Film : 0.2 mm

6.2.1.1.2. Fotografik yoğunluk

Güvenilir bir biçimde değerlendirilebilir kaliteli sonuçlar elde edebilmek için , filmi etkileyen radyasyon dozu ile filmin bundan etkilenme , diğer bir deyimle kararına miktarı arasında ki ilişkinin bilinmesi gereklidir . Işınlama süresini sabit tutup ışınlama şiddetini sabit tutup , ışınlama süresini değiştirerek veya ışınlama şiddetini sabit tutup ,ışınlama süresini değiştirerek elde edilen film karakteristik eğrisi bu konuda en önemli klavuzdur . Uygulamada karakteristik eğri çizilirken genellikle ışınım şiddeti sabit tutulup ışınlama süresi , diğer bir deyim ile poz süresi değiştirilmelidir .

Film üzerinde oluşan görüntünün siyahlığı fotografik yoğunluk olarak adlandırılır ve bu değer olarak aşağıdaki bağıntıdanda görüldüğü gibi film katedip çıkan ışığın şiddetine bağlıdır .

$$D : \text{Log } 10 \frac{I_o}{I_x}$$

I_o : Giren ışığın şiddeti
 I_x : Çıkan ışığın şiddeti

Yukarıdaki bağıntıdan kolayca görüleceği gibi 1 yoğunluğuna sahip filmde giren ışığın 1/10 filmi katedip çıkmaktadır . Filmin kantitatif olarak değerlendirilebilmesi için filme çeşitli sürelerde bantlar halinde ışınlama uygulanır ve poz süreleri belirlenirken daima her poz süresi bir evvelkinin iki misli olacak şekilde seçilir, örneğin 8 kademeli bir poz serisi şu şekilde seçilebilir .

Poz süreleri : 1 , 2 , 4 , 8 , 16 , 32 , 64 , 128 saniye

6.2.1.2. Işın kaynağının seçimi

Radyoaktivite birimi ; ışınım için kullanılan radyoaktif elementin aktivitesi , bu maddenin birim zamanda bozulan atomu sayısı , aktiflik olarak tanımlanır , 10 birimi Curie'dir ve saniyede 3.7×10^{10} bozunum değerindedir . Curie sadece bozulan çekirdek sayısını belirtir , bozunmanın türü , enerjisi ve bu enerjinin soğurulması hakkında bir bilgi vermez . SI birim sisteminde aktivite Beckuerel ile gösterilir ve değer olarak 1 bozunum / saniyedir .

Işınlama doz birimi ; ışının belirli bir ortamda ionizasyon meydana getirme özelliğine dayanan ölçü türüdür ve birimi rontgen olup 0.001293 gr hava içinde bir birimlik elektrostatik yüklü ionlar oluşturan ışınlama miktarıdır . SI birim sisteminde bu değere özel bir ad verilmemiştir . Coulomb / kg olarak tanımlanır ve $1 R = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$ değerine eşittir .

Gamma ışınlarının dalga boyu ve girciliği ışığı yayan maddenin türüne bağlı olarak değişir ; dalga boyları normal radyografide kullanılan üreteçlerin

yayınladığı ışıklardan çok daha küçüktür , işte bu konu gamma ışınlarının uygulama alanını belirler

Gamma fotonlarının enerjileri mega elektronvolt olarak ifade edilir . Bu değer milyon volt olarak dalga boyu gamma ışıninkine eşit X ışınları üretebilecek bir tüpün anod ve katoduna uygulanması gerekli efektif gerilimi gösterir .

Aşağıdaki Tablo.9.'da bazı gamma ışın kaynaklarının özgül aktiviteleri verilmektedir Radyoaktif maddenin bir gramının curie olarak aktivitesine özgül aktivite adı verilir .

Radyoizotop	Özgül aktivite	Kütle / 100 Curies
Radyum 226	1 Ci / gr	100gr
Kobalt 60	150 Ci / gr	2 / 3 gr
İridyum 192	500 Ci / gr	1 / 5 gr
Sezyum 137	22 Ci / gr	4.5 gr

Tablo.9 . Çeşitli radyoizotopların özgül aktiviteleri (Kaynakca.9.).

6.2.1.3. Pozlama için işlem prosedürü

6.2.1.3.1. Boru içine ışın kaynağının yerleştirilmesi

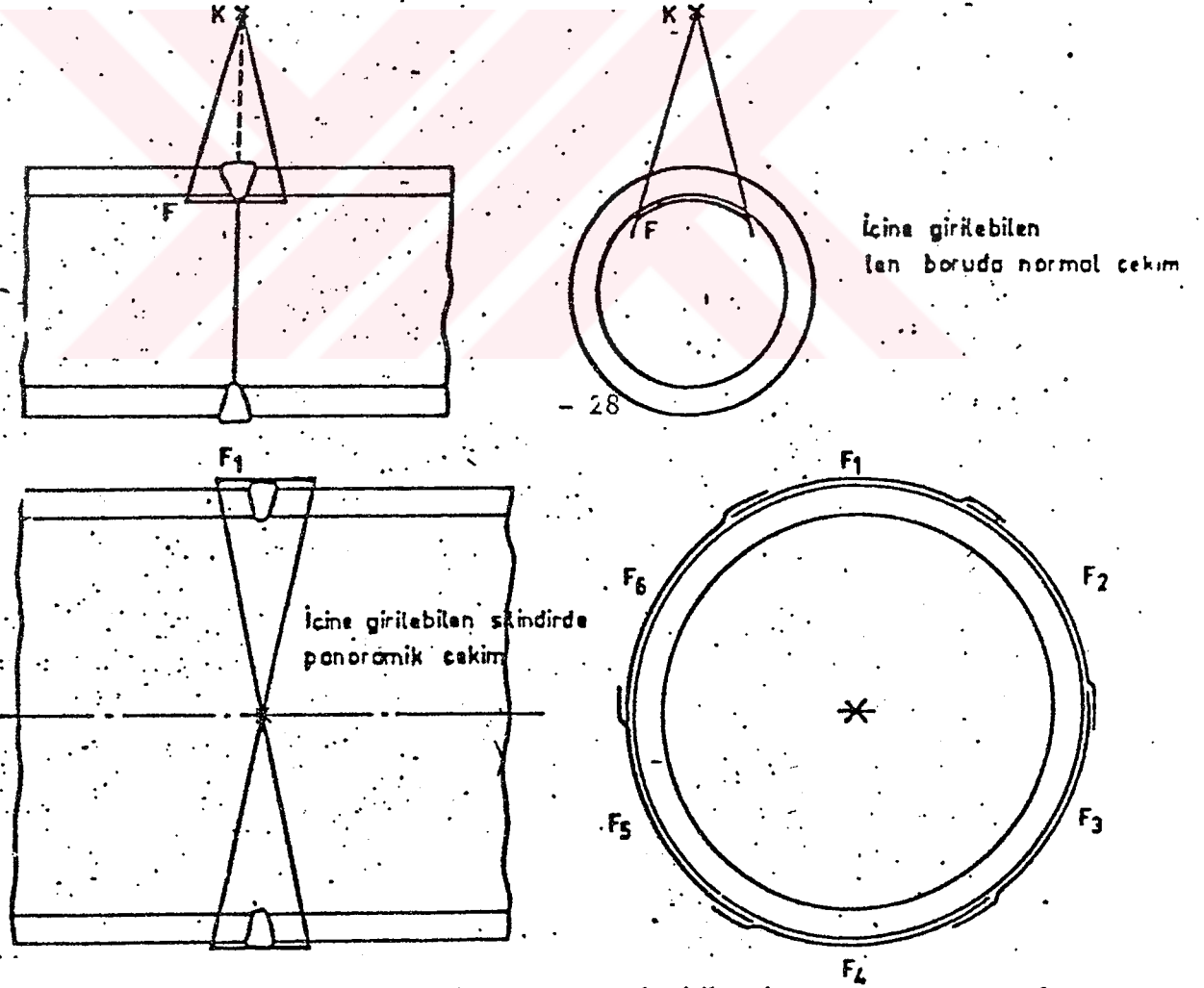
Borunun içine ışın kaynağı yerleştirileceği zaman geometrik yarı gölgenin ve önceden spesifikkiye edilmiş yoğunluğun açıklama ve koşullarına göre zorunlu olan filmin toplam uzunluğuna uyulmalıdır .

6.2.1.3.2. Borunun dışına ışın kaynağının yerleştirilmesi

Boru dış çapı 88.9 mm'den küçük borular için pozlama tekniği pozlanacak kaynak pasosunda eliptik bir ışınlamaya imkan vermeli ve bunun için ışın kaynağı , boru dış çapının 3 katına eşit bir mesafede boru dışına yerleştirilmelidir .

Yerleştirilmiş ışın kaynağına dik ve kaynağa dikey yüzeye göre yaklaşık 5 derece dönük iki pozisyonda, üstüste iki pozlama yapılmalıdır.

Boru dış çapı 88.89 mm'den daha büyük borular için pozlama tekniği, çap teğetinin karşısına yerleştirilmiş ışın kaynağı, kaynak pasosunun imajlarının çok fazla etkilenmesine meydan vermeyecektir. Bunun için, ışın kaynağı, kaynağa dik yüzeye göre yaklaşık 5 derece döndürülmüş olmalı ve pozlamaların numaraları test dilen boru dış çapına göre verilmelidir. Şekil .31.'de borulara göre ışın kaynağının yerleştirilmesi gösterilmektedir.



Şekil .31. Borulara göre ışın kaynağının yerleştirilmesi

6.2.1.4. Koyulaştırıcı ekranların seçimi ve kullanımı

Gamma ışınlarının enerjisi 150 keV veya daha fazla olduğu zaman kurşun ekranlarının kullanılması zorunludur Tablo .10.'da farklı enerji değerleri için ekran kalınlıkları verilmiştir . Çift film tekniği zorunlu olduğu zaman , ortadaki ekran , aynı kalınlıkta ön ekran kadar olmalıdır .

Filmin ışınlarından etkilenme ihtimali olduğu zaman film , enerjisi 150 keV'den büyük olmayan ışınlarda 1.5 mm kalınlığında , enerjisi 150 keV'den daha büyük ışınlarda 3 mm kalınlığında bir kurşun filtre ile korunmalıdır . Belli özel muayenelerde floresan ekranları kullanılır .

Işınlar	Enerji (keV)	Kurşun Ekran Kalınlıkları	
		Ön ekran	Arka ekran
İridyum 192	136-613	15	20
Kasyum 137	667	20	25
Kobalt 60	1170-1330	20	25

Tablo .10 . Farklı enerji değerleri için ekran kalınlıkları (Kaynak:2.).

6.2.1.5. Filmlerin tanınması

Bütün filmler kurşun işaretleyiciler tarafından dikkatle kotlanmalı , kaynağın bütün özelliklerinin açığa çıkması için hızlı ve doğru olarak yerlerine konulmalıdır . Tamamlanmış bir kaynağın kontrolü için bir çok film gerektiğinde , ardarda gelen iki film için tüm kaynağa radyografi yapılmasını gösterecek şekilde aynı tanıtım işareti kullanılmalıdır .

6.2.1.6. Filmlerin banyosu ve karanlık oda düzeni

20 derece sıcaklıktaki filmlerin banyo zamanları aşağıdaki gibi olacaktır .

Filmin Sınıfı	Banyo Süresi (dk)
A	15
B	10
C	7

Film en az beş yıl bozulmadan duracak şekilde ikinci banyosu yapılmış olmalıdır .

Radyografik uygulamalarda film çekim parametrelerinin iyi ayarlanması kadar çekilen filmlerin banyo işlemlerinde iyi bir radyografin elde edilmesi için çok önemlidir . Film banyo işlemlerinin uygun şekilde yapılabilmesi karanlık oda düzenine ve kullanılacak banyoların uygunluğuna bağlıdır .

Karanlık odanın yerleştirme planı , azami kullanma rahatlığı ve verimi sağlayabilmesi bakımından iyi biçimde incelenmesi gereken bir konudur . Karanlık oda mümkün olduğu kadar film çekim sahasının yakınında olmalıdır . Fakat bu şantiyelerde film çekme işlemlerinde gerçekleştirilemez Karanlık oda ışınım etki bölgesinde bulunduğu hallerde , hem odada çalışanların emniyetleri açısından , hemde çekilmiş olan filmlerin bozulmaması için ışın etkilerinden korunmuş olmalıdır . Karanlık oda sürekli olarak akar soğuk ve sıcak suyun yanı sıra ısıtma ve havalandırma cihazları donatılmış olmalıdır . Bu şekilde oda içindeki aşırı rutubet havalandırma ile önlenir .

6.2.1.7. Pozların okunması

Pozların okunması için cihazlar , filmin en koyu kısmında 10 ile 100 lüks arasında aydınlatma yapacak şekilde olmalıdır . Kontrol yapılacak odadaki çevre ışığı , kontrol sırasında filmde çıkacak % 20'den daha fazla olmamalıdır ; filmin üzerindeki yoğunluklarda maksimum sapma 1.5' u aşmamalıdır .

Bir satten fazla bir süre için aynı okuyucu filmleri muayene etmemeli ve en az yarım saat dinlenmeden muayeneye devam etmemelidir .

Radyografileri ışığa tutarak okumaya çalışmak sakıncalı bir davranıştır . Böyle okuma veya değerlendirme yapmak , radyografi üzerinde bulunan birçok bilgiyi gözden kaçırmak suretiyle onu eksik değerlendirmiş oluruz .

6.2.1.8. Radyografik görüntünün kalitesi

Görüntülerin kalitesi indikatör teknik işlemi ile elde edilecektir . Bu aygıtta , 20 mm genişliğinde 2.6 mm kalınlığında bakır ve 2 mm kalınlığında tungstenden iki plaka vardır . Bu aygıt borunun enerji yüzeyinin karşısına , filmi muhafaza eden kutunun ışın alan yüzeyinin üzerine yerleştirilir . Filmin fotografik yoğunluğu ,X ışınları kullanılacağı zaman bakır , gamma ışınları kullanılacağı zaman tungsten plakanın yan yana gelen kısımları ile ölçülecektir .

Plakada yan yana gelen kısımların yoğunluğu W ve seçilmiş plakada yan yana gelen alanların yoğunluğu ise W1 olsun .

Teknik işlemin kalitesini gösteren $K = W - W1$ değeri ile elde edilir .Radyografik kalite ile ifade edilmek istenen kavram aslında radyografik uyarlılıktır. Film üzerindeki görüntüde malzeme içerisindeki en küçük yoğunluk farkını ayırt edebilme imkanını sağlayacak şekilde alınan radyograflara duyarlı radyograf denilir . Kaliteli bir radyografinin alınabilmesi şu faktörlere bağlıdır .

a . Işın kaynağının durumu radyografinin kalitesini etkiler . Işın kaynağının yeni

olması özellikle X ışınlarında radyografik kaliteyi iyileştirir .

b . Radyografisi alınan malzemenin kalınlığı

- c . Film ışın kaynağı mesafesi ; ışın kaynağı filme yaklaştıkça görüntü kalitesi düşer .
- d . Film seçimi radyografik kaliteyi etkiler .
- e . Ekranların durumu radyografik kaliteyi etkiler .
- f . Banyo şartları radyografik kaliteyi etkiler .

Bütün bu faktörlerin iyileştirilmesi neticesinde kaliteli radyografi çekmek mümkündür . Ancak radyografinin kaliteli olup olmadığını ölçmek gerekmektedir . Çekim tekniğini ve kaliteyi kontrol altında tutan bu araçlara penetremetre denilir .

6.2.1.8.1. Tellî Alman Penetremetresi

Bu penetremetre , üç penetremetre olarak standartlaştırılmıştır . Her bir penetremetre üzerinde belirli çaplarda yedi adet telden meydana gelmiştir . Fakat bütün penetremetrelerin üzerinde 16 değişik çapta tel vardır . Bu tip penetremetrelerin tel çaplarını gösteren Tablo .11.4 da verilmiştir .

Tellî Alman penetremetresi DIN 54109 standardı ile uluslararası kabul görmüştür . Alet üzerinde bulunan tellerin uzunluğuna göre iki çeşittir . Tel boyu 50 mm olan uzun ve 25 mm olan kısa tip penetremetreler denilir . Her iki tip penetremetrenin telleri X ışınını kolay geçiren şeffaf plastik üzerine 5 mm aralıklarla düzgün olarak yerleştirilmek suretiyle imal edilmiştir . Bu penetremetre kullanılırken sıcaklığa maruz bırakılmamalı ve eğilip bükülmemelidir .

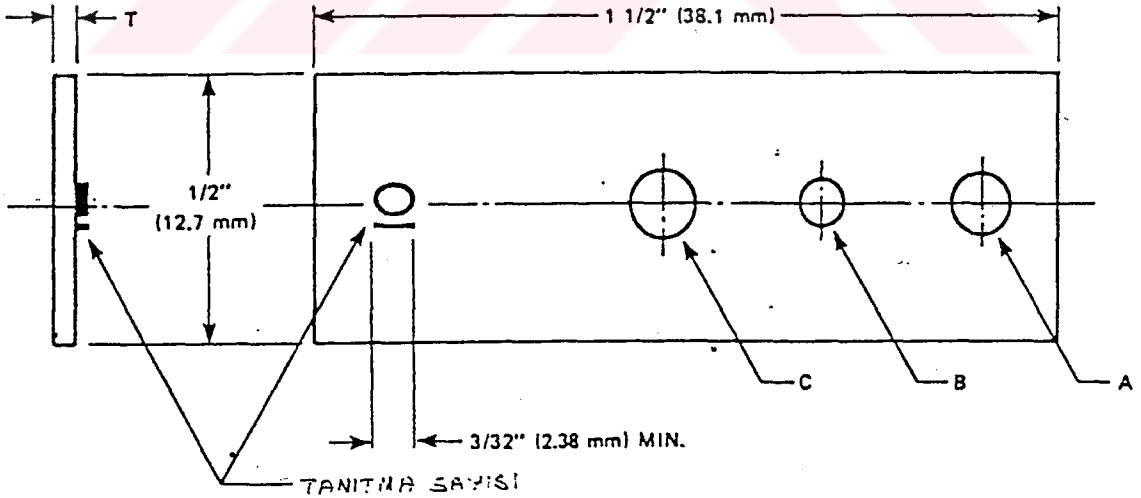
Tellî penetremetreler ile radyografik duyarlılığın tayini yapılırken , özellikle kaynaklı birleştirilmiş ek yerlerinde kaynak bölgesi üzerinde en ince telin çapı saptanarak işlem yapılır .

Kademeleri	Tel numaraları ve çapları (mm)						
1 / 7	1	2	3	4	5	6	7
	3.2	2.5	2.0	1.6	1.25	1.0	0.80
6 / 12	6	7	8	9	10	11	12
	1.0	0.80	0.63	0.50	0.40	0.32	0.25
10 / 16	10	11	12	13	14	15	16
	0.40	0.32	0.25	0.20	0.16	0.125	0.100

Tablo .11. Penetremetrelerin tel çapları (Kaynakla. 9.).

6.2.1.8.2. Delikli Penetremetreler

Amerikan A.S.T.M. penetremetreleridir . Bu penetremetrelerde muayene edilen malzemenin yaklaşık % 2 'sine tekabül eden uniform kalınlıktaki bir plaketten ve üzerindeki üç delikten ibarettir . Plaketin kalınlığı T ise birinci deliğin çapı 4 T ikinci deliğin çapı T üçüncü deliğin çapı 2 T 'dir (Şekil . 32 .) .



T= GECERGENLİK KALINLIĞI
A ÇAP = 4T
B ÇAP = T
C ÇAP = 2T

Şekil . 32 . Standart delikli penetremetre

Penetremetrelerin üzerinde tanıma işareti vardır . Bu işaret kurşunla yazılmıştır ve kullanılacak malzemenin kalınlığını inch olarak gösterir . Penetremetrenin üzerinde bulunan çentikler hangi grup malzemeler için kullanıldığını ifade eder . Bu işaret penetremetrenin de malzeme çeşidinin ifadesidir .

Bu penetremetre çeşidinin takımında 0.05 parmaktan başlayarak belirli kademelerde yukarı doğru giden birçok sayıda penetremetre bulunur .

Delikli penetremetrelerde I.Q.I. kalitesinin kontrolü şu şekilde yapılır . Penetremetre tam üzerinde yazılı olan malzeme için kullanılmış ise ve radyografi üzerinde 2 T delik çapı görülüyorsa radyografik duyarlılık % 2 'den daha iyidir .

6.2.1.9. Radyografik kontrollerin sıklığı

Radyografik kontrollerin sıklığı , yapılacak kaynaklara bağlı olarak aşağıdaki gibi belirlenebilir .

- a . Tie-in benzeri kaynaklarda
- b . Tam ve kısmi tamir kaynakları için
- c . Geçişler için ayrılmış boru hattı bölümleri üzerinde yapılmış kaynaklarda
- d . Farklı kalitede veya kalınlıklarda borular arasındaki kaynaklarda
- e . Birleşim delikleri içinde yapılmış kaynaklarda
- f . Kaynak ekibinde bir değişiklik olduğu zaman
- g . Çalışma koşullarında iş yerinden veya hava durumundan dolayı doğan güçlükler dikkate alındığı zaman

İlk peryot sırasında boru hattında yapılmış kaynaklarda ; en az ikiyüz kaynak üzerinde , çalışma programında düşünülen ilerleme oranına erişinceye kadar , en az

7. UYGULAMALAR

Uygulama 1.

24'' Çelik boru hattında bulunan 46 nolu kaynak uygulaması ve Radyografik testi

İGDAŞ. Çelik şebeke hattı Ümraniye şantiyesi

E 24 - E 25 istikameti 46 nolu çelik boru kaynağı

- * Tabanı kum ile beslenen tranşe içine takozlar üzerine konulmak üzere çelik boru indirildi .
- * 2.5 mm boşluk ile ağız ağıza getirilen borular , hidrolik kavrayıcı tutucu yardımıyla sabitlendi .
- * Sabitlenen iki boru V kaynak ağızı açılmış uçlarından çevresel olarak eşit 8 noktadan 5 cm boylarında kaynak yapılarak borular birbirine birleştirildi , tutucu söküldü .
- * Punta kaynaklar taşlanıp curuflardan temizlendikten sonra kök paso kaynatma işlemine geçildi
- * Kaynakçı numaraları 204 Hüseyin DURDU ve 206 Necati NAL olan iki kalifiye kaynakçı tarafından selülozik çap 3.25 mm olan E 6010 elektrot ile 50 A akım altında aşağıdan yukarıya kök paso kaynağı yapıldı .
- * Yapılan kök paso kaynağı taşlama aletiyle curuflardan temizlendi .
- * Çap 3.25 mm selülozik E 6010 elektrot ile sıcak paso tamamlandı ve kaynak taşlanarak curuflardan temizlendi .
- * Çap 4 mm selülozik E 6010 elektrot ile dolgu paso tamamlandı ve

kaynak taşlanarak curuflardan temizlendi .

* Çap 4 mm selülozik E 6010 elektrot ile kapak paso tamamlandı ve taşlandı ,
kaynak radyografi için hazır hale getirildi .

* Kaynakçı ekibini oluşturan elemanlar ;

Yönlendirici : Kaynağı yapılacak iki boruyu şebeke yönünde sabitlemek .

Kaynakçı : Sabitlenen boruların uygun şekilde kaynaklı birleşimini sağlamak .

Kaynakçı yardımcısı : Kaynak esnasında kaynakçıların elektrot ihtiyacını
sağlamak , jeneratör başındaki operatörle bağlantı
kurarak akım ve gerilim ayarlaması yapmak .

Taşçı : Yapılan kaynak pasolarından sonra curuf tabakasının taşlama aletiyle
taşlamak veya zımparalamak .

İzoleci : Yapılan kaynaklı birleştirme işleminin sonunda kaynak bölgesinin
kimyasal etkilere karşı korunabilmesi için gerekli olan bölgesel izolasyonu
tamamlamak .

* Yapılan kaynağın radyografik filminin çekilmesi ve test edilmesi .

Radyasyon kaynağı : Ir 192 Gamma

Kullanılan film : D 5 10 * 48 cm AGFA

Film poz süresi : 2 dk 20 sn

Aktivite : 70 Curie

Kullanılan penetremetre : telli 10-16

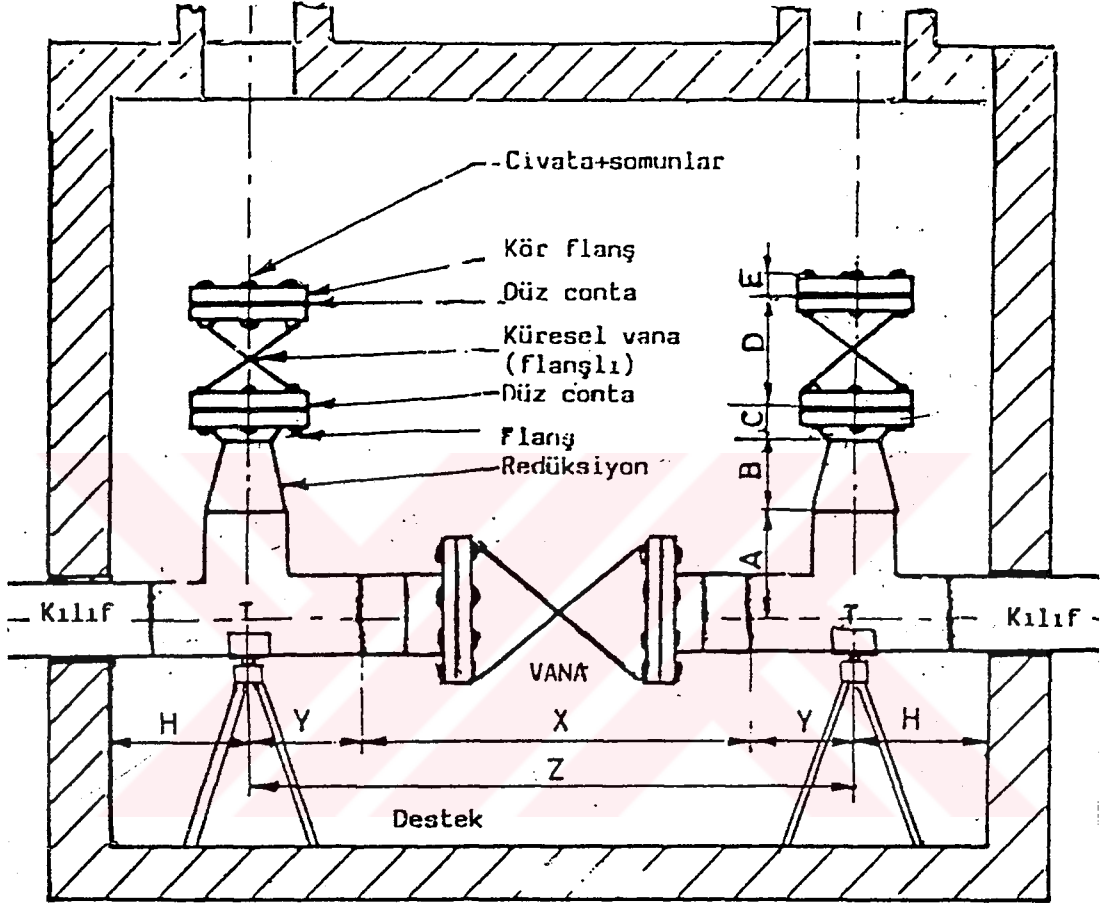
Kullanılan cihaz : Portatif (P türü) radyo izotop tüpü

* Boruların birleşiminde kullanılan kaynağın radyografik kontrolü için dışarıdan
ışın kaynağı uygulanarak yapılmaktadır . Boru üzerine sarılan çevresel metrajı
belirten kurşun şerit sabitlendi .

- * Alt yarıya filmler sarıldı , üst orta noktadan gammagrafi uygulandı . 2 dk 20 sn beklendi ve yarı işlem tamamlandı .
- * Kaynak çevresinde kalan diğer bölgeye sarılan filmlere , alt orta noktadan gammagrafi uygulandı ve aynı poz süresi beklenerek film çekme işlemi tamamlandı .
- * Filmler kaset halinde hazırlanmıştır . Kurşun lehvalar arasında asıl film bulunmaktadır . Bu kasetlerin üzerinde DIN normlarına göre belirlenen 10-16 ölçekli penetremetre , kaynakçı numaraları ve hat nosu kurşun harflerle eklenmiştir .
- * Alınan film karanlık odaya alınarak banyo edilmektedir .
 1. Banyo : Gelişme tankı (developer) 5 dk
 2. Banyo : Durdurma tankı (stop bath) 1 dk
 3. Banyo : Tespit tankı (fixer) 10 dk
 4. Banyo : Son yıkama tankı (final wash) 10 dk
- * Bekleme sürelerine göre banyo edilen filmler kuru bir ortamda nemden arınana kadar kurutma işlemine tabi tutulur .

Uygulama 2 .

24'' Çelik boru hattındaki çift blöflü vana kaynağı



Şekil . Çift blöflü vana

Hat vanalarının 3 temel görevi vardır .

a . Doğalgaz akışını durdurmak herhangi bir kaza veya bakım çalışmaları sırasında iki hat vanası arasındaki kısım boru hattının diğer kısımlarından ayrılır . Boru hattının diğer kısımlarındaki basınç seviyesi düşmez ve böylece arızalı kısmın altında veya üstündeki gaz akımını devam ettirmek mümkündür .

b . Hat vanaları ile izole edilen boru hattını kısmen veya tamamen boşaltmak ve

boru hattının izoleli kısmını hava ile doldurmak .

c . İzole edilen kısmı gazla doldurmak boru hattının diğer kısımları ile basıncı eşitlemek .

Bir hat vanasının çeşitli kısımları vardır . Bunlar ;

1 . Ana vana ; bu küresel vanadır ; tam açıp tam kapama sağlar . Bu vana hat üzerine kaynaklanmıştır .

2 . BY-pass hattı

3 . Bu hattın ucundaki iki (vent) havalandırma borusu ; bunlar ana boruya bağlıdır

Kullanılan malzemeler :

Boru	: 24''	Z	: 1734 mm
Blöf vanaları	: 6''	H	: 733 mm
Eşit olmayan T	: 24'' / 12''	A	: 397 mm
Redüksiyon	: 12'' / 6''	B	: 203 mm
T uzunluğu 2Y	: 432 mm	C	: 98 mm
Vana uzunluğu + kılıf	: 870 mm	D	: 403.2 mm
		E	: 37 mm

Kaynak dört zamanlı diesel bir motorun tahriki ile çalışan jeneratörden alınan akımla , elle elektrik ark kaynağı ve E 6010 selülozik tip elektrotla yapılmaktadır .

Kaynak Pasoları	Akım şiddeti	Kutuplama	Elektrot çapı	Elektrot sayısı
Kök paso	60 - 80 A	Ters	3.25 mm	10 - 10
Sıcak paso	120 A	Doğru	3.25 mm	5 - 5
Dolgu paso 1	110 A	Doğru	4 mm	5 - 5
Dolgu paso 2	110 A	Doğru	4 mm	5 - 5
Kapak paso	120 A	Doğru	5 mm	5 - 5

Tablo . Kaynağı yapılan vananın kaynak parametreleri .

Kaynakları 2 kaynakçı çift yönlü olarak aynı zamanda uygulamaktadır .

Vana grubunun kaynak işlemleri bittikten sonra uygulanan testler .

• Mekanik test yöntemi :

Vana grubunun iki tarafına 24'' borudan üzerinde 3/4'' test vanalarının bulunduğu test kapakçıkları kesilmek üzere kaynatıldı . Vana içine 5 bar basınçta hava basıldı . Tüm kaynak bölgelerine ve blöf vanalarının flanşları üzerindeki civata bağlantılarına köpük testi uygulandı ; kaçak görülmedi .

• Hidrostatik test yöntemi :

Test kapakçıkları üzerindeki vanalardan çalışma basıncının 3/2 katı olan 32 bar'da su basıldı (Çalışma basıncı 20 bar) . 1 h beklenecek iç basıncın normalleşmesi gerçekleşti ve ilk okuma yapıldı 32 bar , 2 h beklendikten sonra basıncın düşüp düşmediği son okuma ile kontrol edildi 32 bar .

- kaynaklarda terleme
- flanşlarda sızdırma
- boruda deforme

görülmedi .

Uygulama 3 .

Doğalgaz çelik boru hatlarında çalışacak olan ; Kaynakçı No : 154

Cumali ÇANDARLI isimli kaynakçının , kaynakçı kalifikasyon testi .

Kaynak yapılan test malzemesi :

API 5L Grade B 24'' çelik boru .

t = 7.92 mm .

V kaynak ağzı .

Kaynak ağzı uzaklığı = 1.6 mm .

Max. çalışma basıncı 19 bar .

Örtülü elektrot ile elle ark kaynağı .

Elektrot çapı (mm)	Kaynağın akım şiddeti (A)	Paso Süresi (dk) .
3.25	70	15
3.25	110	4.5
4	105	8
4	105	9.5

Tablo . Kaynak parametreleri .

Yapılan testler ve sonuçları aşağıdadır .

Yüz Bükme testi : olumlu

Takviyesiz çekme testi : olumlu

Kök bükme testi : olumlu

Rm = 426 N / mm²

Rm = 433 N / mm²

Gözle kontrol : yeterli

Rm = 427 N / mm²

Rm = 435 N / mm²

Radyografik kontrol : yeterli

Test yeri : Mannesmann-Sünerbank Boru Endüstrisi T.A.Ş. / İZMİT

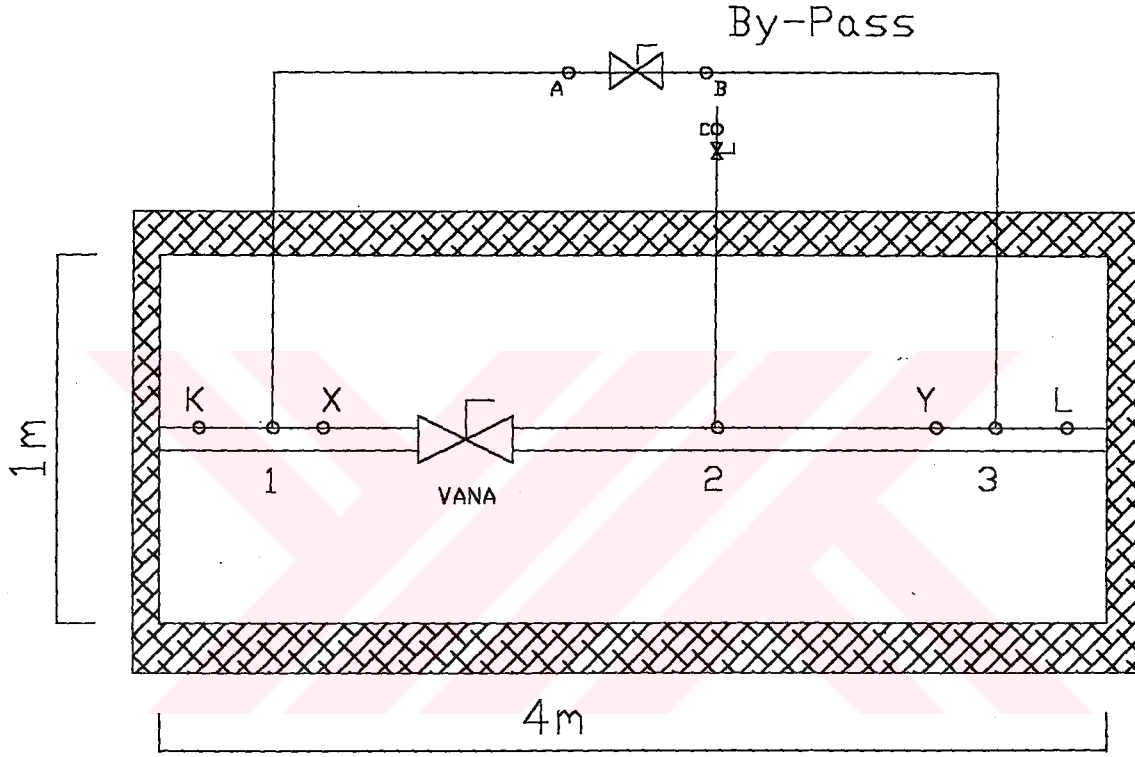
Tarih : 13 . 06 . 1996

Standart : API 1104

Sertifika No : 256

Uygulama 4.

Gaz akışını kesmeden Polietilen şebeke hatlarına müdahale , Çap 63 mm Polietilen vana kaynağı .



- Tranşe içindeki boru üzerinde 1,2,3 noktalarına servis hattı semeri kaynatıldı .
(Çap 63 / 20 , 39.5 V , 58 sn , 25 dk) 2 nolu servis hattı semerinin görevi 1 ve 3 nolu noktalar arasındaki havayı boşaltmak (purge) ve X , Y noktalarındaki boğumdan sonraki kaçakları tahliye etmek .
- A ve B noktalarına vana takılarak çap 20 mm (PE) boru ile by-pass hattı kuruldu . A ve B noktalarından A-1 , B-3 arası hava basılarak köpükle kaçak testi yapıldı , kaçak görülmedi . A-1 , B-3 hattı , 1 ve 3 noktalarındaki servis hattı semerleri delinerek tek vana ile by-pass hattı kuruldu .

- C noktasına vana bağlanarak C-2 hattı test edildi , kaçak görülmedi .
- Çap 20 by-pass hattı kaynağı yapıldı (39.5 V , 20 sn , 20 dk) . Kaynak değerleri tablodan seçildi .
- K ve L noktalarından topraklama yapıldı .
- X ve Y noktalarından boru boğma işlemi yapıldı .
- 1-3 arasındaki gaz 2-C hattından vanadan boşaltıldı .
- 1,2,3 noktalarındaki servis hattı semerleri kapatıldı . By-pass iptal edildi .
- Ana hat üzerinde gaz akışı sağlandı , vana köpük ile kaçak testi yapıldı .
- Servis hattı semerlerine bağlı çap 20 mm hatlar kapatılarak mekanik körleme yapıldı , su ile kaçak testi yapıldı , PE bant ile izole edildi .
- X ve Y noktalarında büzülen borular düzeltme aparatı ile doğrultuldu .
- X ve Y noktalarına çap 63 mm destek manşonları kaynatıldı (24 V , 62 sn , 35 dk) .
- Vana odası aksesuarları yerleştirildi .

SONUÇ ve SENTEZ

Doğalgaz yüzyılın sonuna gelindiğinde ön plana çıkan temiz bir çevre bilincine en uygun yakıttır . Bu yakıtın kullanım noktalarına kadar götürülmesi ise ayrı bir sanayi ve bilim dalıdır . Bu konuda en çok dikkat edilmesi gereken konu ise gazın kullanım ve taşınımındaki emniyet sınırlarının yükseltilmesidir .

Ana boru hatlarında kesinlik kazanan çelik boru kullanım zorunluluğu , şehir içi gaz dağıtımında değişik nedenlerden dolayı polietilen borulara bırakılmaktadır . Kısaca , şehir içinde polietilen boruların kullanım zorunluluklarından ve çelik borulara oranla daha fazla tercih edilme sebeplerinden birkaçını ,

* Çeliğe oranla aynı çaplardaki polietilen borunun daha esnek olabilmesi . Bu özellik sayesinde şehiriçinde ortalama 80 cm derinliğe kadar döşenme imkanı vermesi ,

* Çok küçük alanlar içerisinde kaynak yapılabilir olması ,

* Çeliğe göre iki kaynak arasındaki mesafe boyunca döşenmiş olan boru miktarının daha fazla olması ,

* Polietilen borunun özellikle toprak içinde , hiçbir kimyasal etkileşime girmeksizin uzun ömürlü oluşu , buna bağlı olarak yalıtım ve izolasyon masraflarının minimuma indirilmesi ,

* İşletmeye alınımındaki , tüm polietilen şebeke hatlarının kontrolünün ve testlerinin daha kolay ve ucuz olması ,şeklinde sayabiliriz .

Şehiriçi dağıtımına gelinceye kadar gazın taşındığı ana hatlarda ortalama basıncın 70 bar olması polietilen boruların et kalınlığına bakılmaksızın çaresiz kaldığı bir alandır . Çelik borular , mukavemet ve üretim koşulları açısından vazgeçilmez malzemelerdir .

Bir doğalgaz ana boru hattı ve şehiriçi dağıtımını planlanırken özellikle şehiriçi geçiş bölgeleri çok iyi saptanmalı ve bu bölgelerin mümkün olduğunca tranşe açılması , kaynakların yapılması , kapatılması çalışmalarının kolaylıkla yapılabilecek tarzda olmasına aynı zamanda bu çalışmalar sürerken çevreye en az zarar verilmesine dikkat edilmelidir . Özellikle şehiriçi su , elektrik ve kanalizasyon şebekelerinden doğalgaz hatlarının uzaklığı arttıkça emniyet katsayısının yükseldiği unutulmamalıdır .

Doğalgaz boru hatlarının saptanmasında yukarıda belirtilen özellikler göz önüne alınarak optimum noktalarda çelik ve polietilen boru hatları belirlenmelidir .

KAYNAKÇA

1. BOTAŞ , 1996 , 31. Dönem Eğitim Kursu Notları , Ankara .
2. Doğalgaz boru hattı ile ilgili genel spesifikasyonlar , 1990 , Doğalgaz Müessesesi Yayınları Spesifikasyon serisi , İstanbul .
3. Gaz de France , 1995 , “ Intervention on Polyethylene Network Main Without Cuting Supply off “ , Gaz kaynağını kesmeden polietilen şebeke hatlarına müdahale , İstanbul .
4. Gaz de France , 1995 , “ Specifications for PE Pipe Constructions and Laying Recommendation “ , PE servis hattı inşası şartname ve tavsiyeler , İstanbul .
5. Gaz de France , 1995 , “ Specifications for PE Pipe Networks Constructions and Laying Recommendations “ , PE boru hattı şebekeleri inşa şartnamesi , boru döşeme konusunda tavsiyeler ve elektrofüzyon kaynak usulleri , İstanbul .
6. Gaz de France , 1995 , “ PE Networks Main Charecteristics of Medium Pressure ‘ B ‘ Networks “ , Orta basınç PE ‘ B ‘ şebekeleri temel özellikleri , İstanbul .
7. Gaz de France , 1995 , “ 4 Bar PE Technique “ , 4 Bar PE Tekniği , İstanbul .
8. Gaz de France , 1995 , “ Characteristics of A Good Joint With Electrofusion Fittings “ , Elektrofüzyon fittinglerle yapılmış iyi bir ekin özellikleri , İstanbul .
9. Gedik Eğitim Vakfı Yayınları , 1995 , Kaynakların Radyografik Kontrolü , İstanbul .
10. Görün , E. 1995 , PE Doğalgaz Boruları , Egeplast Plastik Boru Fabrikası , İstanbul .
11. Mühendis ve Makina , 1989 , TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını , İstanbul .
12. Oğuz , B. 1993 , Ark Kaynağı , Kaynakların Tahribatsız Muayene Yöntemleri , Oerlikon Yayınları , İstanbul .
13. Standart for Welding Pipe Lines and Related Facilites , 1973 , American Petroleum Institute (API) 1104 .
14. Türk Standartları Enstitüsü Yayınları , 1993 , TSE 10827 , İstanbul .
15. Yayla , P. ve Kaluç , E. 1989 , 2. Ulusal Kaynak Sempozyumu bildiri kitabı , İstanbul .

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi - 15 Aralık 1970

Doğum Yeri - Erzurum

Eğitim - 1984 - 1987 Maltepe Lisesi

1987 - 1991 Yıldız Üniv. Mak. Müh. Böl.

Görev Yerleri - 1992 - 1993 ÖZKA Makina Sanayi A.Ş.

1993 - 1995 Erzurum İnşaat Emlak Başk. (Askerlik)

1995 - 1996 Kılıçoğlu Mühendislik Ltd. Şti.

1996 İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş.

1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025