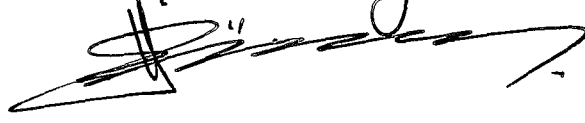


**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Doç. Dr. Hüseyin Sönmez


Prof. Dr. Nüseyyen MARSOĞLU
Doç. Dr. Olcay Kıncaç O. Kumru

**PLASTİK EKSTRÜZYONDA KALİBRASYON VE
SOĞUTMA OLAYLARININ İNCELENMESİ**

Mak. Müh. Berna ALPAN

95007

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hüseyin SÖNMEZ

İSTANBUL, 2000

İÇİNDEKİLER

Sayfa

Simge Listesi.....	iv
Şekil Listesi.....	v
ÇizelgeListesi.....	vii
Önsöz.....	viii
Özet.....	ix
Abstract.....	x
1. Giriş.....	1
1.1 Plastik Ekstrüzyon Yöntemleri.....	4
1.1.1 Piston ekstrüzyonu.....	4
1.1.2 Yaş ekstrüzyonu.....	4
1.1.3 Kuru ekstrüzyon.....	5
2. PLASTİK MALZEMELER.....	6
2.1 Plastik Malzemelerin Özellikleri.....	15
2.2 Polimerlerin Sınıflandırılması.....	17
2.2.1 Termoplastikler.....	18
2.2.2 Termosetler.....	19
2.3 Ekstrüzyon Malzemeleri.....	19
2.4 Ekstrüzyon Malzemelerine Katılan İlaveler Ve Karışımların Hazırlanması.....	20
2.4.1 Darbe mukavemeti Verici.....	21
2.4.2 Stabilizatör.....	21
2.4.3 Titanyum dioksit (TiO_2).....	21
2.4.4 Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$).....	22
2.4.5 Renklendiriciler.....	22
2.4.6 Kaydırıcılar.....	23
2.4.7 Akım.....	23
2.4.8 Yağlama.....	23
2.4.9 Denge.....	23

2.4.10	Granül veya parçacık formu ve boyutu.....	24
2.4.11	Nem miktarı.....	24
2.5	Karışımlara Uygulanan Testler.....	25
3.	EKSTRÜDERLER.....	26
3.1	Tek Vidalı Ekstrüderler.....	26
3.2	Tek Vidalı Ekstrüderlerde Vida Tasarımı.....	29
3.3	Tek Vidalı Ekstrüzyonda Vida Tipleri.....	31
3.4	Vida Genel Karakteristik Özellikleri.....	32
3.4.1	Besleme bölgesi.....	34
3.4.2	Sıkıştırma bölgesi.....	35
3.4.3	Ölçme bölgesi.....	36
3.4.4	Sürtüş kafası.....	40
3.4.5	Vida ekstrüzyonun temel prensipleri.....	40
3.4.5.1	Vidanın çapı ve boyu.....	41
3.4.5.2	Vidanın hatvesi ve taşıyıcı yüzey formu.....	41
3.4.5.3	Genel dizayn.....	41
3.4.5.4	Vidanın hızı.....	42
3.5	Çift Vidalı Ekstrüderler.....	42
3.5.1	Çift vidalı ekstrüderlerin genel özellikleri.....	42
3.5.2	Çift vidalı ekstrüderlerde akım analizi.....	44
3.5.3	Çift vidalı ekstrüderlerde verim.....	46
3.6	Tek ve çift vidalı ekstrüderlerin mukayesesi.....	47
3.7	Süzgeç Ve Darbe Plakası.....	48
3.8	Ekstrüder İçindeki Akışın Analizi.....	48
3.8.1	Sürüklenme akışı.....	48
3.8.2	Basınç akışı.....	50
3.8.3	Kaçak akış.....	51
3.8.4	Ekstrüderde hacimsal verim.....	54
3.8.5	Güç gereksinimi.....	54
3.8.6	Soğutma suyu kanal hesabı.....	55
3.8.7	Taşıma (konveksiyonla) ısı transferi.....	55

3.8.8	PVC pencere kapı sistem profilleri için soğutma kanalı hesabı.....	56
3.9	Matris Ve Matris Tasarımı.....	60
4.	KALİBRASYON İŞLEMİNİN AMAÇLARI.....	67
4.1	Kalibratörün Yapısı.....	68
4.2	Ekstrüzyon Kalibrasyon Sistemleri.....	68
4.3	Rijit Ve Yarı Rijit Boruların Kalibratörleri.....	70
4.3.1	İç kalibratörler.....	70
4.3.2	Dış kalibratörler.....	71
4.4	İç Ve Dış Kalibrasyonun Birlikte Uygulanması.....	76
4.5	Ufak Çaplı Boruların Kalibrasyonu.....	77
4.6	Profillerin Kalibrasyonu.....	78
4.7	Kalibrasyon İşleminde Karşılaşılan Sorunlar Ve Çözümleri.....	80
4.7.1	Kalibrasyon havuzlarındaki vakum düşüklüğü.....	81
4.7.2	Kalibrelerde profilin tam oturturulamaması.....	82
4.7.3	Kalibrasyon kalıplarında parça kalması.....	83
4.7.4	Kalibrasyon kısmı ile matrisin terazide olmaması.....	84
4.7.5	Su sıcaklığının artması.....	85
5.	SONUÇ.....	88
	KAYNAKLAR.....	89
	ÖZGEÇMİŞ.....	90

SİMGE LİSTESİ

A	Isı transfer alanı (m ²)
C _p	Sabit basınçta ısınma ısısı (kJ /kg °C)
d _{ort}	Ortalama çap (m)
F	Kuvvet (N)
L	Uzunluk (m)
m	kütle (kg)
N	Vida hızı (devir / dak)
P	Basınç kaybı (N / m ²)
T	Sıcaklık potansiyeli , Tork (° C) , (Nm)
ΔT _m	Ortalama logaritmik sıcaklık (°C)
V	Hız (m/s)
Q	Transfer edilen ısı (kJ / h)
λ	Çekme viskozitesi (N / m ²)
γ	Kayma hızı (Şekil değiştirme oranı) (1 / s)
η	Viskozite (Nsn / m ²)
τ	Kayma gerilmesi (N / m ²)
α	Taşımla ısı transfer katsayısı (kJ / m ² h ⁰ C)
φ	Vida helis açısı (°)

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Ekstrüzyon makinası.....3
Şekil 3.2	Tek vidalı ekstrüder.....27
Şekil 3.3	Vidalı bir ekstrüderin ana elemanları.....28
Şekil 3.4	Sıkıştırma vidası.....31
Şekil 3.5	Bariyer tipi vida.....32
Şekil 3.6	İçten ısıtılan vida tipi.....32
Şekil 3.7	Vida tasarım örnekleri.....33
Şekil 3.8	Vida tasarım örnekleri.....33
Şekil 3.9	Vida tasarım örnekleri.....33
Şekil 3.10	Ekstrüder karakteristik eğrileri.....36
Şekil 3.11	Max. basınç noktası ile basınç artışı.....37
Şekil 3.12	Daha uzun ölçme bölgesinin max. basınç üzerindeki etkisi38
Şekil 3.13	Kısa bir hal değiştirme bölgesi vidasında basınç gradyeni.....39
Şekil 3.14	Değişik çift vidalı ekstrüder tipleri.....43
Şekil 3.15	Çift vidalı ekstrüder konum tipleri.....43
Şekil 3.16	Aynı dönüşlü vidalarda malzeme akım hattı.....44
Şekil 3.17	Çift vidalı ekstrüder.....45
Şekil 3.18	Tek ve çift vidalı ekstrüderlerin verimi.....46
Şekil 3.19	Sürüklenme akışı ve basınç akışı.....49
Şekil 3.20	Vida detay1.....49
Şekil 3.21	Geliştirilmiş vida detay1.....51
Şekil 3.22	Ekstrüder ve kafa karakteristikleri.....53
Şekil 3.23	Su kanalı boyunca sıcaklık dağılımı.....57
Şekil 3.24	Köşe dönüş borusu.....58
Şekil 3.25	Kasa profili.....59
Şekil 3.26	Şematik matris kesitleri.....61
Şekil 3.27	Bir ekstrüzyon matrisinin parçalara ayrılmış hali örnekleri.....63
Şekil 3.28	Ekstrüzyon matrisi örnekleri.....64
Şekil 3.29	Ekstrüzyon matrisi örnekleri.....64
Şekil 3.30	Çekmeye göre düzenlenmiş matris tasarımı.....65
Şekil 3.31	Pencere profil matrisli ekstrüder.....65

Şekil 3.32	Profil matrisi.Matris içinde plastiğin katılaşması için elektrikli ısıtıcı var.....	66
Şekil 4.33	Kalibrasyon masası.....	67
Şekil 4.34	Kalibratör masası.....	69
Şekil 4.35	Ekstrüder , matris ve kalibratör.....	70
Şekil 4.36	İç kalibratör - kaymış matris.....	71
Şekil 4.37	Su ile soğutulan boru dış kalibratör.....	71
Şekil 4.38	Hareketli tıpalı dış kalibratörler - PVC boru matrisi.....	73
Şekil 4.39	Vakumlu kalibratörler ve bunun girişi.....	74
Şekil 4.40	Vakum kalibratörü makina örnekleri.....	75
Şekil 4.41	Vakum kalibratörü makina örnekleri	75
Şekil 4.42	Vakum tanklı kalibratör.....	76
Şekil 4.43	Kalibrasyonda boru üzerinde oluşan gerilmeler.....	76
Şekil 4.44	Ufak çaplı boruların kalibrasyonu.....	78
Şekil 4.45	Vakum kalibrasyonu (9 bloklu).....	79
Şekil 4.46	Oyuklu profiller için kombine kuru vakum kalibrasyon ve soğutucu vakum tankı sistemi.....	80
Şekil 4.47	İlk yol verme işlemi.....	82
Şekil 4.48	Eğik perdeli profilli kesit.....	87

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Plastiklerin mekanik özellikleri.....	8
Çizelge 2. 2 Plastiklerin elektriksel özellikleri.....	9
Çizelge 2. 3 Plastiklerin fiziksel özellikleri.....	10
Çizelge 2. 4 Plastiklerin diğer özellikleri.....	11
Çizelge 2. 5 Polimerlerin uygulama alanları.....	12
Çizelge 2. 6 Dünya polimer üretimi.....	13
Çizelge 2. 7 En yaygın kullanılan termoplastiklerin tipik kullanım alanları.....	14
Çizelge 2. 8 Metallerle plastik malzemelerin iç yapılarının karşılaştırılması.....	17
Çizelge 3. 9 Tek vidalı ekstrüderler için üretim hızları.....	29
Çizelge 3. 10 Çift ve tek vidalı ekstrüderlerin mukayesesi.....	47
Çizelge 3. 11 60'lık universal seri profil ve destek sacı birim metre ağırlıkları.....	58

TEŞEKKÜR

Çalışmamı sunarken benden hiçbir yardımı esirgemeyen ve her zaman destek olan Tez Danışmanım , değerli hocam Doç. Dr. Hüseyin SÖNMEZ 'e değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim .

Tezimde incelediğim soğutma ve ısı transferi konularında yardımcı ve destek olan , değerli hocam Doç. Dr. Olcay KINCAY ' a değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.



ÖZET

Günümüzde geniş bir uygulama alanı bulan plastik ekstrüzyonu , plastiklerin şekilendirilmesinde önemli avantajlar sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde kullanılan ekstrüderler , birçok işlemi birarada yapan ve işlemi , diğer işlemlere göre ekonomik kılan birer makinalardır. Bu nedenle , çalışmada ekstrüzyon yöntemi , ekstrüderler ve hatları , özellikle kalibrasyon üzerinde durulmuştur.

Ekstrüzyon işlemi , plastik bir malzemenin akıcı bir hale getirilerek belirli bir şekil vermek amacıyla şekilli bir kalıptan (matristen) basınç yardımıyla geçirilmesi işlemidir. Çalışmanın birinci ve üçüncü bölümünde plastik ekstrüzyon esası ve ekstrüderler incelenmiştir. Vida çeşitleri ve dizaynları ve ekstrüder kafaları üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde plastik malzemeler , ekstrüzyon malzemeleri ve ekstrüzyonda malzeme akışı işlenmiştir.

Plastik ekstrüzyonda elde edilen mamül veya yarı mamüllerin şekil , boyut ve yüzey kalitesini sağlayan ve soğutulmasında etkin rol oynayan kalibrasyon dördüncü bölümde etraflıca işlenmiştir. Ayrıca soğutma ve kalibrasyonda karşılaşılan sorunlar üzerinde durulmuştur.

Son bölümde , ekstrüzyon işlemi ve kalibrasyonlar tartışılarak sonuca ulaşılmıştır.

ABSTRACT

The extrusion process ; which offers the advantages of a completely versatile processing technique to shape plastics materials . The extruders provided the most economic way, comparing the other the techniques in processing plastics.

The extrusion process is to make the plastics material flowable and to press it through die. This is way, it is chosen as a working subject extrusion , extruders and extruder lines and the calibrations of products.

It is investigated , the nature of the processing and the extruder , and types and design of the proper screw at the first and third chapters of this thesis.

In the second chapter , the raw plastics materials are investigated to select the conveying one's for extruding processing . It is also investigated the flow of mixed material (melt and solid).

The problems faces during the calibrations , in the fourth chapter , the surfaces quality form of the dimensions , cooling process and calibrations of products and semi products has been discuss.

At the end , extrusion process and calibration are discuss and reach conclusion.

1.GİRİŞ

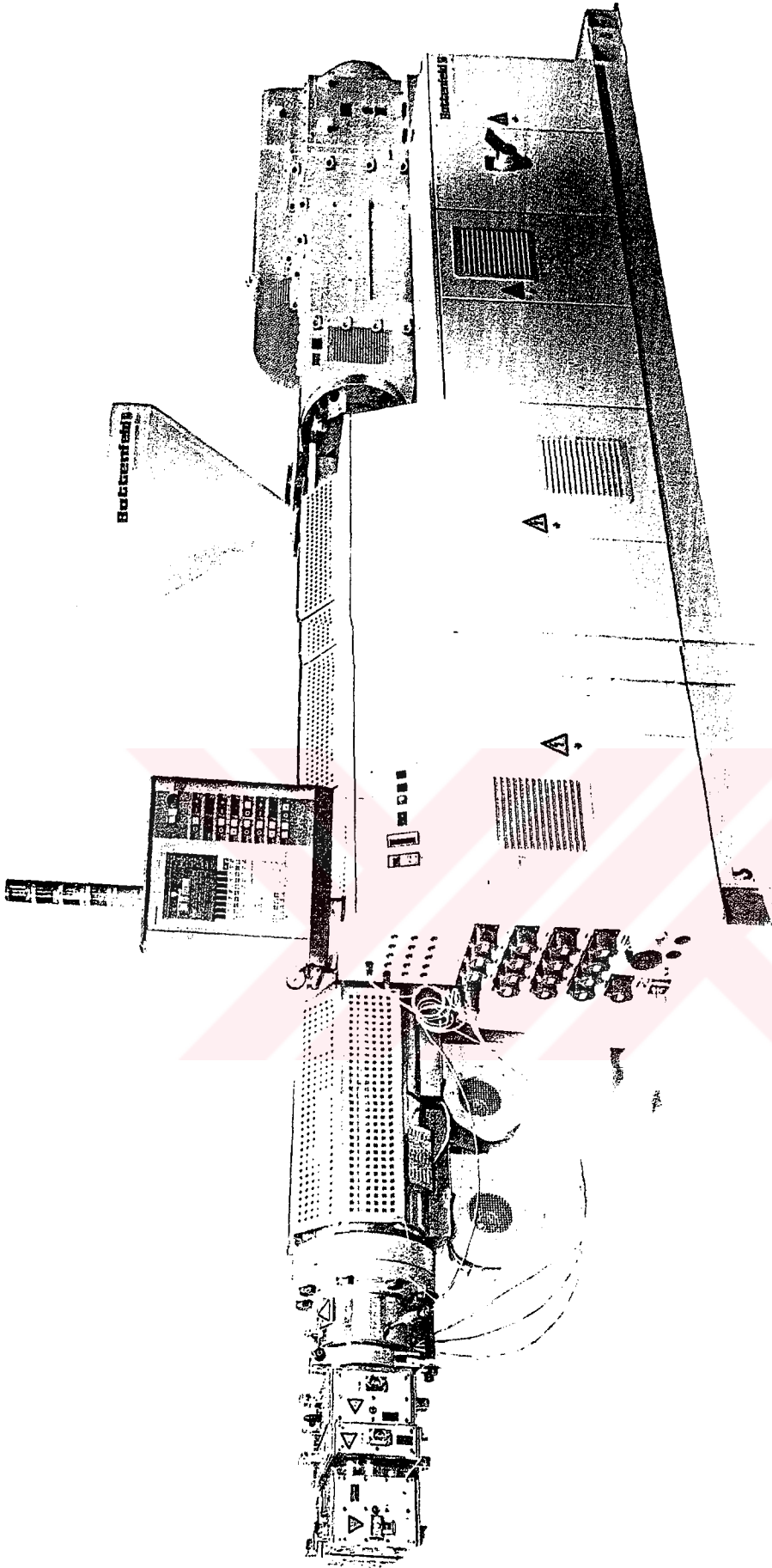
Plastik ekstrüzyon işlemi, plastik bir malzemenin ısı ve çözücü etkisiyle akıcı bir hale getirilerek belirli bir şekil vermek amacıyla şekilli bir kalıptan (matristen) basınç yardımıyla geçirilmesi işlemidir. Günümüzde geniş bir uygulama alanı bulan plastik ekstrüzyonu plastiklerin şekillendirilmesinde önemli bir yöntemdir. Bu yöntemi gerçekleştiren makina ise ekstruder olarak isimlendirilmektedir. Dünyada üretilen plastiklerin yaklaşık olarak % 60 'nın işlenmesinde ekstrüzyon veya ekstrüzyona dayanan bir teknik kullanılmaktadır. Buda plastiklerin ekstrüzyonunun hem plastik endüstrisi için hemde genel olarak endüstriyel uygulamalar için nedenli önemli olduğunu göstermektedir. Ekstrüder, üretim esnasında malzemenin eritilmesi veya plastize edilmesi, malzemenin kafaya doğru ilerlemesini sağlamak için basınç üretilmesi, malzemenin kayması ve karıştırılması gibi üç ana hareket gerçekleştirir. Pistonlu ekstrüderde, ekstrüder cidarından ısının iletilmesi ve malzeme silindire girmeden evvel ön ısıtmaya tabi tutmak için ısıtıcıların kullanılmasıyla ısıtma yapılır. Bu tip ekstrüderler doğrudan hidrolik etki ile basınç oluştururlar. Karıştırma ve kayma, kafaya giriş ve doğrudan akış dolayısıyla sınırlıdır. Diğer tip ekstrüzyon makinaları daha komplike çalışırlar.

Plastik ekstrüzyonun tarihçesinden bahsedecek olursak, 1797 yılında İngiltere'de kaynaklı kurşun boru üretiminde, Joseph Bramon tarafından kullanılmış, 1845 yılında Guteperka ekstrüzyonunu gerçekleştiren Richard Brooman'ın aldığı patent ile ekstrüzyon gelişerek üretim prosesi sınıfına dahil olmuştur. Aynı yıl Henry Bewley silindir piston sistemini içeren boru üretimine başlamıştır. Yaklaşık 30 yıl süreyle yaygın olarak kablo üretiminde kullanılmıştır. 1800' lü yılların başında vidalı konveyör sistemleri makarna çubuklarının üretilmesi amacıyla İtalya'da kullanılmıştır. Arşimet vidasının kullanıldığı ilk patentli ekstrüder 1879 yılında Gray tarafından geliştirilmiş ve bu ekstrüder boru, hortum üretiminde kullanılmıştır. İlk patent 1879 yılında Gray tarafından alınmasına rağmen 1872' de A.G.De Wolfe'un ekstrüderiyle tel kaplandığı ve bu sürekli ekstrüzyonda vidalı bir ekstrüderin kullanıldığı bilinmektedir. 1880 yılında ise kauçuk türü plastik malzemeler için vidalı ekstrüderler kullanılmıştır. 1937 yılında kuru ekstrüzyon

için ilk ekstrüder kullanılmış, ABD ' de ve dünyada kullanımı hızla yaygınlaşmıştır.

Tek vidalı ekstrüderler, sürüklenme akışı prensibiyle çalışırlar. Oluşan basınç malzeme ile vida ve kovan arasındaki etkileşim sonucudur. Transfer miktarı ise kayma hızı, kovan sıcaklığı, malzeme sıcaklığının bulunduğu kompleks bir fonksiyonudur. Polimerin erimesi, kovan cidarından geçen ısı ve malzemede kayma dolayısıyla oluşan ısı sonucunda oluşur. Ekstrüderden geçen malzeme üzerinde yüksek bir oranda kayma ve karıştırma mevcuttur. Kayma miktarı, malzemenin sıcaklığı ve karıştırma birbirine yüksek oranda bağlıdır ve birbirinden bağımsız olarak kontrol edilemez. Bu yüzden yüksek geçiş hızlarında dengenin sağlanması zordur. İkili veya daha çok vidalı ekstrüderler, eş dönüşlü veya zıt dönüşlü vidaların profillerinin birbirine girmesiyle ergimiş polimer üzerinde basınç oluşturmak için kullanılırlar. Vidalar arası mesafe yakın değilse, o zaman ekstrüder, transfer miktarı malzeme karakteristiğine bağlı olmayan pozitif transferli bir makinadır. Pistonlu ekstrüderler kadar pozitif olmamakla birlikte üretim, oldukça stabil ve malzeme üzerindeki kaymadan bağımsızdır. Basınç oluşturan fonksiyonlar ve kayma birbirinden bağımsızdır ve uygun vida dizaynı ile makinanın kontroluyla her birini değiştirebilmek mümkündür. Malzemeyi eriten ısı, silindir cidarından geçen ve bu ısıya göre daha küçük olan kayma ısı ile sağlanır. Malzeme, vida tutma çizgisinde küçük miktarda kaymanın olduğu vida profilleri arasındaki boşluk ile silindir cidarı arasında hareket eder. Kayma ve transferin birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmesi dolayısıyla çift vidalı ekstrüderler kaymaya karşı duyarlılık gösteren malzemelerde kullanılır. İyi bir ekstrüzyon için uygun eriyik şartlarını sağlamak amacıyla farklı öteleme ve karıştırma sistemleri birarada kullanmak gerekir. Ekstrüderin fonksiyonları ile kafa karakteristiklerinin birbirini karşılaması başarılı bir üretim için en önemli şartlardan biridir. Ayrıca, ekstruder, kafa, kalibrasyon masası, soğutma ve çekme donanımlarının uyum içinde çalışması gerekir.

Plastik ekstrüzyonu teknik olarak yaş ekstrüzyon, piston ekstrüzyonu ve kuru ekstrüzyon olmak üzere üç çeşittir. Bu yöntemler kısaca ayrı ayrı açıklanacaktır.



Şekil 1.1 Ekstrüzyon makinası

1.1 Plastik Ekstrüzyon Yöntemleri

1.1.1 Piston ekstrüzyonu

İlk ekstrüzyon makinalarında, bir silindir (kovan) içine yerleştirilen ve hammaddeden hazırlanmış 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 darbelere ve karıştırmaya maruz kalmaz ve donanım son derece basittir. Bundan dolayı plastik duruma getirilmiş yada 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 malzemeye 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 kovana ve matris malzemenin sıcaklığını arttırmaktansa sabit tutmayı amaçlayan bir şekilde ısıtılır. Önemli dezavantajı prosesin süreksiz 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 debisi 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.

1.1.2 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, min. 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 parçaçıklar ve yabancı maddecikler içerir, yağ ekstrüzyonda kullanılan çözücüler ile daha üniform bir yapı elde edilebilir.

Yağ ekstrüzyonun dezavantajları ise hammaddenin hazırlanması için özel bir işlemin gerekmesi ve kullanılan çözücülerin genellikle parelak 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.

1.1.3 Kuru ekstrüzyon

Kuru ekstrüzyonda malzemeyi yumuşatmak için yalnızca ısı kullanılır. Kuru ekstrüzyon, malzemenin ayrı olarak ön ısıtma tabi 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. (Sönmez,1996)

2. PLASTİK MALZEMELER

Plastikler normal sıcaklıkta genellikle katı halde bulunan basınç ve sıcaklıkla mekanik veya kimyasal yolla şekillendirilebilen ve kalıplanabilen organik polimerik maddeler olarak tanımlanırlar.

Plastik malzemeler yüksek moleküler bileşiklerdir, polimerler olarak da adlandırılırlar. Zincir veya ağ şeklindeki moleküllerine makromoleküller denir. Makromoleküller monomer denilen tek molekülerden oluşurlar. Makromoleküller kimyasal reaksiyonlar sonucunda meydana gelirler.

Plastik maddelerin gelişmesi, makro molekül kimyasının gelişmesiyle sıkı sıkıya ilişkilidir. Bununla birlikte plastik maddelerin üretilmesi ise ticari ürünler haline getirilerek bir çok alanda kullanılması yapıların tanınmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca plastik malzemelerin sağladığı avantajlardan dolayı her geçen gün plastik üretimi artmaktadır. Polimerler milyonlarca olduğuna göre plastiklerle elde edilebilecek yapılarında sonu yoktur. Ancak polimeri meydana getiren yapıların bulunması yeni özelliklerde plastikler üretilebilmesinide sağlamıştır. Bununla birlikte plastik malzemeleri işleme ve şekillendirme teknikleride plastik teknolojisinin gelişimine paralel olarak gelişme göstermiştir. Plastik malzemelerin molekül şekillerini kısaca özetleyecek olursak;

1) Zincir molekülleri lineer veya dallanmış zincirli termoplastlar (plastomerler), bunlar ergitebilir, kaynak edilebilir. Tek moleküller sadece iki adet reaksiyon kabiliyeti olan noktaya sahiptir. Enerji ilavesi zincirin ısıl hareketini artırır, sekonder bağlar zayıflar. Böylece zincir molekülleri dış kuvvetler ile birbirleri arasında kaydırılabilirler. Polimer termoplastik bir davranış gösterir, yani plastik olarak şekil değiştirebilir. Daha yüksek sıcaklıklarda primer parçalanır ve küçük zincirler oluşur. (Gazlar,sıvılar) Malzeme hasar görür. Dışardan renk değişimi, kabarcık teşekkülü ve kömürleşme ile kendini belli eder.

2) Üçboyutlu ağ molekülleri. Kuvvetli ağlaşmış makromoleküller. Duroplastlar (Duromerler) Bunlar ergitilemez, kaynak edilemezler. Tek moleküller reaksiyon kabiliyeti olan üç veya daha çok noktaya sahiptir. Isı ilavesiyle ağ şeklindeki ve

iç içe örülmüş makromoleküller birbiri arasında kaymaz. Polimer erğitilemez. Hemen hiç çözünmez ve daha serttir. Daha yüksek sıcaklıklarda ayrışmalar olmaktadır. Ağ teşekkülünün derecesi polimerin sertliğine ve sürekliliğine etki eder. Kuvvetli ağ teşekkülü : sert,gevrek .

3) Zincir molekülleri düşük ağ teşekkülü : Elastomerler. Zincir molekülleri primer bağlarla geniş aralıklı ağlar teşekkül ederler. Böylelikle zincirlerin kayması mümkün olmaz, ancak zincirlerin ağ düğüm noktaları arasında uzaması imkanı doğar. Polimer yumuşak elastiktir. (Lastik) .Eski halini alma kabiliyeti çok yüksektir. Plastik malzemelerin özelliklerini metallerinkiyle karşılaştırsak, metal atomları tamamlanmamış bir elektron kabuğuna (dış kabuk) sahip olduklarından, kimyasal maddelere karşı dayanıksızdırlar. Plastik malzemeler ise kimyasal bileşikler olarak moleküler yapıdadır ve molekülleri doymuştur. Atomları ise kimyasal bağlar ile soygaz karakterine sahip olmuşlardır. Bu nedenle birçok kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar. Plastik malzemelerin değişik olan bağ ve yapı türü, fiziksel davranışlarının metalik malzemelere göre tamamen farklı olması sonucunu doğurur.

Çizelge 2.1 Plastiklerin mekanik özellikleri

Malzeme	Çekme Dayanımı Kg/cm ² ASTM D 638 D 631	Young Modülü Kg/cm ² x10 ⁸ ASTM D 747	Kopmada Uzama % ASTM D 638	Kopma Dayanımı Kg/cm ² ASTM D 700	Baskı Dayanımı Kg/cm ² ASTM D 695	Sertlik (Rockwell) ASTM D 785	Darbe Direnci Kg. m/m Izod ASTM D 256	Düşük Sıcaklık Özellikleri
Polietilen (düşük yoğunluk)	70—160	1,2—2,5	90—850	—	—	D 41—46 (Shore)	—	İyi
Polietilen (yüksek yoğunluk)	220—390	5,6—10,5	50—800	140—210	—	D 60—70 (Shore)	2,2—6,5	İyi
Polipropilen	300—400	9,15—14,1	50—600	—	600—700	R 85—110	3,3—3,3	Orta
PVC (rijit)	530—600	21—28	2—40	950	530—600	R110	5,5—16,5	İyi
Vinil klorür/Vinil asetat kopolimeri (rijit)	530—600	28—35	200—450	845	600—700	—	2,8—5,5	İyi
Plâstikleştirilmiş PVC (Düşük plâstikleştirici)	280—420	35—50	200—250	845	785—985	R105	6,5—9,3	İyi
Plâstikleştirilmiş PVC (Yüksek plâstikleştirici)	140—280	—	350—450	—	—	D 76—80 (Shore)	—	İyi
Poliviniliden Klorür	210—350	3,5—5,6	250	296—423	140—190	M 50—65	1,6—5,5	İyi
Polimetil Metakrilat	490—775	27,5—35	3—8	915—1200	845—1400	M 85—105	1,6—2,5	İyi
Politetrafloroetilen	175—280	3,5—6,3	250—600	—	49—127	D 50—65	13,5—25	Mükemmel
Polistiren	350—635	24,5—42	1—3	635—985	810—1125	M 65—90	1,1—2,7	Zayıf
Polistiren (Sert)	175—455	17,5—32	8—50	210—700	280—635	M 35—70	2,7—13,5	Zayıf/Orta
ABS	175—600	14—35	10—140	280—1060	175—775	R 30—110	11—55	Zayıf
SAN	565—845	28—39	2—4	845—1130	985—1200	M 85—83	1,9—3,8	Zayıf
Sellüloz Asetat	134—600	4,2—28	5—60	140—845	155—2520	R 35—125	2,7—3,3	İyi
Nylon 6	720—845	10,5—25,5	9—320	565—1130	495—990	R103—118	5,5—19,6	İyi
Nylon 6.6	495—845	18,3—32	60—300	565—975	495—1130	R108—118	5,5—11	İyi
Nylon 6.6 (Cam dolgu)	1620	—	1—2	1550	1830	—	7,1—9,8	İyi
Nylon 6.10	600	19—21	85—230	—	670—745	R110—115	3,3—11	İyi
Nylon 11	480—600	6—14,8	70—300	—	600—1510	—	—	İyi
Polikarbonatlar	600—670	22—24,7	60—100	775—915	775—845	R118—124	6,5—8,7	Mükemmel
Poliasetaller	620 705	28—31,7	15—75	915—995	1130—1270	M 78—94	6,5—9,8	İyi
Fenol Formaldehid (dolgunsuz)	350—565	53—70	1—1,5	845—1050	700—2100	M124—128	1,1—1,9	İyi
Fenol Formaldehid (Asbestos dolgulu)	280—700	91—120	0,1—0,2	—	1130—2100	M100—120	0,8—5,5	İyi
Fenol Formaldehid (Cam dolgulu)	420—700	70—140	0,5 ten az	985—1480	700—2100	—	16,5—55	İyi
Üre Formaldehid (Sellüloz dolgulu)	420—915	70—140	0,5—1,0	700—1130	1760—2460	M115—120	1,35—1,9	İyi
Melamin Formaldehid (Sellüloz dolgulu)	495—915	70—105	0,6—0,9	700—1130	1760—3000	M110—125	1,3—1,9	İyi
Polyester (Rijit ve dolgunsuz)	320—700	28—70	5 ten az	700—1060	915—2460	M 70—115	0,65—2,2	İyi
Epoksiler (Rijit ve dolgunsuz)	350—845	14—42	5—10	700—1400	1050—2100	—	1,65—4,9	İyi
Epoksiler (Bükülebilir ve dolgulu)	70—280	—	10—100	210—700	—	—	2,7—8,2	Çok iyi
Eşdeğer B.S. Testi	BS 2782 Pt 3/301	BS 2782 Pt 3/301	BS 2782 Pt 3/301	—	BS 2782 Pt 3/307	BS 2782 Pt 3/307	BS 2782 Pt 3/306	—
Metaller için mukayese değerleri	Alüminyum	345—985	725	15—30	—	—	110	—
	Pirinç (70/30)	2500—3200	985	65—80	—	—	470	—
	Çelik (%0,4C)	5300—5650	2040	30	—	—	27	—

Çizelge 2.2 Plastiklerin elektriksel özellikleri

Malzeme	Hacimsal Özdirenç Ohm - cm ASTM D 257	Dielektrik Şiddeti Volt/mm ASTM D 149	Dielektrik Sabiti ASTM D 150		Güç Faktörü ASTM D 150	
			10 ³ cps	10 ⁶ cps	10 ³ cps	10 ⁶ cps
Polietilen (Düşük Yoğunluk)	> 10 ¹⁷	18000—27000	2,25—2,35	2,25—2,35	<0,0005	<0,0005
Polietilen (Yüksek Yoğunluk)	> 10 ¹⁷	> 31500	2,25—2,35	2,25—2,35	<0,0005	<0,0005
Polipropilen	> 10 ¹⁷	> 31500	2,0—2,1	2,0—2,5	<0,001	<0,0005
PVC (Rijit)	> 10 ¹⁶	15700—19700	3,0—3,2	3,0—3,2	<0,02	<0,01
Vinil Klorür/Vinil Asetat Kop. (Rijit)	> 10 ¹⁶	> 39500		3,0—3,5		<0,01
Plastikleştirilmiş PVC (Düşük Plastikleştirici)	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	> 15700	4,0—6,0		<0,1	
Plastikleştirilmiş PVC (Yüksek Plastikleştirici)	10 ¹² —10 ¹³	> 12000	5,0—6,0		<0,1	
Poliviniliden Klorür	10 ¹⁴ —10 ¹⁶	15750—23600		3,0—4,0		0,05—0,08
Polimetil Metakrilat	> 10 ¹⁴	17700—19700	3,0—4,0	2,5—3,5	0,04	0,02—0,03
Politetrafluoroetilen	> 10 ¹⁷	15750—23600	2,0—2,1	2,0—2,1	<0,0003	<0,0003
Polistiren	> 10 ¹³	19700—27600		2,4—3,0		<0,001
Polistiren (Sert)	> 10 ¹³	11800—23600		2,4—3,5		<0,002
ABS	> 10 ¹⁵	12200—16100		2,4—3,5	0,006—0,02	0,007—0,0
SAN	> 10 ¹³	15700—19700		2,75—3,4		0,007—0,0
Sellüloz asetat	10 ¹⁰ —10 ¹³	10000—14500		3,2—7,0		0,01—0,1
Nylon 6	10 ¹² —10 ¹⁵	17700—20000		3,0—7,0		0,02—0,15
Nylon 6.6	10 ¹³ —10 ¹⁵	10000—17700	4,0—6,0	3,4—6,0	0,01—0,03	0,02—0,06
Nylon 6.6 (Cam dolgulu)	> 10 ¹⁴	19700	3,0	3,4	0,02	0,02
Nylon 6.10	10 ¹⁴ —10 ¹⁶	> 10000	3,6—6,0	3,0—4,0	0,02—0,04	0,02—0,03
Nylon 11	> 10 ¹³		3,3		0,03	
Polikarbonatlar	> 10 ¹⁶	15750	2,8—2,9	2,6—2,7	0,001—0,002	0,01—0,015
Poliasetaller	> 10 ¹⁴	19700	3,8	3,7	0,004	0,004
Fenol formaldehid (Dolgunsuz)	10 ¹¹ —10 ¹²	11800—15700		4,5—5		0,015—0,05
Fenol formaldehid (Toz ağaç talaşı dolgulu)	10 ⁹ —10 ¹³	7900—16700		4—7		0,03—0,07
Fenol formaldehid (Asbest dolgu)	10 ⁹ —10 ¹²	11800—15700		4—6		0,03—0,07
Fenol formaldehid (Cam dolgu)	10 ¹³ —10 ¹⁵	5900—13800		4,5—6		0,01—0,03
Üreformaldehid (Sellüloz dolgu)	10 ¹² —10 ¹⁴	11800—15700	8—10	6—8	0,05—0,1	0,25—0,35
Melamin formaldehid (Sellüloz dolgu)	10 ¹² —10 ¹⁴	11800—15700		7,2—8,3		0,027—0,04
Polyester (Rijit ve dolgunsuz)	10 ¹² —10 ¹⁴	12700—17700	2,8—5,2	2,8—5	0,01—0,03	0,025—0,03
Epoksiler (Rijit ve dolgunsuz)	> 10 ¹⁵	13700—17700		3—4		0,01—0,02
Epoksiler (Bükülebilir ve dolgunsuz)	> 10 ¹⁵	11800—15700		3—4		0,01—0,02
Eşdeğer ya da karıştırılabilir	BS 2782	BS 2782	BS 2782			

Çizelge 2.3 Plastiklerin fiziksel özellikleri

Malzeme	Özgül Ağırlık ASTM D 792	Isıl İletkenlik Cal.cm/cm ² C.sanx10 ⁻⁴ ASTM C 177	Doğrusal Genleşme Katsayısı °C x 10 ⁻⁵ ASTM D 696	Özgül Isı	Yumuşama (Ergime) Noktası «Vicat» ASTM D 1525	Isıl Distorsiyon Noktası °C ASTM D 648 (4,6 Kg/cm ²)	Kırılma İndisi ASTM D 542	Sürtünme Katsayısı Plastik/ Plastik
Poliyeten (Düşük Yoğunluk)	0,91—0,94	6—8	16—22	0,55	65—100	(40—50)	1,54	0,25
» (Yüksek)	0,945—0,965	11—12,4	11—16	0,55—0,59	120—130	(60—82)	1,49	0,25
Polipropilen	0,9—0,91	3,3—5	10—12	0,46	145—150	(100—112)	1,51	
PVC (Rijit)	1,38—1,4	3,4—3,6	5—8	0,2—0,5	80—90	(70—80)	1,52	0,4—0,4
Vinil Klorür/Vinil Asetat Kop. (Rijit)	1,37—1,45	3,6—3,8	7—8	0,2—0,5		65—80	1,55	
Plastikleştirilmiş PVC (Düşük Plastikleştirici)	1,3—1,35	3,8—4,5	5—25	0,2—0,5	70—80	(65—75)	—	
Plastikleştirilmiş PVC (Yüksek Plastikleştirici)	1,2—1,3	3,8—4,5	5—25	0,2—0,5			—	
Poliviniliden Klorür	1,65—1,72	3	10	0,32	70—80	45—55	1,60—1,63	
Polimetil Metakrilat	1,18—1,19	4,5—5,5	5—8	0,35	85—115	65—100	1,49	0,4—0,6
Politetrafloroetilen	2,1—2,25	5,5—6,5	9—13	0,25	—	(115—125)	1,35	0,04
Polistiren	1,04—1,1	2—5	6—8	0,32	80—105	70—100	1,59—1,6	0,4—0,5
Polistiren (Sert)	1—1,1	1—4	6—8	0,32	78—97	70—97	—	
ABS	1—1,1	1—7	6—13	0,33—0,4	85—95	75—105	—	
SAN	1,075—1,1	2—5	6—8	0,32—0,34	85—103	65—105	1,57	
Sellüloz Asetat	1,18—1,34	4—8	8—16	0,28—0,42	60—80	(48—116)	1,46—1,5	
Nylon 6	1,12—1,14	6—8	8—13	0,4	(200—220)	(125—175)	1,53	
Nylon 6.6	1,1—1,14	5—7	10—15	0,4	(250—265)	(100—200)	1,53	0,3
Nylon 6.6 (Cam dolgulu)	1,38		2—3		(264)	(250)	—	
Nylon 6.10	1,07—1,09	5—7	9—15	0,3—0,5	(210—220)	(150—160)	1,53	
Nylon 11	1,04—1,05	7	11—15	0,58	(186)			0,11—0,2
Polikarbonatlar	1,2	4,5—6	6—7	0,28—0,3	215—226	135—150	1,59	
Poliasetaller	1,41—1,425	5,5	8,1—8,5	0,35	162—175	110—125	1,48	0,35
Fenol Formaldehid (Dolgunsuz)	1,25—1,3	3—6	2,5—6	0,38—0,42	—		1,5—1,7	
Fenol Formaldehid (Toz ağaç talaş dolgulu)	1,32—1,45	4—7	3—4,5	0,35—0,4	—	125—175	—	
Fenol Formaldehid (Asbest dolgulu)	1,6—1,85	10—11	0,6—1	0,28—0,32	—	160—200	—	
Fenol Formaldehid (Cam dolgulu)	1,5—2	3—6	8—8,5	0,35—0,45	—	110—125	—	
Üre Formaldehid (Sellüloz dolgulu)	1,47—1,52	7—10	2,5—3	0,4	—	130—140	1,54—1,56	
Polyester (Rijit, dolgunsuz)	1,1—1,4	4—4,5	10—15	0,3	—	100—175		
Epoksi (Rijit, dolgunsuz)	1,2	4—5	5—9	0,3—0,4	—		1,6	
Epoksi (Bükülebilir, dolgunsuz)	1,2	4—5	5—9	0,3—0,4	—			
Eşdeğer veya karşılaştırılabilir					BS 2782	BS 2782		
BS Testi					Pt 1/102	Pt 1/102		
Metaller için mukayese ölçüleri	Alüminyum	2,7	5200	0,24	0,23			
	Pirinç (70/30)	8,5	2900	0,2	0,09			
	Çelik (% 0,4C)	7,85	1200	0,11	0,11			

Çizelge 2. 4 Plastiklerin diğer özellikleri

Malzeme	Optik Özellikler	Kimyasal direnç ASTM D 543	Eritkenlere direnç ASTM D 543	Su Soğurumu 3 mm malzeme 24 saat ASTM D 570 %	Yanma Özellikleri
Polietilen (Düşük Yoğunluk)	Geçirgen ve opak, tam renk bölgesi	Kuvvetli asitlerle etkilenir	60°C m üstünde aromatiklerde erir	<0,015	Kolay yanar, kendini söndürmez. Alevin dibini mavi, üstü sarıdır. Ergiyince berraklaşır. Yanarken mum kokusu verir.
Polietilen (Yüksek Yoğunluk)			80°C m altında etkilenmez.	<0,01	
Polipropilen	Geçirgen; tam renk bölgesi.				Polietilen gibi yanma kokusu dizel egzostuna benzer
PVC (Rijit)	Polietilen gibi.	Etkilenmez	Aromatik hidrokarbonlarda şişer. Esterler ve ketonlarda erir.	0,05	Güç yanar. Kendini söndürür. Alev sarı, alt kenarları yeşil. Beyaz duman. Yumuşak. Kolay yanar. Kendini sarı. Köttü koku.
Vinil Klorür/Vinil Asetat Kopolimer.				0,08	
PVC (Plastikleştirilmiş)				0,1	
Sellüloz Asetat	Geçirgen; tam renk bölgesi.	Kuvvetli asit ve bazlarda ayrışır. Sulu asit ve bazlarla etkilenir.	Keton ve esterlerde erir. Yüksek alkollerde az erir.	1,9—6,5	söndürmez. Alev koyu sarı. Az duman. Ergir. Sirke kokar.
Nylon'lar	Geçirgen ve opak.	Kuvvetli asitlerle etkilenir	Etkilenmez	>0,3 tipe göre değişik	Güç yanar. Kendini söndürür. Alev mavi, tepesi sarı. Ergir ve köpürür. Yanık sebze kokusu
Polikarbonatlar	Geçirgen; tam renk bölgesi.	Kuvvetli asit ve bazlarla etkilenir.	Aromatik ve klorlu hidrokarbonlarda erir.	0,3	Güç yanar. Kendini söndürür. Sarı alev. Fenol kokar.
Poliasetaller	Geçirgen ve opak.	Kuvvetli asit ve bazlarla etkilenir.	Etkilenmez	0,12	Kolay yanar. Kendini söndürmez. Alev açık mavi. Formaldehid kokar.
Polimetil Metakrilat	Çok geçirgen. tam renk bölgesi	Kuvvetli asitlerle etkilenir	Keton, ester ve klorlu hidrokarbonlarda erir.	0,3	Kolay yanar. Kendini söndürmez. Alev sarı, kenarları mavi. Siyah duman. Çiçek kokusu.
Poltetrafloroetilen	Geçirgen ve opak.	Etkilenmez	Etkilenmez	0,00	Bunzen alevinde yanmaz.
Polistiren	Geçirgen; tam renk bölgesi.	Kuvvetli oksitleyici asitlerle etkilenir	Ester, alkol, aromatikler, klorlu hidrokarbonlarda erir	0,3—0,4	Kolay yanar. Kendini söndürmez. Alev sarı, kenarları mavi. Siyah duman. Yumuşak.
Polistiren (Sert)				0,1—0,3	
ABS	Geçirgen; tam renk bölgesi.	Kuvvetli oksitleyici asitlerle etkilenir	Esterler, klorlu hidrokarbonlar ve ketonlarda erir	0,1—0,3	Polistiren gibi; fakat lastiksi ve acı bir koku ile yanar.
SAN			Etkilenmez	0,2—0,3	

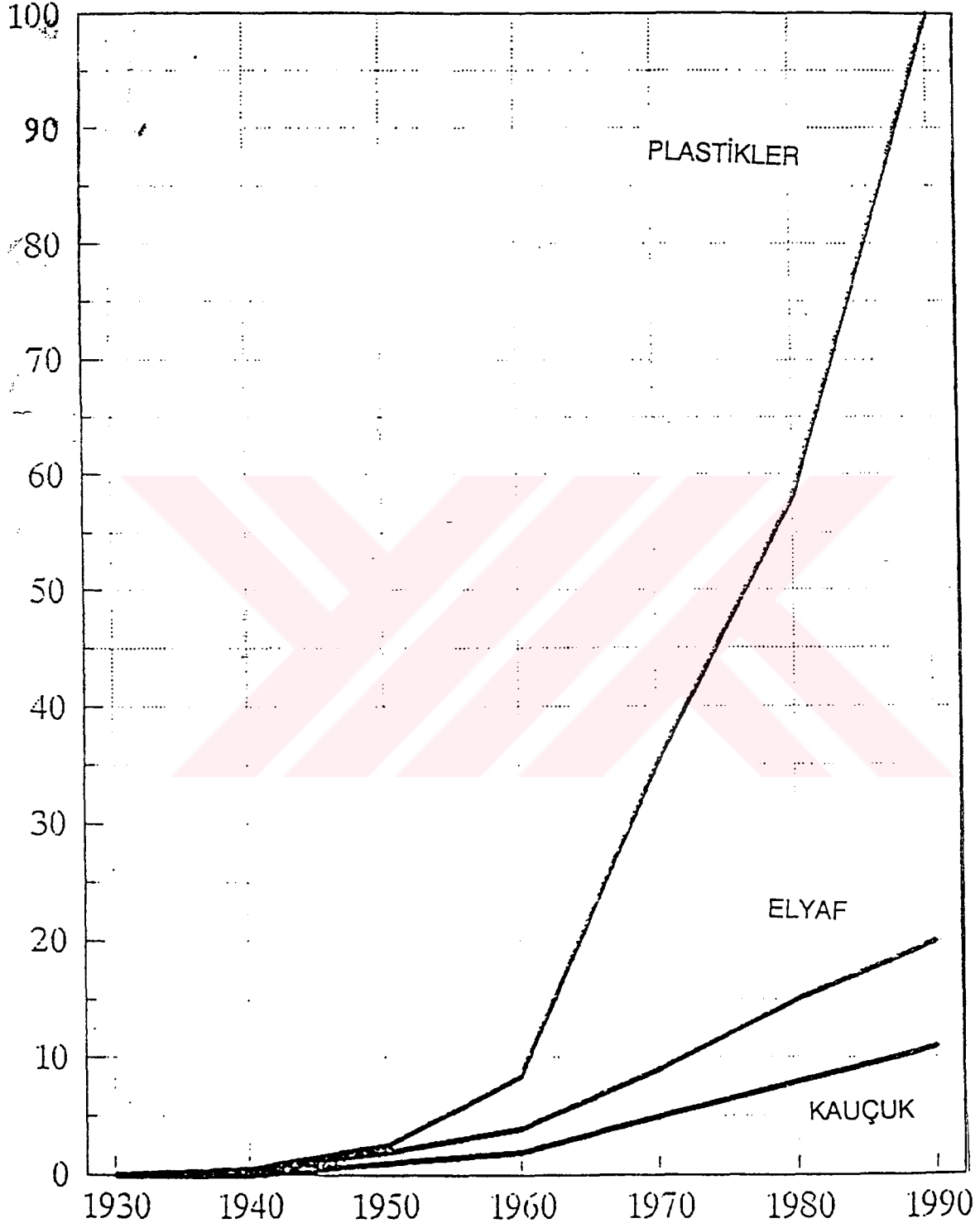
Çizelge 2. 4 'ün devamı

Fenol Formaldehid	Dolgunu geçiren, kahverengi-sarı. Yalnız koyu renkler.	Asit ve bazlarla etkilenir. Etki dolgu ve yoğunlukla değişir	Etkilenmez	0,1—2,0	Güç yanar. Dolguya göre kendini söndürür veya söndürmez. Çatlaklar. Fenol kokar.
Üre Formaldehid	Geçirgen ve opak, tam renk bölgesi	Asit ve Alkallerle etkilenir. Etki yoğunlukla artar	Etkilenmez	0,4—0,8	Güç yanar. Kendini söndürür. Çatlaklar. Formaldehid ve balık kokar.
Melamin Formaldehid		Kuvvetli asit ve alkallerle etkilenir	Etkilenmez	0,1—0,6	
Polyesterler (Kaup rezinleri)	Geçirgen ve opak.	Kuvvetli bazlarla etkilenir		0,4	Güç yanar. Dolguya göre kendini söndürebilir.
Epoksiler		Etkilenmez	Klorlu hidrokarbonlar ve ketonlarla hafif etkilenir.		
Eşdeğer BS Testi		BS 2782 Pt 5/505		BS 2782 Pt 5/502	

Çizelge 2. 5 Polimerlerin uygulama alanları(milyon /yıl)

UYGULAMALAR	SENTETİK ELYAFLAR	TERMOSET REÇİNELER	TERMOPLASTİK REÇİNELER
Giyim	20	-	-
Elektrik	-	4	20
Evsel uygulamalar	-	2	5
İnşaat	-	5	25
Otomotiv ve Havacılık	-	4	5
Ambalaj	-	-	30
TOPLAM	20	15	85

Çizelge 2. 6 Dünya polimer üretimi
1930 – 1990 (milyon ton / yıl)



Çizelge 2. 7 En yaygın kullanılan termoplastiklerin tipik kullanım alanları

PLASTİĞİN ADI	KISALTIĞI ADI	TİPİK KULLANIM ALANLARI
Poliasetaller (Polioksimetilen)	POM	Dişliler, flanşlar, musluklar, aerosol vanaları, fermuarlar, perde tekerlekleri, mühendislik uygulamaları
Poliakrilikler (Polimetil metakrilat)	PMMA	Transparant paneller, lensler, aynalar, banyo ve mutfak süsleme araçları, ışıklı ilanlar, ışık kaynağı muhafazaları
Akrilonitril-Butadien Stiren Terpolimeri	ABS	telefon aparatları, bavul-valiz-çanta vb., buzdolabı, TV, elektrik süpürgesi gibi beyaz eşya gövdeleri, boru ve "fitting"ler
Poliselüloz asetat	CA	Çeşitli avadanlık ve teçhizat kulpları, elektrik malzemesi kılıfları, odio-teyp, gösterişli-parlak çerçeveler, parlak-renkli-şeffaf ambalaj kağıtları, fotoğraf filmleri, kalem gövdeleri
Polikarbonat	PC	Şişe, testi vb., gibi içecek kapları, tabak-çanak, tıbbi malzemeler, lensler, lamba camları, transparan levhalar
Polietilen a) Alçak yoğunluklu	PE AYPE	Çeşitli ambalaj malzemesi, alışveriş poşetleri, çeşitli filmler, elektrik kabloları izolasyon kılıfları, çeşitli oyuncaklar, kapkacak ve mutfak eşyaları, şişe ve kavanoz kapakları, şişeler
b) Lineer alçak yoğunluklu	LAYPE	Taşıma poşetleri, "deep freez" uygulamaları, lamine edilmiş filmler, tarım ve endüstri için çeşitli malzeme imalatı, boru, flanş vs. üretimi
c) Yüksek yoğunluklu	YYPE	Benzin tankları, kimyasal madde, süt, su çamaşır suyu kap ve şişeleri, boru, flanş vb. mühendislik parçaları, bavul, valiz, çanta imalatı
Polipropilenler	PP	Özel gıda ambalajları, şişe ve kapak imalatı, araba iç dekorasyonu ve bazı otomotiv parçaları, akü kutuları, halı ve dokuma, oyuncaklar, masa, sandalye gibi mobilya

Çizelge 2. 7 'nin devamı

PLASTİĞİN ADI	KISALTILMIŞ ADI	TİPİK KULLANIM ALANLARI
Polistirenler a) Genel maksatlı (kristal) b) Şok dayanımlı	PS	Tepsi, tabak, buzdolabı iç aksamı, paketlenme malzemesi, radyo ve benzeri cihazların düymeleri, transparan uygulamalar Gıda ambalaj kutu ve kapları, makaralar, oyuncaklar, elektrik malzemeleri buzdolabı, vb. iç aksamı
Polivinil klorür a) Rijit b) Plastikleştirilmiş	PVC	Tel ve kablo izolasyonu, boru ve ilgili flanş vs. parçaları, ayakkabı ve ayakkabı tabanı, yüzme havuzu kaplamaları, şampuan vs. şişeleri, yer muşambaları ve karoları, kredi kartı vb., ID kartların plastik kaplanması Müzik plakları, suni deri, pencere pervazı, kapı vs. üretimi, ince film ve levhalar
Polietilen tetraftalat	PET	Su, meşrubat, bira, şarap, hardal şişeleri, turşu kavanozları, fotoğraf filmi, çeşitli kaplamalar

2.1 Plastik Malzemelerin Özellikleri

Günümüzde metalsel malzemelerle yarışan plastik malzemelerin, özelliklerinin bilinmesi, bu malzemelerin seçilmesinde ve işlenmesinde kolaylıklar sağlayacaktır.

Yoğunluk : Plastik malzemeler metallere göre daha hafiftir. Kısmen su üzerinde yüzerler. Yoğunlukları $0,9$ ila $2,0 \text{ kg / dm}^3$ arasındadır. (Masif maddeler)

Katılık (E - Modülü) : Plastiklerin eğilme yumuşaklığı metallere göre fazladır. Yani E - modülleri oldukça düşüktür ve sıcaklığa bağlıdır. Bu durumu plastik borularda görebiliriz. Plastik borular ısınca yumuşar soğukta ise katılaştır.

Isıl Genleşme : Plastik malzemeler ısıtılınca metallere göre oldukça daha fazla genişler. (5 - 15 defa) Profillerin üzerindeki plastik kaplamalar ısınınca kalkarlar ve profil üzerinde kayabilirler.

Elektrik Ve Isı İletkenliği : Plastik malzemeler kötü ısı ileticidirler; elektrik iletkenlerinde ise, iyi bir izolasyon malzemesidir. Isı iletim kabiliyeti yaklaşık olarak çeliğinkinin 1/300'üdür.

Kimyasal Dayanıklık : Plastik malzemeler asitlere, bazlara ve tuz çözeltilerine karşı iyi ve kısmen çok iyi dayanıklık gösterirler. Bazı çözümlendirici maddeler plastik malzemeleri çözümlendirirler veya eritirler.

Alev Alma Kabiliyeti : Plastik malzemelerin kısmen yanıcı ve alev alıcı özellikleri vardır.

Boyanma Kabiliyeti : Plastik malzemelere kolaylıkla renk verilebilir ve bu renklerin dayanıklılığı selülozik boya tabakalarından daha iyidir.

Su Alma Kabiliyeti : Plastik malzemeler kısmen su alma eğilimi gösterirler, böylelikle elektrik ve mekanik özellikleri değişime uğrar.

Sürekli Yükleme Altındaki Davranışları : Plastik malzemeler devamlı olarak zorlanırlarsa, şekillerini muhafaza edemezler ve yük altında sürünürler.

Isıl Mukavemet : Plastik malzemeler yüksek sıcaklıkta ayrışır. Renk değişimleri ve gazların parçalanmasıyla kabarcıklar oluşur.

Plastik malzeme molekülleri karbonun az miktarda metal olmayan malzemelerle yaptığı bileşiklerdir. Bu maddeler genellikle oda sıcaklığında gaz halindedir.

Propan C_3H_8 gibi tanınmış hidrokarbon bileşikleri sabit büyüklükte olan moleküllere sahiptir. Bunların tersine plastik malzemeler büyük zincir veya ağ moleküllerinden meydana gelirler. Farklı genişleme şekillerine sahip olduklarından sadece ortalama bir molekül kütlesi (molekül ağırlığı) belirlenebilir.

Plastiklerin mekanik özellikleri Çizelge.2. 1' de, elektriksel özellikleri Çizelge2. 2 ' de, fiziksel özellikleri Çizelge2.3 'de, diğer özellikler Çizelge2. 4 'de topluca verilmiştir. Ayrıca metalsel malzemelerle, plastik malzemelerin iç yapı özelliklerinin karşılaştırılması Çizelge2. 8 ' de verilmiştir.

Çizelge. 8 Plastiklerin ve metallerin iç yapı özelliklerinin karşılaştırılması

İç Yapının Tanıtıcı Özelliği	Metaller	Plastik Malzemeler	Tesiri
En küçük parçacıklar	Metallerin atomları	Metal olmayan maddelerin molekülleri	Düşük yoğunluk
Parçacıkların Bağ türü	Kuvvetli metalik bağ	Zayıf moleküller arası bağ	Isı altında kuvvetli uzama yumuşama- Malzeme mukavemetinin azalması-malzeme ayrışması
Parçacıkların düzeni (-kristal kafesi)	Metal kafesi	Amorf kısmen kristalin ,molekül kafesi	Şekil değişimi metallere göre daha farklı kaideler ile oluşur , serbest elektronlar yoktur.
Kaba yapı	Taneli yapı ve kalıntılar	Ana kütle doldurma maddeleri, kuvvetlendirici maddeler ve boyalardan oluşur.	Özelliklerini ve yöne bağlı olma kabiliyetlerini büyük ölçüde etkiler.

2.2 Polimerlerin Sınıflandırılması

Polimerler, kimyasal yapılarına, fiziksel durumlarına, kullanım alanlarına, işleme durumlarına ve yapılarına göre sınıflandırılmaktadır.

Kimyasal Yapısına Göre

- Organik
- İnorganik

Fiziksel Yapısına Göre

- Amorf
- Kristalin
- Kısmi Kristalin

Kullanım Alanına Göre

- Plastikler
- Fiberler
- Kaplamalar
- Yapıştırıcılar

İşleme Esasına Göre

- Termoplastik
- Termoset

Yapı Esasına Göre

- Homopolimer
- Kopolimer
- Terpolimer

Polimerlerin sınıflandırılmasının işleme esasına göre yapılmasının basit ve faydalı olacağı söylenebilir. Polimerleri kolay anlamak ve plastikleri tanımak amacıyla bu iki büyük grubu tanımak faydalı olmaktadır.

2.2.1 Termoplastikler

Bu malzemeler ısıtıldığı zaman plastikleşebilen, yani ısı ve basınç altında eğilir, bükülür ve istenilen şekle sokulabilir ve soğutulduğu zamanda katılaşabilme yeteneğine sahiptir. Bu özellikten dolayı çok geniş kullanım alanına sahiptir. Kalıplama sırasında kimyasal bir değişikliğe uğramazlar. Isı verilisinin ne süreyle tekrar edildiği önemli değildir. Isıtma ve soğutma işlemini birkaç kez tekrarlayarak termoplastiğe yeniden çeşitli şekiller verilebilir. Termoplastik bu özelliğinden dolayı balmumuna benzer. Isıtıldığında dökülebilir, soğutulduğunda da katı hale gelir.

Tekrar ısıtıldığında yine yumuşar. Teorik olarak bu olay sonsuz kere tekrarlanabilir ancak pratikte malzemenin transformasyonuna ve stabilite derecesine bağlı limitler vardır. Bu da belli sayıda transformasyonun ardından maddenin ilk özelliklerinin kaybolduğunu gösterir. Bu yüzden bu malzemeler bu limitlere kadar kullanılabilirler. Termoplastik grubunun en önemli malzemeleri ; akrilik, asetal, naylon, polistiren, polietilen, karbonflorür, selülozikler ve vinillerdir.

2.2.2 Termosetler

Bu malzemeler ısı ve basınç altında şekillendikten sonra tekrar yeniden şekillendirilemezler. Çünkü kimyasal değişim malzemeye başka bir özellik kazandırır ve eski halinden tamamen farklıdır. Termosetlerin sertleşmesi için sıcaklığın çok fazla olması gerekmez. Bu sıcaklık genellikle 176°C 'nin biraz üzerindedir. Başta söylediğimiz gibi termoset malzemeleri eritilerek ilk şekline dönüştürmek mümkün olmaz. Termosetler polikondansasyon reaksiyonuyla elde edilirler ve genellikle çapraz bağlı bir yapıya sahiptirler. Birbirine bağlanan atom zincirleri termoplastiklerdeki gibi ısıtıldığında birbiri üzerinde kaymaz. Örnek olarak çimento verebiliriz. Çimento'da donduktan sonra eski haline dönüşmemektedir, bu nedenle termoset atıklarda tekrar kullanılamaz. Termoset plastikler özellikleri nedeniyle saf olarak kullanılamazlar. Bunlara mekanik özelliklerini iyileştirmek için dolgu maddesi katılır. Termosetler, termoplastiklere göre daha sert ve ısıya daha dayanıklıdır. Bu grubu oluşturan ve en çok kullanılan malzemeler , amin plastikler urea ve melaminlet, fenolikler (bakalitler), polyesterlerdir.

2.3 Ekstrüzyon Malzemeleri

Ekstrüzyon işleminde kullanılan malzeme çeşitleri gün geçtikçe daha fazla büyümektedir. Ekstrüzyon işleminde kullanılacak yeni malzemelerin ve donanımların geliştirilmesi için çalışmalar devam etmektedir. Ekstrüzyonda kullanılan plastik malzeme gruplarını 16 ana grupta toplayabiliriz.

- 1) Akrilik Reçineleri (Polimetil metakrilat)
- 2) ABS Kopolimerleri (Akrilonitril - butadien - stiren kopolimerleri)
- 3) Kazein Plastikleri
- 4) Selülozik Malzemeler (Selüloz asetat , selüloz asetat butirat, selüloz propionat)

- 5) Köpüklü Plastikler(Köpüklü polisitren , köpüklü poliniklorid, köpüklü poliolefinler)
- 6) Poliasetaller
- 7) Poliamidler
- 8) Polikarbonatlar
- 9) Poliolefinler (Düşük, orta ve yüksek yoğunluklu polietilenler, polipropilen, polbüten ve kopolimerleri)
- 10) Polisitrenler (Değişmiş polisitrenler dahil)
- 11) Polivinilklorid Esaslı Malzemeler
- 12) Vinil Plastikler (Homopolimerler ve kopolimerler plastikleştirilmiş ya da esnek olmak üzere)
- 13) Vinil Plastikler (Homopolimerler ve kopolimerler plastikleştirilmemiş ve katı olmak üzere)
- 14) Florakarbon Reçineleri
- 15) Üretan elastomerleri
- 16) Termoset Malzemeler (Takviyeli plastikler dahil)

Bu malzemelerin dışında klorlanmış polieterlerin, poliallomerlerin, fenol reçinelerinin, polisüfonların, polifenilen oksitlerinin ve diğer bazı polimerlerde ekstrüzyon prosesinde kullanılmaktadır. Bu malzemeler ticari açıdan pek önemli olmamaktadır.

2.4 Ekstrüzyon Malzemelerine Katılan İlaveler ve Karışımların Hazırlanması

Genelde granül formunda olan ekstrüzyon polimerlerine, bitmiş parçada aranan özellikleri yakalamak üzere dengeleyiciler, yağlayıcılar, boyalar, plastikleştiriciler ve başka katkı malzemeleri katılır.Karışımın hazırlama özel bir donanımla ekstrüder dışında gerçekleştirilebildiği gibi sürekli bir proses elde etmek üzere ekstrüderin içinde gerçekleştirilebilir.Temel reçinenin özelliklerine göre uygun karıştırma donanımı ile katıkların temel reçineye katılıp, homojen ergiyik haline getirilmesinden sonra bu karışım üniform granül formuna getirilir. Ergitme işlemi Banbury tipi iç mikserlerle ile, açık ısıtımli haddeler ile yada ekstrüderler ile gerçekleştirilir.

Plastik Ekstrüzyonda kullanılan yardımcı kimyasal malzemelerden bahsedecek olursak,

- Darbe Mukavemeti Verici
- Titanyum Dioksit (TiO_2)
- Kalsit ($CaCO_3$)
- Stablizatör
- Renklendiriciler
- Kaydırıcılar

2.4.1 Darbe mukavemeti verici

Plastik ekstrüzyonda darbe mukavemeti verici olarak çeşitli firmaların ürettiği malzemeler kullanılmaktadır. Örneğin ; Paraloid Km 355, Dupont Dow Tyrin 6000 v.b. Bu malzemeler arasındaki farklılık akrilik yada polietilen klor esaslı olmalarıdır. Bu faktör imalat esnasında malzemenin matrizen akışını direkt olarak etkilemektedir. Polietilen klor esaslı malzeme daha rahat bir akış sağlamakta dolayısıyla ekstrüderin geri basınç ve vida torku değerlerinde belirli oranlarda düşmeler görülmektedir. Bu özelliğin imalat esnasında getireceği avantaj ve dezavantajlara göre akrilik yada polietilen klor esaslı darbe mukavemeti verici yardımcı kimyasallardan biri seçilmelidir.

2.4.2 Stablizatör

Hava şartlarına karşı dayanım vermek, renklendirmeye yardımcı olmak ve kaydırıcılık sağlamak için kullanılır. Bu kimyasal kurşunlu yada kurşunsuz olmak üzere iki çeşitte imal edilmektedir. Bu iki cins arasındaki seçim profil üreticisi firmaya bağlıdır. Yardımcı kimyasal üreten firmalar tarafından, malzeme özellikleri çok teferuatlı verilmesede kurşun yüzdesinin bilinmesi gerekmektedir. Bu malzemenin hangi oranda karışıma katılacağıda, profil üreticisi firmaya önerilmektedir.

2.4.3 Titanyum dioksit (TiO_2)

Bu malzemeyi kullanmaktaki amaç, PVC profillerine renk özelliğinin verilmesi ve güneş ışınlarına karşı renk değişiminin önüne geçilmesine imkan sağlamaktır.

Örneğin ; PVC profillerin pencere ve kapı haline getirildikten sonra takıldıkları yerlerde, hava şartları dolayısıyla sararmalarını engellemektir. Eğer ürün kullanıldığı yerde her geçen gün sararıyorsa burada ana etken TiO_2 'nin karışıma az oranda katılması yada kalitesiz TiO_2 kullanılmasıdır. TiO_2 'nin özellikleri ISO 787 ' ye göre düzenlenmiştir ve ISO 591 ' e göre sınıflandırılmıştır. Amerikan standartlarındaki yeri ise ASTM D 476 'da belirtilmiştir. Kabaca Titan diye tabir edilen bu malzemede, TiO_2 oranı % 90 civarındadır. Geri kalan kısmı ise organik ve inorganik bileşikler oluşturmaktadır. Hacimsel yoğunluğu ise yaklaşık $1 \text{ gr} / \text{cm}^3$ 'tür.

2.4.4 Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$)

Amaç karışımın hacminin artırılması yani dolgunluk verilmesidir. Kullanılan hammadde ve yardımcı kimyasallar arasında en ucuz maliyete sahip olanıdır. Bu nedenle üretici firmalar karışıma mümkün olan en çok miktarda $CaCO_3$ katarak kg. başına maliyet oranını düşürmek istemektedir. Tebeşir tozuna benzeyen bu malzemenin karışıma yüksek oranlarda katılması dayanımı olumsuz yönde etkilemektedir. Tavsiye edilen maksimum karışım oranı $6 \text{ kg} / 100\text{kg}$ 'dır. Ayrıca $CaCO_3$ yapı itibariyle mümkün olduğu kadar küçük taneli olması istenir çünkü bu özelliği ile kalibrasyon sisteminin parlatılmış yüzeylerinin çizilmesine ve ömrünün kısılmasına neden olabilmektedir. Zira içerisinde yoğunlukla ince beyaz mermer tozu ve $CaCO_3$ tozu bulundurmaktadır. Malzemenin yaklaşık kimyasal analizi ise şöyledir.

$$CaCO_3 \geq \% 98$$

$$MgCO_3 \leq \% 0,2$$

$$Fe_2 O_3 \leq \% 0,03$$

2.4.5 Renklendiriciler

Bu tip malzemeler genelde, PVC profillerin beyaz görünümünü arttırmak ve özel olarak işlenen sarı, mavi ve yeşil gibi ana renklerde üretim yapabilmek için kullanılmaktadır. En çok mavi ve beyaz tonundaki renklendiriciler kullanılmaktadır. Renklendiriciler tek başlarına kullanıldıklarında başka iyileştirici etkileri olmamaktadır. Bununla birlikte diğer yardımcı kimyasalların içerisinde, özel

sipariş üzerine karıştırılmış olarakda bulunabilirler. Bunun en çok rastlanan uygulamaları , renklendiricilerin stabilizatörlerle birlikte kullanılmalarıdır.

2.4.6 Kaydırıcılar

Kaydırıcılar çok değişik amaçlar için kullanılabilirler. Ekstruder gövdesinde ısının etkisiyle karıştırılarak kıvam verilen PVC karışımının kolay jelleşmesi ve istenilen kıvama gelmesini sağlamak, işlemi hızlandırmak , malzeme karışımını daha akıcı bir hale getirilmesi, daha parlak yüzey elde edilmesinin ve profillerin toz tutmasının engellenmesinin sağlanması bu amaçlardan bazılarıdır. İmalat esnasında karşılaşılan sıkıntılara göre kaydırıcı kullanmaya ihtiyaç duyulabilmekte, ama kullanılması mecburi değildir. Kaydırıcılarda renklendiriciler gibi tek başlarına kullanılabilirler gibi stabilizatör gibi ana yardımcı kimyasallar içerisinde, deneyler sonucu elde edilen karışım oranlarında, özel sipariş üzerine katılarak kullanılabilirler. Pahalı bir malzeme olan kaydırıcılar karışımda % 0,25 - 0,5 oranlarında kullanılmaktadırlar.

2.4.6 Akım

Malzeme, sert, karışmamış yada kötü bir şekilde karışmış parçacıkların bulunmadığı ve de özellikle vinillerin ekstrüderin ısıtılan parçalarına yapışma eğilimi göstermeyeceği homojen bir ergiyik akım karakterini taşıyacak şekilde karıştırılmalıdır. Bu faktörlerin gerçekleşmesi iyi karışmaya, uygun plastikleştiricinin seçimine ve uygun iç yağlama derecesine bağlıdır.

2.4.8. Yağlama

Aşırı yağlama sonucunda malzeme için vidada kayma gerilmesi oluşmayacağından, karışıma katılacak uygun yağlayıcı oranının doğru olarak seçilmesi gerekir. Yağlama derecesi kullanılan ekstrüdere göre değişir.

2.4.9 Denge

Karışım, ısı ve ışığa karşı ekstrüderde veya parçanın kullanılması esnasında bir segregasyon olmaması için dengelendirilir. Tabi ki ilk önce dengeleyicilerin,

plastikleştiricilerin, yağlayıcıların ve boyaların bu etkilere karşı dengeli olmaları gerekmektedir.

2.4.10 Granül veya parçaçık formu ve boyutu

Plastik malzeme toz halinde yada düzenli küp, silindir ve küre formundaki granüller olarak bulunur. Bu formlardan hangisinin seçileceği ise kullanılan ekstrüderin karakteristiklerine ve termoplastığın tipine göre belirlenir. Plastikleştirilmiş viniller, polietilen, selülozik malzemeler ve naylon için en iyi sonuçlar 3 - 2,5 mm'lik granüller ile elde edilir. Standart olarak kullanılan silindirik granüllerin boyutları, çap 3 mm ve boy 4 mm'dir. Plastikleştirilmemiş PVC ve polisitren için daha ufak granüller ile daha iyi sonuçlar elde edilir.

2.4.11 Nem miktarı

Bir ekstrüzyon malzemesi için nem miktarı son derece önemli bir faktördür. Nem limitleri analizleri zor olan hataları ortaya çıkarır. En kötü durum, buhar kabarcıklarının ekstrüzyon sırasında oluşup, matrisi terkederken bunların patlamasıdır. Daha hafif bir olumsuz olay ise nemli malzemelerde oluşacak ufak kabarcık hatlarının mamülün yüzeyini matlaştırıp, şeffaflığı azaltmasıdır. Akrilikler hafif higroskopik iken selülozikler ve naylon gibi termoplastikler oldukça fazla higroskopiktir. Havalandırılmayan ekstrüderlerde bu şekildeki malzemelerin önceden kurutulmaları yararlı bir uygulamadır. Vinil ve polietilenler gibi malzemeler normal koşullarda fazla nem soğurmadıkları için direkt olarak beslenebilir. Polisitren higroskopik olmamasına karşın granüllerin yüzeyden nem alma eğilimine sahip olmasından ötürü iyi bir sonuç için kurutma şarttır. Diğer önemli bir nokta ise temel reçine olmasa bile katıkların nem soğurma özelliğine sahip olma ihtimalinin bulunmasıdır. Bundan ötürü hazırlanmış toplam nem cetvellerinden okunacak değerlere göre hareket edilmelidir. Kurutmanın en basit ve en çok kullanılan metodu, fanla havalandırılan, sığ tablalara sahip, sıcaklığı kontrol edilen fırınların kullanılmasıdır. Kurutma zamanı düşük sıcaklık termoplastikleri için, malzemeye göre 80-85⁰ C sıcaklıkta 2-4 saat sürer. Naylon ise aynı zaman sürecinde vakum altında 110 - 120⁰C 'lik bir sıcaklıkta kurutulur. Havalandırılmalı ekstrüderlerin kullanılması ile ön kurutma olmadan da ekstrüzyona başlanabilir.

2.5 Karışımlara uygulanan testler

Termoplastik karışımlarının ergiyiklerinin akım özellikleri yalnızca özel bir malzemenin derecelerine göre değil, aynı zamanda bir katığın aynı ambalajlarda göstereceği üniformiteye bağlıdır.

Bu değişimler ekstrüzyonu güçleştirirken, aynı zamanda mamülün fiziksel özelliklerindeki etkileyebilir. Bunlar göz önünde bulundurulup, malzemeye dahil edilecek katıkların ergiyiklerinin akım özelliklerinin araştırılması ile donanımda gerekli düzenlemeler yapılabilir. Bu şekildeki reolojik testler plastomer adındaki, bilinen bir sıcaklıkta, standart bir orifisten ergiyiği geçirmek için gereken basıncın belirlenmesi prensibine dayanan cihazlar ile gerçekleştirilebilirse de bunların sonuçlarını tam olarak pratiğe yakın saymak mümkün olmamaktadır. Bunların yerine kullanımı yaygın olan Brabender Plastograph / Plasti - Corder isimli cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz, terk reometresini kaybeder, polimerlerin ve polimer karışımları ile oluşturulan numune ölçekli malzemelerin analizi sayesinde gerçek uygulamalara yakınlık sağlar. Cihazın donanımı arasında değişebilen kafalı karıştırma sistemleri ve değişebilen vidalı ekstrüderler bulunur. Ekstrüzyon malzemelerinin akım özelliklerinin bu önemli problemi göz önünde bulundurularaktan, hassas ölçümler için test donanımında kullanılacak ekstrüderin adyabatik olarak çalışması ve uygun şekilde donatılmış olması gerekir. Bunların dışında Evaluater isimli deney cihazı kullanılabilir. Bu cihaz, hassas konik kafa / konik vida ayarı ile basıncın kontrol edildiği ve verimin ayarlanabildiği bir besleme mekanizmasına sahip, yüksek hızlı, küçük bir ekstrüderdir. Vida hızı hassas olarak 900 d/dak'ya kadar ayarlanabilir. Dış ısıtma yalnız kafaya uygulanırken, malzemeye göre düzenlenir ve ekstrüder tamamen adyabatik olarak çalışmaya devam eder. Bu test metodunda ekstrüzyon malzemesinin üniform ve bilinen bir oranda beslenmesi yapılırken, istenilen özelliklere sahip mamul elde edilinceye kadar gerekli ayarlamalar mikrometrik hassasiyetteki kafadan yapılır. Malzemenin karakteristikleri verime, kafa ayarına, vida hızına ve tahrik motoru akımına bağlı olarak belirlenebilir.

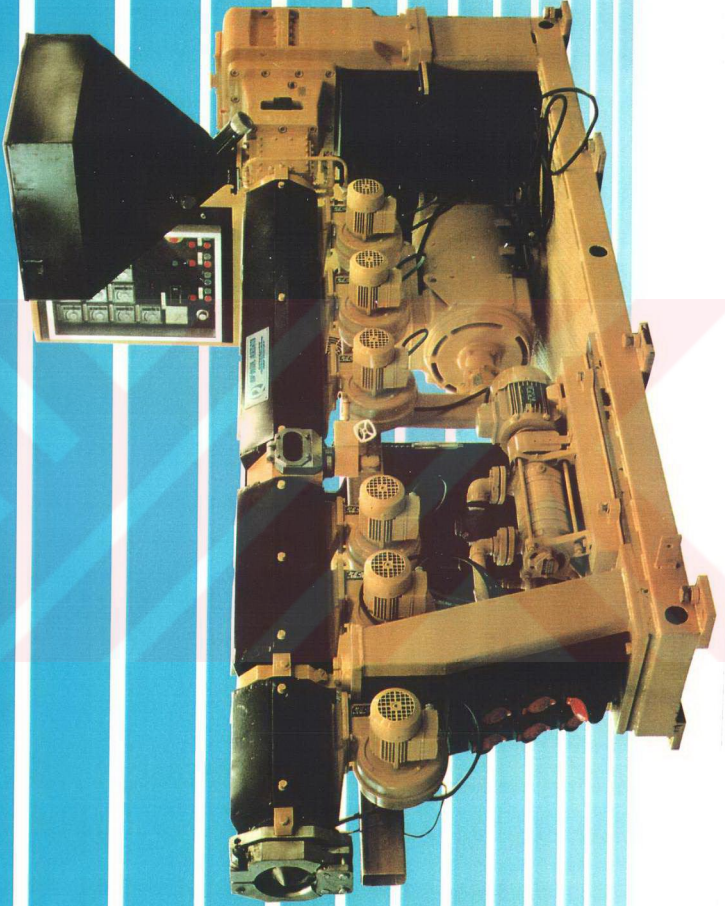
3.EKSTRÜDERLER

Plastiklerin ekstrüzyonunda, ekstrüzyon hattının ilk parçası olan ekstrüderler prosesin kalbi konumundadır. Birçok ekstrüder tipi bulunmasına rağmen prosesin sürekliliği ve bir çok uygulamaya kolayca uygulanabilirliği açısından en çok kullanılan ekstrüder tipi vidalı ekstrüderlerdir.

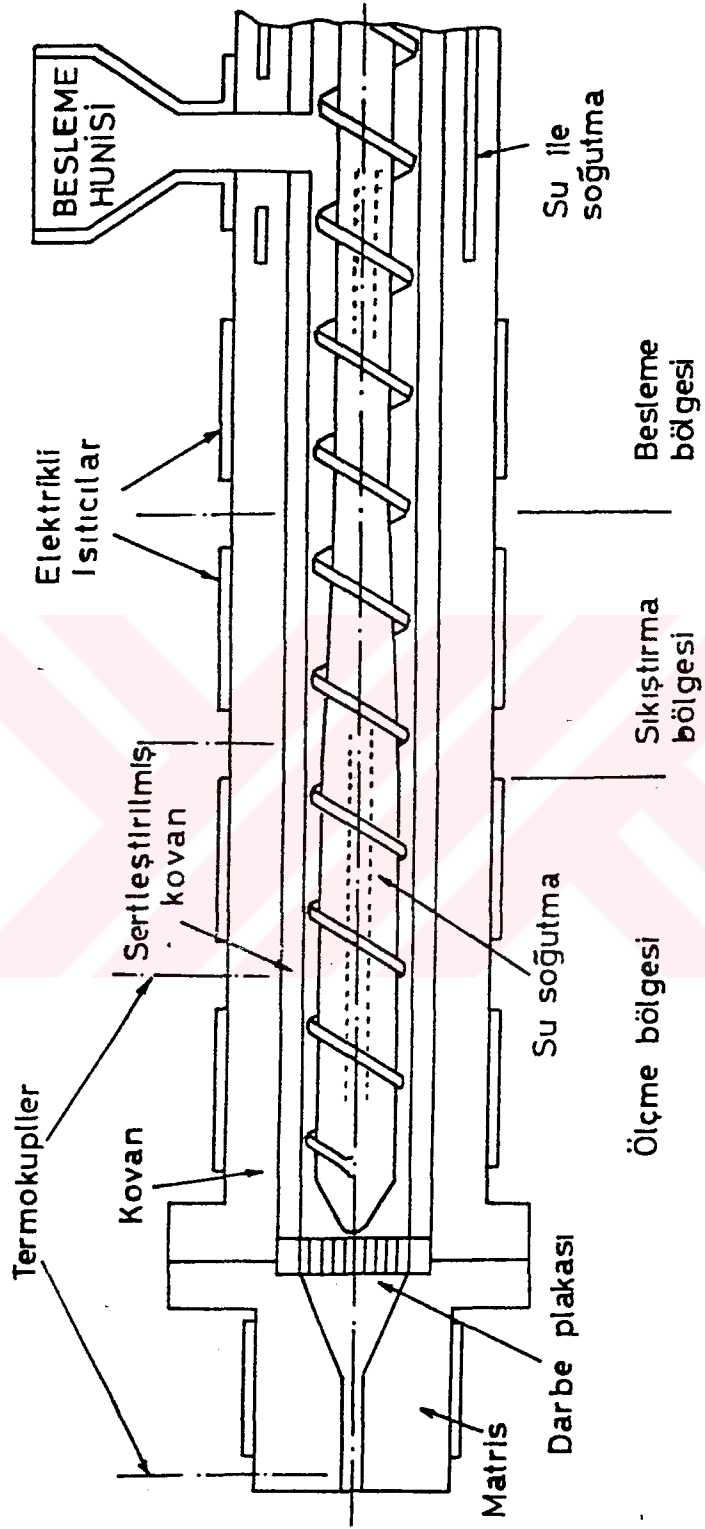
3.1 Tek vidalı ekstrüderler

İlk termoplastik malzemeler ekstrüzyon için uygun hale getirildiğinde, o ana kadar kullanılan lastik ve kazein ekstrüzyonu için kullanılan ekstrüderlerin termoplastikleri için yeterli olmadığı anlaşıldı. 1930'lu yıllardan itibaren termoplastik malzeme için yeni tip ekstrüderler geliştirilmeye başlandı. Şekil 3.3'de tek vidalı bir ekstrüder görülmektedir. Vida ve kovan, plastik malzemenin iletilmesi, eritilmesi ve basınç oluşturulmasında etkin olan birimlerdir. Tahrik sistemi vidayı kontrollü hızda döndürür. Kovan, sıcaklık kontrolörlerine bağlı olan ısıtma ve soğutma ekipmanları ile donatılmıştır. Erimiş malzemeyi ötelemek için vida ve kovanın fonksiyonu, vida konstrüksiyonuna ve ekstrüde edilen polimer malzemenin karakteristiklerine bağlıdır. Vidalı ekstrüderler sürüklenme prensibine göre çalışırlar. Ekstrüderlerin üç farklı çalışma bölgesi vardır. Bunlar besleme bölgesi, eritme ve plastikleştirme bölgesi, ve ölçme bölgesidir. Bu her bir bölge, plastikleştirme işleminde rolünü gerçekleştirmek için farklı vida konfigürasyonuna sahiptir. Tek vidalı ekstrüderlerin konstrüksiyonu, makinanın çalışması için gerekli kontrol sistemlerine uygulanan gerilmeye adapte olmuş komponentlerin kullanımını içermektedir. İyi bir termoplastik ekstrüzyonu için gereken ve malzemeye göre değişebilen başlıca özelliklerini şöyle sıralayabiliriz,

- 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 değişse de sürtünmeden doğan ısının sağlanması ve vida boyunca bir basınç gradyeni oluşturması ,
- 3) Darbe plakası - süzgeç ve / veya başka sınırlayıcı sistemlerin eklenmesi ,



Şekil 3.2 Tek vidalı ekstrüder



Şekil3.3 Vidalı bir ekstrüderin ana elemanları

- 4) Malzemenin karışımını, basıncını ve beslenmesi sağlayacak şekilde tasarlanmış vida ,
- 5) Bazı kesimlerde yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılarak sıcaklık gradyeninin oluşturduğu 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 de değiştirilebilmesi ile değişik malzemeler için değişik sıkıştırma oranlarının elde edilmesi,
- 9) Besleme vidasının kesinti olmadan değişken hızlarla tahrik edilebilmesi ,
- 10) Termoplastiklerin ekstrüzyonda karşılaşılan yüksek basınçlara dayanabilecek bir makina konstrüksiyonu ve yüksek güçlü tahrik motorları.,

Çizelge.9 Tek vidalı ekstrüderler için üretim hızları

Vida Çapı	Vida oranı	Verim
3,81	24 :1 L/ D	0,0063 – 0.0076 Kg /sn
5,08	24 :1 L/ D	0,0113 – 0,0151 Kg /sn
6,35	24 :1 L/ D	0,0189 – 0,0315 Kg /sn
8,89	24 :1 L/ D	0,0378 – 0,0504 Kg /sn
8,89	24 :1 L/ D	0,0441 – 0,0567 Kg /sn
11,43	24 :1 L/ D	0,0882 – 0,126 Kg /sn
15,24	24 :1 L/ D	0,1512 – 0,2016 Kg /sn

3.2 Tek Vidalı Ekstrüderlerde Vida Tasarımı

Tek vidalı ekstrüderlerde kullanılan ekstrüzyon vidalarının tasarımının ekstrüde edilecek yeni malzemeler ile en uygun sonuçları verecek şekilde gerçekleşmesi gereklidir. Bazı vidalarda 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

üzere reçinelere katkı malzemeleri ve renklendiriciler katılır. Bu gibi ilaveler karışımın reolojik karakteristiklerini veya ısıl sabitliğini değiştirebilir. Bu kombinasyonun ekstrüde edilebilirliği ham reçinelerdekine göre oldukça farklı olabilir. Yeni vida tasarımları ile bir mamul için en uygun karışımın eldesine karşılaşılan komplikasyonlar önlenabilir. Vida tasarımı değişiminin olumlu etkisinin görüldüğü en önemli örneklerden birisi Lineer düşük yoğunluklu polietilen(LLDPE) içeren karışımlardır. Son 15 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 bulunsada uygulama zamanının uzunluğundan ötürü pratiği gelişmiştir. Yeni bir malzeme geliştirildiğinde bunun reolojik ve termal özelliklerinin belirlenmesinde bilgisayar ile modelleme etkin olarak kullanılmaktadır.

Yeni vida tasarımları vidanın gerçekleştirildiği ergitme karıştırması 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. Bugün yapılan araştırmalar ergitmenin optimizasyonu yönünde yoğunlaşmaktadır.

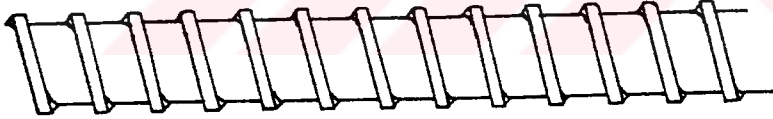
Ergitme iki ısı kaynağı ile kontrol edilir. İlki genellikle kovan ısıtıcıları (mika ve seramik resistanslar) ile dışarıdan uygulanan ısıdır. İkinci ısı kaynağı ise kayma veya viskoz ısıtımı olarak adlandırılır. Çok ısıtma, özellikle dağıtıcı ısıtım LLDPE gibi reçinelerde çözülmeye yol açabilir. Isıtma vidanın dönme hızının değiştirilmesiyle kontrol edilebilir. 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.

3.3 Tek Vidalı Ekstrüzyonda Vida Tipleri

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

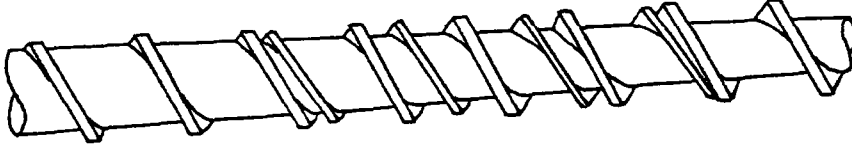
1. Sıkıştırma Vidası: Tipik bir kompresyon vidasında ergitme iki kaynak ile gerçekleştirilir. Bunlar kovan ısıtıcıları ve kayma ile oluşan ısıdır.



Şekil 3.4 Sıkıştırma vidası

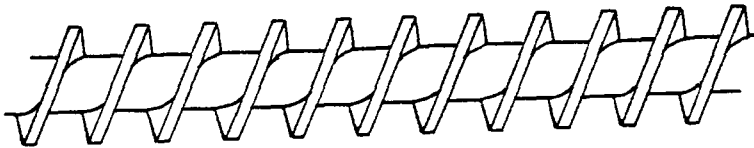
2. Bariyer Vidası: Bariyer vidalarında katı ve ergiyik malzemeler birbirinden ayrı tutulur. Sıkıştırma vidaları ile karşılaştırıldığında aynı malzeme miktarında daha düşük ergiyik sıcaklıklarında işlemenin mümkün olduğu görülür. Bariyerli vidalarda iki değişik bariyer tasarımı söz konusudur. Bunlardan birincisinde bariyer kanalı ve ergiyik kanalı, kovan ile aralığı normalden daha fazla olan bir taşıyıcı yüzeyle 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.



Şekil 3.5 Bariyer tipi vidası

3.İçten Isıtmalı Vidalar: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 ısınım ile malzemeye verilecek kayma ile elde edilen ısı miktarı azalır.Bu dönen vidanın ergitme prosesindeki işini azaltır. 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 kovansiyonel vidalarınkine oranla daha büyüktür.Örneğin bu açı kovansiyonel vidalarda 17° iken içten ısıtılan vidalarda yaklaşık 30° 'dir.Vida taşıyıcı yüzeyleri de kovansiyonel vidalarınkine göre daha derindir.Bu özelliklerin kombinasyonu ile verim %50 artmaktadır.



Şekil 3.6 İçten ısıtmalı vida tipi

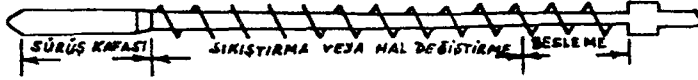
3.4 Vida Genel Karakteristik Özellikleri

Termoplastik malzemelerin mekanik ve termal özellikleri açısından diğer malzemelerden bir çok ayrımı vardır.Yüzey sertlikleri,ergime sıcaklıkları ve ergimedeki

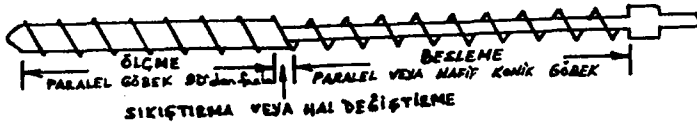
termal kondüktivite değerlerinin geniş bir alanı ve bu diğer faktörlerin etkilemesinden vida tasarımı bazı aşamalarda bu malzemelerle elverişli bir biçimde uğraş için bir çok vida çeşidinin olması gerektiği ortadadır. Bir ekstrüzyon vidası küçük malzeme grupları için uygun karakteristیکler ile tasarlanmaya 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 3.7 'deki vidayı üç bölgeye ayırabiliriz: Besleme bölgesi, Sıkıştırma (Hal Değiştirme) bölgesi ve Ölçme (Ergiyik) bölgesi. Şekil 3.8 'de 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 3.9'de ise yüksek yoğunlukta polietilen, naylon ve diğer düşük ergime viskozitesindeki güçlü malzemelerin başarılı bir şekilde ekstrüde edilmesi için kullanılan çok kısa bir sıkıştırma bölgesine sahip vida tasarımı görülmektedir.



Şekil 3.7 Vida tasarımı örnekleri



Şekil 3.8 Vida tasarımı örnekleri



Şekil 3.9 Vida tasarımı örnekleri

3.4.1 Besleme bölgesi

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 küreler benzeyen granüllerden oluşur.

Besleme bölgesi kesiti formunun diğer bölgeler gibi en iyi forma sahip olması önemli değildir. Malzemenin doğası gereği, sürtünme katsayısı besleme malzemesinin şekline göre kabul edilebilir değişimler göstermektedir. Bu bölge için uygun helis açısı, daha öncede belirtildiği gibi, vida ile malzeme arasındaki sürtünme katsayısının sıfıra eşit olması ($\mu = 0$) varsayımı ile 45° 'dir. Ancak ekstrüzyonda kullanılan pek çok plastik malzemenin sürtünme katsayısının 0.4 civarında olması nedeniyle, yaklaşık 20° 'lik helis açısı daha kabul edilebilmektedir. Böylece vida karakteristiğinin eğimi, dış derinliğinin küpüne, helis açısının sinüsünün karesine bağlıdır ve efektif vida uzunluğu ile ters orantılıdır. Bundan dolayı, dış derinliğinde küçük bir değişiklik, küpü ile orantılı olduğundan, eğim üzerinde hissedilir bir etki yapacaktır, dış derinliğinin arttırmak eğimi yükseltecektir. Benzer olarak, helis açısından bir değişiklik eğimi, açı değişikliğinin sinüsünün karesi ile orantılı olarak etkileyecektir. Helis açısındaki bir artış eğimde artış yaratır. Ölçme bölgesi için en verimli helis açısı, 1,8D 'lik dış eğimi ile 30° 'dir, ancak vidaların çoğunluğunun sabit eğimi nedeniyle helis açısında genel uzlaşma, bütün vidaların besleme bölgesi helis açılarının esas alınmasıdır. Helis açısı en çok 25° , en az 10° olabilir, ancak pratikte en yaygın kullanılan değer 17° 'dir, böylece çapa eşit eğim verilir. Vidanın besleme bölgesi performansının makinanın debi üzerinde belirgin etkisi vardır, ancak helis açısının vidanın diğer bölgeleri üzerindeki etkisi daha küçüktür. Vidanın besleme bölgesinin debiyi kontrol ettiği kabul edildiği gibi, besleme bölgesinin, ölçme bölgesini dolu tutacak yeterlikte malzeme taşıma kapasitesine sahip olması da önemlidir. Diğer taraftan, besleme bölgesinden, ölçme bölgesine yollanan malzeme kaynağının çok fazla olmamasını sağlamak da eşit önemdedir. Dengeden ayrılış dalgalanma ve itmelere yol açacaktır, bu sebeple, besleme malzemesinin hacim faktörüne uygun sıkıştırma oranının

seçilmesinde uygulamaya dikkat edilmesi gerekir. Sıkıştırma oranı genellikle 1.5: 1 ve 4:1 arasında değişmektedir.

Vidanın besleme bölgesinde diş şeklinin etkisinin belirlenmesi için testler yapılmış ve beklendiği gibi, diş dibi ve itme yüzeyleri arasındaki açının 90° olmasının en iyi performansı sağlamıştır. Bir diş şeklinin sıkıştırma ve ölçme bölgesinde kullanılmasının ölü bölgeler oluşması ile sonuçlandığı ve sonuçta malzeme debisinin azaldığı belirtilmelidir. Bundan dolayı, diş dibinde, vidanın her devrinde malzeme açıklığını daha da arttıran, dayanım sağlayan yuvarlatılmış geçişler kullanılması yaygındır.

3.4.2 Sıkıştırma bölgesi

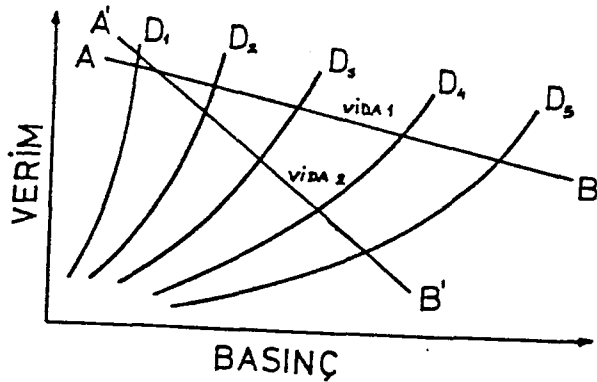
Sıkıştırma veya hal değiştirme bölgesi besleme bölgesini takip eder ve vida diş çapının azar azar büyümesiyle ölçme kesitine kadar malzemeyi ulaştırırlar. Daha kısa sıkıştırma bölgeleri, çoğunlukla iki veya bir diş hatvesini kapsayan, yüksek viskoz, ısıya duyarlı polimerler gibi kabul edilebilen çoğu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

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 kütlesine doğru üniform şekilde ısıtılabilen ve karıştırılan, böylece kırılmadan şekil değiştirebilerek enerji absorbe edebilmek mümkün olur. Böylece malzeme sıkıştırma bölgesinden geçer, homojen bir şekilde ergiyik hale geçer ve ergimemiş partiküllerden yoksun daha sonraki bölgelerde sadece ergiyik malzeme ile uğraşmış 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 strokunun bir matraste 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 diş 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 malzemede artan kırılma ile ekstrüzyon kalitesi bu tasarımın kullanılmasıyla ısı ve kırılma göre duyarlı polimerlerle sınırlandırılmıştır.

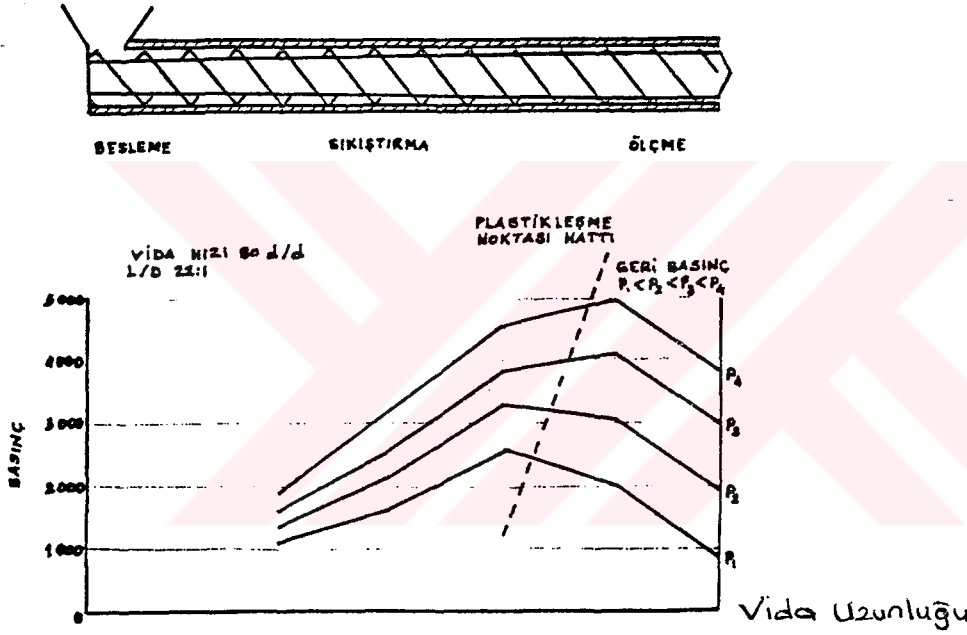
3.4.3 lme bölgesi

lme bölgesi, vidanın son kısmıdır ve ergimiş plastik malzemeyi sabit hacim ve basınçta kalıp sistemine ileten ölçü pompası olarak çalışır. Besleme bölgesindeki bir vida hatvesi hacminin , lme bölgesindeki bir vida hatvesi hacmine oranı sıkıştırma oranı olarak adlandırılır. Sürüklenme akışı, basınçlı geri akış ve sızıntı akışı mekanizmalarının lme bölgesinde oluştuğu kabul edilebilir ve kalıp sistemi ile vidanın bu kısmının değişkenlerinin birbirlerini etkilemeleri matematiksel olarak incelenebilir. Aşağıdaki şekilde bir ekstrüder vidasının debi eğrisi gösterilmektedir.



şekil 310 Ekstrüder karakteristik eğrileri

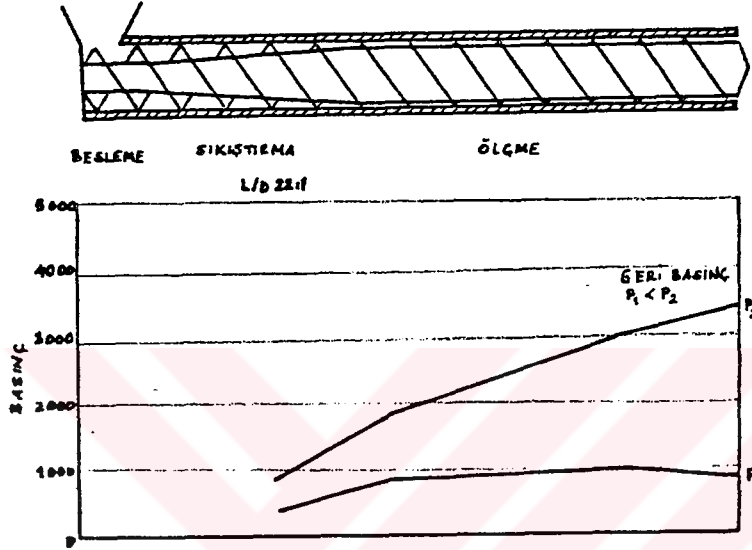
Ölçme bölgesinde ekstrüder vidası tarafından oluşturulan basıncı gözönüne alırken, kalıptaki basıncın genellikle ölçme bölgesinde artan basıncı temsil ettiği varsayılır, ancak ölçme bölgesinin başındaki herhangi bir basınç bu terimi artırır ve sonuçta diyagrama göre ve denklemlere göre hesaplanan debi, gerçek debiden büyük olur. Belirli vida tasarımları ile ölçme bölgesinin başındaki basıncın, kalıptaki basıncı aşabileceği Maddock tarafından gösterilmiştir. Bunun sonucu, ileri basıncı akış nedeniyle gerçek debiler hesaplanan değerden büyük olacaktır. Bunu deneylerde kullanılan, L/D oranı 22 olan, dört sarımlı ölçme bölgesi ve onaltı sarımlı geçiş bölgesi olan, çekirdek çapı artan vida tipi ile vida hızının değişiminin, grafiğin basit şeklini değiştirmediğini gösterir.



Şekil 3.11 Max. basınç noktası ile basınç artışı

Daha ilerki araştırmalar, basınç tepeleri ve basınç düşmelerinin, ölçme bölgesi uzunluğunu arttırarak ve geçiş bölgesi uzunluğunu azaltarak aşılabileceği göstermektedir. Böylece daha iyi bir karışma ve daha yüksek bir debi elde edilebilir. Yine de, malzemenin aşırı ısınmasını önlemek için ölçme bölgesinin kanal derinliğinin arttırılması gereklidir. Geçiş bölgesi tasarımında hiçbir değişiklik yapılmaz, artan çekirdek çapı korunur. Sonraki çalışmaların bir sonucu olarak, Maddock tarafından, ölçme bölgesinin iki kısma bölünerek vidanın tam ergimeyi ve

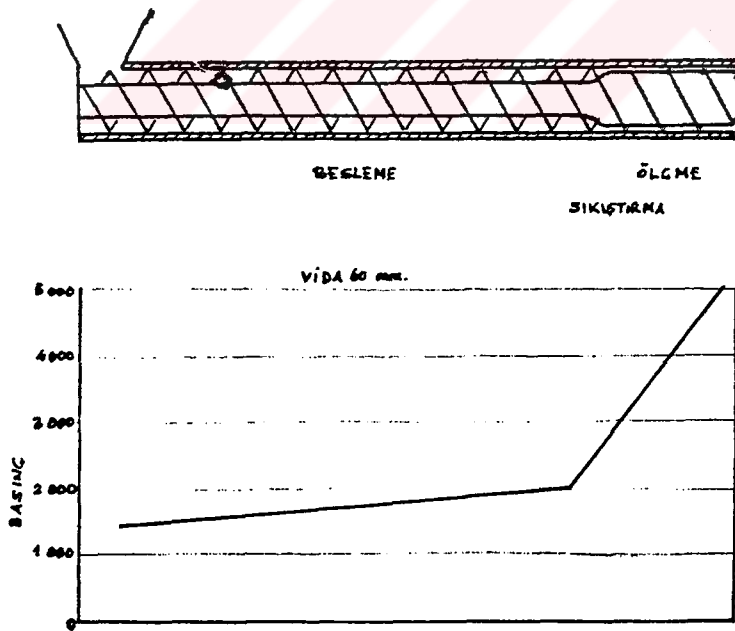
homojenliği sağlayacak yivli bir karıştırma bđlgesi iğermesinin avantaj ouşturacağı belirtilmiştir.Kısa geğiş bđlgesine sahip bir vidada, geğiş bđlgesinde çok şiddetli bir kayma artışı olur ve bu vida tipi bu nedenle rijit PVC ve benzeri yerel aşırı ısınma riski yüksek malzemelerde uygun olmayacaktır. Aşağıdaki şekilde, önerilen vida tipinin kısa geğiş bđlgesi için basınç artışını göstermektedir ve basınç tepesinin vida sonunda olduğu görülebilmektedir, böylece itme riski daha da azaltılmıştır.



Şekil3.12 Daha uzun lme bölgesinin max.basınç üzerindeki etkisi

Şekil 3.10 'deki grafik tipi, teorik grafiklerden biraz farklıdır. D1D5 kalıp karakteristikleri gerçek değerlere göre çizildiğinden eğriseldir. Teoride bu çizgiler orjinden geçen doğrular şeklinindedir. Bu sapma, ergimiş termoplastikler gibi Newtonien olmayan akışkanların bir karakteristiğidir. AB ve A'B' vida karakteristiklerinin, verilmiş bir vida hızında özel bir kalıp için, kalıp karakteristiklerini kestiği noktalar vida ucunda basıncı ve ekstrüder debisini verir.AB çizgisine dikkat edildiğinde, diyagramdan vida 1 için,vida hızında kalıplardan herhangi biri ile elde edilecek debi belirlenebilir.Eğer vida 1, daha derin boyutlandırma bölgesi olan bir vida ile değiştirilirse, sonuçta debi - basınç ilişkisi daha ykseklen eğimli bir çizgi ile verilir. Bu demektir ki, küçük bir kalıp ile vida 2, çok daha küçük bir debi verir ancak kalıp boyutu artıa vidalar arasındaki debi farkı azalır, derin dişli vida ile belli bir değerden sonra daha yüksek debi elde

etmek mümkündür.Şekil 3.10 'de gösterilen diyagram ile özel kalıp yada vida tasarımları için sağlanması gerekli koşullar belirlenebilir. Eğer dar ağızlı bir kalıp ya da büyük miktarda sınırlamaları olan bir kalıp sistemi beslemek gerekirse , göreceli olarak yüksek sıkıştırma oranlı bir vida seçilecektir. Diğer yandan , akışa az direnç gösteren bir kalıp ile en iyi çifti düşük sıkıştırma oranlı bir vida oluşturacaktır. Geniş bir kalıp boyutu alanında tutarlı bir debi veren vida belirlemek için uyuşmayı sınırlamak gereklidir. Bu durumda , daha yüksek sıkıştırma oranlı bir vida seçilecek ve kalıp sınırlamalarından etkilenmeyecektir.Vidanın besleme bölgesinde istenen derinlik bölgeden geçen ergimiş plastik malzemenin ortalama viskozitesi ile çok yakından ilişkilidir ve eriyiğin çalışma viskozitesi bilinmeden tam olarak belirlenemez . Böylece normal çalışma sıcaklıklarında çok düz karakteristikler veren bir vida, sert vinil ile aşırı derecede yükselen bir karakteristik oluşturur. Benzer olarak plastikleşmeyen PVC malzeme için tasarlanmış bir vida polietilen ile yükselen bir grafik verir. Tek vidalı ekstrüderlerin çoğunda vida tasarımına soğutma suyu ve ısıtma yağı kanalları eklenir. Vida tasarımının ayrıntıları ergime sıcaklığı alanı , ergime viskozitesi gibi faktörlere bağlıdır.



Şekil 3.13 Kısa bir hal değiştirme bölgesi vidasında basınç gradyeni

3.4.4 Sürüş kafası

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 dişe sahiptir.

Sürüş kafasının üç amacı vardır ; İlk 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. (İzmirlioğlu,1994)

3.4.5 Vida ekstrüzyonun temel prensipleri

Vida ekstrüzyonu makinası, bir ucunda çevresel veya teğetsel besleme aralığı, ötesinde ise bir orifis veya matrisin bulunduğu, ısıtılmış bir kovan yada silindirin içerisinde dönen özel formlu bir vidadan oluşmaktadır. Vida boyunca bir basınç gradyeni oluşumuna yardımcı olmak üzere vida sonu ile matris arasına çoğu zaman darbe plakası ve süzgeçten yerleştirilir. Matristeki basıncın kontrolü oldukça önemli olduğundan, darbe plakası ve tel süzgeçin yanında bir valf de kullanılmaktadır. Vidalar genellikle boydan, boya yada belli bir uzunlukta delinerekten, beslemedeki gereksinimlere göre soğutulabilir veya ısıtılabilir. Vida ekstrüzyonu tek vidalı ekstrüderler ile olabildiği gibi çoklu mekanizmalar ile de gerçekleştirilebilirken, her iki durumda da temel prensipler aynıdır.

Dönen vida, genelde granül veya toz halindeki malzemeyi besleme açıklığından alır, ısıtılan kovan bölgesinden darbe plakasına yada başka bir kısılma ortamına doğru sıkıştırır ve basınç oluşumunu sağlar. Bu esnada malzemenin sıcak kovan cidarı ile filimsel 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. Böylece bir mekanizmanın hemen farkedilen en önemli avantajı, malzemenin kapalı bir sistemde üniform olarak ısıtılabilmesi ve prosesin sürekli oluşudur. (İzmirlioğlu,1994)

3.4.5.1 Vidanın çapı ve boyu

Vida sadece malzeme iletimini sağlayan bir unsur olarak kabul edilirse vidanın hacimsel kapasitesini ve besleme miktarını belirleyen en önemli ögeler çap ve uzunluk olur. Çap ve uzunluk, ikincil olarak sürtünme ve kayma ile üretilen ısı miktarına bağlı olarak malzemeye verilmesi gereken ısı miktarının ve dolayısıyla gerekli enerji ve güç gereksinimlerinin belirlenmesinde önemli birer etkidir. Bunlardan ötürü vidaların uzunluklarının çaplarına olan oranı (L/D) önem kazanır. Uzunluğun artmasının ortaya çıkaracağı problemler çözümlerse, daha uzun vidalar ile daha yüksek mamul performansı elde edilebileceği söylenmektedir. Ama yine de değişik termoplastik malzemeler, değişik işleme koşullarına ihtiyaç gösterdiğinden L/D oranı için bir genelleme yapmak uygun olmayacaktır.

3.4.5.2 Vidanın hatvesi ve taşıyıcı yüzey formu

Taşıyıcı yüzeyin hatvesi ve helis açısı vidanın çevresel hızı ile birlikte ekstrüderin verimini belirleyen önemli faktörlerden ikisidir. Belli bir dereceye kadar malzemeye uygulanan kayma gerilmesi ve elde edilen sürtünme ısısında bunlara bağlıdır. Taşıyıcı yüzeyin derinliği de yine belli bir dereceye kadar kayma gerilmesi ile 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. (İzmirlioğlu,1994)

3.4.5.3 Genel dizayn

Genel bir kural olarak, iki yada 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 dizaynda, birbiri ile kesişmeyen iki taşıyıcı yüzeyden özel formdaki ikincisi erğiğe yüksek basınç uygularken, birincisinin hacimsel kapasitesi sıfıra doğru ilerler ve yeniden granüller 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 kapasitelerini yukarıda belirtildiği gibi azaltılması ile akışkanlaşan malzemenin hacimsel azalması malzemenin homojenliğini 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 de elde edilebilir. Gereken karıştırma derecesi, vikoze ve geçiş sıcaklığı gibi faktörlerin tümü vida dizaynını etkiler. Dizayn, bu faktörlerin ekonomik unsurlar, yüksek verim ve düşük güç sarfı ile ortak paydasının bulunması ile gerçekleştirilir.

3.4.5.4 Vidanın hızı

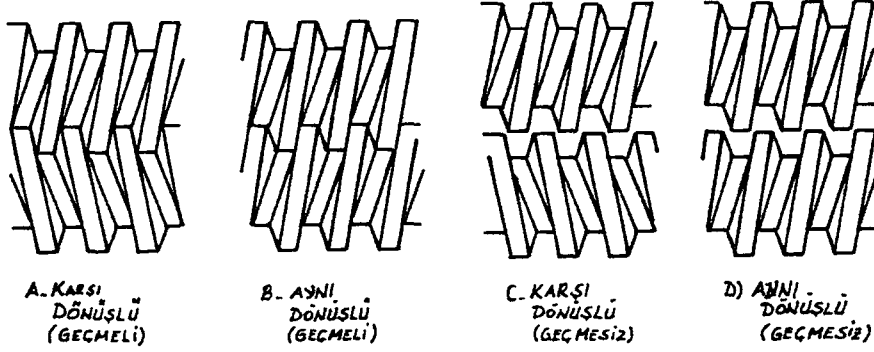
Vidanın çevresel hızı yalnız malzemenin hareketinde değil aynı zamanda sürtünme ile elde edilen ısı miktarının belirlenmesinde de önemli bir değişkendir. Bir ekstrüderin verimi direkt olarak vida hızı ve güç sarfı ile tam orantılı olarak artmaz. Birim güç başına maksimum verimi sağlayacak bir hız seçilmelidir.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

3.5 Çift Vidalı Ekstrüderler

3.5.1 Çift vidalı ekstrüderlerin genel özellikleri

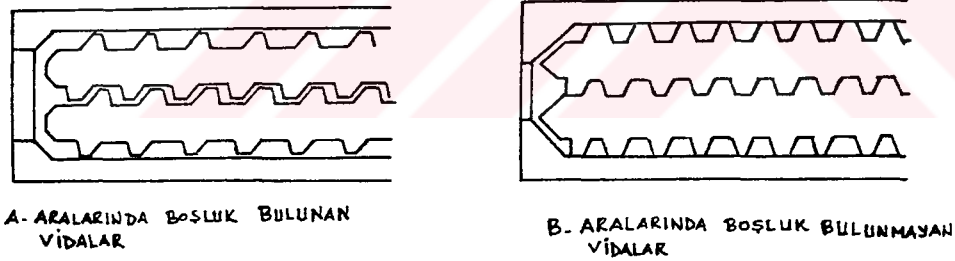
Bu makineler tek vidalı ekstrüderler ile kıyaslandığında yüksek verim, etkin karıştırma ve ısı üretimi gibi konularda daha geniş olanaklara sahip olunduğu söylenebilir.

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



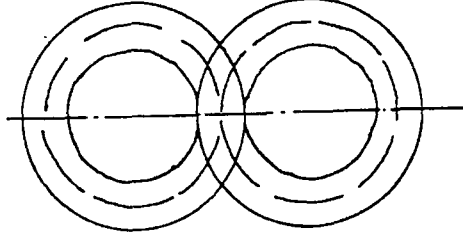
Şekil 3.14 Değişik çift vidalı ekstrüder tipleri

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 3.15 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 aşağıdaki şekilde görülen formu oluşturacak şekilde bir vidadan ötekisine aktararak iletilir.



Şekil 3.16 Aynı dönüşlü vidalarda malzeme akım hattı

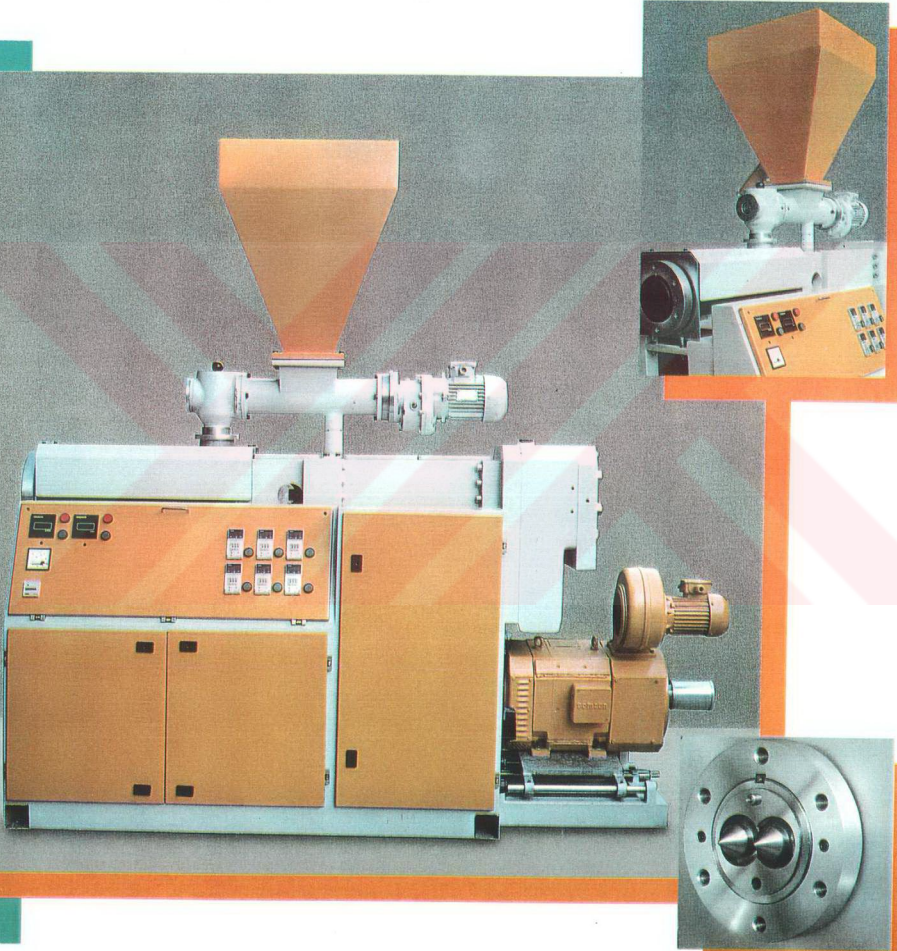
Bu tip sıralama, özellikle ısıl hassasiyete sahip malzemelere, malzeme ekstrüderden hızlıca ve düşük sıkışma olasılığı ile iletilebildiği için uygulanan ideal bir düzenlemedir. Vidalar birleşmiş ise, vidaların çevresindeki hareket yavaştır ama itici hareket daha büyüktür.

3.5.2 Çift vidalı ekstrüderlerde akım analizi

Çok vidalı ekstrüderlerin akım mekanizmasını, tek vidalılarda olduğu kadar uygun yaklaşımlar ile ele almak prosesin kompleksitesinden ötürü güçtür ve dolayısıyla prosesin tanımlamaları teorik olarak umut edilen esaslara dayanmaktadır. İki vidanın birbirine geçmesinden ötürü malzeme kolayca kesitte "C" formundaki kesitlerin birisinden ötekine geçemez ve kaçınılmaz olarak kovan boyunca taşınır. Bu süreksiz 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 süreksiz konumundan ötürü tek vidalı ekstrüderlerde kullanılan basınç ve geri akım denklemlerinin kullanılması söz konusu değildir. Dolayısıyla 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

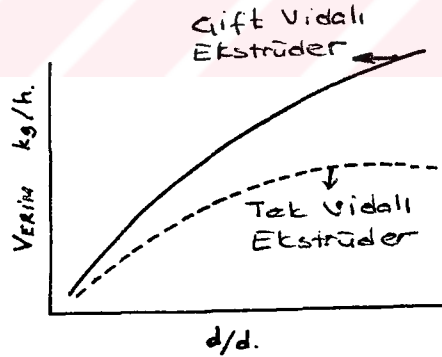


Şekil 3.17 Çift vidalı ekstrüder

sistem ile malzemeye verilebilecek ısı zamana bağlıdır ve malzemeye belirli bir minimum zaman aralığında ekstrüder içinde kalmak durumundadır. Bundan ötürü çok vidalı ekstrüderler ile çalışmada üst sınır iletilebilen ısı ile belirlenebilmektedir.

3.5.3 Çift vidalı ekstrüderde verim

Çift vidalı bir ekstrüderin matris değişimlerine hassasiyetinin oldukça az veya sabit bir vida hızında veriminde yaklaşık sabit kalacağını söyleyebiliriz. 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 aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 3.18. Tek ve çift vidalı ekstrüderlerin verimleri

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 hızını göre verim eğrisini vermektedir. (İzmirlioğlu,1994)

3.6 Tek Ve Çift Vidalı Ekstrüderlerin Mukayesesi

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 düzenlenmeside önemli bir sınırlamadır. 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 kısılması daha da az bağımlıdır. Dolayısıyla bu tip ekstrüderler özellikle işlenmesi zor malzemelerden kalın kesitlerin ekstrüzyonu için tek vidalı ekstrüderlere göre daha uygundur. Aşağıdaki tabloda çift ve tek vidalı ekstrüderlerin karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 3.10 Çift ve tek vidalı ekstrüderlerin mukayesesi

TİP	TEK VIDALI EKSTRÜDERLER	AYNI DÖNÜŞLÜ ÇİFT VIDALI EKSTRÜDERLER	KARŞI DÖNÜŞLÜ ÇİFT VIDALI 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
İletim Etkinliği	Düşük	Orta	Yüksek
Karıştırma Etk.	Düşük	Orta/Yüksek	Yüksek
Kayma 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

3.7 Süzgeç Ve Darbe Plakası

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, ikinci olarak süzgeç matrise giren malzemenin tamamen homojen ve yabancı maddelerden arındırılmasını sağlar.

Darbe plakası ve süzgeçin geri akım ve karıştırma karakteristikleri özellikle kuru karışımların ve benzer küçük parçaların ekstrüzyonunda önem kazanır. 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 bitiriminde olumlu özellikler yakalanmasını temin eder. Darbe plakası - süzgeç sisteminin etkisi malzemenin viskozitesine göre değişir. (İzmirlioğlu,1994)

3.8 Ekstrüder İçindeki Akışın Analizi

Malzemenin ekstrüderden çıkışı; sürüklenme akışı, basınç çıkışı ve kaçak akışların bileşiminden oluşur. Eriyiğin sabit viskozitesinde ve akışın ise geniş ve sığ alanda izotermal olduğu kabul edilmiştir. Bu şartlar ölçme bölgesindeki şartlara çok yakındır.

3.8.1 Sürüklenme akışı

İki paralel plaka arasındaki akış durumunu incelersek ;

ABCD küçük eriyik parçası ele alınırsa , debi (Q)

$$dQ = V \cdot dy \cdot dx \quad (3.1)$$

Hız gradyanının lineer olduğu kabulü ile buradan ,

$$V / V_d = y / H$$

$$V = V_d \cdot y / H \text{ bulunur.}$$

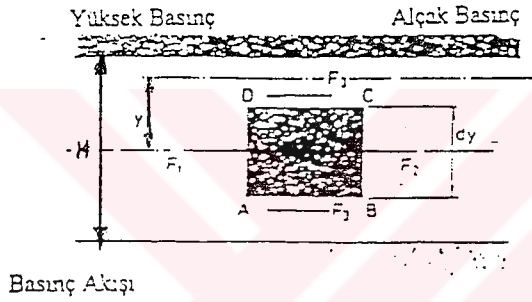
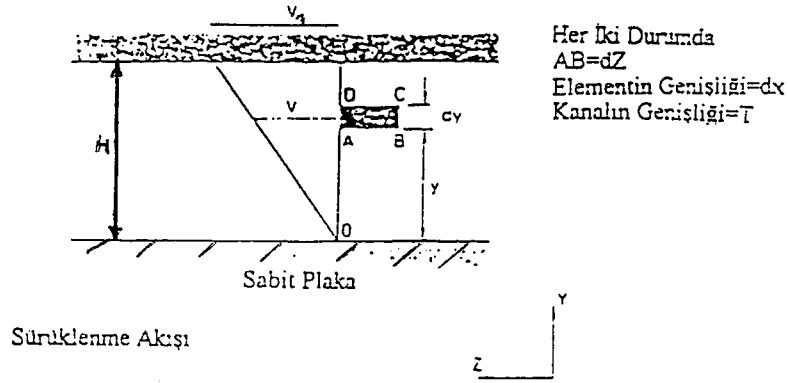
Formül 3.1 'de yerine koyarsak ve kanal derinliği "H"e bağlı olarak integrali alınırsa,

$$dQ = V_d \cdot y / H \cdot dy \cdot dx$$

$$Q_d = \int_0^H \int_0^T V_d y/H dy dx$$

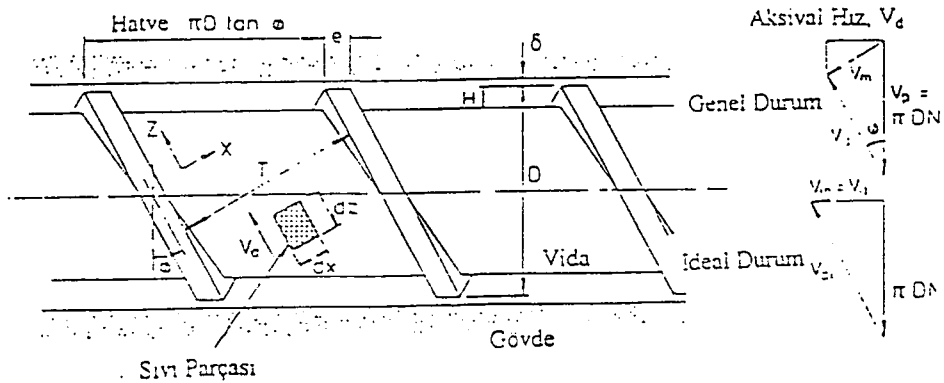
$$Q_d = 1/2 V_d H.T$$

(3. 2)



Şekil 3.19 Sürüklenme akışı ve basınç akışı

Ekstrüderde vida ve kovanın rölatif hareketine uygulanabilir. Aşağıdaki şekilde ergiyik parçasının vida içindeki durumunu göstermektedir.



Şekil 3.20 Vida detayı

$V_d =$ Aksiyal hız

$$V_d = \pi D.N.\cos\phi$$

$$T = (\pi D.\tan\phi - e) \cos\phi$$

$$Q_d = 1/2 (\pi D.\tan\phi - e) (\pi D.N.\cos^2\phi) H$$

Birçok durumda " e" ifadesi " $\pi D.\tan\phi$ " ile karşılaştırıldığında çok küçük kalacağı için ihmal edilebilir, o zaman ;

$$Q_d = 1/2 \pi^2 D^2 N.H.\sin\phi\cos\phi \quad (3.3)$$

elde edilir. (Demirel,1997)

3.8.2 Basınç akışı

İlk şekildeki eriyik parçası dikgate alınır ve P basınç ve dt parça üzerindeki kayma gerilmesini belirtirse, buna göre kuvvetler ;

$$F_1 = (P + \delta P / \delta z dz) dy.dx$$

$$F_2 = P.dy.dx$$

$$F_3 = d\tau.dz.dx$$

Bu kuvvetler, sürekli akış için dengededir.

$$\text{Buradan ; } F_1 = F_2 + F_3$$

Formülleri yerine koyarsak ;

$$1/2 dP/dz.dy = d\tau$$

haline indirgenebilir. Merkezden y uzaklıktaki kayma gerilmesini (τ_y) elde etmek için bu formülün integrali alınır ;

$$\int_0^y 1/2 dP/dz.dy = \int_0^{\tau_y} d\tau$$

$$y.dP/dz = \tau_y \quad (3.4)$$

Newtonien sıvı için kayma gerilmesi (τ_y) viskozite (η) ve kayma hızına (γ) bağlıdır.

$$\tau_y = \eta\gamma = \eta dV / dy$$

Bu değeri (3.4) formülde yerine koyarsak ;

$$y dP/dz = \eta dV/dy$$

$$\int_0^y dV = 1 / \eta dP/dz \int_0^y y.dy$$

$$V = 1/\eta dP/dz (y^2/2 - H^2/8) \text{ olur.} \quad (3.5)$$

Debi (dQ) ise ;

Kaçak akış, CD kesitinde basınç farkından (ΔP) dolayı oluşur. Basınç A' dan B' ye şu formülle artar.

$$\Delta P_{AB} = \pi D \tan \phi dP/dL$$

eğer basınç artışı lineer ise kanatlara dik olarak AC noktaları arasındaki basınç farkı aşağıdaki ilişkiye göre oransal olarak oluşur.

$$\begin{aligned} \Delta P / \Delta P_{AB} &= AC / AB = (AB - BC) / AB \\ &= (\pi D / \cos \phi - \pi D \tan \phi \sin \phi) / (\pi D / \cos \phi) \\ &= 1 - \sin^2 \phi \\ &= \cos^2 \phi \end{aligned}$$

Böylece ;

$$\Delta P = \pi D \tan \phi \cos^2 \phi dP/dL \quad (3.9)$$

Formülü (3.8)' de yerine konulmasıyla ;

$$Q_L = (\pi^2 D^2 \delta^3 / 12 \eta e) \tan \phi dP/dL \quad (3.10)$$

Vidanın kovan içerisindeki aksenal kaçıklığı (eksantrikliği) da dikkate alınmalıdır. Kaçak akış bu durumda % 20 civarında artış gösterecektir. Ekstrüderdeki toplam malzeme çıkışı, sürüklenme, basınç ve kaçak akışın kombinasyonu sonucunda oluşur. Böylece 3.3, 3.7, 3.10 bağıntılarından

$$Q = (1/2 \pi^2 D^2 N H \sin \phi \cos \phi) - (\pi D H^3 \sin^2 \phi / 12 \eta) dP/dL - (\pi^2 D^2 \delta^3 / 12 \eta e) \tan \phi dP/dL \quad (3.11)$$

Pratikte kaçak akış ihmal edilebilir. Ayrıca basınç gradyeni aşağıdaki şekilde lineer olarak düşünülebilir;

$$dP/dL = P/L$$

(3.11)' den iki nokta rahatlıkla tesbit edilebilir. Bunlardan biri ekstrüder ucunda serbest akışın olduğu durumdur.

$$Q = Q_{\max} = 1/2 \pi^2 D^2 N H \sin \phi \cos \phi \quad (3.12)$$

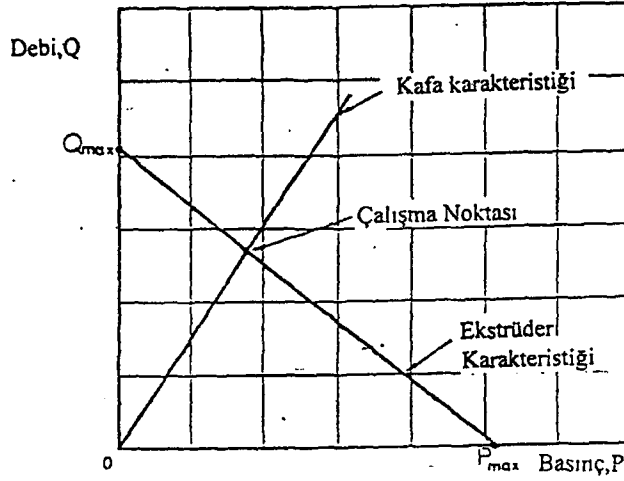
Diğeri ise ekstrüder çıkışında akış olmayacak şekilde büyük basıncın olmasıdır.

Yine (11)' de kaçak akış ihmal eder ve $Q = 0$ dersek ;

$$P = P_{\max} = 6 \pi D L N \eta / H^2 \tan \phi \quad (3.13)$$

Daha önceki şekilde verilen ekstrüder karakteristiği benzer olarak aşağıdaki şekilde verilmektedir. Ekstrüder, çıkıştaki basınç düşük ise yüksek çıkış verir. Ancak

ekstrüder çıkışı kafa girişidir ve kafa giriş basıncı arttıkça kafa çıkışı artacaktır. (Demirel,1997)



Şekil 3.22 - Ekstrüder ve kafa karakteristikleri

$$K = \pi R^4 / 8\eta L_d$$

R kafa geçiş radiusu ve L_d kafa uzunluğuyken Newtonien akışlarda kafa çıkışı Q; $Q = KP'$ dir. (3.14)

(3.14) eşitliği, yukardaki şekilde gösterilen kafa karakteristikleri oluşturur ve iki karakteristiğin keşişme noktası ekstrüderin çalışma noktasıdır. Yukarıdaki şekilde çıkış üzerinde ne çeşit parametrelerin etken olduğunu göstermesi açısından ilginçtir. Örneğin; vida hızının (N) artırılması ekstrüder karakteristiğini yukarı doğru çekecektir. Benzer şekilde kafa radiusunun (R) artırılması kafa karakteristiğinin eğimini artıracaktır. Her iki durumda ekstrüder çıkışını artıracaktır. Ekstrüder / kafa kombinasyonunun çalışma noktası, kaçak akışın ihmal edilmesiyle (3.11) ve (3.14) eşitlikleriyle belirlenebilir.

$$Q = 1/2 \pi^2 D^2 N H \sin\phi \cos\phi \left(\pi D H^3 \sin^2\phi / 12\eta \right) P / L$$

$$= (\pi R^4 / 8\eta L_d) P$$

Çalışma noktasındaki basınç ;

$$P_{OP} = \left\{ (2\pi\eta D^2 N H \sin\phi \cos\phi) / (R^4/2L_d) + (DH^3 \sin^2\phi) / 3L \right\} \quad (3.15)$$

(Demirel,1997)

3.8.4 Ekstrüderde hacimsal verim

Daha öncede ifade edildiği gibi ideal ekstrüder çıkışı, malzemenin vida boyunca rotasyon olmadan aksel doğrultudaki hareketinden sağlanır. Bu durumda malzeme üzerindeki aksel hız (V_a);

$$\begin{aligned} V_m = V_a &= \text{Hatve} \cdot \text{Vida Hızı} \\ &= \pi D \tan \phi N \end{aligned}$$

vida kanatlarına paralel komponent hız (V_{di});

$$\begin{aligned} V_{di} &= V_a / \sin \phi \\ &= \pi D N \tan \phi / \sin \phi \end{aligned}$$

Buradan ideal debi ;

$$\begin{aligned} Q_{ideal} &= V_{di} \text{ Vida Dış Kesidi} \\ &= \pi D N \tan \phi / \sin \phi (\pi H D \tan \phi \cos \phi) \end{aligned}$$

$$Q_{ideal} = \pi^2 D^2 H N \tan \phi \quad (3.16)$$

(3.12) ve (3.16) 'dan vidanın hacimsel verimi :

$$Q_{max} / Q_{ideal} = 1/2 \cos^2 \phi \quad (3.17)$$

Buradan hacimsel verimin sadece helis açısından bağlı olduğu görülür ve genel olarak hatvenin vida çapına eşit olduğu düşünülürse $\phi = 17^{\circ}40'$ olur. Bu da hacimsel verimin % 45,4 olduğunu gösterir.

3.8.5 Güç gereksinimi

Vidaya uygulanan güç, plastik malzemenin kovan boyunca ilerlemesine, sıkıştırılmasına ve kaymaya maruz kalmasına neden olur. Bu güç, kovan cidarındaki ve temas halindeki eriyik üzerindeki kayma gerilmesiyle hesaplanabilir. Güç gereksinimi ;

$$\begin{aligned} \text{Güç} &= \text{Çevresel Hız} \cdot \text{Çevresel Kuvvet} \\ &= V_p F_p \end{aligned} \quad (3.18)$$

şeklinde belirlenir.

$$V_p = \pi D N \text{ ve}$$

$$F_p = F_s / \cos \phi \text{ dir.}$$

Fakat ;

$$\begin{aligned}
 F_s &= \tau (AC) dz \\
 &= \tau \pi D \sin\phi dz \\
 &= \tau \pi D dL
 \end{aligned} \tag{3.19}$$

τ kayma gerilmesidir ve Newtonien sıvılar için ;

$\tau = \eta dV / dy$ olarak verilir.

Ve (3.18) ve (3.19) 'dan , kovan duvarındaki hızının dV / dy olduğu düşünülürse güç (dE) ;

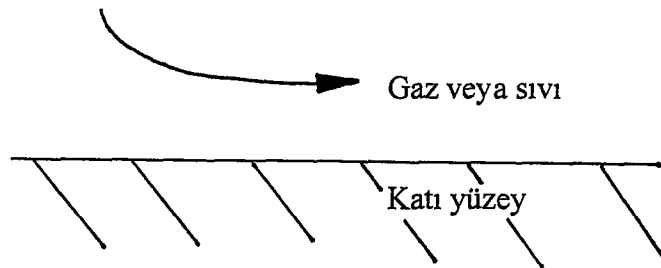
$$dE = \eta (dV / dy) \pi^2 D^2 N dL \tag{3.20}$$

(3.20) 'de ifadesinde 0' dan L 'ye kadar integrali alınır ve toplam güç (E) gereksinimi bulunur. (Demirel ,1997)

3.8.6 Soğutma suyu kanal hesabı

3.8.6 Taşınım (konveksiyon) ısı transferi

Bir katı yüzey ve buna bitişik hareketli bir akışkan arasında sıcaklık farkından dolayı gerçekleşen ısı transferine taşınım (konveksiyon) ısı transferi denir. İki çeşit taşınım ısı transferi vardır. Bunlar zorlamalı (cebri) taşınım ve serbest taşınımdır. Cebri taşınımda akışkan bir pompa veya fan ile yüzey üzerinde akıtılır. Serbest taşınımda ise akışkan içindeki ısı transferinin oluşturduğu sıcaklık farklılıkları, yoğunluk farklılıkları da akışkanın hareketini sağlamaktadır.



Taşınım ısı transfer miktarını hesaplama amacıyla Newton tarafında verilen temel ifade "Newton Soğuma Kanunu" olarak adlandırılmaktadır.

$$Q_{\text{taşınım}} = \alpha \cdot A \cdot (T_{\text{yüzey}} - T_{\text{akışkan}}) \quad (\text{kJ/h}) \tag{3.21}$$

Burada α (kJ/m²h °C) cinsinden taşınım ısı transferi katsayısı, A (m²) cinsinden ısı akım yönüne dikey yöndeki ısı transfer alanı, (T_{yüzey} - T_{akışkan}) sıcaklık potansiyel

farkı ($^{\circ}\text{C}$)'dir. α yüzey geometrisine, akım şartlarına, akışkanın fiziksel özelliklerine akışkan ile yüzey arasındaki sıcaklık farkına, geometriye ve giriş şartlarına bağlıdır.

3.8.8 PVC pencere kapı sistem profilleri için soğutma kanalı hesabı

Plastik ekstrüzyon makinası ile elde edilen PVC pencere kapı sistem profilleri (kasa, pencere ve kapı kanat, kayıt, çeşitli cam çita profilleri, kapı dönüş borusu ve adaptörü v.s.) soğutma amacı ile su kanalına girer. PVC bir malzemenin aynadan çıkış sıcaklığı 180°C 'dir. Makina hızı, su kanalından profilin çıkış sıcaklığı, suyun giriş ve çıkış sıcaklıklarına göre kanal boyu hesabı için aşağıdaki ifadeler kullanılır.

$$Q_{\text{profil}} = Q_{\text{su}}$$

Profilin transfer edeceği ısıya soğutma suyu denir.

$$Q_{\text{profil}} = m_{\text{profil}} \cdot c_{p\text{profil}} (T_{\text{profil suyu giriş}} - T_{\text{profil sudan çıkış}}) \quad (3.22)$$

$$Q_{\text{su}} = m_{\text{su}} c_{p\text{su}} (T_{\text{su çıkış}} - T_{\text{su giriş}}) \quad (3.23)$$

Burada c_p ($\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$) cinsinden sabit basınçta ısınma ısısı, m (kg) cinsinden kütledir. Profil ile su arasında, kanal boyunca, ısı transferi için ;

$$Q_{\text{profil}} = \alpha_{\text{profil}} \cdot A_{\text{profil}} \Delta T_m \quad (3.24)$$

de yazılabilir. ΔT_m ($^{\circ}\text{C}$) cinsinden ortalama logaritmik sıcaklık farkıdır.

$$\alpha_{\text{profil}} = 14653,8 (V/60)^{0,85} \quad (\text{kJ}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}) \quad (3.25)$$

$$\Delta T_m = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln (\Delta T_1 / \Delta T_2) \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (3.26)$$

Polipen firmasında yaptığım deneylerimde amacım teorik hesaplama yöntemi ile pratikte kullanılan su kanalı boyutlarını karşılaştırmaktı. Oradan aldığım verileri kullanarak örnek hesaplamalar yaptım. Polipen fabrikasında aynı ekstrüzyon makinasında çekilen PVC pencere kapı sistem profilleri arasından 2 farklı tip seçilerek su kanalı için boy hesaplaması yapılmıştır. Su kanalı yaz ve kış 12°C sıcaklıktaki su ile beslenmektedir. Çıkış sıcaklığı 16°C ve profil çıkış sıcaklığı 180°C 'dir.

$$c_{p\text{su}} = 4.1868 \text{ kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$$

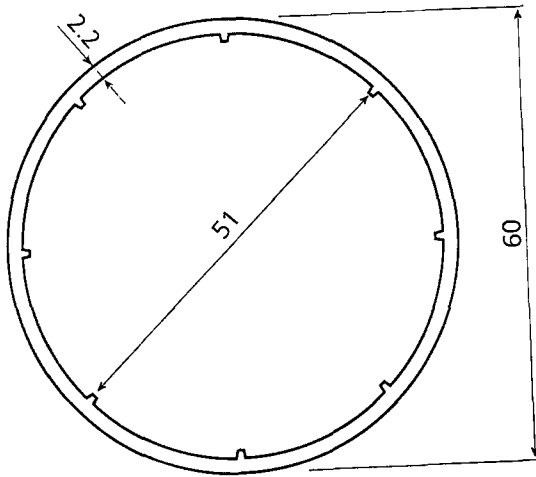
$$c_{p\text{profil}} = 2.0934 \text{ kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C} \text{ (PVC malzeme için)}$$

Çizelge 3. 11 60'lık Üniversal seri profil ve destek sacı birim metre ağırlıkları

1 Kasa Profili	1.150 gr/m
2 Kanat Profili	1.350 gr/m
3 Orta Kayıt Profili	1.250 gr/m
4 Kapı Kanat Profili	1.550 gr/m
5 Lambiri Profili	550 gr/m
6 Tek Cam Çıta Profili	225 gr/m
7 Çift Cam Çıta Profili	175 gr/m
8 Kasa Ve Orta Kayıt Destek Sacı	1.580 gr/m
9 Kilitli Kapı Destek Sacı	2.755 gr/m
10 Kanat Adaptörü	840 gr/m
11 Köşe Dönüş Adaptörü	400 gr/m
12 Köşe Dönüş Borusu	685 gr/m
13 Griyaj	930 gr/m
14 Pervaz	800 gr/m
15 Bağ Profili	300 gr/m

Örnek 1) Köşe Dönüş Borusu :

Profil ağırlığı	: 0.685 kg/m
Ekstrüzyon makinası hızı	:3,5 m/dak
α_{profil}	:13099.12kJ/m ² h ⁰ C



Şekil 3.24 Köşe dönüş borusu

Saatteki su ihtiyacı ;

$$Q_{\text{profil}} = (0.685.60.3,5).2,0934.(180 - 18)$$

$$Q_{\text{profil}} = 48783,96 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{\text{profil}} = Q_{\text{su}} = m_{\text{su}} .4,1868.(16-12)$$

$$m_{\text{su}} = 2912,96 \text{ kg /h ihtiyaç vardır.}$$

Su kanalı boyu ;

$$A_{\text{profil}} = \text{Islak çevre} .l . = d_{\text{ort}}.l$$

$$d_{\text{ort}} = (d_1 + d_2) / 2$$

$$d_{\text{ort}} = 0,056 \text{ m}$$

$$\Delta T_m = (180 - 12) - (18 - 16) / \ln ((180 - 12) / (18 - 16))$$

$$\Delta T_m = 37,46 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$Q_{\text{profil}} = 48783,96 = 1309,12.\pi.0,056.l.37,46$$

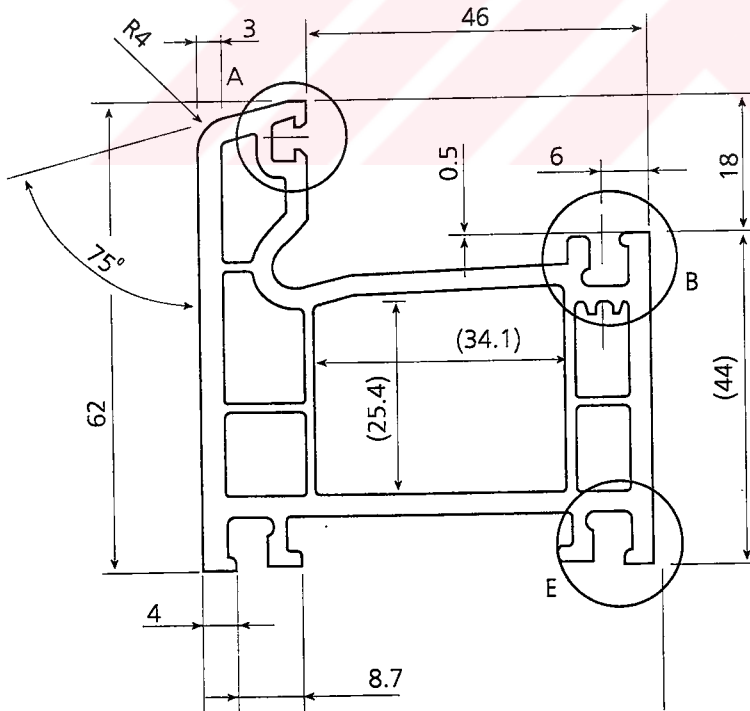
$$l = 5,65 \text{ m bulunur. (-su kanalı boyu)}$$

Örnek 2) Kasa profili :

Profil ağırlığı : 1,150 kg/m

Ekstrüzyon makinası hızı : 3 m/dak

α_{profil} : 1148,35 kJ/m²h⁰C



Şekil 3.25 Kasa profili

Saatteki su ihtiyacı ;

$$Q_{\text{profil}} = (1,150.60.3) \cdot 2,0934 \cdot (180 - 18)$$

$$Q_{\text{profil}} = 70186,66 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{\text{profil}} = Q_{\text{su}} = m_{\text{su}} \cdot 4,1868 \cdot (16 - 12)$$

$$m_{\text{su}} = 4191,75 \text{ kg/h} = 69.86 \text{ lt/dak}$$
 ihtiyaç vardır.

Su kanalı boyu ;

$$A_{\text{profil}} = \text{Islak çevre} \cdot l$$

$$\text{Islak çevre} = 0.2666m$$

$$\Delta T_m = (180 - 12) - (18 - 16) / \ln((180 - 12) / (18 - 16))$$

$$\Delta T_m = 37,46 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$Q_{\text{profil}} = 70186,66 = 1148,35 \cdot 0,2666 \cdot l \cdot 37,46$$

$$l = 6,121 = 6 \text{ m}$$

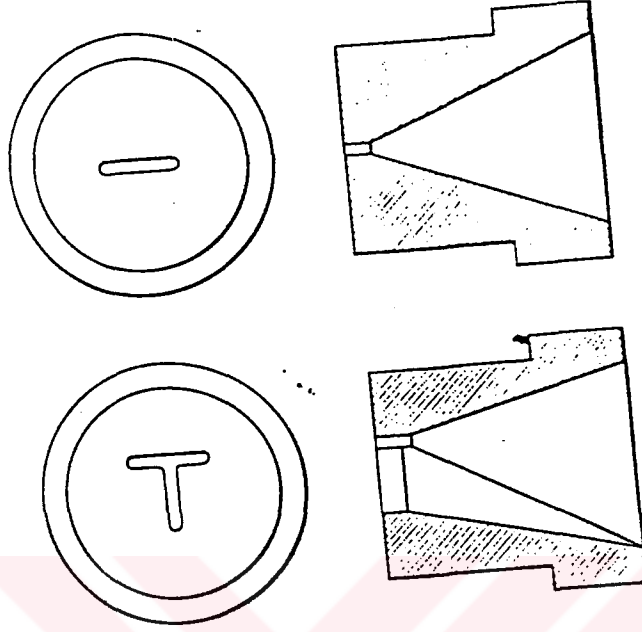
Gerçekte Polipen fabrikasında bu profiller 6m'lik su kanalından geçirilerek soğutulmaktadır.

3.9 Matris Ve Matris Tasarımı

Ekstrüzyon işlemi genel anlamıyla bir malzemenin bir baskı ile itilip, bir şekillendiriciden geçirilerek biçimlendirilmesidir. Burada şekillendirici diye adlandırdığımız aslında matris olmaktadır. Pratikte matrislere kalıpta denilmektedir.

Matrisler elde edilmesi istenen mamul şekline göre değişik dizaynlara sahip olabilmektedirler. Ekstrüzyon matrisleri basit olarak hazırlanırlar. Matrisler ve matris sabitleyicileri makinanın önünden yada çıkış ucundan desteklenirler. Matris konstrüktörünün matrisi monte edeceği makina hakkında bilgi sahibi olması gerekir. Çünkü makina üreticileri matris montaj özelliklerini standartlaştırmamışlardır. Matrisin güvenli montajı ve çabuk değiştirilmesi önemlidir. Flanşlı matris taşıyıcıları yaygın olarak kullanılırlar matris mengene ile kovana tutturulabilir. Bu daha pahalı olan tüp matrisleri için modifiye edilebilen basit bir düzenlemedir. Tüp matrislerinde merkezi mandrel ayarlanması için düzenlemeler yapılmalıdır ve uniform duvar kalınlığı için dış çapa göre ayarlanabilen bir istavroza monte edilmelidirler. Matris taşıyıcıları, boşluk limitlerini ayarlamak için nadiren, genellikle elektrikli olan ayrı bir ısı kaynağı ile ısıtılabilirler. Ekstrüzyon operasyonunda matris profilinin kesin ön belirlemesinin yapılması sırasında yeterince beklenmeyen olay ortaya çıkabilecek olmasına karşın, matris tasarımı ve

ayrıntılarının hazırlanmasında , ekstrüde edilen malzemenin karakteri ve şeklinin kontrolü için bir kaç basit prensip vardır. Tasarıma, bu prensiplerden hareket ederek başlanır.

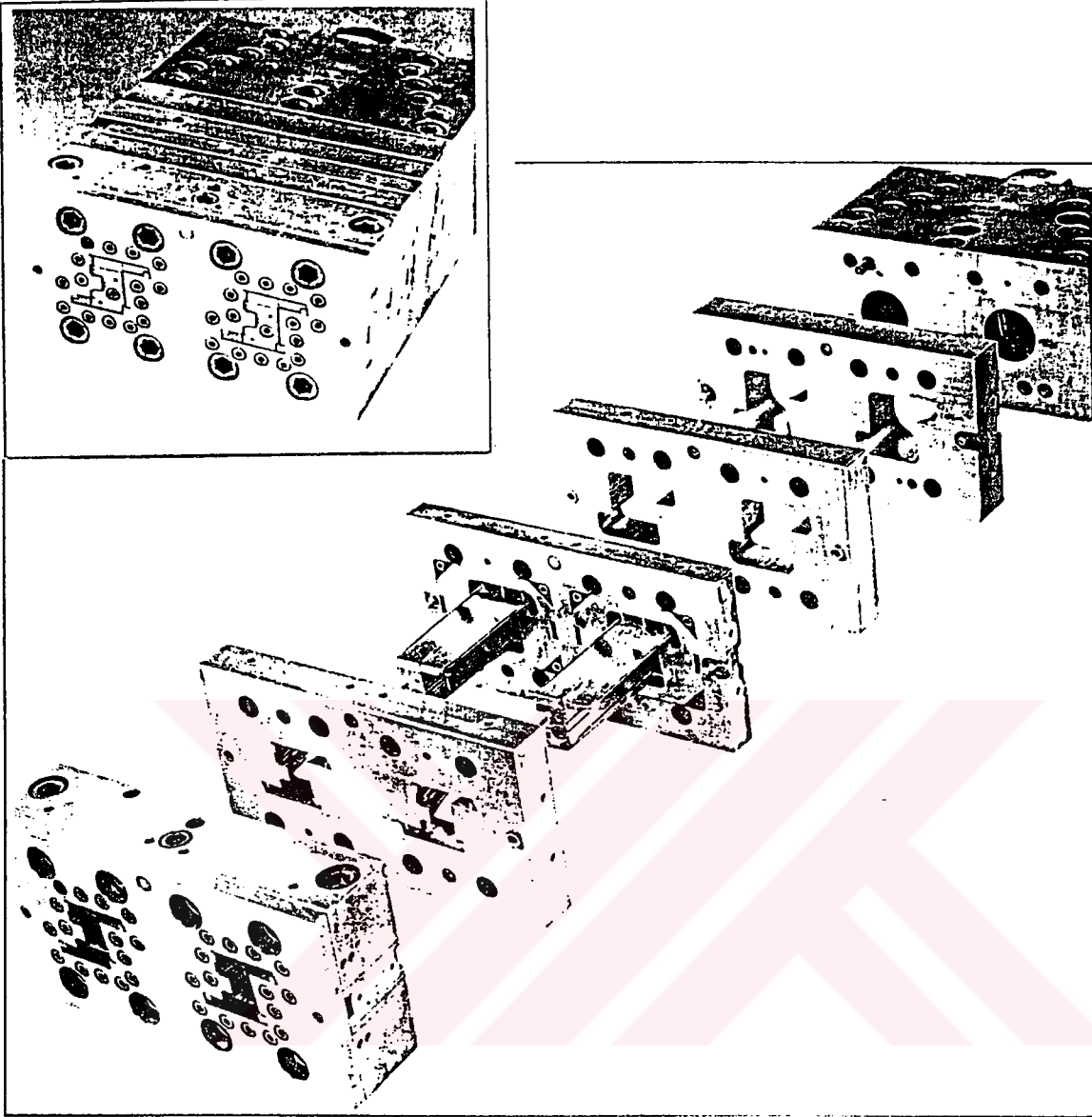


Şekil 3.26 Şematik matris kesitleri

Termoplastik malzemenin matris içinde akışına karşı olan sürtünme direnci matris boyu ile orantılı olmalıdır. Bu prensip , matris tasarımında pratik bir uygulama alanı bulmuştur, değişken alan uzunluğu çalışıldığında matris ağzından çıkan malzeme miktarının herhangi bir kesitte kontrol olanağı sağlanmıştır. Böylece eğer ekstrüzyon ürününün bir bölümünün kalınlığı azaltılacak ise matris ağzı küçültülebilir yada bu bölgenin arkasında matris alanı uzatılabilir. İdeal koşullar altında matristen akacak malzeme miktarı, matris uzunluğu ve plastik viskozitesi ile ters orantılı olup, matris ağzı çapının dördüncü kuvveti ile doğru orantılı olacaktır. Bu durum Poiseuille kanununun ilk türevinde de görülmektedir. Bu ekstrüzyon da matris boyutlarına çok büyük önem yükler. Eğer ekstrüde edilmiş ürünün merkezinde şişkinlik eğilimi görülüyorsa matris çıkışına ters bir eğrilik yada çıkışın arkasındaki alana daha büyük derinlik verilerek matris tasarımında özel kesitler için akışa karşı daha büyük direnç ile şişkinlik eğilimi düzeltilir. Düzgün olmayan cidar kalınlıkları , soğuma hızlarının farklı olmaları nedeniyle, ekstrüzyon ürününün boyutsal doğruluğunun kontrolünü zorlaştırır.

Soğuma sırasında hacimsel büzülme karşılamak için izafi olarak soğuk ince kesitlerdeki malzemeler kalın sıcak kesitlere doğru hareket etme eğiliminde olacaktırlar. Ekstrüde edilmiş bölümlerin boyutlarının kontrolü için soğuması uzun süre gerektiren kesitlere doğru efektif hava akışının yönlendirilmesi sağlanır. Matris boyunca akan termoplastik malzeme viskozitesinin düşük olması için matris sıcaklığının yüksek olması gerekirken matris köşelerinde gerçek malzeme akışından önce düşük sıcaklıklar, malzemenin katılaşmasına yardımcı olmak ve güvenli boyutlar için yararlı olabilir.

Düz levha ve benzeri ürünler için kullanılan askı kalıp, matris tasarımında önemli bir prensibi oluşturur. Levhanın köşelerindeki eriyik levhanın merkezine giden eriyiğe göre matris içinde daha çok yol almaktadır. Böylece, merkezde üçgenel bir engel olan diyagonal eriyik kanalı, direkt akışı belirli açılarda sınırlamak için kullanılır. Hemen hemen bütün ekstrüzyon ürünleri matrisi yüksek viskoziteli eriyik olarak terk ettikleri için matristen çekilerek uzaklaştırılmalıdırlar. Ekstrüzyonun soğuma aleti boyunca hızı çekme ruloları ve uzaklaştırma bantı ile kontrol edilir. Malzeme, matrisleri çıkış hızından biraz daha hızlı hareket eden uzaklaştırma bantı tarafından çekileceğinden gerçek matris ağız istenen profilden % 10 - 15 daha büyük olmalıdır. Bu izafi hareket ekstrüzyon ürününde uniform kalite ve boyutların elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Elastomerik bileşenler ise aynı oranda çekildiklerinde % 30'a kadar şekil değiştirme eğilimindedirler. Plastik ekstrüzyonunun en önemli yönlerinden biri olan ekstrüde edilmiş kesitlerin çekilmesi, ekstrüzyon hızı ile kontrol edilen ve ayarlanan bant hareketinin yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Pek çok profil için matristen belirli bir uzaklığa karşı koruyucu tırtıl kayışlar yerleştirilir. Boru yada benzeri yuvarlak kesitler için lastik rulolar kullanılırken, levha ve diğer düz kesitler için 3 metre yada daha geniş düz lastik bantlar kullanılır. Kalıp ile çekici arasındaki boşlukta, değişik soğutma aletleri, şekillendiriciler, kasnaklar, deliciler ve bitmiş ürünün kalitesini arttırmak için kullanılan çeşitli aletler bulunur.



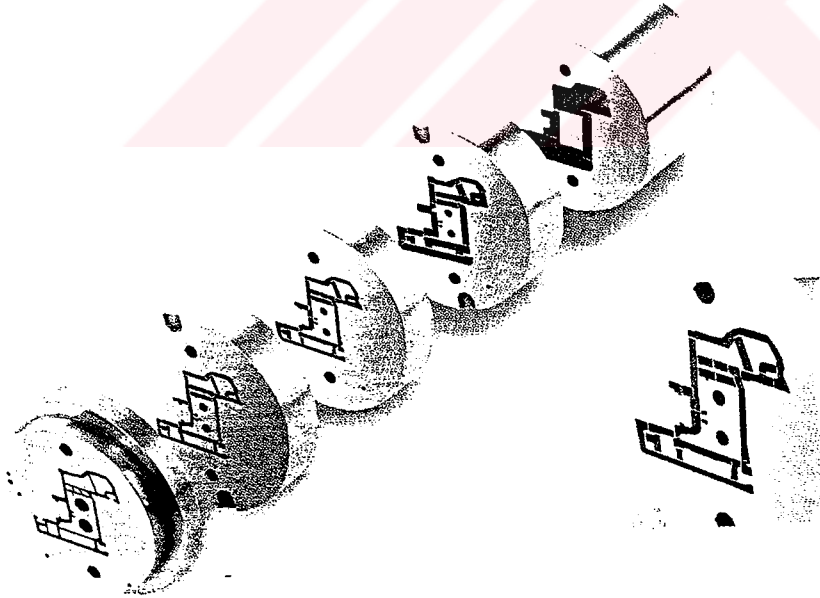
Şekil 3. 27 Bir ekstrüzyon matrisinin parçalara ayrılmış hali örnekleri

Ekstrüzyon ürününü soğutması ve tavlama büyük önem taşımaktadır. Gelişen sonuç özellikle soğutmaya bağlıdır ve genellikle ekstrüzyon kalitesini belirler. Çekmenin oluştuğu sıcaklık kritiktir. Genel pratik , sıcak ekstrüzyon yüzeyinde boyutsal doğruluğu sağlayıcı bir tabaka oluşturmak ve tabakanın bütünlüğünü korumaktır ancak belirli bir oranda soğutmayı tatmin edici sonuç özellikler sağlar. Çekme ruloları yada bantları mümkün olan en yakın yere yerleştirilerek ekstrüzyon ürününün rulo ve bantların basıncı nedeniyle deforme olmaları önlenir.

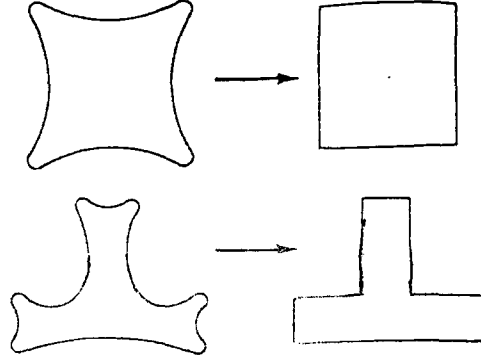
Boru gibi bükülme, eğilme dayanımlı ürünler bir mikroswitch yada benzeri sezgi elemanına temas edinceye kadar ilerleyip sonra kesilirler. (Bakır,1998)



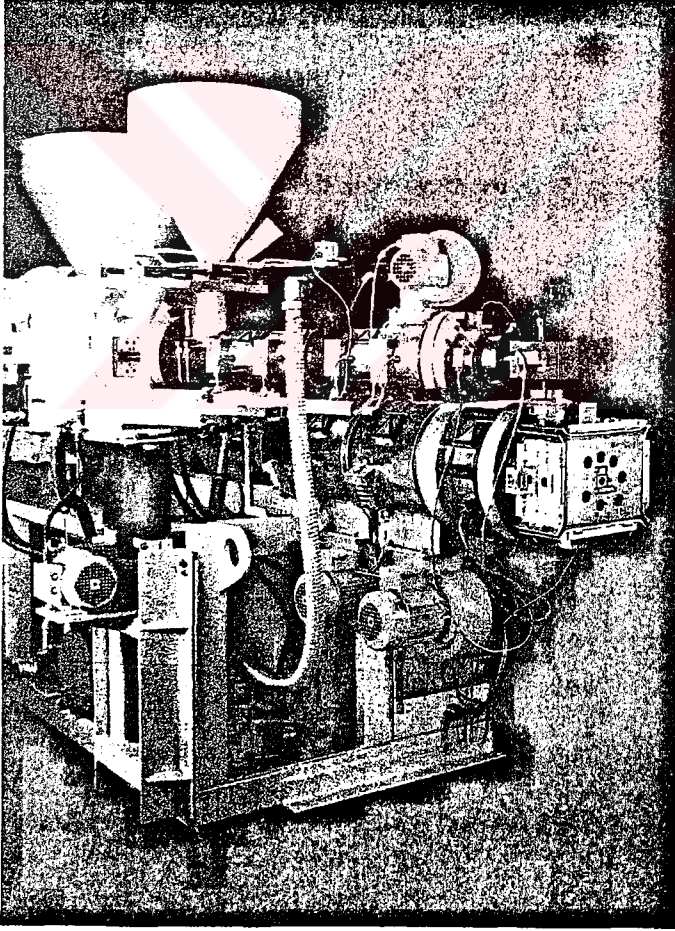
Şekil 3. 28 Ekstrüzyon matrisi örnekleri



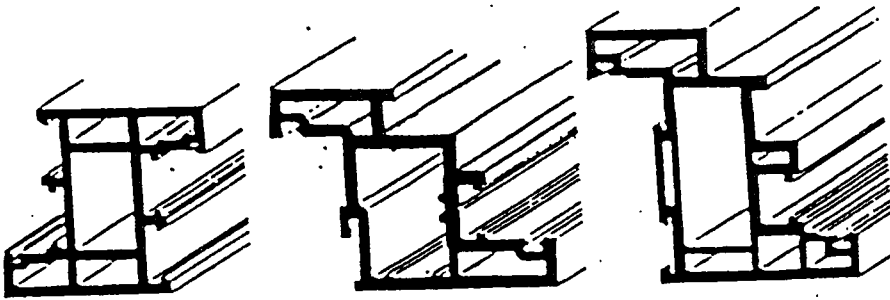
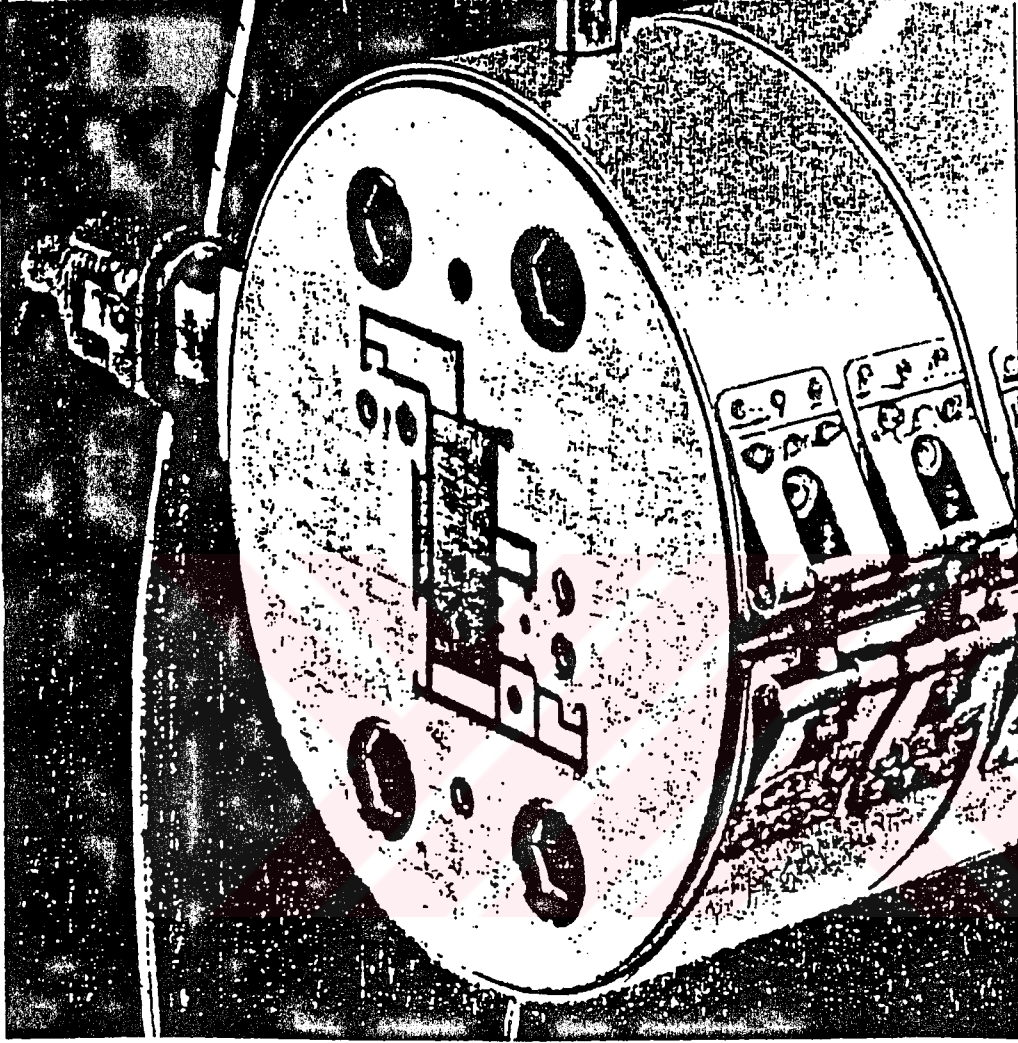
Şekil 3. 29 Ekstrüzyon matrisi örnekleri



Şekil 3.30 Çekmeye göre düzenlenmiş matris tasarımı



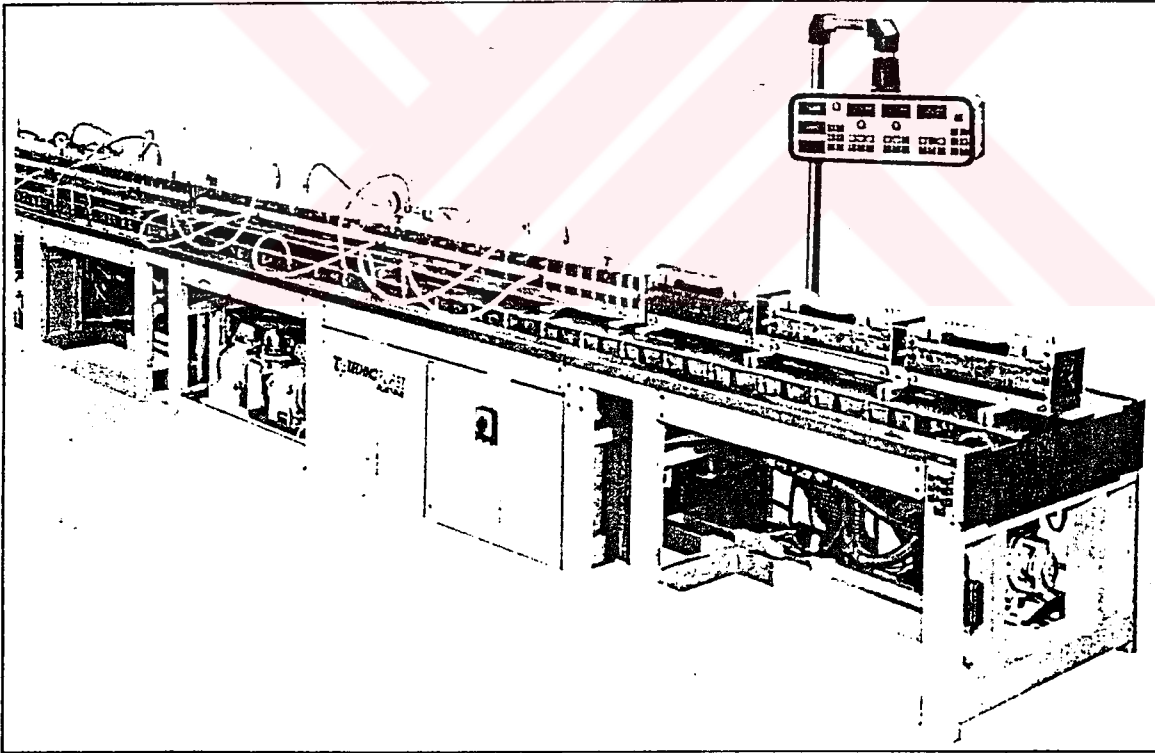
Şekil 3.32 Pencere profil matrisli ekstrüder



Şekil3.31 Profil matrisi .Matris içinde plastiğin katlaşmaması için elektrikli ısıtıcı var.

4. KALİBRASYON İŞLEMİNİN AMAÇLARI

PVC profili, matrinden çıktığı zaman sıcaktır (yaklaşık 178°) ve daha sıvı fazdadır. Matrislerden çıkışta profillere herhangi bir destek sağlanmamış olsaydı profiller buruşur ve yığılırdı. Kalibrasyon işleminin birinci amacı, matrinden çıkan yumuşak malzemeye desteklik yaparak profilin şeklini korunmasına yardımcı olmaktır. Kalibrasyon işleminin ikinci ve en önemli amacı, daha önce de bahsettiğimiz gibi şekil ve boyut tamliğini sağlamaktır. Kalibrasyon işlemi ile profilin almış olduğu ilk kaba şekil, kademeli olarak değiştirilerek son şekil ve boyutlara getirilir. Kalibrasyonda üçüncü amaç ise soğutmadır. Matrislerden sıcak olarak çıkan profilin soğutularak katılaşmasını sağlamak gerekmektedir. Bu soğutma işlemide kalibrasyonun bir parçasıdır. Soğutma işlemi, kademeli olarak yapılmaktadır.



Şekil 4.33 Kalibrasyon masası

Profilin büyüklüğüne göre 3 - 5 kademeli olarak yapılabilen soğutma işlemi sonunda profilin sıcaklığına düşürülür. Burada kalibrasyon işlemi tamamen

bitmiştir. Kalibratörlere dar toleranslar içinde profillere son şekilleri verilir:13 - 5 °C sıcaklıkta su ile yapılması gereken soğutmanın gereken soğutmanın yanı sıra vakum pompaları yardımı ile de profillerin yüzeyleri , kalıpların yüzeylerine yapıştırılarak profilin sürtünme ile parlaması sağlanır ve soğuma esnasında profilin ölçülerinde bir değişiklik olmasının önüne geçilmiş olur.

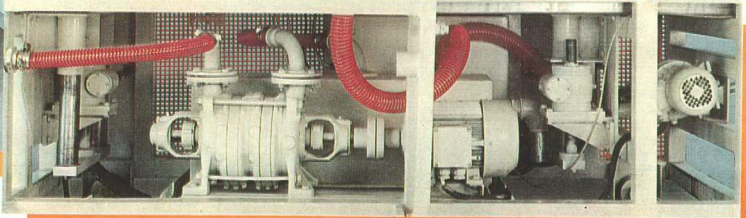
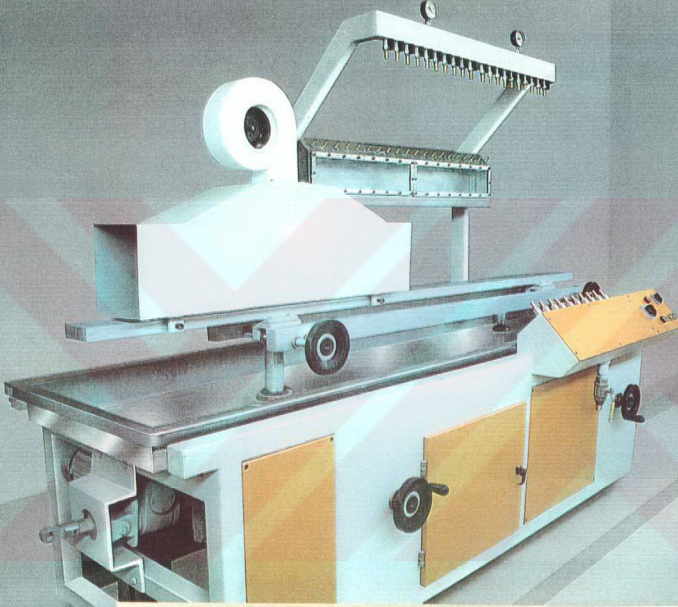
4.1 Kalibratörün Yapısı

Kalibrasyonun yapıldığı aparat " kalibratör " olarak isimlendirilmektedir. Aşağıdaki şekillerde kalibratör kısmı detaylı olarak gösterilmiştir. Matrislerden çıkıp kalibratöre giren profil , kalibrasyon boşluklarından geçerken hem soğutulur hem de tam ölçüsüne getirilir. Bunları sağlamak için kalibratörde özel düzenekler mevcuttur. Kalibratörde profil ile temas eden iç yüzeylerde kılcal delikler vardır. Bu deliklerden uygulanan vakum (8 - 0,8 bar) ile profilin çeperlere doğru çekilmesi sağlanır. Ayrıca soğutma için kalibratörlerde su kanalları da mevcuttur. Bu kanallar profil ile temas eden yüzeye yakındır ve buralarda dolaşan su vasıtası ile profilin sahip olduğu ısı çekilir. Tüm bu düzenekleri içinde bulunduran kalibratör , çok karmaşık bir yapıya sahiptir. İçinde bulunan su kanalları vasıtası ile soğutma yapılan kalibratörlerde kuru kalibratörler denilmektedir. Bu kuru kalibratörlerin boyu kapasiteye ve profilin şekline göre 200 - 1200 mm. arasında değişebilmektedir.

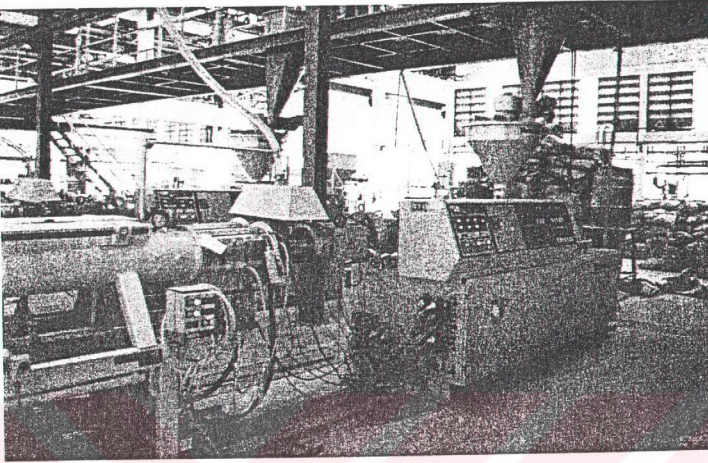
4.2 Ekstrüzyon Kalibrasyon Sistemleri

Ekstrüzyon matrisinden çıkan ve genellikle yarı ergiyik haldeki mamul, kullanılabilir bir hale getirilmek üzere sürekli soğutulurken kalibre edilip, istenen ölçülere getirilmelidir. Bu durum yumuşak ve kauçuksu malzemeler için geçerli değildir. Tübüler film veya yassı film üretiminde bu işlemler büyük hacimdeki soğuk havanın üflenmesi , su banyosundan uygun bir hızda geçirme veya soğutma merdanelerin kullanılması gibi mamule göre değişen yöntemlerin uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Ama rijit boru veya profil üretimi gibi proseslerde daha somut metodlar gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan cihazlar kalibratörler , şekillendirme kovanları ve boyutlandırma matris leri olarak adlandırılır. Bu cihazlar sevk sisteminin bir parçası sayılabilirlerse de ekstrüzyon matrislerine bağlandıklarından

yada bunlara çok yakın konumlandırıldıklarından bu bölüm dahilinde incelenebilirler.



Şekil 4.34 Kalibratör Masası



Şekil 4.35 Ekstrüder , matris ve kalibratör

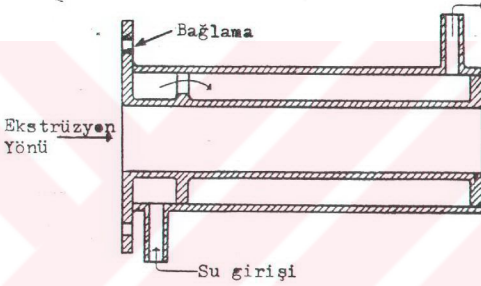
4.3 Rijit Ve Yarı Rijit Boruların Kalibratörleri

Boru kalibrasyonunda kullanılan iki ana sistem vardır. Bunlar iç ve dış kalibrasyon sistemleridir. Belli bir dereceye kadar ovalliğini kabul edilebildiği durumlarda kalibratör kullanılmaz. Örneğin, sonradan şekillendirilecek yada levha haline getirilmesi için yarılacak borular kalibratör olmadan üretilir.

4.3.1 İç Kalibratörler

Aşağıdaki şekilde borunun iç çapının sabitliğinin, mandrel üzerindeki su soğutmalı konik ilave parça ile, dış kalibrasyon sistemlerindeki dış çapın kontrolüne benzer bir şekilde sağlandığı bir iç kalibratör görülmektedir. Bu tip iç kalibratörler, mandrelin ilave parçasının soğutmasının güçlüğünden ötürü normalde sürekli matrisler ile kullanılmaz. Bunların ideal kullanımı kaymış matrisler ile gerçekleşir. Bu sistemin getirdiği en büyük avantaj, aynı zamanda borunun hem içinin , hem de dışının soğutulabilmesi ile prosesin hızının artmasıdır. Bu şekildeki bir iç kalibratörün diğer avantajları , hava basıncına bağlı problemlerin olmaması ve mandrel ilave parçasının değiştirilmesi suretiyle dairesel kesitli bir matristen ,

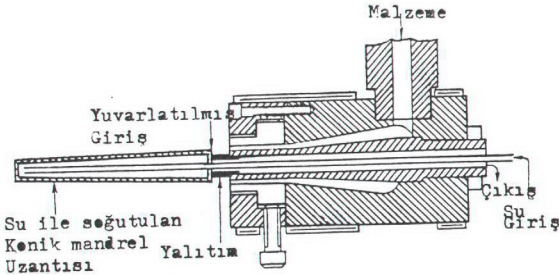
dairesel kesitli olmayan hassas profillerin üretilebilmesidir. Operasyonda mamul soğuma esnasında kendini çekme eğilimi gösterdiği, uzatılmış matris üzerinden çekilir. Bu kendini çekme, parçanın şekillendirilmesi için gereken kalibrasyon basıncını sağlar. Çekme kuvveti gereksinimi genelde dış kalibrasyonda gerekenden büyüktür ama kendini, çekme derecesi dolayısıyla, mandrel uzunluğu ve konikliği ile, soğutma aracının sıcaklığı ile mandrel yüzeyi ile belirlenebilir. Bu düzenlemeler, borunun lineer hızı, mamulün başlangıç sıcaklığı, et kalınlığı ve polimerin fiziksel özellikleri gibi faktörlerden etkilenir. Bunun yanında, başlangıç için, mandrel ilave parçasının uzunluğunun her mm.'si için 0,004 mm.'lik bir eğim değeri alınır.



Şekil 4.36 İç kalibratör - kaymış matris

4.3.2 Dış kalibratörler

Normal bir dış kalibrasyon cihazının genel formu aşağıdaki şekilde gibidir.

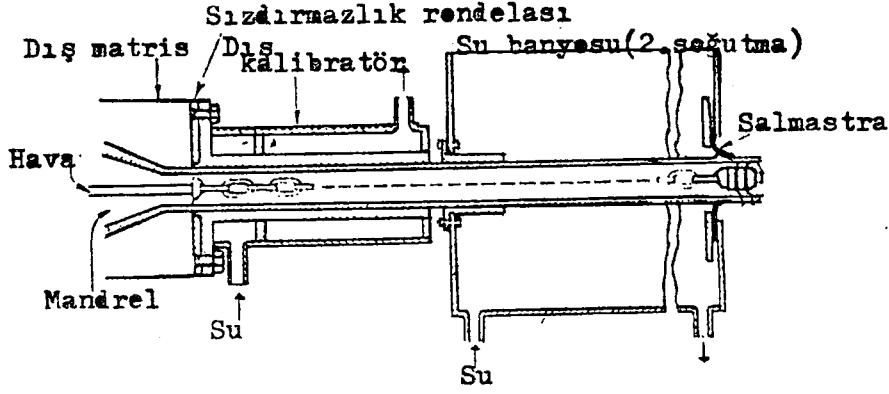


Şekil 4.37 Su ile soğutulan boru dış kalibratör

Bu gibi kalibratörler esas olarak iç çapı , imal edilecek borunun dış çapının kendini çekmesi gözönünde bulundurularaktan hesaplanan değerine göre işlenmiş bir su gömleği borusundan oluşur. Bu sistem , matris ile arasındaki ısı transferi min. olacak şekilde monte edilir. Yumuşak termoplastik boru izole edilmiş ucu ile kalibratörden geçerken , mandrelde ki hava deliğinden gelen basınçlı hava ile sürekli şişirilen borunun dış yüzeyi, kalibratör cihazının soğutulan iç yüzeyi ile kayma basıncı temasında olur ve dış yüzeyler istenen ölçülere getirilir. Kullanılan hava basınçları borunun et kalınlığına ve malzemenin viskozitesine göre değişir. Bu şekilde borunun dış tabakası formunu koruyacak biçimde dondurulur ve et kalınlığıdaki asıl soğutma su banyosu , su spreyi gibi takip eden işlemlerle gerçekleştirilir. Kalibratörün uzunluğu, plastik borunun temas süresince, sonraki soğutma işlemleri sırasında deforme olmamasını sağlayacak dış yüzey donma derinliğini verecek şekilde seçilir. Dolayısıyla bu uzunluk borunun lineer ilerleme hızı , sonraki soğutmanın etkinliği, malzemenin plastiklik sıcaklık aralığı , ısı kapasitesi ve ısı iletimi karakteristikleri ile belirlenir. Uzun kalibratörlerin kullanımının sonucunda yüksek sürtünme , gerinim gibi olumsuz özellikler etkinleştigiğinden mümkün olan en kısa kalibratör uzunluğu ve sonraki etkin bir soğutma sisteminin kullanımı tercih edilmelidir.

Kalibratörlerin iç yüzeylerinin de önemi büyüktür. Yüzey bitirimi, sıcak termoplastikten max. ısı iletimini sağlayacak , malzemenin yüzeye yapışmamasını ve aşırı sürtünmeyi önleyecek şekilde olmalıdır. Kaba yüzeylerin düşük ve yüksek viskoziteli polietilen gibi bir çok malzeme için kum püskürtülerek yada tek kesici uçlu takımlar ile işlenmesi iyi sonuçlar verirken , rijit PVC gibi diğer termoplastikler için bu yüzeylerin parlatılması gerekir. Bugün, yüksek hızlı operasyonlar, iç basıncı hassas olarak kontrol edilen normal soğutma etkili kalibratörlerin ikinci bir etkin soğutma sistemi ile kombine edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. İç hava basıncının kayma temasını sağladığı tüm dış kalibrasyon sistemlerinde hava basıncı kaybını önlemek üzere borunun ucu izole edilmelidir. Özellikle sarılamadığından belli uzunluklarda kesilmesi gereken rijit borularda, borunun her kesiminde basınç kaybı tehlikesi dolayısıyla kalibrasyon yüzeyinden düşme olacağından uç izolasyonu için pratik yöntemler kullanılır. En

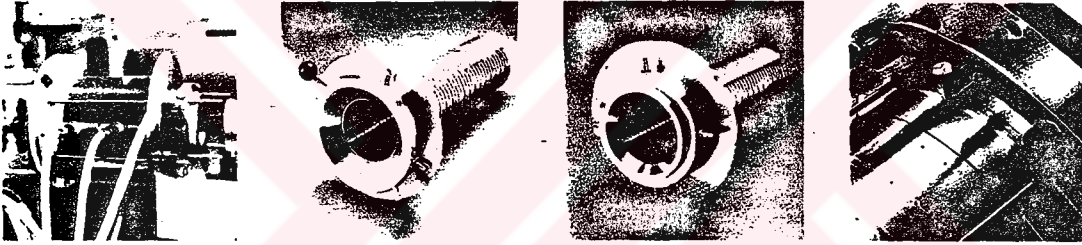
çok kullanılan yöntemlerden birisi izolasyon, matris mandreline zincir ile veya başka bir esnek bağlantı elemanı ile bağlanan hareketli tıpa ile gerçekleştirilir.



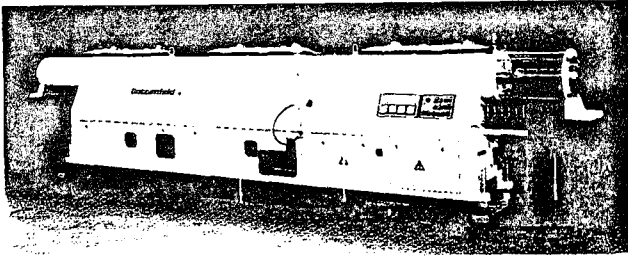
Şekil 4.38 Hareketli tıpalı dış kalibratörler - PVC boru matrisi

Benzer bir yöntemde hareketli tıpa elektromanyetik olarak konumlandırılmaktadır. Dış basınç sistemlerinde iç basınç kaybının olumsuz etkilerinden kaçınmak için yüksek verimli hatlarda tek alternatif olarak iç basınçlı kalibrasyon sistemlerinin yerini almış olan vakum kalibrasyon sistemlerinin kullanılmasıdır. Vakum tankında çapı 1 mm'den 2000mm.'ye kadar değişen tüm termoplastik boruların sabit kalitede, en uygun boyutsal hassasiyetle ve verimde kalibrasyonu mümkündür. İki temel vakum kalibrasyon sistemi vardır. Bunlardan birincisinde tek bir ünite de borunun soğutulup, kalibre edildiği alternatif vakum / su soğutumu bölgeleri bulunmaktadır. İkincisinde ise bir kaç tane vakumla şekillendirme ünitesi ile soğutma tankı aynı doğrultuda yerleştirilmiştir. Üçüncü ve daha basit bir sistemde ise vakum tankı kullanılmaktadır. Bu sistemde mamül bir kalibrasyon matrisinden geçtikten sonra vakum altındaki bir su banyosundan geçirilir. Boru et kalınlığı ve hatta üretim hızına bağlı olarak vakum tankı iki yada daha çok kamaraya bölünmüştür. Kamara

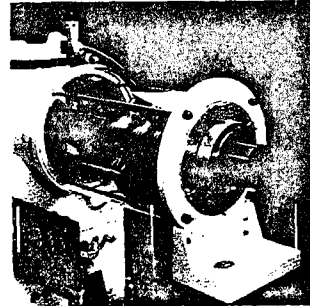
uzunlukları, yaklaşık 4,5 ve 6 m.'dir. Soğutma , su püskürtme yada havuza daldırma şeklinde suyla yapılır. Ve daha yukarı çaplarda ölçülendirme kanalları (plakaları) kullanılır. Bu parçalar alüminyum ya da bronzdan yapılmalıdır. Alüminyum daha iyi ısı transferi sağladığı için tercih edilmelidir. Plaka çapları, küçük ölçülerde matris çapından % 10 daha küçük olmalıdır. Ancak çap büyüdükçe , bu fark azalmalıdır. Plakalar uzunluğu boyunca yarılmalı ve plastik malzemenin kayganlığını teminen suyla ıslatılmalıdır. İlave olarak, yönlendirici makaralar, yarıklar hem kalibrasyon , hem de soğutma tankında gerekli olabilir. Toplam uzunluk öyle ayarlanmalıdır ki , plastik boru hattını terkederken 45° ile 60° C arasında olsun .Aşağıdaki şekilde kalibrasyon için plaka kullanılan bir vakum tankı dizaynı gösterilmiştir. Yaklaşık 1600 - 2000 mm. Çaplı polietilen borulara kadar bu sistem başarı ile kullanılabilir.



Malzeme	PO	PP	HDPE	HDPE
Çap	32 mm.'ye kadar.	32 mm.'den sonra	32-110 mm.	110 mm.'den sonra

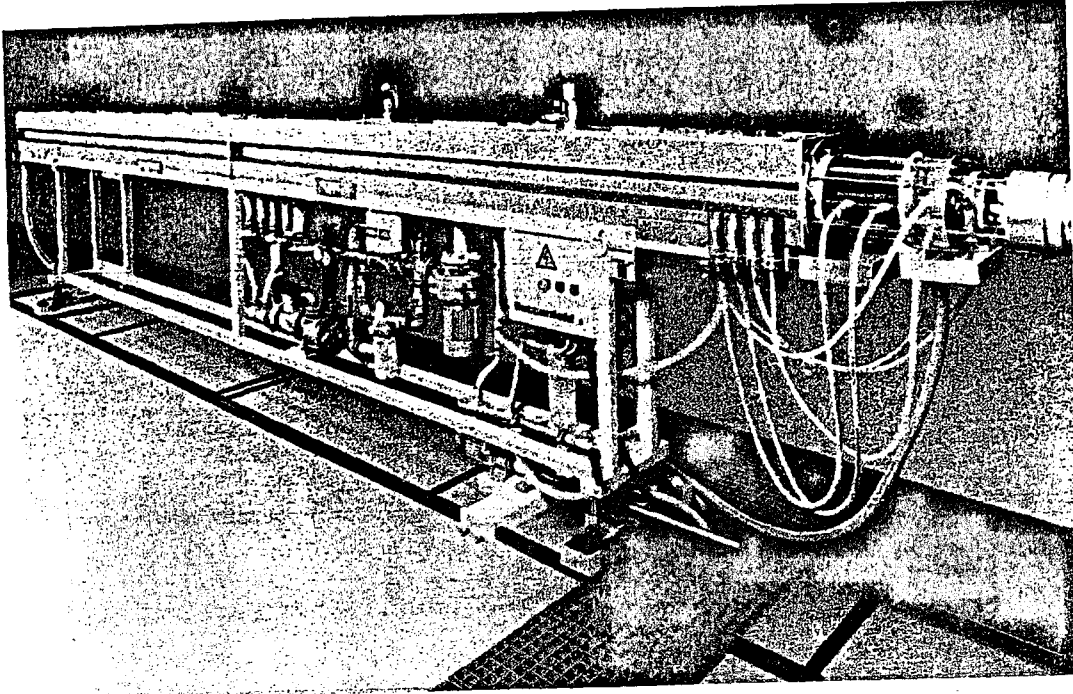


a) Vakum kalibratörü

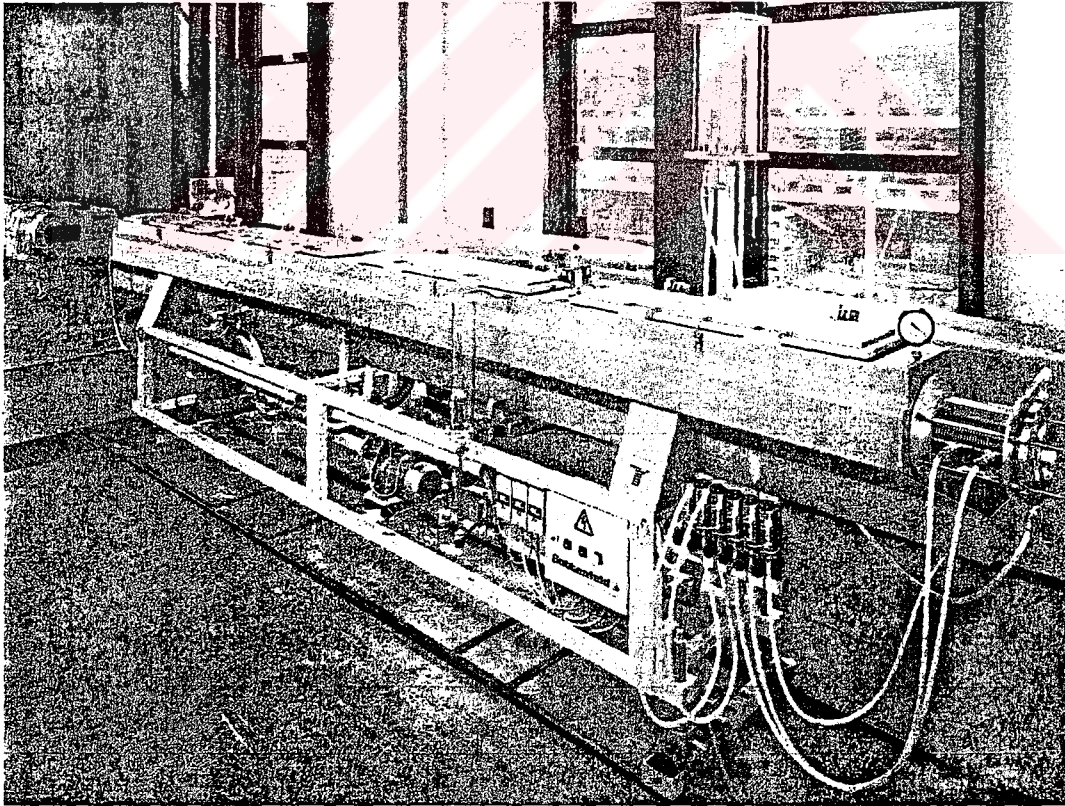


b) Kalibratör girişi.

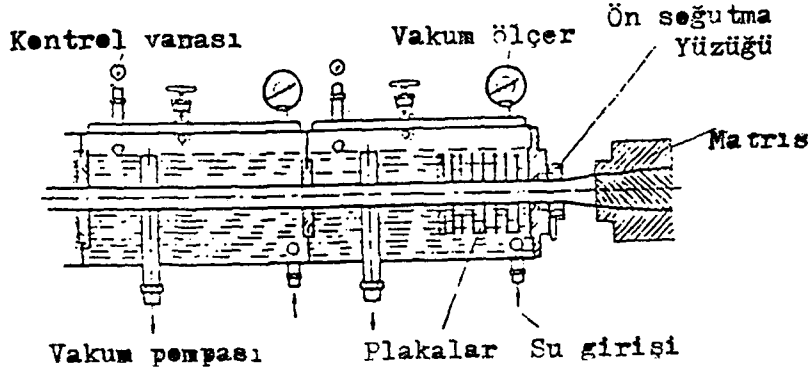
Şekil 4.39 Vakumlu kalibratörler ve bunun girişi



Şekil 4.40 Vakum kalibratörü makina örnekleri



Şekil 4.41 Vakum kalibratör makina örnekleri

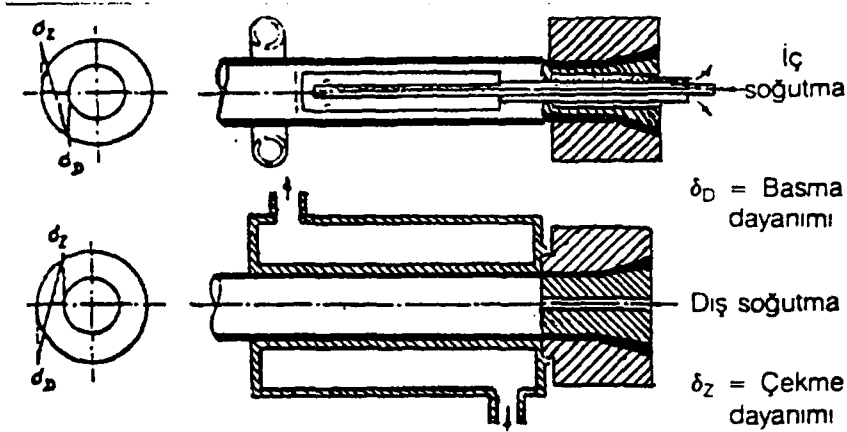


Şekil 4.42 Vakum tanklı kalibratör

Yukarıdaki şekilde çeşitli malzemeler ve boru çapları için ölçülendirme yüzükleri gösterilmiştir. Burada vakum kalibratörü ve bu kalibratörün girişi görülmektedir. Bu sistemde yüksek hızlı sabit vakum sisteminin yüksek hızlı sabit vakum sisteminin kullanılmasıyla işlem hızı artar.

4.4 İç Ve Dış Kalibrasyonun Birlikte Uygulanması

Dış ve iç boru kalibrasyon sistemlerinin kendilerine özgü sınırlamaları vardır. Dış kalibrasyonla ve iç kalibrasyonla boruda elde edilen basma ve çekme gerilmeleri aşağıdaki şekilde görülmektedir.



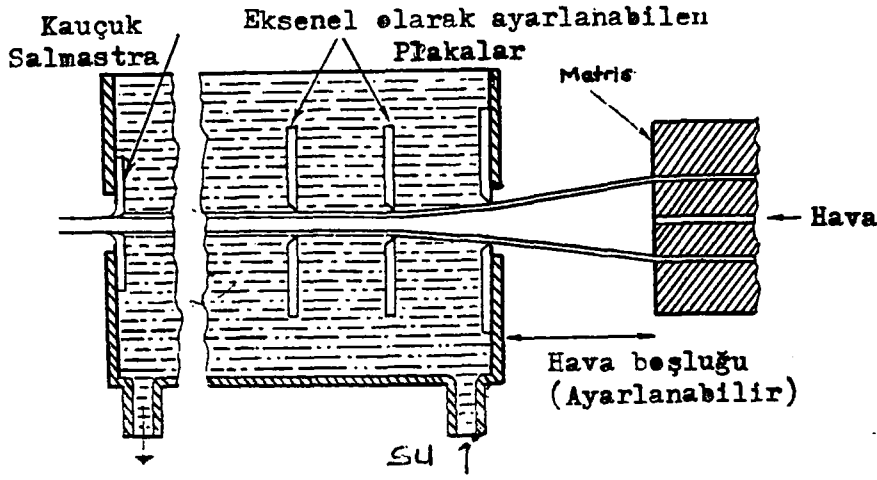
Şekil 4.43 Kalibrasyonda boru üzerinde oluşan gerilmeler

Dış kalibrasyonda borunun dış yüzeyinin soğutulan metalik bir yüzey ile kayma

temasında olması ile yüksek parlaklık elde edilirken malzeme içindeki kusurlardan veya kullanılan ekstrüzyon koşullarının yanlış olmasından ötürü iç yüzey kaba ve pürüzlü kalabilir. Buna karşılık iç kalibrasyon içinde bunların tam tersi söylenebilir. Kullanım amacı iç yada dış kalibrasyon yönteminin seçiminde önemli bir faktördür. Örneğin , boru içindeki akışkanın akımının iyi olması istenirse iç kalibrasyon , sadece dış görünüm önemli ise dış kalibrasyon yapılır. Bu iki koşulun da gerekmesi durumunda , su ile soğutulan kısa bir dış kalibratör ile akış yukarı ucunda ısıtılan uzatılmış mandrel birlikte kullanılır. Boru, hala uzatılmış mandrel üzerinde iken dış kalibratörden çıktıktan sonra yoğun bir şok soğutmaya tabi tutulur ve borunun iç ve dış yüzeylerinin özellikleri bu şekilde geliştirilir.

4.5 Ufak Çaplı Boruların Kalibrasyonu

Bundan önce bahsettiğimiz kalibrasyon sistemi orta ve büyük çaptaki borular için uygulanırken çapı 10mm.'den küçük borulara uygulanamazlar. Bunun yanında bu durum polimerin eriyiğinin karakteristiklerine göre farklılıklar gösterebilir. Örneğin ; rijit PVC gibi kalibrasyon sistemleri ile çok küçük çaplara kadar kalibre edilebilirken , poliolefinler ve diğer plastik halde çok yumuşak olan malzemeler bu şekilde kalibre edilemez. Küçük çaplı boruların en yaygın olarak kullanılan kalibrasyon yönteminde, gereken son çaptan daha geniş bir matris kullanılır ve mamul su banyosu içinde bulunan ve ilki su banyosunun ön yüzünde bulunan bir seri pirinç (veya alüminyum) kalibrasyon plakası ile kalibre edilir. İlk kalibrasyon plakası ile matris arasındaki , ayarlanabilen mesafe , hava boşluğu olarak adlandırılır. Su banyosu içindeki kalibrasyon plakaları arasındaki mesafelerde ayarlanabilir. Kalibrasyon plakalarının orifis ölçüleri çekme oranına ve hava boşluğunun uzunluğuna göre belirlenir. Normal bir uygulamada , ilk plaka mamül ölçüsünden % 10 büyük olurken ikinci ve sonraki plakalar soğuma esnasında oluşan kendini çekme paylarının son ölçülere eklenmesi ile boyutlandırılır. Plaka orifislerinin iç yüzeylerine çekmeyi azaltmak üzere 45⁰ lik pah kırılması genel bir uygulamadır.



Şekil 4.44 Ufak çaplı boruların kalibrasyonu

Yukarıdaki sistemde mamülün et kalınlığının kontrolü çekme hızı ile yapılırken , dış çapının kontrolü ise kalibrasyon plakaları ile yapılır ve yalnızca ilk plakaya kadar şişmeyi sağlayacak iç hava basıncı yeterlidir. Bu sistem ile üretim hızı dakikada 100 m.'nin üzerine çıkabilmektedir.

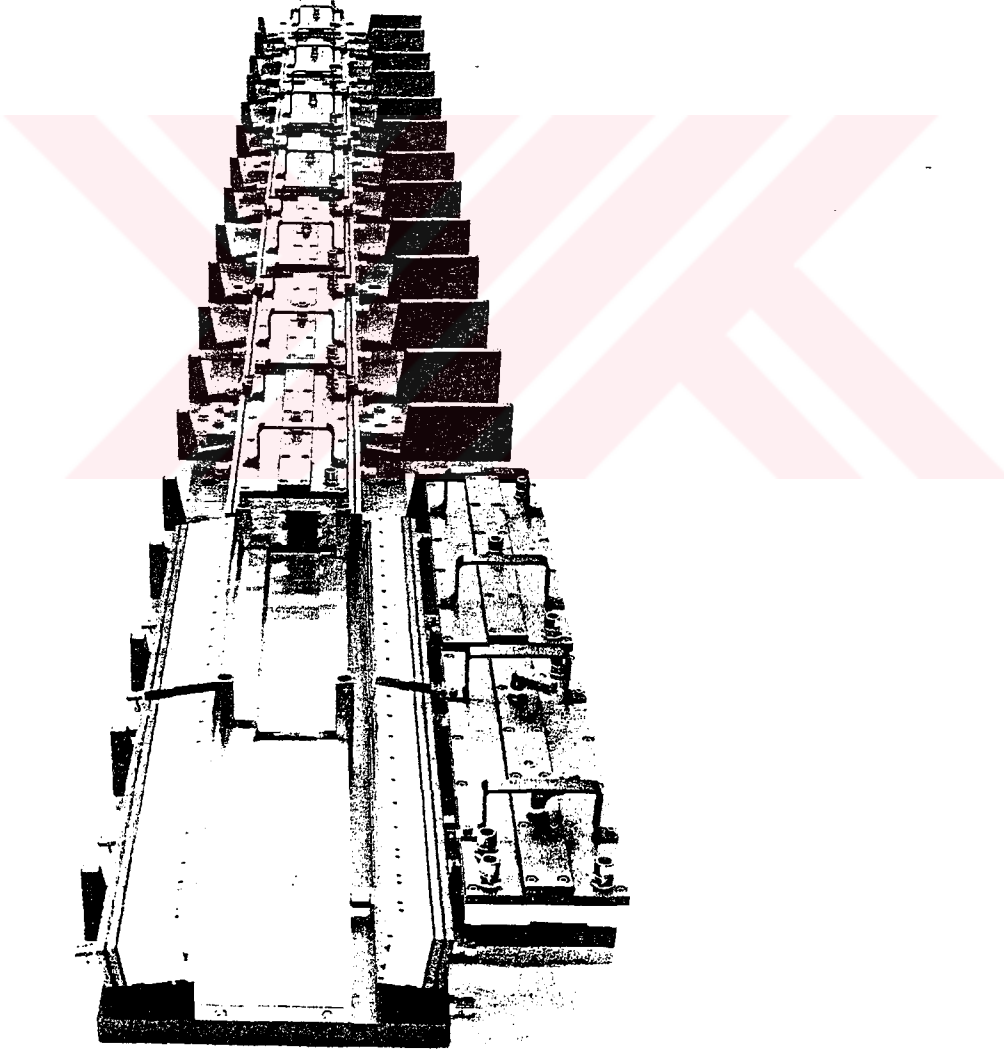
4.6 Profillerin Kalibrasyonu

Profil matrislerindeki her kesitin özel çalışma gerektiren , spesifik problemleri olduğundan profillerin kalibrasyonu hakkında verilebilen genel bilgiler çok az olacaktır. Mamulün imalatında kullanılan polimerin eriyiğinin karakteristikleri , mamulün kesiti ve kalınlığı ile çekme derecesi gibi faktörler uygulanacak kalibrasyon metodunu etkiler. Bunların yanında genelde kullanılan metodlar ve donanım küçük çaplı boruların kalibrasyonunda kullanılanlara benzer profil, normalden büyük ölçülü bir matristen ekstrüde edilir ve bir seri kalibrasyon plaksının arasından çekilerek istenilen kesit ve ölçüler elde edilir. Ekstrüde edilen mamulün son derece hassas olmasında ötürü mamule matristen çıkar çıkmaz ilk plakaya gelmeden önce hava boşluğunda, yüzey soğutması uygulanır. Bu ek soğutma, profili çeviren bir boru içerisinde geçiren soğuk hava ile veya saf suyun püskürtülmesi ile gerçekleştirilir.

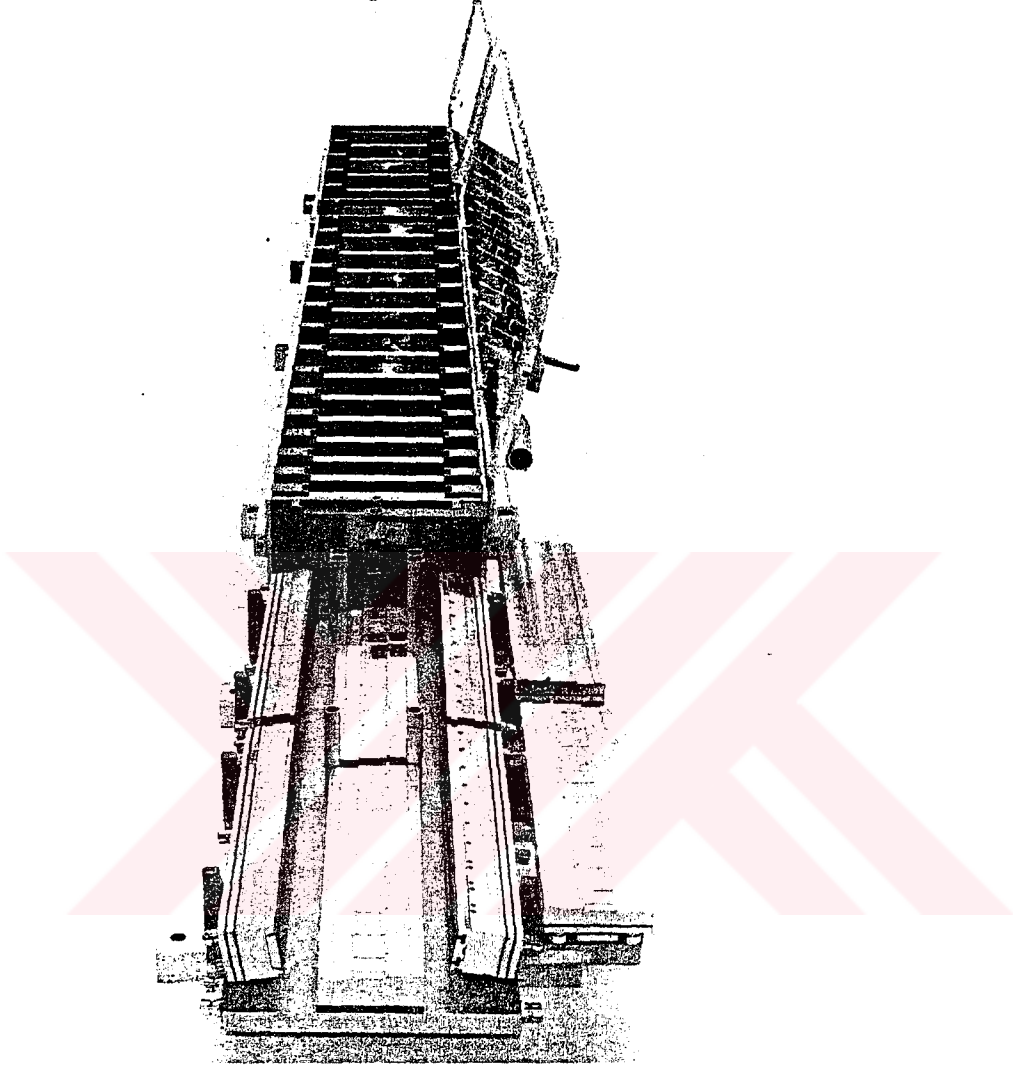
Komplike profillerin ekstrüzyonu , hem matris ve kalibrasyon donanımı dizaynında büyük bir tecrübe birikimi gerektirir. Örneğin ; yukarıya doğru uzun çıkıntılarının bulunduğu bir profilin ekstrüzyonunda , bu çıkıntılar matristen çıkar çıkmaz içeriye doğru çökme eğilimi gösterir. Bu durumda düşük basınçtaki havanın

çıkıntılara doğru bu çökmeleri önlemek üzere gönderilmesinin yanında aynı amaçla matris dizaynının çıkıntıları dışarıya açılacak şekilde yapılması ve bu çıkıntılarının içe doğru çökmesi ile istenen profil elde edilir.

Aşağıdaki şekilde kullanımı yaygın olan komplike ve sofistike kalibrasyon donanımı kullanılmazsa ekstrüzyonu çok güçlü olan bir profil görülmektedir. Bu özel profil birbirlerine bağlı dikdörtgen formundaki borulardan oluşmuştur. Bu boruların her birinin ayrı ayrı ekstrüzyonu ve kalibrasyonu uygun dış kalibratör ile iç hava basıncı ile gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla bütün profil, benzer şekilde her boşluğa uygun hava basıncının sağlandığı tek bir matris ve son profile göre şekillendirilmiş bir kalibratör ile üretilebilir.



Şekil 4.45 Vakum kalibrasyonu (9 bloklı)



Şekil 4.46 Oyuklu profiller için kombine kuru vakum kalibrasyon ve soğutucu vakum tankı sistemi

4.7 Kalibrasyon İşleminde Karşılaşılan Sorunlar Ve Çözümleri

Kalibrasyon işlemi çok hassas ve önemli bir işlemdir. Bu işlemde meydana gelen bir aksamanın son ürüne ne şekilde yansıdığını öğrenmek, bu işlemin önemini tekrar gözler önüne sermektir.

4.7.1 Kalibrasyon havuzundaki vakum düşüklüğü

Matristen çıkan henüz çok sıcak haldeki PVC profiller , soğutularak sertleştirilmek ve yüzeyleri parlatılmak amacı ile kalibrasyon havuzuna girerler. Kalibrasyon havuzu başlıca iki kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlar sıcak profillere ilk rijit hallerinin verildiği kalibre kısmını ve son rijit halinin verildiği , son soğutmanın yapıldığı havuz kısımlarıdır. Kalibre kısmında işlenen profilin kesitinin büyüklüğüne yada küçüklüğüne göre bir yada daha fazla sayıda kalibre kalıpları bulunabilmektedir. Kalibre kısmından geçen sıcak profiller, kalıpları içerisine sevk edilen suyun 0,8 bar'lık bir vakumlama ile yeniden kalıptan emilmesi esnasında , kalıpların çeperlerine yapıştırılmaktadırlar. Burada genelde karşılaşılan en büyük sorun 0,8 bar civarında yapılması gereken vakumlama değerinin istenilen seviyede olmamasıdır. Bunun nedeni ise, kalibrelerdeki su ve vakum kanallarının bir şekilde tıkanması yada vakum pompalarında meydana gelen arızalar olabilmektedir.

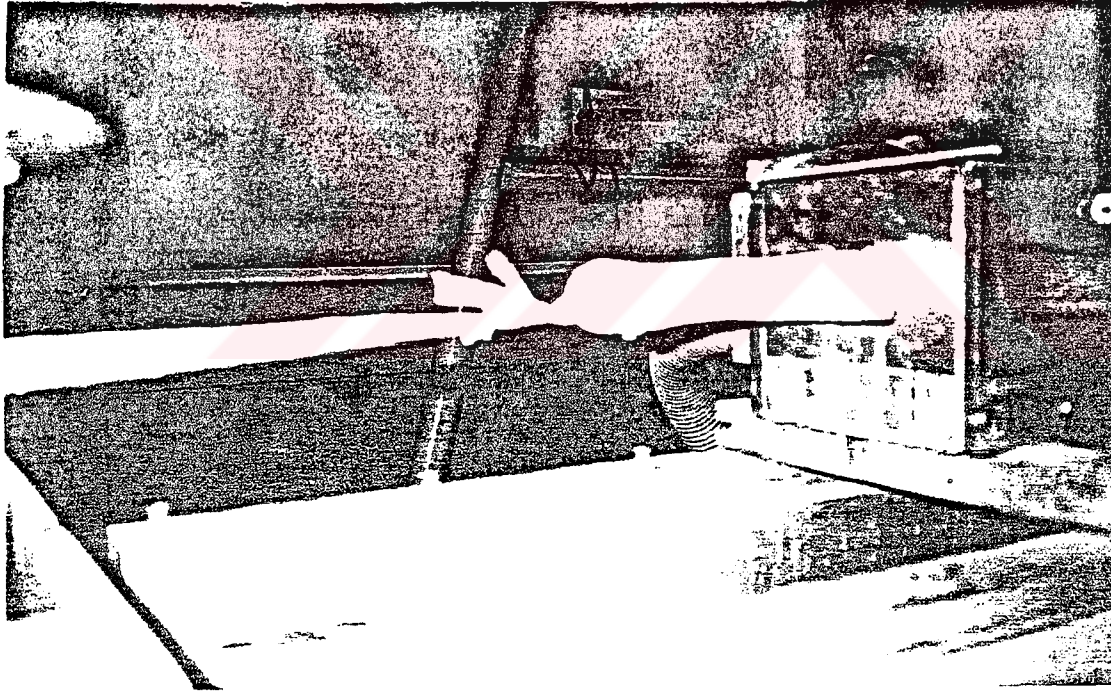
Su kanallarının tıkanmasıdaki temel sebep suyun kirlenmesidir. Her ne kadar su devamlı devirdayim halinde olsada , suya dışardan yabancı malzeme karıştırılmasa da, zaman içerisinde suda ki kimyasal malzemeler suda yosunlanmaya, kireçlenmeye yada paslanmaya yol açabilmektedir. Bu tip zararlı oluşumlarda zamanla hassas işleme yöntemleri ile çok detaylı işlenmiş kanalların tıkanmasına neden olabilmektedirler. Bu tip sorunları engellemek için imalata geçmeden önce suyun kaynağından ve havuzlardan alınan örnekler tahlil ettirilmesi, gerektiği takdirde bazı kimyasal maddelerle suyun kirlenmesi ve kireçlenmesi geciktirilmelidir.

PVC profil devamlı olarak kalibrelerin yüzeyi ile temas halinde olduğundan, sürtünmenin de etkisiyle profilden aşınan PVC tozu kalibrelerin içerisine toplanabilmektedir. Bu tip tozlar ve çalışma ortamında gelen maddeler de vakum kanallarının tıkanmasına neden olmaktadır. Bu istenmeyen bir durumdur, zira tıkanan vakumlama kanalları tarafından kalibre çeperlerine yapıştırılmayan profiller standart boyutlarına getirilemez ve parlatılamazlar. Bu sorunun önüne geçmek için önceden belirlenen bakım periyotları dahilinde, imalat yapılmadığı zamanlarda bu kanallar kalibreleri çizmeyecek yumuşak malzemelerle temizlenmelidir.(Bakır,1998)

Su ve vakum hortumlarının temiz olması ve vakum pompalarının yeteri derecede vakumlama yapmaması durumunda yukarıda bahsettiğimiz sorunlar yaşanmaktadır. Bunun yanısıra kalibrelerde bir çok su girişi , su çıkışı ve vakum soketleri bulunmaktadır ve bunların bağlantıları kesinlikle doğru yapılmalıdır.

4.7.2 Kalibrelerde profilin tam oturtulamaması

İşlem esnasında karşılaşılan sorunlardan birisi de ekstrüde edilen profilin kalibrasyon kalıplarının cidarlarına tam oturturulamamasıdır. PVC profil matristen çıktıktan hemen sonra ucu, henüz daha çok sıcak ve esnek iken, bir ucu çekicinin paletlerinin arasında olan ip yada benzeri kolayca kopmayan bir malzemeye bağlanarak çekici çalıştırılır. Bu işlem PVC profil çekicinin paletlerinin arasına gelene kadar devam eder. Bu işlem ilk yol verme işlemi olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 4.47 İlk yol verme işlemi

Bu esnada kalibrasyon masasının üzerindeki su vanaları açılarak PVC profilin soğutulması işlemine başlanır. PVC profil çekicinin paletleri arasına gelip direkt çekici tarafından çekilmeye başlandığı andan itibaren kalibreler ile matris

arasındaki boşluktan ucu sivri bir aletle profil üzerine delikler açılmaya başlanmaktadır. Bunun nedeni su vanalarının açılmasıyla aynı anda vakum yapmaya başlayan kalibrelerin, bu deliklerden faydalanarak profili kendine çekip yapıştırmasını sağlamaktır. Bu nokta en dikkat edilmesi gereken durum, profile bulunması muhtemel tırnakların , girinti ve çıkıntılarının , conta yarıklarının kalibre kalıpları üzerindeki yuvalarına tam olarak oturup oturmadığının kontrolüdür. Eğer vakum kuvvetinde bir düşüklük yoksa yada kalibre kalıplarının kanallarına tıkanmış bir yabancı cisim yoksa büyük ihtimalle profil istenilen şekliyle ekstrüde edilecektir. Eğer olumsuz bir durum söz konusu ise o takdirde vakum kanalları temizlenmelidir.

4.7.3 Kalibrasyon kalıplarında parça kalması

Profil ekstrüzyonu esnasında en çok karşılaşılan sorun kalibre kalıpları içerisinde yabancı parçalar kalması ve bunun profillere olumsuz etkisidir. Bu olay en çok ekstrüzyon hattına ilk yol verme esnasında olmaktadır. Henüz profil tam kıvamına almadan ve işlem tam rayına oturmadan , matriste bazı düzgün olmayan akışlara rastlanabilmektedir. Bu olay , genelde matrisle kalibre kalıpları arasında profiledeki dalgalanmalar şeklinde yansımaktadır.

Bu dalgalanmaların miktarı, kalibre kalıplarının içerisine alabileceği maksimum miktarı aşarsa kalibre önünde malzeme yığılması gerçekleşir ve yığılma neticesi kalibre girişinde donup kalan belirli büyüklükteki parçalar, ekstrüzyon mamülü ile birlikte kalibre kalıplarının içerisine ilerleyebilmektedir. Bu durumda kalibre kalıplarının iç kısımlarına takılan parçaçıklar eğer büyük boyutlarda ise, bunların fark edilip temizlenmeleri nisbeten kolay olmaktadır. Ama parçaçıklar küçük ise çok dikkatli bakılmadığı takdirde fark edilemezler ve bu parçaçıklar profil yüzeyini sürekli bir şekilde çizecek ve yüzeyin pürüzlüğünün bozulmasına neden olacaktır. En çok rastlanan şekliyle bu sorun küçük parçaçıkların kalibre kalıpları içerisindeki vakum kanallarına takılarak profil yüzeyinde çok ince çiziklere neden olmalarıyla gerçekleşmektedir. Bu sorunu gidermenin bir kaç yöntemi vardır. Eğer içeride takılan parçaçıklar büyük boyutlarda ise, gözlem yoluyla parçaların genelde üç kısımdan oluşan kalibrasyon kalıplarının hangisinde kaldığı

bulunabilir ve kalıplar açılıp temizlenebilmektedir. Bu işlem imalata ara vermeden yapılabildiği gibi eğer parçaçık miktarı fazla ise hattın imalat hızı, fire miktarının mümkün olduğu kadar azaltmak için düşürebilir ve temizlik işlemleri yapılabilir.(Bakır,1998)

Kalan parçaçıklar küçük ve sadece yüzey pürüzsüzlüğünü bozacak şekilde ise temizleme işlemi, pratikte kalibreler ile matrisin arasını bir miktar açıp, profil yüzeyine yumuşak bir malzeme ile ekstrüzyon yönüne dik çizikler atılarak gerçekleştirilir. Profil yüzeyinde oluşturulan bu düzensizlik yardımıyla vakum kanallarına tıkanan ufak parçaçıkların, bu düzensizliklere takılarak dışarı atılması ile mümkün olabilmektedir. Bu tamamı ile pratik bir yöntemdir ve her zaman tatmin edici bir sonuç elde edilmesi beklenmemelidir. Profil yüzeyindeki pürüzlüğü bozacak şekilde ince çiziklere kalibrasyon havuzlarındaki alibre plakalarının aralarında kalan parçaçıklarda sebep olabilmektedir. Bu kısımlardan geçen profil artık iyice soğumuş olduğundan ve rijit hale geldiğinden , oluşabilecek çiziklerin boyutları da daha çok göze çarpar şekilde , yani daha derin olabilmektedir. Kalibrasyon kalıplarında takılan parçaçıkların neden olduğu çizikler , PVC profil henüz daha sıcak ve esnek olduğundan ince çizikler olmaktadır. Belirli bir derinliğe kadar olanları, standartlar dahilinde kaldığı sürece kabul edilebilmektedir. Kalibrasyon havuzlarında kalan parçaçıkların giderilmesinde ise , havuzların kapakları açılarak , lastik başlı çekiçlerle profile vurulup profilin oynatılması ve aralarındaki parçaçıkların çıkarılması yoluna gidilebilmektedir. Bu parçaçıkların kaynağı ise genelde su içerisindeki yabancı partiküller olmaktadır.

4.7.4 Kalibrasyon kısmı ile matrisin terazide olmaması

Ekstrüzyon işlemine başlamadan önce yapılan bazı temel ayarlamalar mevcuttur. Ekstrüzyon hatları fabrika içerisindeki yerlerine yerleştirilirken çoğunlukla ekstrüder üzerinde akuple halde bulunan su terazileri yardımı ile dengelenir. Aynı şekilde ekstrüzyon hattının temel elemanları olan kalibrasyon masası ve çekicilerde yine gövdelerindeki ayar civataları kullanılarak teraziye alınmaktadır. Bu teraziye alma işlemi , makinayı ilk yerleştirme esnasında tam olarak yapılmalı ve bitirilmelidir. Ekstrüderler ayar civataları tarafından teraziye alındıktan

sonra , bu civatalar üzerlerindeki somunlar tarafından sabitlenmektedirler. Kesinlikle ekstrüderin ayaklarından herhangi birinin boşa kalmasına izin verilmemelidir. Zira ekstrüderler üzerinde bulunan büyük elektrik motorlarından ve dişli kutularından ileri gelebilecek sarsıntıların imalat esnasında herhangi bir rezonansa sebep olmasının önüne geçilmelidir. Kalibrasyon masası ve çekici gibi kısımlar ise genelde altlarına yerleştirilen raylar üzerinde hareket etmektedirler. Öncelikle bu raylar yerleştirme esnasında teraziye alınarak yüzeye sabitlenmelidir. Kalibrasyon masası ve çekicinin üzerinde , teknolojilerine göre , elektrik , hidrolik yada zincir dişli mekanizmaları ile tahrik edilen ve her eksen doğrultusunda hareketlere izin veren tertibatlar bulunmaktadır. Bu ayar tertibatları ile ekstrüzyon işlemi esnasında ufak ayarlamalara imkan sağlanmaktadır. Bu ayarlamaların başlıca sebepleri , kalibrasyon kalıplarının alt ve üst yüzeylerinin aynı anda mamüle temasını sağlayarak yüzey parlaklıklarının aynı oranda olmasını gerçekleştirmek herhangi bir sebeple PVC profildeki akış düzensizliğinin ve profilde oluşabilecek dalgalanmaların neden olabileceği yığılmaların önüne geçmektir.

Kalibrasyon masası ile matris aynı eksen doğrultusunda olmaz ise, mamülün iki ana yüzeyi arasındaki parlaklığın aynı oranda olmaması ve bazende ufak parçacıkların koparak kalibre içerisine ilerleyip vakum kanallarına takılması muhtemeldir. Yine en çok rastlanan sorunlardan birisi mamülün düzgün elde edilmeyişi olmaktadır. Örneğin; 6 m.'lik boylara kesilen profil düzgün bir satıha koyulursa bir tarafa doğru eğildiği görülecektir. Bu gibi sorunların önüne geçebilmek için ekstrüder (matris) , kalibrasyon masası ve çekicinin aynı eksende, terazide olması şarttır. Bunu sağlamak için genellikle ekstrüzyon hatlarının üzerinde bulunan yada bağımsız su terazileri ile ayarlamalar yapılmalıdır.

4.7.5 Su sıcaklığının artması

Plastik ekstrüzyon işlemlerinde en önemli parametrelerden biriside , sistemde ekstrüzyon mamülünün soğutulması için kullanılan su olmaktadır. Ekstrüzyon hatlarının üreten firmalar , kalibrasyon havuzlarında yaptıkları soğutmanın çeşidini göre 10 - 15⁰ C arasında su sıcaklığı önermektedirler. Soğutmada kullanılan su sistemi kapalı yada açık devre olarak dizayn edilebilmektedir. Burada belirleyici

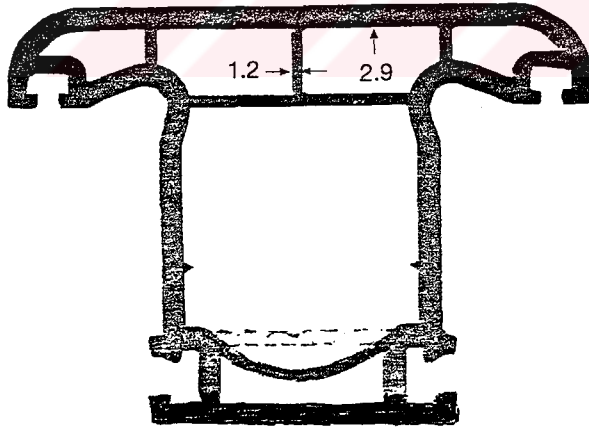
etken işletmenin ucuz ve bol miktarda su temin edebilme imkanınıdır. Eğer su açısından kısıtlayıcı bir durum söz konusu ise sistemler ekseriyetle kapalı devre olarak dizayn edilmektedirler.

Özellikle kapalı devre sistemlerde , şayet soğutma bulunmuyorsa su sıcaklığının giderek artması kaçınılmazdır. 10 - 15⁰ C arasında olması öngörülen su sıcaklığının her zaman sağlayabilmek için soğutma bir zaruret halini almaktadır. Su sıcaklığının istenilen değerlerde tutulması soğutucu ekipmanlar tarafından yapılacaktır. İmalat esnasında karşılaşılan sorunlardan birisi olan su sıcaklığının artması, kalibrasyon kısmında PVC profilin istenildiği gibi soğutulmamasının bir sonucudur. Kalibrasyon havuzlarının metre bazında uzunluğu , üretici firma tarafından sabit tutulduğu varsayılan belirli bir su sıcaklığı ve m / dak. cinsinden maksimum hat hızı değerleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Yani su sıcaklığının standart değerleri dışına çıkması ya soğutma sistemindeki bir arızadan yada daha demin değinilen maksimum hat hızının aşılmasından kaynaklanmaktadır. Böyle bir durumla karşılaşılması sonucunda , istenilen miktarda soğutulamayan PVC profil , soğutma kısmından çıktığı anda yeterli sertliğe ulaşmamış olacak ve çekiciye girdiği anda paletler tarafından deformasyona uğrayacaktır.

Özellikle maksimum imalat hızlarının üzerine çıkılması durumlarında karşılaşılan yeterli soğutmanın sonucunda , profiller soğuduktan sonra geniş yüzeylerin ondülasyonlar veya çökmeler görülmektedir. Her ne kadar vakumlama ile profil kalibre kalıplarının yüzelerine yapıştırılsada , yeteri miktarda rijit hale gelemeyen profil ilerleyen metrelerde yukarıda bahsedilen hataların oluşmasına neden olmaktadır. Su sıcaklığının artması neticesinde , çekici kısmında mamülün ezilmesi, çekicinin paletlerinin mamülü kaydırması şartıyla , paletlerin mamüle basma kuvvetlerinin düşürülmesiyle engellenebilmektedir. Fakat bu seferde yeterli derecede soğumayan profiller eğer düzgün yüzeylerde stoklanmazlar ise profillerin soğuma neticesinde eğik bir hal almaları mümkün olabilmektedir. Buda istenilmeyen bir durumdur.

İmalat hızı yaklaşık olarak sınır değerlerinde yapılan ekstrüzyonlarda ise ilk bakışta profil yüzeylerinde bariz bir hata ile karşılaşılacakla birlikte , eğer profillere soğutma havuzu çıkışında el ile bir kontrol yapılırsa yeterli derecede soğuk olduğu görülebilir fakat özellikle geniş kesitli profillerin iç yüzeyleri yeteri miktarda soğutulamayacağından, içeride hapis olan bu sıcaklık zamanla dış yüzeylere yansiyacak ve çekiciden boylara kesilmiş halde çıkan profillere ellendiğinde profilin sıcaklığının yeniden arttığı görülecektir. Böyle durumlarda gözle görülen kusur ise, profillerin odacıklarını oluşturan iç perdelerinin kendi ağırlıklarından dolayı eğilmeleri olacaktır. Bu da standart dışı bir durumdur ve perdelerin yapılmaları esnasında içerlerine sokulan destek saçlarının yerleştirilmelerini imkansız hale getirmektedir.

Bu tip sorunların önüne geçilebilmesi için tek yapılması gereken ekstruder üreticilerinin öngördüğü 10 - 15⁰ C sıcaklıktaki suyu devamlı sağlayabilmek ve mümkün olduğu kadar m / dak. Bazında maksimum imalat hızlarının üzerine çıkmamaktır.



Şekil 4.48 Eğik perdeli profili kesiti

5. SONUÇ

Teorik olarak yaptığım bu çalışma neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1) Günümüzde , bütün sanayi kollarında ve günlük hayatımızda bol miktarda kullanılan , miktar olarak metallerle yarışan plastik malzemelerin yaklaşık % 60 ekstrüzyon yönteminde veya ekstrüzyona dayanan bir biçimlendirme yönteminde kullanılmaktadır.

2) Plastik malzemelerin uygulama alanı genişledikçe , bu malzemelerin ekstrüzyonda şekillendirilebilme özelliklerindeki iyi tayin edilmesi gerekmektedir.

3) Ekstrüzyonda , kalibrasyon ve soğutma , mamülün , şekil tamlığı , boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesini birinci derecede etkileyen önemli bir faktördür.

4) Profil ekstrüzyonda “ Kalibrasyon ve Soğutma “ konuları önemli işlem parametreleridir. Bu nedenle kuru ve vakum tankı kalibrasyonlarının kombinasyonundan oluşan sistem , içi boş profillerin kalibrasyonunda esas metod olarak kullanılmaktadır.

5) Soğutma sistemiyle vakum sisteminin uygun ve uyumlu olmaları sonucu enerji sarfiyatı azalmakta ve malzeme , kalibrasyon ve soğutmanın bir birim oluşturmaları durumunda ekstrüzyon hatları optimum sonuçları vermektedir.

KAYNAKLAR

- Akkurt, S., (1991) , Plastik Malzeme Bilgisi , İ.T.Ü Makina Fakültesi , İstanbul .
- Brydson , J.A.,(1975) ,Plastics Materials , National College of Rubber Tech, London.
- Battenfeld Extrusionstechnick ,(1995), Almanya .
- Battenfeld Extrusionstechnick ,(1998), Almanya .
- Bakır,M., (1998) , Plastik Ekstrüzyon Tesislerin Kurulmasında Dikkate Alınması Gereken Kriterler , Yüksek Lisans Tezi, YTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Demirel ,T., (1997) , Plastik Ekstrüderlerinde Malzeme Akışı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- DPT 2195 – Ö.İ.K: 347 ., Plastik Özel İhtisas Komisyonu Raporu ,T.C.Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Yayını,
- Fıratpen Plastik San.A.Ş. Ürün Katalogu
- Han,C.D.,Lee,K.Y., (1990) , An Experimental Study on Plasticating Single – Screw Extrusion , Polimer Engineering and Science .
- Levy , S., (1981) , Plastics Extrusion Technology Handbook , Industrial Press Inc.
- Marşoğlu ,M., (1992) , “ Plastiklerde Yapı Özellik İlişkisi “ , M.M.O.Plastik Teknolojisi Seminer Notları .
- Polipen Plastik San.A.Ş. Ürün Katalogu
- Sönmez, H., (1996) , “ Ekstrüzyon Yöntemi “ Plastik Teknolojisi – I Seminer Notu , T.M.M.O.B.Makina MühendislerOdası ,İstanbul .
- Sönmez, H., (1996) , “Ekstrüzyon Makinaları (Ekstrüderler)“ Plastik Teknolojisi –I Seminer Notu , T.M.M.O.B.Makina MühendislerOdası ,İstanbul.
- Savaşçı , T., (1996) , “ Ana Hatları ve Temel Tanımları ile Polimerik Maddeler “ “ Plastik Teknolojisi – I Seminer Notu , T.M.M.O.B.Makina Mühendisler Odası ,İstanbul .
- İzmirlioğlu,İ.,(1994),Kullanılmış Polipropilen boruların geri dönüşüm ve ekstrüzyon yöntemiyle imalinin araştırılması,Yüksek Lisans Tezi,YTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Winsa Plastik San.A.Ş .Teknik Ve Ürün Katologu
- 1) İnternet adresi : www.plastics.org.nz (Plastics Institute of New Zealand , About Plastics,Plastics Products) .

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 27/08/1974

Doğum yeri Şanlıurfa

Lise 1989 – 1991 İstanbul Etiler Lisesi

Lisans 1992 – 1996 Yıldız Teknik Üniversitesi Makina
Fakültesi Makina Mühendisliği
Bölümü

Çalıştığı Kurumlar 1996 –1997 KSI Klima Soğutma Ltd.Şti.
1999 – Devam Ediyor Y.T.Ü Mak.Fak.Konstrüksiyon
A.B.D. Araştırma Görevlisi