

126620

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PE VE PP BORU BİRLEŞTİRMELERİNİN ISI
TRANSFER YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Abdüselam ALTUNKAYNAK
(141101719990140)

T.C. YÜSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof.Dr. Osman ISIKAN

İSTANBUL 2002

126620

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL VE ONAY BELGESİ

**PE VE PP BORU BİRLEŞTİRMELERİNİN ISI TRANSFER
YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

Abdülkadir Altunkaynak PE VE PP BORU BİRLEŞTİRMELERİNİN ISI TRANSFER YÖNÜNDEN İNCELENMESİ isimli Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 16.07.2002... tarih ve 2002/12-30... sayılı kararı ile oluşturulan *Makine Eğitimi* Anabilim Dalı Programında YÜKSEK LİSANS/DOKTORA Tezi olarak Kabul edilmiştir.

Danışman : (Prof. Dr. Osman ISIKAN) (Marmara Üniversitesi)
Üye : (Prof. Dr. Korhan BİNARK) (Marmara Üniversitesi)
Üye : (Prof. Dr. İsmail TEKE) (Yıldız Teknik Üniversitesi)

ONAY

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 18.9.2002 tarih ve 2002/16-23 sayılı kararı ile *Abdülkadir Altunkaynak*'ın *Makine Eğitimi* Anabilim Dalı Programında Y.Lisans (MSc.) / ~~Doktora (Dr., PhD.)~~ derecesi alması onanmıştır.

Prof. Dr. Adnan AYDIN
Marmara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Ülkemiz için son derece yeni ve sanayi açısından teknik elemanlara ihtiyaç duyulan plastik borular konusunda tezimi hazırlamamda yol gösteren, şahsımı meslek içerisinde meslek sahibi olamaya vesile olan kıymetli hocam Sn. Prof. Dr. Osman ISIKAN'a en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım. Bizlere mühendisçe düşünmeyi öğrettiği, kendimize olan güvenimizi kazandırdığı, bilgi ve tecrübelerini bıkmadan, usanmadan defaatle bizlere aktardığı ve bizim gibi talihli talebelerin sayısının artması için, kendilerine sağlıklı ve uzun ömürler diliyorum.

Tezimi hazırlamamda, fabrika imkanlarını kullanmamda hiçbir fedakarlığı esirgemeyen, bilime katkılarından dolayı Dizayn Teknik Plastik Boru ve Elemanları San. ve Tic.A.Ş. firmasına ve firmanın Teknik Kurul Başkanı Y.T.Ü Makine Fakültesi Öğretim Üyelerinden Sn. Prof. Dr. İsmail TEKE 'ye teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
YENİLİK BEYANI	V
SEMBOL LİSTESİ	VI
KISALTMALAR	VII
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
TABLO LİSTESİ	IX
BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ	1
I.1. GİRİŞ	1
I.2. AMAÇ.....	2
BÖLÜM II. GENEL BÖLÜM	3
II.1. İÇME VE ATIKSU BORULARINDAKİ EN YAYGIN PLASTİKLER	3
II.2. PLASTİKLERİN YAPISI	6
II.2.1. Monomerler	6
II.3. POLİETİLEN	10
II.3.1 Polietilenin Kullanıldığı Yerler	15
II.4. POLİPROPİLEN	16
II.4.1 Polipropilenin Kullanıldığı Yerler	22
II.5. POLİETİLEN VE POLİPROPİLEN BORULARIN ÜRETİMİ	23

II.6. POLİETİLEN BORULARIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	25
II.7. KAYNAK KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	35
II.8. BORU BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ	38
II.8.1. Mekanik Birleştirme	38
II.8.1.1. Contalı Birleştirme	38
II.8.1.2. Flanşlı Birleştirme	39
II.8.1.3. İtme Soket Birleştirme	40
II.8.2. Kaynaklı Birleştirme	41
II.8.2.1. Alın Kaynağı Metodu	41
II.8.2.2. Elektrofüzyon Kaynağı Metodu	46
II.8.2.3. Ekstrüzyon Kaynağı Metodu	48
II.9. POLİETİLEN BORULARA UYGULANAN TESTLER VE AMAÇLARI	50
BÖLÜM III. TEZ ÇALIŞMALARI	53
III.1. ALIN KAYNAĞI ISI TRANSFERİ ANALİZLERİ	53
III.2. ELEKTROFÜZYON KAYNAK METODU ANALİZLERİ	57
III.3. YAPILAN ÇALIŞMALAR	61
III.3.1. Alın Kaynağı Deneyleri	61
III.3.2. Malzeme Çekme Deneyleri	61
BÖLÜM IV. SONUÇLAR	67
BÖLÜM V. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER	68
KAYNAKLAR	70
EKLER	71
ÖZGEÇMİŞ	76

ÖZET

PE VE PP BORU BİRLEŞTİRMELERİNİN ISI TRANSFERİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Son yıllarda, dünya şebeke sularının ve endüstriyel atıkların naklinde kullanılan plastik boruların önemi artmıştır. Bu sektörde dünya üzerinde bilgini ve tecrübenin artması plastikten yapılan borulara olan güveni arttırmıştır.

Ülkemizin deprem kuşağında yer alması ve heyalan bölgelerinin çok oluşu nedeniyle özellikle yer altına gömülü vaziyette kullanılacak boruların ani yer hareketlerine uyumlu olması, kırılma, muf yerlerinden çıkma gibi sorunlarla karşılaşılması amacıyla polietilen ve polipropilen borular tercih edilmiştir.

Polietilenden ve polipropilenden mamul borular yük altında önemli miktarda kopmadan şekil değiştirebilmektedir. Şekil değiştirmeleri esnasında boruda en zayıf yer kabul edilen kaynak bölgesinden kopmamları için birleştirme koşullarının oluşturulması için çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmamızda, polietilen ve polipropilenden mamul boruların birleştirme yöntemleri incelenmiş olup, sıcaklık altında yapılan birleştirmelerin ön gördüğü standartlar ve bu standartlardaki şartları sağlayacak ısı transferi analizleri yapılmıştır.

Özellikle, alın kaynağında boruların et kalınlıklarının önemli olmadığı kaynak işleminin gerçekleştirilebilmesi için belirli bir süre ısıtmanın yeterli olduğu gözlenmiştir.

Temmuz, 2002

Abdüsselam ALTUNKAYNAK

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ABSTRACT

VIEW OF PE AND PP PIPE JOINTS FROM THE ASPECT OF HEAT TRANSFER.

Plastic pipes used in the transport of industrial effluents and the water supply network of the world gained more importance in the recent years. Build up of knowledge and experience in this job sector have increased also the assurance in the plastic pipes.

Polyethylene and polypropylene pipes are being preferred because of their flexibility and nonbrittleness against earth movements and resistance against ruptures especially in our country which is located in earthquake zones of the world and which is exposed to landslips.

Polyethylene and polypropylene pipes show elastic deformation before rupture. My studies have been carried out to get the best welding joints which have been considered to be the weakest portion of the pipes in order to avoid rupture there during elastic deformations.

In this study of mine, methods for making joints of polyethylene and polypropylene pipes have been investigated and analysis of heat transfer during jointing has been made under the related standarts.

It has been understood that especially in buttwelds, wall thickness of the pipes does not have any effect and heating for certain time is good enough.

July,2002

Abdüsselam ALTUNKAYNAK

YENİLİK BEYANI

PE VE PP BORU BİRLEŞTİRMELERİNİN ISI TRANSFERİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Polietilenden mamul boruların, boru çapı, basınç grubu, et kalınlığının kaynak üzerindeki etkileri deęerlendirilmiŐtir.

Alın kaynağı işleminde boru çapı ve et kalınlığının önemli olmadığı yapılan analizler ve deneylerle ortaya konmuŐtur. Burada önemli olan ısıtıcı sıcaklığı ve kaynak işlemi süresidir.

Elektrofüzyon kaynağı işleminde ise kaynak işlemi esnasında kullanılan telin bakır tel olması halinde direnç ve ısı akıŐları yönünden en uygun olduğu ve sıcaklığın 250 °C'yi geçmemesi gerekmektedir.

Temmuz, 2002

Prof.Dr. Osman ISIKAN

Abdüsselam ALTUNKAYNAK

SEMBOL LİSTESİ

D	: Dizayn gerilmesi (MPa)
Dd	: Boru dış çapı (m)
R	: Dönüş yarı çapı (m)
C	: Williams-Hazzen boru pürüzlülük katsayısı (boyutsuz)
Di	: Boru iç çapı (m)
J	: Birim boyda ortaya çıkan düz boru enerji kaybı (mss/m)
Q	: Akışkanın debisi (m ³ /s)
SDR	: Standart boyut oranı
E	: Elastiklik Modülü (MPa)
Ts	: Isıtıcı sıcaklığı (°C)
Ti	: Ortalama sıcaklığı (°C)
a	: Isıl difüzyon katsayısı (m ² /s)
g	: Öz direnç Ω (mm ² /m)
k	: 0,25 W/mK
Cp	: Isınma Isısı (kJ/kgK)
q	: Birim yüzeyde ısı akışı (W/m ²)
l	: tel boyu (m)
s	: Kesit alanı (mm ²)
α	: Direnç katsayısı (1/°C)
β	: Direnç katsayısı 1/°C ²
U	: Gerilim (V)
I	: Akım (A)
T	: Sıcaklık (°C)
G	: Yoğunluk (kg/m ³)
erf	: Hata fonksiyonu

KISALTMALAR

PE	: Polietilen
PP	: Polipropilen
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
MDPE	: Orta Yoğunluklu Polietilen
LDPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
GRP	: Cam takviyeli polyester
MRS	: Minimum mukavemet değeri
AÇB	: Asbest Çimeto Boru
Süsp	: Süspansiyon doygun çözeltide hazırlanmış
doy.çöz	: Doygun sulu çözelti
ts.s	: Teknik saflıkta sıva
ts.g	: Teknik saflıkta gaz
D	: Dayanıklılık
SD	: Sınırlı dayanıklı
Dz	: Dayanıksız
MFI	: Eriyik akış indeks
MFR	: Erik akış hızı

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>	
Şekil II.2.1.1	Polietilen Polimerizasyonu	8
Şekil II.2.1	İki monomerden meydana gelen kopolimerin değişik düzenlemeleri	9
Şekil II.5.1	Boru üretimi esnasında boru etinde meydana gelen gerilme	24
Şekil II.6.1	Kaynaklı numune çekme deneyi	26
Şekil II.6.2	Kaynaksız numune çekme işlemi	26
Şekil II.6.3	Kanal dışında birleştirme	27
Şekil II.6.4	Kanal dışında birleştirme	27
Şekil II.6.5	Boruların aşınma eğrisi	29
Şekil II.6.6	Deniz Deşarjı uygulaması	29
Şekil II.6.7	Radüslerin gösterilmesi	31
Şekil II.6.8	Radüslerin gösterilmesi	31
Şekil II.6.9	Çevresel gerileme – zaman eğrisi	32
Şekil II.6.10	Elastik modülün zamanla değişimi	32
Şekil II.6.11	Ağırlık karşılaştırılması	33
Şekil II.8.1.2.1	Flanşlı birleştirme şematik gösterilişi	39
Şekil II.8.1.3.1	İtme soket birleştirme şematik gösterilişi	40
Şekil II.8.2.1.1	Alın kaynak prosedürünün gösterilmesi	43
Şekil II.8.2.1.2	Alın kaynağı metodu şematik gösterilişi	44
Şekil II.8.2.2.1	Elektrofüzyon kaynağı şematik gösterilişi	48
Şekil II.8.2.3.1	Ekstrüzyon kaynağı boru kesiti	50
Şekil III.1.1	Alın kaynağı ısı dağılımı	53
Şekil III.1.2	Sıcaklığın değişimi	56
Şekil III.1.3	Isı akısının zamana göre değişimi	56
Şekil III.2.2	Boru Kesiti	57
Şekil III.2.1	Deneyde kullanılan tel geometrisi	57
Şekil III.2.3	Akımın sıcaklığa göre değişimi	60
Şekil III.3.2.1	Malzeme çekme deneyi	64
Şekil III.3.2.2	Malzeme çekme deneyi	65
Şekil III.3.2.3	Malzeme çekme deneyi	66

TABLO LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Tablo II.1.1 Termoplastik - Termoset malzemeler	3
Tablo II.1.2 Dizayn gerilim tablosu	4
Tablo II.3.1 Polietilenin çevresel gerilme değerine sınıflandırılması	14
Tablo II.4.1 Sıcak su boruları için PP-r polimerinin tipik fiziksel özellikleri	18
Tablo II.6.1 Boru etindeki aşınma yorulması	28
Tablo II.6.2 İçme suyu hatlarındaki hasar oranları	30
Tablo II.6.3 Gaz dağıtım borularındaki hasar oranları	30
Tablo II.6.4 Kimyasallara dayanım tablosu	33
Tablo II.7.3.1 MFR basınç ilişkisi	37
Tablo III.1.1 Yüzeydeki Isı akısının zamana göre değişimi	56
Tablo III.2.1 Boru çaplarına göre tel boyu ve gerilim ilişkisi	58
Tablo III.2.2 Akımın sıcaklığa göre değişimi	59

BÖLÜM I

GİRİŞ VE AMAÇ

I.1 GİRİŞ

Uzun yıllardan beri temiz ve atıksuların taşınmasında kullanılan borular çelik,dökmedemir,beton,plastik (PE,PP,PVC) cinsi malzemelerden imal edilmektedir. Ancak, son yıllarda dünyada kamunun ve endüstrinin içme suyu tedarikinde ve atık suların naklinde, polietilen ve polipropilen boruların kullanılması tedrici olarak artmaktadır. Bunun en önemli sebeplerinden birisi, Ülkemizin deprem kuşağında yer alması ve heyalan bölgelerinin çok oluşu nedeniyle bu tip boruların ani yer hareketlerine uyumlu olması ve bu tip borularda kırılma, muf bölgelerinden çıkma gibi sorunların yaşanmamasıdır.

Plastiğin özellikle boru olarak kullanılması hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu özellikle içme ve atık sularının bina içi ve dışı kullanımları için doğrudur. Tüm endüstriyel ülkelerde de aynı eğilimler görülmektedir.

Polietilen ve Polipropilenden mamul boruların katodik korumayı gerektirmemesi ve bu boruların yük altında önemli miktarda kopmadan şekil değiştirmeleri özelliği,bu boruların kullanımını diğer borulara nazaran ön plana çıkarmaktadır.

Bu çalışmamızda polietilen ve polipropilenin tarifleri yapılarak,bunlardan mamul boruların birleştirme yöntemleri verilerek,sıcaklık altında yapılan birleştirmelerin ön gördüğü standartlar ve bu standartlardaki şartları sağlayacak ısı transferi analizleri yapılacaktır.

I.2. AMAÇ

Polietilen borular yük altında önemli miktarda kopmadan şekil değiştirebilmektedir. Bu yüzden Dünyadaki artışa paralel olarak Ülkemizdeki kullanımı da hızla artmaktadır.

Polietilen ve polipropilen boruların mekanik olmayan birleştirmelerinde boru yüzeyleri ısıtılarak belli bir sıcaklık dağılımı oluşturulmakta ve birleştirme gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmamızda birleştirme için gerekli sıcaklık ve basınç dağılımlarının belirlenmesi ve yapılan birleştirme bölgesinin dayanımı ile borunun diğer bölgelerinin dayanımını eşit hale getirmektir. Böylece boru hatlarındaki arızaların önlenmesi amaçlanmıştır.



BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

II.1 İÇME VE ATIK SU BORULARINDAKİ EN YAYGIN PLASTİKLER

Termoplastik polietilen ve UPVC (Plastikleştirilmemiş Polivinil Klorür) boru sistemlerinde en çok kullanılanlarıdır. Üçüncü plastik malzemesi ise cam takviyeli polyester olan termoset borulardır. Değişik üretim metodları, takviyelendirilmiş ipliklerin çeşitlendirilmesinde, reçine ve dolgu malzemesi için mümkündür. Hepsi termoplastik olan Polipropilen, Polibütlen, Acrilik Bütaden Stiren (ABS) vs. üretimi aynı metod ile yapılır.

Tablo II.1.1. (Janson,1995) Termoplastik - Termoset malzemeler

Polietilen	PE
Plastikleştirilmemiş Polivinil Klorür	PVC
Cam Takviyeli Polyester	GRP
Düşük Yoğunluklu Polietilen	LDPE
Orta Yoğunluk Polietilen	MDP
Yüksek Yoğunluk Polietilen	HDPE
Polipropilen	PP
Polietilen Çapraz Bağlı	PEX veya XLPE

Son yıllarda mukavemet özellikleri HDPE gibi hatta daha mukavim ve yüksek sıcaklıklar için, daha yüksek esnekliğe sahip birkaç değişik tipte MDPE üretilmiştir. Halihazırda ısıtma sistemlerindeki sıcak su hatlarında kullanılmakta olan PP borularla birçok konuda rekabet edebilirler. PEX borular, PP ve PB gibi yüksek sıcaklık mukavemeti gösterdiğinden döşmeden ısıtma sistemlerinde de kullanılabilir. Moleküllerin kroslink hale getirilmesi için birkaç yöntem geliştirilmiştir.

Mevcut amaç uzun dönem mukavemetinin artırılması, sıcaklığa mukavemetinin artırılması ve işlenebilirliğinin geliştirilmesidir. Plastiklerin akış özellikleri kalıplama yöntemiyle fitting üretimi için özellikle geliştirilmiştir. Boru uygulamalarında istenilen, mukavemetinde herhangi bir azalma meydana gelmeden esnekliğinin artmasıdır. En son geliştirilen; LDPE kadar esnek olan, mukavemeti HDPE'den çok az düşük olan LLDPE (lineer düşük yoğunluklu polietilen)'dir. Diğer son bir gelişme ise mukavemet özellikleri önemli derecede, mevcut HDPE'den yüksek olan yeni cins HDPE'dir. Bu yeni cins PE 100 olarak adlandırılmaktadır, ve klasik polietilenlerle karşılaştırıldığında takribi olarak %35 et kalınlığında malzeme tasarrufu sağlar ve özellikle basınçlı su hatlarında (PN10) kullanılır.

Tablo II.1.2. (Janson,1995) Dizayn gerilim tablosu

Plastik Tipi	Kısalt.	İlk Üretim	Yoğuluk (Kg/m ³)	Dizayn Çev Gerilim (+20) MPa	Boru Çapı Ø (mm)
Polivinil Klorür	PCV-U	1935	1400	10.0-14.0	40-630
Polietilen	LDPE	1945	930-940	2.5-3.2	16-160
Polietilen	HDPE	1955	950-965	5.0-6.3	25- 1600
Polipropilen	PP	1955	910-925	5.0*	25-1200
Polibütan	PB	1955	920	5.0*	25-160
Polyester	GRP	1955	1700	100	200-2400
Polietilen	PEX	1968	930-965	5.0*	25-160
Polietilen	MDPE	1971	940-950	5.0-6.3	25-1600
Polietilen	LLDPE	1986	935-940	5.0	16-160
Polietilen	HDPE100	1990	950-965	8.0	2.5-1600

(*)+20 °C 'den yüksek sıcaklıklarda verilen gerilme değeri kabul edilebilir. (PE için verilen yoğunluk değeri Karbon Siyahı ilave edilmiş bileşik değerini göstermektedir.)

LDPE küçük çaplı borular için (genellikle Ø100 mm 'nin altında) bilinen en iyi malzemedir. Galvanizlenmiş çeliğe göre göz önüne alınacak derecede ucuzdur. LDPE'ler uzun metrajlı kangallar halinde yaygın olarak kullanılır. Kullanılması ve döşenmesi çok basittir. Kentin her bölgesi için, yoğun veya seyrek, plastik ve metal aksamlarla rahatlıkla birleştirilebilen en popüler borudur, LLDPE gelişmesi ile birlikte nihayetinde LDPE'nin yerini alacaktır.

HDPE ve MDPE , mevcut çap aralığı olarak Ø40-1 600 mm olmak üzere, esas olarak büyük çaplı borularda kullanılmaktadır. Bu tip borular özellikle çok uzun metrajlarda hatta mobil boru ekstrüderleri ile döşeme sahasında istenildiği kadar üretilir. Bu borular özel fittingler yardımıyla veya alın kaynağı yöntemi ile birleştirilir. Genellikle büyük çaplı HDPE ve MDPE borular isale , hatta denizaltında, ve endüstriyel atıkların nakillerinde kullanılır. Küçük çap HDPE ise su dağıtım şebekesinde bina bağlantılarında kullanılır. Son 15 yıl içerisinde MDPE özel bir uygulama olarak düşük basınçlı doğal gaz hatlarında kullanılmaktadır. PEX ise esas olarak döşemeden ısıtmada, bölgesel ısıtmada ve bina içi dağıtım hatlarında sıcak su için kullanılmaktadır. PP ise iyi ısı direncine sahip olmakla tanımlanır. 1955 yılından beri özellikle endüstriyel sıcak su atıklarının nakillerinde kullanılmaktadır. Günümüzde bina içi ısıtma borularında ve döşeme altı ısıtma borusu olarak kullanımı artmıştır. Bu boru aynı zamanda bina içi ve dışı toprak altına gömülen atık su borusunda olduğu kadar normal sıcaklıktaki içme suyu hatlarında da kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan boyutları sıcak su için Ø10- 63 mm ve atık sular için ise Ø400 mm'dir. Endüstriyel atıklar için ise Ø1000 mm'ye kadar üretim yapılabilmektedir, bu çaplı borunun kullanım ömrü takribi olarak 20 yıldır.

PVC bina içi su tesisatlarında Ø40 mm'den Ø400 mm'ye kadar kullanılmaktadır. Toprak altı atık sular için ise 1960'lardan beri beton boruya alternatif olarak kullanılmaktadır. Kolay birleştirme yöntemleri, düşük fiyatı, mukavemeti, PVC'nin boru pazarında muazzam bir pazar payına sahip olmasına katkıda bulunmaktadır. 70'li yılların sonlarından itibaren, HDPE ve PVC drenaj borusu olarak yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Oluklu (corrugated) boruların üretim metodları ile bu hammaddeler için, toprak altına gömüldükleri zaman , boru

deformasyonuna karşı dirençleri geliştirilmiştir. Boru ring stiff'liğini (Halka sıklığı- çevresel şekil değiştirmeye karşı mukavemet) arttıran metodların geliştirilmesi ile, iç yüzeydeki pürüzsüzlüğü muhafaza ederken, lightweight (LWP) boruları olarak adlandırılan borular piyasada görülmeye başlanmıştır.

GRP boruları ise başlıca korozyon endüstriyel ve sıcak atıklarda ve aynı zamanda büyük çaplı ana su hatlarında kullanılır.

II.2. PLASTİKLERİN YAPISI

II.2.1. Monomerler

Plastikler , monomer denilen kimyasal ünitelerden meydana gelen , yüksek molekül ağırlığına ve zincir şeklinde bir yapıya sahip sentetik malzemelerdir. Bir monomer, polimerizasyon neticesinde başka monomer molekülleri ile birleşerek, tekrarlanan ünitelerden oluşan, çok uzun bir zincir şeklinde bir makro molekül meydana getirmektedir. Böylece çeşitli monomerler veya monomer kombinasyonu kullanılarak çeşitli tipte plastikler elde edilmektedir.

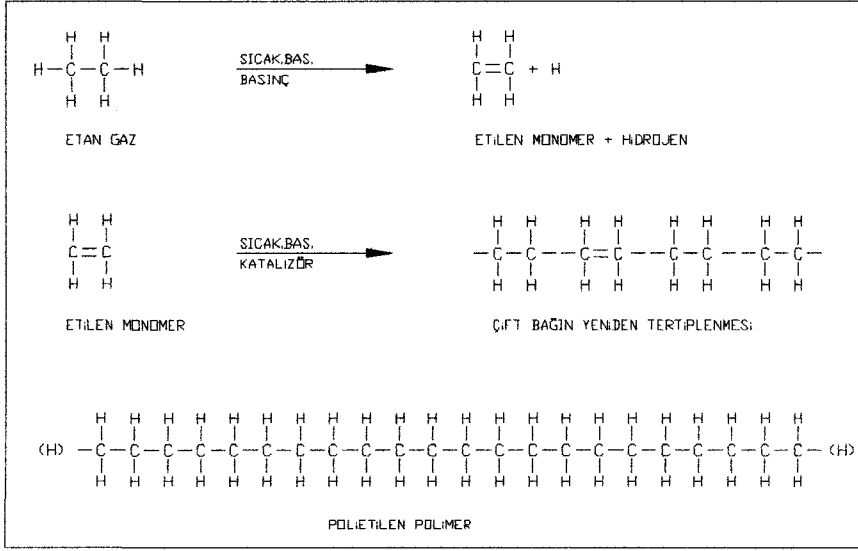
Kimyasal bakımından plastikler, herhangi bir polimer gibi başka elementlerin atomları ile bağlanmış karbon atomlarından meydana gelmektedir. Plastikleri imal etmek için bilinen 100'den fazla elementlerden sadece 8'i kullanılmaktadır. Bunlar karbon, hidrojen, azot, oksijen, flor, silisyum, kükürt ve klor'dur. Bu elementlerin çeşitli yöntemlere göre birleşmesi makromolekül adını taşıyan çok büyük ve kompleks moleküller meydana getirmektedir. Burada şu hususu hatırlatmakta fayda vardır. Her atomun başka atomlarla bağlanarak bir molekül meydana getirmesi için belirli bir bağ kapasitesi (bağ enerjisi) vardır. Ayrıca stabil bir molekül meydana getirmek için her atomun enerji bağlarının doymuş olması gerekmektedir.

İlke olarak bir plastik malzemenin elde edilmesini açıklamak için , doğal gazın ana formülü ve bileşeni olan Metan'ı (CH_4) ele alalım. Burada karbonun tüm enerji bağlarının doymuş olması nedeniyle molekül stabil bir bileşiktir. Molekülün molekül ağırlığı , bileşen atomlarının atomik ağırlıklarının toplamıdır; yani $12(C) + 4*1(H) = 16$ dır. Bu moleküle zincir şeklinde daha çok karbon atomları ilave edilirse daha ağır bir molekül elde edilir; mesela Metana bir karbon ve iki hidrojen ilave edilirse , bundan

daha ağır ve molekül ağırlığı 30 olan Etan gazı (C_2H_4) elde edilir. Molekül ağırlığı arttıkça molekül gaz niteliğini kaybeder ve sıvı halini alır: mesela molekül ağırlığı 72 olan Pentan (C_5H_{12}) oda sıcaklığında sıvı haldedir. Moleküle CH_2 grubunun ilavesi devam edilirse daha ağır moleküller elde edilir. Molekül belirli bir ağırlıkta sıvı niteliğini kaybederek katı halini alır; mesela molekül ağırlığı 254 olan Parafin ($C_{18}H_{38}$), katıdır. $C_{100}H_{202}$ 'de plastik malzeme olarak, pratikte kullanılabilme tokluğuna erişir. Bu malzeme, en basit termoplastik olan alçak molekül ağırlıklı polietilendir. CH_2 grubunun ilave işlemine devam edilmesiyle malzeme daha tok ve mukavim olur. Enyüksek tokluğa sahip polietilen 500 000 CH_2 grubuna sahiptir ve buna çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen denilmektedir. Bu iki çeşidin arasında 1000 ile 5 000 karbon ihtiva eden orta molekül ağırlıklı ve 5 000 ile 50 000 karbon ihtiva eden yüksek molekül ağırlıklı polietilen de vardır.

CH_2 grubu kararlı bir bileşik değildir, dolayısıyla bunlar yukarıda ifade edildiği gibi kolay bir şekilde ilave edilemezler. Bu nedenle pratikte bu grupların yerine monomer denilen kimyasal bileşikler kullanılır. Bir monomerin elde edişi şu şekilde açıklanabilir. Mesela kimyasal formülü (CH_3-CH_3) olan Etan molekülü ele alınsın. Bu molekül sıcaklığın ve basıncın etkisi altında iki hidrojenini kaybeder ve elektronların yeniden tertiplenmesi ile karbon atomları arasında çift bağ ($CH_2=CH_2$) oluşur. Bu şekilde karbon atomunun dört bağı doymuş olur ve Etilen Monomeri denilen stabil bir ünite elde edilir.

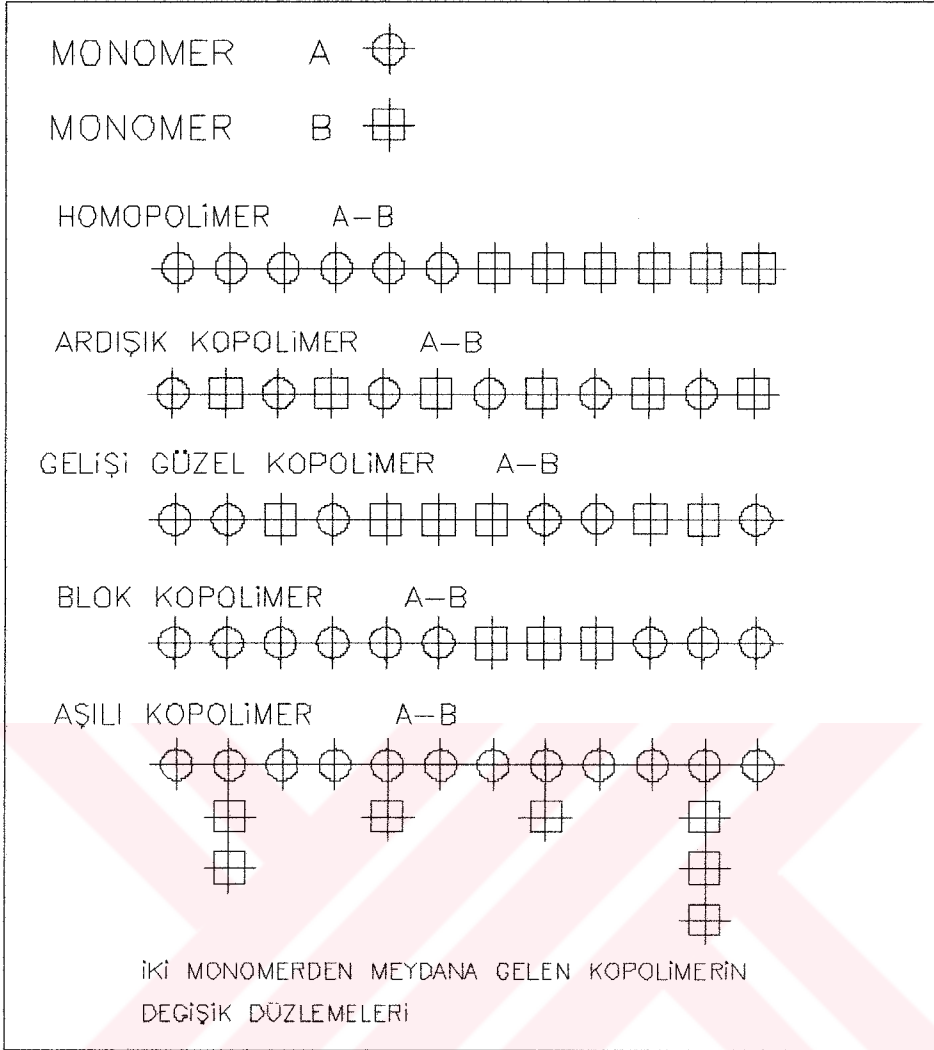
Monomerlerden polimerizasyon yöntemi ile plastikler elde edilir. Bu amaçla reaktöre konulan binlerce monomer, sıcaklığın ve basıncın etkisi altında tutulur. Belirli katalizörlerin de mevcut olduğu bu ortamda, monomerleri oluşturan karbon çift bağları yeniden düzenlenir ve karbon atomlarının her iki tarafında serbest bağ oluşmakla beraber, karbon atomlarının arasındaki çift bağ tek bağa dönüşür. Serbest bağlar başka monomerlerin serbest bağları ile bağlanır ve zincir şeklinde kararlı bir bileşik meydana gelir. Monomerlerin devamlı olarak bağlanması ile zincir gittikçe büyür ve reaksiyon, zincirin serbest uçlarına bağlanan başıboş hidrojenlere rastlayıncaya kadar devam eder. Bu anda reaksiyon durur ve zincir tamamlanmış olur. Bu esasen tek bir moleküldür. Bu şekilde monomerlerden polimerizasyon yolu ile elde edilen malzemelere polimer deniler. Polimer zincirini oluşturan monomer sayısı büyük önem taşımaktadır. Polimerizasyon derecesi olarak bilinen bu sayı $DP = n$ ile ifade edilirse, polimerin kimyasal formülü, mesela Etilen Monomerinden ($CH_2 = CH_2$) elde



Şekil II.2.1.1. (Akyüz,1999) Polietilen Polimerizasyonu

Polimerizasyon sırasında birbirinden bağımsız olan milyonlarca polimer zinciri mevcut monomerler bitinceye kadar aynı anda uzunluğu doğrultusunda büyür. Belirli miktarda hidrojen veya zincir durduran elementler ilave edilerek , az çok uzunlukları yaklaşık olarak eşit olan zincirler elde edilebilir. Zincirin uzunluğu , plastik malzemenin özelliklerini ve teknolojisini önemli şekilde etkiler zincirin uzunluğunun büyümesiyle plastiğin tokluğu, sürünme mukavemeti, ergime sıcaklığı , ergime viskozitesi büyür ancak teknolojisi daha zor olur. Plastiği oluşturan tüm zincirler aynı uzunlukta imal edilemez, aralarında belirli farklar mevcuttur. Bu bakımdan bir polimeri oluşturan zincirlerin uzunluğu belirli bir istatistik dağılım göstermektedir. Dolayısı ile polimerin molekül ağırlığı yukarıdaki formüle göre esasen tüm zincirlerin ortalama ağırlığıdır. Ancak aynı ortalama molekül ağırlığında zincirlerin uzunluk farklarına bağlı olarak daha dar veya daha geniş bir istatistik dağılım karşı gelebilir. Bu bakımdan dağılımın genişliği de önem taşımaktadır. Dar bir dağılım çok daha düzgün özellikler verir, ancak geniş bir dağılıma sahip olan polimerlerin teknolojisi daha kolaydır.

İki farklı monomerin polimerizasyonu ile elde edilen polimere kopolimer denilir.



Şekil II.2.1.2. (Akyüz,1999) İki monomerden meydana gelen kopolimerin değişik düzenlemeleri

A ve B monomerlerden meydana gelen bir kopolimer ele alınırsa bu malzemenin özelliği : A monomerinin B monomerine göre yüzdesine , A ve B monomerlerinin özelliklerine ve zincir içinde monomerlerin konumuna bağlıdır. Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi monomerlerin konumu ardışık (alternatif) gelişigüzel , blok (düzenli) ve graft (aşılı) şeklinde olabilir. Blok kopolimerde , oldukça uzun bir bölgede aynı monomerler bulunur; 'graft' kopolimerler ise A monomer zincirine B monomer dalları ilave edilerek elde edilir.

II.3. POLİETİLEN

Günümüzde plastikler içinde en fazla üretilen polietilen, toplam plastiklerin % 40'ı kadar bir tüketim oranına sahiptir. Alçak, orta, yüksek ve çok yüksek yoğunluk türlerinde üretilen polietilenin yaygın olanları alçak ve yüksek olanlarıdır.

Petrol kaynaklı etilenden elde edilen ürün, ilk defa ICI-İngiltere laboratuvarlarında sentez edilmiş, 1936'da da Fawcett tarafından tanımlanmıştır.

Birçok proseslere uygun düşen polietilen granül, film, levha, profil vs. şekillerde piyasaya sürülen, yurdumuzda da üretilen bir plastiktir.

Polietilen, etilenin polimerizasyonu neticesinde elde edilen (C_2H_4) formülüyle gösterilen bir polimerdir. Üretilen polietilenin molekül ağırlığı birkaçbinden başlayarak milyonları aşar. İstenilen molekül ağırlığında elde edilebilen polietilenin sertlik ve kristallik gibi özellikleri molekül ağırlığına bağlı olarak değişmektedir. Polietilenin üretim metoduna göre sınıflandırılır.

1. Yüksek basınç polietileni-alçak yoğunluk polietileni

(0.930-0.940 gr/cm³)

2. Orta basınç polietileni-orta yoğunluk polietileni

(0.940-0.950 gr/cm³)

3. Alçak basınç polietileni- yüksek yoğunluk polietileni

(0.950-0.965 gr/cm³)

Polietilenin özelliklerini etkileyen faktörler sırasıyla şunlardır:

1. Dallanma

2. Kristallenme

3. Çapraz bağların oluşması

4. Molekül ağırlığı ve akış indisi

Polietilen yapısını oluşturan zincirler lineer bir şekilde dizilmişlerdir. Dizideki düzgünlük kristal yapıyı, düzensizlik ise amorf polietileni verir. Alçak yoğunluklu polietilen gibi yüksek sayıda dallanma halinde, polimerin sertliği ve katılığı iyi olmasına rağmen kristallenmesi ve yoğunluğu düşüktür. Çok az dallanma gösteren yüksek yoğunluk lineer polimeri ise maksimum derecede kristallenme, yoğunluk, katılık ve sertlik gösterir.

Kristal yapıdaki moleküller arası kuvvet fazladır, bu yüzden kristal polietileni sert ve mukavimdir. Polietilende hem kristal yapı hem de amorf yapı mevcuttur. 150 °C'ye kadar kristal yapı devam eder ve bu sıcaklıktan sonra amorf yapıdaki polimer meydana gelir.

Polietilenin en önemli üç özelliği özet olarak şöyle sıralanabilir.

1. Yoğunluk
2. Erime akış indisi
3. Molekül ağırlığı dağılımı

Genellikle yoğunluk artarsa:

- a) Lineerlik artar
- b) Sertlik artar
- c) Çekme gerilimi artar
- d) Yumuşama sıcaklığı artar
- e) Kırılgenlik artar

Erime akış indisi artarsa, yumuşama sıcaklığı azalır ve sertlik azalır. Erime akış indisi molekül ağırlığının bir göstergesidir. Erime indisi ortalama molekül ağırlığı ile ters orantılıdır. Yüksek erime akış indisi olan polietilenin molekül ağırlığı düşüktür. Yüksek molekül ağırlığı olan polietilen sert , çatlamaya ve kimyasal maddelere karşı dirençlidir, fakat işlenmesi zordur.

Kural olarak yoğunluk (yani kristalinite) sadece erime noktası, yüzey sertliği, geçirgenlik ve su absorpsiyonu için kesin sonuç verirken Eriyik akış hızı ve yoğunluk, malzeme için mukavemet özelliklerini kesin olarak belirleyicidir. LDPE için normal yoğunluk değeri 930 kg/m³ ve MFR₂ için 0.8 g/10 dak.'dır. MDPE'e karşılık gelen yoğunluk 945 kg/m³ ve MFR₅ için 0.7 g/10dak. veya MFR₂=0.2 g/10dak.'dır. HDPE ise günümüzde yaygın olarak 955 kg/m³ ve uzun dönem malzeme mukavemetini sağlayan MFR₅ =0.5 g/10dak.'dır. (karbon siyahının karışımından dolayı yoğunluk takribi olarak 10 kg/m³ artar.)

Polietilen ağırlık olarak; ortalama molekül ağırlığının, sayısal olarak ortalama molekül ağırlığına oranı, molekül ağırlığı dağılımı olarak tanımlanır. Bu oran 3:1-18:1 arasında değişir. Bu oran arttıkça gerilme direnci azalır, çarpma direnci ve sertlik azalır.

Polietilen viskoelastik bir malzeme olduğundan, gerilim altındaki kuvveti ve bozunumu, tatbik edilen yükün tatbik süresine bağlıdır. Polietilen belli yükler altında

ne kadar kullanılabilirliğinin bilinmesi gerekir. Polietilen kopmaya karşı direnç gösteren sert ve kuvvetli bir polimerdir. Yüksek erime akış indisi ve yüksek yoğunluk polimerinde çarpma direnci düşüktür.

Polietilen dış etkenlere, çevresel etkenlere maruz bırakılıp, çeşitli maddelerle temas ettiğinde deformasyona uğrayarak çatlar. Bu tür çatlamaya çevresel gerilim çatlaması denir. Çevresel etkenlerle çatlamayı önlemek ve polietilene direnç sağlamak amacıyla, polietilene %5-10 arasında bütül veya poliizobütül kauçuğu katılır. Polietileni etkileyen çevresel etkenler arasında, polar organik maddeler, yüzey aktif maddeler ve silikon bileşikler yer alır.

Alçak yoğunluk polietileninde kristal yapı %65, yüksek yoğunluk polietilende ise %90 civarındadır. Polietilenin üretimi esnasında oluşan çapraz bağlar polietilene gevreklik ve kırılabilirlik verirler. Dallanma, kristallenme ve çapraz bağlanma polietilenin yoğunluğunu etkiler.

Yüksek yoğunluk polietileni su, hava ve vakum gibi aktif olmayan çevrelerle temasta iken, baskı altında tutulursa çatlamalar görülür. Erime akış indisi aynı olan polimerlerde çatlama sıcaklık ve yoğunluk artışı ile artar. Sabit yoğunlukta termal gerilim çatlaması erime akış indisi ile artar. Polietilenin elektriki özellikleri genellikle çok iyidir ve elektriki kayıpları azdır. İletkenliğin az oluşu, dielektrik direncinin yüksek oluşu polietilenin izolasyon işlerinde başarı ile kullanılmasını sağlar. Polietilenin güç faktörü sıcaklıkla çok az değişir. Polietilenin elektriki özellikleri antioksidant katkısıyla devamlı kılınır.

Polietilen kalın parçalar halinde iken opaktır. Film haline getirildiği zaman şeffaf ve berrak hal alır. Bu durumda pusluluk problem teşkil etmektedir. Pusluluk, yansıyan ışık altında polietilenin dumanlı görünüşü olarak tarif edilir. Filmde pusluluk ekstrüderin ağzından meydana gelen eriyik-akış yüzünden ortaya çıkar. Ekstrüzyonda meydana gelen bir hata yüzünden filmde oluşan küçük zerrecikler, ışığın yayılmasına neticede pusluluğun olmasına yol açar. Pusluluk yüzde olarak ifade edilir ve polietilen için %2-20 arasında değişir.

Polietilen kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Çözücüler, organik ve inorganik asitler, alkaliler polietileni etkilemez. Polietilen oda sıcaklığında tüm çözücülerde çözünmez, ancak yumuşayabilir ve çözücülerini absorblayabilir. 70°C'nin üzerinde ksilen, toluen, amil asetat, trikloroetilen, parafin ve terepeptin gibi çözücülerde

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI
EKONOMİK VE TEKNOLOJİ ARAŞTIRMALARI BAKANLIĞI
KİMYA ENSTİTÜSÜ
MÜHÜR

çözülür. Polietilenin direnci suya karşı çok fazladır. Ayrıca su buharı geçirgenliği de küçüktür. Yoğunluk arttıkça bu geçirgenlik azalır.

Genellikle malzemede yüksek mukavemet gereklidir ki bunun manası da yüksek yoğunluk ve yüksek kristalinitedir. Yine de hammaddenin moleküler ağırlığının artması, boru üretimi esnasında yüksek eriyik viskozitesi ile karşılaşılmasına yol açar. Bu ise işlem esnasında yüksek sıcaklık ve basınç gerektirir, böylece ekstrüzyon tekniği özellikle et kalınlığının yüksek olduğu büyük çaplı borularda ve enjeksiyon kalıp fittinglerinde daha güç ve karışık hal alır.

Genel bir kural olarak yüksek moleküler ağırlığındaki polimerden boru üretilmesi düşük olana göre çok daha zordur. Sonuç olarak istenilen malzemenin mukavemetinin artarken moleküler ağırlığının artmamasıdır. MDPE, MFR5'te 0.7 g/10dak veya daha fazla iken yüksek uzun dönem mukavemete sahip materyal olarak güzel bir örnektir. Diğer benzer gelişmiş bir malzeme de basınçlı boru hatlarında PE100 olarak kullanılmaktadır. MDPE işlenebilirliğini kolaylaştırmak için akış özellikleri geliştirilmiş bir materyal olarak enjeksiyon kalıplamada kullanılır.

Son yıllarda polietilen üreticileri tarafından genişletilmiş geliştirme çalışmaları üstlenilmiştir ki bunların neticesinde birinci nesil diye tabir edilen ürünlere göre çok uzun süreli mukavemetlere ve sıcaklık dayanımlarına sahip ürünler meydana çıkarılmıştır. Önceki DIN standartları onları Tip 1 olarak sınıflandırmaktadır. 1970'lerin sonlarında yeni Tip 2 olarak üretilen geliştirilmiş HDPE 'in sınıflandırıldığı DIN normu çıkarıldı. Tipik olarak bu borular da ikinci nesil olarak adlandırıldı ve standartta 80°C de testleri yapılan yüksek sıcaklık mukavemeti olan borulardır. 1987 yılında DIN standardındaki Tip 1 ve 2 kavramları iptal edilip yerine bir standart çıkartılarak LDPE, MDPE ve HDPE tanımlamaları konulmuştur.

Yeni sınıflandırma, boruların +20°C'de 50 yıl ömrü olmasını sağlayacak, istenilen minimum mukavemet (minimum required strength MRS) değerine dayanmaktadır. Bu esasa göre sınıflandırma tablosu aşağıda verildiği gibidir.

Tablo II.3.1. (Janson,1995) Polietilenin çevresel gerilme değerine sınıflandırılması

MRS (MPa)	Sınıflandırma Numarası	Dizayn	σ_D (su C= 1.25) (MPa)
3.2	32	PE 32	2.5
4.0	40	PE 40	3.2
6.3	63	PE 63	5.0
8.0	80	PE 80	6.3
10.0	100	PE 100	8.0

MRS= istenilen minimum mukavemet C'ye bölüdüğünde bize dizayn gerilmesini verir.

$$\sigma_D = \text{MRS} / C$$

Alçak yoğunluklu polietilen iyi tokluk ve esneklik, düşük sıcaklıklarda darbe mukavemeti ve film şeklinde berraklık gibi özelliklere sahiptir, ancak sıcaklığa karşı mukavemeti oldukça düşüktür. Oda sıcaklığında iyi kimyasal mukavemeti sıcaklığın artması ile azalır. Bu malzemenin bir çeşidi de lineer alçak yoğunluklu polietilendir. Bilhassa film şeklinde kullanılan bu polietilen darbeye, yırtılmaya, sıcaklığa ve çevre koşullarına dayanıklıdır. Orta yoğunluklu polietilen de benzer özelliklere sahiptir. Yüksek yoğunluklu polietilen çok daha büyük rijidliğe ve çekme mukavemetine sahiptir. Darbe mukavemeti biraz daha düşüktür ancak düşük sıcaklıklardaki değeri birçok termoplastikle mukayese edilirse oldukça iyidir. Pratikte çeşitli istekleri karşılamak için molekül ağırlık dağılımı geniş, orta ve dar olan çeşitleri üretilir. Ayrıca iyi tokluğu ve dayanıklı olan yüksek molekül ağırlıklı çeşidi vardır. Çok yüksek molekül ağırlıklı polietilenin molekül ağırlığı ASTM D4020'ye göre 3100000 ve daha yüksektir; önceleri molekül ağırlığı 2000000 veya bunun üstünde olan polietilen bu gruba dahil edilirdi. Malzeme çok iyi darbe, aşınma ve kimyasal mukavemete ve düşük sürtünme katsayısına sahiptir. Çalışma sıcaklığı yaklaşık 93°C 'ye kadardır. Yüksek ergime viskozitesinden dolayı işlenmesi oldukça zordur; bu amaçla daha çok basınçlı kalıplama, ram ekstrüzyon ve sıcak dövme kullanılır.

En çok kullanılan termoplastik olan polietilen çok değişik özellikleri olan ve kolay işlenebilen reçinelerdir. Polietilenin özellikleri katkı maddeleriyle değiştirilebilir. Bu değişme ile polietilenin kullanıldığı yerler daha da artırılmış olur. Polietilen film olarak

ambalaj sanayiinde, çeşitli malzemelerin saklanması, kırılmaması, su almaması ve korunması maksadıyla kullanılır.

Kroslink polietilen (PEX) HDPE esaslı bir malzemedir. Kroslink prosesinde moleküller birbirine güçlü kimyasal bağlar ile bağlanır. Kimyasal ve fiziksel kroslink yöntemleri kullanılmaktadır. Kimyasal metotta ajan olarak Peroksit, AZO bileşik veya Silan kullanılırken fiziksel yöntem de Elektron veya Gama ışını kullanılır.

II.3.1. Polietilenin kullanıldığı yerler

Polietilenin özellikleri katkı maddeleriyle değiştirilebilir. Bu değişme ile polietilenin kullanıldığı yerler daha da arttırılmış olur.

En çok kullanılan termoplastik olan polietilen çok değişik özellikleri olan ve kolay işlenebilen reçinelerdir. Polietilenler yoğunluklarına göre alçak, orta ve yüksek olmak üzere üç gruba ayrılır. Bunlara çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen denilen bir dördüncü bir ilave edilebilir. Çok yüksek molekül ağırlıklı polietilenin yoğunluğu orta ile yüksek yoğunluk arasındadır. Ayrıca kimyasal işlemle elde edilen ve termoset olan çapraz bağlı polietilen çeşidi de vardır.

Alçak yoğunluklu polietilen iyi tokluk ve esneklik, düşük sıcaklıklarda darbe mukavemetine ve film şekline berraklık gibi özelliklere sahiptir, ancak sıcaklığa karşı mukavemeti oldukça düşüktür. Oda sıcaklığından iyi kimyasal mukavemeti sıcaklığın artması ile azalır. Bu malzemenin bir çeşidi de lineer alçak yoğunluklu polietilendir. Bilhassa film şeklinde kullanılan bu polietilen darbeye, yırtılmaya, sıcaklığa ve çevre koşullarına dayanıklıdır. Orta yoğunluklu polietilen de benzer özelliklere sahiptir. Yüksek yoğunluklu polietilen çok daha büyük rijidliğe ve çekme mukavemetine sahiptir.

Alçak yoğunluklu polietilen sanayide genellikle çanta imalatı, tekstil ürünleri imalatı, nemden koruyucu ürünlerde ve kablo yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadırlar.

Yüksek yoğunluklu polietilen ise şişe, kova, boru, oyuncak, çanta, başlık, ince film, kablo yalıtımı, davul yapımında kullanılmaktadır.

Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen rulman (mil yatağı), dişli çark ,kasket yapımında kullanılmaktadır.

Lineer alçak yoğunluklu polietilen gaz ve su boruları yapımı (Ø16' dan Ø160mm), film berraklığı önemli olmayan yerlerde kullanılmaktadır.

II.4. POLİPROPİLEN

Alçak yoğunluklu bir reçine olan polipropilen tabii olarak yarı saydam ve süt beyaz rengindedir. Ayrıca çok iyi boyanma kabiliyeti vardır. Genellikle malzemenin sınırlı ısısal, kimyasal ve elektriksel özellikleri ve orta derecede mukavemeti vardır; bu son özellik cam elyafı ile kuvvetlendirme ile iyileştirilebilir. Polipropilenden yapılan parçaların ömrü 120 °C'de 5 sene, 110 °C'de 10 senedir.

Polipropilen kalıplanabilen, ekstrüzyonla çekilebilen, elyaf ve film haline gelebilen yegane plastiktir. Polipropilen izotaktik ve ataktik olmak üzere iki grupta incelenebilir. İzotaktik polipropilen kristal yapıya sahip bir polimerdir. Ataktik olan ise amorfudur ve polimer yapısı gelişigüze'dir. Ayrıca moleküller arasında simetri yoktur.

Polipropilen propilenin polimerizasyonu ile elde edilir. Reaksiyon için özel katalistler kullanılır. İzotaktik polipropilen elde edilirken çok az miktarda ataktik polipropilen teşekkül eder. Bu tür polipropilenin sistemde bulunması izotaktik polipropilenin fiziksel özelliklerini etkiler. İzotaktik olmayan bu polimerin sistemden atılması, polipropilen üretiminin en önemli problemi'dir. Polimerizasyon ve saflaştırmadan sonra polipropilen tane olarak elde edilir.

Polipropilenin üstün özellikleri olmasına rağmen, bazı katkı maddeleriyle daha değişik ve üstün özellikler verilebilir. Polipropilenin düşük sıcaklıklarda çarpma direnci düşüktür. Poliizobütilen veya bütül kauçuğu gibi elastomerlerle bu özellik geliştirilebilir. Polipropilenin olefinik monomerlerle olan kopolimerizasyonu, polipropilene kauçukumsu bir özellik verir. Propilenin etilen ve bütlen-1 ile yaptığı kopolimer, düşük sıcaklık özelliklerini geliştirir. Böyle bir polimer sert, kristalimsi plastik yerine elastomer gibi hareket eder.

Polipropilenin blok kopolimerlerinin teşekkülü, reaktör sistemine katılan monomerlerin durumuna bağlıdır. Kopolimerlerin büyük bir kısmı kristallik ve yüksek sıcaklık özelliği sağlayan polipropilen, geri kalan kısım etilen ve/veya propilen-etilen elastomeridir. Blok kopolimer daha çok enjeksiyon kalıplamada kullanılır. Etilen-propilen kopolimerinin kristal yapısı düşüktür.

Polipropilenin özellikleri molekül ağırlığına bağlı olarak değişir. Molekül ağırlığı yüksek olan polimer yumuşaktır, düşük olan polimer ise sert ve kırılmandır.

Molekül ağırlığı ve moleküllerin dağılımı ve akış ve reolojik özelliklerini etkiler. Yüksek molekül ağırlığı bulunan polimerin erime direnci yüksektir. Düşük molekül olan ise daha iyi akışkan ve reolojik özellikleri iyidir. Bu tür polipropilen ince elyaf ve ince cidarlı kalıplama işlerinde kullanılır.

Polipropilen halojenleri içeren, nitrik asit ve çok kuvvetli oksitleyici maddelerden başka kimyasal maddelerce etkilenmez. Oda sıcaklığında polipropileni çözebilecek hiçbir çözücü yoktur. Deterjanlar polimeri etkilemez.

Polipropilen borular PE'de olduğu gibi ekstrüzyon yöntemi ile üretilir. Özellikle pazarda PP'nin birkaç değişik molekül yapıları bulunmaktadır. En basit durumda moleküller zincirler bir birim molekülün tekrarlı birleşmesinden teşekkül eder. Bu polimer homopolimer olarak adlandırılır. Şayet farklı iki birim molekülün (A ve B) tekrarlı birleşmesinden teşekkül ise Kopolimer olarak adlandırılır. PP-h olarak gösterilen homopolimerde tekrarlanan birim A propilen monomeridir. PP-c işaretiyle gösterilen Kopolimerdeki birim B, etilen monomeridir. Moleküller zincir içerisinde tekrarlanan A ve B birimlerinin düzenlenmesine bağlı olarak Kopolimer değişir.

"AAAA..." (PP-h) Polipropilen homo polimer
"ABABAB..." (PP-c) Polipropilen copolimer
"AAAA... BBB... AAA..." (PP-b) Polipropilen blok copolimer
"AABABBAABBAAA..." (PP-r) Polipropilen random copolimer

Bu son diziliş A ve B birimlerinin rasgele dizilmesi ile teşekkül eder.

PP'nin sertliği şu sıra ile azalır. PP-h→PP-b→PP-r ve sonuç olarak darbe mukavemeti aynı zamanda artar. PP-h'tan PP-r'e gidildiğinde yüksek sıcaklıktaki (60°C) uzun dönem mukavemetinin arttığı bulunur. Daha fazla yaygın olarak atık sularında PP ve soğuk su borularında PP-b boruları kullanılır. PP-r tipi ise yakın zamandaki geliştirme neticesinde sıcak akışkana mukavemeti nedeniyle ısıtma sistemlerinde kullanılmaktadır. Bunlar tekrar işlenebilme özelliği yanında PEX'ten daha kolay ekstrüde edilebilmesi ve PB'den daha güvenli olması hasebiyle pazarda yarışabilmektedir. Dahası, PP boruları kaynak yapmak suretiyle birleştirilebilir ki bu olay PEX'te mümkün değildir.

Tablo II.4.1. Sıcak su boruları için PP-r polimerinin tipik fiziksel özellikleri (Daplen Firmasının Teknik Dökümanı)

ÖZELLİKLER	TEST METODLARI	SONUÇLAR
Yoğunluk	DIN 53479 göre test edilmiştir	0.900 g/cm ³
Yüzey direnci	DIN 53482/VDE 0303 part 2	>10 ¹² Ohm
Akma noktasındaki mukavemet	ISO 527/1A, 50mm/dak	26.1 Mpa
Kopma noktasındaki mukavemet	ISO 527/1A, 50mm/dak	21.5 MPa
Kopma noktasındaki uzama	ISO 527/1A, 50mm/dak	>400%
Elastisite modülü	ISO 527/1A, 50mm/dak	808 MPa
Esneklik modülü	ISO 178, 2mm/ dak	874 MPa
Esneklik mukavemeti	ISO 178, 2mm/ dak	30.5 Mpa
Charpy, çentikli	ISO 179/1A	
23 °C	1.00 J	22.9 Kj/m ²
0 °C	0.50 J	4.5 Kj/m ²
-20 °C	0.50 J	1.9 Kj/m ²
Charpy, çentiksiz,	ISO 179/1D	
23 °C	4.0 J	NB
0 °C	4.0 J	NB
-20 °C	4.0 J	53.7 Kj/m ²
Izod, çentikli	ISO 180/1A	
23 °C	2.75 J	22.5 Kj/m ²
0 °C	1.0 J	5.6 Kj/m ²
-20 °C	1.0 J	3.4 Kj/m ²
Izod, çentiksiz,	ISO 180/1 C	
23 °C	5.5 J	NB
0 °C	5.5 J	NB
-20 °C	2.75 J	38.4 Kj/m ²
	ISO 868	60

Tablo II.4.1. (Devam)

-20 °C	ISO 868	60
-20°C	ISO 2039-2	50
Shore D sertliği	ISO 306,metod A,50K/h	131.3 °C
Rockwell sertliği	ISO 3146-19	142.4 °C
Vicat yumuşama sıcaklığı	DSC	2.0 J/gK
Erime aralığı	Dilatometre (DIN 53752)	1.8 10 ⁻⁴ 1/K
20 °C'de Isınma ısısı	DIN 52612	0.21 W/m°C
(30-90°C) Uzama katsayısı	ISO 75, Metod A	45.2 °C
(10-60°C) Isıl iletkenlik		
HDT	ISO 1133, Cond 12	<0.5
Eriyik akış hızı	ISO 1133 Cond 18	<1.0
230/2.16		
190/5		

PP oksitleyici olmayan tuzların sulu çözeltilerine karşı çok dirence sahiptir. Yine de, 70°C 'nin üzerindeki yüksek sıcaklıklarda ve yüksek konsantrasyonlarda belli metal iyonlarında, bakır gibi, malzemede ısıl oksidasyonun ivmelenmesine neden olur.

Oksidatif olmayan asidlere karşı hatta yüksek sıcaklıklarda dahi çok iyi direnç göstermektedir. Sülfirik asid gibi oksitleyici asidlere karşı dayanımı özellikle yüksek sıcaklıklarda ve %60'ın üzerindeki konsantrasyonlarda az iyidir. Bu durum nitrik asid içinde geçerlidir. Sülfirik asid ile karşılaştırıldığında nitrik asid kolayca PP içerisine nüfuz edebilir. %30'un üzerindeki konsantrasyonlarda ve özellikle yüksek sıcaklıklarda malzemenin mekanik özelliklerinde azalmaya neden olur.

PP alkalilere çok iyi direnç gösterir. Sürünme direnci etkilenebilir. Yine de 80 °C'de % 30 konsantrasyonda sürünme direnci sudakine göre 0.7'dir.

Klor ve klordioksit PP üzerinde aşındırıcıdır.

Organik asid, alkoller, veya esterler genellikle PP ile reaksiyona girmezler. Yine de bunlar malzemeyi şişirirler ve mekanik özelliklerini azaltırlar. İçinde organik sıvı varken bir uzama meydana gelirse PP'ye ihtiyatlı yaklaşmak gerekir.

Karbon siyahı ile üretilen PP borularının hava şartlarına özellikle Ultra Viyole güneş ışığına dayanımı yüksektir. Ancak diğer renklerdeki dayanım düşüktür. Bu sebeple iç tesisatlarda kullanılmasında fayda vardır. Binaya döşmeden önce de paketlenmiş halde depolanması gerekmektedir.

Birçok renkteki pigment nihai haldeki ürüne daha güzel bir görünüm vermesi için natural haldeki hammaddeye katılmak suretiyle plastik endüstrisinde kullanılmaktadır. Siyah pigment kablo kaplamalarında ve borularda kullanılmaktadır. Bu materyallerde malzemelerin uzun dönem özelliklerinin en iyi olması istenildiğinden Karbon Siyahı diğerlerine göre daha fazla hava tesirlerine karşı mukavemet sağlamak için kullanılır.

Natural Polipropilen kısa süre açık havada depolandığında kırılğan hale gelirken, %2 Karbon Siyahı katıldığında yüzey bozunmasına karşı materyali en az 50 yıl korur. Nihai ürün açık havada depolandığı veya döşendiğinde Karbon Siyahı, ürünü yüksek sıcaklıklardaki oksidasyona karşı katkıda bulunur.

Farklı üretim metodları ile farklı tipte karbon siyahı elde edilir. UV radyasyonuna karşılık verimli bir koruma isteniyorsa iyi belirlenmiş yapıda ve partikül büyüklüğünde doğru karbon siyahının seçilmesi gereklidir. Eğer yanlış tipte karbon siyahı seçilirse zayıf fiziksel özelliklerin ilavesi yanında polimere istenmeyen tat ve kokular verir. Bazı karbon siyahları aromatik maddeler içerir ki bunların yiyecek veya içecek ile temas etmemesi gerekir. Basınçlı borular için gerekler ISO DP 4427 de bulunmaktadır.

UV koruması için kullanılan karbon siyahının standart özellikleri

Yoğunluk	1500-2000 kg ³
Maksimum uçucu madde	kütleden % 9
Ortalama partikül büyüklüğü	0.010-0.025 mikron
Toluen çıkartabilme	% 0.10 'dan fazla değil

Karbon siyahının tipi yanında polimer içerisindeki konsantrasyon ve dispersiyon, nihai ürünün özellikleri çok önemli iki faktördür. % 2-3 arasındaki konsantrasyon optimum sonucunu verirken daha fazla konsantrasyon fiziksel özellikleri ters yönde etkileyebilir.

Koruyucu katkı maddelerinin yani karbon siyahı ve antioksidantlar kimyasal reaksiyon bozunması olmaması için çok iyi dağılmış olmalıdırlar. Sıcaklık ve UV'ye maruz kalındığında zamanla reaksiyon başlar. Her meydana gelen reaksiyon, bir tanesini

için katalizör vazifesi yapar bu da daha fazla bozunma demektir. Bu bir zincir reaksiyonu haline dönüşür. Bu tip reaksiyonları önlemek ancak dağılım ve homojen yapının iyi olması, aynı zamanda polietilenin iyi stabilize edilmesi ile sağlanır.

Editivlerin (katkı maddeleri) dispersiyonu, özellikle de karbon siyahı, polietilenin mekanik özelliklerini etkiler. Eğer iyi dağılmamış ise yük altında gerilme yığılmaları meydana gelir. Kötü dağılımın sebep olduğu zayıf kısım tahmin edilen servis ömründen önce yarıma olumsuzluğu meydana gelebilir. İyi bir karışım elde edilmesi için hammaddeye karbon siyahı ve diğerlerinin üretici firmanın özel operasyonlar ile karıştırılması tercih edilmelidir.

Pazarda mevcut karbon siyahı direk olarak ekstrüder hunisinden katılmak üzere satılmaktadır. Kolay bir dispersiyon elde edilmesi için düşük moleküler ağırlıklı, fiyat ve kolay kullanım sebebiyle de büyük ebatlı karbon siyahı kullanılmaktadır. Bu tip mastırbeçler (pigment ihtiva eden hammadde) sadece siyah renk verirler. Taşıyıcı olarak düşük moleküler ağırlıklı materyaller kullanıldığından ürünün mekanik özellikleri kötüleşir. Çok büyük partiküllü karbon siyahının UV koruyuculuğu yeterli değildir. Boru görünümü iyidir ancak uzun dönem özellikleri zayıflatır. Karbon siyahının dağılımı mikroskop ile incelenebilir. Mikrotom cihazı ile üründen soğan zarı gibi incelikte numune çıkartılır ve 64 defa büyütebilen polarize mikroskopta testler gerçekleştirilebilir.

Yüksek sıcaklıklarda bakır iyonlarına boylu boyunca maruz kaldığında PP'nin özelliklerinde bozulmalar göstermektedir. 60 °C'nin altında pirinç ile temasında zararlı bir şekilde etkilenme olmaz.

Isıtma sistemlerinde kullanılan PP-r'in oksijen geçirgenliğinin göz önüne alınması önemli bir husustur. Oksijen molekülleri boru ve fittinglerden nüfuz ederek sistemde kullanılan metal kısımların korozyona uğramasına sebep olur. Bu tip korozyonun önlenmesi için 3 yol vardır.

1. Korozyon inhibitöründen istifade etmek. İnhibitör tipi PP-r üzerinde zararlı etkisi olmamalıdır ve inhibitör konsantrasyonu sürekli kontrol edilmelidir.
2. Sistemde korozyona uğramayan materyaller kullanılması.
3. Boru fittinglerin üzerinin oksijen bariyeri ile kaplanmasıdır.

Uzun dönem basınç mukavemetleri, kolay işlenmeleri ve döşemeye uygun olmaları hasebiyle geleneksel borularla, bakır ve galvanizli gibi, rekabet etmekte ve

onların yerini almaktadır. Bina içerisindeki su tesisatlarında hem üretici hem de kullanıcı için birçok avantajı nedeniyle tercih edilmektedir.

Hammadde için özel ekstrüder gerektirmezler. Sıcak su hatları yüksek kalitede boru imalatı için tek vidalı ekstrüderler kullanılması yeterlidir. PP-r aynı zamanda fittingler için enjeksiyon baskısında üretilebilir ve tüketici sistemini tamamlayabilir.

PP-r boru ve fittinglerindeki düz hat uygulamalarında kolay ve mükemmel kaynak kabiliyeti sayesinde bina içerisinde çok kolay döşenir. DN (boru anma çapı) Ø50'ye kadar el kaynak makinası ile işlem gerçekleştirilebilir.

II.4.1. Poliploropilenin kullanıldığı yerler

- Homopolimer

a) Enjeksiyon baskı . İnce et kalınlıklı konteynırlar, ev ve mutfak eşyaları, oyuncaklar, mobilya çiçek kapları elbise iğneleri, paketleme, şırınga, analiz tüpleri ilaç kaplar vs. yani sağlık amaçlı olarak kullanılmaktadır.

b) Ekstruderde : Deterjan, yiyecek kutuları, şişeleri, günlük sebze koruyucuları (artan yemekleri saklamak için) boru, profil, levha ve ince film yapımı gibi yerlerde kullanılmaktadır.

- Blok ve random kopolimerler :

a) Enjeksiyon baskı : İnce et kalınlıklı paketleme tüpleri, çaydanlık, yağlı ürünleri koymak için kaplar, ufak kovalar, soğutma kapları, ev eşyaları, çamaşır makinesi, parçaları, oyuncaklar, bidon, bahçe mobilyaları, otomotive aletleri gibi yerlerde kullanılmaktadır.

b) Ekstruderde : Çok katmanlı ve büyük çap konteynırlar, film, levha, şişe, otomotive parçaları, takım kutuları, deterjan kutuları, yiyecek kutular basınçlı boru ve ek parçaları, sağlıkla ilgili alanlarda kullanılmaktadır.

II.5. POLİETİLEN VE POLİPROPİLEN

BORULARIN ÜRETİMİ

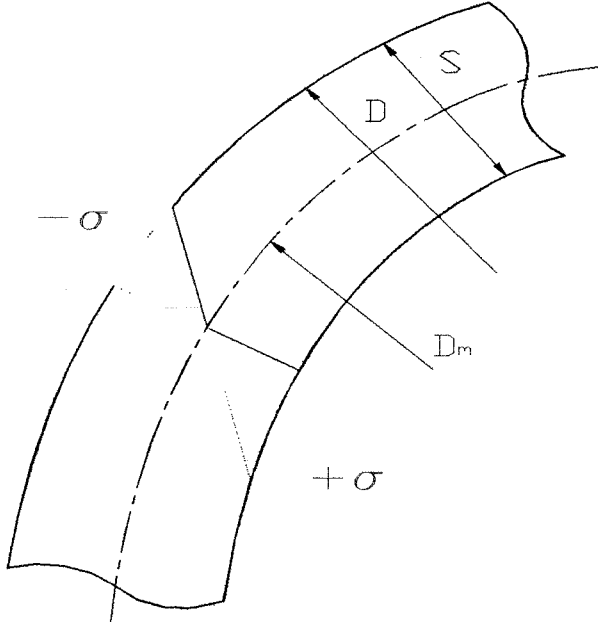
PE, PP ve PVC boruları eriyik haldeki malzemenin, özel olarak dizayn edilen kalıptan ekstrüde edilerek çekilmesi ile üretilir. Boru hat sonunda soğutma suyu ile soğutulur. Boru üretimi süreklidir ancak pratik açıdan sınırlıdır. Eğer PE boru fabrikası sahil kıyısında veya mobil olarak inşa edilebilse , deniz altı döşemeleri için çok uzun boruların üretilmesi mümkündür. 5 km uzunluğunda boru halihazırda üretilmiştir.

PP hammaddesi değişik tek vidalı hatlarda, yivli veya yivsiz besleme bölgesi ekstrüderlerde başarılı bir şekilde çekilebilir. Aşağıda verilen parametrelere göre çekilir.

Silindir:	180, 190, 200 ve 210 °C
Kafa :	210°C
Kalıp:	210°C
Erime derecesi :	210-220°C

Araçlar: Ticari mevcut bulunan ekstrüder kafaları

Bütün termoplastik borularda materyallerin içinde üretim prosesinin soğuma safhasında gerilmeler meydana gelir. Bunlar iç gerilmeler (frozen-in stresses) olarak adlandırılır. Ekstrüde edilmiş su banyosunun içindeki borunun soğuması dış yüzeyinden olmaktadır ki bu da dış yüzeyde eğilme gerilmesine sebebiyet verir. Bu gerilme aşağıdaki davranışlarla artar. Soğuma esnasında dış yüzey katmanı termal olarak büzülür, bu arada eş zamanlı olarak borunun iç kısımdaki ılık yüzey katmanı plastik olarak baskı (compress) yapar. İç kısmın müteakip olarak soğuması, boydaki ısı değişiminin neticesi olarak, kendisinin yüzey katmanını büzmeye gayret gösterir ancak halihazırda daha hızlı soğumuş ve formunu almış dış yüzey tarafından engellenir. Sonuç olarak iç yüzey çekme gerilmesine dış yüzey ise basma gerilmesine maruz kalır. Daha hızlı soğumanın meydana gelmesi ve kalınlığın daha fazla olması ile birlikte eğme gerilmeleri daha keskin olur. Boru aksenal yönde kesildiğinde, borunun çevre ölçüsünde azalma olur. Karşılıklı olarak eşit zıt kuvvetler birbirlerini dengeler ve ısıtma esnasında kesilmemiş borularda herhangi bir şekil değişikliği gözlenmez.



Şekil II.5.1. (Janson,1995) Boru üretimi esnasında boru etinde meydana gelen gerilmeler

HDPE de yapılan ölçümlerde gerilme ve zamanın log-log diyagramındaki ilişkisinin doğrusal olduğu tesbit edilmiştir. Ekstrüze edilmiş bir borunun 2 saat sonraki donmuş gerilmeleri 3 MPa iken bu değer 10000 h sonunda 1.5 MPa'a düşmüştür. Gerçekte, borunun içerisinde de bir hava sirkülasyonu olduğundan belli bir derecede içkısımda soğuma olur ve neticesinde boru etindeki gerilmelerin dağılımı üçgen biçiminde olmamaktadır. Daha fazla enjeksiyon kalıp fittinglerinde, büyük çaplı ve kısa uzunluktaki borularda olduğu gibi soğuma her iki taraftan da gerçekleşebilir ve neticesinde basma gerilmeleri her iki taraftan da meydana gelir. Eğer çekme ve basma gerilmeleri birbirlerini dengeleyebiliyor ise fittingin, borunun kesme anında çevresinin ölçüleri değişmez.

Sabit uzamanın neden olduğu eğme gerilmesi uzun zaman zarfında gevşeme (relaxation) nedeniyle düşer. İfade edildiği gibi bu tip gerilmeler yalnız başına olumsuzluğun artmasında neden olmaz. Sonuç olarak ilk bakışta donmuş gerilmelerin büyüklüğü için bir formül dizayn edilmesine gerek yoktur. Yine de iç hidrolik basıncın neden olduğu sürünme (creeping) altındaki çekme gerilmesi ile büyük donmuş gerilmelerin kombinasyonu, tam olarak değerlendirmesi yapılmayan yük durumunun artmasına neden olacaktır. Normalde bunun gibi gerilmeler polietilen borularda 2.5 - 3.0 MPa ve PVC nin

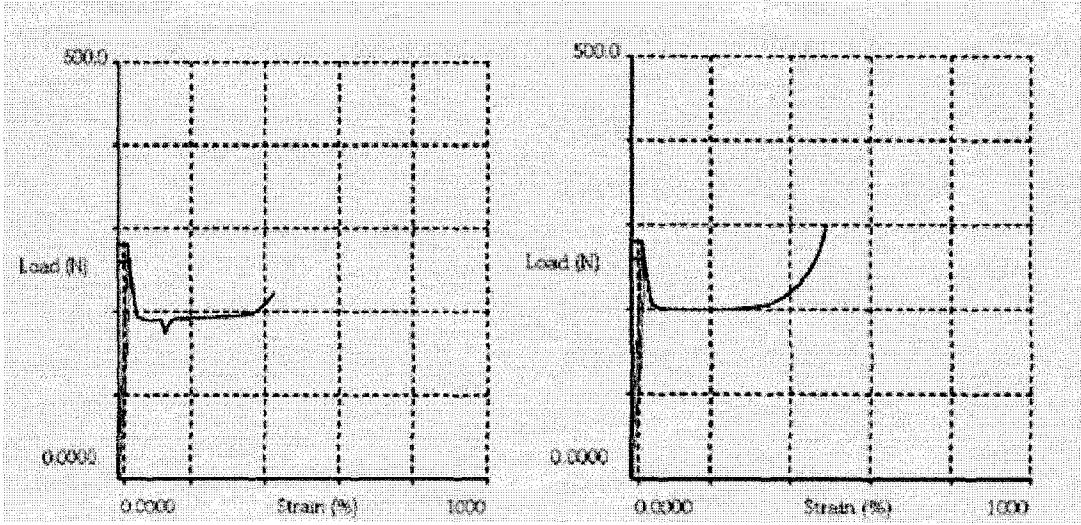
borularda ise 4.0-5.0 MPa'dır. Bu durum düşünöldüğünde donmuş gerilmelerin bu değerler limitinde tutulmasında fayda vardır.

Diğer bir pratik sebep ise PE borular alın kaynağı ile birleştirildiğı içindir. Eğer bu gerilmeler yüksek olursa boruların kaynak esnasındaki hizalamasında büyük problemler ortaya çıkacaktır. Kaynak gerçekleştirildikten sonra da tahmin edilemeyecek çok eksenli gerilmeler kaynak bölgesinde teşekköl edecektir. Bu açıdan donmuş gerilmelerin mümkün olduğunca düşük ve alın kaynağı ile birleştirilecek PE borularda 2.5 MPa'dan aşağı tutulması tavsiye edilmektedir.

II.6. POLİETİLEN BORULARIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

1. Bünyesinde karbon siyahı (Karbon Black) bulunması nedeniyle, güneş ışınlarından etkilenmemesi (UV dayanımı)
2. Arazi şekline uyum
3. Basınç sınıfında çeşitlilik
4. Toprak içindeki aşındırıcı maddelerden etkilenmediğı için katodik koruma gibi döşeme esnasında tedbirler almak gerekmez.
5. Çatlama direnci, darbe direnci
6. İyi kaynak özellikleri
7. Esneklik

8- Basınç altında ek yerlerinden çıkma olmamaktadır.



Şekil II.6.1. Kaynaklı numune çekme deneyi

Şekil II.6.2. Kaynaksız numune çekme işlemi

Test numunesinden görüldüğü gibi alın kaynaklı ve kaynaklı numunede yapılan çekme testi sonucu olarak, elastik bölgedeki davranışı, kopmadaki uzama ve kopartmak için verilen enerji aynıdır.

Sonuç olarak: Alın kaynağı içme suyu sistemleri için güvenilir, sağlıklı bir kaynaklama işlemidir.

9- Birden fazla bağlantı şeklinin olması.

Polietilen borular, baş bağlama teknikleri açısından en çok çeşitliliğe sahip borulardır. Bu tekniklerden biri boruların kullanılacağı yere göre tercih edilir.

- Alın kaynağı metodu
- Elektrofüzyon kaynak metodu
- İtme soket metodu
- Ekstrüder kaynak metodu

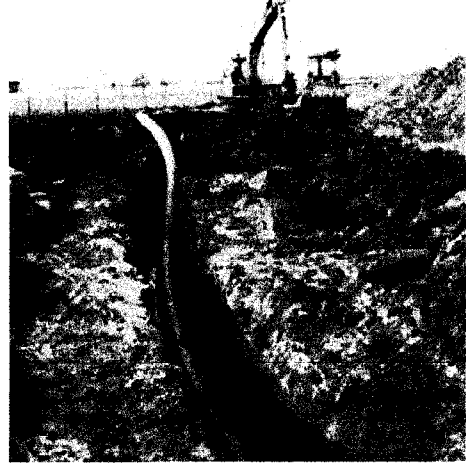
10- Kanal dışında birleştirilebilmesi

Polietilen borular, esnek olduğu için kanal dışında birleştirildikten sonra kanala indirilebilir. Baş bağlaması yapılan boruları kanala indirirken ek yerinden çıkması, kırılması söz konusu olmaz. Bu yöntem büyük küçük her çapa uygulanabilir.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**



Şekil II.6.3. Kanal dışında birleştirme



Şekil II.6.4. Kanal dışında birleştirme

Boru döşeyebilmek için hendeğin, boru çapından 5 cm daha geniş açılması yeterli olmaktadır. Bu ise daha az kazıyı, daha az dolguyu gerektirmektedir.

Kanal içinde baş bağlama problem teşkil ettiğinden, bu tip borularda birleştirme kanal dışında gerçekleştirilebildiği için işçilik yönünden kolaylık sağlanır.

Kanal açılmadan borunun baş bağlanması mümkündür. Önceden kanal açıldığında uzun bir süre kanal açık beklemesi gerekir, kanal kenarından çökmeler olabilir, bu nedenle tekrar kanalın temizlenmesi gerekir.

11- Boru malzemesinin kimyasal direnci yüksektir, korozyondan etkilenmez, çürümez, aşınma olmaz.

Dizayn tekniğinde daha çok dikkatle gözönüne alınan genellikle su ve atık borularını boyutlarıdır. Boru patlamasına, mekanik mukavemetinin aşılması neden olmaktadır ki bu da doğru şekilde dizayn edilen borularda yaygın bir durum değildir. Borunun zamanla korozyon ve aşınma neticesinde dekompoze (çürümesi) olması, patlaması için alışılmadık bir sebep değildir. Bu problem boru sisteminin planlanmasında ve hammadde seçiminde esas olarak ele alınmayı hak eden bir husustur.

Plastiklerin aşındırıcı bir ortama karşı dirençlerinin yüksek olduğu genellikle bilinen bir durumdur. Yeter ki sürtünme ısısı az ve kolayca dağıtılabilir olsun.

Birçok çalışma plastikler ile diğer materyaller arasındaki aşınma dirençlerini, az veya çok doğru, değişik yöntemler ile yaparak aydınlatıcı kayıtlar sunmuşlardır.

Ekseriyetle aşındırıcı etki borunun kum ile karıştırılmış su içerisinde döndürülmesi sonucu canlandırılır. Materyaldeki ağırlık kaybı ve hacimdeki değişikliğin karşılaştırılması ile yapılır. En uygun metod aşındırma testi sonucunda boru etindeki kaybı orijinali ile ilişkilendirerek gösteren methodur. Çünkü çatlamanın başlama zamanı dayanıklılık ile özel olarak ilişkilidir. Duvardaki gerilmenin artışı da zamana bağlıdır.

Hdpe ve çelik boru dirseğinde deney şu şekilde gerçekleştirilir. \varnothing 50 mm borunun içerisi hacminin %15 kum olan su ile doldurulur, suyun hızı 7-8 m/s kadardır, sıcaklığı ise 30-35 °c arasındadır. Bu şekilde hdpe boru 4 mm'ye kadar incelmeye maruz bırakılır ki 1600 h sürmüştür. Bu değer çelik boruda 1000 h'tan sonra meydana gelmektedir. Düz borudaki aşınma dirsekten daha uzun zaman alır.

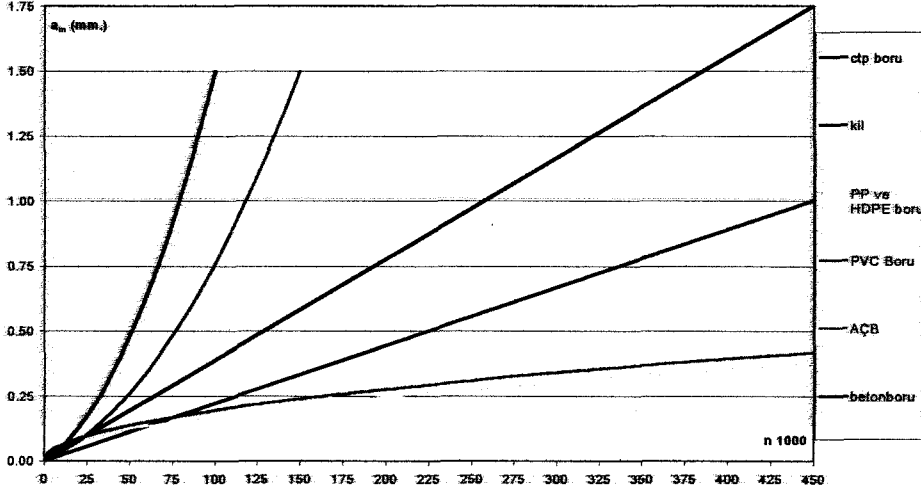
Norveç standartları 4 adet boru materyalini 1:20 su-kum karışımı aşındırıcı taşlarla deneyi yapmıştır. \varnothing 250 çapındaki boruların etindeki incelmeyi neden olduğu sonuçlar çekme gerilmesine dönüştürülerek verilmiştir. Boru etindeki gerilmenin nispi artışı aşınma yorulması olarak adlandırılır.

Tablo II.6.1. (JANSON,1995) Boru etindeki aşınma yorulması

Materyal	Gerilmenin Nispi Artışı , %
PVC	3
LDPE	0.3
ASBEST ÇİMENTO	13
ÇELİK	7

Kullanılan birçok değişik test metoduna bağlı olarak farklı materyallerde değişik sonuçlar alınabilmektedir. Yine de eğilim açıkça göstermektedir ki, plastik diğer materyallere göre bu konuda en iyi durumdadır. Endüstriyel çözeltilerin taşınmasında hdpe, mdpe ve pvc diğer borulara kıyasla en uzun ömürlü borular olmuşlardır. Pe tiplerinde mutlak aşınma direncini tesbit için Astm D 4060 'a göre testler yapılmıştır. Ldpe 40 aşınmayı ifade eden aşınma indeksi (MG/1000 DEVİR) en yüksek bulunmuştur. Bu değer hdpe63-80 ve lldpe'nin 2 katıdır. Bu bakış açısıyla en iyi polimer mdpe tipidir. Sıcak su dayanımı en iyi olan me0909 ise ldpe40 'in üçte biri aşınma indeksine sahiptir.

Alman Darmstadt Enstitüsü Boruların Aşınma Eğrii



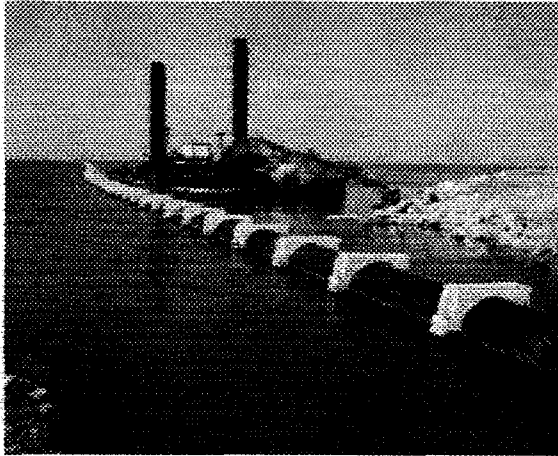
Şekil II.6.5. Boruların aşınma eğrisi

12- Su darbelerinden en az etkilenen boru olması

Poliyeten boruların cidar esnekliği yüksek olduğu için su darbesinden en az etkilenen borudur. Bu nedenle, alternatif boruların bir alt basınç sınıfı kullanılabilir.

13- Deniz, dere, nehir, göl ve bozuk zeminlerde kullanılabilir.

Poliyeten borular, esnek olması, kırılmaması, dış yükleri taşıyabilmesi, yüksek iç basınç dayanımı, çürümemesi gibi nedenlerle deniz deşarjı hatlarında, nehir, göl, dere geçişlerinde, adalara su götürmede rahatlıkla kullanılmaktadır. İstendiğinde, komple ve 300-500 mt' lik boylar halinde batırılması mümkündür.



Şekil II.6.6. Deniz deşarjı uygulaması

14- Toprak hareketlerinden etkilenmemesi

1995 yılında Japonya - Kobe'de olan deprem sonucu boruda oluşan hasar oranları aşağıdadır.

Tablo II.6.2. İçme suyu hatlarındaki hasar oranları

İÇME SUYU HATLARINDA MEYDANA GELEN HASAR ORANLARI	
Boru Tipi	Hasar Oranı (Adet/km)
Duktil Dökme Demir Boru	0,488
Dökme Demir Boru	1,508
PVC Boru	1,430
Çelik Boru	0,437
AÇB Boru	1,782
PE Boru	0 (Sıfır)

Tablo II.6.3. Gaz dağıtım borularındaki hasar oranları

GAZ DAĞITIM BORUSUNDA MEYDANA GELEN HASARLAR			
	Çelik	Duktil Dökme Demir Boru	PE Boru
Toplam uzunluk	21,338	12,204	1,458
Hasar sayısı	25,821	630	0 (Sıfır)
Hasar Oranı (Yer/km)	1,210	0,052	0 (Sıfır)

Deprem sonrasında Japonya'da Pe 100 Boru kullanımı artmıştır. Deprem Kuşağında bulunan ülkemizde de Pe 100 boru kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

15. İç Yüzeyi Hidrolik Pürüzsüzdür.

Projelendirilirken boru çapı minimize edilir. Sürtünme kayıpları minimumdur ($C_{HDPE} = 149$, $C_{CTP} = 145$, $C_{ÇELİK} = 120$).

$$J = \frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D_i^{4,8704}}$$

C = Williams – Hazzen boru pürüzsüzlük katsayısı (boyutsuz)

D_i = Boru iç çapı (m)

J = Birim boyda ortaya çıkan düz boru enerji kaybı (mss/m)

Q = Akışkanın projelendirilirken kesitten geçen debisi (m³/s)

16- Daha Az Dirsek Gerektirir



Şekil II.6.7. Radüslerin gösterilmesi



Şekil II.6.8. Radüslerin gösterilmesi

Polietilen borular esnek olması nedeniyle, çapının 20/35 katı radüsle dönüş yapabilir. Diğer borular için 11°, 22°i dirseklere ihtiyaç duyulurken, Pe 100 borular için ihtiyaç olmaz.

$$R = \frac{Dd}{1,12} (SDR - 1)$$

R : En az dönüş yarıçapı (m)

Dd : Boru dış çapı (m)

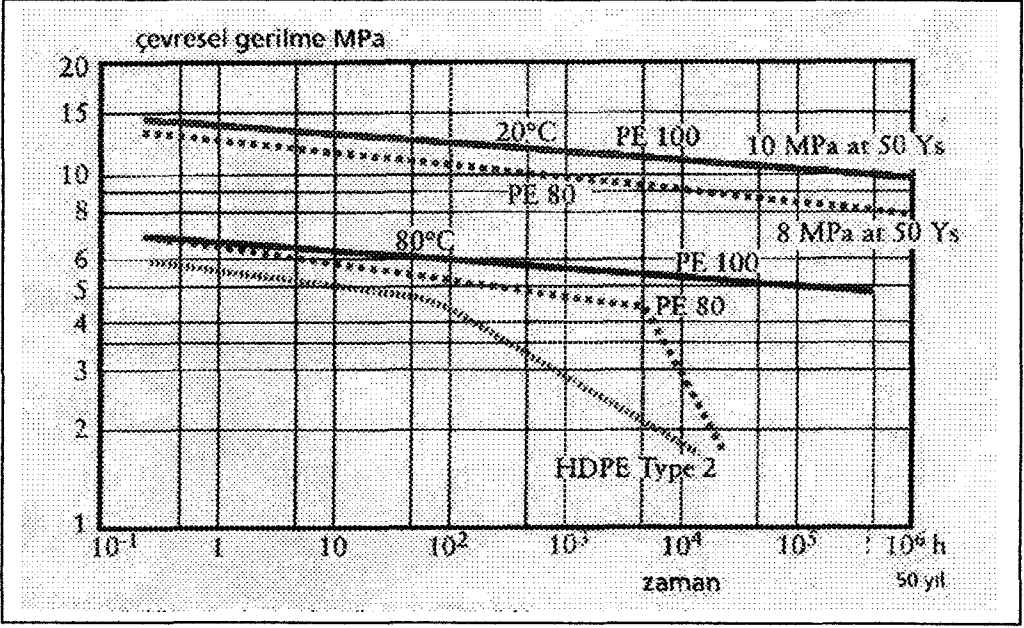
SDR : Standart boyut oranı

17- Teleskopik Taşıma Avantajı

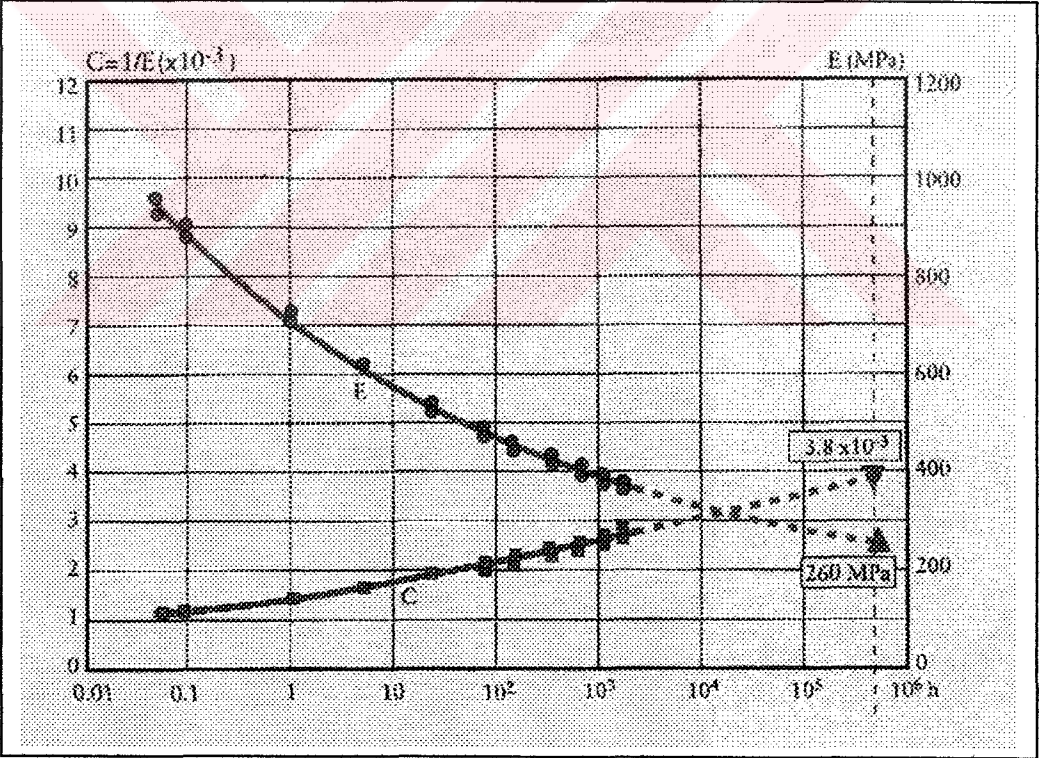
Polietilen borular iç içe sokulup taşınabildiği için daha az sayıda TIR ve kamyonu ihtiyaç vardır ve daha az nakliye ücreti ödenir.

18- Asgari Ömrü 50 yıldır

Aşağıdaki eğride Pe 100 boruların ömrü boyunca fiziksel özelliklerinin değişimi görülmektedir. Boru dizaynı 50 yıl sonraki fiziksel özelliklere göre yapılmaktadır. Bu nedenle boruların ömrü en az 50 yıldır.



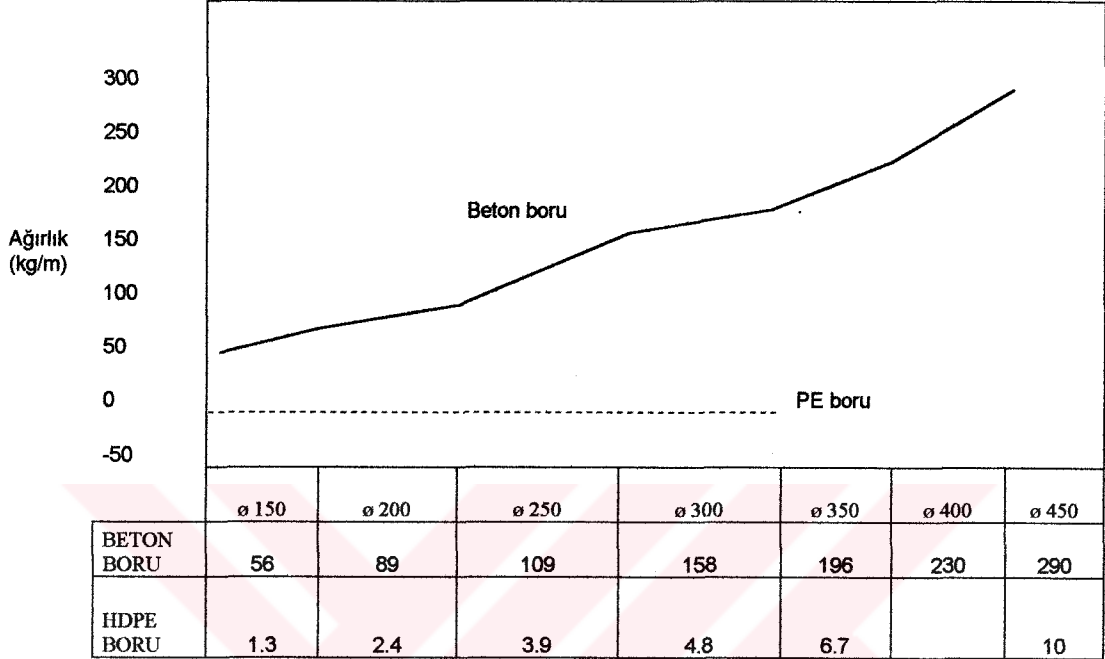
Şekil II.6.9. Çevresel gerileme – zaman eğrisi



Şekil II.6.10. Elastik modülün zamanla değişimi

19- Hafif ve kolay dösenme özelliği

Polietilen boruları, alternatif borulara ve beton borulara nazaran hafif olup kolay dösenme özelliğine sahiptir. Ağırlık karşılaştırılması aşağıdaki gibidir.



şekil II.6.11. Ağırlık karşılaştırılması

20- Kimyasallara karřı dayanımı yűksektir.

Kimyasal ve biyolojik maddelere karşı dayanıklıdır. Polietilen 60 °C, polipropilen 95 °C'ye kadar fiziksel ve kimyasal yapısını korumaktadır.

Tablo II.6.4. Kimyasallara dayanım tablosu

Üretimde Kullanılan Hammaddelerin Kimyasallara Dayanım Tablosu				
Kimyasal maddeler	HDPE Boruları		PP Boruları	
	Konstrasyon	Dayanım	Konstrasyon	Dayanım
Adipik asit	Doy. Çöz.	D	Doy. Çöz.	D
Alil Alkol	Ts-s	D	Ts-s	D
Alüm. Florür	Sűsp.	D	Sűsp	D
Alüm. Hidroksit	Sűsp.	D	Sűsp	D

Tablo II.6.4. (Devam)

Alüm. Nitrat	Doy.çöz.	D	Doy.çöz	D
Aseton SD	Ts-s	SD	Ts-s	D
Bakır(II) Siyanür	Doy.çöz.	D	Doy.çöz.	D
Baryum Klorür	Doy.çöz.	D	Doy.çöz.	D
Benzin(yakıt)	Çal. Çöz.	D	Çal. Çöz.	DZ
Bira SD	Çal. Çöz.	D	Çal.çöz	D
Bira mayası	Süsp	D	Süsp.	
Brom, sıvı	Ts-s	DZ	Ts-g	DZ
Bütan Gaz	Ts-g	D	Ts-g	DZ
Civa SD	Ts-g	D	Ts-g	D
Çinko Sülfat	Doy.çöz.	D	Doy. Çöz	D
Demir Klorür	Doy.çöz	D	Doy. Çöz.	D
Elma suyu	Çal. Çöz.	D	Çal. Çöz.	D
Etil asetat	Ts-s	D	Ts-s	D
Etil eter	Ts-s	SD	Ts-s	D
Formik Asit	%85'e kadar	D	%85'e kadar	D
Gliserin	Ts-s	D	Ts-s	D
Heptan	Ts-s	D	Ts-s	D
Hidrofik asit	%10'a kadar	D	%10'a kadar	D
Hidrojen sülfür	Ts-g	D	Ts-g	D
İdrar		D		D
Kalsiyum Karbonat	Süsp.	D	Süsp	D
Kalsiyum Klorür	Doy.çöz.	D	Doy.çöz	D
Kükürt Tri Oksit	Ts-s	DZ	Ts-s	DZ

Tablo II.6.4. (Devam)				
Metil Alkol	Ts-s	D	Ts-s	D
Mineral Yağlar	Çal.çöz.	D	Çal. Çöz.	D
Nikel nitrat	Doy.çöz.	D	Doy. Çöz.	D
Oleum		DZ		DZ
Ozon gaz	Ts-g	SD	Ts-g	D
Potasyum Bi Sülfat	Doy.çöz.	D	Doy.çöz.	D
Sodyum Bromür	Doy.çöz.	D	Doy.çöz	D
Sirke	Çal. Çöz.	D	Çal. Çöz.	D
Sülfirik asit	%95'e kadar	D	%95'e kadar	D
Şaraplar ve İspirto	Çal. Çöz.	D	Çal. Çöz.	D
Yağlar (Bitkisel – hayvansal)	Ts-s	S	Ts-s	

II.7. KAYNAK KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

II.7.1. Çalışma ortamı

Rüzgar, kaynak kalitesi için zararlı bir ortam oluşturmaktadır. Bu ütü çabuk soğutmakta ve düzensiz bir ısı dağılımına neden olmaktadır. Çalışma alanının etrafı çadır ile kapatılarak güneşten, rüzgardan ve tozdan muhafaza edilir. Düşük çevre sıcaklığı kaynağın kötü olacağı manasına gelmez. -20°C'ye kadar kaliteli kaynak yapılması mümkündür. Dikkat edilmesi gereken bir husus boru uçlarının ve ütünün tozdan, kumdan ve çamurdan temiz olmasıdır. Kaynak bağlantısının kirli olması onun ömrünü azaltır.

II.7.2 Hizalama

Boru uçlarının hizasız olması kaynak ömrünü keskin olarak kısaltır ve kaynak mukavemetini azaltır. Buna boru sıkıştırma parçaları veya borunun oval olması neden olur. Hizasızlığın mümkün olduğunca az tutulması çok önemlidir. Eğer hizasızlık aşırı ise keskin kenarlar (çentikler) meydana gelir ve sonucunda gerilme yığılması teşekkül eder. Hizadaki sapma boru etkalınlığının %10'unu geçmemelidir.

II.7.3. Erime Akış Oranı

Farklı materyallerin kaynağında diğer bir kriter ise MFR (eriyik akış hızı)'dır. DIN 16776 kısım 1 farklı Melt İndeksteki materyallerin gruplarını açıklamaktadır. Boru hammaddesi için grup 003 (MFR 190/5 0.1-0.4) , grup 005 (0.4- 0.7) ve genel olan 010 (0.7-1.3)'tir. DVS 2207 005 ve 010 arasındaki grupları kaynak edilebilir olarak tanımlamaktadır (0.4-1.3). Uzun dönem kaynak faktörü DVS 2203 kısım 4'e göre yapılan testte 0.8 olarak elde edilir. En son CEN standardı gaz boruları için özetleyerek, DIN'e göre biraz aralığı genişleterek yayınlamıştır (155 N 1443 E-Şubat).

Yoğunluk ve kristalinite yanında PE'nin davranışlarını tespitite yaygın olarak yardım eden karakteristik parametreleri vardır. Bunlardan bir tanesinde eriyik viskozitesi veya eriyik akış hızıdır ve MFF-MFI kısaltmaları ile gösterilir. MFI, gram cinsinden , özel çap ve uzunluktaki ölü bölgeden geçen erimiş malzeme miktarıdır. Polietilenin bu özelliği, molekül ağırlığına bağlı olarak değişir.

Eriyik akış hızı, MFR, termoplastik polimerlerin standard şartlar altında akış özelliklerinin ölçülmesidir. MFR'nin ölçülmesi, bu işe uygun cihazlar ile yapılmaktadır. Numuneler ısıtılmış silindir (190°C) içerisine doldurulur. Silindirin üzerine belli bir değerdeki ağırlık bırakılır. Eriyik hale gelen materyal uygulanan kuvvet neticesinde silindirin altındaki orifisten (Ø 2.1 mm) dışarıya akar, bu esnada belli zaman aralıkları ile bu materyal kesilir ve tartılır. MFR gram/10dak. birimiyle ifade edilir. Belirlenen zaman aralıklarında geçen materyal miktarı uygulanan piston ağırlığına bağlıdır. Piston ağırlığı ile materyale uygulanan basınç arasındaki basınç ilişkisi aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo II.7.3.1 (Borealis Firmasının Teknik Dökümanı, 1996) MFR basınç ilişkisi

Gösterim	Ağılık (kg)	Basınç (bar)
MFR ₂₁	21.6	31.0
MFR ₅	5.0	7.8
MFR ₂	2.16	3.1

Ağırlığın büyüklüğü hammaddenin viskozitesine bağlı olarak değişir. 2.16, 5 ve 21.6 kg ağırlıkları kullanılır, sondaki özellikle HDPE için kullanılır. Farklı basınçlardan elde edilen MFI değerlerini ayırmak için MFI₂, MFI₅ ve MFI₂₁ sembolleri kullanılacaktır. En çok kullanılan sembol 190 °C'de ve 5 kg ağırlığında ölçülen değeri gösteren MFR 190/5'tir.

MFR değeri esas olarak anma moleküler ağırlığına bağlıdır. Sıkı paketlenmiş moleküller, az paketlenmişlere göre daha az akış eğilimi gösterir. Moleküler ağırlığın artması MFR'nin düşmesi demektir.

21.6 kg'lık pistonlar kullanılarak yapılan ölçümler (MFR₂₁) genelde Akış İndeksi (FI) olarak adlandırılır.

Eğer elde ettiğimiz MFR₂₁ değerini MFR₂ değerine bölersek Akış Hız Oranı (Flow Rate Ratio-FRR) diye adlandırılan bir değer elde ederiz. FRR bizlere basınç ile akış miktarı arası ilişkiden ortaya çıkan eğimi verir. Biz materyallerin Basınç/Akış eğrilerini karşılaştırabiliriz ve buradan akış özelliklerinin farklarına varabiliriz.

İki farklı materyalin 2.16 kg'daki MFR'leri aynı olabilir ancak bu durumda 21.6'daki MFR'sinde farklı bir değere ulaşırız. Yani FRR'leri aynı olmaktadır, peki bu bize neyi ifade etmektedir. Bir örnek ile ifade edecek olursak;

İki adet eşit büyüklükte kova alalım ve bunların dibine eşit büyüklükte delikler açalım. Birinci kovanın içerisine hepsi aynı boyutlarda olan çakıl taşlarını dolduralım. İkincisini ise farklı boyularda olan ve aralarında kum tanecikleride bulunan çakıllarla dolduralım. Belli bir zaman zarfında ikinci kovanın içerisinden birincisine göre daha fazla ağırlıkta çakıl boşaldığı tartılarak ölçülür. Birinci kovadaki çakıllar birbirleri arasında daha fazla boş yüzeye sahip iken ikincisinde bu açıklar kum tanecikleri tarafından doldurulmaktadır.

Bu olay, molekülleri orifisten veya ekstrüzyon kalıbından dökülüyor şeklinde düşündüğümüzde benzerdir. Bazı materyallerin molekülleri hemen hemen aynı büyüklüktedir ki, bunlara dar moleküler ağırlık dağılımlı materyaller denilir. Diğer

materyeller ise değişik ebatlarda moleküllere sahiptirler, bunlara ise geniş moleküler ağırlık dağılımı moleküller denilir.

Dar moleküler ağırlık dağılımı materyallerin (düşük FRR) orifise doğru madde akışı geniş moleküler ağırlık dağılımı moleküllere (yüksek FRR) göre daha yavaştır. Diğer ifade ile eğimi fazla olan daha hızlı akış göstermektedir.

Üretim esnasında aynı basınç şartlarında FRR'si daha büyük olan birim zamanda daha fazla ürün vereceğinden seçeceğimiz ürünün FRR'sine bakılarak tercih yapılmasında fayda vardır.

Farklı MFR'deki polimerlerin diğer özellikleri ile ilişkisi ;

MFR artarsa (kısa moleküller):

-kimyasal direnç azalır

-eriyik mukavemeti azalır

-filmin yırtılma mukavemeti azalır

-darbe mukavemeti azalır

-gerilme çatlaması direnci azalır

-hava direnci azalır

-akış özellikleri artar

-Sertlik ve gaz bariyeri özellikleri MFR değişimiyle alakalı değildir.

-MFR materyalin moleküler uzunluğunun ölçülmesidir. Daha kısa zincir, daha yüksek MFR.

MFR materyalin ortalama moleküler ağırlığının ölçülmesidir. Daha yüksek ortalama moleküler ağırlığı, daha düşük MFR.

II.8. BORU BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

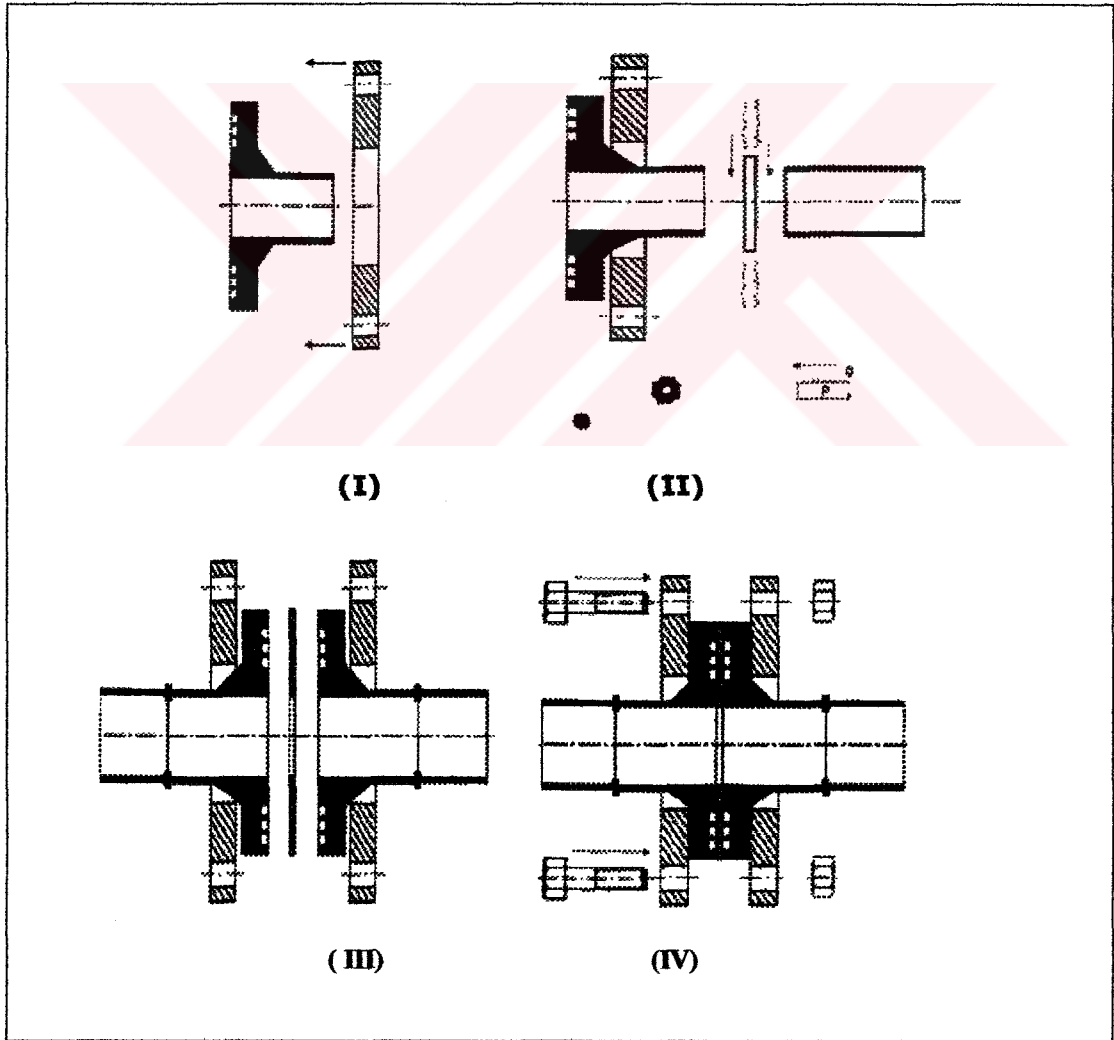
II.8. 1. Mekanik Birleştirme

II.8.1.1. Contalı Birleştirme

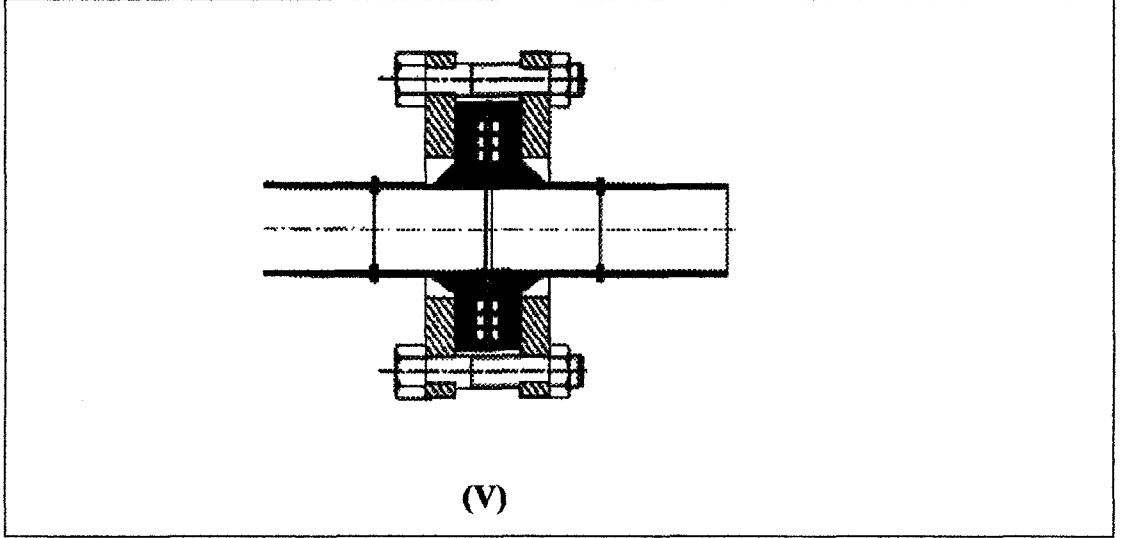
Akışkanların naklinde borulardan beklenen başlıca özelliklerden biri de sızdırmazlıktır. Özellikle kanalizasyon hatlarında sızdırmanın yanında bitki köklerinden

boru içerisinde girerek tıkanmalara neden olması da söz konusudur. Akışkanların naklinde kullanılan borularda zemin hareketleri oluşumunda borular farklı hareket etmektedirler. Bu farklı çalışmalarda boruların gerek contalı birleşim noktalarından sızdırma riski taşınmaları ve gerekse bu noktalardan bitki köklerinin boru içerisine girme riski taşınmaları sebebiyle zorunlu kalmadıkça contalı birleştirme yöntemi pek önerilmemektedir. Contalı birleştirmede kullanılan contalar DIN 4060 ve EN 681 standartlarına göre EPDM kauçuktan üretilmektedir. Bu metod $\text{Ø}150 - \text{Ø}450$ mm çapla arasındaki borulara uygulanmaktadır.

II.8.1.2. Flanşlı Birleştirme



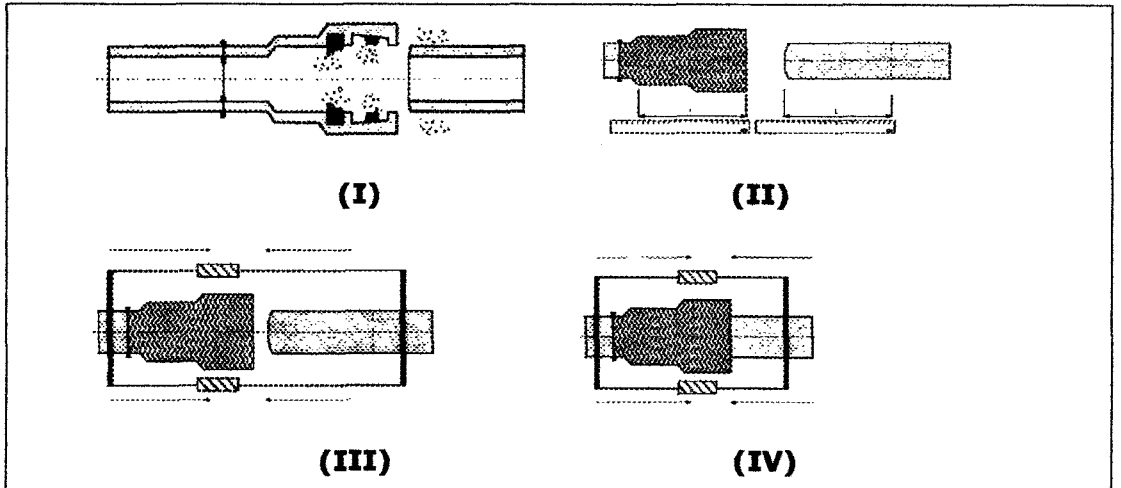
Şekil II.8.1.2.1. Flanşlı birleştirme şematik gösterilişi



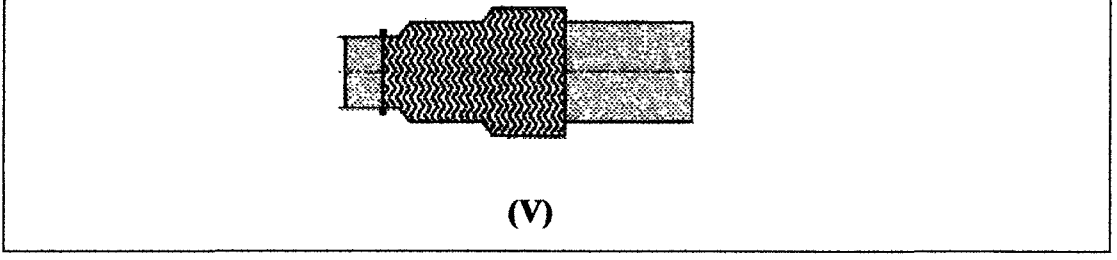
Şekil II.8.1.2.1. (Devam)

Metal flanş, plastik flanşa geçirilerek, metal flanş ile plastik flanş, bağlantısı yapılacak olan boru ucuna alın kaynağı ile kaynatılır. Boruya kaynatılmış olan flanşın karşısına aynı şekilde flanşlı olan parça (boru, fitting, hidrant vs.) getirilir ve birleşecek olan bu iki parça arasına lastik conta merkezlenerek yerleştirilir. Sistemin birleşimini sağlamak amacıyla civata ve somunlar metal flanşlardan geçirilerek sıkılır ve contanın plastik flanşlar arasında ezilerek sızdırmazlık görevi yapması sağlanır. Montajı yapılan civatalar birkaç tur fazladan sıkılarak oluşan boşluklar alınır. Bu aşamadan sonra sistem kullanmaya hazır hale gelir.

II.8.1.3. İtme Soket Birleştirme



Şekil II.8.1.3.1. İtme soket birleştirme şematik gösteriliş



Şekil II.8.1.3.1. (Devam)

Borunun mufa kolay geçmesi ve bu geçiş esnasında contalara zarar vermemesi için muf içindeki contaların üzerine bir kaydırıcı (arap sabunu) sürülür. Bu işlem borunun mufa geçecek kısmına da uygulanır. Muf içersindeki girme derinliği ölçülür ve bu mesafe boru üzerine işaretlenir. Muf ve boru aynı eksende uç uca getirilir. Mufa geçirilecek boru çapına uygun olan çekirme aparatları boru ve muflu kısmın üzerine monte edilir. Çekirme aparatlarının kolları yardımıyla boru ve muf montajı gerçekleştirilir. Çekirme esnasında mufa geçecek olan borunun muf ile muhakkak aynı eksende iken çektirilmesine özen gösterilmelidir. Aksi takdirde conta zarar görebilir. Boru üzerine işaretlenmiş olan girme derinliği çizgisi muf ağzına geldiğinde çekirme işlemi bitirilir. Montaj işlemi tamamlanan boru ve mufun üzerindeki çekirme aparatları sökülerek yeni birleştirmeye geçilir.

II.8.2. Kaynaklı Birleştirme

II.8.2.1 Alın Kaynağı Metodu

Alın kaynağı, aynı çap ve et kalınlığındaki boru ve fittinglerin birbirine alın altına yapıştırılması suretiyle gerçekleştirilen bir bağlantı metodudur. Kaynak yapılacak parçaların ağız kısımları, düzgünce tıraşlanarak erime sıcaklığına kadar ısıtılır. Daha sonra da belirli bir basınçla birbirine alın altına yapıştırılır. Kaynak basıncı, sıcaklık ve zaman malzemenin kendi kimyasal ve fiziksel özelliklerini bozmayacak şekilde ayarlanır.

Kaliteli bir alın kaynağında bağlantı en az orijinal borunun sahip olduğu dayanıma sahiptir. Kaliteli bir alın kaynağı elde edebilmek için de kaynak basıncı, sıcaklığı ve zaman parametreleri titizlikle ayarlanmalıdır. Bu kaynak tekniği 63 mm'den büyük boyutlar için uygundur.

INSTA (İskandinav Ülkeleri Standardizasyon Çalışmaları) projesi polyolefin boruların optimum kaynak parametrelerini tespit etmek amacıyla, özellikle büyük çaplı borular için, standard oluşturmaya çalışmıştır. Bu proje hem hammadde üreticisini hem de boru üreticilerini ilgilendirmektedir.

INSTA projesinde polietilen ve polipropilen alın kaynağı hassas olarak analiz edilmiştir. Parametreler değiştirilerek kaynaklar elde edilmiş ve ardından DVS 2203 Kısım 42'e göre uzun dönem testleri gerçekleştirilmiştir. Bütün testler Norveç Test Enstitüsü olan SINTEF'te yapılmıştır. Burada en önemli test parametresi olarak ısıtma süresi bulunmuştur. Bu, iyi bir kaynak kalitesi vermesi için yeterince uzun olmalıdır. Kaynak parametreleri önem sırasına göre aşağıda verilmiştir.

1. Isı yükselme zamanı

Yerterli genişlikte kaynak bölgesi elde edilmelidir. Isıtma basıncı az önemlidir.

2. Soğutma zamanı

Çok kısa soğutma zamanı iç gerilmeler nedeniyle kaynakta kırılğan bir yapı meydana getirir.

3. Basınç yükseltme zamanı

Isıtmadan sonra boru uçları süratle birleştirilmeli ancak basıncı tedrici olarak arttırmalıdır.

4. Ütü uzaklaştırma zamanı

Bu süre mümkün olduğunca kısa olmalıdır, 10 saniyeden kısa olması tavsiye edilir. Çünkü yüzey çok çabuk soğur. Yapılan incelemelerde sıcaklığın boru yüzeyinden ilk 3 san. İçerisinde 187 °C'den 170°C'e düştüğü tespit edilmiştir. Eriyik halde bulunan hammadde ise çok hızlı bir şekilde oksitlenebilmektedir. Ürünün mukavemetini etkileyen en önemli parametrelerden olan bu hususa dikkat edilmelidir.

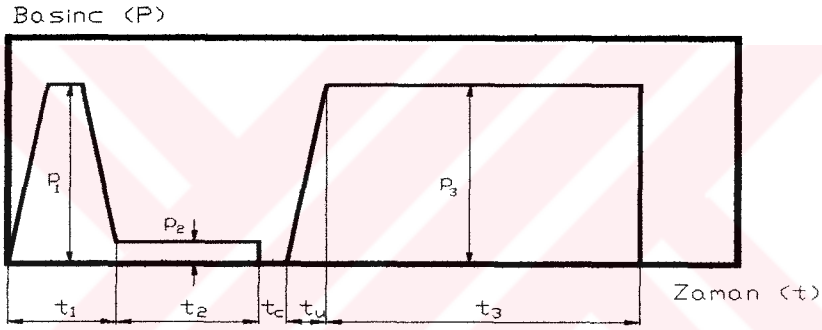
5. Basınç

Basınç geniş bir aralık içerisinde uygulanabilir (0.10-0.22 Mpa). Sürtünme kayıplarının yüksek olacağı durumlarda düşük değerleri tavsiye edilmez. Uygun görülen basınç aralığı 0.15- 0.22 Mpa'dır.

6. Sıcaklık

Mukavemette hiçbir değişikliğe sebep olmaksızın 200-230°C aralığı uygulanabilir. Ürünün sıcaklığının artırılması ile kaynak mukavemetinin artırılması mümkün değildir.

INSTA'nın raporunun sonucuna göre sıcaklık ve basınç çok geniş bir aralıkta uygulanabilir ve kaynak bağlantısının kalitesini çok az etkiler. Yapılan testlerde diğer bütün parametreler sabit kalmak kaydıyla sıcaklık 180-260°C arasında, basınç ise 0.05-0.7 Mpa arasında değiştirilmiştir. Kaynak bağlantıları uzun ve kısa süreli testlere tabi tutulmuş ancak birbirinden ayıracak derecede farklılıklara rastlanmamıştır. Ayrıca kaynaktaki eriyiğin yer değiştirmesi yani boruda dudak (bead) yapması uygulan basınca bağlıdır ama belli bir seviyeye kadar basınçtan bağımsızdır. Isıtma sıcaklığındaki değişimler sadece eriyiğin yer değiştirmesine ve dudak miktarının artmasına neden olur. Fiziksel proses esnasında bağ oluşumu hemen hemen hiç etkilenmez. Kaynak işleminin son safhasında materyal sıcaklığı 120-125°C olur ki bu da polietilenin erime sıcaklığına eşittir.



Şekil II.8.2.1.1. (Janson, 1995) Alın kaynak prosedürünün gösterilmesi

Kaynak prosedürü aşağıda tablo halinde sunulmuştur. Basınç (boru etindeki basma gerilmesi olarak ifade edilmiştir) zamanın fonksiyonu olarak verilmiştir. Isıtma elemanı olan ütü, kaynak sıcaklığına ulaştığında prosedür başlar ki bu normalde HDPE için 220°C, MDPE için 210°C ve PP için ise 200°C olarak uygulanır. Ütü iki borunun uçları arasına konur ve ilk yüksek basınç P_1 uygulanır. T_1 süresi ise boru uçlarının tamamının ütü yüzeyine temas edene kadar süredir. Sonra hemen hemen sifıra yakın bir basınçta sabit tutularak T_2 süresince beklenilir. Bu süre boru etkalınlığının fonksiyonu olarak seçilebilir ve çok uzun olarak alınır. Yaygın olarak yapılan hata T_2 süresinin çok kısa seçilmesidir. Böylece eriyik hale geçen materyalin derinliği P_3 basıncı uygulandığında yetersiz kalır. Aynı zamanda eriyik materyalinin tamamını kenara kaçırarak kadar bir kuvvet uygulanmamalıdır ki bu soğuk kaynağa neden olur.

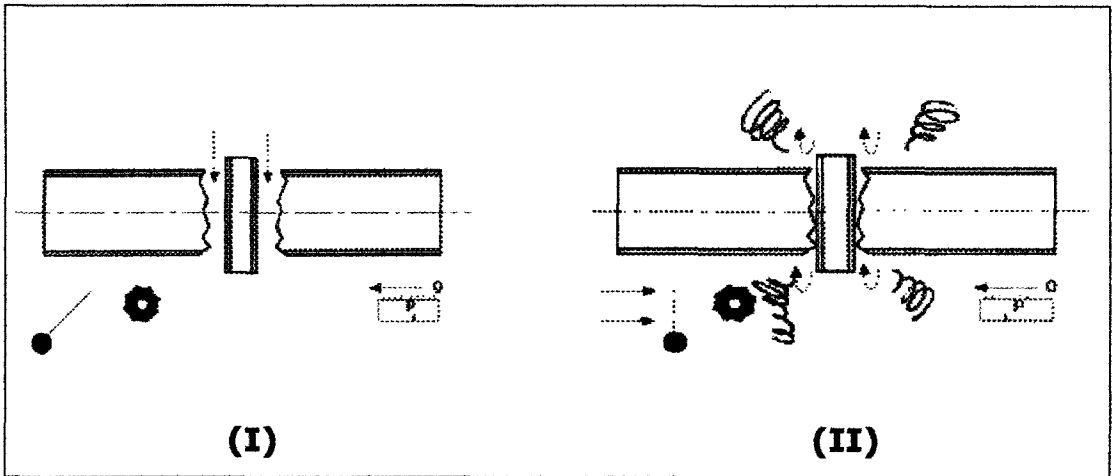
T_c zamanı boru uçlarının geri çekildiğinde, yani basınç sıfır olduğunda, ütünün geri alınma ve boruların tekrar birleştirilmesinde geçen zamandır. Burası da en kritik

durumlardan biridir. Çünkü bu süre zarfında boru yüzeyi serbest olarak havaya maruz kalır ve termal oksidasyon olur, bu arada boru sıcaklığı aşağı düşer. Sonuç olarak T_c süresinin olabildiğince kısa tutulması son derece önemlidir.

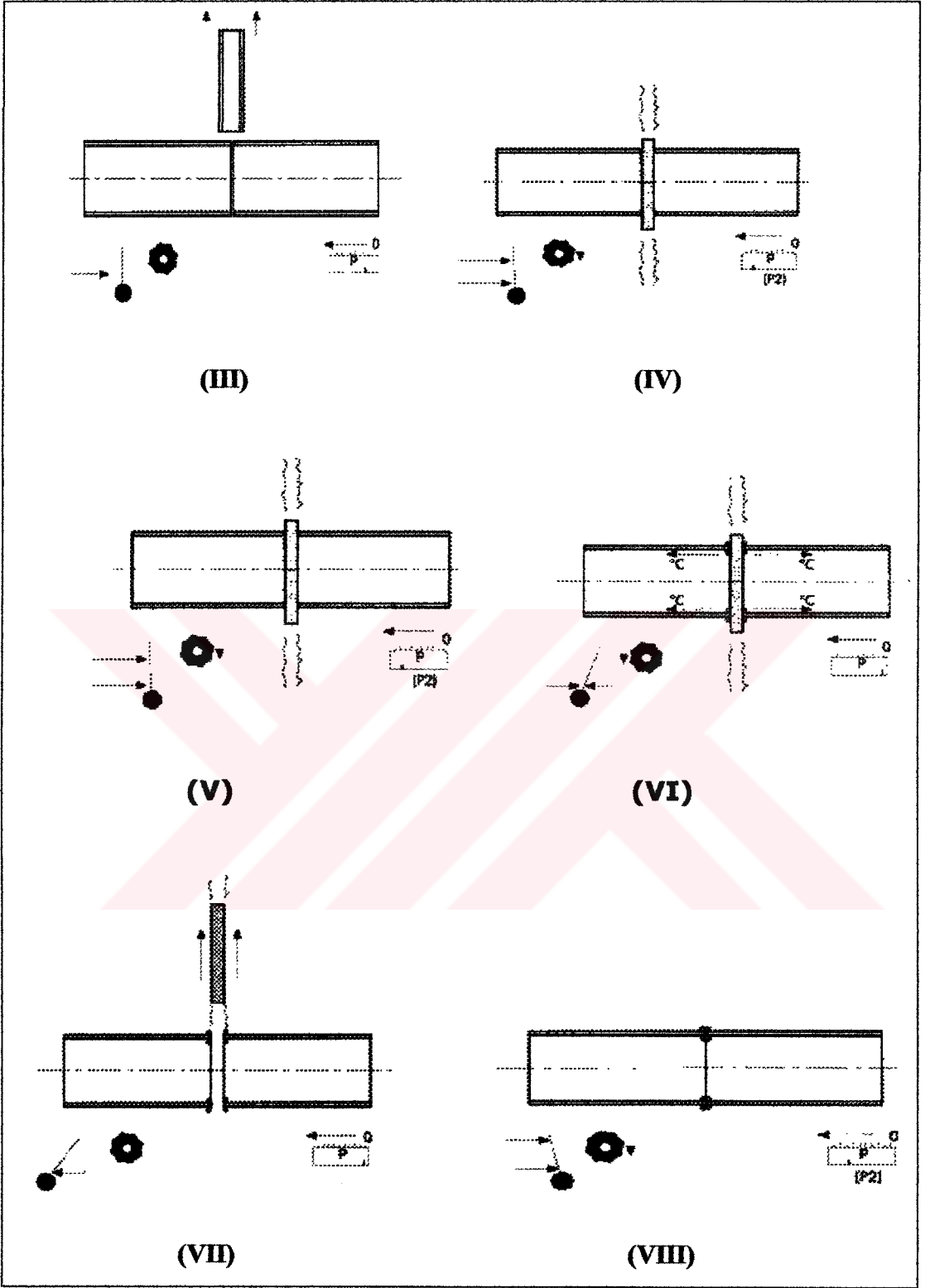
Sonra T_u süresinde P_3 basıncı teşekkül ettirilir. Bu basınca çok yumuşak biçimde ulaşılmalıdır, çok kısa sürede olmamalıdır. Kaynak basıncı P_3 , P_1 ile aynı büyüklükte olmalı T_3 soğuma zamanında sabit tutulmalıdır. Soğuma zamanının kaynak kalitesinde önemli bir etkiye sahip olduğu teyid edilmiştir. Yayıgın hata ise kaynak kapasitesini arttırmak için bu sürenin çok kısa seçilmesidir.

Aşağıdaki kaynak parametreleri danimarka standardlarına göre dir. S = boru et kalınlığı, D ise boru anma dış çapıdır.

Ütü sıcaklığı		200-220°C
Isıtma basıncı	P_1	HDPE 0.18 Mpa
		MDPE 0.15 Mpa
		PP 0.15 Mpa
Isıtma zamanı	T_1	kaynak dudaklarının yüksekliği $e = 0.5 + 0.1s$ 'e ulaşana kadar
	P_2	takribi 0.01 Mpa
Isıtma zamanı	T_2	15s sn
Ütü uzaklaştırma zamanı	T_c	$3 + 0.01 D$ sn
Basınç teşekkül etme zamanı	T_u	$3 + 0.03 D$ sn
Kaynak basıncı	P_3	P_1 'e eşit
Soğuma zamanı	T_3	$10 + 0.5s$



Şekil II.8.2.1.2 Alın kaynağı metodu şematik gösterilişi



Şekil II.8.2.1.2 (Devam)

Tıraşlayıcı kaynak edilecek boruların arasına yerleştirilir. Kaynak yapılacak boruların alın yüzeyleri eksene dik olacak şekilde traşlanır. Bu traşlama işlemi aynı zamanda okside olmuş tabakayı alır. Tıraşlayıcı, dışarıya alınır ve alın yüzeyleri temizlenen borular uc uca getirilerek eksen kontrolü yapılır. Kaynak yapılacak

boruların arasına 200-230°C arasında sıcaklığa sahip olan teflon kaplı ütü yerleştirilir. Alın kaynağı parametreleri cetvelinde istenen dudak yüksekliği oluşana kadar sıkıştırma kolu yardımıyla borular ütüye yapıştırılır ve kol yıldız kavrama ile kilitlenir. Basınç göstergeden izlenir (P_2). Cetvelde belirtilen dudak yüksekliği oluşana kadar (T_1) bekledikten sonra basınç kaldırılır ve ısının boru kesitine ilerlemesi sağlanır. (Serbest Isıtma Süresi). Bu esnada borular ile ütü yüzeyi arasında boşluk kalmamasına dikkat edilmelidir (T_2). Cetvelde gösterilen serbest bekleme süresi dolduktan sonra ütü aradan kaldırılır (T_C). Alın yüzeyleri erimiş olan borular sıkıştırma kolu vasıtasıyla uç uca getirilerek yavaşça artan bir şekilde sıkıştırılır ve kilitlenir. Kaynak için gerekli olan basınç göstergeden okunur, bu halde cetvelde verilmiş olan soğuma süresi kadar beklenir ve kaynak tamamlanır. (T_3)

II.8.2.2. Elektrofüzyon Kaynağı Metodu

1970'lerde HDPE ve MDPE boruları düşük basınçlı gaz dağıtım hatlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Borular normalde toprak altına gömülü olarak, küçük çaplarda yani \emptyset 20-225 mm arasında kullanılmıştır. Kaynaklarda daha güvenli ve hızlı kaynakların gerçekleştirilmesi gündeme gelmiş ve bunun neticesinde boru ve fittinglerin birleştirilmesinde elektrofüzyon yöntemleri geliştirilmiştir. Bu teknik günümüzde içme suyu hatlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Özel fittinglerin içerisine kaynak yapılacak bölgeye, ısıtıcı eleman olarak teller gömülmektedir. Kullanılan fittingler temelde çift taraflı olarak yapılır. Çekirdekte bulunan tellere elektrik girişi dışarıdan yapılacak şekilde dizayn edilir. Uçları temizlenmiş iki borunun ucu fitting içerisine geçirilir, daha sonra akım kontrol kutusu vasıtası ile terminalden tellere verilir. Akım neticesinde ısınan teller füzyon kaynağını fitting ve boru yüzeyini eriterek yapar. Füzyon zamanı ve güç miktarı kontrol kutusundan elle ve otomatik olarak ayarlanır. Geniş yelpazedeki standard fittingler, braşman semerleri vs. \emptyset 250 'ye kadar elektrofüzyon programlarında bulmak mümkündür.

Önemli bir mesele de birleşmenin uzun dönem uzama mukavemetinin özellikle analiz edilmesidir. Bu 80°C'de düzenli olarak yapılacak iç basınç testlerinde kontrol edilebilir. Ancak bu uzun dönem mukavemetinin testi için yeterli değildir. Çünkü bu

testler çevresel gerilmenin yarısına tekabül eden eksenel kuvvetler oluştururlar. Kaynak kabiliyeti için ürünlerin MFI değerleri gözönüne alınmalıdır.

Bu metod genellikle çok yüksek emniyet istenen sistemlerde kullanılır. Elektrofüzyon kaynak makinası ve elektrofüzyon manşon bulunması gerekir. Bu sistemin alın kaynağına göre maliyeti yüksektir.

Elektrofüzyon kaynağı, küçük çaplı borulara Ø20 - 110 mm arası çaplara uygulanması ekonomiktir.

Elektrofüzyon kaynağı yapılacak fitting iki şekilde temin edilir.

1. Kendinden elektrofüzyon (EF) kuşaklı fittingler.
2. Elektrofüzyon (EF) manşonla birleştirilebilen fittingler. (Bu fittinglerin her birleşim ucu için bir adet manşona ihtiyaç vardır.)

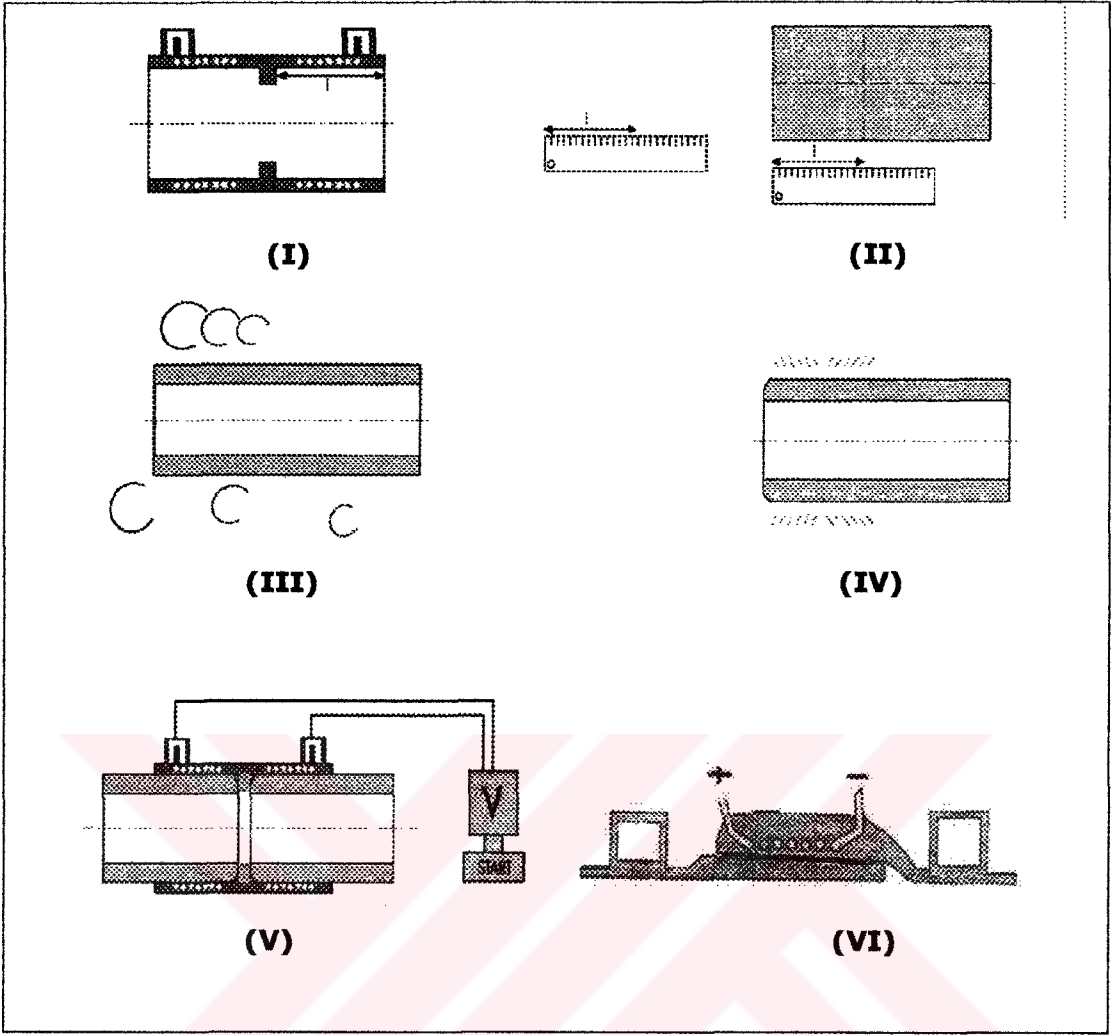
İlk önce kaynak yapılacak boru uçları düzgün olarak ince dişli testere ile kesilir. EF manşona girecek boru ucu ölçülerek işaretlenir. İşaretlenen kısmın tüm yüzeyindeki oksitlenmiş tabaka kazıma aparatı ile talaş kaldıracak şekilde kazılacak ve alkol ile temizlenecektir. EF manşonun içi de alkol ile silinecektir. Hazırlanan uçlar manşon içine sokulur. Borular standardın öngördüğü değerlerde oval olabilir. Bu durumda ovalik alıcı pense kullanılmalıdır. EF parça ile birlikte barkot etiketi bulunmalıdır.

İki tip elektrofüzyon makinası vardır.

1. Barkot okuyabilen tip; Parça ile birlikte gelen barkot etiketi okutulur, makina kaynak süresini dış hava sıcaklığına bağlı olarak otomatik ayarlar. Bu tip makinalara süre istenirse manuel olarak girilebilir.

2. Manuel tip; Barkot etiketinde yazan süre el ile hava sıcaklığına bağlı olarak girilir. Etiketinde hava sıcaklığına bağlı süreler yazılıdır.

Kaynak makinasına gelen elektrik en 220-240 V arası olmalı ve kaynak süresince 220 nin altına inmemelidir. Elektrik enerjisi jeneratör ile sağlanacak ise voltaj regülatörlü ve en az 3,5 kW gücünde olmalıdır. Kaynak olan boru soğuyana kadar oynatılmamalı ve kesinlikle su ile temas ettirilmemelidir.



Şekil II.8.2.2.1. Elektrofüzyon kaynağı şematik gösterilişi

II.8.2.3. Ekstrüzyon Kaynağı Metodu

Büyük çaplı fittinglerin, dönüşlerin, bransmanların, redüksiyonların ve depo gibi mamüller normalde alın kaynağı ile gerçekleştirilmez. Önceleri aynı esaslı materyalden yapılan çubuklar ile sıcak gaz kaynağı kullanıldı ancak 1970'in ilk yıllarında daha güvenli ve ucuz olan ekstrüzyon kaynağı geliştirildi. Kaynak çubukları eritilerek doğrudan kaynak ağzına sıkılır. Bu bölge, sıcak hava üflemek suretiyle kaynak sıcaklığına ön ısıtma ile çıkarılır.

Ekstrüzyon kaynağı ile alın kaynağı ve sıcak gaz kaynağının uzun dönem mukavemet değerleri karşılaştırılmıştır. Kaynaktan alınan çubuklar 2.5 ve 4.5 MPa arasında çekme gerilmesine, 80 °C'de %2 deterjan katılmış suda teste tabi tutulmuş ve aşağıdaki kaynak faktörleri elde edilmiştir.

Birleştirme Metodu	Kaynak Faktörü
Sıcak gaz kaynağı	0.57
Alın kaynağı	0.84
Ekstrüzyon kaynağı (V ağzı)	0.85
Ekstrüzyon kaynağı (X ağzı)	0.98

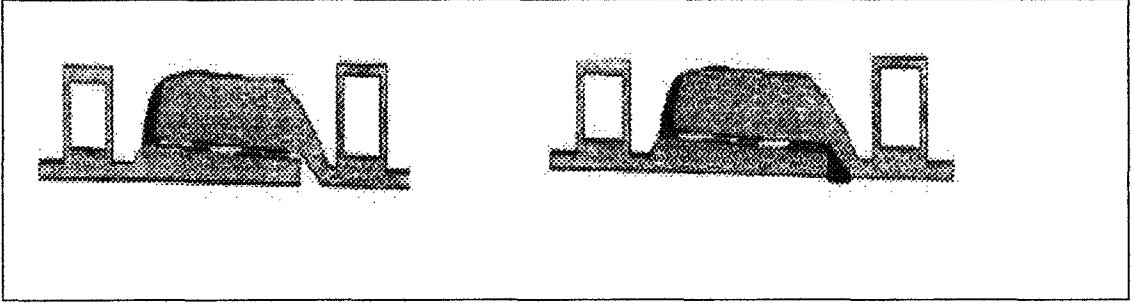
Ekstrüzyon kaynağının yapılması için; En az 7 kw gücünde jeneratör gereklidir. Mufun içinde ekstrüzyon kaynak yapılacak yüzey raspa ile temizlenir.

Boru mufa geçirilerek, borunun kaynak olacak tarafı aynı şekilde raspa ile kazınarak yüzey temizlenir. El ekstrüderi elektriğe takılarak ısıtılır. Kaynak yapmaya hazır hale getirilir. Termostatı 200-230°C ayarlanır.

El ekstrüder makinasında kaynatılacak yüzeyi kaynak sıcaklığına eristirebilecek şekilde ayarlanmış sıcak hava üfleci ile kaynak bölgesi eritilir. Akabinde el ekstrüderinden uygun sıcaklıktaki malzeme kaynak bölgesine akıtılır. El ekstrüderinin teflon ayağı ile kaynak için gerekli basınç akıtılan malzeme üzerine uygulanır. Teflon ayağın dışına taşan malzeme daha sonra raspa ile temizlenir. Kaynak bölgesinin derinliği bir pasoda doldurulamamış ise boru içine bir tur kayan işlemi yapıldıktan sonra kaynak edilmemiş yüzey yeniden raspalanır. İnce bir tabaka tıraşlanır. Yukarıdaki işlem tekrar uygulanır. Normalde 20 mm et kalınlığına kadar tek pasoda doldurmak mümkündür. Ancak bu işlem makina kapasitesine bağlıdır. Ekstrüzyon ile kaynak birleştirme iki çeşittir

1. 4 mm el kaynağı ile; Tanımlanan hazır çekilmiş Ø4 mm polietilen malzemeden mamül telin sıcak hava ile birlikte uygun noktaya kaynak dolgu elektrodu olarak uygulanmasıdır. bizim alışık olduğumuz puntalama tabiri bu tip birleştirme için uygundur.

2. El Ekstrüder Kaynağı: Büyük tip ekstrüderin tamamen küçültülmüş halidir. bir vida kovan mekanizması ve ısı bölgeleri açma kapama otomatik elektronik kumanda merkezi ve üzerinde monteli sıcak hava üflecinden oluşur. Hammadde beslemesi bazı tiplerde granül olabileceği gibi hazır çekilmiş ø4mm polietilen elektrotta olabilir.



Şekil II.8.2.3.1 Elektrofüzyon kaynağı boru kesiti

II.9. POLİETİLEN BORULARA UYGULANAN TESTLER VE AMAÇLARI

1. MFI (melt flow index=eriyik akış hızı)

Malzemenin ekstrüderde çekilmeden önceki akış davranışını simüle etmek için kullanılan cihazdır. Bu cihaz ile malzemenin birim sıcaklık ve zamandaki akışı hakkında bilgi edinilir. Bu sayede malzemenin ekstrüder içindeki davranışı hakkında önceden bilgi sahibi olunur. Kullanılan standart ISO 1133'tür

2. Hassas terazi

MFI cihazından alınan malzemenin ISO 1183'e göre havadaki ve yoğunluğu bilinen sıvıdaki ağırlıkları alınarak ve formüle edilerek yoğunluk tayini yapılır.

3. İzod-charpy test cihazı

Bu cihazda farklı ağırlıktaki malzeme kullanılarak serbest düşürme yöntemiyle ne kadar enerji emdiği, birim alana ne kadar kuvvet uygulanabileceği bulunur. Bu sayede ani darbelere karşı farklı yönlerdeki davranışları hakkında ön bilgi edinilir. Kullanılan standartlar TS 1004, TS 1005, ISO 179, ISO 180.

4. Çekme-basma cihazı

Bu cihaz ile taşıyabileceği maksimum yük, elastiklik modülü (birim alanda taşıdığı kuvvet), maksimum gerilme, % uzama, deformasyon, kopma anındaki uzama, kopma anındaki gerilme vs hakkında bilgi edinilir. Malzeme sahaya gitmeden önce ne tür davranışlarda bulunacağı tahmin edilebilir. Kullanılan standart ISO 527'dir.

5. Hollow die punch(numune alma cihazı)

ISO 527'de belirtilen ölçülerde çekme cihazı için numune hazırlamada kullanılır.

6. Shore sertlik cihazı

Malzemenin sertliğinin tespitinde kullanılmaktadır. Eğer malzeme çok yumuşaksa üzerine yük geldiğinde ürün kağıt gibi olacak, eğer malzeme çok sertse üzerine yük geldiğinde ürün kırılacaktır. Bu yüzden ürün sertliği ISO 868 / DIN 53505 nolu standartta belirtilen aralıklarda olmalıdır.

7. Mikrotom cihazı

Ürünün iç yapısını görmek amacıyla mikroskop görüntü sistemi için parça kesmeye yaramaktadır.

8. Mikroskop görüntü sistemi

Malzemenin fibril yapısını görmek için kullanılan sistemdir. Buradaki amaç ürün içersinde düzgün yapının elde edilmesidir. eğer görüntü fibriler (çizgisel) yapıda değilse ya üretim esnasında ya da hammaddenin iç yapısında sorun var demektir.

9. Etüv derin dondurucu

Şoklama deneyi için kullanılmaktadır. Belirli aralıklarda etüve ve derin dondurucuya koyulan malzemelere çarpma testi uygulanmakta ve farklı sıcaklıklarda davranışı incelenmektedir.

10. Etüv

Isıl stabilite testi için uygulanmaktadır. Buradaki amaç belli boydaki malzemenin belli sıcaklıkta ve sürede tutularak boydaki değişim incelenerek %3'ü geçmemesi hedeflenmektedir. Sebep belli sıcaklık altında kalan malzemedede genişmekte ve boyca uzamakta, soğuyunca bir miktar büzülmekte fakat tam olarak eski haline dönmemektedir. Bu da kapalı bir sistemde ovalleşmeye yol açabilmektedir. Kullanılan standart TS 5450'dir.

11. Basınç testleri

TS 5439' a göre polietilen boruların iç basınca mukavemetinin tayini için ilgili standartlarda belirtilen değerlere göre 20°C de 100 saat, 80°C de 165 ve 1000 saatlik basınç testleri uygulanmaktadır. İlgili standartlar PE 100 için ISO 4427, PE 80 için ISO 4437 ve TS 10827

12. Moment dayanımı testi

Metalli fittinglerin plastik ile beraber uyumlu çalışmasını kontrol amacıyla sızdırmazlık tayini yanısıra moment testi yapılmaktadır. 95°C sıcak suda 1,5 saat

bekletilen metalli parçalara torkmetre ile moment uygulanır. Ürünün olur alabilmesi için en az 4 kgm'yi sağlaması gerekmektedir.

13. Crosslink oranı tespit deneyi

Pex boruların çapraz bağlanma derecesinin tayini amacıyla TS-EN 579'a göre test yapılır.

14. Dsc-Oit cihazı (differential scanning calorimetri and oxygen induction time)

Malzemenin özelliklerinin analizi için kullanılmaktadır. Malzeme hangi sıcaklıkta erimeye başlar, hangi sıcaklıkta ve sürede bozular, ne kadar enerji absorblar, ısınma erime enerjisi nedir? Kullanılan standartlar ASTM D 5028 / ASTM D 4591 / ASTM 3895 'dir.

15. Yanıcılık testi tayini

Alev altında malzemenin yanma süresinin ve yanıp yanmadığının tayini amacıyla kullanılmaktadır.

16. Isıtma kabinli çekme - basma cihazı

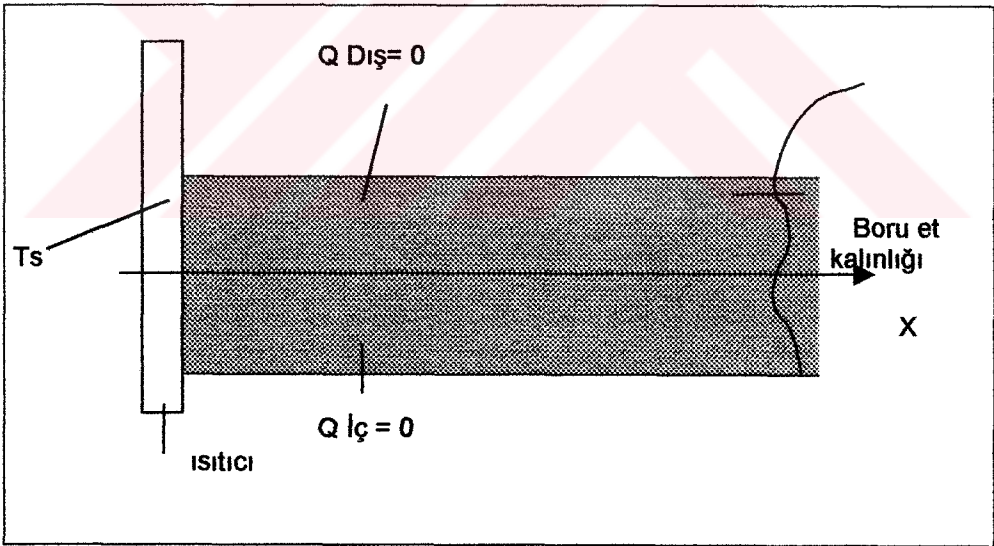
-40° den +90°C'ye kadar farklı sıcaklıklarda atmosfer ortamında kaşık şeklindeki numuneye çekme-basma testi uygulanmaktadır.

17. Özel çekme cihazı

Sabit yük altında farklı sıcaklıklarda farklı kimyasallar içinde kaşık şeklindeki numuneye çekme testi uygulanmaktadır.

BÖLÜM III TEZ ÇALIŞMALARI

III.1. ALIN KAYNAĞI ISI TRANSFERİ ANALİZLERİ



Şekil III.1.1. Alın kaynağı ısı dağılımı

Boru içinde havanın hareketsiz olması nedeniyle ısı transferi ($Q_{\text{iç}}$) ihmal edilebilir. Dış yüzeyde de büyük hava akımları yoksa ısı transferi ($Q_{\text{dış}}$) yine küçük olduğu için ihmal edilebilir. Isıtıcı yüzey sıcaklığı sabit tutulduğundan problem, yüzey sıcaklığı sabit yarı sonsuz duvar problemi haline dönüşür.

Isı İletim Genel Denklemi

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{q^o}{k} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} \quad \text{Denklem (I)}$$

a= Isıl difüzyon katsayısı

y ve z yönlerindeki ısı transferi dolayısıyla sıcaklık gradyeni ihmal edildiğinden ve ısı üretimi olmadığından denklem

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} \quad \text{haline dönüşür.} \quad \text{Denklem (II)}$$

$$T(0,t) = T_s$$

T(x,0)=T_i sınır şartlarına göre çözüm yapıldığında

$$\frac{T(x,t) - T_s}{T_i - T_s} = \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right) \quad \text{elde edilir.} \quad \text{Denklem (III)}$$

(erf) hata fonksiyonu olup ısı transfer kitaplarında tablo halinde verilmiştir.

Yüzeydeki ısı akısı ise

$$q = -k \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \Bigg|_{x=0} = \frac{k \cdot (T_s - T_i)}{\sqrt{\pi \cdot a \cdot t}} \quad \text{Denklem (IV)}$$

olur.

Denklem (III)'den yüzeyden iç bölgelere doğru sıcaklıkların zamana göre değişimleri Denklem (IV) ten de yüzeydeki ısı akılarının zamana göre değişimleri bulunur.

Kaynak bölgelerinde belirli bir kalınlık artışı sağlamak ve ısıtıcının uzaklaştırılması sırasında yüzeyin fazla soğumaması için ısıtma süresi standartlarda verilmiş olup büyük çaplı borularda yaklaşık 12 dakika civarındadır.

PE için Isı iletim katsayısı ortalama $k=0,25$ W/mK Isınma ısısı $C_p=2,6$ kJ/kgK,

$\rho=950$ kg/m³ alındığında ısı difüzyon katsayısı;

$$a = \frac{k}{\rho C_p} = 10^{-7} \text{ m}^2 / \text{s}$$

Denklem (III) den

$$\frac{T(x,t) - T_s}{T_i - T_s} = \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right)$$

$t=700$ sn için; $x_1 = 0,001\text{m}$, $x_2 = 0,003\text{m}$, $x_3 = 0,005\text{m}$, $x_4 = 0,01\text{m}$

$x_5 = 0,015\text{m}$, $x_6 = 0,02\text{m}$

$$\frac{T_1 - T_5}{T_i - T_5} = \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right)$$

$$x_1 = 0,001\text{m} \quad \frac{T_1 - 210^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C} - 210^\circ\text{C}} = \text{erf}\left(\frac{0,001\text{m}}{2\sqrt{10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} 700\text{s}}}\right)$$

$$\frac{T_1 - 21^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C} - 210^\circ\text{C}} = \text{erf}(0,05976) \text{ (Eka' dan)}$$

$$\frac{T_1 - 210^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C} - 210^\circ\text{C}} = 0,06762$$

$$T_1 = 197,15^\circ\text{C}$$

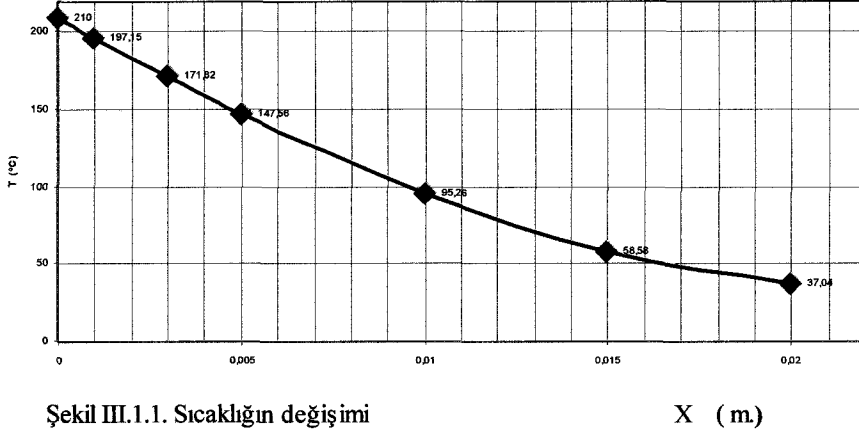
$$x_2 = 0,003 \text{ m için} \quad T_2 = 171,82^\circ\text{C}$$

$$x_3 = 0,005 \text{ m için} \quad T_3 = 147,56^\circ\text{C}$$

$$x_4 = 0,01 \text{ m için} \quad T_4 = 95,26^\circ\text{C}$$

$$x_5 = 0,015 \text{ m için} \quad T_5 = 58,58^\circ\text{C}$$

$$x_6 = 0,02 \text{ m için} \quad T_6 = 37,04^\circ\text{C}$$

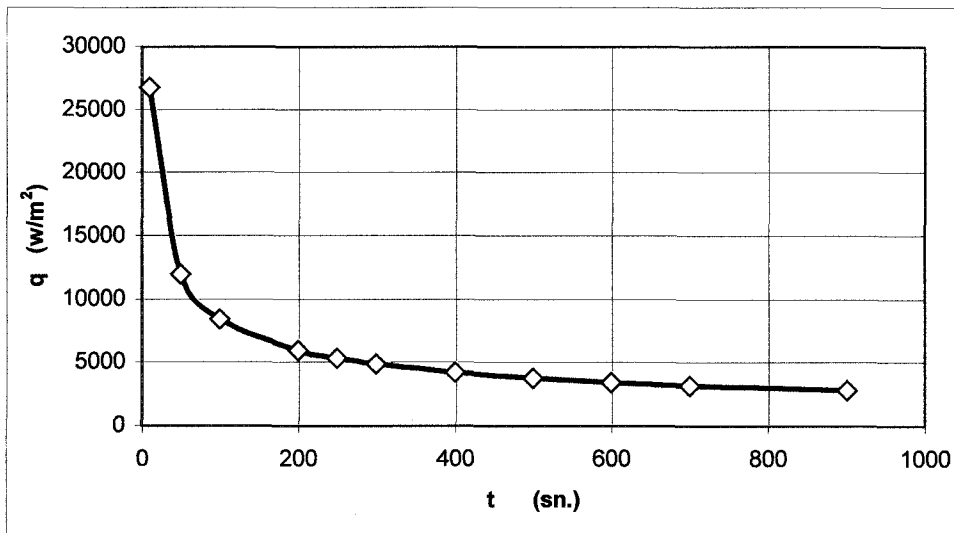


Denklem (IV) den

$$\text{Isı akısı da } q = \frac{0,25w/mK(210 - 20)^{\circ}C}{\sqrt{\pi \cdot 10^{-7} \frac{m^2}{s} \cdot t}} \text{ olur.}$$

III.1.1. Yüzeydeki Isı akısının zamana göre değişimi

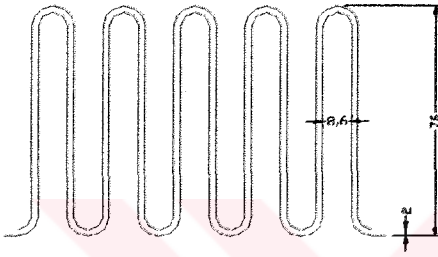
T(sn)	10	50	100	200	250	300	400	500	600	700	900
$q\left(\frac{w}{m^2}\right)$	26799	11984	8474	5992	5359	4892	4237	3789	3459	3203	2824



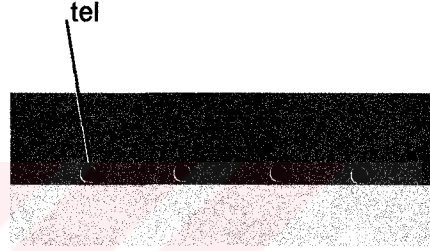
Şekil III.1.2. Isı akısının zamana göre değişimi

III.2. ELEKTROFÜZYON KAYNAK YÖNTEMİ ANALİZLERİ

Bu yöntemde iki boru arasına elektrik direnç teli döşenerek ve daha sonra da elektrik verilerek PE'nin erimesi ve kaynaması sağlanır. Ancak büyük çaplı borularda tel sarımı aşağıdaki şekilde olmak zorundadır. Aksi halde uzayan tel boru içinde hareket ederek kaynağa mani olur.



Şekil III.2.1 Denejde kullanılan tel geometrisi



Şekil III.2.2. Boru Kesiti

Tel iki boru ara yüzeyine yerleştirildiği için burada yarı sonsuz duvar yaklaşımı yapılabilir. Bu yaklaşıma göre ısı akıları hesaplandığında en iyi direnç telinin bakır olduğu görülmüştür.

$$R(T_2) = R(20^\circ\text{C}) [1 + \alpha (T_2 - 20^\circ\text{C}) + \beta (T_2 - 20^\circ\text{C})^2]$$

$$R(20^\circ\text{C}) = \frac{l \cdot \rho}{s}$$

Bakır için; $\rho = 0,0178 \Omega \text{ (mm}^2/\text{m)}$

l : Tel boyu (m)

ρ : Öz direnç $\Omega \text{ (mm}^2/\text{m)}$

s : Kesit alanı (mm²)

α ve β telin direnç kat sayıları olup bakır için

$$\alpha = 0,00393 \text{ 1/}^\circ\text{C}$$

$$\beta = 0,6 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}^2$$

Verilen ölçülerde tel seçilip kıvrılarak yerine döşendiğinde deneyler yapılarak aşağıdaki çaplar için tablodaki değerler bulunmuştur.

Tablo III.2.1. Boru çaplarına göre tel boyu ve gerilim ilişkisi

Boru dış çapı (mm)	Tel boyu (m)	Uygulanması gereken gerilim (Volt)
500	17	16,5
600	20	20
700	23	23
800	26	26
1000	33	32
1200	39	38
1400	45	44
1600	52	50

Ø 1000 mm Boru dış çapı için;

$$R(T_2) = R(20^\circ\text{C}) [1 + \alpha(T_2 - 20^\circ\text{C}) + \beta(T_2 - 20^\circ\text{C})^2]$$

Bakır için $\rho = 0,0178 \Omega (\text{mm}^2/\text{m})$

$$\alpha = 0,00393 \text{ 1/}^\circ\text{C}, \quad \beta = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}^2$$

l = 33 m tablo III.2.1. den

d = Ø2 mm, r = 1 mm

$$R (20^{\circ}\text{C}) = \frac{l \cdot \rho}{s} = \frac{33 \cdot m \cdot 0,0178 \Omega(\text{mm}^2/\text{m})}{\pi \cdot (1)^2 \cdot \text{mm}^2}$$

R (20°C) = 0,187 Ω bulunur.

T₂ = 50°C için;

$$R (50^{\circ}\text{C}) = 0,187 \Omega [1 + 0,00393 (50^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) + 0,6 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}^2} \cdot (50^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})]$$

Uygulanacak gerilim; 32 V (tablo III.2.1.'den)

$$I = \frac{U}{R} = \frac{32\text{V}}{0,2091} = 153 \text{ A}$$

Aynı şekilde;

$$R (100^{\circ}\text{C}) = 0,2465 \Omega \quad I = 129,81 \text{ A}$$

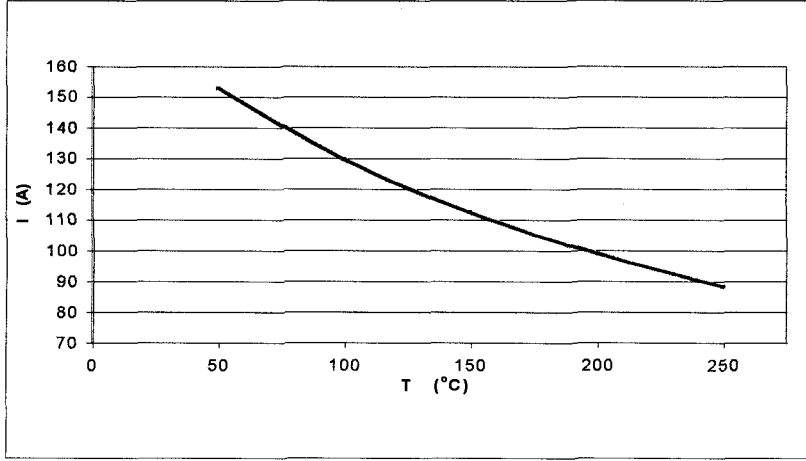
$$R (150^{\circ}\text{C}) = 0,2844 \Omega \quad I = 112,51 \text{ A}$$

$$R (200^{\circ}\text{C}) = 0,3229 \Omega \quad I = 99,10 \text{ A}$$

$$R (250^{\circ}\text{C}) = 0,3619 \Omega \quad I = 88,42 \text{ A} \quad \text{olmaktadır.}$$

Tablo III.2.2. Akımın sıcaklığa göre değişimi

T(°C)	50	100	150	200	250
I (A)	153	129,81	112,51	99,10	88,42



Şekil III.2.3. Akımın sıcaklığa göre değişimi

PE malzemenin zarar görmemesi için yüzeyindeki sıcaklığın 250°C 'i geçmemesi gerekir. bu halde tel sıcaklığı da 250°C olur. 250°C sıcaklıkta yukarıda verilen kesit ve boydaki bakır tellerde akım 86 A olduğunda kaynak işleminin durdurulması gerekmektedir.

Yapılan ölçümlerde bu akıma düşmek için geçecek süre yaklaşık 20 dakika kadar olmaktadır.

En ideal durum direnç teli sıcaklığını 250°C de muhafaza etmektir. Ancak bu şartlarda ilk anda akımın çok yüksek olması nedeniyle kaynak makinesinin yatırım maliyeti çok artmaktadır.

Kaynak makinesi olarak sabit gerileme ayarlanabilen yüksek akım kapasiteli ark kaynak makinesi kullanmıştır. Boru çapının artmasıyla tel boyu ile birlikte gerilim veya tel kesitinin artırılması gerekmektedir. Ancak standartlarda 48 V'un üzerindeki gerilimlere insan sağlığı açısından müsaade edilmediği için tel kesitinin artırılması gerekir. Bu durumda da maliyet artacağından direnç telinin iki parçalı yapılarak paralel bağlanması uygun olmaktadır.

Büyük çaplı veya et kalınlığı ince olan borularda, iki boru ara yüzeyinde oluşan kaynak basıncını karşılamak için, iç ve dıştan gerdirme yapılması uygun olmaktadır.

Hava sıcaklığının çok düşük olması ve aynı zamanda et kalınlıklarının ince olması halinde boru, dış yüzeyinden izole edilmesi uygun olur.

III.3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

III.3.1. Alın kaynağı deneyleri

Şantiyede ve fabrika ortamında muhtelif çaplar için alın kaynağı uygulamaları yapılmıştır. Alın kaynağı prosedüründeki kaynak zamanları saniye olarak tablo III.3.1.1. ve III.3.1.2. de verilmiştir.

III.3.2. Malzeme çekme deneyleri

Şantiyede ve fabrikada yapmış olduğumuz alın kaynağı uygulamalarından; Kaynak bölgesinden alınan numuneler ISO 6259 Standartı test metoduna göre incelenmiş olup, kopma anındaki uzamaları % 600' ün üzerinde gerçekleşmiştir. Herhangi bir problem yaşanmamıştır.

Malzeme çekme deneyi sonuçları, (I), (II), (III)' te gösterilmiştir.

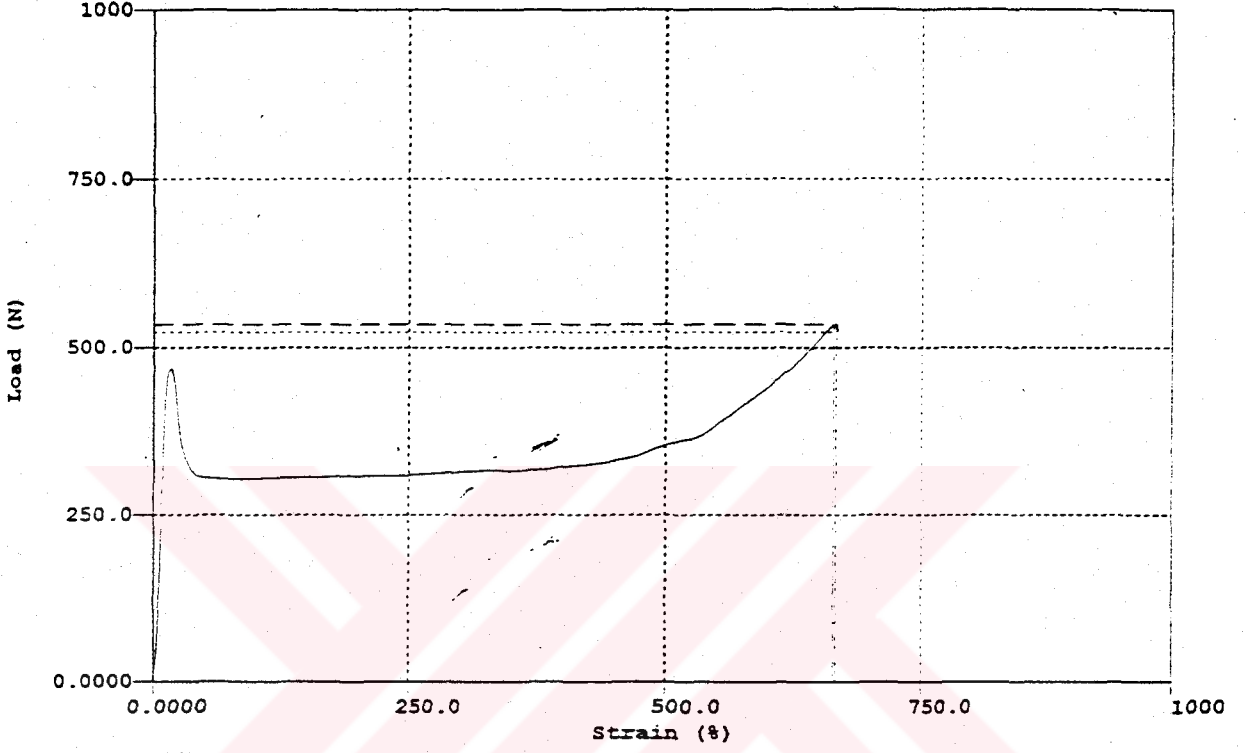
Tablo III.3.1.1 Kaynak zamanları

PN 10 BORULAR		KAYNAK		İÇİN		KAYNAK		İŞLEM		DEĞİŞKENLERİ	
D	S	BASINÇ	BASINÇLI İSITMA	İSLEMİNİN	BASINÇSIZ İSITMA	ZAMAN	AÇMA KAPAMA	BASINÇ YÜKSELTME	SANIYE	BASINÇTA SOĞUTMA	OLARAK
mm	mm	BAR	mm DUDAK YÜK	mm	mm	san	san	san	san	san	san
400	23.4	10.09976	2.84	351	400.5	7	7.5	15	1302	300	300
450	26.7	12.95312	3.17	400.5	445.5	8	8	16.5	1401	400	400
500	29.7	16.00834	3.47	445.5	498	8.6	8.6	18	1491	500	500
560	33.2	20.04466	3.82	498	561	9.3	9.3	19.8	1596	600	600
630	37.4	25.40085	4.24	561	631.5	10.1	10.1	21.9	1722	700	700
710	42.1	32.22615	4.71	631.5	711	11	11	24.3	1863	800	800
800	47.4	40.88439	5.24	711	799.5	12	12	27	2022	900	900
900	53.3	51.72157	5.83	799.5	889.5	13	13	30	2199	1000	1000
1000	59.3	63.93237	6.43	889.5				33	2379	1100	1100
PN 8 BORULAR		KAYNAK		İÇİN		KAYNAK		İŞLEM		DEĞİŞKENLERİ	
D	S	BASINÇ	BASINÇLI İSITMA	İSLEMİNİN	BASINÇSIZ İSITMA	ZAMAN	AÇMA KAPAMA	BASINÇ YÜKSELTME	SANIYE	BASINÇTA SOĞUTMA	OLARAK
mm	mm	BAR	mm DUDAK YÜK	mm	mm	san	san	san	san	san	san
400	14.5	6.406301	1.95	217.5	244.5	7	7.5	15	1035	300	300
450	16.3	8.101995	2.13	244.5	271.5	8	8	16.5	1089	400	400
500	18.1	9.996557	2.31	271.5	304.5	8.6	8.6	18	1143	500	500
560	20.3	12.55635	2.53	304.5	342	9.3	9.3	19.8	1209	600	600
630	22.8	15.86651	2.78	342	385.5	10.1	10.1	21.9	1284	700	700
710	25.7	20.15555	3.07	385.5	435	11	11	24.3	1371	800	800
800	29	25.6252	3.4	435	489	12	12	27	1470	900	900
900	32.6	32.40798	3.76	489	543	13	13	30	1578	1000	1000
1000	36.2	39.98623	4.12	543				33	1686	1100	1100

Tablo III.3.1.2 Kaynak zamanları

PN 5 BORULAR		KAYNAK	İÇİN	KAYNAK	İŞLEM	DEĞİŞKENLERİ	OLARAK
D	S	BASINÇ	BASINÇSIZ ISITMA	ÇAMA KAPAMA	BASINÇ YÜKSELTME	BASINÇTA SOĞUTMA	BASINÇSIZ SOĞUTMA
mm	mm	BAR	mm DUDAK YÜK	sanije	sanije	SANIYE	sanije
400	12.3	5.465323	1.73	7	15	969	300
450	13.8	6.898897	1.88	7.5	16.5	1014	400
500	15.3	8.499226	2.03	8	18	1059	500
560	17.2	10.69999	2.22	8.6	19.8	1116	600
630	19.3	13.50828	2.43	9.3	21.9	1179	700
710	21.8	17.19436	2.68	10.1	24.3	1254	800
800	24.5	21.77523	2.95	11	27	1335	900
900	27.6	27.59559	3.26	12	30	1428	1000
1000	30.6	33.9969	3.56	13	33	1518	1100
PN 10 BORULAR		KAYNAK	İÇİN	KAYNAK	İŞLEM	DEĞİŞKENLERİ	OLARAK
D	S	BASINÇ	BASINÇSIZ ISITMA	ÇAMA KAPAMA	BASINÇ YÜKSELTME	BASINÇTA SOĞUTMA	BASINÇSIZ SOĞUTMA
mm	mm	BAR	mm DUDAK YÜK	sanije	sanije	SANIYE	sanije
400	9.8	4.382564	1.48	7	15	894	300
450	11	5.53442	1.6	7.5	16.5	930	400
500	12.3	6.875002	1.73	8	18	969	500
560	13.7	8.577618	1.87	8.6	19.8	1011	600
630	15.4	10.84746	2.04	9.3	21.9	1062	700
710	17.4	13.81169	2.24	10.1	24.3	1122	800
800	19.6	17.53026	2.46	11	27	1188	900
900	22	22.13768	2.7	12	30	1260	1000
1000	24.5	27.39103	2.95	13	33	1335	1100

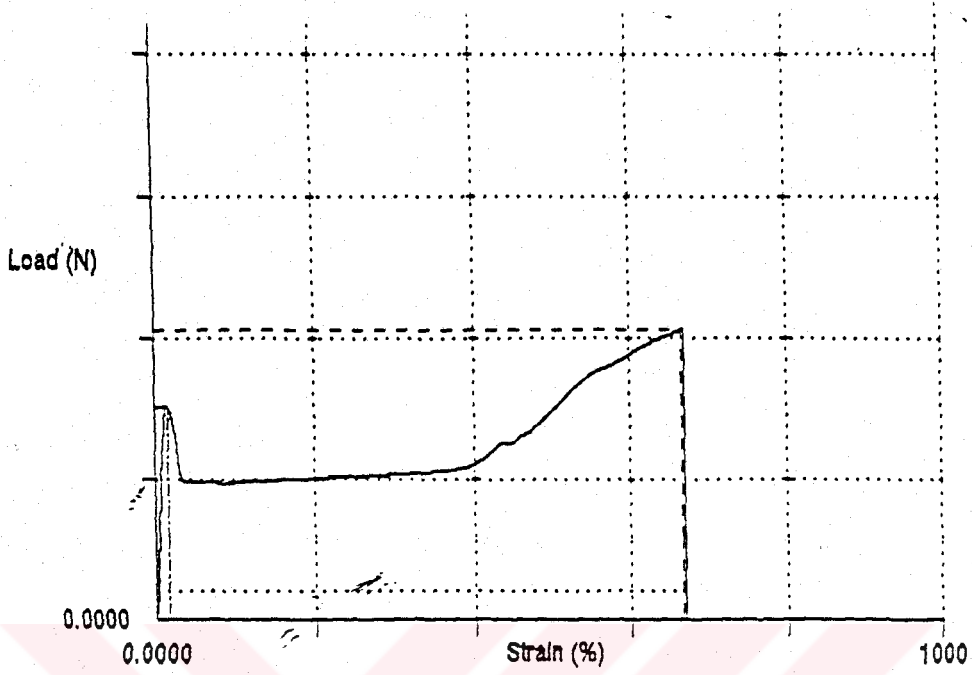
Sample 1 of 1



Şekil III.3.2.1. Malzeme çekme deneyi

Maximum Load	Ext. Max.Loöd	Ext. Break	Strain Break	Strain High Yld.	Moduls Off Elast	Sample Width	Sample Thick
Maksimum yük (N)	Mak.yükteki uzama (mm)	Kopmadaki uzama (mm)	Kopmadaki uzama (%)	Akmadaki uzama (%)	Elastiklik modülü (N/mm ²)	Numune genişliği (mm)	Numune genişliği (mm)
534.8	231.9	232.8	662.5	15.30	75.17	3.8000	5.2000

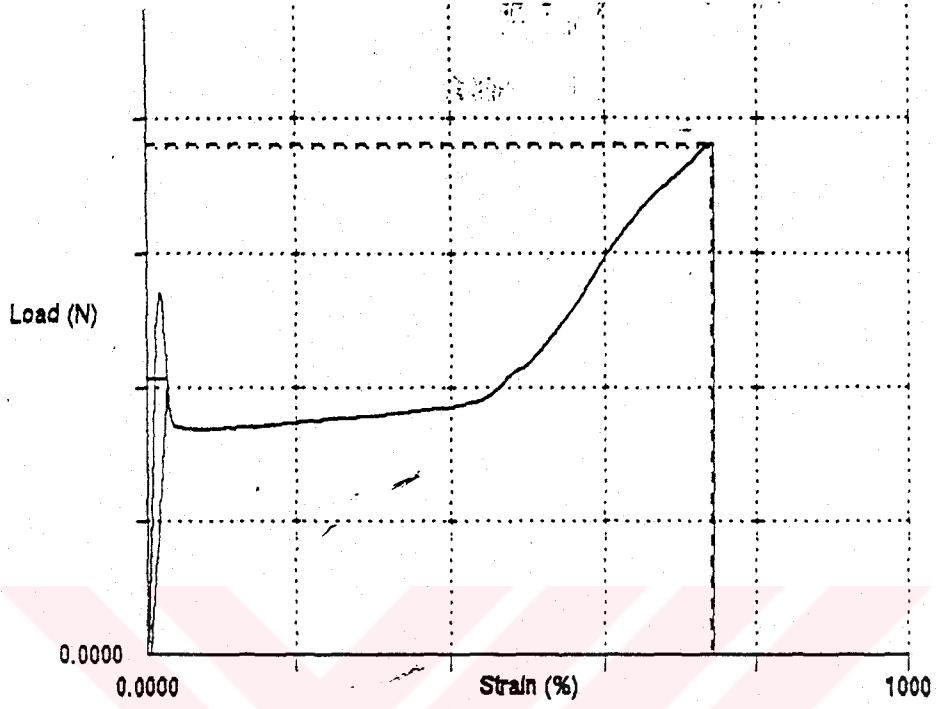
(I)



Şekil III.3.2.2. Malzeme çekme deneyi

Maximum Load	Ext. Max.Load	Ext. Break	Strain Break	Strain High Yld.	Moduls Off Elast	Sample Width	Sample Thick
Maksimum yük (N)	Mak.yükteki uzama (mm)	Kopmadaki uzama (mm)	Kopmadaki uzama (%)	Akmadaki uzama (%)	Elastiklik modülü (N/mm ²)	Numune genişliği (mm)	Numune genişliği (mm)
412.8	279.5	280.6	668.0	14.85	110.2	4.0000	3.8500

(II)



Şekil III.3.2.3. Malzeme çekme deneyi

Maximum Load	Ext. Max.Load	Ext. Break	Strain Break	Strain High Yld.	Moduls Off Elast	Sample Width	Sample Thick
Maksimum yük	Mak.yükteki uzama	Kopmadaki uzama	Kopmadaki uzama	Akmadaki uzama	Elastiklik modülü	Numune genişliği	Numune genişliği
(N)	(mm)	(mm)	(%)	(%)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
573.7	284.5	285.6	743.3	15.62	70.31	4.0600	4.9200

(III)

BÖLÜM IV

SONUÇLAR

Polietilenden mamul boruların alın kalınlığı işleminde, boru et kalınlığının ve çapının önemli olmadığı yapılan analizler neticesinde ortaya çıkmıştır.

Alın kaynağı işleminin, ısıtıcı sıcaklığına bağlı olduğu ve kaynak işleminin gerçekleştirilebilmesi için belirli bir süre ısı verilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Elektrofüzyon kaynak metodunda ise belirli bir yüzeye belirli aralıklarla ısı verilmesi gerektiği ve bu ısıyı verirken direnç telinin üzerindeki sıcaklığın PE malzemenin zarar görmemesi için 250°C'yi geçmemesi gerekmektedir. Bu sıcaklığın da direnç teline verilecek akımla ayarlanması mümkündür.

BÖLÜM V

TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER

Alman Kaynak Tekniği Birliği (DVS) 2207 no' lu standartlarına göre kaynak parametreleri aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo V.1. Alın kaynağı parametreleri

1	2	3	4	5	
				Birleştirmek	
Nominal duvar kalınlığı	Düzeltilmek ısıtıcı elemanındaki düzeltme işlemi sonunda köşebent yüksekliği (0,15 N/mm ² 'de)	Isıtmak ısıtma süreci = 10 × duvar kalınlığı (ısıtma ≤ 0,02 N/mm ²)	Değiştirmek	Birleştirme basıncı oluşturma süreci	Birleştirme basıncı altında soğuma süreci
mm	mm (asgari değerler)	S	S maks. Zaman	S	Dak. asgari değer
4,5'a kadar	0,5	45	5	5	6
4,5 ---7	1,0	45 ----70	5 ----6	5 ---- 6	6 ---- 10
7 --- 12	1,5	70 ---- 120	6 ---- 8	6 ---- 6	10 ---- 16
12 ---- 19	2,0	120 ---- 190	8 ---- 10	8 ---- 11	16 ---- 24
19 ---- 26	2,5	190 ---- 260	10 ---- 12	11 ---- 14	24 ---- 32
26 ---- 37	3,0	260 ---- 370	12 ---- 16	14 ---- 19	32 ---- 45
37 ---- 50	3,5	370 ---- 500	16 ---- 20	19 ---- 25	46 ---- 60
50 ---- 70	4,0	500 ---- 700	20 ---- 25	25 ---- 35	60 ---- 80

Şantiyede yapılan aln kaynağı uygulamalarında ve Alman DVS 2207 no' lu Standartta et kalınlıklarının artmasıyla birlikte kaynak işlemleri sürelerinin de arttığını görmekteyiz.

Halbuki, ısıtıcıdan itibaren sıcaklık dağılımları et kalınlığından bağımsız, dolayısıyla kaynak sürelerinin de et kalınlığından bağımsız olması gerekir. Ancak, et kalınlığı arttıkça boru çapları da artmakta ve ısıtıcının uzaklaştırılması ve ısıtılan aln yüzeylerinin bir araya getirilmesi daha uzun süre aldığından ve bu esnada yüzeyler ısı kaybettiğinden soğuyacaktır. Yüzey sıcaklıklarının kaynak sıcaklığının altına düşmemesi için boru çapları ve dolayısıyla et kalınlıkları arttıkça boru içinde daha fazla enerji depolanması gerekir. Bu da ısıtma sürelerinin arttırılması ile karşılanır.

Elektrofüzyon kaynak işlemi esnasında ise uygulanan gerilimin insan sağlığı açısından 48 V' un üzerine çıkmaması gerekmektedir. Elektrofüzyon kaynak yöntemi için, ısı transferi yönünden en iyi direnç telinin bakır olduğu tespit edilmiş olup, kaynak işleminde bakır tel kullanılması tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Akyüz,Ö.F.: “ *Plastikler ve Plastik Teknolojisine Giriş* ” , [1999]
- [2] Akyüz,Ö.F.: “ *Polimerler 1 Pe,Pp,Pvc,Polistiren* ”, [1999]
- [3] Akyüz,Ö.F.: “ *Polimerler 2 Mühendislik Polimerleri* ”, [1999]
- [4] Kakaç,S.: “ *Örneklerle Isı Transferi* ”, [1987]
- [5] Janson,E; Lars,B.: “ *Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal* ”, Stockholm, [1999]
- [6] Honda,H.: “ *Plastics Pipeline Systems for the Millennium* ”, Mesco Inc.Engineering ,Sweden,September, [1998]
- [7] DVS 2203- DVS 2207.: “ *Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen*”, Deutscher Verband Für Schweisstechnik E.V., Ausgabe, [1978]

EKLER

EK A

HATA FONKSİYONU

Tablo 15. Hata Fonksiyonu

$$\text{erf } X = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^X e^{-u^2} du$$

$\frac{x}{2\sqrt{at}}$	$\text{erf } \frac{x}{2\sqrt{at}}$	$\frac{x}{2\sqrt{at}}$	$\text{erf } \frac{x}{2\sqrt{at}}$	$\frac{x}{2\sqrt{at}}$	$\text{erf } \frac{x}{2\sqrt{at}}$
0,00	0,00000	0,76	0,71754	1,52	0,96841
0,02	0,02256	0,78	0,73001	1,54	0,97059
0,04	0,04511	0,80	0,74210	1,56	0,97263
0,06	0,06762	0,82	0,75381	1,58	0,97455
0,08	0,09008	0,84	0,76514	1,60	0,97635
0,10	0,11246	0,86	0,77610	1,62	0,97804
0,12	0,13476	0,88	0,78669	1,64	0,97962
0,14	0,15659	0,90	0,79691	1,66	0,98110
0,16	0,17901	0,92	0,80677	1,68	0,98249
0,18	0,20094	0,94	0,81627	1,70	0,98379
0,20	0,22270	0,96	0,82542	1,72	0,98500
0,22	0,24430	0,98	0,83423	1,74	0,98613
0,24	0,26570	1,00	0,84270	1,76	0,98719
0,26	0,28690	1,02	0,85084	1,78	0,98817
0,28	0,30788	1,04	0,85865	1,80	0,98909
0,30	0,32863	1,06	0,86614	1,82	0,98994
0,32	0,34913	1,08	0,87333	1,84	0,99074
0,34	0,36936	1,10	0,88020	1,86	0,99147
0,36	0,38933	1,12	0,88679	1,88	0,99216
0,38	0,40901	1,14	0,89308	1,90	0,99279
0,40	0,42839	1,16	0,89910	1,92	0,99338
0,42	0,44749	1,18	0,90484	1,94	0,99392
0,44	0,46622	1,20	0,91031	1,96	0,99443
0,46	0,48466	1,22	0,91553	1,98	0,99489
0,48	0,50275	1,24	0,92050	2,00	0,99532
0,50	0,52050	1,26	0,92524	2,10	0,997020
0,52	0,53790	1,28	0,92973	2,20	0,998137
0,54	0,55494	1,30	0,93401	2,30	0,998857
0,56	0,57162	1,32	0,93806	2,40	0,999311
0,58	0,58792	1,34	0,94191	2,50	0,999593
0,60	0,60386	1,36	0,94556	2,60	0,999764
0,62	0,61941	1,38	0,94902	2,70	0,999866
0,64	0,63459	1,40	0,95228	2,80	0,999925
0,66	0,64938	1,42	0,95538	2,90	0,999959
0,68	0,66378	1,44	0,95830	3,00	0,999978
0,70	0,67780	1,46	0,96105	3,20	0,999994
0,72	0,69143	1,48	0,96365	3,40	0,999998
0,74	0,70468	1,50	0,96610	3,60	1,000000

EK B

PP ve PE ile İLGİLİ BORU STANDARDLARI

I. PP ile İLGİLİ BORU STANDARDLARI

PP-r'nin soğuk sıcak uygulamalarında ilk yayın çıkartan ülke Almanya'dır. Bu çalışma 1989 yılında DIN E 8077/E 8078 olarak yayınlanmıştır. Buradaki 'Entwurf' (draft) Standardın DIN olarak yayınlanmadan önce yürürlükteki halidir. Avrupa ülkelerinde sıcak su sistemlerinin, PP gibi, hali hazırda ön safhada bulunmasında hemfikirdirler. Bunun manası Avrupa CEN standardından önce son standard yayınlanmayacaktır. DIN E 8077/E 8078 içerisindeki istekler diğer ülkeler için de temel oluşturmaktadır. Misal olarak Çek Cumhuriyeti, Polonya, Avusturya, İtalya ve Türkiye verilebilir.

Almanyadaki standardizasyon çalışmaları CEN standartlarına adapte edilerek devam etmektedir. Yani önceki 60°C'de 50 yıl ömür beklentisi yenisinde 70°C'de 50 olarak değiştirilmektedir.

En yaygın olarak kullanılan standard günümüzde Alman Standardı olup PP ile ilgili olanların listesi aşağıda verilmiştir.

DIN 1988 Binalarda içme suyu tedariki, servis ve döşeme özellikleri

DIN 4109 Bina ses durumu, borudaki suyun ses durumu

DIN16774 Plastik kalıplama materyali, Polipropilen ve Polietilen Kopolimer termoplastik, sınıflandırma ve dizayn

DIN16887 Termoplastik boruların testi, uzun dönem dahil basınç altındaki davranışların tesbiti

DIN 4725 Sıcak su ile döşemeden ısıtma sistemi, sıcaklık testi

DIN 4726 Ilık su ile döşemeden ısıtma sistemlerinde kullanılan plastik boru hattı materyali, genel istekler

DIN 4728 Ilık su ile döşemeden ısıtma sistemlerinde kullanılan tip 2 ve tip 3 polipropilen boru hattı, özel istekler ve test

DIN 8076 Basınç altındaki plastik boru materyali, PE dişli metal metal bağlantıları, genel kalite istekleri ve test metodları

DIN 8077 Polipropilen (PP) boruları, boyutlar

DIN 8078 PP boruları, genel kalite istekleri ve test

DIN 16928 T1-T11 Termoplastik borular, boru fittingleri, boru elementleri ve döşeme

DIN 16960 Termoplastik materyallerin kaynak edilmesi, genel direktifler

DIN 16962 Boru montajı ve Polipropilen basınçlı boru hatlarında tip 1, tip 2 ve tip 3 için elementleri, genel kalite istekleri ve test

DVS 2203 Termoplastik materyalin kaynağı için boru fittinglerinin testi

DVS 2207, part 11 Termoplastik materyal kaynağı, PP tip 1 ve 2 , boru ve aksesuarları

DVS 2208, part 1 Termoplastik materyalin kaynağı için makina ve ekipmanlar

DVGW EW 534 Boru bağlantı elementleri ve içme suyu döşemelerindeki borular için bağlantılar, istekler ve test

II. PE ile İLGİLİ BORU STANDARDLARI

II.1. Türk Standardları

TS 418 Polietilen borular

TS 5583 İç basınç altında sızdırmazlık deneyi

TS 5584 Mekanik ekleme elemanları ile yapılmış bağlantılar- Hidrolik dış basınç altında sızdırmazlık deneyi

TS 6270 Yüksek yoğunluklu polietilen- Doğalgaz dağıtım şebeke ve tesisatında kullanılan

TS 6595 Soket tipi polietilen bağlantı elemanları- Petrol ve tabii gaz endüstrisi için polietilen hat borusunda kullanılan

TS 6693 Erime akış indisi ve nominal yoğunluğuna göre polietilen tanımlanması

- TS 6695 Siyah ve renksiz polietilenin referans yoğunluğunun tayini
- TS 6755 Flanş boyutları
- TS 6893 Erime akış hızının tayini
- TS 7445 Alın eritmeli bağlantı elemanları-Petrol ve tabii gaz endüstrisi için polietilen hat borusunda kullanılan
- TS 7484 İç çapları kontrollü polietilen plastik borular
- TS 7712 Polietilen hat borusu boyut ve toleransları -Petrol ve tabii gaz endüstrisi için
- TS 7835 Polietilen plastik borular- Dış çap kontrol esasına dayanan
- TS 10643 Büyük çaplı- Spiral
- TS 10735 Basınçlı sulama sistemlerinde kullanılan - kurallar
- TS 10761 Çapraz bağlı polietilen (PEX) 'den imal edilen- Boyut ve toleranslar
- TS 10762 Çapraz bağlı polietilen (PEX) 'den imal edilen- Muayene ve deneyler
- TSEN 579 Çapraz bağlı polietilen (PEX) 'den imal edilen-Çözücü ekstraksiyonu ile çapraz bağlanma derecesinin tayini

II.2. Alman Standartları

- DIN 3543-4 HDPE boruları için vavaların boyutları
- DIN V 4279-7 Su için basınçlı boru hatlarının iç basınç testi
- DIN 4729 Ilık su döşemeden ısıtma sistemlerinde kullanılan kroslink polietilen boru hatları, özel istekler ve test
- DIN 8074 Boru boyutları
- DIN 8075 Genel kalite istekleri ve test
- DIN 8075 Beiblatt 1 Boru ve fittinglerin kimyasal dirençleri
- DIN 16963-1 Alın kaynak için dilimli yapıdaki dönüş fittinglerinin boyutları
- DIN 16963-2 Dilimlerden üretilen TE ve branşların boyutları
- DIN 16963-3 Alın kaynağı için boru dönüşlerinin boyutları
- DIN 16963-4 Füzyon birleştirme adaptörleri, flanşlar ve conta elemanlarının boyutları
- DIN 16963-5 Genel kalite istekleri ve test
- DIN 16963-6 Alın kaynağı için enjeksiyon kalıplı fittinglerin boyutları

- DIN 16963-7 Resistans kaynaklı fittinglerin boyutları
- DIN 16963-8 Soket kaynağı için enjeksiyon kalıplı dirseklerin boyutları
- DIN 16963-9 Soket kaynağı için enjeksiyon kalıplı TE parçalarının boyutları
- DIN 16963-10 Soket kaynağı için enjeksiyon kalıplı kapama başlıklarının boyutları
- DIN 16963-11 Soket kaynağı için flanş ve contaların boyutları
- DIN 16963-14 Soket kaynağı için enjeksiyon kalıplı redüksiyon ve nipellerin boyutları
- DIN 19533 Borular, boru bağlantıları ve boru hatları için fittingler
- DIN 19535-1 Atık sıcak su direnci ve bina içi atıkları için boru ve fittinglerinin boyutları
- DIN 19535-2 Teknik olarak dağıtım durumları
- DIN 19537-1 Pissu ve atıksu boru ve fittinglerinin boyutları
- DIN 19537-2 Teknik olarak dağıtım durumları

ÖZGEÇMİŞ

28.11.1970 yılında, Mardin' de doğdum. İlkokul, Ortaokul tahsilimi Batman' da tamamladım. 1987 yılında Batman Endüstri Meslek Lisesi Makine Ressamlığı Bölümünden mezun oldum. 1993 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldum. 1993-1995' te Şişli Belediyesine ait Asfalt Plentinde, Plent Şefi olarak görev yaptım. Kasım 1995' te Vatani Görevimi ifa etmek üzere iş hayatına geçici bir süre ara verdim. Sekiz ay süren askerlik görevi akabinde, Temmuz 1996 da İ.E.T.T Genel Müdürlüğünde bir yıl kadar süren, otobüslerin bakımı esnasında geçen süreler için zaman etüdü çalışmasını yaptım. Ağustos 1997 de İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğünde göreve başladım. Çatalca, Ahmediye- Muratbey Atıksu Terfi Merkezleri, Tuzla Atıksu Terfi Merkezi, Sultanbeyli Atıksu Terfi Merkezi ve Kadıköy Atıksu Arıtma Tesisinde Kontrol Mühendisi olarak görev yaptım. Halen, Kadıköy Projesinde Kontrol Mühendisi olarak görev yapmaktayım. Beş yıllık evli ve iki çocuk babasıyım.

Temmuz, 2002

Abdüsselam ALTUNKAYNAK

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ