

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULLANILMIŞ POLİPROPİLEN BORULARIN GERİ
DÖNÜŞÜMÜ VE EKSTRÜZYON YÖNTEMİYLE
İMALİNİN ARAŞTIRILMASI**



Mak.Müh. H.Bora İZMİRLİOĞLU

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Mak.Malz.ve İmalat Tek. Programında
hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Hüseyin SÖNMEZ

İSTANBUL,1994

KULLANILMIŞ POLİPROPİLEN BORULARIN EKSTRÜZYON YOLUYLA
YENİDEN İMALİ VE DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	I-III
TEŞEKKÜR.....	IV
TÜRKÇE ÖZET.....	V
YABANCI DİLDE ÖZET.....	VI
1.GİRİŞ.....	1
2.EKSTRÜZYON İŞLEMİNİN TEMEL PRENSİPLERİ VE EKSTRÜDERLER.....	2
2.1.EKSTRÜZYONUN TEMEL PRENSİPLERİ.....	2
2.1.1.PİSTON EKSTRÜZYONU.....	2
2.1.2.YAŞ EKSTRÜZYON.....	3
2.1.3.KURU EKSTRÜZYON.....	3
2.1.3.1.VİDA EKSTRÜZYONU.....	4
2.1.3.1.1.VİDA EKSTRÜZYONUNUN TEMEL PRENSİPLERİ.....	4
2.1.3.1.2.VİDANIN ÇAPI VE BOYU.....	4
2.1.3.1.3.VİDA HATVESİ VE TAŞIYICI FORMU.....	5
2.1.3.1.4.GENEL TASARIM.....	5
2.1.3.1.5.VİDANIN HIZI.....	5
2.1.3.1.6.MATRİS, SÜZGEÇ, DARBE PLAKASI.....	6
2.1.3.1.7.KOVAN, VİDA, MATRİS VE MALZEMENİN SICAKLIĞI.....	6
2.1.3.1.8.FİZİKSEL ETKİLER VE NEDENLERİ.....	7
2.2.EKSTRÜDERLER.....	7
2.2.1.TEK VİDALI EKSTRÜDERLER.....	7
2.2.1.1.TEK VİDALI EKSTRÜDERLERDE VİDA TASARIMI.....	8
2.2.1.2.TEK VİDALI EKSTRÜDERLERDE VİDA TİPLERİ.....	10
2.2.1.3.VİDA GENEL KAREKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ.....	12
2.2.1.3.1.BESLEME BÖLGESİ.....	13
2.2.1.3.2.SIKIŞTIRMA BÖLGESİ.....	13
2.2.1.3.3.ÖLÇME BÖLGESİ.....	14
2.2.1.3.4.SÜRÜŞ KAFASI (TORPEDO).....	18
2.2.2.VİDA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	19
2.2.2.1.VİDA PERFORMANS KRİTERLERİ.....	19
2.2.2.1.1.VERİM VE MALİYET.....	19
2.2.2.1.2.KALİTE.....	20
2.2.2.1.3.İŞLETME DEĞİŞKENLERİ.....	21
2.2.2.1.3.1.SICAKLIK.....	21
2.2.2.1.3.2.BASINÇ.....	21
2.2.2.1.3.3.İŞLETME DEĞİŞKENLERİNDE DALGALANMALAR.....	22
2.2.2.1.4.POLİMERİN KARIŞIM DERESESİ.....	23
2.2.2.1.4.1.DİSPERSİF KARIŞTIRMA.....	23
2.2.2.1.4.2.DİSTRİBÜTİF KARIŞTIRMA.....	23
2.2.2.1.5.POLİMERİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ.....	24
2.2.3.ÇİFT VİDALI EKSTRÜDERLER.....	24
2.2.3.1.ÇİFT VİDALI EKSTRÜDERLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	24
2.2.3.2.ÇİFT VİDALI EKSTRÜDERLERDE AKIM ANALİZİ.....	26
2.2.3.3.ÇİFT VİDALI EKSTRÜDERLERDE VERİM.....	27
2.2.3.4.TEK VE ÇİFT VİDALI EKSTRÜDERLERİN MUKAYESESİ.....	27

3. POLİPROPİLEN.....	29
3.1. POLİPROPİLENİN HAZIRLANMASI.....	29
3.2. POLİPROPİLENİN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ.....	31
3.3. İLAVELER (KATKI MADDELERİ).....	38
3.4. PROSES KAREKTERİSTİKLERİ.....	40
3.5. UYGULAMALAR.....	40
4. BORU EKSTRÜZYONU.....	42
4.1. BORU EKSTRÜZYONUNUN TEMEL PRENSİPLERİ.....	42
4.2. MAMUL SINIRLARI VE EKİPMAN ÖLÇÜLERİ.....	42
4.3. BORU EKSTRÜZYON DONANIMLARI.....	43
4.3.1. MATRİSLER.....	43
4.3.2. ÖLÇÜM ELEMANLARI.....	45
4.3.2.1. VAKUM OLUĞU.....	45
4.3.2.2. ÖLÇÜM KOLU METODU.....	45
4.3.2.3. GENİŞLETİLMİŞ MANDREL METODU.....	46
4.3.2.4. ÖLÇÜM TABAKALARI METODU.....	47
4.3.3. SU OLUKLARI.....	50
4.3.4. DOĞRULTMA MAKİNALARI.....	50
4.3.5. KONTROLLER.....	51
4.3.6. KESİM.....	51
4.3.7. MAKARALAR (KANGAL MAKİNALARI).....	51
4.4. BORU EKSTRÜZYONUNUN PROSES İŞLEMLERİ.....	52
4.4.1. ÖN KURUTMA.....	52
4.4.2. KARİŞTİRMA.....	52
4.4.3. SICAKLIKLAR.....	53
4.4.4. PROSESİN BAŞLAMASI.....	53
4.4.5. YIĞMA VE DEPOLAMA.....	54
4.5. BORU EKSTRÜZYONUNDA PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ.....	54
4.6. ÖZEL TEKNİKLER.....	57
4.7. EKSTRÜZYON SONU BORUYA YAPILAN İŞLEMLER.....	58
4.7.1. BASKI.....	58
4.7.2. BİRLEŞTİRME.....	58
5. YENİDEN GRANÜLASYONUN EKONOMİK YÖNDEN İNCELENMESİ.....	59
6. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	63
6.1. DENEY MALZEMESİ.....	63
6.2. BORULARIN İMALİNDE KULLANILAN EKSTRÜDER.....	63
6.3. DENEY PARÇALARI.....	63
6.3.1. DARBE MUKAVEMETİ DENEYİ.....	63
6.3.2. İÇ BASINÇ KREP DENEYİ.....	64
6.3.3. SERTLİK DENEYİ.....	65
6.3.4. SICAKLIKTA BOYDA DEĞİŞME.....	65
6.3.5. BORU DIŞ ÇAPI VE ET KALINLIĞI DEĞİŞİMİ.....	65
6.3.6. RENK VE KOKU DENEYİ.....	65
6.4. DENEY ŞARTLARI.....	65
6.4.1. DARBE MUKAVEMETİ DENEYİ.....	65
6.4.2. İÇ BASINÇ KREP DENEYİ.....	65
6.4.3. SERTLİK DENEYİ.....	66
6.4.4. SICAKLIKTA BOYDA DEĞİŞME.....	66
6.4.5. BORU DIŞ ÇAPI VE ET KALINLIĞI DEĞİŞİMİ.....	66
6.4.6. RENK VE KOKU DENEYİ.....	66

6.5.DENEY DONATIMLARI VE DENEYLERİN YAPILIŞI.....	66
6.5.1.DARBE MUKAVEMETİ DENEYİ.....	66
6.5.2.İÇ BASINÇ KREP DENEYİ.....	67
6.5.3.SERTLİK DENEYİ.....	67
6.5.4.SICAKLIKTA BOYDA DEĞİŞME.....	68
6.5.5.BORU DIŞ ÇAPI VE ET KALINLIĞI DEĞİŞİMİ.....	68
6.5.6.RENK VE KOKU DENEYİ.....	69
6.6.DENEY SONUÇLARI.....	69
6.6.1.DARBE MUKAVEMETİ DENEYİ.....	69
6.6.2.İÇ BASINÇ KREP DENEYİ.....	69
6.6.3.SERTLİK DENEYİ.....	69
6.6.4.SICAKLIKTA BOYDA DEĞİŞME.....	70
6.6.5.BORU DIŞ ÇAPI VE ET KALINLIĞI DEĞİŞİMİ.....	70
6.6.6.RENK VE KOKU DENEYİ.....	70
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR.....	72
ÖZGEÇMİŞ	

TEŞEKKÜR

Çalıőmamı sunarken benden hiç bir yardımı esirgemeyen Tez Danıőmanım, değerli hocam Yard. Doç. Dr. Hüseyin Sönmez'e ve her türlü malzeme ve deney imkanını sağlayan Karahan Isı ve Enerji Sistemleri inşaat San. Tic. Ltd. Őti.'ne teőekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Poliiolefinlerin korozyon dayanımı, hafiflik, ucuzluk özelliklerinin imalat teknolojisindeki gelişmelerle birleştirilmesi, kolay ve düşük sıcaklıklarda şekillendirilebilme kabiliyetleri ve yüzey hassasiyetlerinden dolayı bu malzemeler metelsel malzemelerin piyasa paylarını azaltma eğilimi göstermektedir.

Poliiolefinlerin şekillendirilmesinde en çok kullanılan metodlar enjeksiyon ve ekstrüzyondur. Ekstrüzyon yoluyla imal edilen ve inşaat sektöründe büyük bir taleple karşılanan polipropilen borular, termoplastik olmalarının avantajıyla, yeniden şekillendirilme yeteneğine sahiptir.

Günümüzde başta petrol olmak üzere hammaddelerin savrukca kullanımını yüzünden yakın bir gelecekte öncelikle enerji ve hammadde sıkıntısı, sonra tamamen bu enerji ve hammadde kaynaklarının tükenmesi söz konusudur. Bu sıkıntıları tamamen olmasa dahi bir nebze önlemek ve, enerji ve hammaddelerin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla petrokimya ürünü olan polipropilen malzemenin yeniden değerlendirilmesinin, ne kadar mümkün olduğunun ve yeni saf malzeme ile mekanik ve termal özelliklerinin mukayesesi sonucunda kendine bir yer edinip edinemeyeceğini inceledik. İlk olarak ekstrüzyon işlemi ve prensipleri, ardından polipropilen malzeme, boru ekstrüzyonu, yeniden ekstrüzyon ile ilgili ekonomik ve işlemsel değerlendirmeler ve son olarakta deney ve deney sonuçlarının irdelenmesi tezin içeriğinde yer almaktadır.

ABSTRACT

Polyolefin materials shows decrease tendency about marketing portion of metallic materials, because of polyolefin's corrosion resistant, lightness, cheapness characteristics and manufacturing technology connection, in low temperatures and simple formable capability and surface sensitivity is better.

The useful methods in forming polyolefins are injection and extrusion. Polypropylene pipes are been manufacturing with extrusion and received with important request, and it has got advantages of being thermoplastic is recyclability.

Nowadays first of all petroleum and the other raw materials have been spending extravagantly, so first it would make an energy and raw material trouble, then in nearby future this energy and raw material sources will be able to come to an end. We inspect that how to use, petroleum product, polypropylene is productive with recycling and is it possible to do comparison pure material and waste material, for mechanical and thermal properties, for prevent this troubles little bit. First, operation and principles of extrusion, then polypropylene, extrusion of pipe, economic and operational evaluations about recycling and finally inspected experiment results are take part in this thesis.

1.GİRİŞ

Plastik teknolojisinin günümüzde başlı başına bir sanayi kolu haline geldiği bir gerçektir. Geniş bir üretim yelpazesi içinde tarımdan, ağır sanayi ve otomotive, ambalajdan, basit el aletleri, makina parçaları imalatı ve inşaat sektörüne kadar büyük önem kazanmıştır. Bu bağlamda üretilen mamullerin kullanımında getirdiği avantajlar kadar, fire ve kullanım dışı mamullerin atık sorunu meydana gelmiştir. Bu sorun üretim ve nüfus artışına paralel olarak yoğunluk kazanmıştır. Plastik malzemelerin doğada kaybolmamasıda, özellikle büyük şehirlerde çevre sorunlarına hız kazandırmıştır. Hem bu çevre sorunlarına bir ölçüde gem vurmak, hem de fire ve kullanım dışı kalmış termoplastik (Isı ve basınç yoluyla yeniden şekillendirildiğinde özelliklerini koruyabilen) malzemelerin ekonomik olarak değerlendirilmesi amacıyla, günümüzde pazar payı gitgide yükselerek % 20'leri aşan polipropilen random copolimer TYP 3 hammaddesinden üretilen plastik borular üzerinde teorik ve deneysel çalışmalar ile fire ve kullanım dışı kalan boruların yeniden değerlendirilmesi çalışmamın bütünü oluştur-
maktadır.

Almanyada yıllık 160.000 ton kullanılmış plastik yeniden üretime girmektedir. Bunun 80.000 tonu ise termoplastik malzemelerden oluşmaktadır. Ülkemizde geri dönüşümü bu seviyelerin üzerine çıkartmak sorumluluk sahibi üreticiler, bilinçli mühendis, teknisyen ve tüketicilerin elindedir. Esasen bu yeni bir iş kolunun doğmasına öncülük etmiş olmasına rağmen şu anda bu bilincin yayılmış olmaması geri dönüşümün önünde en büyük engeli teşkil etmektedir.

Çalışmamın bu konuda çalışmak isteyenlere bir hareket noktası oluşturması ümidini taşımaktayım.

2.EKSTRÜZYON İŞLEMİNİN TEMEL PRENSİPLERİ VE EKSTRÜDERLER

2.1.EKSTRÜZYONUN TEMEL PRENSİPLERİ

Ekstrüzyon prosesinin temeli, kontrol altındaki koşullar da, hammaddenin bir orifis ya da matrısten geçirilerekten istenilen kesitte mamul şeklini alması prensibine dayanır. Bunun yanında donanım ve malzemenin gerektirdiği koşulların sağlanabilmesiyle pratikte somut bir başarı elde edilebilir. Donanım, malzemenin sürekli ve üniform akımını sağlayacak basıncı karşılayıp, bazı durumlarda da malzemenin ekstrüde edilebilir duruma gelmesi için yumuşatılmasını ve havalandırılmasını sağlayabilmelidir. Malzeme, uygun koşullar sağlandığı zaman basınç altında akışkanlık kazanabilmeli, bu koşullar ortadan kalkınca veya bazı kimyasal değişimlerin sonucunda yeniden katılaşabilmelidir.

Ticari açıdan yaygın olarak kullanılan 3 çeşit ekstrüzyon mekanizması vardır. Bunlar;

- 1-Piston ve silindir
- 2-Çeşitli tipte pompalar
- 3-Dönel vidalar

Bunların yanı sıra plastik malzemelerin ekstrüzyonunu teknik olarak 3 sınıfta incelenebilir. Bunlar yaş ekstrüzyon, piston ekstrüzyonu ve kuru ekstrüzyondur.

Kuru ekstrüzyon bunlar arasında en yaygın ve en önemli olanıdır. Aynı zamanda kuru ve vidalı ekstrüzyon polipropilen boruların imalatında kullanıldığı için, bizim için önemlidir. Ama diğer mekanizmalara da kısaca değinerek prensiplerini açıklayalım.

2.1.1.PİSTON EKSTRÜZYONU

İlk ekstrüzyon makinalarında, bir silindir içine yerleştirilen hammaddeden hazırlanan parça pistonlar aracılığı ile işlenirdi. Bunlarda hassas olarak kontrol edilebilen basınç istenildiği kadar yüksek ve üniform olabilir. Hammadde bazı malzemeler için son derece önemli olan silindirde sert darbeler ve karıştırmaya maruz kalmaz ve donanım son derece basittir. Bundan dolayı plastik duruma getirilmiş ya da böyle bir duruma yalnızca basınç ile gelebilen bütün malzemelerin ekstrüzyonu piston ile gerçekleştirilebilir.

Pres normal olarak, bir malzeme topağını sıkıştırırken malzemenin ısı iletkenliğinin iyi olmamasından ötürü malzeme ye preste kayda değer bir ısı miktarı iletilemez. Normal bir piston prosesi bundan ötürü sadece sıcaklık dışında bir yöntem kullanılarak yumuşatılabilen veya ekstrüzyon sıcaklığına kadar bir ön ısıtma işlemine tabi tutulabilen malzemelere uygulanır. Bu son durum için ekstrüder kovani ve matris malzemenin sıcaklığını arttırmaktansa sabit tutmayı amaçlayan bir şekilde ısıtılır.

Önemli dezavantajı prosesin süresiz oluşudur. Piston

strokunun sonuna geldiğinde işlem biter ve yeni bir malzeme topağının yerleştirilmesi için piston geri çekilir. Termal olarak kararsız olan malzemelerin kullanılması durumunda silindir, matris orifisi ve diğer parçaların bir önceki strokta kalan parçalardan arındırılıp, iyice temizlenmesi gerekir. Soğuk dövme gibi bazı yeni plastik proses teknikleri de piston ekstrüzyonu prensibi ile çalışmaktadır.

2.1.2.YAŞ EKSTRÜZYON

Pistonlu ekstrüderlerin günümüzdeki en yaygın kullanımı "yaş ekstrüzyon" proseslerinde gerçekleşmektedir. Yaş ekstrüzyonda hammadde çözücüler aracılığı ile yumuşatılır. Yumuşatmanın sadece ısı ve basınç ile gerçekleştirildiği kuru ekstrüzyonun kullanım alanı dışındaki ufak paya sahip uygulamalarda yaş ekstrüzyon kullanılır.

Selüloz nitrat gibi aşırı ısıtıldığında parlayabilen ve tehlikeli olabilen malzemelerin, minimum sürtünme etkisi, düşük basınç ve sıcaklıkta ekstrüzyonu yaş olarak gerçekleştirilir. Bunlardan ötürü selüloz nitrat, çözücü içeren bir hamur/jöle haline getirilerek ekstrüde edilir. Çözücü içeren bir karışımın bile, sürtünme etkisi karakteristik özelliği olan vidalı bir ekstrüderde işlenmesi sakıncalıdır. Bundan ötürü pistonlu presler çok yavaş dönel hıza sahip vidaların basınç pompaları gibi kullanılabilmesine karşın hala bu gibi durumlarda kullanılmaktadır.

Selüloz asetat naturel olarak sert parçacıklar ve yabancı maddecikler içerir, yaş ekstrüzyonda kullanılan çözücüler ile daha üniform bir yapı elde edilebilir.

Yaş ekstrüzyonun dezavantajları ise hammaddenin hazırlanması için özel bir işlemin gerekmesi ve kullanılan çözücülerin genellikle parlak tipte ve pahalı olması bu sınırlamalardan bazılarıdır. Bitmiş parçanın boyutsal kararlılığı için bünyedeki tüm çözücülerin uzaklaştırılmış olması şarttır. Çözücülerin yok olması özellikle kalın kesitlerde oldukça uzun sürer. Ekonomi açısından bakıldığında bir çözücü dönüşüm tesisi faydalı olabilmektedir.

2.1.3.KURU EKSTRÜZYON

Kuru ekstrüzyonda malzemeyi yumuşatmak için yalnızca ısı kullanılır. Kuru ekstrüzyon, malzemenin ayrı olarak ön ısıtım tabii olduğu bir piston presinde gerçekleştirilebilir.

Kuru ekstrüzyonun en önemli kullanım alanı ise malzemenin soğuk olarak girip, ısıyla yumuşatılırken vida ile sıkıştırıldığı ve gerekli basıncın elde edildiği vida mekanizması kullanılır. Vidanın aksenel hareketli olduğu vida-pompa kombinasyonu özellikle enjeksiyon ile kalıplamada kullanılır.

2.1.3.1.VİDA EKSTRÜZYONU

2.1.3.1.1.VİDA EKSTRÜZYONUNUN TEMEL PRENSİPLERİ

Esas olarak, vida ekstrüzyonu makinası(ekstrüder), bir ucunda çevresel veya teğetsel besleme aralığı, ötekisinde ise bir orifis veya matrisin bulunduğu, ısıtılmış bir kovan veya silindirin içerisinde dönen özel formlu bir vidadan oluşur. Vida boyunca bir basınç gradyeni oluşumuna yardımcı olmak üzere vida sonu ile matris arasına çoğu zaman darbe plakası ve süzgeç yerleştirilir. Matristeki basıncın kontrolü oldukça önemli olduğu için, darbe plakası ve tel süzgecin yanında bir valfte kullanılmaktadır. Vidalar genellikle boydan, boya veya belli bir uzunlukta delinerekten, beslenmedeki gereksinimlerine göre soğutulabilir veya ısıtılabilir. Vida ekstrüzyonu tek vidalı ekstrüderler ile olabildiği kadar çoklu mekanizmalar ile de gerçekleştirilebilirken, her iki durumda da temel prensip aynıdır.

Dönen vida, genelde granül veya toz halindeki malzemeyi besleme açıklığından alır, ısıtılan kovan bölgesinden darbe plakasına veya başka bir kısılma ortamına doğru sıkıştırır ve basınç oluşumunu sağlar. Bu esnada malzemenin sıcak kovan cidarı ile filmsel teması sonucu kayma oluşur ve dolayısıyla sürtünme etkisi gerçekleşir. Sıcak kovan ile iç sürtünmeden doğan ısı kombinasyonu ile termoplastik malzeme yumuşar ve istenen kesite sahip ekstrüzyon matrisinden geçirilir.

Böyle bir mekanizmanın hemen farkedilen en önemli avantajı malzemenin kapalı bir sistemde üniform olarak ısıtılabilmesi ve prosesin sürekli oluşudur.

2.1.3.1.2.VİDANIN ÇAPI VE BOYU

Vida sadece malzeme iletimini sağlayan bir unsur olarak kabul edilirse vidanın hacimsel kapasitesini ve besleme miktarını belirleyen en önemli öğeler çap ve uzunluk olur. Çap ve uzunluk, ikincil olarak sürtünme ve kayma ile üretilem ısı miktarına bağlı olarak malzemeye verilmesi gereken ısı miktarının dolayısıyla gerekli enerji ve güç gereksinimlerinin belirlenmesinde önemli birer etkindir. Bunlardan ötürü vidaların uzunluklarının çaplarına olan oranı (L/D) önem kazanır. (A.B.D. ve Almanyada yapılan çalışmalara göre 25:1'lik bir oranla veya daha yükseği ile iyi kalitede mamulleri yüksek verimde elde etmek mümkündür.) Uzunluğunun artmasının ortaya çıkaracağı problemler çözümlerse, daha uzun vidalar ile daha yüksek mamul performansı elde edileceği söylenmektedir. Ama yine de değişik termoplastik malzemeler, değişik işleme koşullarına ihtiyaç gösterdiğinden L/D oranı için bir genelleme yapmak uygun olmayacaktır.

2.1.3.1.3.VİDA HATVESİ VE TAŞIYICI FORMU

Taşıyıcı yüzeyin hatvesi ve helis açısı vidanın çevresel hızı ile birlikte ekstrüderin verimini belirleyen önemli faktörlerden ikisidir. Belli bir dereceye kadar uygulanan kayma gerilmesi ve elde edilen sürtünme ısısında bunlara bağlıdır. Taşıyıcı yüzeyin derinliği de yine belli bir dereceye kadar kayma gerilmesiyle elde edilen ısı miktarını, vidanın verimini ve kovanla temas ile malzemeye iletilen ısı miktarını etkiler. Vidanın uzunluğunu arttırmak suretiyle ısı iletimi için daha uzun bir süre sağlanırken taşıyıcı yüzeyin derinliğinin etkisini de değiştirir.

2.1.3.1.4.GENEL TASARIM

Genel bir kural olarak, bazen iki veya daha çok başlangıç noktası bulunabilse de taşıyıcı yüzeylerin tek bir başlangıç noktaları olur. Birden fazla başlangıç noktası bulunan vidalar birinci başlangıç noktasından daha ileri bir noktada kanalın hacimsel kapasitesini azaltarak matrise yaklaştıkça yumuşamış malzemeye uygulanan basıncı arttırmak üzere kullanılan ikinci bir taşıyıcı yüzey başlangıç noktasına sahiptir. Bundan başka bir tasarımda, birbiri ile kesişmeyen iki taşıyıcı yüzeyden özel formdaki ikincisi ergiyiğe yüksek basınç uygularken, birincisinin hacimsel kapasitesi sifıra doğru ilerler ve yeniden granüler malzemeyi alır.

Taşıyıcı yüzey derinliğinin, malzeme matrise doğru ilerledikçe gerekli basıncı elde etmek üzere değiştirilmesi standart bir uygulamadır. Bu değişim vida boyunca sürekli olabileceği gibi bazı bölümlerde olabilir veya bu iki durumun kombinasyonu ile karşılaşılabılır. Vida kanalının veya kanallarının hacimsel kapasitelerinin yukarıda belirtildiği gibi azaltılması ile akışkanlaşan malzemenin hacimsel azalması malzemenin homojenliği ve kanalı tamamen doldurması için gereken basınç sağlanır. Aynı etki buna alternatif olarak taşıyıcı yüzeylerin hatvesinin azaltılması veya hem hatvesinin azaltılması, hem de kanal derinliğinin değiştirilmesi ile elde edilebilir. Gereken karıştırma derecesi, viskozite ve geçiş sıcaklığı gibi faktörlerin tümü vida tasarımını etkiler. Tasarım, bu faktörlerin ekonomik unsurlar, yüksek verim ve düşük güç sarfı ile ortak paydasının bulunması ile gerçekleştirilir.

2.1.3.1.5.VİDANIN HIZI

Vidanın çevresel hızı yalnız malzemenin hareketinde değil aynı zamanda sürtünme ile elde edilen ısı miktarının belirlenmesinde de önemli bir değişkendir. Bir ekstrüderin verimi direkt olarak vida hızı ve güç sarfı orantılı olarak artmaz. Birim güç başına maksimum verimi sağlayacak bir hız seçilmelidir. Bu hız, değişik malzemelere, sıcaklık gereksi-

nimlerine göre değişir.

2.1.3.1.6.MATRİS, SÜZGEÇ, DARBE PLAKASI

Ergiyiğin akımının bir darbe plakası, süzgeç sistemi ile sınırlandırılması iki önemli fonksiyonu yerine getirir. İlk olarak vidada bir geri basınç oluşturarak daha iyi bir karışım hareketi ve kayma gerilmesi sağlanırken, ikincil olarak süzgeç matrise giren malzemenin tamamen homojen ve yabancı maddelerden arındırılmasını sağlar.

Darbe plakası ve süzgecin geri akım ve karıştırma karakteristikleri özellikle kuru karışımların ve benzer küçük parçaların ekstrüzyonunda önem taşır.

Darbe plakası ve süzgeç, birim güç başına elde edilen verimi düşürsede vidadan gelen türbülanslı akımın kontrol altına alınması ve matrise daha düzgün bir beslemenin yapılması ile parçanın bitiminde olumlu özellikler yakalanmasını temin eder. Darbe plakası süzgeç sisteminin etkisi malzemenin viskozitesine göre değişir.

Matris tasarımının verim üzerinde önemli bir etkisi vardır. Matris içindeki akımın daha dikkatlice gözlenmesi ve sıcaklığının kontrolü ile kalite düşürülmeden verim arttırılabilir.

2.1.3.1.7.KOVAN, VİDA, MATRİS VE MALZEMENİN SICAKLIğI

Bir ekstrüderin verimi malzemenin sıcaklığından etkilenir. Kovana gelince, termoplastik dış kaynaktan verilen kovancidar sıcaklığı ile işlemde doğan sürtünme ısısının kombine etkisine maruz kalır. Matriste ise yalnızca bir dış ısıtmadan söz edilebilir.

Malzemenin viskozitesinin sıcaklık ile değişmesinin verime olan etkilerinin yanı sıra bilinmesi gereken önemli bir noktada her malzemenin uygun bir sıcaklığı olduğudur. Mamul bu sıcaklığın çok altında ekstrüde edilirse malzemede homojenlik elde edilemeyecek, buna karşılık bu sıcaklığın üzerinde yapılan bir çalışmada degradasyon oluşabileceği gibi malzeme arzu edilmeyecek kadar akışkandır. Bundan ötürü sıcaklığın hem ısıtmada, hem de soğutmada kontrolü çok önemlidir. Esasen mamul sıcaklığı ve bunun üretim oranlarına etkileri başlı başına bir araştırma konusudur.

Bir görüşe göre mümkün olan en düşük ergiyik sıcaklığında çalışılmalı ve birim güçte elde edilen verim arttırılmalıdır. Bu şekilde proses sırasında degradasyonla karşılaşma ihtimali azalırken, soğutma işlemleri kolaylaşır.

2.1.3.1.8.FİZİKSEL ETKİLER VE NEDENLERİ

Vida tasarımı; Çap, uzunluk, taşıyıcı yüzeyin derinliği, genişliği, helis açısı ve sıkıştırma oranından etkilenir.

Hacimsel kapasite; Vida tasarımına ve özellikle vida çapına, uzunluğuna ve taşıyıcı yüzeyin derinliğine bağlıdır.

Isı iletimi; Vida tasarımına, vida hızı ve matris basıncına bağlı olarak değişir.

Matris basıncı; Matris tasarımı, darbe plakası süzgeç tasarımı, vida helis açısı, taşıyıcı yüzey derinliği ve diğer vida karakteristiklerine bağlı olarak değişir.

Sürtünme ısı; Vida tasarımı ve özellikle taşıyıcı yüzey derinliği ve vida hızına bağlıdır.

Viskozite; ısı iletim miktarı ve sürtünme ısısına bağlıdır.

Verim; Vidanın hacimsel kapasitesi, hızı matris basıncı, ve malzemenin viskozitesi ile değişir.

Güç sarfiyatı; Viskozite, matris basıncı, vida tasarımı ve vida hızına bağlı olarak değişir.

2.2.EKSTRÜDERLER

Plastiklerin ekstrüzyonunda, ekstrüzyon hattının ilk parçası olan ekstrüderler prosesin kalbi konumundadır.

Ekstrüderlerin bir çok tipi bulunsa da prosesin sürekliliği ve bir çok uygulamaya kolayca uygulanabilirliği açısından en çok kullanılan ekstrüder tipi vidalı ekstrüderlerdir.

Vidalı ekstrüderin geliştirilmesinden bu güne gelene kadar bir çok ilerleme sağlanmış, iki ve üç vidalı ekstrüderlerin yanı sıra genel konstrüksyonlarda da büyük gelişmeler kaydedilmiştir.

2.2.1.TEK VIDALI EKSTRÜDERLER

İlk termoplastik malzemeler ekstrüzyon için uygun hale getirildiğinde, o ana kadar kullanılan lastik ve kazein ekstrüzyonu için kullanılan ekstrüderlerin termoplastikler için yeterli olmadığı anlaşıldı. 1930'lu yıllardan itibaren termoplastik malzeme için yeni tip ekstrüderler geliştirilmeye başlandı.

Başarılı bir termoplastik ekstrüzyonu için gereken ve malzemeye göre değişebilen başlıca özellikler aşağıda belirtilmiştir;

- 1.Bir besleme hunisinin altında bulunan, granül/toz halindeki soğuk malzemenin beslenmesi için besleme aralığı.
- 2.Daha büyük bir L/D oranı. Kovan iç cidarı korozyona dayanabilmelidir. Özel vida tasarımına göre değişsede sürtünmeden doğan ısının sağlanması ve vida boyunca bir basınç gradyeni oluşturması.
- 3.Darbe plakası-süzgeç ve/veya başka sınırlayıcı sistemlerin eklenmesi

4. Malzemenin karışımını, basıncını ve beslenmesini sağlayacak şekilde tasarlanmış vida
5. Bazı kesimlerde yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılarak sıcaklık gradyeninin oluşturulduğu ve sıcaklığın hassasca kontrol edildiği bir kovan. Kovanın aşırı sürtünme ısılarına karşı bazı durumlarda soğutulması.
6. Su ile soğutulan besleme aralığı
7. Vidanın su ile ısıtılmasının veya soğutulmasının sağlanması
8. Besleme vidasının kolaylıkla başkaları ile değiştirilebilmesi ile değişik malzemeler için değişik sıkıştırma oranlarının elde edilmesi.
9. Besleme vidasının kesinti olmadan değişken hızlarla tahrik edilebilmesi.
10. Termoplastiklerin ekstrüzyonunda karşılaşılan yüksek basınçlara dayanabilecek bir makina konstrüksiyonu ve yüksek güçlü tahrik motorları.

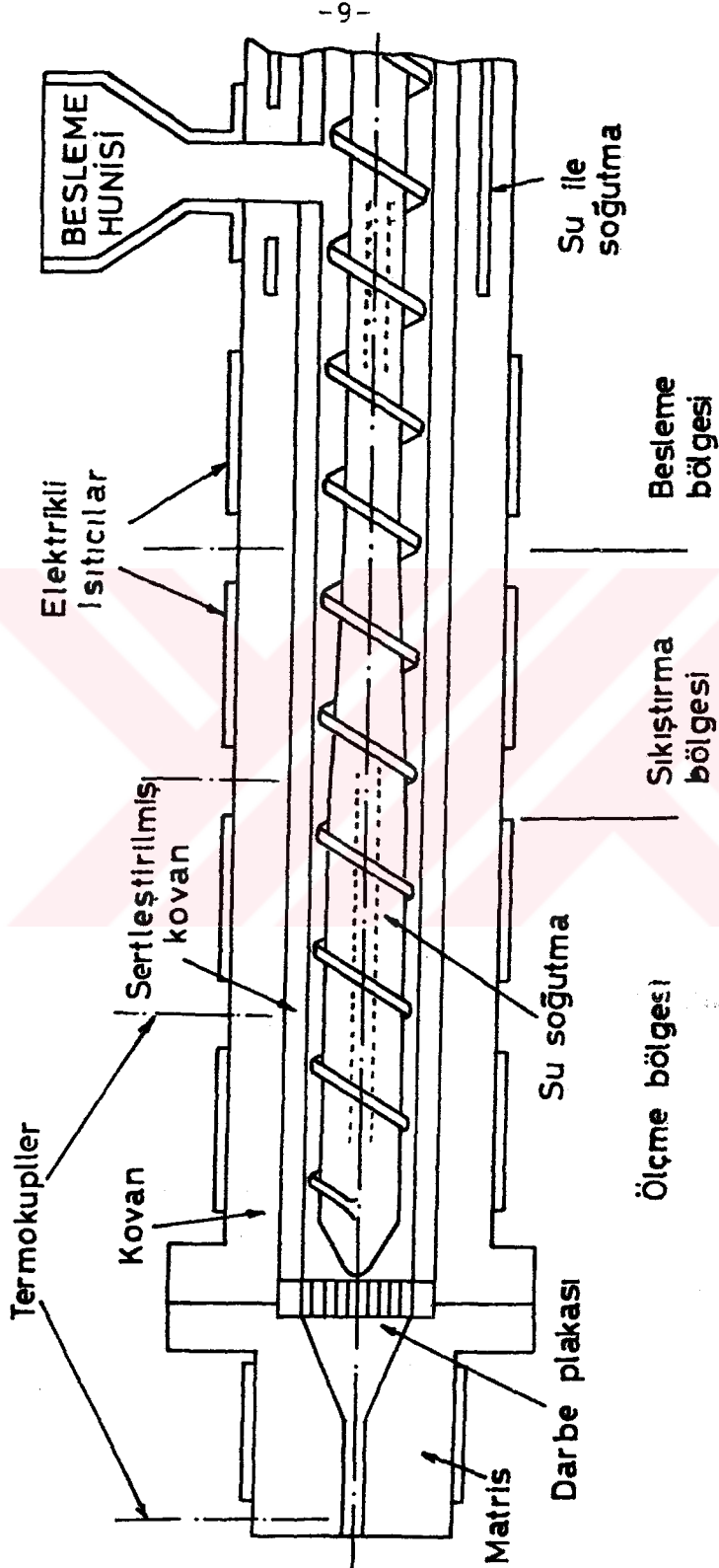
2.2.1.1. TEK VIDALI EKSTRÜDERLERDE VİDA TASARIMI

Tek vidalı ekstrüderlerde kullanılan ekstrüzyon vidalarının tasarımının ekstrüde edilecek yeni malzemeler ile en uygun sonuçları verecek şekilde gerçekleşmesi gereklidir. Bazı vidalar malzemelerin ergitilmesinde kullanılırken, bazılarında ergitmenin yanı sıra bir çok katkı malzemesinin karıştırılması işlevini de yerine getirir. Bunların sonucunda verim artarken yüksek kaliteli plastik mamuller elde edilebilir.

Daha sağlam, daha estetik ve daha güvenli plastik noktasına ulaşmak üzere reçinelere katkı malzemeleri ve renklendiriciler katılır. Bu gibi ilaveler karışımın reolojik karakteristiklerini veya ısı sabitliğini değiştirebilir. Bu kombinasyonun ekstrüde edilebilirliği ham reçinedekine göre oldukça farklı olabilir. Yeni vida tasarımları ile bir mamul için en uygun karışımın eldesine karşılaşılan komplikasyonlar önenebilir.

Vida tasarımı değişiminin olumlu etkisinin görüldüğü en önemli örneklerden birisi Lineer düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE) içeren karışımlardır. Son 10 yılda daha dayanıklı tübüler film eldesi için LLDPE ile LDPE kombinasyonu kullanılmıştır. LLDPE yoğunluğunun artmasıyla daha iyi filmler elde edilebilmektedir. ama LLDPE'nin ergime sıcaklığı LDPE'ninkinden daha düşük olduğundan bu kombinasyonun ekstrüzyonu güçtür. Bu problem, prosesin daha düşük ergiyik sıcaklıklarında gerçekleşmesini sağlayan yeni vidaların tasarımıyla çözülmüş ve yüksek film karakteristikleri elde edilmiştir.

Günümüz gelişmiş teknolojisine rağmen, vida tasarımında deneme yanılma yaklaşımlarının önemli bir etkisi vardır. Bilgisayar ile modellemenin önemli bir rolü bulursa da uygulama zamanının uzunluğundan ötürü pratiği gelişmemiştir. Yinede yeni bir malzeme geliştirildiğinde bunun reolojik ve termal özelliklerinin belirlenmesinde bilgisayar ile modelleme etkin olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.1 Vidalı bir ekstrüderin ana parçaları

Yeni vida tasarımları vidanın gerçekleştirildiği ergitme karıştırma ve ölçme gibi işlevlerin bir veya birkaçını geliştirmek üzere gerçekleştirilir. Bunlardan en önemlisi ise ergitmedir. Diğer faktörlerle karşılaştırma ve ölçme kontrol edilebilirse de vida tasarımının ergitmede direkt bir etkisi vardır. Bu gün yapılan araştırmalar ergitmenin optimizasyonu yönünde yoğunlaşmaktadır.

Ergitme iki ısı kaynağı ile kontrol edilir. Bunlardan birincisi genellikle kovan ısıtıcıları (Mika ve seramik rezistanslar) ile dışarıdan uygulanan ısıdır. Diğer ısı kaynağı ise kayma veya viskoz ısıtım olarak adlandırılır. Bu dağılıcı tip ısıdır. Çok ısıtma, özellikle dağıtıcı ısıtım LLDPE gibi reçinelerde çözülmeye yol açabilir.

Isıtma vidanın dönme hızının değiştirilmesiyle kontrol edilebilir. Dolayısıyla en uygun dönme hızının seçilmesinin önemi büyüktür. Düşük bir hızda ergiyik, kovan ve vida ile daha uzun bir süre temasta kalır. Düşük hızda kayma azalacağından dağılıcı ısı miktarı azalır ve bu kombinasyonun film özellikleri güçlenir.

Optimum vida tasarımı için deneme-yanılma metodu ile bilgisayar ile modelleme metodunun beraber kullanılması gerekmektedir. İyi bir vida için önemli ölçütlerden birisi onun dengesidir. İyi bir vida tasarımında vidanın ilk bölümü gereken malzeme miktarını son bölüme iletebilmelidir. Vidanın sonuna iletebilme oranı bir çok faktöre bağlıdır. Karışımın ergime sıcaklığı, karışımın reolojisi ve vidanın dış derinliği bunlardan bazılarıdır. Verilmiş bir reçine karışımı için bunlardan ilk ikisi sabit tutulurken, uygun vida tasarımını gerçekleştirebilmek için vidanın dış derinliği değiştirilir. Bu değişim, besleme bölgesinin dış derinliğinin arasındaki oran ile somutlaştırılabilir. Bu oran görünür sıkıştırma oranı olarak adlandırılır. Her vidanın sabit bir görünür sıkıştırma oranı vardır.

2.2.1.2.TEK VIDALI EKSTRÜDERLERDE VIDA TIPLERİ

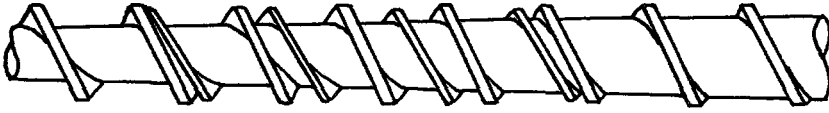
Plastiklerin ekstrüzyonunda kullanılan tek vidalı ekstrüderlerde kullanılan üç ana vida tipi vardır. Bunlar sıkıştırma vidası, bariyer vidası ve içten ısıtılan vida tipleridir.

1.SIKIŞTIRMA VIDASI: Tipik bir kompresyon vidasında ergitme iki kaynak ile gerçekleştirilir. Bunlar kovan ısıtıcıları ve kayma ile oluşan ısıdır.(Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Sıkıştırma vidası

2.BARİYER VİDASI: Bariyer vidalarında katı ve ergiyik malzemeler birbirinden ayrı tutulur. Sıkıştırma vidaları ile karşılaştırıldığında aynı malzeme miktarında daha düşük ergiyik sıcaklıklarında işlemenin mümkün olduğu görülür. (Şekil 2.3)

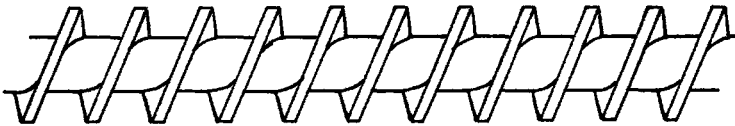


Şekil 2.3. Bariyer tipi vida

Bariyerli vidalarda iki değişik bariyer tasarımı söz konusudur. Bunlardan birincisinde bariyer kanalı ve ergiyik kanalı, kovan ile aralığı normalden daha fazla olan bir taşıyıcı yüzey ile ayrılır. Ekstra aralık dolayısıyla ergiyik malzeme kolayca ilerlerken hala katı olanlar bariyerden geçemez. Bariyer kanallarının genişliği vida boyunun artması ile azalır. Böylece katılar sıkıştırılır ve oluşan ısı ile bunlar ergitilir.

Diğer bariyerli vida tipinde kanal derinliği giderek azalırken daha fazla ergiyik-katı ara yüzeyi oluşturmak üzere vidanın taşıyıcı yüzeyinin genişliği büyük tutulur ve daha iyi bir ergitme sağlanır.

3.İÇTEN ISITMALI VİDALAR: Bu tip vidalar daha derin kanalları daha dik helis açıları ve iç ısıtıcı parçaları ile karakterize edilir. Sıkıştırma vidaları ile karşılaştırıldığında, aynı miktar malzemenin ekstrüzyonu için daha küçük vida çapları kullanılır. İçten ısıtım ile malzemeye verilecek kayma ile elde edilen ısı miktarı azalır. Bu dönen vidanın ergitme prosesindeki işini azaltır.



Şekil 2.4. İçten ısıtılan vida tipi

Katı malzemeyi ergitmek için daha az kayma etkisi gerektiğinden vida hızı daha düşük tutulabilir ve dolayısıyla kullanılacak motorun gücü ve harcadığı enerji azalır. Kullanılan iç ısıtıcı kartuş tipinde olabilmektedir.

Vidanın diğer karakteristik özelliklerine gelince, helis açıları konvansiyonel vidalarınkine oranla daha büyüktür. Örneğin bu açı konvansiyonel vidalarda 17° iken içten ısıtılan vidalarda yaklaşık 30°dir. Vida taşıyıcı yüzeyleri de konvansiyonel vidalarınkine göre daha derindir. Bu özelliklerin kombinasyonu ile verim %50 artmaktadır.

2.2.1.3.VİDA GENEL KAREKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

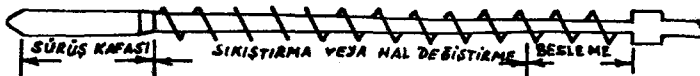
Termoplastik malzemelerin mekanik ve termal özellikler açısından diğer malzemelerden bir çok ayrımı vardır. Yüzey sertlikleri, ergime sıcaklıkları ve ergimedeki termal konduktivite değerlerinin geniş bir alanı ve bu diğer faktörlerin etkilemesinden vida tasarımı bazı aşamalarda bu malzemelerle elverişli bir biçimde uğraş için bir çok vida çeşidinin olması gerektiği ortadadır.

Bir ekstrüzyon vidası küçük malzeme grupları için uygun karakteristikler ile tasarlanmaya başladığından beri, geniş malzeme alanına uygulanan vidalar çok az kullanılmaya başlanmıştır. Eğer matrisin tasarımı köklü olarak değiştirilirse, vidanın kısmi bir matris/malzeme kombinasyonu için tasarlanması önerilir.

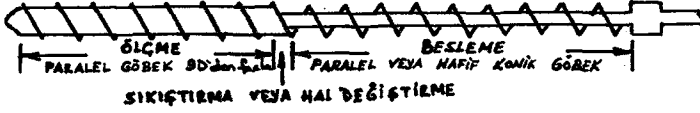
Şekil 2.5'de tipik bir vida görülmektedir ve üç bölgeye ayrılmıştır; Besleme bölgesi, sıkıştırma (Hal değiştirme) bölgesi ve ölçme (ergiyik) bölgesi. Şekil 2.6'da ise vidanın özel bir çeşidi olan, pompa hareketi olmadan malzeme akışının kesildiği torpedo veya sürüş kafasının ilave edildiği tiptir. Bu tip vidalar şimdi genelde kullanılmaz, daha uzun bir ölçme bölgesi genel olarak tercih edilir. Şekil 2.7'de ise yüksek yoğunlukta polietilen, naylon ve diğer düşük ergime viskoziteindeki güçlü malzemelerin başarılı bir şekilde ekstrüde edilmesi için kullanılan çok kısa bir sıkıştırma bölgesine sahip vida tasarımı görülmektedir.



Şekil 2.5



Şekil 2.6



Şekil 2.7

Vida ekstrüzyonunun basitleştirilmiş bir teorisi bilinen bir viskozite katsayısı ile bir sıvı malzemenin ekstrüderden geçtiği varsayımı üzerine temellendirilmiştir. Bununla birlikte bir ergiyik, ekstrüderinin teorik uygulaması bir ekstrüder vidası ölçüm kesitine ve performansın neden olabileceği net üretim miktarını elde etmek mümkündür.

Gelişmeler ile malzemelerin ekstrüder içinde bilinen davranışları ve hal değişimleri, oluşturulan kuvvetler ve yutulan ve ergimedeki gibi ekstrüderdeki iyi fiziksel haller, vidanın bazı kesitleri için işlem durumu değişim tahminleri ile ve vida geometrilerinin bilgisayar programlarının yapılması mümkündür.

2.2.1.3.1.BESLEME BÖLGESİ

Bu bölgenin amacı besleme hunisinden soğuk malzemenin alınması ve sıkıştırma bölgesinin beslenmesidir. Besleme malzemeleri, farklı geniş fiziksel formlarıyla, serbest dolaşan tozlar, düzgün küpler, gelişigüzel kesilmiş kırıntılar ile küçük silindir veya kürelere benzeyen granüllerden oluşur.

Besleme bölgesi kesiti formunun diğer bölgeler gibi en iyi forma sahip olması önemli değildir. Bazen sürtünme katsayısı ile besleme malzemesinin doğasına uyabilecek uygun formlar bulunabilir. İdeal helis açısı bu bölge için 45° olmakla birlikte bir hipotetik sürtünme katsayısı malzeme ve vida arasında sıfıra eşittir. Fakat çoğu plastik malzeme için katsayı 20° 'lik bir helis açısına karşılık 0.4 civarındadır.

Testler vidanın besleme bölgesindeki vida dişi formu ve sürtünme yüzü arasındaki 90° 'lik bir açı en iyi performansı verir. Bundan dolayı ölçme ve sıkıştırma kesitleri ölü noktalarındaki malzeme oranı azalır.

2.2.1.3.2.SIKIŞTIRMA BÖLGESİ

Sıkıştırma veya hal değiştirme bölgesi besleme bölgesini takip eder ve vida dişi dibi çapının azar azar büyümesiyle ölçme kesitine kadar malzemeyi ulaştırırlar. Daha kısa sıkıştırma bölgeleri, çoğunlukla iki veya bir diş hatvesini kapsayan, yüksek viskoz, ısıya duyarlı polimerler gibi kabul edilebilen çoğu malzeme ile çok iyi işlem geliştirilebilen bir tasarımdır.

Sıkıştırma bölgesi, katı bölgeden viskoz bölgelere malzeme geçişinde hacim değişimi ve ergime oranının ayarlanması

için gerekli şekilde tasarlanmalıdır. İlk olarak tutulan havanın tekrar besleme bölgesine geri itilmesi ve ikinci olarak sıkıştırılan malzemenin termal kondüktivitesini iyileştirmek için sıkıştırmanın doğru miktarda yapılması amaçlanmıştır. Bunun dışında sıkıştırma bölgesinden geçişi boyunca malzeme yeterli viskoz hale gelen ve kütlelerine doğru üniform şekilde ısıtılabilen ve karıştırılan, böylece kırılmadan şekil değiştirebilerek enerji absorbedebilmek mümkün olur. Böylece malzeme sıkıştırma bölgesinden geçer, homojen bir şekilde ergiyik hale geçer ve ergimemiş partiküllerden yoksun daha sonraki bölgelerde sadece ergiyik malzeme ile uğraşılmış olunur.

Vida sıkıştırma bölgesi belkide tasarlanan en zor mekanizmadır ve kesin şekillendirilmeyen bir konuda matematiksel bir çalışmayla detaylandırılmıştır. Plastiğin bu bölgede kaldığı sürece davranışları araştırmacılar tarafından irdelenmiştir, şeffaf kovanlar kullanılmış fakat bir örneğin davranışı ekstrüder vidalarının tasarımında kazanç olacak bir genel teoride geliştirmek mümkün olmamıştır. Bu bölgenin ilk bulunan karmaşıklık sonuçları katı halden yavaş yavaş laminar akışa, hal değiştirmenin ve kırılmanın artan etkileri görünür Ergiyik viskozitesi ve ısı transferinin her ikisinde malzemenin ergime karakteristikleri ve bu bölgedeki besleme stokunun bir matriste katı parçaların sürekli bir süspansiyon değişimi tutarlılığına bağlı olarak vidanın kısa veya uzun olmasına göre değişir. Hal değiştirme noktasının pozisyonu vida uzunluğu boyunca kabul edilebilir bir uygunlukta ekstrüzyon kalitesine inanılır.

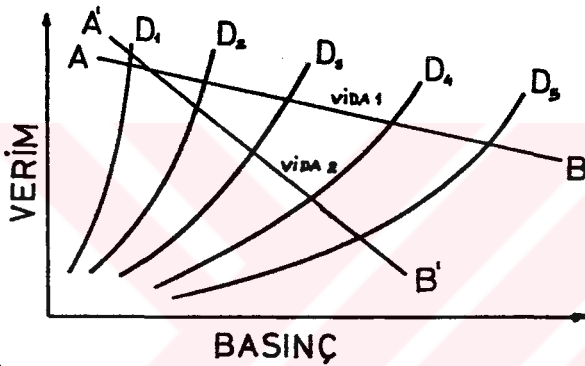
Bir ekstrüder vidasında bir sıkıştırma oranı ortaya çıkarmanın en genel metodu diş derinliğini azaltmak ve böylece vida dişi kesit alanında hızlı bir azalma meydana getirmektir. Bu bir sıkıştırma oranını ortaya çıkarmak için uygulamalarda tercih edilir. Bu metodda vida hatvesi yavaş yavaş azalırken yörüngeye bağlı derinlik korunur. Malzemedeki kırılma oranı diş derinliğinin azalması için neden olmayabilir. Çoğu malzeme artan kırılma ile ekstrüzyon kalitesi bu tasarımın kullanılmasıyla ısı ve kırılma duyarlı polimerlerle sınırlandırılmıştır.

2.2.1.3.3.ÖLÇME BÖLGESİ

Ölçme bölgesi vidanın son bölgesidir ve, hacim ve basınca bağlı olarak ergiyik plastik malzemeyi matris sistemine bir ölçü pompası gibi dağıtır. Ölçme bölgesinde bir yörünge hacmine besleme bölgesinden bir vida yörüngesi hacmi oranı olarak adlandırılır. Malzeme tamamen viskoz olduğundan vidanın bu kısmının davranışları diğerlerinden daha iyi bilinir. Sürüklenme akışı mekanizması, basınç akışı ve sızıntı akışı ölçme bölgesinde operasyon gibi canlandırılabilir ve vidanın bu kısmının kararsızlıkların etkinliği ve matris sistem bazı aşamalarda matematiksel ve araştırmaya yönelik deneylerle uygulanabilir. Şekil 2.8'de tipik bir ekstrüder vidası mamul

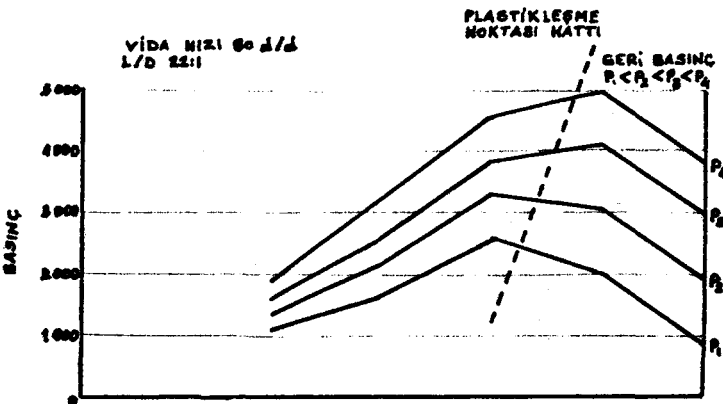
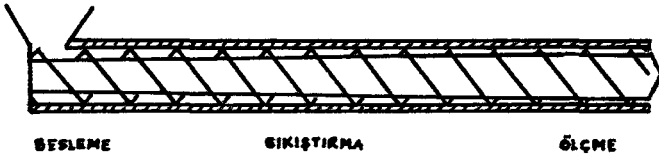
eğrisine karşı gelen bir dizi matris ölçüleri için basınç ve sabit vida hızı gösterilmiştir.

Bir ekstrüder vidası tarafından ölçme bölgesinde göz önünde tutulan basınç arttırıldığı zaman, bu basınç genellikle matristeki basınca eşit olur, fakat ölçme bölgesi başlangıcındaki her basınç bu şekilde arttırılarak hesaplanan mamule uygun diyagramlar ve denklemlerde verilen ilk kesitlerdeki basınç gerçek mamulden daha fazla olur.



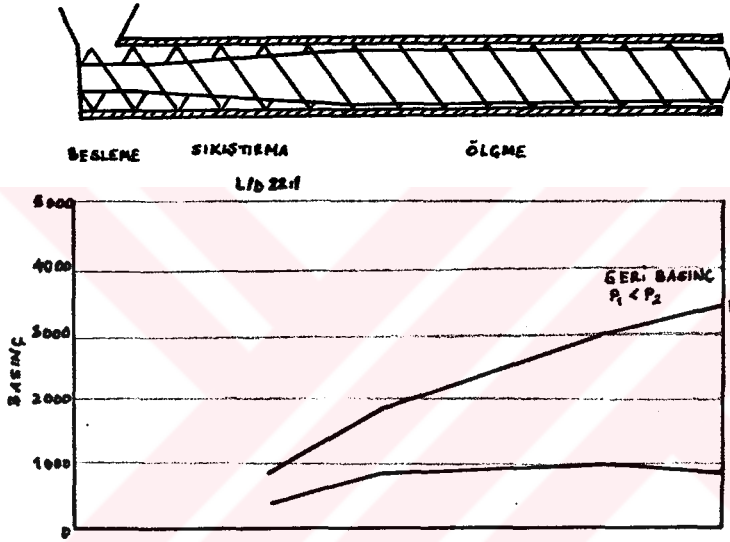
Şekil 2.8

Vida hızı değişimi grafiğin temel şeklini değiştirmez. Şekil 2.9'da bu deneylerde, 22:1 L/D oranı ile bir dört tur ölçme bölgesi ve bir onaltı tur hal değiştirme bölgesinde artan göbek çapı tipi kullanılan vida gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Maksimum basınç noktası ile basınç artışı görülür.

Diğer deneyler göstermiştir ki bu basınç artışları ve basınç düşüşleri, ölçme bölgesi uzunluğunca düşüş tarafından sona erdirilir. Böylece iyi bir karışım ve daha yüksek mamul üretimi elde edilebilir. Ölçme bölgesinde kanal derinliği arttırılacak olmasına rağmen bununla birlikte malzemenin aşırı ısınmasını önlemeye ihtiyacı vardır. Hal değiştirme bölgesi temel tasarımı yapılmış ve göbek çapı artış tipi geride kalmıştır. (Şekil 2.10)



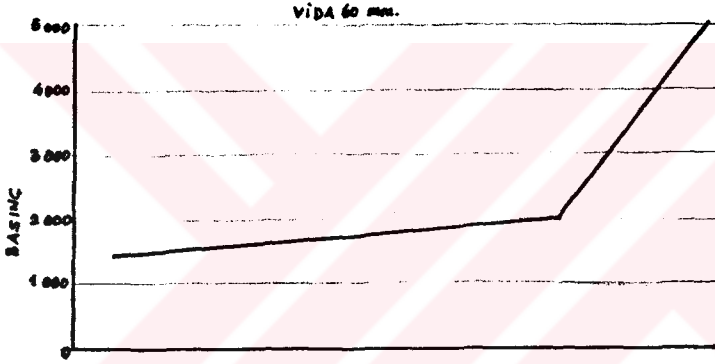
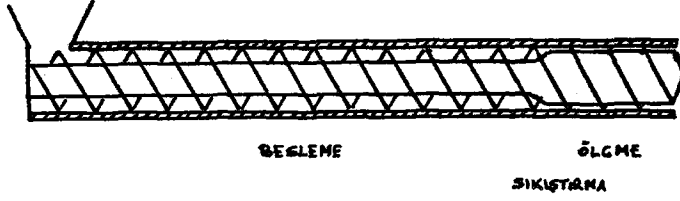
Şekil 2.10 Daha uzun ölçme bölgesinin maximum basınç üzerinde ki etkisi görülmektedir.

En yüksek basınç noktası hareketi (Şekil 2.9'a bakınız) üretimde ve kalitede bir etkiye sahip olacaktır. Şekil 2.11 önerilen tipte kısa bir hal değiştirme bölgesi vida için basınç artışını gösterir ve görülür ki en yüksek basınç vida sonunda görülür. Böylece titreşim riski azaltılmış olur. Şekil 2.8'de gösterilen teorik diyagrama sadece pek azı benzer. Ana farklılık D_4 'den D_5 'e kadar matris hatlarında geçiş kesiti bölgeleri azalmasında bir çeşit matris için basınç, mamul bağlantısı teoride merkeze doğru düz çizgiler oluşturacağı yerde gerçek kayıtlarda yay çizer. Bu sapma ergiyik termo plastik mallzemelerde olduğu gibi bir Newtonian olmayan akışkan karakteristiğidir.

Vida karakteristiklerinin AB ve AB'nü kestiği matris karakteristikleri vida ucundaki basıncı gösteren ve kısmi bir matris için mamul noktaları verilen bir vida hızında tespit edilir.

Dikkatle belirlenen AB eğrisinde herhangi bir matris ile verdiğimiz vidanın üretimini diyagramdan okumak mümkündür. Eğer vida daha derin bir ölçme bölgesine sahip bir vida olsa idi veya bir başka deyişle daha düşük bir sıkıştırma oranı ile mamul/basınç ilişkisi, sonuçlarıyla adım yöntemiyle tes-

pit edilir. Bunun anlamı bu ikinci vida küçük bir matriste daha düşük mamul verir, fakat iki vida arasındaki üretim farkı geniş bir matris üzerinde matris ölçüsünün büyütülmesine kadar azaltılır. Diş yüksekliği uzun bir vida ile daha yüksek bir mamul üretimi mümkün olmaktadır.



Şekil 2.11 Kısa bir hal değiştirme bölgesi vidasında basınç gradyeni görülmektedir.

Bu tip bir diyagram Şekil 2.8 ve Şekil 2.2 ve 2.3'de matris hazırlığı için özellikle mümkün kılan vidaya ihtiyaç duyulur. Örnek olarak bir dar delikli matrise ihtiyaç duyulursa veya ayırma için büyük uğraş, bir vida ile dolaylı bir yüksek bir sıkıştırma oranı belirlenmiştir. Diğer taraftan geniş bir matris akışı için az bir direnç gösteren, daha düşük sıkıştırma oranına sahip vida ile iyi bir çift oluştururlar. Genellikle bir ortalamaya vurmak ve hangi durumda daha yüksek sıkıştırma oranı ile matrislerin daha geniş bir alanı üzerinde aynı davranışları gösteren vida belirtilmiştir, çünkü o matris ölçüsü tarafından dolaylı olarak etkilenmez. Bir vida üzerinde ihtiyaç duyulan ölçme bölgesi derinliği kesitten doğrudan geçen ergiyik plastik malzemenin gerçek viskozitesi ile bilinen ergiyik çalışma viskozitesine çok sıkı bağlanmıştır. Böylece bir vida ergime bölgesi sonuçları düz bir karakteristik içinde normal ekstrüzyon sıcaklıklarında polietilen ile çalışma sıcaklıklarında ağır vinil ve dik aşırı uç bir karakteristik üretilir.

2.2.1.3.4.SÜRÜŞ KAFASI (TORPEDO)

Sürüş kafası vidanın en ucunda yer alıp kovan göbeği ile çapları arasındaki mesafe genellikle düz ve paraleldir, belki yiv açılmış veya konikleştirilmiş ve üzerinde özel bir diş sahiptir.

Sürüş kafasının 3 amacı vardır; ilk olarak bir mikser gibi hareket eder. İkinci olarak mekanik çalışma ile malzemenin ısıtılmasına olanak verir ve üçüncü olarak özel bir bağlayıcı form verir. Karıştırma sürüş kafası ve kovan duvarı arasındaki mesafe bazı sürüş kafalarının çeşitli yiv ve dış yüzeyleri üretimi kesmek ve bu bölgeden malzeme geçişini karıştırmaya yarar.

2.2.1.4.TEK VİDALI EKSTRÜDERLERDE AKIŞ MEKANİZMASI

Plastik, vida boyunca ilerlerken belli bir mekanizmaya göre ergir. Başlangıçta kovan cidarında ince bir ergiyik film oluşur. Vida döndükçe bu film cidardan kazınır ve öndeki taşıyıcı yüzeye iletilir. Vidanın göbeğine ulaşıncaya kadar yine oradan hareket edip öndeki vida taşıyıcı yüzeyine doğru rotasyonel bir hareket gerçekleştirir. Başlangıçta vida taşıyıcı yüzeylerinde katı granüller bulunur ve bunlar ergiyik havuzuna rotasyonel hareket ile karışma eğilimindedir. Vida döndükçe malzeme kovan boyunca ilerler, gittikçe daha çok katı malzeme ergiyik havuzuna karışır ve vida taşıyıcı yüzeyleri arasında yalnız ergiyik malzeme oluşana kadar bu işlem devam eder.

Vida kovan içerisinde döndükçe, plastiğin vida boyunca hareketi vidaya ya da kovana yapışmasına bağlı olarak gelişir. Teoride iki uç nokta bulunur. Bunlardan birincisinde malzeme yalnızca vidaya yapışır ve vida malzeme kovan içerisinde bir bütün olarak döner. Bunun sonucu malzeme çıktısı olmaz ki bu açıkça istenmeyen bir sonuçtur. İkinci durumda ise malzeme vida üzerinde kayma hareketi yapar ve kovan içerisinde dönmeğe karşı büyük bir direnç gösterir. Bunun sonucunda ergiyik aksel bir hareket gösterir ki bu akışın ideal durumudur. Pratikte ki durum ise, malzeme hem vidaya, hem de kovana yapıştığından bu limitlerin arasında yer alır. Ekstrüderin verimi hareketli vida ile sabit kovan arasındaki etkileşim arasındaki sürüklenme akımına bağlı olarak elde edilir. Bu bir sabit diğeri ise hareketli iki plakanın arasındaki viskoz bir sıvının akımına benzetilebilir. Burada taşıyıcı akım vida boyunca oluşan basınç gradyanına bağlı olarak elde edilir. Yüksek basınç ekstrüderin sonunda oluşacağından basınçlı akım verimi azaltacaktır. Buna ilaveten vida taşıyıcı yüzeyleri ile kovan arasındaki aralık geriye malzeme kaçışına ve dolayısıyla efektif bir verim azalmasına yol açacaktır.

Ekstrüderdeki dış ısıtma ve soğutma da ergitme prosesinde önemli bir rol oynar. Yüksek verimli ekstrüderlerde malzeme kovanlardan o kadar hızlı geçerki ergitme için gerekli ısı kayma gerilmesinin etkisiyle elde edilir ve kovan ısıtıcıla-

rına gerek kalmaz. Bu gibi durumlarda kritik olan kovanlarda ki artık ısıнын soğutma ile giderilmesidir. Bazı durumlarda vida da soğutulabilir. Burada amaçlanan ergiyik sıcaklığının düşürülmesinden çok plastikte vida arasındaki sürtünme etkisinin azaltılmasıdır. Bütün ekstrüderlerde esas olan kovanların besleme boşluğundaki soğutma ile kesintisiz beslemenin sağlanabilmesidir.

Ekstrüderdeki ergiyik malzemenin termal durumu genelde iki termodinamik durum altında incelenir. Bunlardan birincisi prosesin adyabatik olarak kabul edildiği durumdur. Bu, sistemin çevre ile ısı kazanımını veya kaybını önleyecek şekilde yalıtılmış olması demektir. Eğer ekstrüderlerde bu ideal duruma erişmek amaçlanırsa ergiyiğe öyle bir ısı sağlanmalıdır ki ısıtma veya soğutma gereksinimi duyulmasın. İkinci ideal durum prosesin izotermal durumda gerçekleşmesidir. Bunun anlamı ekstrüderdeki her noktanın sıcaklığının aynı olması ve kovanda ısıtma veya soğutmanın, ergiyikteki ısı kazanç veya kaybını karşılamak üzere gerçekleştirilmesi demektir.

Pratikte ekstrüderdeki termal proses bu ikisinin arasında bir yere denk gelir. Ekstrüderler dış ısıtma veya soğutma olmadan çalıştırılabilirler ama gerçek adyabatik olmadıklarından ısı kayıpları meydana gelecektir. Ekstrüderin tüm boyu boyunca izotermal olarak yürütülmesine bağlı olarak soğuk granüllerin beslenmesi göz önünde bulundurulursa oldukça zordur. Buna rağmen bazen parçaların kısımları izotermal olarak kabul edilebilir ve ölçme bölgesi sıkça bu şekilde kabul edilir.

2.2.2.VİDA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yüksek kalitede mamullerin, yüksek verim ve düşük maliyetle üretilebilirlikleri bir vidanın performansı olarak tanımlanır. Ekstrüzyon prosesinde tasarım aşamasında deneysel veya teorik araştırmalarla değerlendirilen vida performansının önemi büyüktür.

Vida performansının değerlendirilmesinde ekstrüzyon verimi, vidanın maliyeti ve ekstrüde edilen polimerin kalitesi gibi faktörler önemli rol oynar. Buna göre aşağıdaki sınıflandırma yapılmıştır.

2.2.2.1.VİDA PERFORMANS KRİTERLERİ

2.2.2.1.1.VERİM VE MALİYET

Ekstrüzyon prosesi vida ile matrisin etkileşiminin sonucu olduğundan, ekstrüderin verimi büyük ölçüde vidaya bağlıdır. Buna karşılık vida performansındaki ilk kriter ekstrüderin verimidir. Bu büyüklük direkt olarak, belli zaman aralıklarında kesilen mamulün tartılmasıyla ölçülebildiği gibi basınç, viskozite veya yoğunluk ve hız gibi büyüklüklerin ölçülmesiyle de belirlenebilir.

Vidanın üretim maliyeti bir yana bırakıldığında vida performansının değerlendirilmesinde kullanılan maliyet kriteri ekstrüzyon prosesinde harcanan elektrik gücü olarak ifade edilir. Bu büyüklük ekstrüzyon sırasında ölçülebilir.

Birim mamul ağırlığı başına elektrik gücü olarak ifade edilebilecek birim güç harcaması sıkça kullanılan bir kriterdir.

2.2.2.1.2.KALİTE

Ekstrüzyon mamulünün kalitesi diğer faktörlerin yanı sıra mamulün dış görünüşü, boyutsal toleransı ve mekanik, optik kimyasal ve elektriksel özellikleri ile değerlendirilir. Bu büyüklükler universal olmalıdır. Bir mamulün kalitesi geniş bir özellik dizisinde incelenirken objektif olunmalıdır yani mamul tipine, formuna, boyutlarına ve kullanım amacına bağımlı olmamalıdır. Bunun da ötesinde bu büyüklükler ölçülebilir olmalıdır.

Basınç, sıcaklık ve polimerin akma oranı gibi büyüklükler her şeyden önce ekstrüzyon prosesinin ana değişkenleridir. Özellikle ekstrüder kovanının ucunda ölçülen bu büyüklükler vidanın çalışmasının sonucudur ve mamulün özelliklerinin bir çoğunun belirlenmesinde önemli rol oynar.

Ekstrüder kovanından çıkan mamulün kalitesi ve ergiyik polimer arasındaki ilişki sıcaklık, basınç ve akım oranı ile belirlenebilirken, iki kalite kategorisinden söz etmek mümkündür; sabit durum kalitesi ve değişken durum kalitesi. Sabit durum kalitesi mamulün sıcaklık, basınç, akım oranının mutlak dereceleriyle belirlenebilirken, değişken durum kalitesi bu özelliklerin değişkenlere bağlı olarak dalgalanmalarına bağlı olanları ile belirlenir.

Sıcaklık, basınç ve polimer akım oranı, ekstrüderden çıkan polimerin durumunu tamamen belirleyemediğinden tam bir vida değerlendirmesi yapmak için yeterli değildir. Bu üç değişkenin dışında çok önemli bir kriterde polimer bileşiminin üniformitesidir. Genel olarak üniform bileşim, polimerin ideal karışımı demektir ve bu işlenecek malzemeyi oluşturan reçine ve katkıların tüm hacimde üniform olarak ayrılıp, dağılmış olmalarını gerektirir. (Dispersif ve distribütif karıştırma)

Vida performansı bu özelliklerin ışığının yanı sıra polimerin reolojik özelliklerindeki değerlendirilmesi ile etkin olarak belirlenebilir. Bu özellikler vidanın çalışmasını yalnızca sıcaklık, zaman ve akım oranının fonksiyonu olduğundan değil aynı zamanda ekstrüderde karşılaşılan deformasyon proseslerine bağlı olmasından dolayı da karakterize eder. Bu durumda sabit ve değişken durum kalitesi ayrımı yapılabilir.

2.2.2.1.3.İŞLETME DEĞİŞKENLERİ

2.2.2.1.3.1.SICAKLIK

Sıcaklık bir mamulün özellikle mekanik ve optik özelliklerini etkiler. Bu etki çok değişken olduğundan uygun sıcaklık seçimine dair tavsiyelerde bulunmak oldukça güçtür. En uygun sıcaklık genellikle deneysel olarak bulunur. Bu değer esas olarak polimerin tipinden ve mamulün tipi, şekli ve boyutlarından etkilenir. Üst sınır polimerin termal degradasyona dayanımı ile belirlenirken, alt limit yumuşama veya ergime noktası ile belirlenir.

Sıcaklıktaki bir artış yanında akışkanlıkta da bir artış (daha küçük viskozite) ve akımın direncinde bir azalma meydana gelir. Bu durumda enerji harcamasının azalacağı unutulmamalıdır. Bunlardan başka artan sıcaklıklar ile mamul kalitesinde gelişmeler sağlanırken ergiyik polimerlerdeki istenmeyen elastikte etkileride azaltılır.

Buna karşılık sıcaklığın artması ile mamulün gerekli formunun korunması güçleşirken soğumada da özellikle yüksek ekstrüzyon hızlarında güçlükler ile karşılaşılır. Bununda ötesinde polimerin ekstrüderde daha kısa bir süre kalışı ve sıcaklığın etkisiyle termal degradasyon meydana gelebilir.

Ekstrüderden çıkan polimerin sıcaklığı polimere yayılan mekanik enerjinin sonucu olarak verilen ısı miktarına bağlı olarak değişir. Bu diğer faktörlerin yanı sıra vidaya da bağlıdır ve sıcaklık vida için bir kriter olarak kabul edilebilir. Isı emisyonunun ve soğurumunun yoğunluğu ekstrüzyon sırasında kovan sıcaklığı ile ekstrüzyon öncesi sıcaklığın arasındaki farkın aksel dağılımı bazında değerlendirilebilir.

Ekstrüzyon sırasında polimer ergiyiğinin sıcaklığının ölçümü özel tasarlanmış termoelektrik ölçücüler ile gerçekleştirilir. Ekstrüde edilen bir polimerin kesitinin her noktasında sıcaklık dağılımının aynı olmadığı unutmamalı ve bundan ötürü bu kesitin çeşitli noktalarında ölçülen sıcaklıkların ortalama değerinin hesaplanması gerekir.

2.2.2.1.3.2.BASINÇ

Polimerlerin özellikleri basınçtan, sıcaklığa oranla daha az etkilense de basıncın kalite üzerinde önemli bir etkisi vardır. Vida kanalında polimerin mükemmel olarak karışmasındaki en önemli etkenlerden birisi istenilen uygunlukta yüksek basınçtır. Bunun ötesinde basınçta bir artış temel ekstrüzyon değişkenlerindeki dalgalanmalarda bir azalmayı beraberinde getirir.

Vidanın uygun ekstrüzyon basıncını sadece matris girişindeki basınç olarak değil ama aynı zamanda tüm vida boyunca verilen basınç olarak da tanımlayabiliriz. Bu dağılımdan her bir vida bölgesindeki verim tespit edilip sabit ekstrüzyon koşulları belirlenebilir. Bölgeler arasında basınç dağılımının

da $Q_1 < Q_2 < Q_3$ eşitsizliği vardır. Burada;

- Q_1 : Besleme bölgesi verimi
- Q_2 : Sıkıştırma bölgesi verimi
- Q_3 : Ölçme bölgesi verimi

Bunun ötesinde basınç dağılımından vida kanalı boyunca oluşan gradyeni ve basınç akımı/sürüklenme akımı oranı belirlenebilir. Bu oran artınca pozitif basınç gradyeni elde edilir ve bu da polimerin daha iyi karışması demektir. Ekstrüzyon sırasında basınç ölçüleri mekanik veya elektriksel olarak kontrol edilir.

2.2.2.1.3.3. İŞLETME DEĞİŞKENLERİNDEKİ DALGALANMALAR

Mamul kalitesi ekstrüzyon prosesindeki temel değişkenlerin belli bir zaman noktasına göre dalgalanmasından oldukça etkilenir. Sıcaklık, basınç ve akım oranındaki dalgalanmalar kabul edilebilenlerden büyük olursa mamulün mekanik özellikleri üniform olmazken ve optik özellikleri kötü olurken boyutsal toleranslarda aşılacaktır. Kabul edilebilir dalgalanmalar polimer tipinin yanı sıra gereken mamul özelliklerine göre belirlenir. Genel olarak $+1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $+1\%$ basınç değişimi dalgalanmaları sonucunda mamulde bazı hatalar oluşabilir.

Buna karşılık yapılan incelemelerde sıcaklık dalgalanmalarının Celcius'un ondalıkları bazında, basınç dalgalanmalarının ise 0.1 MPa 'ın $10-20'$ de biri bazında ve akım oranındaki dalgalanmaların bindelikler bazında gerçekleştiği görülmüştür. Bu dalgalanmaların bir çok sebebi olabilir. Mamulün kalitesi için önemli olan dalgalanmalar ekstrüder vida kanalındaki ergitme ve karıştırma prosesinde oluşur. Bunların genliklerinin azaltılması vidanın polimeri mümkün oldukça çabuk ergitip sonra da karıştırabilme kabiliyetine bağlıdır.

Sıcaklık, basınç ve akım oranındaki dalgalanmalar birbirlerinden bağımsız değildir. Örneğin basınç dalgalanmaları akım dalgalanmalarına yol açar ve bunlar sıcaklık dalgalanmalarının viskozite değişimlerine yol açmasının sonucu da olabilir. Araştırmalar bunlardan en bağımsızının sıcaklık dalgalanmaları olduğunu gösterdiğinden, bu genlik değeri vida performansının değerlendirilmesinde temel bir kriterdir.

Dalgalanmalardan başka sıcaklık için unutulmaması gereken başka bir gerçekte ekstrüde edilen polimer kesitinde sıcaklık farkları olduğudur. Polimer akımı doğrusal ise bu gibi sıcaklık farklarının mamulün kalitesi üzerindeki etkisi büyük olmaz. Ama akım doğrusal değilse ve sıcaklık dağılımı kuvvetlice doğrusallıktan sapmış ise, sıcaklık dalgalanmasının mamul kalitesi üzerindeki etkileri olumsuz olur.

Sıcaklık dalgalanmaları genellikle özel olarak tasarlanan termoelektrik cihazlarla ölçülürken, basınç dalgalanmaları mekanik veya elektrikli cihazlarla ölçülür. Akım oranı dalgalanmaları belirli zaman aralıklarında kesilen mamullerin

tartılmasıyla veya mamulden geçirilen ultrasonik dalgaların frekans değişimlerinin ölçülmesi gibi metodlarla ölçülür.

2.2.2.1.4.POLİMERİN KARIŞIM DERECEŚİ

Uniform olmayan bileşim kalitede düşüşe, daha zayıf mamul dış görünüşüne ve uniform olmayan özellik dağılımına yol açar. Ekstrüzyon prosesi boyunca dispersif karıştırma ile polimer parçacıklarının kohezyonu probleminin üzerinden gelir. Bunun yanında distribütif karıştırma ile polimer parçacıklarının kohezyonu probleminin üstesinden gelir. Bunun yanında distribütif karıştırma malzeme bileşimindeki farklılıkların parçacıkların bağıl hareketi ile değiştirilmesini sağlar.

Konvansiyonel vidaların kullanıldığı bir ekstrüzyon boyunca sadece bileşenlerin dağıtımından bahsedilebilir. Ayrılma yetersiz kayma gerilmelerinden ötürü yalnızca vidanın helisinin tepesi ile kovan cidarı arasındaki boşlukta meydana gelebilir. Bu dağıtım prosesinin etkinliği çeşitli karıştırma elemanlarının kullanımıyla arttırılabilir. Ayırma etkisini arttırmak üzere kayma gerilmesini arttıran özel sistemler kullanılır.

2.2.2.1.4.1.DİSPERSİF KARIŞTIRMA

Ayrılma derecesi genellikle malzeme içerisindeki ayrılmamış parçacıkların miktarı ve boyları ile belirlenir. Ayırmanın temel ölçütleri parçacıkların ortalama boyu ve verilen bir boyun frekansının fonksiyonudur. Ayrılma bazen yalnızca gözlem ile değerlendirilir.

Vidanın ayırabilirliği hem ekstrüzyon esnasında, hem de ekstrüder çıkışında değerlendirilebilir. Bu araştırmalarda polimere karbon katılır ve daha sonra bunun ayrılma derecesi incelenir. Ekstrüzyon esnasında ayrılma derecesi ekstrüde edilen polimere verilen elektromanyetik radyasyonun yoğunluğunun değişimi ile ölçülebilir. Bunun dışında ayrılma derecesi matrinden, vida kanalından veya mamulden alınabilecek ince örneklerin mikroskopik olarak incelenmesiyle belirlenebilir. Bu incelemelerde örnek parçanın kalınlığı ayrılan parçacıkların boyundan bir kaç kat büyük olmalıdır.

2.2.2.1.4.2.DİSTRİBÜTİF KARIŞTIRMA

Vidanın, bileşenleri ana malzeme içerisinde dağıtabilme kabiliyeti karıştırılan bileşime katılan ufalanmış boya partikülleri aracılığıyla saptanır. Dağıtım derecesi boyanın dağılımının üniformitesi ile değerlendirilir. Bu genelde mamul örneklerinde gözlemsel bir inceleme ile gerçekleştirilir. Bunun sonucunda mamulün kalitesinin standartlara uygun olup olmadığı belirlenir.

Daha hassas bir değerlendirme için bileşenlerin ana malzeme içinde dağılımı yoğunluğu (yüzde olarak) belirlenir. Bu-

rada dağıtma derecesi istatistikî metodlar ile saptanır. Dağılımın primer ölçümü verilen bir konsantrasyonun oluşunun frekansının fonksiyonudur. Dağıtma derecesi aynı zamanda incelenen normal dağıtımdan sapmasının değerlendirilmesi ile karakterize edilebilir. (Örneğin dağılımlardaki değişimlerin karıştırılması)

Dağıtılan bileşenlerin konsantrasyonu, bileşenlerin eritme, yakma, filtrasyon gibi kimyasal işlemler ile ayrılmasıyla direkt olarak veya test numunesinden geçirilen elektromanyetik radyasyonun yoğunluğunun ölçülmesi ile dolaylı olarak belirlenebilir. Numuneler mamulden, vida kanalından veya matristen alınabilir. Konsantrasyonun ekstrüzyon esnasında ölçülmesi de mümkündür.

2.2.2.1.5.POLİMERİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Polimerler viskoelastik akışkanlar olduğundan reolojik özelliklerinin tam olarak değerlendirilmesi için bunların arasında viskozite ve elastistenin de bulunması gerekir. Bu özellikler ekstrüzyon sırasında ve ekstrüzyon sonrasında incelenebilir.

Ekstrüzyon sırasında viskozite ergiyiğin görünür viskozitesi bazında belirlenir. Örneğin ergiyik akımının bir matris matrisine bağlanan ölçüm cihazıyla veya polimere gönderilen ultrasonik dalgaların soğurulmasının ölçümü ile belirlenebilir.

Elastiste matris şişmesi bazında belirlenir. Bu şişmenin derecesi mamulün kesit alanının, matrisin kesit alanına oranı ile belirlenir. Laboratuvar araştırmalarında, viskozite özellikleri ergiyik akım indeksi ve elastik özellikler şişme oranı ile karakterize edilir.

Yukarıda tanımlanan özellikler ile proses koşullarının değerlendirilmesi sağlanır. Görünür viskozite ve matris şişmesinin artmasıyla işleme zorlukları artar. Bu özelliklerden polimerin molekül ağırlığı (ortalama molekül ağırlığı artımı ile viskozite artar) ve bu moleküler ağırlığın dağılımı (Moleküler ağırlığın dağılımının büyümesi ile matris şişmesi artar) çıkarılabilir. Matris şişmesi aynı zamanda polimerin karışma derecesine (Yüksek bir karıştırma derecesinin sonucunda şişme azalır.) bağlıdır ve hız sınırlamasından ötürü ekstrüzyon verimini düşürür. Bu kritik hızın arttırılması sonucunda mamul profilinde deformasyonlar oluşabilir.

2.2.3.ÇİFT VIDALI EKSTRÜDERLER

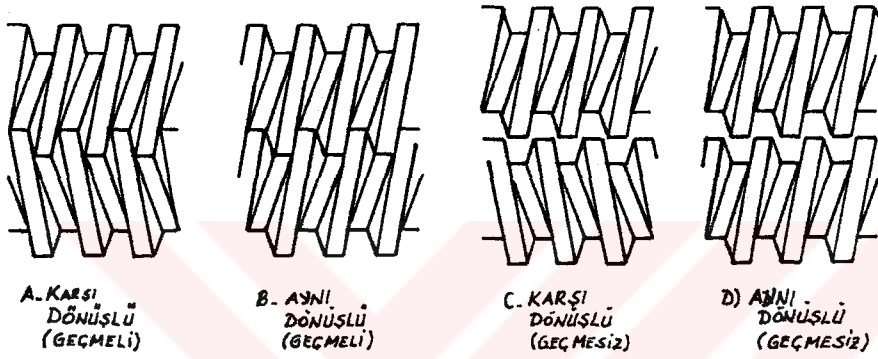
2.2.3.1.ÇİFT VIDALI EKSTRÜDERLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Geçmiş yıllarda ısıtılan bir kovan içerisinde dönen iki vidalı ekstrüderlerin kullanımında bir artış olmuştur.

Bu makineler tek vidalı ekstrüderler ile kıyaslandığında yüksek verim, etkin karıştırma ve ısı üretimi gibi konularda

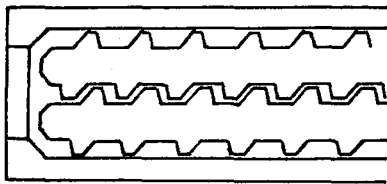
daha geniş olanaklara sahip olunduğu söylenebilir.

Çift vidalı ekstrüderler terimi çok genel olarak iki vidalı her ekstrüder için kullanılsa da gerçekte çift vidalı bir makina tipi bulunmaktadır. Şekil 2.12'de karşı dönüslü ve aynı dönüslü vidalı ekstrüderlerden bazılarının vidalarının birbirlerine göre durumları gösterilmiştir.

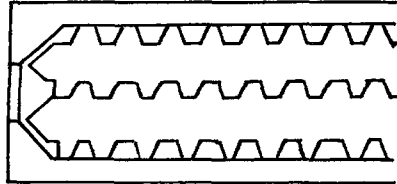


Şekil 2.12 Değişik çift vidalı ekstrüder tipleri

Bunun yanında vidalar birleşmiş veya birleştirilmemiş olarak da düzenlenebilir. Birleşmemiş vidalar ile oluşturulan yapıda, vida taşıyıcı yüzeyleri arasında malzeme geçişine imkan sağlayacak belli bir değerde boşluk bulunur. (Şekil 2.13)



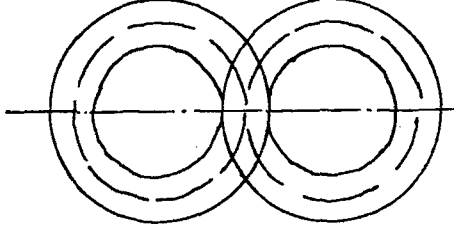
A- ARALARINDA BOŞLUK BULUNAN VİDALAR



B- ARALARINDA BOŞLUK BULUNMAYAN VİDALAR

Şekil 2.13 Çift vidalı ekstrüder konum tipleri

Bir karşı dönüslü, çift vida ekstrüderde malzemeye uygulanan kayma gerilmesi ve basınç perdahlamaya yakın bir mekanizma ile gerçekleştirilir ve malzeme etkin bir şekilde karşı dönüslü vidalar arasında sıkıştırılır. Aynı dönüslü sistemde malzeme Şekil 2.14'de görülen formu oluşturacak şekilde bir vidadan ötekisine aktarılarak iletilir.



Şekil 2.14 Aynı dönüşlü vidalarda malzeme akım hattı

Bu tip sıralama, özellikle ısı hassasiyete sahip malzemelere, malzeme ekstrüderden hızlıca ve düşük sıkışma olasılığı ile iletilebildiği için uygulanan ideal bir düzenlemedir. Vidalar birleşmiş ise, vidaların çevresindeki hareket yavaştır ama itici hareket daha büyüktür.

2.2.3.2. ÇİFT VIDALI EKSTRÜDERLERDE AKIM ANALİZİ

Çok vidalı ekstrüderlerin akım mekanizmasını, tek vidalılarda olduğu kadar uygun yaklaşımlar ile ele almak prosesin kompleksitesinden ötürü güçtür ve dolayısıyla prosesin tanımlamaları teorik esastan umut edilen esaslara dayanmaktadır.

İki vidanın birbirine geçmesinden ötürü malzeme kolayca bu kesitte "C" formundaki kesitlerin birisinden ötekine geçmez ve kaçınılmaz olarak kovan boyunca taşınır. Bu süresiz kesitlerden ötürü sürekli bir kaymadan söz edilemez ve bu malzemenin bu kesitlerdeki yörüngesi son derece kompleks olduğundan prosesin basit bir teoriye dayandırılması mümkün olmaz.

Ekstrüder pozitif bir pompa olarak kabul edilirse en azından ekstrüderin verimi belirlenebilir. Taşınan malzemenin süresiz konumundan ötürü tek vidalı ekstrüderlerde kullanılan basınç ve geri akım denklemlerinin kullanılması söz konusu değildir. Dolayısı ile verim direkt olarak vidaların hızına ve her ayrı parçacık hacmi ile orantılı olarak değişir.

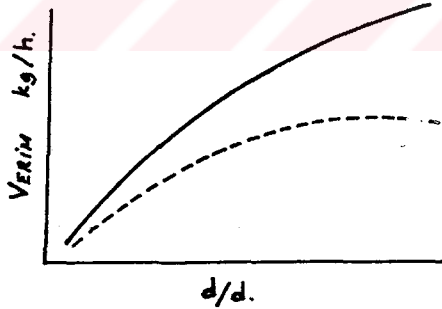
Çok vidalı ekstrüderlerin vida hızları, tek vidalarındakine oranla son derece düşük olduğundan taşıyıcı yüzeylere harcanan enerji azalırken, enerji sarfını büyük ölçüde dış ısıtıcılara verilen enerji belirlenir.

Çok vidalı ekstrüderlerin vida hızlarının düşük olmasından ötürü kayma etkisi ile malzemeye verilen ısı azdır ve esas ısı kaynağı dış ısıtıcılardır. Bu gibi bir sistem ile malzemeye verilebilecek ısı zamana bağlıdır ve malzeme belirli bir minimum zaman aralığında ekstrüder içinde kalmak durumdadır. Bundan ötürü çok vidalı ekstrüderler ile çalışmada üst sınır iletilebilen ısı ile belirlenebilmektedir.

2.2.3.3.ÇİFT VİDALI EKSTRÜDERLERDE VERİM

Bundan önceki açıklamalardan çift vidalı bir ekstrüderin matris değişimlerine hassasiyetinin oldukça az veya sabit bir vida hızında veriminde yaklaşık sabit kalacağı söylenebilir. Bu değerlendirmelerin ışığında çift vidalı bir ekstrüderi yüksek sıkıştırma oranına sahip veya sığ ölçme bölgesi bir tek vidalı ekstrüdere benzetmek mümkündür.

Devir sayısı arttıkça çok vidalı bir ekstrüderin verim eğrisi tek vidalı bir ekstrüderinkine oranla daha fazla doğrusallaşma eğilimi göstermektedir. Çift vidalı ekstrüderlerin hacimsel verimi oldukça yüksektir ve neredeyse basınçtan etkilenmediği söylenebilir. Tek vidalı ekstrüderler için ise bunun tam tersi söz konusu olmaktadır. Bu karşıt durumun sebebi tek vidalı ekstrüderlerdeki verim ifadesinde önemli bir yeri olan basınç akımının çift vidalı ekstrüderlerde söz konusu olmamasıdır. Tipik bir verim-vida hızı diyagramı Şekil 2.15'de görülmektedir. Burada tek vidalı bir ekstrüder için kesikli çizgi doğrusallıktan sapma vida hızı ile beraber artmaktadır çünkü vida ile basınç ve dolayısıyla basınç akımı da artmaktadır. Dolu çizgi ise çift vidalı bir ekstrüderin vida hızına göre verim eğrisini vermektedir.



Şekil 2.15 Tek ve çift vidalı ekstrüderlerin verimleri

2.2.3.4.TEK VE ÇİFT VİDALI EKSTRÜDERLERİN MUKAYESESİ

Tek ve çift vidalı ekstrüderler arasındaki en önemli farklardan birisi tek vidalılarda ısının büyük bir kısmının vidayı tahrik eden motor ile sağlanması ve buna karşılık çok vidalılarda dış ısıtıcıların kullanımına ihtiyaç duyulmasıdır.

Karşılaştırılabilir verimlerdeki tek vidalı bir ekstrüdere göre çok vidalı bir ekstrüderin maliyeti konstrüksiyonunun kompleksliğinden ötürü daha yüksektir. Ayrıca çok vidalı ekstrüderlerde karşılaşılan yataklama ve tahrik güçlerinin yanı sıra kovanın adaptör bölgesinin geometrik yapısının akımı düzgünleştirmek üzere düzenlenmesi de önemli bir sınırla-

madır.

Genel olarak, çift vidalı ekstrüderler bu sınırlamaların önemsiz olduğu veya ekstra maliyete karşılık proses avantajlarının kayda değer olduğu durumlarda tercih edilir.

Çift vidalı ekstrüderler, tek vidalı ekstrüderler ile işlenmesi zor malzemeleri, daha toleranslı ekstrüzyon koşullarında başarıyla işlemeye fırsat tanır. İki tip ekstrüderde kullanılan basınç mekanizmaları farklı olduğundan, çift vidalı ekstrüderler, sistemde geri basınç oluşturmunda kullanılan matris kısılmasına daha az bağımlıdır. Dolayısıyla bu tip ekstrüderler özellikle işlenmesi zor malzemelerden kalın kesitlerin ekstrüzyonu için tek vidalı ekstrüderlere göre daha uygundur.

Tablo 2.1.'de çift ve tek vidalı ekstrüderlerin karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 2.1. Çift ve Tek vidalı ekstrüderlerin mukayesesi

TİP	TEK VİDALI EKSTRÜDERLER	AYNI DÖNÜŞLÜ ÇİFT VİDALI EKSTRÜDERLER	KARŞI DÖNÜŞLÜ ÇİFT VİDALI EKSTRÜDERLER
Prensibi	Silindir ve malzemeler arasında sürtünme, malzeme ve vida arasında sürtünme.	Ana prensip olarak tek vidalı eks. olduğu gibi sürtünme hareketine göre şekillenir.	Dişli pompa prensibine dayanan baskılı mekanik iletim
Etim Etkinliği	Düşük	Orta	Yüksek
Arıştırma Etk.	Düşük	Orta/Yüksek	Yüksek
Yatma Gerilimi	Yüksek	Orta/Yüksek	Düşük
Isı Üretimi	Yüksek	Orta/Yüksek	Düşük
Isı dağıtımı	Geniş	Orta/Dar	Dar
Max. dönme hızı	100-300	25-35/250-350	35-45
Max. etkin vida boyu L/D	30-32	7-18/30-40	21-10

3. POLİPROPİLEN

1950'lerin ortalarına kadar ticari önemi olan poliolefinler polietilen, poli izo bütülen ve izobütülen-izofren kopolimeri idi. (Bütül Lastik) Polimerleri sadece düşük moleküller ağırlığına sahip diğer olefin malzemelerden üretime teşebbüsü ticari değeri açısından iyi şekilde sonuçlandırılmıştır.

1954'de Milanlı G.Natta'yı takip eden çalışmalarında K.Ziegler Almanya'da polipropilen ve diğer bazı olefinlerden yüksek moleküller ağırlığına sahip verimli üretimi, gerçek Ziegler tipi kataliz ile buldu. izotaktik polipropilen gibi şimdi bilinen bir form bazı durumlarda yüksek yoğunluklu polietilene benzer fakat daha yüksek bir yumuşama noktasında rijitliği ve sertliği başka bir form gösteren ataktik polimer şekilsiz ve küçük gerilmelere sahiptir.

Böylece 1954'de kayda geçen izotaktik polipropilen Monte Catini'de (Moplen) 1957'de ticari olgunluğa erişti ve 1960'da I.C.I. ve Shell firmaları tarafından pazarlanmaya başladı. Şimdi sürekli gelişerek kullanılan enjeksiyon, şişe üfleme, paketleme filmleri, fiberler ve elyaflar ile diğer uygulama çeşitleri bulunuyor. Diğer poliolefinlerin plastik alanında gerçek ticari uygulamasını yavaş yavaş kazanmasıyla özel uygulamalar yaygınlaşmaktadır. İçinde etilen taşıyan bazı kopolimerler çoğu zaman birden önem kazanır ve bir yolla kullanılırlar.

3.1. POLİPROPİLENİN HAZIRLANMASI

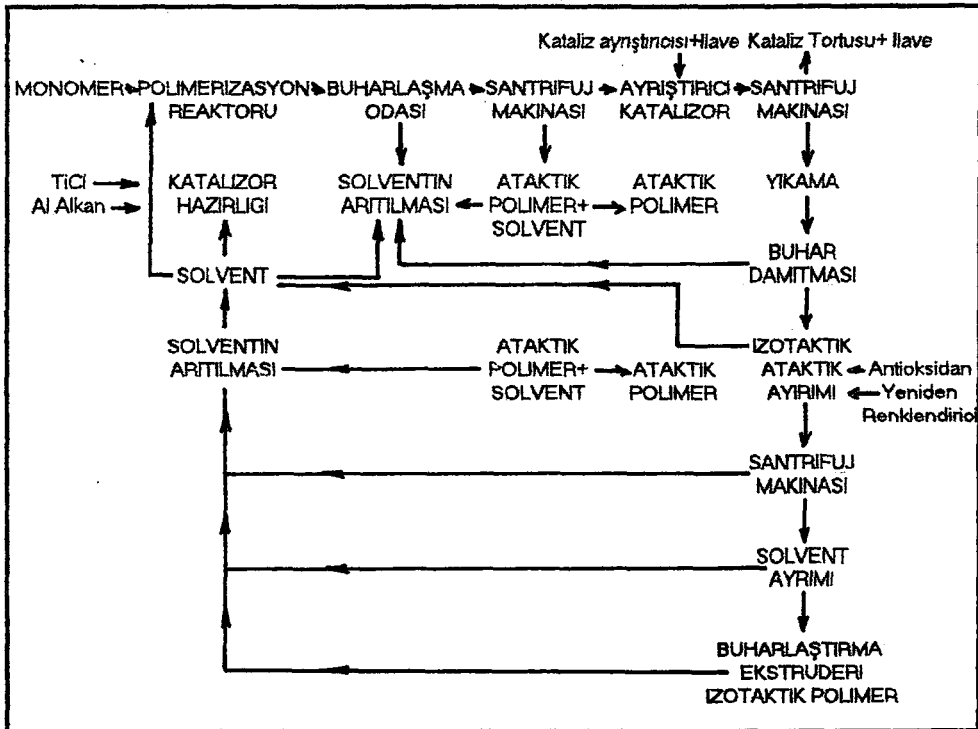
Ziegler tip katalizin kullanılmasıyla üretimde polipropilen ile polietilen arasında bir çok benzer nokta vardır. Her iki durumda da monomerler, hafif yağlar ve doğal gaz gibi petrol ürünlerinin kırılmasıyla üretilmektedir. Polipropilenin hazırlanması için C3 fraksiyonu (PP ile Propan) temel yoldur ve fraksiyonel damıtma uygunsuz zorluklar dışında diğer gazlardan ayrıştırılabilir. PP'nin Propan'dan ayrılması daha zor ve damıtma işlemi tasarımı için daha çok dikkat edilmelidir. Polimer hazırlanırken kirlenmemesi için su ve metil asetlen gibi dikkatlice yer değiştirilmelidir. Tipik katalitik sistemi nafta içinde azot altında durgun titanyum tri klorid ile alüminyum tri bütül veya alüminyum dietil monoklorid ile %10 katalizör ve %90 nafta olacak şekilde hazırlanabilir. Polimerin özellikleri katalizör kompozisyonuna ve partikül şekil ve ölçülerine kuvvetli bir şekilde bağlıdır. Polipropilen polimerizasyon kabına basınç altında doldurulur ve kataliz çözümü ve reaksiyon seyrelticisi (genellikle nafta) ayrıca saatle ölçülür. Reaksiyon yaklaşık 60°C'da tahmini 8 saat devam eder. Tipik prosesde %80-85'lik bir dönme ile polimer elde edilir. Polimerin moleküller ağırlığı çeşitli yollarla kontrol edilebilir. Örneğin hidrojenin kullanılmasında bir zincir transfer temsilli, kataliz öğelerinin molar oranındaki varyasyonlar, polimerizasyon sıcaklığı, monomer ba-

sıncı veya kataliz konsantrasyonu.

Bu bölümde prosesi izleyen malzemeler polimerizasyon kabı içinde yer alırlar;

- 1-izotaktik polimer
- 2-Ataktik polimer
- 3-Solvent
- 4-Monomer
- 5-Katalizör

İlk aşamada karışımdaki bu maddelerin araştırılmasında reaksiyon karışımının bu buharlaşma odasında arıtılmış ve yeniden kullanılabilir hale getirilmiş durgunlaştırılmamış monomere transfer edilmesi gerekmektedir. Önemsenmeyecek kalıntılar merkezkaç kuvvetinde nafta içindeki çoğu ergiyebilir çoğu ataktik malzeme ile beraber solventteki hacimlerle yer değiştirir. Hiç bir değişim göstermeyen malzemeler çürümüş katalize edilen ve çözülmeyen kalıntılar daha sonra işlemden geçirilirler. Tipik işlem bir hidroklorik asit zerresi olan metanol birleşimidir. Kalıntı ergiyikleri metanol içinde santrifüj operasyonu ve polimerin yaklaşık 80 C'da yıkanması ve kurutulması ile yer değiştirilir. Bu bölümde polimer antioksidanlarla karıştırılabilir, ekstrüde edilebilir ve topaklar içinde kesilebilir (granül). Bu temel proseste polimerin ataktik içeriğini azaltmak için ekstra prosesler ilave edilir. PP'nin imalatına ait tipik bir akış şeması şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1.

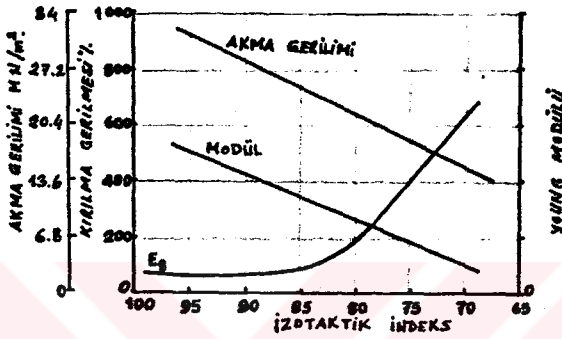
3.2.POLİPROPİLENİN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

PP az veya hiç doymamış bir lineer hidrokarbon polimeri içerir. Bu nedenle kısmen şişmelerinde, ergiyik davranışlarında ve elektriksel özelliklerinde PE ile PP'nin birbirine benzer özellikler göstermesi şaşırtıcı değildir. Bir çok benzerlik göstermelerine rağmen metil grubuna bağlı olarak zincir iskelet üzerindeki karbon atomlarının değişmesi polimerin özelliklerini değiştirebilmektedir. Örnek olara zincirdeki zayıf bir pekişme neden olarak gösterilebilir ve bu moleküler simetriye karışabilmektedir. İlk etkilenme belirtileri kristal ergime noktasındaki bir büyüme moleküler simetrideki karışıklık basmaya meyilli olur. Bu çerçevedeki çoğu düzenli PE'den 50°C daha yüksektir. Metil tarafındaki gruplar bazı kimyasal davranışlara etki edebilir. Örnek olarak 3. dereceden karbon atomları oksidasyona yer hazırlar, böylece polimer oksijenin tesiriyle PE'den daha az stabil hale geçer. Termal ve yüksek enerji davranışlarında zincir kesilmesi, bağlantı geçişlerinden daha öndedir.

izotaktik form metil grubunda bir tarafındaki moleküller PE'deki gibi bir planar zigzag formunda kristalize olamazlar, bunun nedeni metil grupların sterik engelidir. Fakat bir helis ile üç moleküldeki kristal helisin bir dönüşüne ihtiyaç duyar. Sağ ve sol helisler meydana gelirler fakat ikisi de aynı kristal yapıya sahiptir. Ticari polimerlerin yaklaşık %90-95'i izotaktiktir. Bu gibi üretimlerde ataktik ve sindiotaktik yapılar diğer izotaktik yapıdaki dolu moleküller veya zincirlerdeki blok uzunluk değişiklikleri gibi olmayabilir. Stero-blok polimerler çoğunlukla sağ helisli monomer kalıntılı bir bloğun sol helisli bir bloğun yerine geçmesiyle şekillendirilebilir. Sık sık helis yönünde meydana gelen farklı değişiklikler kristalizasyon üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir ve pratikte her ne kadar son yıllarda ilerleme kaydedildiyse de bir spesifik PP polimerine tam bir tanım vermek zordur. Helis yönetiminde sık sık meydana gelen farklı değişiklikler kristalizasyon üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Pratikte bir özel PP polimerine tam bir tanım vermek zordur, bununla birlikte gelecek yıllarda daha büyük ilerleme kaydedileceği tahmin edilmektedir. Çoğu imalatçının buldukları imalatlar yüksek izotaktik özelliğe sahiptir, polimer kristalinitesinin diğerlerinin payından sonra bazı özel işlemler, diğerlerinin payı izotaktik indeks şeklinde adlandırılırken n heptan'daki polimer karışımı olur. Bu son iki özellik izotaktikliğin bazı pürüzlülük ölçülerini geliştirir, fakat iki nesne de hatalıdır. Örnek olarak izotaktik indeks n heptan içinde erimeyen yüksek moleküler ağırlıklı ataktik polimer tarafından ve farklı tiplerin çözülmemiş olabilen veya olmayan izotaktik ve ataktik yapılardaki blok kopolimer tarafından etkilenir.

Bu problemlerle birlikte izotaktiklik derecesinin genel etkileri iyi bilinmektedir. Öyle ki ataktik polimer şekilsiz,

bir kauçuk nevi malzemenin küçük değeridir, izotaktik polimer yüksek kristalin ve yüksek bir ergime noktası ile güçlüdür. Ticari polimerler alanı içinde daha büyük miktarda izotaktik malzeme daha büyük kristalinite ve bundan dolayı daha büyük yumuşama noktası, katılık, çekme dayanımı, modülü ve sertliği bütün diğer yapısal özelliklere eşittir. (Şekil 3.2)



Şekil 3.2. İzotaktikliğin gerilme özellikleri üzerindeki etkileri.

PP hacim özellikleri üzerinde moleküler ağırlığın etkisi sık sık çoğu diğer iyi bilinen polimerler ile bu tecrübelerin karşısındadır. Böylece moleküler ağırlıktaki bir gelişme, ergiyik viskozitesi ve çarpışma dayanımı bir gelişmeye öncülük eder. Diğer çoğu polimer ile uyumlu, düşük bir dayanıma, daha düşük sertlik, daha düşük katılık ve yumuşama noktasına çoğu zaman öncülük eder. Bu etkinin yüksek moleküler ağırlıklı polimerin düşük ağırlıklı malzeme gibi kristalize olmayan ve hacim gövdesini etkileyen kristalizasyon derecesindeki farklılıkların uygun olduğuna inanılır. Bazen gevreklik noktasındaki bir azalmanın moleküler ağırlıktaki bir gelişmeye öncülük ettiği söylenebilir. (Tablo 3.1)

Tablo 3.1. Ticari PP'lerin bazı mekanik ve termal özellikleri

OZELLİKLER	TEST METODU					
Ergiyik Akış İndeksi	A	3	0.7	0.2	3	0.2
Çekme Mukavemeti (MN/m ²)	B	34	30	29	29	25
Kopma Uzaması (%)	B	350	115	175	40	240
Esneklik Modülü (MN/m ²)		1310	1170	1100	1290	1030
Gevreklik Sıcaklığı (C)	I.C.I./ASTM D.746	-15	0	0	-15	20
Yumuşama Nok. (C)	BS 2782	150	148	148	148	147
Çarpışma Muk. (J.)	C	13.5	34	46	46	57.5

A: Yük: 2.16 kg., 230 C'da

B: Germe Oranı: 0.45 m/d.

C: 35 cm. çapında

Ticari PP'ler hakkında açıklanan bilgiler moleküler ağırlıklarının Mn=38000-60000 ve Mw=220000-700000 ile Mn/Mw değerinin 5.6 ile 11.9 arasında olduğu görülmektedir. Bu değerler normal olarak PE ile karşılaştırıldan daha yüksek olup, moleküler ağırlığa bağlıdır. Gerçekte bu nedenden dolayı çok yüksek moleküler ağırlıklı PE'lerin bazen kristalleşmede bazı zorlukları vardır ve daha konvansiyonel düşük moleküler ağırlıklı polimerlerden daha düşük çekme dayanımı ve katılığa sahiptirler.

Sadece sınırlı miktarda bilgi moleküler ağırlığın dağıtımında etkilerle ilişkilidir. Bundan dolayı daha Newtonian daha yakın kanıt ergiyik akış özellikleri vardır. Polimer moleküler ağırlıkları kalıplama ve ekstrüzyon için uygundur, polimerlerin dağıtım genişliği (Mw/Mn yaklaşık 6) bu ile bir Mw/Mn oranı yaklaşık 2 daha katı ve daha kırılmalıdır.

PP'nin morfolojik yapısı daha kompleks ve siferülit'in son dört tipi izlenir. Polimerin özellikleri ölçüye ve kristal yapı tip formuna bağlı olacaktır ve bu dönüşte kristal çekirdeklenme büyümesi bağlı orana bağlı olacaktır. Bu iki oranın oranı soğutma oranı ve çekirdeklenme birleşmesi tarafından kontrol edilir. Genel olarak daha küçük kristal yapılar daha büyük açıklıkla ve esnek dayanım ve daha az rijitlik ve ısı dayanımına sahiptir.

PP'nin ters bir karakteristik özelliği yaklaşık 0°C'da polimerin kırılabilirliği ile bu sıcaklığa yaklaşıldığında yüksek bir biçim değiştirme noktasına yaklaşırlar. Oda sıcaklığında çarpışma dayanımına ait bazı ayrılan şeyler arzulanır. Geliştirilen ürünlerin mukavemet ve düşük kırılabilirlik noktaları PP'nin blok polimerizasyonu ile küçük miktarda (%4-15) etilen ile elde edilir. Farklı malzemeler genişçe bir alanda kullanılır (bilinen çeşidiyle polialomerler veya propilen kopolimer gibi) ve sık sık homopolimerlerin enjeksiyonla kalıplanması ve şişe üfleme uygulamalarında tercih edilirler.

Farklı özellikteki polietilenler farklı ilave malzemeler içerirler. Bunlar kauçuklar, antioksidanlar ve fiberglassları içerirler.

POLİPROPİLEN'İN ÖZELLİKLERİ

Her ne kadar yüksek yoğunluğa sahip PE ile çok benzer olmasına rağmen PP aşağıdaki en önemli özellikleri taşır.

- 1-Düşük bir yoğunluğa sahiptir.(0.9 gr/cm³)
- 2-Yüksek bir yumuşama noktasına sahiptir ve bundan dolayı yüksek bir kullanım sıcaklığı vardır. Maddeler su kaynatılırken bir çok buhar sterilizasyon işleminde kullanılabilir Örnek olarak hastanelerde küçük çubuklar 135°C'da 1000 saatin üzerinde nemli ve kuru ortamlardan sert zarar dışında sterize edilir.
- 3-PP çevresel gerilme kırılmasından bağımsız görünür. Sadece ayrıcalık konsantre edilmiş sülfirik ve kromik asitlerde

görülür.

4-Yüksek bir kırılma noktasına sahiptir.

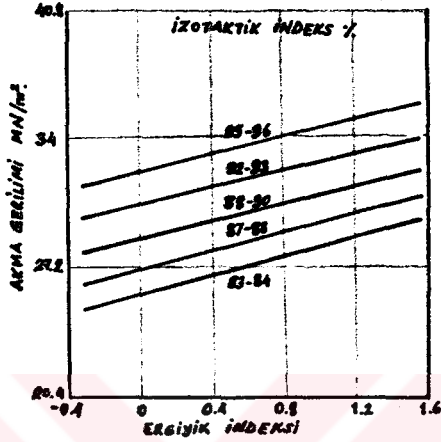
5-Oksidasyona karşı hassastır.

Önceki bölümlerde gösterildiği gibi PP'in mekanik ve termik özellikleri, izotaktik özelliği, moleküler ağırlığı ve diğer yapısal özelliklerine bağlıdır. Beş ticari malzemenin özellikleri (hepsi aynı üretici tarafından üretilip, aynı test metodlarından geçirilmiş olan) yaklaşık olarak aynı izotaktik yapıda olan fakat moleküler ağırlığı farklı homopolimerler veya blok kopolimerler Tablo 3.1'de karşılaştırılmıştır. Tablo 3.1'deki değerler moleküler ağırlıktaki artışın nasıl olduğunun nedeni (ergiyik akışındaki düşüş indeksi) çekme mukavemetinde, katılıkta, sertlikte ve kırılma noktasında fakat çarpma dayanımındaki bir artışı gösterir. İzotaktik indeks ve ergiyik akış indekslerinin bazı mekanik ve termal özellikler üzerindeki genel etkileri Şekil 3.3 ve 3.6'da grafik olarak gösterilmiştir. PP'in proseslendirme davranışı göz önünde tutulan termal özelliklerinden tahmin edilebilmektedir. PP'in spesifik ısısı PE'den daha düşüktür fakat polistrenden daha yüksektir. Bundan dolayı bir enjeksiyon kalıplama makinasının plastiklik kapasitesinin kullanılmasında PP polistrenden daha düşüktür, fakat genelde bir HDPE kullanıldığında daha yüksektir.

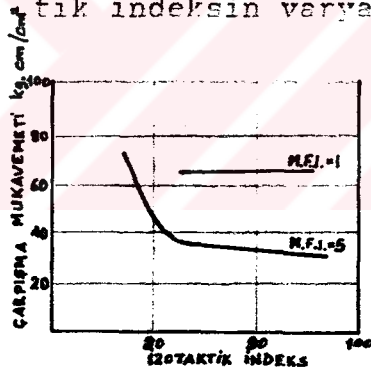
PP'in ergiyik akışını gösteren çalışmalar onun PE'den daha Newtonian olmayan ve görünür viskozitesinin daha hızlı bir oranda arttığı gösterir. Ergiyik viskozitesi genellikle sıcağa karşı daha hassastır. Van der Wegt bir PP'in eğer görünür viskozitesi tanjant gerilimine karşı kaydedilirse PP'in derecesi moleküler ağırlığından farklı olduğunu tespit etmiştir. Moleküler ağırlık dağılımı ve ölçümü farklı sıcaklıklarda eğrilikler pratikte aynı şekilde fakat sadece farklı pozisyonlarda ele geçirilir.

Standart ergiyik akış indeksi makinası PP'in akış özelliklerinin karakterize edilmesi ve moleküler ağırlığın bir pürüzlülük ölçüsünü tedarik etmek için sık sık kullanılır. Normal koşullar altında kullanılan doğru ölçü ve uygulamada daha yüksek yüklerde (örnek olarak 10 kg ve/veya daha yüksek sıcaklıklarda kullanılması için çok düşüktür. Kovanda kabul edilebilir bir basınç düşümü bulunur, böylece akış testin sonuna doğru başlangıçtan daha yüksek olur. PP'in kalıp çekme payının tecrübeler doğrultusunda PE'den daha düşük olduğu fakat kalıp sıcaklığı, ergiyik sıcaklığı, kalıpların birleşme zamanı gibi farklı proses faktörlerine de bağlıdır. En genel durumlarda azalmaya meyilli olan kristal yapının gelişimi, çekme payını azaltmaya yönelecektir. Örnek olarak düşük kalıp sıcaklıkları ergiyiği soğumaya teşvik eder. Bazen düşük çekme payı değerleri yüksek ergime sıcaklıklarında bulunabilir. Bu belki de tam doğru yüksek ergime sıcaklıkları kristal ergime noktasının çok üzerinde ısıtılmayan ergiyik içindeki bazı moleküler dizi olabileceği yerde yüksekçe bir düzensizliğe öncülük eder. Dizinin farklı bölgelerinde kristal çekirdeği ve

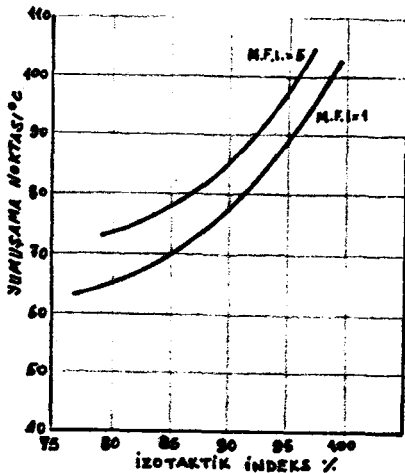
bundan dolayı kristalizasyon için yer tedarigi, soğutma dışarı taşındığında daha hızlı olmalıdır.



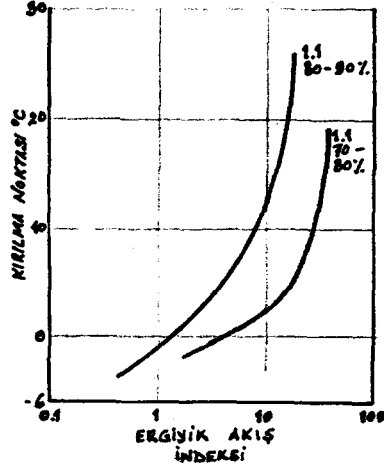
Şekil 3.3 Akma gerilmesi ile ergiyik akış indeksi ve izotaktik indeksin varyasyonu



Şekil 3.4 Çarpışma mukavemeti ile ergiyik akış indeksi ve izotaktik indeksin varyasyonu



Şekil 3.5 Yumuşama noktası ile izotaktik indeks ve ergiyik akış indeksinin varyasyonu



Şekil 3.6 Kırılma noktası ile ergiyik akış ve izotaktik indekslerin varyasyonu

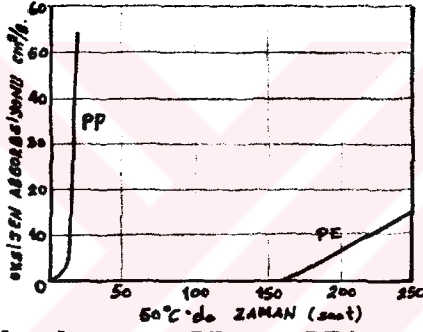
PP'in elektriksel özellikleride yüksek yoğunluklu PE'lere çok benzerdir. Özellikle güç faktörü kritik olarak polimerde bulunan kataliz kalıntıları miktarına bağlıdır. Bazı tipik özellikler Tablo 3.2'de verilmiştir fakat not edilmelidir ki bu özellikler antioksidan sistemin kataliz kalıntılarının bulunduğu kadar iyi bulunmasına bağlıdır.

Elektriksel özellikler gibi PP'in kimyasal dayanımı da HDPE'le benzer özellikler gösterir. İki polimer benzer çözünürlük parametrelerine ve aynı sıvılar tarafından şişirilme eğilimine sahiptir. İki durumda da polimerin kristalin polimer ve likit önleyici çözüm arasında yoğunluğun sürekli imkanı oda sıcaklığında hiç bir sıvı için yoktur. Bazı örneklerde PP PE'den daha fazla etkilenir fakat diğer durumlarda tersi doğrudur. Benzer söylemlerde iki polimerin sıvı ve gaz geçirgenliklerine tesir edebilir. Bazı geçirgenlerle PP en düşük geçirgenlik kabiliyeti gösterebilir fakat değildir, örnek olarak hegzan ile. Bu kısımda söz konusu edilen yüksek yoğunluklu PE ile PP arasında bulunur, geçirgenin gerilme kırılmasının olduğu yerde (bir silikon yağı ile gibi), yüksek yoğunluklu PE'ler sık sık en yüksek geçirgenliğe sahiptirler. Böylece PP'in çevresel gerilim kırılması dayanımından da bahsedilmiş olur.

Sürekli dielektrik ortamda 5*10 Hz	2.25
Gerilim direnci (m)	10
10 Hz.'de güç faktörü	0.0009
10 Hz.'de güç faktörü	0.001
10 Hz.'de güç faktörü	0.0009
10 Hz.'de güç faktörü	0.006
10 Hz.'de güç faktörü	0.0004
5*10 Hz'de güç faktörü	0.0005

PP'in kimyasal davranışları PE'den farklıdır, bunun nedeni zincir iskeletinde yükseltelen sıcaklıklarda 3. dereceden karbon atomlarının bulunmasıdır. Polimerin oksidasyonunun atomsal önemi kabul edilebilir. İki polimer arasındaki bazı oransal farklar her polimerin 93°C'daki oksijen absorpsiyon oranları karşılaştırılarak Şekil 3.7'de görülebilir. Önemli düzeltmeler antioksidanlar diğer katkı maddelerini içine alarak bütün ticari kompozit malzemelerin içinde kullanılabilir. PE'in oksidasyonunda ara bağlantılarda olduğu gibi PP daha düşük moleküler ağırlık üretimleri düşer.

Benzer etkiler polimer yüksek enerji ortaya çıkardığında ve per oksitlerle ısıtıldığında (PE'in ara bağlantıları durumu) kaydedilmiştir.



Şekil 3.7 Stabil olmayan PP ve PE'in oksidasyon oranlarının karşılaştırılması.

Bir kristalin polimeri olmakla beraber PP kalıpla HDPE'den renksiz daha uygun kalıplar olduğunda daha fazla sağlam olur. Gerçekte bu şekilsiz ve kristal yoğunluklar arasındaki farkları PP ile olanı PE ile olanından daha geniş bir karşılık bulunur.

Eş eksenli gerilme bazen polimerlerin gerilme direncine yol gösterir. Gerilme direncindeki uzama miktarının etkileri ve kopma uzaması Tablo 3.3'de verilmiştir. Dökümdeki diğer farklılıklar tek eksenli yönelmeler ve dengelenmiş eş eksenli yönelme filmidir. Tipik etkilenme şekilleri Tablo 3.4'de verilmiştir.

Film hava ile soğutulan boru biçiminde üfleme metoduyla üretildiği zaman soğutma oranları kristalin sonuçları daha yavaş ve daha geniş derecelerde olur. Bu nedenle boru biçimindeki film daha az gerilim içinde bulunur fakat daha düşük çarpma gerilmesine, yırtılma direnci ve kopma uzamasına sahiptir. Film bazen daha bulanık ve daha az açık olur fakat bazı nedenlerden gaz engel özellikleri daha iyi olur.

UZAMA (%)	GERİLME MUKAVEMETİ (MN/m2)	E (%)
Yok	39	500
200	58	250
400	97	115
600	155	40
900	165	40

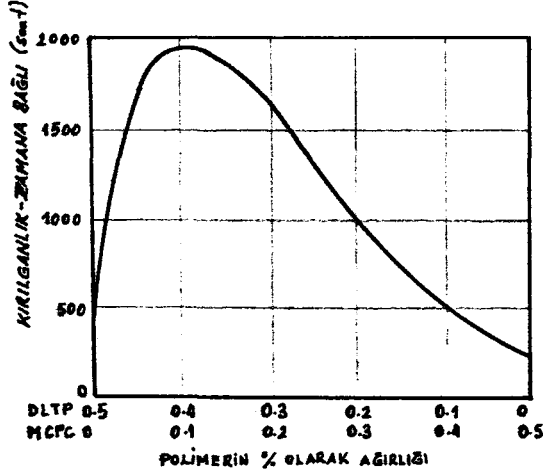
3.3. İLAVELER (KATKI MADDELERİ)

Ticari ölçüdeki PP bir takım katkı maddeleriyle karıştırılabilirler. Bunlardan en önemlileri aşağıda görülmektedir.

- 1-Boya maddeleri (bitkisel veya hayvansal)
- 2-Siyah karbon
- 3-Cam elyaflar
- 4-Kauçuklar
- 5-Antioksidanlar
- 6-Çekirdeklenme etkileri

Boya maddeleri ve karbonun fonksiyon ve gereksinimleri çoğunlukla PE ile tespit edilir. Cam elyaflar (%30'un üzerinde) sertliği düzenlemek için özel derece içerir ve elyafların PP matris üzerinde uygun eşleşmesiyle gerilme direnci ve yaşlanma dayanımı en az üç kat artabilir. Bütil ve diğer kauçuklar PP'in gevrekliğini azaltmak için daha sonra PP'e katılırlar.

Antioksidanlar bütün PP kompozisyonları için önemli malzemelerdir ve farklı karışım malzemelerinin seçimi başarılı bir ticari malzeme etmek için önemli bir faktördür. Optimum dengeli bir proses için fenol alkan tipi tek bir antioksidan en iyi sonuçları verir. (Örnek olarak tris(2 metil-4 hidroksi-5t bütil pentil) bütan (Topanol)) Bunlar genellikle ergiyik akış indeksinde bağıl gelişme, zincir kesme bağıl oranlarının karşılaştırılması tarafından değer biçilir. Bundan dolayı uzun süre düşürülen sıcaklıklar servis dengesi daha genel bir peroksit-dekompazisyon antioksidan ve antioksidan bir zincir kırılması birlikte çalışan bir karıştırma görevlidir, örnek olarak bir fenol-alkan ve dilaüril tiodipropiyonat. Uzatma fırını polimerin gevrekleştirme için ısıtmaya öncü olur ve kırılma zamanı kullanışlı bir oksidanın yeterliliği için kriter ile servis denge ilişkisi vardır. Birlikte çalışan oranların çeşitli sonuçları ile iki antioksidan Şekil 3.8'de gösterilmektedir.



Şekil 2.8 PP'e iki antioksidanın etkisi (DLTP=dilaüril tiodipropinat, MCPC=2,2 metilen bis(6 metil siloksil-p-kresol)

Çoğu poliolefin ve polidienler gibi bakırın varlığı güçlü bir elverişli olmayan etki ve çoğu antioksidanlar bağıl olarak etkisizdirler. Bu örneklerdeki biraz iyi sonuçlar bir %150:50 fenol alkan-dilaüril tiodipropiyonat karışımının yerine %0.1-0.2 antioksidanların PP'de genel olarak kullanılması ortaya çıkmıştır.

Tablo 3.4. Döküm, Mono eksenel, Dengelendirilmiş PP filmlerin karşılaştırılması			
ÖZELLİK	Döküm Polimer	Mono eksenel merkezleştirilmiş	Dengelendirilmiş merkezleştirilmiş
Çekme Mukavemeti (MN/m ²)			
Makina yönünde	39	55	180
Enine yönde	22	280	152
Kopma Uzaması (%)			
Makina yönünde	425	300	80
Eksenel yönde	300	40	65
ASTM D523 Parlaklık (45 C)	75-80	>80	>80
Düşük sıcaklıkta kırılgnlık	Sıcakta kırılgn	Mükemmel	Mükemmel
Sürtünme katsayısı	0.4	0.4-0.5	0.8

3.4. PROSES KAREKTERİSTİKLERİ

PP genellikle kısmen HDPE olmak üzere PE'ler ile çok benzer metodlarla proseslendirilir. Ana farklar düşük spesifik ısı ve sıcaklığa ve kendini çekme oranına bağlı ergiyik özelliğinin daha büyük hassasiyetidir. Kalıplamada kendini çekme PE'den daha düşüktür fakat polistrenden daha büyüktür. Enjeksiyonda kalıplamanın kendini çekmeye etkisi daha sonra ortaya çıkarılmış ve tartışılmıştır. Çoğu proses operasyonları ergiyik sıcaklıklarının 210-250 C arasında kullanılmasını içerir. Çünkü PP'in ısıtma süresince oksidasyona olan eğilimi minimum düzeyde tutulur.

3.5. UYGULAMALAR

Her ne kadar PP'in PE ile sıkça daha çok karşılaştırılacak olması diğer polimerin bir enjeksiyon kalıbından, üfleme kalıbından ve ekstrüzyon malzemelerinden daha fazla karşılaştırılması kaçınılmaz, bazen bu polistren ve bağlı üretimlerin, selüloz asetat ve selüloz asetat-bütiret, (her biri benzer rijitliğe sahiptir) ile karşılaştırılması gerekir. Karşılaştırma yapılırken konvansiyonel homopolimerler ile blok kopolimerlerin arasını ayırmak gerekir. Bu farklı polimerler arasını ayırmak gerekir. Bu farklı polimerler arasındaki kabaca ayırım Tablo 3.5'de verilmiştir, fakat daha çok ayrıntılar diğer malzemelerle ilgili bölümlere uygun yerlerden araştırılırlar.

Polimer	Kalıp	Sıcaklık dayanımı	Sağlamlık
PP (Homopolimer)	Yarı Saydam	A	F-G
PP (Kopolimer)	Yarı Saydam	B	D-F
PE (HD)	Yarı Saydam	C	D-F
Polistren	Temiz	D	H
Yüksek çarpışma dayanımlı polistren	Yarı Saydam	E	D-G
ABS Polimerler	Yarı Saydam	F	A
Selüloz Asetat	Temiz	G	B-C
C.A.B.	Temiz	H	B-C

A:En uygun malzemeyi gösterir.

H:En az uygun malzemeyi gösterir.

Farklı bir tablo kesin bir genelleme ve özel örneklerde konu olmalıdır, oranların üzerindeki bazı çeşitlerde olabilir Bir kısmı polimer için verilen bir uygulama seçimi üretim ihtiyaçları ve potansiyel malzemenin özelliklerine bağlı olacak ve bazen sayılmayan kısımdan alınması gereken bazı diğer faktörler bulunur. PP homopolimerleri ve kopolimerleri kalıplama için uygulamalara sahip olan iyi görünüş, sterilizasyon, çevresel gerilim kırılma dayanımı ve iyi ısı dayanımı önemli ayrı özelliklerdir. PP'in diğer bir kimi kullanım özelliği sürekli esneklikte ince kesitlerin dayanımıdır. Bu kutuların ve otomobil gaz pedallarının (Menteşenin kalıbın tüm bir kısmı olduğu) öncü olduğu bir numaradır. Bu değer biçimi 1972'de İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerinde PP üretimin yaklaşık yarısı enjeksiyon veya üfleme kalıbı ile yapılır. Özel kopolimer dereceleri ile onların daha yüksek çarpışma dayanımları ve daha düşük kırılma noktaları bu alanın geniş bir kısmını içerir. Tipik kalıplar, hastane sterilize ekipmanları bagaj, sandalyeler, bulaşık makinası parçaları, tuvalet rezervuarları ve kubbe ışıkları, tekme panelleri, kapı aksamı, ve gaz pedalları gibi elemanları içerirler.

PP'in diğer bir kullanım alanı filmlerdir. Bir soğutulmuş hadde döküm prosesi tarafından imal edilen şeffaf bir malzeme benzeri canlandırılan selüloz film elde edilebilir. Farklı malzemeler bazen uygun bir sayıda merkezlenir ve tabaka halinde formlar ve bulunan uygulamalar bir paketleme malzemesi gibi optik özellikleri, ısı dayanımı işletme avantajı oluşturabilir.

Eğer band yarı ekstreder-döküm olarak üretilen gerilmiş film moleküler ve kristalin yönünü belirler böylece band eğri yönde çok zayıf kalır. Bu bazı kırılma formasyonlarının band eksenine paralel olması ve malzeme liflerine öncülük eder. Meydana gelen kaba lifli malzemeler direncin ve diğer paket ve ip liflerin bir yer değişimde kullanılırlar.

PP tek ince telleri birleşimi düşük yoğunluk ile yüksek bir direnç ve iyi aşınma dayanımı ve bazı ip uygulamalarında kendine iyi bir alanı bulur.

Polimer diğer alanlarda da yaprak, boru, kablo kaplanması ve üfleme kalıplamada kullanılır. Bu yöntemlerle polimerin tüketiminde hangi PP'in en uygun malzeme olduğuna karar verilerek seçilir.

4. BORU EKSTRÜZYONU

4.1. BORU EKSTRÜZYONUNUN TEMEL PRENSİPLERİ

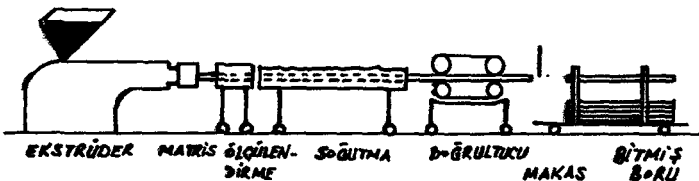
Boru, bir kuvvet etkisi altında erimiş plastiğin yatay bir halka biçiminde soğutmaya ve sabit ölçülerle ekstrüde edilir. Tipik boru ekstrüzyon prosesi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Ekstrüderden sonra bir matris, bir ölçüm cihazı, bir soğutma banyosu, bir doğrultucu ve bir makas veya sarma makinası bulunur.

4.2. MAMUL SINIRLARI VE EKİPMAN ÖLÇÜLERİ

Plastik boru daire şeklinde kendinden destekli, sürekli, iç çapı en az 12mm. olan içi boş bir silindir şeklindedir. Bu genel bir sınıflandırma değildir fakat genellikle kullanılır. Daha küçük imalatlar tüp şeklinde yapılır. 150mm.'den büyük borular daha ticaridir. Daha küçük boruların çoğu (50mm. ve daha küçükleri PP ve PE dir ve esnekliği bir avantaj sağlar.

Ekstrüder verimi genellikle sistemin soğutma kapasitesine bağlıdır, özellikle PE'de. Bu limitlerin dışında, boru hattın soğutabildiği kadar hızlı ekstrüde edilir. PE ve PVC için saatte 100-160 kg. verim idealdir, ve çok az ekstrüder daha hızlı çalışır. Bu oranlar için genellikle 90 ve 120mm. ekstrüderler kullanılır. Lineer hız çeşitleri ile boru ölçüleri kesinlikle dakikada 15 metre polietilen için uygundur, iç çapı 25mm., fakat bazı prosesler dakikada 6 ile 10 metre ölçüsünü kabul ederler. Daha büyük makinalardan daha büyük üretimlerde aynı ekstrüderden bir seferinde iki veya daha fazla borunun alındığı sistemler lineer hız artışının dışında mümkün olur, fakat bu sıkça yapılmaz. Geniş borular tabii ki geniş makinalara ihtiyaç duyarlar. Diğer limitler mamulde olabilir.:

- 1-En uygun ekstrüder gücü en viskoz malzemelerde elde edilir.
- 2-Ekstrüderde yeterli olmayan karışım farklı bir vida kullanarak veya ergiyik basıncını arttırarak önlenir.
- 3-Üniform olmayan mamul yüksek bir hızda 2 nolu şıktaki bakımların aynısını gerektirir.
- 4-Yüksek hızlarda aşırı biçme, başlangıç karışımı ergiyik sıcaklığını yeterince yüksek meydana getirebilir.



Şekil 4.1 Boru ekstrüzyonu şeması

4.3.BORU EKSTRÜZYON DONANIMLARI

4.3.1.MATRİSLER

Matrisler düz veya dirsek şeklinde olabilirler. Bir düz matris (Şekil 4.2) bir silindir, bir eş merkezli maça veya içinde yayıcı bulunan pinden (bilezik, ergiyik plastiğin çevresinden geçmeye müsaade eden göbeği taşıyan destek kollarına verilen addır.) meydana gelir. Bilezik, matris içindeki bilezik kollarındaki geliştirmeye neden olan basınç (50'den 100 atm) için matris çıkışından geride yerleştirilir. Bu basınç matristen ayrılmadan önce plastiğin dağıtılan akımını tekrar bir araya getirmeyi mümkün kılması açısından önemlidir. Kaynak hatları boyunca oluşan zayıf donanım borunun başarısızlığının gerçek nedenini teşkil eder. Geçerli bir kural, (Uzunluk, matris yüzeyinin ve maçanın paralellliği veya paralellige yakınlığını) parça uzunluğunun son 20 ölçüdeki genişliği cıdar kalınlığına eşit olmalıdır. Şekil 4.3'de dirsek tipi matrisler görülmektedir.

Dirsek şeklindeki matrisler önceleri çok kullanışlıydılar fakat şimdi kullanılmamaya başlanmıştır. Farklı bir matriste plastik başka yöne doğru ısıtılmış boyun veya dirsek, ve sonra kenarından matrise girer. Maça matrisin arkasından desteklenir, plastik akışından uzak ve destek bilezik kollarının dışında doğruca doğruca bütün matristen geçebilir. Su uzatılan sıkça farklı bir matris için kullanılan soğutma mandrelinden kolayca elde edilebilir; bu mandrel maçanın bir devamıdır.

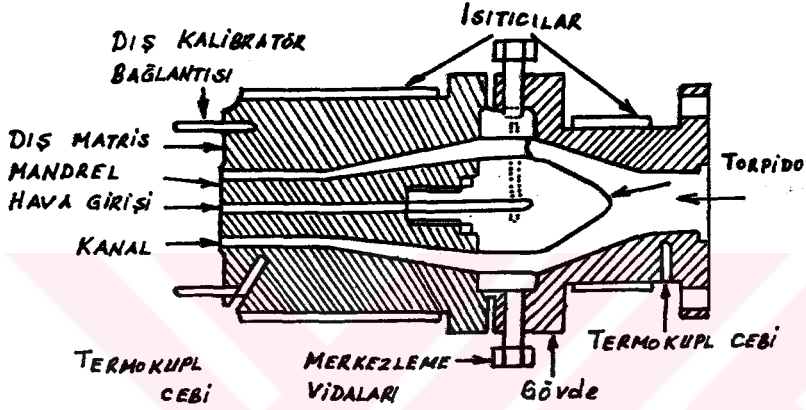
Düz matrisler alanlarında şimdi standartlaştırılmıştır. PVC için dirsek şeklindeki matrisler kullanılmaz, çünkü PVC dirsek veya diğer ölü noktalarda durgunlaşır ve ayrışır. Genelde mandrel soğutma sistemi nadiren PVC ile beraber kullanılır. PE için bazı kayıcı matrisler orjinal olarak kullanıldı (ve bazıları hala iyi çalışmaktadır.) Çünkü PE matris içinde daha stabildir ve daha az ayrışır, ve bu nedenle iç soğutmaya daha çok ihtiyaç duyar. Bununla birlikte sürekli matrisler ile su soğutmalı matrisler 25 yıl önce bir araya getirilmiştir ve şimdi çokça kullanılmaktadır.

Boru matrisleri dış görünüş olarak silindirik resistans bant ve bloklar ile ısıtılır. Maça bazen özellikle poliolefinlerle beraber bir düz iç yüzey boyunca ısıtılır. PVC için bazen maça su veya hava ile soğutulur, özellikle yüksek bir ergime sıcaklığı kullanıldığı zaman göbek yüzeyinde bölgesel ayrıştırmadan kaçınmak gerekir.

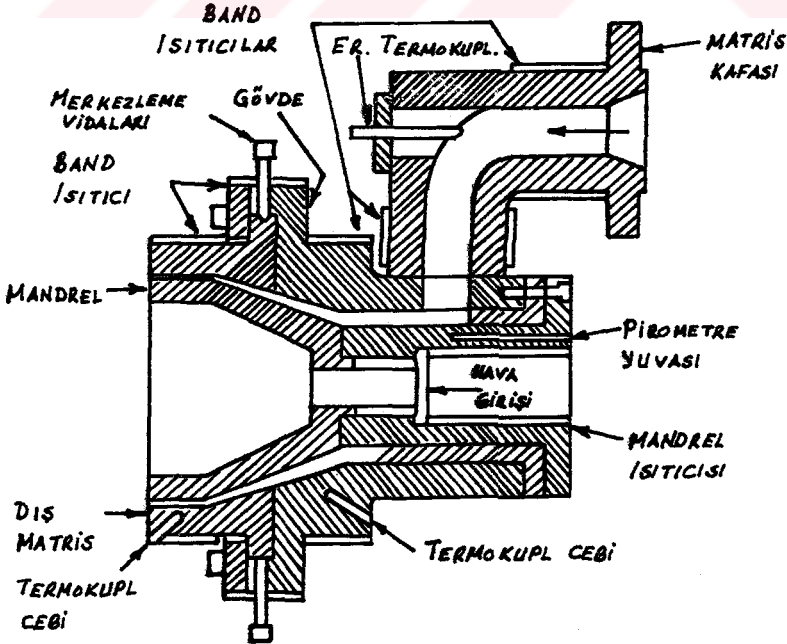
Matris parçaları normal olarak doğru bir dairesel form için işlenir, üniform bir et kalınlığı vermek için tasarlanır. Ayarlama bazen ekstrüzyon işlemi sonuna kadar gerekir, ve çoğu matrisler silindirden göbeğe hareket eden küçük sürgü civatalara sahiptirler. Gerçek dairesel ölçüler, boru için arzu edilen kadar kullanılan ölçülendirme tekniğini ilgilendirir. Bu ölçülendirme tekniği çeşitlerinin karşılaştırılması sıra-

sırasında incelenecektir.

Boru matrisleri takım çeliğinden ve bazen daha iyi yüzey vermesi için krom kaplanarak imal edilirler. PVC için bazen korozyona karşı kaplanır, öyle ki kaplama çok ince ve çok dik katli yapılıdır. Kaplanmış matrislerin çok kısa sürede kazınma ve yontulma eğiliminde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2 Düz matris



Şekil 4.3 Dirsek tipi matris

4.3.2.ÖLÇÜM ELEMANLARI

Boru ekstrüzyonunda aşağıdaki 4 ölçüm tekniği kullanışlıdır;

- 1-Vakum oluğu
- 2-Ölçüm kolu
- 3-iç mandrel
- 4-Ölçüm tabakalarının yerleştirilmesi

4.3.2.1.VAKUM OLUĞU

Vakum oluğu en yeni ve şimdilerde en çok rağbet gören metoddur. Boru çevresi kapalı bir ağızdan girer. Direkt temas halinde bulunan, boruyu çepeçevre saran oluk su ile doludur ve mükemmel bir soğutma sağlar. Boru oluk içindeki hareketi gibi son ölçülerini veren metal halka veya çemberlerden doğru geçer. Oluğun girişindeki ilk halka çok önemlidir. Poliolefinler için suyun küçük bir akımı bir yağlayıcı gibi borunun girişinden hemen önce yönetilir. Oluğun içinde bir vakum suyun üzerinde oluk içi basıncını azaltan ve halen yumuşak olan boruyu halka veya çemberlere karşı geliştirmek, katlanmalarını önlemek ve iyi iç ve dış çap elde etmek için bulunur. Bu kuvvet dış (vakum altında) ve iç (atmosfere açık) farklı basınçlar tarafından oluşturulur.

Halkaların numara ve yerleri ayarlanabilir ve gerilmeleri ölçebilmek için borunun kovanın içinden geçtiği gibi daha küçük hale getirilebilir. Bu özellikle kristalin plastikler için geçerlidir.

Bu metod mükemmel soğutma ve limitsiz mamul oranı verir. Tabii ki çok yüksek üretimler için yeterli soğutma yapabilmek için daha uzun bir oluk olmalıdır.

Geniş borular için, 100mm. çapında veya daha büyük içi boş boruları su yüzeyi altında distorsiyondan uzak tutmak zor olabilir. Farklı durumlarda oluğun tamamı doldurulmaz fakat su borunun tüm etrafını dolaşacak şekilde püskürtülür, ve oluğun iç kısmında bir vakum oluşur.

4.3.2.2.ÖLÇÜM KOLU METODU

Ölçüm kolu metodunda, boru dış çapı bir su soğutmalı metal kol (genellikle prinç) ile sertleştirildiği gibi yerleştirilir. Bu bağlantı boru içindeki hava basıncı tarafından veya kol iç yüzeyine delinmiş vakum olukları tarafından yapılır. Ölçüm kolu metodu genellikle Avrupa'da kullanılır, Amerika'da ise benimsenmemiştir. Kol 20 ile 50 cm.uzunluğunda ayrı bir ünitedir. Vakum kullanıldığı zaman kol ile matris yüzeyi arasında 5 ile 20 cm.'lik bir çatlak oluşur. Kol iç yüzeyi pürüzlülüğü önlemek için (bazen ekstrüzyon boyunca bir yağlayıcı kullanılır) ve özellikle poliolefinlerde gerilmeye müsaade etmesi için azar azar incelik. Çıkış sonu daha küçüktür, fakat plastiğin ölçüldükten sonra (kendisini çekmesi

PVC ve ABS için %2, poliolefinler için %5) gibi son boru dış çapının arzu edilenden daha geniş olması gerekir. Eğer iç hava basıncı plastiğe uygulanan kuvvetin kol ile bağlantısında vakumdan daha kullanılırsa, kol matris yüzeyine çok yakın yerleştirilmeli ve sık sık bir izolasyon contası ile matrise doğru yerleştirilmelidir. Bu önlemler ile boru kalıp ile kol arasında çok uzar. Boru koldan çıktıktan sonra bir su oluşunda soğutulmaya ihtiyaç duyar, fakat koldan ayrılırken efektif olarak ölçülendirilmiştir. Çeşitli ölçüm tabakaları (delikli diskler) oluk için ana daireselliği içerebilirler. Eğer oluk yoksa kaskat adı verilen su zerreleri kol dışına çıkarırken boruyu idare eder.

Ölçüm kolu tekniği çok parlak, düz, dış yüzeyi sıkı kontrollü, sertleşene kadar su ile temas etmeden yapılabilir. Su zerrelerinden ve ufak dalgalardan kaçınan bu sistem dışında diğer metodlarla dış yüzeyin su ile teması mümkündür. Bu nedenle su ile direkt temas halinde bulunamama daha düşük bir soğutma ve limitli üretim manasına gelir. Isı metal kol yüzeyinden dışarı transfer edilir. Bu sistem, koldan geçerken boru yüzeyine küçük bir su enjeksiyonu bu problemi hafifletir. Soğutmaya buharlaşma yardımı yardımcı ve bazen bir yağlayıcı gibi görev yapar. Bütün kollar ile bu nedenle eklenen soğutma ayırım gözetmeden yapılmış kol uzunluğundaki gelişme tarafından kazanılmış olamayabilir. Çünkü gelişen bu temas alanı dönüş içinde kola doğru toplanan boru dayanımını arttırır. Kolun diğer dezavantajları boru dış yüzeyinde bir soğutulmuş kol içinde tutulması tarafından oluşan gerginlik daha büyük kristal ölçülerini içerir. (Boruyu daha da zayıflatan)

4.3.2.3.GENİŞLETİLMİŞ MANDREL METODU

Bu metod iç soğutma ve iç destek sistemleri ile poliolefinler için en uygun methoddur. Plastiğin kendini çekmesi soğutmada olduğu gibi matrisden 15 ile 30 cm. ileride genişleyen metal mandrel ile ara bağlantıyı korumaya yardım eder. 60 cm. boyundaki mandreller denenmiştir fakat mekanik zorluklar geniş kullanım sahasını engellemektedir.

Mandreller prinç, alüminyum veya paslanmaz çelikten imal edilirler ve bütün durumlarda yüzey üzerinden geçerken destekleyici ve tutucudan plastik yüzeyinin pürüzlülüğü engellenir. Mandrelin matrise daha yakın ve daha geniş olan sonu inceler; Mandrelin uzunluğuna bakmaksızın, çoğu poliolefin için bu son çap küçük sondan %6 daha geniştir. Bu inceme mandrel hareketliyen plastiğin soğutulması gibi kendini çekmeye izin verir. Mandrelin sonu kendini çekmeyi karşılayabilmek için ihtiyaç duyulan son boru ölçüsünden daha geniştir. Ölçüm kolunda olduğu gibi poliolefinler için %5, ABS ve PVC için %2 çekme payı saptanmıştır.

Mandrelin içinde tüm iç çevredeki sıcaklığın üniform ve akım hattı şeklinde soğutma suyu olmalıdır. Soğutma boru üzerindeki su akımlarının yardımıyla gerçekleşir. Küçük bir halka

matristen henüz ayrılırken boru etrafına değmeyecek şekilde yerleştirilir. Bunun nedeni su akışı kenarına yakın salınımları önlemektir. Mandrelden ayrıldıktan sonra boru oda sıcaklığına kadar soğutulur. Kısmen daha fazla akış tarafından ve bir oluktan geçişi ile ölçüm plakalarındaki ana yuvarlaklık kol metodundaki gibidir.

Soğutulmuş mandrel ve soğutma suyu matrisin tamamından termal olarak izole edilmesi gerekir. Geçmişte bu izolasyon problemi dirsek tipi matrislerin kullanılması için nedendi, bir düz matriste su bir veya tüm bilezik kollarından geçer. Bu sistem kolları çok iyi soğutur, boyuna akış yeniden kaynağa tamamen ket vurur ve borudaki zayıflık hatlarına meydana getirir. Şimdi, bununla birlikte sürekli matrisler, su akışının olduğu bilezik kollar hava veya florokarbon plastik ile izole edilerek yapılırlar, böylece ayrılan kollar dolayısıyla sıcak ve zayıf kaynakların cesaretini kırıcı olur. Dirsek tipi matris sızıntı, üniform olmayan boru cidarı, ısı kaybı, temizlik problemi gibi problemleri ortadan kaldırarak önemsiz hale getirilmiştir.

Mandrel metodu düz ve sıkı kontrol edilen iç yüzey ve hiç hava basıncı olmadığını kabul eder. Bazen yüksek üretim oranı gibi önemli avantajlara sahiptir, bunun nedeni soğutmanın hem iç hem de dış yüzeylerden yapılmasıdır. Dış yüzeyde kontrolün daha az olması ve yüzey cilası nedeni ile ölçüm kolu tercih edilir. Dış görünüşte ısı polisajı mandrel ölçülen dirselmiş borularda mümkün fakat zordur, özellikle yüksek hızlarda ve normal zamanda yapılmaz.

4.3.2.4.ÖLÇÜM TABAKALARI METODU

Vakum oluklarının gelişmesinden önce Amerika Birleşik Devletlerinde daha kullanışlıydılar. Boru bir seri prinç veya paslanmaz çelik tabakalar (3 ile 6 mm. kalınlığında), bir metal çubuktan çekilen metal tel gibi çekilerek ölçüsünü alır. Bir pozitif hava basıncı tabakalara karşı boru içinden geçirilir. Tabaka girişleri 45°'ye perdahlanır ve delik ölçüleri ilerledikçe küçülür. Bu sırada boru soğur ve tabakaların içinden geçer. Orta ve yüksek yoğunluklu PE için ilk tabaka son ölçüden yaklaşık %10-20 daha geniştir, ikinci tabaka %4, üçüncü tabaka %2 daha geniştir ve birbirini izleyen tabakalar %1 daha geniştir. İlk üç tabaka genelde 7 ile 10 cm. aynıdır. İlave tabakalar lineer hıza bağlı ve plastik ekstrüde edilmeğe başladığında ihtiyaç duyulacaktır. Yüksek hızlarda ve poliolefinler gibi zor soğutulan polimerler daha fazla tabakaya ihtiyaç duyarlar. Bütün tabakaların yer ve numaraları halen deneme yoluyla bulunur fakat ilk tabaka matris yüzeyinden 7 ile 10 cm. uzaklığa konulur. Hafif bir damla ile su veya havanın bir akışına boru yüzeyini yağlamak için ilk tabakanın girişinde ihtiyaç duyulabilir.

İlk tabaka bir su oluşuna giriş olabilir veya diğer biri veya daha fazla tabakalar genelde üç veya dört oluşa karşı

yerleştirilebilir. Bu durumda soğuk su boru etrafında bu tabakalar ve oluk girişi arasında akar. Daha sonraki sistem borunun daha hızlı soğutulmasını sağlar fakat boru iç yüzeyi su ile sarılmış olmalıdır; diğer taraftan dalgacıklar ortaya çıkacaktır. Su oluklarıyla beraber tabakalar 30 cm. aralıkla yerleştirilebilir. Bu ana dairesellik diğer ölçüm metodları gibi son soğutmaya kadardır.

Ölçüm tabakaları metodu kontrol edilen dış ölçüler vakum oluk ve kol metodları gibi verilir. Ölçüm tabakaları ve daha ucuz ve her çeşit matris ile beraber uygulanabilir. Bu metodla yüksek verim alınabilir çünkü su boruya direkt olarak temas eder, mandrel ve koldan bağımsız hızlı bir soğuma sağlar. Bu nedenle ilk tabakalara girişi ile sağlam bir temasta boruya yardımcı bir iç basınca ihtiyaç duyar. Bazen bütün plastikler olmasada ihtiyaç olduğu kadar üniform çekilecektir ve çünkü direk su teması, dış yüzeydeki işaretler bir potansiyel problemdir. Geniş boru için (5cm.'den yukarı) ölçüm tabakası metodu çökme problemine sahiptir ve diğer metodlar tercih edilir. Vakum oluk metodunun başarısı anlaşılabilirdi, çünkü ölçüm tabakaları ile benzer avantajları vardır, iç hava basıncı ile ilgili problemleri ortadan kaldırdığı sürece. Bu onu daha kolay başlanabilir ve işlenebilir yapar. Vakum oluk gerçekte ölçüm tabakaları yönteminin gelişmiş bir form olarak düşünülmelidir.

Ölçüm tabakaları diğer yollarda da değiştirilebilir. Örnek olarak bir sistem bir seri ortası delik vakumda çekilen tabakalarda kullanılır. Etkide, onlar küçük vakum kollarıdır, fakat su bunların arasından geçtiğinde, soğutma oranı yüksek olabilir. Onlar bazen iç hava basıncının tabakalar ile tam temasın kaldırılmasına ihtiyaç duyarlar.

Ölçüm tabakaları veya vakum oluşu ile bir uzatılmış mandrel bir sistemde beraber kullanmak mümkündür. Böylece hem iç hem de dış yüzeyde bazı pozitif kontroller kazanılmış olur.

Verilmiş bir boru ölçüsü için uygun matris açılımı kullanılan ölçüm metoduna bağlıdır. Kollar ile matris çapı genellikle ölçünün biraz daha altındadır ve kovan açılımı son boru kalınlığından biraz daha kalındır. Bir mandrel ile matris göbeği mandrelden daha geniş olmalıdır. (Orta yoğunluklu PE için %7 uygundur. Yakalamadan kaçınmak ve borunun mandrelle ilk temas ettiği yerde kirlilikten kaçınmak gerekir. Göbek eğer çok geniş ise de çok çekilmeye ihtiyaç duyulur, ve bütün mandrel uzunluğu soğutma için temas ettirilip kullanılmayacaktır. PE'in mandrel ölçümü için matrister kovan açılımı genelde yaklaşık son boru kalınlığından %20 daha geniş olur. Ölçüm tabakaları ile diğer metodlardan çok çekim işlemi yapılır, kısmen poliolefinlerde. Bir matris çapı yaklaşık son boru ölçüsünden %50 daha büyük olur ve bazen daha geniş matrisler son çaptan iki kat ve ikibuçuk kat kalınlıklar kullanılır. Farklı yüksekçe ölçü üstü matrisler salık verilmez, buna rağmen yüksek çekme ihtiyacı zayıf boruda gerilimi ortaya çıkarır.

Bütün boru matris tasarımlarında matriste şişme ve son kendini çekme ölçülmelidir. Poliolefinler PVC, polistren ve ABS'e göre hem şişme hem de kendini çekmeyi daha iyi gösterirler, fakat bu değerler operasyon durumlarını ve matris geometrisini de ilgilendirir. Şişme kısmen yüksek ergime sıcaklıklarından, düşük lineer hızlardan, daha akış hattındaki matris içinden ve daha uzun matris parçalarından azalabilmektedir. Ön paragraftaki şekiller sadece pürüzlülük kılavuzu olarak kullanılabilir. Deneyler test sonuçları ve üretici tavsiyeleri ile daha fazla kaynak bulunabilir.

İÇ HAVA BASINCI: Boru içinde bir pozitif hava basıncı tutulması bazı ölçüm metodları ile önemlidir. Hava, bir bilezik kol veya dirsek tipi matriste maçanın arkasına doğru ve sık sık kontrol edilen sürekli bir basınçla gönderilir. Tabii ki bazı şeyler borunun açık ağzından havayı dışarıya almalıdır. Küçük borular için büyük makaralarda kangal yapılmalıdır, son başlangıçta kıvrılarak veya örterek kapanmalıdır ve aynı hava bütün zamanda boruda kalır. Boru kangalı büyüdükçe sadece yeterli hava yeni boru içine ve kapalı uçtaki sızıntıya eklenir. Büyük borular için uzunluğuna kesimlerde, bir iç tapa 1 ile 3m. uzunluğunda bir tel tarafından matris sonuna bağlanır. Bu Şekil 4.4'de gösterilmektedir. Bu tapa deri gibi yumuşak bir kapama yüzeyidir. Bu bir taraftan havayı tapa ile matris arasında tutarken borununda üzerinden kaymasına müsaade eder. Hava tapadan kaçmasın diye göbek ile birleştirilir. Bu ustalık isteyen bir iş olup şimdilerde sık sık kullanılmamaktadır. Yeni bir değişiklik tel ile uzaktan boru dışında güçlü bir mıknatıs ile tapayı tutarak yapmaktır. Bu tapa tabii ki demir bir merkeze sahiptir. Bütün tapalar az veya çok akış hatlı şeklindedir; bir küresel tapa sıraya konur ve başlanır, fakat boru içinde çizgi temasını içerir ve böylece hava sızıntısı daha kolay meydana gelir. Bir silindir en çok temas yüzeyine sahip olandır, fakat sıralamak daha zordur. Genelde küçük bir torpido, fıçı veya oluk şekli en uygundur.



Şekil 4.4

4.3.3.SU OLUKLARI

Su olukları genellikle bütün ölçüm metodları ile kullanılırlar. Bu oluklar poliolefinler için PVC ve ABS için olanlardan daha uzundur, çünkü poliolefinlerin sıcaklık kristalizasyonları yer değiştirmelidir. Daha yüksek yoğunluklu bir polietilen daha büyük soğutma ekipmanlarına ihtiyaç duyar. Oluk uzunluğu poliolefinler için 6 ile 12 m. ve bunun yarı değerinde PVC ve ABS için öngörülür. Boru bu olukların bittiği yerdeki deliklerden girer ve çıkar ve suyun dış çevrede akışını tutmak için öğüte ihtiyaç vardır. Bu bir iris diyagramı olabilir, bir kauçuk plaka ile bir büyük delik ve bir x kesim içindedir, veya paçavralar son tabakadaki metalde ölçülenden daha büyük bir delik ile çevrili görevlendirilmiştir.

4.3.4.DOĞRULTMA MAKİNALARI

Doğrultma kuvveti boruyu çeken ölçme ve soğutma sistemi özellikle bu amaç için tasarlanmış makinaları koşul koyar. Doğrultma makinaları önemlidir, çünkü son derece uniform çekme uniform boru ölçülerini vermelidir. Bazen kuvvetli çekme için büyük ölçü takımlarına ihtiyaç duyulur ve çekici sıkı ve düzgün olarak kaymadan kavramalıdır.

Çekiciler tırtıl tekerlek veya kavrama çarkı tipinde bulunurlar. Bir tırtıl çekici boruya paralel ve çevreye eşit olarak dağıtılır. Boruya uygun bir kuvvet uygularken bir yandan da çekme işlemi devam eder. Bir iki tekerlekli tırtıl bazen kavramaya yardımcı olması için konkav tekerleklerle sahiptir. Bir üretici sürekli tekerlekleri boruya paralel yerleştirerek küçük lastik tüp çiftleri kullanmıştır, böylece temas için sağlanan dört nokta boru üzerinde iki noktada bulunur. Diğer makina altı tırtıl tekerlekler ile üç adeti geri çekilebilir; Diğer üçü daha küçük boru ve bütün altısı büyük borular için kullanılır ve ihtiyaç duyulan yerde kullanılırlar. Halen diğer yeni yöntem küçük emme kaplarına binen iki tırtıl tekerlek kullanılır. Vakum onlara korunmuş bir boruya tutunan kaplara doğru çekilir. Bir tasarım da tırtıl tekerlekler gibi otomobil lastiklerinde kullanılır. Kısmen hava ile şişirildiği zaman korunmuş ve güçlü bir kavrama sağlar.

Kavrama çarkları iki, üç, dört çift çarkta yerleştirilerek kullanılır. Biri borunun üzerinde diğeri altındadır her biri konkav veya pahlanmış temas yüzeyi ile kavrama için daha idealdir. Diğer tırtıl tiplerinden daha iyi bir çekme sağlar fakat çok küçük bir alanda uygulanması gerekir. Tırtıllar genellikle biraz daha iyi ve daha pahalıdır ve şimdi daha çok kullanılırlar.

Bir boru doğrultucusu yaklaşık 5 ile 1 üzerinde hız varyasyonlarına sahiptir. Ticari boru hızları dakikada 2 ile 20 metre 1.5 ile 10 cm. arasında bir çapın üzerindedir. Bazı geniş ve kalın etli borularda (15 cm. ve üzeri) dakikada 0.6 m. hızla çekilebilir.

Bu doğrultucu hızının kontrolü matrise yakın bir nokta ile ölçüm cihazına ihtiyaç duyar, böylece operatör boru matrisinde ölçülendirilirken doğrultucu hızında ayarlama yapabilir. Elektrik, elektronik ve manyetik hız kontrolleri en çok kullanılan kontrol sistemleridir.

4.3.5.KONTROLLER

Boru ölçüsü otomatik ölçüm ve kontrolü mümkündür ve çok az olarak çok modern ve iyi donanımlı hatlarda kullanılır. En iyi bilinen sistem ölçümünde duyar kafa boru etrafında hareket edebilir. Genellikle ağır veya çok hafif olduğu zaman boru dış çapında olduğu zamanki gibi gösterir. Fotoelektrik ve mekanik duyarlık bazen mümkündür. Bütün bu sistemler ekstrüder veya doğrultucu kullanımı kontrolünün arkadan beslemek için yapılır.

4.3.6.KESİM

Bazı operasyonlar büyük çaplarda ve küçük hızlarda boruyu uygun uzunluklarda bir adamın testere ile kesmesi ile uygulanır. Genel pratik, otomatik bir makasın boru ile gidip, onu kesmesi ve tekrar ilk konumuna gelerek kesim için bir sonraki sinyali beklemesidir. Sinyal genellikle borunun uzayarak gerçek uzunluğuna ulaşarak boru tarafından bir mikro switch'den gelir. Bu testereleler daireseldir ve bıçak ağzı özellikle plastik kesimi için tasarlanmıştır.

4.3.7.MAKARALAR (KANGAL MAKİNALARI)

Sadece küçük çaplardaki rijit PVC ve ABS borular kangal haline getirilebilir. Bunlar sadece büyük makaralardır. (2m.) Büyük ölçüler, çoğu PVC, ABS ve polistren'i kapsayan imalatlar uzunluğuna kesilirler. Bununla beraber 5cm.'in üzerindeki PE'ler genellikle sarılırlar ve bu çoğu PE boruyu içerir. Çok küçük borular bazen 1m.'lik makaralara sarılırlar. 2m.'lik makaralar 2.5 ile 5 cm. arasındaki borularda önemlidir. Borularda önemlidir. Boru sık sık küçük bir çap etrafında kuvvet uygulanabilir, fakat sürekli bir yerleşim dönme dışı ve uygulamada gecikmiş sonuçlara neden olur. Sarma büyük bir ihtimam ile sarılı makaralarda yapılır. Kullanımı çok hassas değildir Tıpkı doğrultucunun uniform bir doğrultma yapmadığı gibi. Buna rağmen makara boyu düzenli ve temiz bir şekilde sarmalıdır Genellikle makara sadece doğrultucudan kayışlarla yönetilen bir çarktır ve en basit sarım yöntemi bir el krankıdır.

4.4.BORU EKSTRÜZYON PROSESİ İŞLEMLERİ

4.4.1.ÖN KURUTMA

Bazı boru malzemeleri, özellikle PE hava koşullarına karşı uzun ömür için siyah renkte imal edilirler. Boya rengini veren bitkisel dokular kolayca su absorbedebilirler ve eğer ekstrüzyondan önce veya ekstrüzyon sırasında bu su ortadan kaldırılmazsa sonuç olarak pürüzlü bir boru yüzeyi elde edilir. Kurutma normalde ekstrüderin sağında hopper kurutması ile yapılır. Gösterilen bir ekstrü derde aynı sonuç meydana gelecektir.

4.4.2.KARIŞTIRMA

Haznede iyi bir karıştırma matris için üniform bir ergi-yiğin iç dağıtımına her zaman ihtiyaç duyulur ve bazen iki veya daha fazla plastik karıştırılarak ekstrüderde bunlara ait özelliklerin kombinasyonunda veya ekstrüderde renklendirme ilavesinde daha fazla önem vermek gerekir. Siyah karbon bununla birlikte direkt olarak ilave edilmez, öncelikle siyah konsantre taneler kullanılır. PVC boru hazırlayan çoğu ekstrüder reçineler, stabilizörler, renklendiricilerden kendi kompozisyonununun sıcak proseslendirilirken kendi ana yöntemine kadar karıştırılır. Makinaların bir çok tipleri farklı malzemeler Banbury mikserler ve özellikle tasarlanmış ekstrüderler için kullanılır. Avrupa kıtasında herkes kendi üretimini karıştırır. Fakat İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerinde bazı karışımlar ekstrüzyona hazır bir şekilde satılırlar. Toz veya granül halindeki kompozitler standart testleri ve formülleri yapılmaktadır. Bu fiyatlar diğerlerine nazaran daha pahalıdır, ön karıştırma, deney ve formül araştırma işlemleri imalatçı için ortadan kalkmıştır. Bu küçük imalatçılar için en kolay başvurma aracıdır. Fakat bazı üreticiler küçük ve kendi içlerinde bir endüstri oluşturmuşlardır ve eğilim bu karışımları alma ve daha fazla boru sahasında üretim yapma yönündedir.

Bazı borular hiç bir sıcak proses işlemi olmadan bir malzeme karışımı ile direkt ekstrüde edilirler. Bu eskiden zayıf bir boru imalatına yol açardı fakat iyi bir donanımla yeterli boru tozdan şimdi direkt olarak ekstrüde edilebilir. Çift vida ekstrüderlerin kısmen Avrupada ve gösterilen tek vida ekstrüderlerin kullanımı mümkündür. İmalat oranları toz kullanıldığında daha yüksektir çünkü daha az ısıya ihtiyaç duyulur ve malzeme daha sıcak akar (Düşük viskozite ve bundan dolayı daha hızlı akış) ve malzeme daha az ayrışır. Toz ekstrüzyonu daha pahalı donanıma ihtiyaç duyar ve mümkün besleme ve karıştırma problemleriyle karşılaşılır; Bununla birlikte bunlar sık sık biter ve şu anda Amerika Birleşik Devletleri PVC boru üretiminin yaklaşık %50'si tozdan direkt ekstrüde edilerek, elde edilmektedir.

Çift vida ekstrüderler düşük sıcaklıklarda tek vida ekstrüderlerden daha iyi bir karışım sağlarlar ve Avrupada boru için çok geniş bir kullanım sahası bulmuşlardır. Bu tek vida ekstrüder üreticileri tarafından da kabul edilmiştir. Görünüş olarak satılabilir borular iki tip ekstrüderde de geniş kullanım alanı bulurlar.

4.4.3.SICAKLIKLAR

Boru dolaylı olarak düşük sıcaklıklarda ekstrüde edilir. çeşitli ekstrüde edilmiş imalat miktarları, sadece silindirik film soğutucu ile artar. Düşük sıcaklıkların kullanılmasının çeşitli nedenleri vardır. Düşük sıcaklıkların anlamı derece azalması için daha az şanstır. Bu daha az stabilite (daha ucuz malzeme), daha hızlı oranlar veya bir koruma faktörünün tutulması gibi bir manaya gelir. Bütün malzemeler için fakat özellikle PE için hızlı ve üniform soğuma önemli ve genel üretim oranı önemlidir. Düşük bir ekstrüzyon sıcaklığı soğutma sistemine daha az iş yapma eğilimi verir, böylece potansiyel üretim artar. Düşük sıcaklık genellikle matriste yüksek viskozite manasına gelir. Eğer plastik aşırı ısınmıyorsa tamamını ölçmek zor hale gelir.

Önceki paragraf düşük bir ekstrüzyon sıcaklığı için iyi bir neden olarak görülmektedir. Bu gerçek, yıllar önce bir kuraldır ve bazı alanlarda bu hala sürdürülmektedir. Fakat üstüste konmuş taşıyıcılarda daha yüksek ekstrüzyon hızları için daha fazla hassas karışımın olduğu gelişerek arzulanır. Özellikle tek vida ekstrüderlerde, bu dönüş içindeki ekstrüzyon sıcaklığı artar. Bununla beraber boru üreticileri düşük dereceler için ihtiyaç çerçevesinde uğraşırlar ve bazıları yerine geçirilir: Daha termal bir stabilite veren formülasyonlarını, soğutma cihazları ve daha hızlı soğutma için su oluk uzunluklarını, müsaade edilen düşük viskozitedeki daha hızlı lineer hızlarını geliştirirler. Farklı yöntemlerde tipik ekstrüzyon sıcaklıkları; rijit PVC için 190-210°C, orta yoğunluklu PE ve polistren için 205°C, ABS için 215°C ve HDPE için 225°C olabilir. 10-25°C'dan düşük sıcaklıklar hala genelde eski donanımlar ile kullanılır veya çok kritik uygulamalarda veya çift vida makineler ile iyi bir karıştırma dolaylı olarak yüksek ergime sıcaklıklarına bağlıdır.

4.4.4.PROSESİN BAŞLAMASI

Çeşitli ölçüm metodları farklı başlama tekniklerine ihtiyaç duyarlar. Uzatılmış mandrel sistemi başlama için en kolay yöntemdir. Boru dolaylı olarak soğutulana dek desteklenir Ölçüm kolu metodu ile vakum ve vakum oluşu genellikle kolaydır. Buna rağmen basınç eğer vakum içindeki bir kol ile kullanılırsa boru sonu tapa ile kapatılmalı veya bir iç tapa şamandırasına ihtiyaç vardır. Bu tapa başlamadan önce matrise bağlanır ve delikten dikkatlice geçene kadar boru alınmaz.

Uygun ustalık hızlı başlamaya ihtiyaç duyar. Bütün sistemler ile bir geçme yardımı uzun bir ip, çubuk, veya tüp gibi, eğer doğrultucu matrizen büyük bir uzaklıktaysa veya geniş boru lineer hız çok düşük olduğunda kullanışlı olur. Bir yardım gibi ilk ekstrüde edilen ve geliştirilen plastiğin çok başlangıcında yerleştirilir.

Ölçüm tabakaları ile sıcak su boru sonu ilk olarak kapatılır ve daha sonra ölçüm dışı tabakaların arasından geçirilir. Hava daha sonra ilk ölçüm tabakası ve daha sonra diğerlerinin içinden geçerek doldurmak için uzar. Bir ölçüm tabakası sisteminin hızlı başlangıcı operatörün ustalık ve tecrübesine ihtiyaç duyar, tabakaların sıcak şekillendirilmemiş bir boruyu, ölçü ve soğutmayı çok küçük bir mesafede kabul etmesi gerekir. Ayrı deneyler ve uygulamalarla bu sistem genelde diğerleri kadar hızlı başlatılabilir.

4.4.5.YIĞMA VE DEPOLAMA

Bu bir boru prosesinde gerçek bir problemdir. Çünkü bütün borular geniştir, makaraların hareket etmesi zordur ve çoğu uzunluklar basitçe taşınmak için çok uzundurlar. Makaralar bazen kağıt veya plastik film ile sarılır (özel makinalar bu amaçla satılırlar) ve yatay olarak depolanır. Uzunluğuna kesilen borular genellikle sarılmazlar, fakat eğer küçük çaplara sahip iseler ön sarılabilir veya kutulanabilirler. Uzun borular yatay raflarda düzgün görünürler fakat rafın bütün uzunluğuna uygun şekilde yerleştirmek zordur ve boruların yer değiştirdiği oda sarar ve gemiye yüklenir. Böylece sık sık depolanırlar. Sıcak ve güneşli iklimlerde korunmalıdırlar. Bu koruma bir kaç hafta veya ay sonra bütün siyah ve özellikle stabilize edilmiş malzemeler ile önemli hale gelen güneşin ultraviyole ışınlarına karşı yapılmalıdır. Daha tehlikeli olmasına rağmen yumuşar ve bunun sonucu olarak distorsiyon (ve aşırı durumlarda, beraber desteklenir) güneş ısı tarafından meydana gelir. Bu siyah borular ile daha önemlidir. Böylece borular ultraviyole ışınlarıyla yıllarca birlikte kalacaktır. Çevresindeki hava sıcaklığı belli değerlerin üzerine çıkmaması için, emilen ışın enerjisinden, artan sıcaklıktan korunmaya ihtiyaç vardır. Borular diğerleri üzerine yığılırlar bu yapı alttaki boruların kullanım basıncının nedenidir.

4.5.BORU EKSTRÜZYONUNDA PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ

Boru ekstrüzyonundaki yaygın problemler, sebepleri ve çözümleri aşağıda özetlenmiştir;

*Hata:Direkt soğuma ile çukurlaşmış noktasal hatalar.

*Çözümü:Su altındaki boru yüzeyindeki hava kabarcıkları buna neden olur. Düşük hızlı su akışı, geniş değer ile düzeltilir.

*Hata:Tümsekleşmiş noktalar.

*Çözümü:Hava soğutmalı bölgedeki yüzeyde su damlaları buna neden olur. Bir siper koyarak su çarpmalarına karşı sıcak boru korunur.

*Hata:Matris üzerindeki yüzey hataları.

- *Çözümü:
- Nem yüzey hatalarına neden olur, özellikle siyah ve dolu komponentler ile. Ekstrüzyonda ön kurutma yardım edecektir.
 - Karıştırmamış reçine veya ilave malzemeler ekstrüderde daha fazla karıştırmaya ihtiyaç duyulur ve bu mümkündür.
 - Yabancı malzemeler yeni veya daha iyi granüller tarafından azaltılır. Kaynakları kirletmek için kullanılmamış reçine gözden geçirilir, yeniden öğütmek için sistem kontrol edilir.
 - Özellikle PVC ile partiküller ekstrüderdeki durgun alanlardaki ayrılmış malzemelerden gelir.

*Hata:iç veya dış yüzey pürüzlülüğü.

- *Çözümü:
- Nem nedeniyle veya düşük ergime sıcaklığı veya kirli metal yüzeyleri nedeniyle oluşur. Pürüzlülüğü önlemek için mandrel veya kol yüzeyleri desteklenir ve kavranır.
 - Çok yüksek lineer ekstrüzyon hızları daha yüksek sıcaklık , daha uzun matris parçaları, ve matris kesitindeki daha küçük iç giriş açıları tarafından iyileştirilen matristeki ergiyik bozuğu neden olabilir.
 - Pürüzlülük uygun olduğu zaman gerçek noktanın merkezdeki yerini bulmaya çalışır. Dışarıdaki uzun pürüzlülük, kol veya ölçüm plakalarında yakalanan bazı yabancı malzemeler veya uygunsuz birleşen kol tarafından neden olur.
 - Uzun dar parçanın hafif dalgalanmasıyla oluşan pürüzlülük o noktada farklı bir cidar kalınlığına neden olur.
 - Çevrede tamamen pürüzlülük özellikle matristen uzakta küçük v şeklinde hatalar yetersiz karıştırma ve genellikle ergiyik içindeki nemden doğar. Daha iyi karıştırma yüksek ergime basıncı, soğutucu vida, daha düşük hız veya daha iyi tasarlanmış vida ile iyileştirilir.

*Hata:Renklendirilmemiş malzeme.

*Çözümü:Kompozit ayrışması genellikle PVC'de sıcaklıkları azaltılması veya farklı bir formül (daha stabil veya daha az viskoz) kullanımı veya ekstrüder ve matris içi akış hattı gelişmesi ile giderilir.

*Hata:Uzunluğuna yarılmış boru.

*Çözümü: a)Görünür kaynak hatalarına bakın ve kaynak hattı boyunca eğer eksik ise kontrol edin. Ekstrüzyon çok soğuk veya çok hızlı yapılmış olabilir. Ergime sıcaklığı yükseltilir veya basıncı arttıracak şekilde bir matris tasarımı yapılması yoluna gidilir
b)Aşırı çekilmiş boru yarık akış yeniden kaynak hazırlığı ile uzunluğuna yarılmış boru imal edilebilir. Ekstrüzyon yönteminde merkezi balanslanmamış boru kontrol edilir.

*Hata:Çevresel kabartılar.

*Çözümü:Mandreldeki periyodik taramalar, ekipmanların vibrasyonu veya alışılmamış hızlar buna neden olurlar. Bu mandrel hazırlık sıcaklığının bulunması veya kapalı sistemin tamiri ile iyileştirilebilir. Doğrultucu hatalı doğrutmaya neden olabilen düşük sonlu alanda operasyon yapılabilir.

*Hata:Çevresel dalgalanmalar.

*Çözümü:Malzeme kabarması veya üniform olmayan su akışı veya zayıf ölçüm tabakaları neden olur. Daha küçük ilk ölçüm tabakaları veya boru çevresindeki üniform su akışı kullanılır. Çentikler için tabaka kontrol edilir.

*Hata:Balans edilmemiş cidar kalınlığı.

*Çözümü:Matriste ayar. Sistemin elemanlarının inanılır yapan bütün hazırlık ve matristeki soğuk ve sıcak noktalar olmaması gerekir.

*Hata:Dairesel olmayan boru.

*Çözümü:Yeterli olmayan ölçme aletleri veya özellikle su oluğundaki şekilsiz veya borunun doğrultucuda sıcak olmasından dolayı kalkması neden olarak gösterilebilir.

*Hata:Cila eksikliği.

*Çözümü:Aynı problemler ve çareleri pürüzlülük yüzeyi üzerinde düşünülür. Ergime sıcaklığını yükseltmek en çok kullanılan çaredir. Bazı matris göbekleri daha iyi iç parlaklık vermek için elektriksel olarak ısıtılır. Dış görünüş eğer lineer hız yavaş ise polisaj yapılabilir. Ölçüm kolları en iyi dış yüzeyi verir. Formülasyon daha iyi parlaklık vermek için geliştirilir.

*Hata:Zayıf dayanım.

*Çözümü: a)Uzunluğuna yarılmış borulara bakınız. Bazen çukurlaşmış zayıf boru çok düşük sıcaklıklarda çok çekilebilir. Bu durumda çentiklerin gelişmesiyle meydana gelen yoğunlaşmış gerilime dikkatle bakmak gerekir.

b)Plastik termal ayrışması tarafından, ultraviyole

ışık veya hurdaların çokça kullanılması ile derecesi düşebilir. Zayıf boru ve onun fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması ile kabul edilen yeni malzemeden bir kalıp levhası.

- c) Zayıf karıştırma görünüşte kabul edilirse zayıf boruya neden olabilir. Çareler yüzey pürüzlülüğü altında verilmiştir. Dayanım malzeme fonksiyonunda çok bağlıdır.

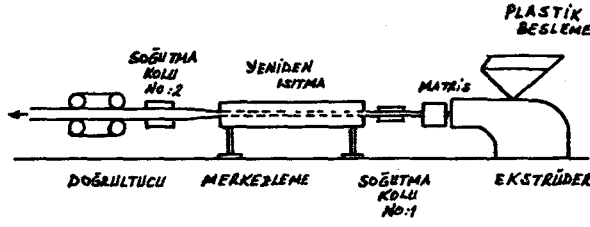
4.6.ÖZEL TEKNİKLER

YERİNDE EKSTRÜZYON: Özel durumlarda plastik borunun kullanılacağı alanda imal edilmesi daha ekonomiktir. Bir ekstrüder uygun bir güç bağlantısı ile bir tır üzerinde bulunur ve tır bir siper hazırlığı boyunca seyahat eder, devamlı bir uzunlukta plastiğin ekstrüzyonu (genellikle PE) hiç bir fittings veya diğer birleştirme elemanlarına ihtiyaç duyulmaz.

DIKEY EKSTRÜZYON: Genellikle çoğu boru yatay olarak ekstrüde edilir. Küçük bir yerleştirme ile bir su banyosu içine doğru ekstrüde edilir. Bu iyi bir soğutma verir, fakat boru kırılmayacak kadar esnek olmalıdır. Böylece banyo dışına çıkabilsin. Borunun halen sıcakken eğilmesi düzleştirmeden kaçınmak, borunun distorsiyona uğramasına neden olur. Bu teknik bazı silindirik filmlerin yapıldığı metodu andırmaktadır. Ama teknik problemlerden biri boru içindeki suyun sirkülasyonu ve bakımındır.

EŞ EKSENLİ YÖN BELİRTME: 1959'da aksenal ve çevresel yöntemlerde yönlendirilmiş PE boruların ekstrüzyonu için Batı Almanya'da bir yöntem geliştirildi. Bu Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Boru son ölçülerinden daha kalın ve daha küçük imal edilir ve her zamanki gibi bir kol ile ölçülür ve soğutulur. (Diğer ölçüm metodları kullanılabilir.) Daha sonra boru uzun bir kapalı, yeniden ısıtma banyosuna girer. Bu sıcaklık 1°C içinde kontrol edilir. Boru banyodan çıkınca bir iç hava basıncı tarafından uzatılır ve diğer bir koldan yeniden ölçülendirilerek son halini alır. Boru çevresindeki sıvı basınç boru yeniden ısıtılırken yayılmasını önler. Boru doğrultucusu ekstrüzyon oranından daha hızlı doğrultmak için yeniden ısıtıcıdan sonra yerleştirilmiştir. Böylece boru aksenal yönlendirilmeyi de içerir. Yeniden ısıtma önemlidir. Çünkü iç kalınlık yönlendirme miktarının kontrolü ve sağlanması ile doğru sıcaklıkta olmalıdır. Ekstrüzyon sıcaklığından aşağıda soğutma farklı sistemlerde basitçe yapılmaz böylece boru ilk olarak soğutulur ve yavaşça yeniden ısıtılır. Bu yönlendirilmiş boru aynı ölçülerde normal borudan daha yüksek mukavemete sahiptir. Diğer yandan daha ince boru (daha az malzeme fiyatı daha hafif) aynı basıncın tutulmasında kullanılır. Farklı boruların kullanımı Amerika Birleşik Devletlerinde engellenmiştir, bunun nedeni özellikler ve standartlar yerleştirilme-

miş borular ve imalatçıların ürünlerini yerleştirmek için ve ölçü değişimlerinde daha yüksek imalat fiyatlarını karşılamak için yerleştirilmiştir. Potansiyel tüketiciler özellikle yüksek sıcaklıklarda ve basınçlarda borunun uzun sürede zayıflamasından endişe duyarlar.



Şekil 4.5 Eş eksenlenli merkezleştirilmiş boru ekstrüzyonu

4.7.EKSTRÜZYON SONU BORUYA YAPILAN İŞLEMLER

4.7.1.BASKI

Boru üzerinde boru ile ilgili ölçü, basınç oranı, malzeme ekstrüder ismi veya markası gibi bilgilerin basılı olması önemlidir. Bu normalde ekstrüder hattından soğutmadan önce ve soğutmadan veya kesmeden önce yapılır. Markalama makinaları genellikle küçük bir ofset çark özellikle bu amaç için kullanılır. Boru üzerinde derin kazılmış izlenimine dikkat edilmez, çünkü bu hareketler basınç altında gerilim konsantrasyonu ve erken hata yükseltilmesine neden olabilir. Kaldırılmış baskı tercih edilir, böylece daha nesnel aşındırıcı olur. Yüzey ön işleme uygulanabilir fakat kullanışlı değildir.

4.7.2.BİRLEŞTİRME

Çoğu iş plastik boruların birleştirilmesi için tekniklerde yapılır. Birleştirilmeler genellikle kaynakla ve fittingslerle yapılır. Çoğu basit metodlardır, bütün plastik borularda büyük avantajları vardır ve yaklaşık boru ağırlığının %10-15'ini içerirler. Çoğu enjeksiyon kalıplarında üretilirler, böylece bazıları kısa ekstrüde edilmiş uzunluktan yapılırlar.

5. YENİDEN GRANÜLASYONUN EKONOMİK OLARAK İNCELENMESİ

Yeniden granülasyon imalatı ve plastiklerin proseslendirilmesinde, ekonomik olarak meydana gelen çalışmalarda kullanılmayacak olan harcanmış mamüllerin değerlendirilmesidir. Her ne kadar bu yapılabilse de, ilave katkılı veya direkt proseslendirme için granül teşkili gibi bunların üretimi ve pazarlanması farklı üretimleri satın almak ve tasnif etmek diğerleri için uygun olabilir. Böylece Batı Almanya'da ekonomik nedenlerden dolayı 1950'li yıllarda ilk yeniden granülasyon üretim alanları kuruldu. Makina imalatçıları'nın yardımıyla yeniden granülasyon oluşum kapasitesi ilerleyen yıllarda sürekli bir artış gösterdi. Şimdi Almanya'da 55 yeniden granül oluşum alanları ile bir prosesin kapasitesi yaklaşık yılda 160.000 ton harcanmış plastiği içerir. Bunun yaklaşık yarısı olan 80.000 tonunu poliolefinler, PE ve PP oluşturur.

Kullanılmamış ve basılmamış poliolefin üretim harcaması proseslendirilmesi bağıntılı olarak basittir ve zamanla kendi kendilerine imalat sahasında yer almak için artan bir sarpmaya sahiptir. Bu uygun harcanmış poliolefin üretim miktarında bir azalmaya öncülük eder. Aynı zamanda İtalyan ve Yunanlı müşterilerden dolayı rekabet artmıştır. Sonuçta kullanılmamış PE fiyatlarındaki artış harcamada zorunlu olarak bir çok yeniden granülasyon alanlarını satın alma ve yeniden değerlendirilen PE'in paketleme, paketleme çuvalları, şişe sandıkları ve çöp kutularında kullanıldığı gibi düşünülmesini sağlamıştır. Şimdi yeniden değerlendirilen PE'in kullanımında yılda yaklaşık 50.000 ton yardımı vardır. Böylece 55 yeniden granülasyon alanı Almanya'da yeniden granülasyonda yaklaşık 110.000 ton kullanılmamış plastik üretimi ve yaklaşık 50.000 ton kullanılmış PE harcanır.

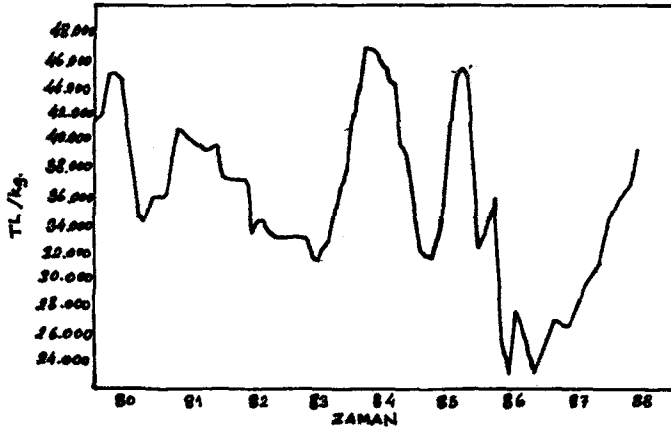
Yeniden granüle edilmiş malzemenin başlıca alıcıları levha imalatçıları, boru imalatçıları, enjeksiyon kalıp alanlarıdır. Yeniden granüle edilen malzemeler bazen diğer malzemelerle karıştırılırlar fakat daha sık katışıksız halleri ile bitmiş parçayı oluşturmak için yeniden proseslendirilirler. Yeniden granüle edilmiş malzemelerin proseslendirilme özellikleri standart yeni malzemelerden daha geniş değişikliklere sahiptir. Yeniden granülasyonda eğer sadece imalatçı bu olay için ödenek ayırabiliyorsa ve eğer fiyat/kalite oranı kendi avantajına geliyorsa kullanılır. Böylece örnek olarak uygun bir uzun periyodun üstünde doğal renklendirilmiş yeniden granüle edilmiş PE'in kullanılmak için yeteri derecede özendirici olarak tedarik etmek için standart yeni malzemenin 5000 TL/kg. daha ucuz olması gerekir. Bundan başka rekabet içindeki yeniden granülasyon sağlayanlar yeni malzemenin fiyatına bağlı olarak renklendirilmiş veya siyah yeniden granüle edilmiş malzemenin 20000 TL/kg.'dan daha fazlasının standart yeni malzemenin daha az önerildiği satışlarda gösterilmişlerdir.

Öte yandan yeniden granüle edilmiş malzemenin kalitesinde gerekli tutarlılığa ulaşma hızı artmaktadır. Yüksek yatı-

rım alanları gibi plastik proses alanlarında aktiflerini mümkün oldukça en iyi şekilde değerlendirmek için çalışmaktadır. Bu sonuçlarla üretimde deneyler ile tabakalar azaltılır. Böylece hayalet tabakalar olarak adlandırılan tabakalar inceleme altındadır. Bütün bu çabalar kullanılan granülün özelliklerin de otomatik olarak öncü rasyonelleştirme artışı gerekli tutarlılığı sağlamaktadır. Bu şu anlama gelebilmektedir ki; uzun dönemde yeniden granüle edilmiş malzeme ile standart yeni malzeme arasındaki fark 5000 TL/kg.'ı aşmalıdır, eğer yeteri derecede cazip olursa.

Şekil 5.1'de standart LDPE levhanın 1980-1986 arasındaki fiyat analizi gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi LDPE fiyatları 1980-1985 arasında hiç bir zaman 31000 TL/kg.'ın altına düşmemiştir. Mayıs 1986'da ilk defa 23000 TL/kg.'lık bir fiyat ile karşılaşırız. Bundan başka 1980'den 1983'e kadar fiyat 12 aylık bir periyot içinde 11000 TL/kg.'dan daha fazla değişmemiştir. 1984'de taban ve tavan fiyatları arasındaki fark 17000 TL/kg iken 1985-1986'da 22000 TL/kg.'a kadar artmıştır.

Bu geniş fiyat farkları 1986 mayısındaki düşük fiyat seviyesi ile birleştirilmesi yeniden granülasyon alanları aşırı bir kritik durumda yerleştirilir. Bu aralar bazı sorular sorulmaktadır, eğer yeni malzemenin fiyatı sürekli düşmeye devam ederse yeniden granülasyonu ne kadar uzun bir sürede elverişli halde tutabiliriz.



Şekil 5.1 1980-1987 arasındaki LDPE fiyat analizi

Bu soruyu cevaplamak için, ilk olarak üretim harcamasını ve konsantre edilmiş yeniden granülasyon fiyatlarını göz önünde bulundurmamalıyız. Bunlar proses metoduna bağlıdır. Tablo 5.1 kullanılmamış temiz üretim harcamalarının kuru prosesleri ile kirletilmiş, kullanılmış, harcanan ilk yıkanmış prosesler arasındaki farklılıklarını gösterir. Tablo 1 doğan üretim harcaması temizlik prosesi için 13000 TL/kg. ve kirle-

tilmiş harcanmış, yıkanmış prosesi içeren proses için 15000 TL/kg. olan fiyatları gösterir.

Ana farklı durumlar yıkama prosesinden sonra kurutma için daha yüksek enerji fiyatlarında ve daha yüksek aşınma ve yararlılıkta bulunur. Bir sonuç olarak aynı satış fiyatları için, kirlenmiş harcama aynı sonucu elde etmek için 2000 TL/kg. daha ucuza satılmalıdır. Uygulamada bu şunu gösterir ki rekabet durumunun hata nedeni, farklılık önemli derecede daha büyük olduğu zaman yeni malzeme fiyatı yüksek olur. Diğer taraftan yeni malzeme fiyatı yüksek olduğundan üretim harcamalarından doğal renklendirilmiş, yeniden granüle edilmiş, malzeme satış fiyatıda yüksek olur. Ortalama olarak sonuçta iki prostedede meydana getirilenler aşağı yukarı eşittir.

Yeniden soruya dönersek yeniden granülasyonun faydalı olmak için durmasından önce yeni malzeme fiyatı ne kadar uzağa gömülmüştür? Bu bulunduğumuz noktadaki görünüşünde az çok görünerek izleyen cümlelerde açıklanabilir. Teknolojik araştırmaları ve aşınması kapsarken uzun dönemde başarılı operasyonlar uman bir alan kirlenmiş harcama proses fiyatlarını kapsamak için 15000 TL/kg. elde edilmelidir. Yeniden granülasyon en az 5000 TL/kg. standart yeni malzemeden daha az fiyatla satıldığından beri yeni fiyatlar 18000 TL/kg. veya 20000 TL/kg.'ın altına düşmemelidir. Bu sanılandır, ve her nasılsa uygun harcanmış malzeme hiç bir şey için tedarik edilmez.

	Yıkanmamış	Yıkanmış
Operasyon fiyatları	4600 TL/kg.	6000 TL/kg.
İşçilik	4800 TL/kg.	4800 TL/kg.
Aşınma	1800 TL/kg.	2200 TL/kg.
Diğer fiyatlar	1800 TL/kg.	2000 TL/kg.

Kirlenmiş plastik malzeme miktarının toplama, ayıklama, sıkıştırma ve taşıma fiyatları en az 3000 TL/kg. dır. Bunun sonucu olarak yeniden granülasyon alanları normal olarak geniş balyalarda sıkıştırılmış 3000 TL/kg.'dan daha az fiyatta hiç bir zaman normal olarak kirlenmiş harcama elde edilemeyecektir. Üretim harcaması sık sık bazı işçilere ihtiyaç duyan küçük preslerde sıkıştırılmaktadır. Atık miktarının ayıklama sıkıştırma ve taşıma fiyatları yaklaşık 5000 TL/kg.dır. Doğal renklendirilmiş üretim atığı bu fiyatın altında elde edilemez Böylece fikrimizde yeni standart malzeme için daha düşük limit zaman içinde 23000 TL/kg.'dan daha düşük olmalıdır. Eğer standart yeni malzemenin fiyatı uzun bir süre için 23000 TL/kg.'ın altına düşerse, bağımsız yeniden granülasyon ekonomik olmamaya başlar. Mayıs 1986'da bu seviye kısaca geçildi ve bazı yeniden granülasyon alanlarında sıkıntının en belir-

gin işaretlerini yarattı.

Sonuç olarak söylenebilirki son yıllardaki plastik üretim kapasitesi artışındaki hata sebebi, dolar ve petrol fiyatları durumu için döviz oranındaki ilerleme kadar, standart plastik malzeme fiyatları gelecekte önemli ölçüde değişecektir. Yeniden granülasyon alanları Mayıs 1986'daki düşük fiyat seviyesinin yeniden dönüş için bir dezavantaj olacağını ve bu avantajın diğer manasının atıkların boşalması veya faydalanmama olduğu söylenmiştir.

(Döviz kuru 1 DM=20000 TL. olarak alınmıştır.)



6.DENEYSEL ÇALIŞMA

Ekstrüzyon yöntemiyle imal edilmiş polipropilen boruların inşaat şartlarında yedi ay kullanıldıktan sonra, regranüle edilerek (kıрма işlemi) ilk imal edildiği ekstrüderde tekrar aynı ölçülerde boru olarak imal edildikten sonra kullanılmamış orjinal borularla mekanik açıdan mukayese etmek amacıyla çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir.

6.1.DENEY MALZEMESİ

Deney malzemesi olarak TS 5611'e uygun yüksek molekül ağırlığında seçilmiş olan Alman Neste firması ürünü PP Random Copolimer, Vestolen P 9421 kullanılmıştır.

6.2.BORULARIN İMALİNDE KULLANILAN EKSTRÜDER

Hem orjinal hem de kullanılmış boruların ekstrüde edildiği ekstrüderlerin teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Max. verimde ekstrüder kapasitesi:	80-90 kg./h
Ekstrüderin güç tüketimi	: 80 kW.
Max. vida hızı	: 20 d/d.
Ekstrüzyon sıcaklığı	: 170-210 °C
Max. matris basıncı	: 200 bar
Vida çapı ve uzunluğu	: 90-2700 mm.
Sıkıştırma oranı L/D	: 30
Vida tipi	: Sürüş kafalı vida
Karıştırma türü	: Dispersif karıştırma
Ekstrüderde kalibrasyon türü	: Ölçüm tabakaları met.

6.3.DENEY PARÇALARI

6.3.1.DARBE MUKAVEMETİ DENEYİ

Deney parçaları Tablo 6.1'de verilen değerler esas alınarak hazırlanmıştır. Boru dış çapı 25 mm.'den küçük olduğu için boru uzunluğu 100±2 mm., destek blokları arası mesafe 70±0.5 mm olarak alınmıştır. (TS 9937)

Tablo 6.1.Darbe Mukavemeti Deney parçalarının Boyutları ve Boru kısımları

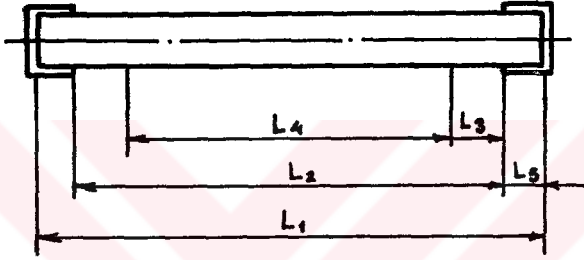
Deney parçası şekli	Boru		Deney Parçası			Destek blokları arasındaki mesafe (mm.)
	Dış çap D (mm.)	Et kalınlığı t (mm.)	Uzunluk (mm.)	Genişlik b (mm.)	Yükseklik (mm.)	
1	<25	= t	Boru kısmı (100±2)mm uzunluk			70±0.5
2	>25	<4.2	50±1	6±0.2	t	40±0.5
3	>25	>4.2	120±2	15±0.5	max.10.5	70±0.5

6.3.2.iÇ BASINÇ KREP DENEYİ

Deney parçaları borunun uç kısımlarından alınmıştır ve L_1 uzunluğu aşağıdaki bağıntıya uymaktadır.(Şekil 5.1)

$$D < 250 \text{ mm. için; } L_1 = 3d + 2L_5 + 250 \text{ mm.} \quad (5.1)$$

$$D > 250 \text{ mm. için; } L_1 = 1000 \text{ mm.} + 2L_5 \quad (5.2)$$



Şekil 6.1 Deney parçası boyutları

Burada;

D = Boru dış çapı, mm;

L_1 =Deney parçasının uzunluğu, mm;

L_2 =Deney parçasının deneye tabi tutulan kısmının uzunluğu,mm;

L_3 =Boru ucundaki bağlantı parçasının değiştirdiği uzunluk,mm;

$$D < 250 \text{ mm. için; } L_3 = D \quad (5.3)$$

$$D > 250 \text{ mm. için; } L_3 = 250 \text{ mm.} \quad (5.4)$$

L_4 =Deney için değerlendirilen uzunluk, mm; $L_4 = L_2 + 2L_3$ (5.5)

L_5 =Uçtaki sızdırmazlığı sağlayan bağlantılara ait uzunluk,mm;

$D = 20 \text{ mm.}$ ($D < 250 \text{ mm.}$ olduğu için 5.1 nolu formüle göre L_1)

$$L_1 = 3d + 2L_5 + 250 \text{ mm.} = 20 \cdot 3 + 2 \cdot 30 + 250 = 370 \text{ mm.}$$

$$L_2 = L_1 - 2L_3 = 370 - 2 \cdot 30 = 310 \text{ mm.}$$

$L_3 = D = 20 \text{ mm.}$ ($D < 250 \text{ mm.}$ olduğu için 5.3 nolu formüle göre)

$$L_4 = L_2 - 2L_3 = 310 - 2 \cdot 20 = 270 \text{ mm.}$$

$$L_5 = 30 \text{ mm.}$$

Borunun L_4 uzunluğu boyunca, boru et kalınlığı (t) 8 ayrı noktada ve boru dış çapı (D), 3 ayrı noktada boru çevresinde 0,1 mm. doğrulukla ölçülmesiyle bulunur ve buradan en küçük et kalınlığı (t_{\min}) ve ortalama dış çap d tayin edilir (TS 9937).

6.3.3.SERTLİK DENEYİ

D Tipi shore durometre metodu ile batma sertlik değeri tayininde en az 3 mm. kalınlığında boru cidarı olmalıdır. Deney parçası gerekli kalınlığın elde edilememesi halinde daha ince tabakaların üst üste konmasıyla hazırlanabilir. Böyle bir deney parçasıyla yapılan tayinler, tek parçadan meydana gelen deney parçasıyla tayinlerle, parça yüzeyleri arasında tam bir temas sağlanamaması nedeniyle farklı sonuç verebilir.

Deney parçasının boyutları kenarlardan en az 12 mm. iç-riden ölçme yapılabilecek şekilde olmalıdır. Deney parçası, baskı ayağının batıcı ucun etrafında en az 6 mm. çapında bir alana her noktasında değmesini sağlayacak düzgünlükte olmalıdır. Yüzeyi iyi işlenmemiş, düzgün olmayan deney parçaları ile iyi sonuç alınmaz. (TS 1181)

6.3.4.SICAKLIKLA BOYDA DEĞİŞME DENEYİ

100±5 mm. boyundaki orjinal ve kullanılmış, regranüle edilmiş borulardan uçları, boru eksenine dik olarak kesilmiş, iç ve dış yüzeyleri düzgün, yüzeylerinde keskin köşeli oyuklar bulunmayan 5'er adet parça hazırlanır. (TS 9937,6692)

6.3.5.BORU DIŞ ÇAP VE ET KALINLIĞI DEĞİŞİMLERİ DENEYİ

Deney parçaları orjinal ve kullanılmış, regranüle edilmiş borulardan uçları, boru eksenine dik olarak kesilmiş, iç ve dış yüzeyleri düzgün, yüzeylerinde keskin köşeli oyuklar ve çökme izleri bulunmaması istenir. (TS 9937,5446)

6.3.6.RENK VE KOKU DENEYİ

Deney parçalarından istenen özellikler, iç ve dış yüzeyleri düzgün deforme olmamış olması gerekir.

6.4.DENEY ŞARTLARI

6.4.1.DARBE MUKAVEMETİ DENEYİ

Borular madde 6.5.1.'e göre denendiğinde deney parçalarının üzerindeki toplam kusur %10'u geçmemelidir. Deney sıcaklığı 23±2°C 'dir.

6.4.2.iÇ BASINÇ KREP DENEYİ

Borular madde 6.5.2.'ye göre denendiğinde ve Tablo 6.2.'de verilen (Tip 1 PP borular) deney gerilmesi uygulandığında borunun dayandığı max. iç basınç ölçülür.

Tablo 6.2. İç basınç Krep deneyinde uygulanan deney gerilmesi

Deney sıcaklığı T °C	Temas ortamı	Tip 1 PP Borular		Tip 2 PP Borular	
		Gerilme kuvveti Gö N/mm ²	Gerilme kuvveti süresi t dakika	Gerilme kuvveti Gö N/mm ²	Gerilme Süresi t dakika
20	Hava veya su	21	1	16	1

6.4.3.SERTLİK DENEYİ

Bu metodla, maddeye batırılan belirli bir ucun batma miktarı ölçülür. Sertlik batma miktarıyla ters orantılıdır ve maddenin esneklik modülü ile viskoelastik özelliklerine bağlıdır. Batıcı ucun şekli ve uygulanan kuvvet elde edilen sonuçları etkiler.

6.4.4.SICAKLIKTA BOYDA DEĞİŞME DENEYİ

Borular madde 6.5.4.'e göre denendiğinde uzunluğunun ortalama bağıl değişmesi %2'den fazla olmamalıdır.

6.4.5.BORU DIŞ ÇAPI VE ET KALINLIĞINDAKİ DEĞİŞMELER

Boruların kumpas ile ölçümünde boyutların istenilen tolerans değerlerini aşmaması gerekir.

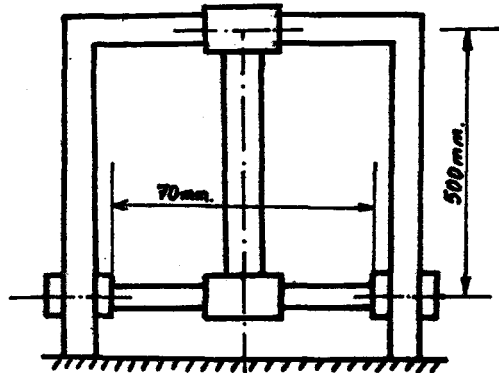
6.4.6.RENK VE KOKU DENEYİ

Boruların madde 6.5.6.'ya göre renk ve koku vermemesi istenir.

6.5.DENEY DONATIMLARI VE DENEYLERİN YAPILIŞI

6.5.1.DARBE MUKAVEMETİ DENEYİ

DENEY DONATIMLARI; Deney parçaları ve sarkaçtır.

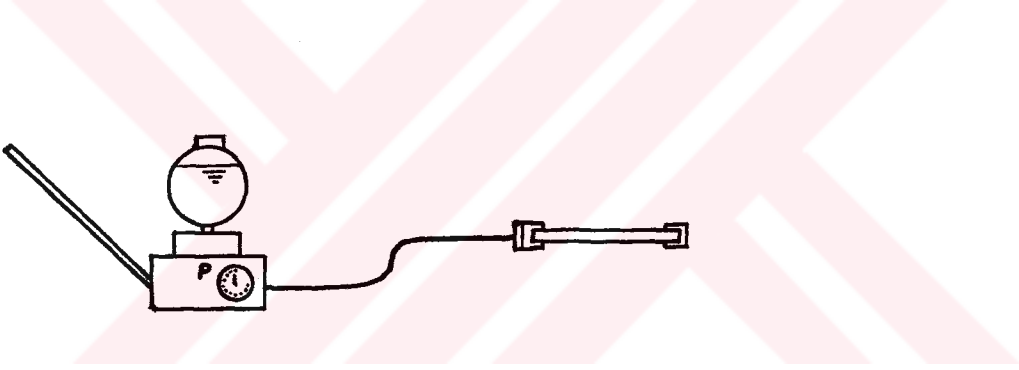


Şekil 6.2 Sarkaç cihazı prensip şeması

iŞLEM: Darbe dayanımı TS 8967'ye uygun olarak orjinal ve kullanılmış, regranüle edilmiş 5'er adet deney parçası üzerinde tayin edilir. Sarkaç, deney parçalarının dış yüzeylerine serbest düşüm yoluyla bırakılır. Deney parçalarında bozulma oluncaya kadar deney yapılır. Bu durumda orjinal ve kullanılmış, regranüle edilmiş boru üzerindeki hasar miktarı gözle ölçülür.

6.5.2.İÇ BASINÇ KREP DENEYİ

DENEY DONATIMLARI; Deney Parçaları, Hidrolik yağ ile çalışan manuel pompa.



Şekil 6.3 Hidrolik yağ ile kullanılan manuel pompa

iŞLEM: Borunun her iki ucuna da sızdırmazlık sağlayan parçalar eklendikten sonra, deney süresince boru, eksenine boyunca serbestçe hareket etmelidir. Boru Tablo 6.2'de verilen deney sıcaklığındaki su ile ve bir ucundaki sızdırmazlık elemanı aralığında doldurulur. Borunun iç basıncı 60 saniye içerisinde yavaş yavaş deney gerilmesine kadar yükseltilir. Boruların max. iç basınç değerleri ve patlama noktası basınç değerleri manometre üzerinden okunur. Orjinal ve kullanılmış, regranüle edilmiş boruların basınç değerleri max. deney basıncı ($P_{e,p}$) ve kendi aralarında mukayese edilir.

Max. deney basıncı ($P_{e,p}$) aşağıdaki formülle hesaplanır

$$P_{e,p} = \frac{2 * t_{min} * \sigma_0}{d - t_{min}}$$

Burada;

$D = L_4$ boyu üzerindeki ortalama dış çap, mm;
 $t_{min} = L_4$ boyu üzerindeki en küçük et kalınlığı, mm;
 $G_o = \text{Çizelge-4'e göre deney gerilmesi};$

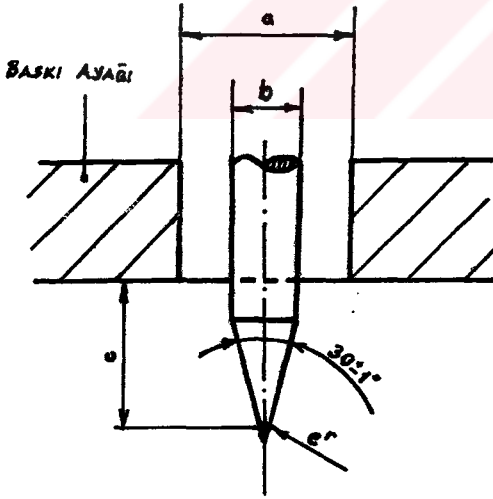
$D = 20$ mm.
 $t_{min} = 3,54$ mm.
 $G_o = 21$ N/mm².

Buna göre Max. deney basıncı

$$P_{e,p} = \frac{2 * 3,54 * 21}{20 - 3,54} = 9.03 \text{ N/mm}^2.$$

6.5.3.SERTLİK DENEYİ

DENEY DONATIMLARI; shore D Tipi Durometre kullanılır.



a	3±05
b	125±015
c	25±004
d	0.79±003
e'	01±0012

Şekil 6.4 shore D Tipi durometre için batıcı uç

İŞLEM: Deney parçası, düz, yatay ve sert bir yüzeye yerleştirilir. Durometre dik durumda ve batıcı uç deney parçası kenarından en az 12 mm. içeride olacak şekilde tutulur. Baskı ayağı deney parçasının yüzeyine paralelliği korunarak darbesiz, mümkün olduğu kadar hızlı şekilde uygulanır. Baskı ayağı deney parçasına tamamen değmesini sağlayacak kadar bir basınç uygulanır. 15±1 saniye sonunda gösterge okunur. Sertlik

değeri ölçümleri, en az 6 mm. aralıkla deney parçasının 5 ayrı yerinde yapılır ve aritmetik ortalaması alınır.

6.5.4.SICAKLIKTA BOYDAKİ DEĞİŞME

DENEY DONATIMLARI: Deney parçaları, Etüv, 1/100 hassasiyetinde dijital kumpas.

İŞLEM: 150±2 °C sıcaklığında 1 saat süreyle etüvde ısıtılan boruların ısıtma işlemi önceki ve ısıtma işlemi sonrası boyları kumpas ile okunarak mukayese edilir.

6.5.5.BORU DIŞ ÇAPI VE ET KALINLIĞINDAKİ DEĞİŞMELER

DENEY DONATIMLARI: Deney parçası, 1/100 hassasiyetinde dijital kumpas.

İŞLEM: Orjinal ve kullanılmış, regranüle edilmiş boruların üzerinde, ikişer numune üzerinde 5 ayrı bölgeden ölçü alınır.

6.5.6.RENK VE KOKU DENEYİ

DENEY DONATIMLARI: Deney parçası, Etüv, Beher

İŞLEM: Numuneler damıtık suda 10 saat kaynamay tabii tutulur ve deney sonunda boruların koku ve renk değişimine uğrayıp uğramadıkları tespit edilir.

6.6.DENEY SONUÇLARI

6.6.1.DARBE MUKAVEMETİ DENEYİ

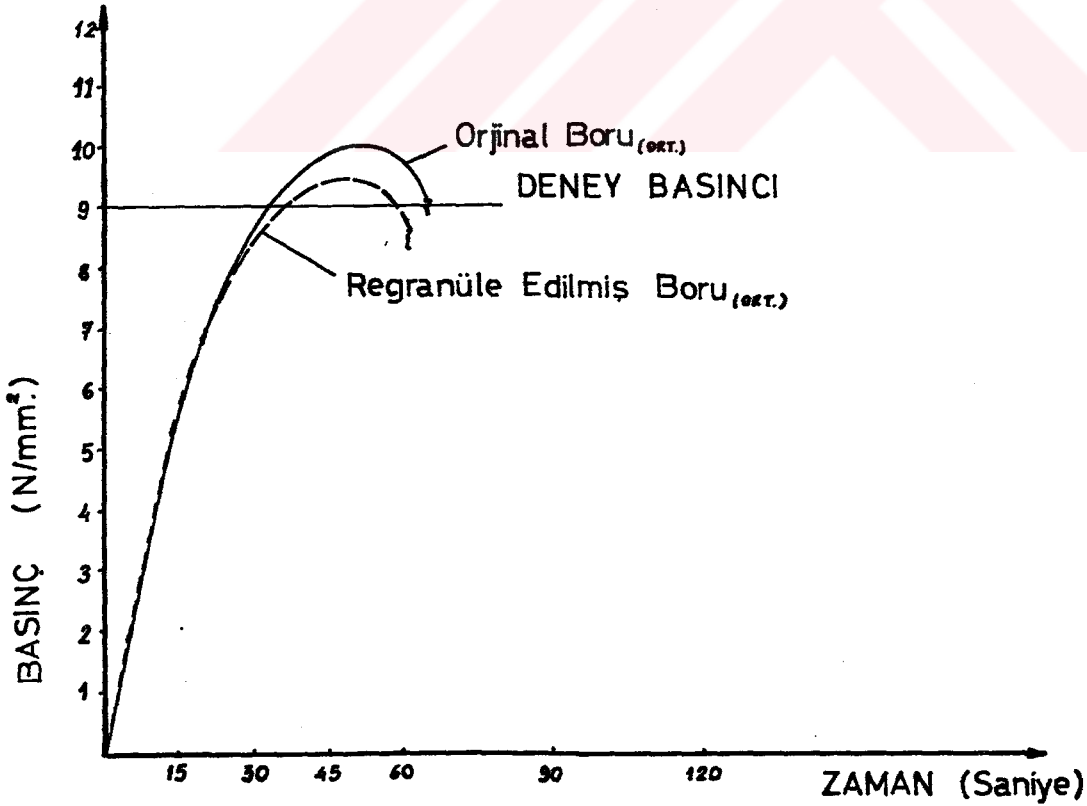
Borular 6.5.1.'e göre denendiğinde orjinal ve kullanılmış, regranüle edilmiş borular üzerinde aynı deformasyon gözlenmiştir. Gözlenen bu deformasyon boruların kullanılması için bir mahsur teşkil etmemektedir.

6.6.2.iÇ BASINÇ KREP DENEYİ

Boru 6.5.2.'ye göre denendiğinde Tablo 6.3'de verilen değerler elde edilmiştir.

Deney Parçası No	Max. Basınç değeri (N/mm ²)	
	Orjinal boru	Kullanılmış boru
1	11	9.5
2	12	10
3	12	10
4	11.5	10.5

Buna göre grafik 6.1.'deki karşılaştırmalı iç basınç deneyi sonuçlarını görmemiz mümkün olmaktadır. Görüldüğü üzere boru patlama basıncı hem orjinal boruda, hem de kullanılmış, regranüle edilmiş boruda max. deney basıncının üzerinde çıkmıştır. Orjinal boru ve kullanılmış, regranüle edilmiş boru arasında ortalama 1,625 N/mm².lik bir fark vardır. Fakat bu farka rağmen iki borunun da iç basınç dayanım değerleri standartta belirtilen koşulları sağlamaktadır. Patlama noktası değerlerinin birbirine yakın olmasına rağmen boru üzerindeki deliklerin yapısı farklılık göstermektedir. Orjinal boru üzerindeki delikler daha büyük ve boru boyuna uzun bir yarık şeklinde meydana gelmektedir, kullanılmış, regranüle edilmiş borularda ise daha küçük ve yuvarlağa yakın bir şekilde meydana gelmektedir. Bu orjinal boruların moleküler bağlarının daha kuvvetli olduğu kanısına bizi ulaştırmaktadır. Boru üzerinde deliğin yeri ise her iki boruda hemen hemen aynı yerlerde meydana gelmiştir.



Grafik 6.1 İç basınç Krep Deneyi Sonucu Basınç eğrileri

6.6.3.SERTLİK DENEYİ

Borular 5.5.3.'e göre denendiğinde Tablo 6.4.'deki değerler elde edilmiştir.

Deney Parçası	Orjinal Boru	Kullanılmış Boru
	62 shore D	57 shore D

Görüldüğü üzere kullanılmış boru sertlik değeri orjinal boru sertlik değerinden daha yüksektir.

6.6.4.SICAKLIKTA BOYDAKİ DEĞİŞME DENEYİ

Borular 5.5.4.'e göre denendiğinde Tablo 6.5.'deki değerler elde edilmiştir.

Tablo 6.5 Sıcaklıkla Boyda Değişme miktarları ve değişim oranları

Deney Parçası No	Oda sıcaklığında boy (mm.)		150 C'da ısıtıldıktan sonraki boy (mm.)		Sıcaklıkla Boydaki Değişme Oranı	
	Orjinal Boru	Kullanılmış Boru	Orjinal Boru	Kullanılmış Boru	Orjinal Boru	Kullanılmış Boru
1	101.94	103.45	102.16	104.23	0.002158132	0.007539874
2	98.69	100.11	99.21	102.7	0.005269024	0.025871541
3	100.87	98.65	101.77	99.07	0.008922375	0.004257476
4	99.96	99.35	100.74	99.93	0.007803121	0.005837947
5	104.58	100.04	105.94	100.4	0.013004399	0.003598561

6.6.5.BORU DIŞ ÇAPI VE ET KALINLIĞI DEĞİŞİMLERİ

Borular 5.5.5.'e göre ölçüldüğünde Tablo 6.6.'daki değerler elde edilmiştir.

Deney Parçası No	Boru dış çapı ölçümleri		Boru cidar kalınlığı ölçümleri	
	Orjinal Boru	Kullanılmış Boru	Orjinal Boru	Kullanılmış Boru
1	20.21	20.3	3.62	3.65
2	20.26	20.43	3.59	3.65
3	20.28	20.36	3.55	3.52
4	20.29	20.33	3.62	3.54
5	20.24	20.39	3.61	3.67
6	20.28	20.2	3.73	3.57
7	20.19	20.5	3.54	3.65
8	20.26	20.33	3.59	3.56
9	20.26	20.36	3.72	3.59
10	20.24	20.28	3.66	3.61

6.6.6.RENK VE KOKU DENEYİ

Boruların 6.5.6.'ya göre damıtık suda 10 saat kaynamaya tabii tutulması sonunda boruların koku vermediği ve renk değişimine uğramadığı tespit edilmiştir.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde kullanımı hızla artan Polipropilen tesisat borularının malzemesi, imali, uygulaması ve geri dönüşü üzerine teorik ve deneysel olarak yaptığım bu çalışmanın sonuçlarını şöyle sıralayabiliriz;

1-Polipropilen boruların imalinde az sayıda makina ve donatım kullanıldığından imalat daha kolay ve daha hızlı olmaktadır.

2-Polipropilen borularda koruyucu kaplamaya ihtiyaç olmadığından kaplama donatımlarına da ihtiyaç yoktur.

3-Uygulamadaki yanlışlıklarda dikkate alındığında polipropilen boruların ömrü metal borulardan daha uzun olmaktadır.

4-Kaynağın ve kesilmenin kolaylığından dolayı uygulamada işçilik maliyeti daha düşüktür.

5-Orjinal boru ile kullanılmış regranüle edilmiş boruların darbe dayanımı yönünden hiç bir fark görülmemiştir.

6-iç basınç deneyi sonucunda elde edilen fark (1.625 N/mm².) standartlarda belirtilen %10'un altında kalmıştır.

7-Kullanılmış borunun sertliği orjinal borunun sertliğinden 5 shore D daha yüksektir. Ancak sınırlar içinde kalmıştır.

8-Sıcakta boydaki değişme orjinal boru ile kullanılmış regranüle boru arasında yaklaşık aynıdır ve standartta belirtilen sınırın çok altındadır.

9-Kullanılmış boruların kaynatılması sonucunda boruların koku vermediği ve renginin değişmediği görülmüştür.

Yukarıdaki sonuçlara göre Polipropilen tesisat borularının kullanıldıktan sonra regranüle edilerek tekrar boru haline getirilebilmekte ve özellikleri standartlarda belirtilen sınırlar içerisinde kaldığından geri dönüşü mümkün olmaktadır

KAYNAKLAR

- 1 GRIFF, Alan L.; PLASTIC EXTRUSION TECHNOLOGY; Edison Technical Services Inc., Union Carbide Plastics Company; Reinhold Publishing Corporation; Newyork; 1962.
- 2 FISHER, E.G., WHITFIELD, E.C.; EXTRUSION OF PLASTICS; The Plastic and Rubber Institue; Newnes-Butterworths; London; 1976.
- 3 CHASIS, David A.; PLASTIC PIPING SYSTEMS; Plastic Piping Systems Inc.; Industrial Press Inc.; 1976
- 4 FRANK, H.P.; POLYPROPYLENE; Polytechnic Institue of Brooklyn; Gordon & Breach Sience Publishers; Newyork, London, Paris; 1968.
- 5 HARPER, Charles A.; FUNDEMENTALS OF PLASTICS AND ELASTOMERS; Westinghouse Electric Corporation; Baltimore, Maryland; 1976
- 6 BRYDSON, J.A.; PLASTIC MATERIALS; National College of Rubber Tech.; Newnes-Butter worths group; London; 1975.
- 7 PAUL, D.R., NEWMAN, Seymour; POLYMER BLENDS (VOLUME 2); The University of Texas Department of Chemical Engineering; Academic Press; Austin Texas; 1978.
- 8 HEGBERG, B.A., HALLENBECK, W.H., BRENNIMAN, G.R.; PLASTIC RECYCLING RATES; Resource, Conservation and Recycling; v 9 n 1-2 Aug. 1993 p:89-107, Univ. of Illinois Cent for Solid Waste Management and Research; Chicago, Illinois, U.S.A.; 1993.
- 9 DIECKMAN, Dale; POST-STABILIZING RECYCLED PP DURING PROCESSING, Plastic Engineering; v 47 n 9 Sep. 1991 p:38-41 American Ingredients Co.; Kansas City, MO, U.S.A.; 1991
- 10 ARMSEN, Roetger; ECONOMIC SITUATION OF REGRANULATION PLANTS; Resources, Conservation and Recycling; v 2 n 1 Dec. 1988 p:13-16; Plasticwerk Nordwalde GmbH; Nordwalde West Germany; 1988.
- 11 VAR, Hasan Okan; PLASTİKLERİN EKSTRÜZYON YÖNTEMİ İLE ŞEKİLLENDİRİLMESİNİN İNCELENMESİ; Proje III; Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Makina Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı; 1994.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: H. Bora İZMİRLİOĞLU

Doğum Tarihi: 6 Nisan 1971

Doğum Yeri : Bakırköy

ÖĞRENİM DURUMU

İLKOKUL: Beşiktaş Şair Nedim İlkokulu (1977-1982)

ORTAOKUL: Beşiktaş Atatürk Lisesi (1982-1985)

LİSE : Beşiktaş Atatürk Lisesi (1985-1988)

ÜNİVERSİTE: Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makina Bölümü (1988-1992)

ÜNİVERSİTE BİTİRME PROJESİ: 400 tonluk bir portal vincin
kaynak konstrüksiyonu ve maliyetinin hesaplanması

YABANCI DİL: İngilizce

HALEN ÜZERİNDE ÇALIŞTIĞIM KONU: Sosyoloji ve Teknoloji
arasındaki ilişki , Teknoloji Tarihi.