

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Prof. M. Emin YURCI
Prof. Dr. M. MARŞOĞLU
Doç. Dr. Hüseyin Sönmez

PLASTİK EKSTRÜZYON TESİSLERİNİN
KURULMASINDA DİKKATE ALINMASI
GEREKEN KRİTERLER

79244

Mak. Müh. Mustafa BAKIR

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Mehmet Emin YURCI

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL, 1998

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ.....	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. PLASTİK EKSTRÜZYON TEKNIĞİNE GENEL BAKIŞ.....	3
2.1. Plastik Ekstrüzyon Tekniğinin Tarihsel Gelişimi.....	3
2.2. Çok Vidalı Ekstrüzyon.....	17
2.3. Koekstrüzyon.....	20
2.4. Vida Dizaynındaki Gelişmeler.....	25
2.5. Boru ve Hortum Kalibrasyon Sistemlerindeki Gelişmeler.....	27
2.6. Levha ve Film İmalatı İçin Ölçü Kontrol Sistemleri.....	28
3. PLASTİK EKSTRÜZYON TESİSLERİNİN KURULMASINDA DİKKATE ALINMASI GEREKEN KRİTERLER.....	31
3.1. Pazar Araştırması.....	31
3.1.1. Türkiye’de plastik ekstrüzyon pazarı.....	31
3.1.2. PVC’nin yapı malzemesi olarak seçilme nedenleri.....	33
3.1.3. PVC profillerin sistematiği.....	36
3.1.4. Sektördeki büyük firmalar ve pazar içerisindeki durumları.....	38
3.2. Kapasitenin Belirlenmesi.....	46
3.3. Ekstrüzyon Tesisi İçin Makine ve Techizat Seçimi.....	49
3.3.1. Ekstrüzyon hattı.....	49
3.3.1.1. Ekstrüderlerin temel karakteristikleri.....	53
3.3.2. Matrisler.....	67

3.3.2.1.	Ekstrüzyon matrislerinin dizaynında genel ilkeler.....	67
3.3.2.2.	Ekstrüzyon oranı ve basınç arasındaki analitik ilişki.....	71
3.3.2.3.	Ekstrüzyon tesislerinde kullanılan matrisler.....	73
3.3.2.3.1.	Levha ve film matrisleri.....	73
3.3.2.3.2.	Üfleme film matrisleri.....	79
3.3.2.3.3.	Boru ve hortum matrisleri.....	83
3.3.2.3.4.	Kablo kaplama matrisleri.....	88
3.3.2.3.5.	Koekstrüzyon matrisleri.....	91
3.3.2.3.6.	Profil ekstrüzyon matrisleri.....	95
3.3.3.	Mikser.....	112
3.3.4.	Hidrofor.....	115
3.3.5.	Kompresör.....	115
3.3.6.	Soğutucu.....	116
3.3.7.	Kırma makinesi.....	117
3.3.8.	Tam otomatik çift kesim testere.....	118
3.3.9.	Çıta kesme testeresi.....	118
3.3.10.	Üçlü delme ve frezeleme makinesi.....	119
3.3.11.	Su tahliye frezesi.....	120
3.3.12.	Orta kayıt alıştırma frezesi.....	120
3.3.13.	Köşe temizleme makinesi.....	121
3.3.14.	Köşe kaynak makinesi.....	122
3.3.15.	Profil bükme makinesi.....	123
3.3.16.	Fırın (Etüv).....	125
3.3.17.	Derin dondurucu.....	125
3.3.18.	Köşe kaynak test cihazı.....	126
3.3.19.	Sertlik test cihazı.....	127
3.3.20.	Elektronik tartı.....	127
4.	KALİTE.....	128
4.1.	Kalite Standartları.....	128
4.1.1.	Standartın kapsamı.....	128
4.1.2.	Numune alma.....	128
4.1.3.	Muayene ve deneyler.....	129

4.1.3.1.	Malzeme muayenesi.....	129
4.1.3.2.	Görünüş muayenesi.....	129
4.1.3.3.	Biçim muayenesi.....	130
4.1.3.4.	Soğukta darbeye dayanıklılık deneyi.....	130
4.1.3.5.	Hava şartlarına karşı renk haslığı deneyi.....	131
4.1.3.6.	Hava şartların karşı mekanik dayanıklılık deneyi.....	132
4.1.3.7.	Sıcakta bekletme sonrası davranış deneyi.....	134
4.1.3.8.	Sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği deneyi.....	134
4.1.3.9.	Kaynayabilirlik deneyi.....	135
4.1.3.10.	Köşe mukavemeti deneyi.....	136
4.1.3.11.	Boyut ve toleranslar.....	137
4.1.3.12.	İşaretleme.....	138
4.2.	Üretim Hataları ve Önleme Çareleri.....	139
4.2.1.	Kalitesiz hammadde seçimi.....	139
4.2.2.	Karışım hazırlamadan ileri gelen hatalar.....	144
4.2.3.	Hammaddenin tam plastize olmaması.....	148
4.2.4.	Vidaların kilitlemesi.....	149
4.2.5.	Matrisin bir kısmının yada tamamının tıkanması.....	150
4.2.6.	Kalibrasyon havuzundaki vakum düşüklüğü.....	152
4.2.7.	Su sıcaklığının artması.....	155
4.2.8.	Kalibrelelere profilin tam oturtulamaması.....	157
4.2.9.	Kalibrasyon kalıplarında parça kalması.....	158
4.2.10.	Kalibrasyon kısmı ile matrisin terazide olmaması.....	161
4.2.11.	Çekicinin paletlerinin mamüle düzgün basmaması.....	163
4.2.12.	Çekicinin hızının tam ayarlanamaması.....	165
4.2.13.	Testerinin standart boyda kesmemesi.....	167
4.2.14.	Odacıkları oluşturan perdelerin standart dışı olması.....	168
4.2.15.	Profil iç yüzeyinde kabarcıklar oluşması.....	170
4.3.	Yapılan Deneysel Çalışmalar.....	173
4.3.1.	Stabilizatörün profil dayanımına etkisi.....	175
4.3.2.	PVC'nin profil dayanımına etkisi.....	183
4.3.3.	Darbe mukavemeti vericinin profil dayanımına etkisi.....	187
4.3.4.	Köşe kaynak sıcaklığının pencere mukavemetine etkisi.....	190

4.3.5. Deney ve muayene sonuçlarının TS 5358'e uygun olarak verilmesi.....	192
5. SONUÇLAR.....	193
KAYNAKLAR.....	196
EKLER.....	203
Ek 1 Deney ve Muayene Sonuçlarının TS 5358'e Uygun Olarak Verilmesi.....	203
Ek 2 TDE 5000 Ekstrüzyon Hattının Bağlantı ve Yerleşim Şeması.....	210
Ek 3 TDE 6000 Ekstrüzyon Hattının Bağlantı ve Yerleşim Şeması.....	211
Ek 4 Bir Ekstrüzyon Tesisi Yerleşim Planı Örneği.....	212
Ek 5 Deneylerde Kod Numaraları İle Verilen Hammaddeler.....	213
ÖZGEÇMİŞ.....	214



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Tek odacıklı profil.....	37
Şekil 3.2. İki odacıklı profil.....	38
Şekil 3.3. Ekstrüder.....	50
Şekil 3.4. Isıtma rezistansları.....	50
Şekil 3.5. Ekstrüzyon anı.....	50
Şekil 3.6. Kalibrasyon masası.....	51
Şekil 3.7. Kalibre kalıpları.....	52
Şekil 3.8. Çekici.....	52
Şekil 3.9. Bir ekstrüder vidasının geometrisi.....	53
Şekil 3.10. Boyalı bir vidanın kağıt üzerinde dönderilmesiyle elde edilen grafik.....	55
Şekil 3.11. $L=D_b$ olan bir vida için $\theta_{(r)}$ ve $\omega_{(r)}$ değerlerinin H 'a göre fonksiyonu.....	57
Şekil 3.12. Vidanın a - a kesiti.....	57
Şekil 3.13. Yukarıdaki şeklin a - a kesiti görüntüsü.....	58
Şekil 3.14. Yukarıdaki şekildeki kesme noktalarının büyütülmüş hali.....	58
Şekil 3.15. İkiz vidalar üzerindeki çalışma bölgeleri	59
Şekil 3.16. İkiz vidalar üzerindeki çalışma bölgeleri	59
Şekil 3.17. İkiz vidalar üzerindeki çalışma bölgeleri	59
Şekil 3.18. İkiz vidalar üzerindeki çalışma bölgeleri	60
Şekil 3.19. İkiz vidalar üzerindeki çalışma bölgeleri	60
Şekil 3.20. Makaslama kuvvetlerini gösteren vektör diyagramı.....	62
Şekil 3.21. Akış oranı ve basınç arasındaki analitik ilişkiler.....	70
Şekil 3.22. Ayarlanabilir T-tipi kaplama matrisi.....	73
Şekil 3.23. Elbise askısı tipi matris dizaynı.....	74
Şekil 3.24. Bir levha ekstrüzyon matrisi kesiti.....	75
Şekil 3.25. 45^0 açılı kısıcı çubuklu, esnek dudaklı matris dizaynı.....	76
Şekil 3.26. Balık uyuğu tipi matrisin iç dizaynı.....	77
Şekil 3.27. Auto-Flex tipi matris dizaynı.....	77
Şekil 3.28. Kaplama matrisi elemanlarının perspektif görünüşü.....	78
Şekil 3.29. Levha ekstrüzyonunun şematik görünüşü.....	78
Şekil 3.30. Johnson tipi üfleme film matrisi.....	80

Şekil 3.31. Yandan beslemeli manifoldlu üfleme film matrisi.....	81
Şekil 3.32. Johnson tipi yandan beslemeli üfleme film matrisi.....	81
Şekil 3.33. Alttan beslemeli tip matris dizaynı.....	82
Şekil 3.34. Johnson tipi hava soğutma yüzüklü matris dizaynı.....	82
Şekil 3.35. Kalibre kısmıyla birlikte bir boru matrisi.....	84
Şekil 3.36. İnce cidarlı boru imalatında kullanılan matrisin kesiti.....	85
Şekil 3.37. Crosshead boru matrisi.....	86
Şekil 3.38. Borunun içten soğutulduğu ekstrüzyon matrisi.....	86
Şekil 3.39. Reifenhauser dizaynı bir boru matrisi.....	86
Şekil 3.40. Silindir tip kırıcı plakalı hortum matrisi.....	87
Şekil 3.41. Boru-hortum ekstrüzyon hattının genel görünüşü.....	88
Şekil 3.42. Tipik bir crosshead matrisi kesiti.....	89
Şekil 3.43. Basınçlı tip crosshead matrisi kesiti.....	89
Şekil 3.44. Kablo kaplama matrisi dizaynında sonlu elemanlar yöntemi.....	91
Şekil 3.45. Balık kuyruğu tipi koekstrüzyon matrisi.....	92
Şekil 3.46. Tek manifoldlu, çok katmanlı levha-film imalatının besleme modeli.....	93
Şekil 3.47. Üç manifoldlu (A, B, C) koekstrüzyon matrisi.....	93
Şekil 3.48. Film koekstrüzyon matrisi.....	94
Şekil 3.49. Boru-hortum imalatında kullanılan koekstrüzyon matrisi.....	94
Şekil 3.50. Yaygın olarak kullanılan ekstrüzyon mamülleri.....	95
Şekil 3.51. Ağır gramajlı ekstrüzyon mamülleri.....	96
Şekil 3.52. Matris içinde farklı hızlarda akışla elde edilen mamüller.....	97
Şekil 3.53. Matris içinde aynı hızda akışla elde edilen mamüller.....	97
Şekil 3.54. Matris içinde değişken hızlarda akışla elde edilen mamüller.....	97
Şekil 3.55. Eşit bacaklara sahip olmayan mamülün ekstrüzyon matrisi düzeltmesi.....	98
Şekil 3.56. Düzeltmelerden sonra elde edilen mamül.....	98
Şekil 3.57. Doğrusal ekstrüzyon oranı x Ekstrüder kafa basıncı grafiği.....	100
Şekil 3.58. Ekstrüzyon oranı test düzeneği.....	101
Şekil 3.59. Eş bacaklara sahip olmayan mamül matrisi kesiti.....	101
Şekil 3.60. Akış kesici kullanılması durumunda görülen makaslama oranı.....	102
Şekil 3.61. Matris girişindeki malzeme akışı.....	104
Şekil 3.62. Matriste oluşan hareketsiz bölgeler.....	105
Şekil 3.63. Kalibre kalıbı kesiti.....	106

Şekil 3.64. Vakumlama ve soğutma yüzüğü kullanılan matris sonrası şekil verme.....	106
Şekil 3.65. Destek formları kullanılan matris sonrası şekillendirme.....	107
Şekil 3.66. Üç parçadan yapılmış matris detayı.....	107
Şekil 3.67. Yarımamül ekstrude eden bir matris.....	108
Şekil 3.68. Ekstrüzyona hazır bir matris.....	109
Şekil 3.69. Bir ekstrüzyon matrisinin yalın hali.....	110
Şekil 3.70. Bir ekstrüzyon matrisinin parçalara ayrılmış hali.....	110
Şekil 3.71. Mikser.....	112
Şekil 3.72. Soğuk mikser bölümü.....	113
Şekil 3.73. Dört pompalı bir hidrofor sistemi.....	114
Şekil 3.74. Paket tip soğutucu.....	117
Şekil 3.75. Tam otomatik çift kesim testere.....	119
Şekil 3.76. Çıta kesme testeresi.....	119
Şekil 3.77. Testerenin alt ve üst kalıbı.....	119
Şekil 3.78. Üçlü delme tertibatı.....	120
Şekil 3.79. Üçlü delme ve frezeleme makinası.....	120
Şekil 3.80. Su tahliye yarığı.....	121
Şekil 3.81. Makinenin frezeleri.....	121
Şekil 3.82. Makine bıçak takımı.....	121
Şekil 3.83. Ucu kertilmiş profiller.....	121
Şekil 3.84. Köşe temizleme makinesi.....	122
Şekil 3.85. Tek köşe kaynak makinesi.....	123
Şekil 3.86. Çift köşe kaynak makinesi.....	123
Şekil 3.87. Dört köşe kaynak makinesi.....	123
Şekil 3.88. Profil bükme makinesi.....	124
Şekil 3.89. Fırın.....	125
Şekil 3.90. Köşe kaynak test deney numunesi.....	126
Şekil 3.91. Köşe kaynak test cihazı.....	126
Şekil 3.92. Elektronik tartı.....	127
Şekil 4.1. Soğukta darbeye dayanıklılık deney düzeneği.....	131
Şekil 4.2. Çift V çentikli standart numune.....	133
Şekil 4.3. Numunenin deney cihazına yerleştirilişi.....	133
Şekil 4.4. Basınç deneyinin yapılışı.....	137

Şekil 4.5. Topaklanmış hammadde.....	147
Şekil 4.6. Matristen yanık gelmesi anı.....	152
Şekil 4.7. Kalibrasyon kalıpları.....	153
Şekil 4.8. Tıkalı vakum kanalları.....	154
Şekil 4.9. Eğik perdeli profil kesiti.....	156
Şekil 4.10. İlk yol verme işlemi.....	157
Şekil 4.11. Profili kalibrelelere yapıştırmak için yapılan şişleme.....	158
Şekil 4.12. İmalat esnasında temizlik için açılan kalibre.....	159
Şekil 4.13. Profil yüzeyine temizleme amacı ile çizikler atılması.....	160
Şekil 4.14. Matris ile kalibrenin terazide olmaması durumu.....	162
Şekil 4.15. Eğilmiş profil.....	163
Şekil 4.16. Çekicinin palet mekanizması.....	164
Şekil 4.17. Profilin aşırı gerilme sonucu kopma anı.....	166
Şekil 4.18. Profilin kalibre önüne yığılması anı.....	668
Şekil 4.19. Kesme boyu programlama paneli.....	167
Şekil 4.20. Standart odacık yapısına sahip profil kesiti.....	169
Şekil 4.21. İç perdesi bozuk profil kesiti.....	170
Şekil 4.22. Köşe kaynak test deneyinin yapılışı.....	174
Şekil 4.23. Kaynak sıcaklığının köşe mukavemetine etkisi.....	192

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Ekstrüzyon hattı elemanları.....	49
Çizelge 3.2. a - $P_{\text{öpar}}$ Tablosu.....	64
Çizelge 3.3. e - P_{scon} tablosu.....	66
Çizelge 3.4. Değişik metallere yapılmış matrislerin fiyatları.....	69
Çizelge 3.5. Matris kanallarındaki akış oranı bağıntıları.....	72
Çizelge 3.6. Boru ve hortum matrislerinin sınıflandırılması.....	83
Çizelge 3.7. Plastik malzemelerin karakteristiklerine göre ekstrüzyon kabiliyetleri	104
Çizelge 4.1. Partideki profil sayısı x numune sayısı tablosu.....	128
Çizelge 4.2. PVC profillerin anma boyutları ve toleransları.....	138
Çizelge 4.3. PVC özellikleri ve standartları.....	140
Çizelge 4.4. Tyrin 6000'in teknik özellikleri.....	141
Çizelge 4.5. OmyaCarb 1T-AV'nin teknik özellikleri.....	143

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasındaki amaç, aslında temeli ülkemizde çok eskiye dayanan fakat son bir kaç yıldır yoğun kullanım alanı bulan sert PVC pencere sistemleri tesisleri başta olmak üzere, plastik ekstrüzyon mamülleri üreten tesislerin kurulması aşamasında dikkat edilmesi gereken noktaları belirlemek ve bu konuda yatırıma yönelecek kişilere ve araştırmacılara ışık tutabilmektir.

Plastik ekstrüzyon sektörü yeni yeni ünlenen, teknolojisi çok pahalı ve her geçen gün kendini yenileyen bir sektör olduğundan, bu konuda çok detaylı araştırmalar yapmak, test üretimleri üretici firmaya büyük maliyetler getireceğinden dolayı pek mümkün olmamaktadır.

Bu şartlar altında kuruluş çalışmalarını 1997 yılı başlarında başlayan ve kuruluş aşamasından üretime başlama aşamasına kadar bizzat çalışmalarda bulunduğum, STARpen firması Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Rıfki Akyüz ve Genel Müdür Sayın Recep Akyüz'e zor şartlara rağmen çalışmalarım esnasında sağladıkları kolaylıklardan ötürü teşekkür ederim.

Yaptığım çalışmaların tez haline getirilmesi aşamasında, tavsiye ve yönlendirmelerde bulunan Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Mehmet Emin Yurci Bey'e de değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Hazırlanan bu tezin yukarıda açıklanan amaçlara hizmet etmesini temenni ederim.

Mak. Müh. Mustafa Bakır

ÖZET

Hazırlanan bu yüksek lisans tezi, 1797 tarihinde Joseph Bramah tarafından başlatıldığı kabul edilen ekstrüzyon tekniğinin tarihsel gelişiminin kronolojik sıradaki incelemesi ile başlamaktadır. Kronolojik olarak ekstrüzyon tekniğinin incelenmesinin ardından belirli bazı ana başlıklar altında en çok gelişmelerin kaydedildiği kısımlar anlatılmaktadır.

Herhangi bir yatırımcının plastik ekstrüzyon sektörüne girmeden önce yapması gerekenler ve bu sektörün yatırım amacıyla seçilmesini cazip kılan faktörler ilerleyen bölümlerde örnekler, karşılaştırmalar ve sayısal değerlerle verilmiştir.

Plastik ekstrüzyon yöntemi ile bir mamül üretimi yapılmaya karar verildikten sonra, ülkemizde son yıllarda favori olan sert PVC pencere ve kapı sistemleri ile boru sektörü için kapasitenin belirlenmesi ve pazarın şu anki durumu araştırılmış, ihtiyaç duyulan hertürlü teçizat ve ekipmanların seçilmesi esnasında dikkate alınması gereken kriterler ve özellikle ekstrüzyon işleminin ana ekipmanları olan matrisler çeşitlerine göre detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Son yıllarda artık ülkemizde üretici firmaların üzerine daha bir dikkatle eğildikleri kalite konusu, plastik profil ekstrüzyonu için incelenmiş, bu konudaki kalite standartları verilmiş, üretim esnasında karşılaşılan sorunlar ve hataların neden ortaya çıktıkları ve önleme çareleri anlatılmıştır. Özellikle hammadde seçilmesi esnasında dikkat edilmesi gerekenler ve hammaddelerin üretilecek malzemenin karışımı aşamasında mamüle etkisi yapılan deneysel çalışmalar ile gözler önüne serilmiştir. Üretim aşamasında değişen hammadde markalarının ve oranlarının, mamül kalitesine etkisi yapılan deneysel çalışmalarla tesbit edilmiş birbirleri ile mukayesesi yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Deneysel, Ekstrüder, Ekstrüzyon, Hammadde, Matris

ABSTRACT

This thesis begins with the chronological analysis of the historical development of the plastic extrusion technique believed to be invented by Joseph Bramah in 1797. After this chronological study there are some narrations with headlines which involve the parts in which much of the progress takes place.

The preparations any investor has to do before he attends to the plastic extrusion sector and the factors which make the sector impressive are the later subjects. They are studied with examples, comparisons and numerical forms.

Fixing a capacity after deciding to make plastic extrusion, (it doesn't matter what kind of extrusion it is: sheet-film, pipe, profile...) the criterions which are important when choosing the equipment and particularly the dies and it's types which are the main parts of the plastic extrusion are explained in detail.

In recent years, the subject of "quality" to which the firms give more importance is examined for the plastic profile extrusion and a definite quality standard is given. The problems during the production and their reasons are also mentioned. The precautions are given. Particular points which have to be considered while choosing raw materials and the influences of these materials on the products are shown with experimental studies and discussions.

KEYWORDS: Die, Experiments, Extruder, Extrusion, Raw Material

1. GİRİŞ

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, yapı malzemeleri olarak kullanılan ağır metallerin ve yeryüzünde giderek azalan hammaddelerin yerini yeni arayışlar almaktadır. Örneğin azalan ormanlarımız koruma altına alınırken, sert PVC pencereler giderek yayılmaktadır. Hafifliklerinden ve işletme şartlarına dayanımlarından dolayı da demir boruların yerini PVC borular almakta ve hertürlü ortam şartına karşı yalıtım sağlayan filmler, levhalar artan kullanım alanları bulmaktadırlar. Bu gibi örneklerden ötürü çoğu kişi bu çağı, plastik çağı olarak adlandırmaktadır. Bilgisayarların artık iyice imalat sektörüne girmeleriyle birlikte konstrüktif açıdan mukavemeti yüksek ve kullanılışlı dizaynlar yapılabilmektedir. Bu çalışmalar neticesinde plastik malzemeler hayatımızın her alanında devamlı yükselen bir pazar payına sahip olmaktadır.

Plastik ekstrüzyon başlıca üç mamül çesidi kullanım ve bir mamül harici amaca yönelik yapılmaktadır.

- Profil, boru ve film halindeki standart mamüller şeklinde,
- Tekbaşlarına kullanılmak yada çeşitli malzemeleri kaplamak amacı ile bir yada birden fazla katmanlar halinde,
- Tellerde, ahşapta yada metalde yalıtım amacıyla,
- Değişik malzemelerin karıştırılması yada bileşimleme amacıyla.

Görüldüğü gibi hayatımızın her alanında plastik ekstrüzyon mamülleri ile karşılaşabilmekteyiz. Plastik kullanımı bu denli yaygınlaşınca talep te bu yöne kaymakta bunun sonucu olarakta yüklü bir arz gerekmektedir. Hal böyle olunca da Türkiye'deki girişimciler bu sektöre giderek artan bir ilgi ile yaklaşmaktadırlar. Her geçen gün, PVC kapı, pencere ve boru başta olmak üzere ekstrüzyon mamülü üreten yeni fabrikalar hizmete girmektedir.

Ekstrüzyon işlemi için bir yada birden fazla hammadde ve yardımcı kimyasal karıştırılarak elde edilen malzeme karışımı ekstrüderlerdeki vida yada vidalara sevk edilmektedir. Bu kısımda vidaların içerisinde bulunduğu kovanların ısıtılması ve vidaların malzemeyi ileriye sevk etmeleri esnasında sıkıştırarak mevcut ısıyı yükseltmeleri ile birlikte, malzeme plastifike edilmektedir. Yeterli kıvama getirilen malzeme karışımı

Üretilen mamülün eitine göre dizayn edilen matrislerden ekstrude edilmektedir. Ekstrüder kısmı bütün ekstrüzyon işlemleri için yaklaşık olarak aynıdır. Farklılık matris dizaynından gelmektedir. Mamül eitleri oluşturan matrislerin tipleri ise:

- Levha ve film matrisleri,
- fleme film matrisleri,
- Boru ve hortum matrisleri,
- Kablo kaplama matrisleri,
- Koekstrüzyon matrisleri,
- Profil matrisleridir.

Mamül matristen ekstrude edildikten sonraki işlemler de, mamülün eitine göre farklılık göstermektedir. Tabiki bununla birlikte fabrika donatımı, tehzizatı ve laboratuvar ekipmanları da değişmektedir.

Ekstrüzyon işleminin bu denli önemli bir noktaya gelmesinde Şüphesiz bir çok faktör etkili olmuştur. Bu nedenle ekstrüzyon tarihinin incelenmeside faydalı olacaktır. Görülecektir ki 1797 tarihinden balayıp günümüze ulaşan ekstrüzyon tekniğinde, prensip aynı kalmakla birlikte büyük ilerlemeler kaydedilmiş, uygulama alanları yayılmıştır.

Ülkemizde de son yıllarda üzerine dikkatli bir Şekilde eğililmeye balanılan kalite konusu, gelimi ülkelere nazaran biraz geç kalınmi olsa da, özellikle ihracat yapan firmalar tarafından çok dikkate alınmaktadır. Yurt dışında da geçerliliği olan kalite standartlarını kendi bünyelerine yerleştirmek için üretici firmalar yari içerisinde dirler. Üstün kaliteli mamül imalatının, servis sağlama imkanlarının ve garantinin tüketicici tarafından aranan özellikler olmaya balaması, diğer bir değile tüketicinin bilinenmesi buna en büyük etkendir.

Bu yaklaşımlardan yola çıkarak ilerleyen bölümlerde plastik ekstrüzyonunun tarihsel gelişimi, bir plastik ekstrüzyon tesisi kurarken dikkate alınması gereken kriterler, makine ve tehzizatların seçimi, bu konudaki kalite standartları, imalat esnasında karşılaşılan sorunlar ve nleme çareleri ile bu konuda yapılan deneysel çalışmalar detaylı bir Şekilde anlatılacaktır.

2. PLASTİK EKSTRÜZYON TEKNİĞİNE GENEL BAKIŞ

2.1. Plastik Ekstrüzyon Tekniğinin Tarihsel Gelişimi

Eski bilgilere dayanarak söylendiğine göre ilk ekstrüzyon makinesi 1797 tarihinde Joseph Bramah tarafından İngiltere’de icat edilmiştir (Fisher,1976). Bramah icat ettiği bu ekstrüderi dikişsiz kurşun boru imalinde kullanmıştır (DuBois,1972).

Ekstrüderlerin gelişmesinde karşımıza çıkan sonraki adım ise 1840’ların ortasında meydana gelmiştir. 1845 yılında Richard Brooman ekstrüzyon prosesini detaylı bir şekilde projelendirmiş ve gütaperka ipliği imal eden bir ekstrüderin patentini almıştır. Bu olay da ekstrüzyonun bir imalat yöntemi olarak kayda geçtiği tarih olmuştur (Fisher,1976). Brooman’ın ekstrüderi daha sonra Henry Bewley tarafından modifiye edilmiştir. Bewley aynı zamanda 1845 yılında bu ekstrüderi ilk defa, sualtı kablolarında iletken olarak bulunan bakır telin yalıtkan bir malzemeye kaplanmasında kullanmıştır (DuBois,1972). Bu kablo 1858 yılında İngiliz Kanalı dibine boydan boya döşenmiş ve ekstrüzyonun kablo kaplanmasında ilk kullanılışı olarak tarihe geçmiştir. 1858’li yıllarda Connecticut’ta kurulan A.G. Day Co.’nın sahibi olan A.G. De Wolfe’de ekstrüzyon işlemini kabloları yalıtmakta kullanmıştır. Bu yılı izleyen 50 yıl içerisinde ekstrüzyon metodu fabrikalarda kablo kaplamak için yaygın halde kullanılır hale gelmiş ve ilk başlarda el beslemeli olan ekstrüderlerin yerini mekanik olarak yapılandırılan presler almıştır.

Ekstrüderlerde işte bu andan itibaren ekstrüzyon presi adıyla anılmaya başlanmıştır. Ama bu presler sürekli olmayan bir imalat sistemi idiler. Bu süreksizlik daha sonraları tek vidalı ekstrüderlerin geliştirilmesine sebep olmuş ve böylelikle de sürekli imalata geçilmiştir.

Aslında vidalı ekstrüderlerin kullanımı 1800’lü yıllara dayanmaktadır. Bu yılların başlarında vidalı ekstrüderler endüstriyel olarak İtalya’daki makarna fabrikalarında delikli makarnaların imalatında kullanılmıştır (Akin,1946). Makine sektöründe ilk vidalı ekstrüderin patentini ise Gray adındaki bir İngiliz 1879 yılında almıştır (Dubois,1972). Gray bu makinasını lastik hortumlar yapmak için kullanmıştır. Bir vidalı ekstrüder için her ne kadar ilk patenti 1879 yılında Gray aldıysa da, ilk vidalı ekstrüderin 1872 yılında A.G. De Wolfe tarafından geliştirildiği bilinmektedir. De Wolfe’un yaptığı ekstrüderin 1609,3 m./saat’lik (1 mil/s) kablo kaplama kapasitesine ulaştığı kayıtlara geçmiştir. Bu bir sürekli

imalat olduğuna göre, büyük bir olasılıkla söz konusu ekstrüder de vidalı ekstrüderdir (Fisher,1976).

1879 yılında John Royle'da Amerika'da vidalı bir ekstrüder geliştirmiştir. Royle'un yaptığı ekstrüder buhar ısıtmalıydı ve lastik işlemede kullanılmıştı. Bu makineyi selüloz nitrat işlemekte kullanmak için yapılan ilk deneme başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Selüloz nitrat ekstrüde edilen ilk termoplastik olmuştur ve bu, başarılı bir şekilde 1875 ile 1880 arasında Hyatt tarafından gerçekleştirilmiştir (DuBois,1972). 1900'lü yıllarda vidalı ekstrüderlerin gelişimi devam etmiş ve selüloz nitratin yaygın bir şekilde işlenmesi sağlanmıştır. İşte bu anda selüloz nitrata bir solvent karıştırılarak kontrollü bir derecede plastiğin eritilmesi gerçekleştirilmiş, daha sonra da bu solventin ısıtılarak buharlaştırılması yoluna gidilmiştir. Bu işlem ıslak ekstrüzyon olarak bilinmektedir. Kuru ekstrüzyon için (solventsiz) geliştirilen ilk ekstrüder 1937 yılında Detroit Macoid Corp. tarafından imal edilmiştir (Anon,1948). 1956 yılında ise Amerika'da 6069 adet kuru ekstrüderin kullanıldığı söylenmektedir (Anon,1957c).

Almanya'da da Poul Troester 1892 yılında başarılı bir vidalı ekstrüder dizayn etmiştir. 1912 yılında Troester tarafından 500 adet üzerinde vidalı ekstrüder yapılmış ve satılmıştır (Fisher,1976). 1800'lü yılların sonundan 1920'li yıllara kadar piyasadaki durgunluğa rağmen yüksek sayıda ekstrüder imal edilmiştir. Bu durgunluğun sebebi ise ekstrüzyona tam olarak uygun hammaddenin olmaması idi (Fisher,1963). Çünkü 1940'ların başına kadar büyük miktarlarda termoplastik malzemeler bulmak mümkün olmuyordu (Anon,1985d).

Enjeksiyon kalıplamada olduğu gibi, ekstrüzyon işleminde de gerçek anlamda gelişme selüloz asetatın bulunmasıyla olmuştur. Büyük miktarlardaki selüloz asetatın kullanılması ilk olarak 1. Dünya Savaşı sıralarına rastlamaktadır (Thomas,1947). Yaygın olarak selüloz asetatın kullanılmasıyla maliyette düşmeler görülmüş, bu da ekstrüzyon işleminin hızlı gelimesine yardımcı olmuştur. Bu gelişmelere rağmen aslında 1930'larda imal edilen ekstrüderler, Gray'in 1879 yılında patentini aldığı ekstrüderden çokta farklı değildir (Fisher,1976). Bunlar vuruşlu, buhar ısıtmalı ve vidalı ekstrüderlerdir.

1930'lu yıllarda yeni termoplastiklerin tanınmasıyla mevcut ekstrüderlerde değişikliklere gidilmesi gerekliliği duyulmuştur. Vidaların boyu, dengelenmiş ısıtmayı

sağlamak için uzatılmış ve buharlı ısıtmanın yerini de elektrikli ısıtıcılar almıştır. Poul Troester 1935 yılında, özellikle termoplastik işlemek için dizayn edilmiş HLST-E modelindeki ekstrüderi imal etmiştir (Fisher,1963). Yaklaşık aynı zamanlarda İngiltere’de Francis Shaw ve bir müddet sonra da Amerika Ohio’daki National Rubber Co. normal boyutlardan daha uzun boyutlu bir vidaya sahip ve ısı kontrollü (yağ, buhar yada elektrik rezistantları ile ısıtılan) bir tanka sahip ekstrüderleri imal etmişlerdir (DuBois,1972).

Lastik işlemek için kullanılan ilk ekstrüderlerde boy:çap oranı 4:1 idi (Fisher,1963). 1935’ten sonra ekstrüderler, elektrikle ısıtılan ve daha uzun vida boyuna sahip ekstrüderlerle yer değiştirmeye başlamıştır (Rauwendaal,1986). 1939’da Poul Troester günümüzde de kullanılan tek vidalı ekstrüderleri tanıtmıştır. Troester’in ekstrüderi ;

- Direkt elektrik ısıtmalı,
- Hava soğutmalı,
- Otomatik sıcaklık kontrolüne sahip ayrı ısı kabinli,
- Değişken hız kontrollü,
- Boy:çap oranı 10:1

olan vidaya sahipti (Fisher,1976). 1951’de bu oran 15:1 , 1963’te de 30:1’e çıkmıştır (Fisher,1963).

1940’larda imal edilen ekstrüderlerin en büyük alıcıları ordu ve beş altı büyük uçak üreticisi firma idi (Generaux,1948). Plastik ekstrüzyonun tarihindeki en büyük atılım ise 2. Dünya Savaşı’nın bir sonucu olan savunma programlarının gerektirdiği değişik metal ihtiyacı nedeniyle olmuştur. 1940 ile 1941 arasında termoplastik işlemede göze çarpan ilerleme Amerika’da sürekli ekstrüzyonun ticari gelişmesi olmuştur. Bu tarihten önce ekstrüzyon birkaç plastik üreticisinin imal ettiği çubuklar ve borular ile sınırlı kalmıştır (Goodsped,1941).

Ekstrüzyon işlemi 2. Dünya Savaşı sürecinde büyük deneyimler kazanmıştır. Ekstrüderlere kırıcı plakalar eklenmiş ve yükselen geri basınçların önüne geçmek için daha mukavemetli alın yatakları inşa edilmiştir. Bunu izleyen diğer gelişmeler ise mafsallı ekstrüzyon, levha ekstrüzyonu, hidrostatik tel (Saran Tel) ekstrüzyonu ve konik vidalı ekstrüderler olmuştur.

Büyük oranda endüstriyel önem kazanan ilk plastik ekstrüzyon işlemi, crosshead ekstrüzyon, 2. Dünya savaşının başlarında kablo izolasyonu yapmak için kullanılmıştır (Fisher,1950). 1941 yılında Plax Corp. ilk plastik levha ve filmleri imal etmek için bir levha ekstrüzyon makinesi kullanmıştır. Saran Tel ekstrüzyonu ise ilk olarak 1943 yılında Dow Chemical Co. tarafından kullanılmıştır (DuBois,1972). 1943 yılında Industrial Synthetics Corp. konikleştirilmiş silindirik bir ekstrüder gövdesinin geliştirilmesi programına başlamıştır (Generaux,1948). Aynı zamanlarda Almanya'da da buna benzer bir çalışma yürütülmekteydi. Industrial Synthetics Corp.'ın yürüttüğü çalışmalar konik vidaya sahip silindirik bir ekstrüderin imaliyle sonuçlanmıştır. Bu konik (boyunca incelen) dizayn vidanın dış üstü ile silindir gömleği arasındaki açıklığı da düşürmüştür. Bu da malzemenin akümülyasyondan korunmasına yardımcı olmuştur.

1940'ların sonuna doğru ekstrüzyon endüstrisi üfleme ile film imalatı, inceltmiş levha imalatı ve ekstrüzyonla kaplama gibi gelişmelerle tanışmıştır. Tabi bu gelişmelerin çoğu polietilen bulma imkanı ile kısıtlı idi. 1946 - 1947 tarihleri arasında Plax Corp. yatay üfleme ile boru imalatı yöntemini geliştirmiş ve bu olay polietilen film alanında büyük pazar açmıştır (DuBois,1972). Bu yöntemin kabul görmesi bir miktar zaman almıştır. 1960 yılında yoğun bir şekilde üfleme film yapılmaktaydı (Anon,1970b). 1947 yılında National Rubber Co. büyük kapasitede ince termoplastik levhalar üretebilen basit bir ekstrüzyon ünitesi geliştirmiştir (Anon,1947). Bu ünite Tennessee Eastman Corp. tarafından geliştirilen ekstrüderle hemen hemen aynı özellikleri taşıyordu. Bu makine yağ ısıtılmalı bir ekstrüder, özel bir levha matrisi ve soğutma ünitesi içermekteydi. İşlem esnasında ergiyik malzeme matrizen bir boru şeklinde çıkmaktaydı. Bıçak benzeri bir parça boruyu keser biçimde yerleştirilmiş ve üç yayıcı çubuk levhanın yeni yassı formunu beslemek amacıyla kullanılmıştır. 1948 yılında Du Pont'tan Charles Fields kağıdın polietilenle kaplanmasında ekstrüzyonu kullanmıştır. Charles Fields'in geliştirdiği bu yöntem imalat sektöründe ilk olarak 1950 yılında New York'taki St. Regis Paper Co. tarafından kullanılmıştır (DuBois,1972).

1952 - 1953 yıllarında R. H. Windsor Ltd. ve F. J. Stokes Machinery Co. ekstrüzyon makinalarında aşağıdaki temel değişikliklere yol açan gelişmeleri gerçekleştirmek için birleşmişlerdir.

1. İtici bölgede bulunan yıkama alanında genişletme: Bu teçhizata fazla yüklenme olmadan yüksek ekstrüzyon oranlarına çıkılması imkanını vermiştir.
2. Menteşelenmiş adaptör levha: Bu namlu ile adaptör arasındaki sızıntıyı engellemiş ve malzemenin akışını durduran tertibatın birkaç saniyede yerini almasını sağlamıştır.
3. Vidanın sonunda kullanılan bir kama yuvası: Bu vidayı sökmek için ana kasanın sökülmesi gerekliliğini ortadan kaldırmış ve vidanın daha kolay temizlenmesini sağlamıştır (Anon,1953).

Aynı zamanda 1952 yılında R. H. Windsor vibrasyon önleyici sisteme sahip bir ekstrüder de önermiştir (Anon,1952a).

1950'li yıllarda Teflon'un ekstrüzyonu ile ilgili birçok çalışmalar olmuştur. Teflon (Polytetrafluoroethylene) ile ilgili ilk çalışmalar 1943 - 1950 tarihleri arasında Ben Fields tarafından yürütülmüştür (DuBois,1972). 1950'li yıllarda bazı firmalar Teflon ekstrüderlerini tanıtmışlardır. Bunlar vidasız ekstrüderlerdi. 1954 yılında Jennings Engineering Inc. TE-1 Teflon kablo kaplama ekstrüderini tanıtmıştır (Anon,1954).

1950'lerin Teflon ekstrüderlerinde malzeme, genellikle ergime noktasının altında ekstrude edilmiş daha sonra 165⁰C (620⁰F) civarında sinterlenerek sert bir yapı kazandırılmıştır. Bu metod bazı hallerde ekstrüzyon oranı ve cidar kalınlığı ile sınırlı kalmıştır. Şubat 1956'da Du Pont tarafından uygulanan bir teknik bu sınırlamaların ortadan kalkmasını sağlamıştır. Du Pont'un yöntemi ile ince cidarlı boruların Teflon 6 ile ekstrude edilmesi mümkün olmuştur. Bu yöntemde ince Teflon tozu, yardımcı bir organik sıvı ile karıştırılmıştır. Bu karışım da daha sonra ekstrüderin silindirik gövdesine gönderilmiş ve şekillendirici matrislerden ekstrude edilmiştir. Ekstrude edilen bu malzeme son olarak sinterlenip soğutulmuştur. Bu şekilde 0,25 - 2,5 cm. (0,010 - 0,100 in.) cidar kalınlığında boru imali yapmak mümkün olmuştur. Bu yöntem yakın zamana kadar Surprenant Manufacturing Co. tarafından kablo kaplamakta da kullanılmıştır (Thompson,1956).

1955 yılında West Instrument Corp., ekstrüder namlusundaki ısıtma şeritlerinin kontrolünün zorluğunu ortadan kaldıran yeni bir ısıtıcı kontrol paneli tanıtmıştır (Anon,1955). Bu ısıtma sisteminde, ampermetreler seriler halinde ısıtma bobinlerinin arasına monte edilmiştir. Eğer bir ısıtıcı arızalanırsa, control panelinin derhal alarm

vermesi ve arızanın olduğu bölgeyi göstermesi sağlanmıştır. Bu, arızanın bulunması için bütün ekstrüderin sökülmesi zorunluluğunu ortadan kaldırmış ve arızalı kısımların çabuk değiştirilmesiyle de, dengesiz ısıtmanın ve hatalı mamül eldesinin önüne geçilmiştir.

1944'lü yıllarda standart ekstrüderler tanıtılmıştır (Anon,1948). 1950'lerin başında 1,7 ve 3,2 inch'lik (vida çapı) standart ekstrüderler en çok satılan çeşitleri olmuştur. Fakat 1950'lerin ortalarında standart ekstrüderler bu özelliklerini kaybetmişlerdir. Bu olay aslında daha büyük ekstrüderlere olan talebin artmasının bir sonucudur. Büyük ekstrüderler aşağıda sayacağımız şu önemli değişikliklerle üretilmişlerdir.

- 1- Elektrikle ısıtma, merkezci üfleme hava soğutmasının kullanılmasıyla daha emniyetli bir hale getirilmiştir.
- 2- Kontrol elemanları eklenmiş, böylelikle yapılabilecek ayarların daha hızlı olması sağlanmıştır.
- 3- Vida dizaynı daha teknolojik bir şekilde yapılmıştır.
- 4- Gövde soğutma devreye alınmıştır.
- 5- Ful entegre sistemlere rağbetin artmasıyla, çekicide modernizasyon yapılmıştır (Anon,1948).

1957'de Prodex Corp., o ana kadar en geliştirilmiş ful entegre bir levha ekstrüderini tanıtmıştır (Anon,1957a). Prodex'in sisteminde, ekstrüzyon ve çekici elemanlarında son teknoloji olan beta ışınları ile ölçüm kullanılmıştır. Ekstrüder gövdesine ergiyik malzemeyi matrise aktaran, 3,5 inch'lik, çift ağızlı ve soğutmalı bir vida yerleştirilmiştir. Matriste, levha kalınlığının kapalı devre kontrolüne imkan sağlayan beş soğutma bölgesine yer verilmiştir. Beta ışınları tarafından ölçülen levha kalınlığı, devamlı bir şerit grafik üzerine aktarılmış, levha kalınlığındaki ayarlamalar, matris bölgelerindeki sıcaklığın veya kısıcı pimin pozisyonunun değiştirilmesiyle yapılmıştır.

1950'lerin sonunda iki yeni ekstrüder daha geliştirilmiştir. Bunlardan biri T. Engel tarafından Batı Almanya'da dizayn edilmiştir (DuBois,1972). Engel'in makinesinde, ısıtma ve pompalama bölümleri birbirinden ayrılmıştır. Ayrıca Engel'in ekstrüderinde, granül plastiğin, vidayı besleyen bir sıcak plakanın üzerinde eritilmesi sağlanmıştır.

Elastik eritme ekstrüderi 1959'da en heyecan verici gelişme olmuştur. Bu ekstrüder Bryce Maxwell ve Anthony Scalora tarafından Princeton Plastics laboratuvarlarında dizayn edilmiştir (Anon,1959). Aslında bu ekstrüder K. Weisbeg'in 1947 de anlattığı temellerden yola çıkarak geliştirilmiştir (DuBois,1972). Bu ekstrüderde malzemenin, biri dönen diğeri sabit iki düşey disk arasına sevk edilmesi düşünülmüştür. Ergiyik malzemenin elastik özellikleri, merkezci pompalamanın geliştirilmesiyle, malzemenin matrise sevkini sağlamıştır. Kısacası bu ekstrüderde vida kullanılmamıştır. Bu makinenin en büyük özelliği mükemmel karışım sağlaması olmuştur. Ekstrüder 1959 yılında geliştirilmesine rağmen ticari kullanımı 1964 yılında başlamıştır (Smoluk,1965).

1960'larda ekstrüzyon alanında birçok yenilikler görülmüştür. 1960'ların ekstrüzyondaki en önemli gelişmesi, birbirine zıt yönde dönen yoğurucu vidaların ve enjektörün, yakın olarak üniversal adaptasyonu olmuştur (DuBois,1972). 1960'ların başlarında diğer gelişmeler de; çoklu manifoldlu matrislerde, besleme mekanizmalarında ve vinil levha sistemlerinde görülmüştür.

1960 yılında İsviçre'deki Oerlikon Plastics Ltd., dört matrisin tek bir ekstrüderden beslendiği, çoklu manifoldlu bir sistem tanıtmıştır (Anon,1960b). Ürün büyük makinelerde düşük ekstrüzyon oranları ile imal edilen profillerde imalatçıların karşılaştığı problemleri asgariye düşürmek için dizayn edilmiştir. Büyük ekstrüderler, küçük ekstrüzyon oranlarında çalıştırıldığında, makinenin tam olarak vermesi gereken verim genelde elde edilememiştir. Tabiki bu da imalatçının yatırımının geri dönmesini geciktirmiştir. Yeni çoklu manifoldlu matris bu problemi çözmüştür.

1950'lerin sonlarına doğru PVC'nin kuru karışım ekstrüzyonunda çeşitli problemler yaygın bir halde gözlemlenmiştir. Bu problemlerden başlıca ikisi; Ekstrüzyon mamulündeki gözeneklilik ve kötü yüzey kalitesi idi. Bu problemler birçok işletmecinin bu yöntemi terk etmesine neden olmuştur. 1950'lerin sonlarına doğru Escambia Chemical Corp.'ın bünyesinde bulunan teknik servis laboratuvarı bu problemler üzerinde araştırmalara başlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, hataların kontrolsüz hava akımında ve kuru karışımdaki rutubetten kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. 1960 yılında bu problemler, National Rubber Machinery Co. tarafından üretilen bir vakumlama cihazı ile çözülmüştür. Yapılan vakumlamanın sonucu olarak ekstrüzyon mamulünde gözeneklilik tamamı ile önlenmiş , fiziksel özelliklerde ve yüzey kalitesinde de büyük iyileşmeler görülmüştür

(Flathers,1960). Vakumlamanın, ekstrüderin besleme konisine eklenmesiyle de ekstrüzyon alanında kayda değer en büyük gelişmelerden biri 1960 yılında gerçekleştirilmiştir (Anon,1961b).

Ekstrüzyonla kaplama alanında çalışan işletmeler de, 1950'li yılların sonlarına doğru bir dizi sorunlarla karşılaşmışlardır. Avantajlarına rağmen, ipi, kağıdı ve diğer malzemeleri plastik türleri ile kaplamak, 1960'tan önce yaygın olarak kullanılan bir ekstrüzyon yöntemi olmamıştır. Bunun nedeni, düşük ekstrüzyon oranları ve imalat esnasında karşılaşılan dalgalanma problemlerinin meydana gelmesi idi. 1960 yılında Union Carbide Plastic Co.'ın geliştirme bölümündeki araştırmacılar bu sorunu, ekstrüderin üzerindeki koninin yerine bir besleme pompası koyarak gidermişlerdir (Bower,1960). Bu, devamlı ve yüksek ekstrüzyon oranlarına çıkılmasını, aynı zamanda da yüksek sıcaklıklara çıkılarak ergimiş plastiğin donması sorunlarının önüne geçilmesini sağlamıştır.

1961 yılında oluklu rijit vinil levhaların ekstrüzyonla üretilmeleri alanında bir hareketlilik başlamış, bu sistemler ilk olarak Avrupa ve Japonya'da geliştirilmiştir (Nisbet,1961). 1960'ın başlarında Almanya'daki Reifenhauser K. G. Maschinen Fabrik oluklu rijit PVC levha üreten komple bir sistem tanıtmıştır (Anon,1961a). Aynı zamanlarda National Rubber Machinery Co. ve B. F. Goodrich Chemical Co. birleşerek sürekli oluklu rijit vinil levha üreten bir tesis kurmuşlardır. Bu şirketler Amerika'da ilk olarak endüstri ve inşaat alanında kullanılmak üzere bu mamulden üretmişlerdir (Nisbet,1961).

1960'lı yıllarda termoset ekstrüzyon alanında da gelişmeler olmuştur (Anon,1961c). Hali hazırda bu yöntem Avrupa'da kullanılmaktaysa da, Amerika'daki çalışmalar 1960'larda ancak başlamıştır. 1963 yılında Amerika Pensilvanya'daki York Industrial Plastics Inc. termosetleri ekstrude etmek için bir yöntem geliştirmiştir (Anon,1963c). Bu yöntem yaygın olarak kullanılan termoplastik işleme yöntemlerinden biraz farklı bir yapıya sahiptir. York Industrial Inc.'in tekniğinde vurmali tip bir ekstrüder kullanılmış ve işletme basıncı 50.000 psi gibi yüksek değerlere çıkmıştır. İşlem esnasında malzeme konik bir odacığa, oradan pistonların ittiği bir silindire, oradan da pistonla, ısıtmalı bir matrise iletilmekteydi. Matrisin içerisinde de malzeme basınç altında kürleniyordu. Malzemenin basınç altında olması, pistonun geri çekilmesi esnasında malzemenin matriste kalmasını sağlıyordu. Yeni bir şarj yapılırken, piston yine geri çekiliyor, şarjı önüne aldıktan sonra da

tekrar itiyordu. Her nekadar işlem sürekli gibi görünmesede, bu yöntemle devamlı bir ekstrüzyon sağlanmıştır. Bu teknik ilk olarak fenol tiplerinin ekstrüzyonunda kullanılmıştır.

1960'lı yılların başlarında ve ortalarında havalı ve iki bölümlü ekstrüderler popüler hale gelmiştir. Silindirin havalandırılması 1950'li yılların ortalarında kullanılmaya başlanmıştır (Anon,1957c). NRM Co. iki bölümlü ekstrüderi ilk olarak 1950'de tanıtmıştır. NRM'nin makinesi koloidal hareketi, karıştırma olayını ve ekstrüzyonu ilk defa tek vidalı bir ekstrüderde birleştirmiştir. Bu kayda değer bir ilerleme olmuştur. Çünkü bu sayede alıcıların, isteklerine göre malzeme karışımlarını hazırlamaları, daha kolay bir hal almıştır. Malzeme bileşimi hızlı bir şekilde yapılabilmiş ve az miktardaki özel siparişlerin getirdiği yüksek maliyetlerden de kurtulunmuştur (Anon,1950b).

1962 yılında New Jersey'de bulunan Frank W. Egan & Co., menfezin önüne yerleştirilen bir baypas kanalının yer aldığı yeni bir iki kademeli ekstrüderi tanıtmıştır (Anon,1962). Bu baypas kanalının görevi menfezdeki malzeme akışını düzenlemektir. Malzeme akışı fazlalaşırsa, baypas kanalı bu malzemeyi yeniden menfezin arkasına sevk ediyordu. Böylelikle de menfez kısmındaki taşmanın önüne geçilmiş oluyordu.

1963 yılında Victor Industries üfleme ile imal edilen filmleri soğutmak için dizayn edilen Victor Ventüri Hava Yüzüğünü (Ventüri Boğazı) tanıtmıştır (Anon,1963b). Yeni teknikte soğuk hava, film ekstrüzyonu ile paralel yönde, halka şeklindeki bir orifisten malzemenin üzerine üfleniyordu. Bu metod hızlı soğumaya ve yüksek ekstrüzyon oranlarına çıkılmasına imkan sağlıyordu.

Bunu daha sonraları içten kabarcıklı soğutma devrelerinin kullanılması izlemiştir. 1965 yılında Japan Steel Works Ltd. kendi imalatları olan Nikko Üfleme Film makinaları üzerinde, içten kabarcıklı soğutma tekniğini uygulamıştır. Bu sistemlerde, matrisin üzerine ve malzeme kabarcıklarının içerisine yerleştirilen ısı değiştirgeçleri kullanılmıştır. Bu sistemin amacı malzeme kabarcıklarının içerden soğutulmasını sağlamaktır. Konvansiyel olarak kullanılan soğutma yüzükleri ise, malzeme kabarcıklarının dışını soğutuyordu. Zaten yüzüklü soğutma sistemi, konvansiyonel olarak kullanılanlardan iki üç kat daha hızlı idi (Anon,1965a).

1960'ların başlarında ve ortalarına doğru, çapraz bağlı yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) boruların ekstrüzyonu, belkide bu alandaki en büyük ilerleme olmuştur. Bu

tekrar itiyordu. Her nekadar işlem sürekli gibi görünmesede, bu yöntemle devamlı bir ekstrüzyon sağlanmıştı. Bu teknik ilk olarak fenol tiplerinin ekstrüzyonunda kullanılmıştı.

1960'lı yılların başlarında ve ortalarında havalı ve iki bölümlü ekstrüderler popüler hale gelmiştir. Silindirin havalandırılması 1950'li yılların ortalarında kullanılmaya başlanmıştır (Anon,1957c). NRM Co. iki bölümlü ekstrüderi ilk olarak 1950'de tanıtmıştır. NRM'nin makinesi koloidal hareketi, karıştırma olayını ve ekstrüzyonu ilk defa tek vidalı bir ekstrüderde birleştirmiştir. Bu kayda değer bir ilerleme olmuştur. Çünkü bu sayede alıcıların, isteklerine göre malzeme karışımlarını hazırlamaları, daha kolay bir hal almıştır. Malzeme bileşimi hızlı bir şekilde yapılabilmiş ve az miktardaki özel siparişlerin getirdiği yüksek maliyetlerden de kurtulunmuştur (Anon,1950b).

1962 yılında New Jersey'de bulunan Frank W. Egan & Co., menfezin önüne yerleştirilen bir baypas kanalının yer aldığı yeni bir iki kademeli ekstrüderi tanıtmıştır (Anon,1962). Bu baypas kanalının görevi menfezdeki malzeme akışını düzenlemektir. Malzeme akışı fazlalaşırsa, baypas kanalı bu malzemeyi yeniden menfezin arkasına sevk ediyordu. Böylelikle de menfez kısmındaki taşmanın önüne geçilmiş oluyordu.

1963 yılında Victor Industries üfleme ile imal edilen filmleri soğutmak için dizayn edilen Victor Ventüri Hava Yüzüğünü (Ventüri Boğazı) tanıtmıştır (Anon,1963b). Yeni teknikte soğuk hava, film ekstrüzyonu ile paralel yönde, halka şeklindeki bir orifisten malzemenin üzerine üfleniyordu. Bu metod hızlı soğumaya ve yüksek ekstrüzyon oranlarına çıkılmasına imkan sağlıyordu.

Bunu daha sonraları içten kabarcıklı soğutma devrelerinin kullanılması izlemiştir. 1965 yılında Japan Steel Works Ltd. kendi imalatları olan Nikko Üfleme Film makinaları üzerinde, içten kabarcıklı soğutma tekniğini uygulamıştır. Bu sistemlerde, matrisin üzerine ve malzeme kabarcıklarının içerisine yerleştirilen ısı değiştirgeçleri kullanılmıştır. Bu sistemin amacı malzeme kabarcıklarının içerden soğutulmasını sağlamaktır. Konvansiyel olarak kullanılan soğutma yüzükleri ise, malzeme kabarcıklarının dışını soğutuyordu. Zaten yüzüklü soğutma sistemi, konvansiyonel olarak kullanılanlardan iki üç kat daha hızlı idi (Anon,1965a).

1960'ların başlarında ve ortalarına doğru, çapraz bağlı yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) boruların ekstrüzyonu, belkide bu alandaki en büyük ilerleme olmuştur. Bu

işlemede, yüksek bozulma sıcaklığına sahip bir peroksit kullanılıyordu. Bu, borunun malzemesinde çapraz bağlanma meydana gelmeden ekstrude edilmesine imkan sağladı. Boru matristen dışarı çıktıktan sonra, çapraz bağlı moleküler yapının hızlı bir şekilde oluşmasını sağlamak için, yüksek frekanslı dielektrik ısıtma üniteleri kullanılıyordu. Kullanılan bu teknik Cabot Corp. tarafından geliştirilmiştir (Anon,1965b).

1960'lı yıllarda aynı zamanda ekstrüder vidasını harekete geçiren mekanizmayada yeni uyarlamalar yapılmıştır. 1940 ve 1950'lerde birçok ekstrüderde, değişken çapta kasnak kullanan yada redresör kontrollü, değişken hızlı DC motorlu hareket mekanizmaları kullanılmıştır (Badonsky,1961). 1966'da silikon kontrollü redresörler (SCR) popüler olarak kullanılır hale gelmiştir (Anon,1966). SCR sürücüler daha az kompleksti ve diğerleri gibi de yüksek hızlarda, su soğutma sistemine ihtiyaç duymuyorlardı.

Ekstrüderin içerisindeki malzemenin sıcaklığının kontrolü, ekstrüzyon için gerçekten çok önemlidir. Isının kontrolü düzgün mal eldesini kolaylaştırır. 1960'ların sonlarına doğru, artık basit ekstrüderler, hızlı ve modern ekstrüderlere oranla yetersizliklerini iyice hissettirmeye başlamışlardır (Harris,1967). On-Off kontrollü ekstrüderlerdeki problem, ısıtıcı ve ısıtıcının sensörü arasındaki kayda değer algılama zamanı farkı olmuştur. Bu tip sorunlardan ötürü, Union Carbide Corp. ekstrüderlerdeki ısı kontrol sorunlarını ortadan kaldırmak için büyük bir geliştirme programı başlatmıştır. Bruce Maddock tarafından idare edilen çalışmalar bazı ana ilerlemelerin elde edilmesiyle sonuçlanmıştır. Bu gelişmelerden biri, otomatik sıfırlama ve kısa zamanda devreye girme özelliklerine sahip oransal zamanlı gövde ısıtma kontrolörü idi. Ünite ısıtma ve soğutmanın kontrolü için SCR sinyalleri kullanıyordu. Bu tip kontrolörler, yıllarca pahalı ve sofistike sistemler için kullanıldı, ancak 1960'ların ortalarından sonra ekonomik olarak uygun şartlara getirildiler ve yaygın olarak ekstrüderlerde kontrolör olarak kullanılmaya başlandılar.

Bu alandaki gerçekten kayda değer gelişmelerden birisi de 1969 yılında Xaloy bimetalik ekstrüder gövdesi silindir gömleğinin tanıtılması olmuştur (Anon,1969b). Kullanılan bu silindir gömleği Xaloy adını Xaloy Inc. tarafından imal edilmesi nedeniyle almıştır. Bu gömlek uzun, sorunsuz bir imalat ömrü sağlamıştır. Aslında bimetalik silindir gömleklerinin kullanılması yeni bir fikir değildi. Bu uygulama 1930'lara dayanıyordu. 1939 yılında Industrial Research Labs. ilk bimetalik silindir gömleği olan Xaloy 100'ü

geliştirmiştir. Aşınmayan bu gömlek, çelik alaşım bir karkasa döküm yoluyla elde edilmiştir. Bimetalik Xaloy gömlekler ilk defa petrol alanlarında kullanılan çamur pompalarına uygulanmıştır (Anon,1985d).

1970'lerin başlarında, film ve tabaka ekstrüzyonunda yüksek ekstrüzyon oranlarına ulaşılmasıyla şu sayacağımız ekstrüder elemanlarının geliştirilmesi zorunlu olmuştur.

- Büyük çaplı vidalar,
- Yüksek boy/çap oranları,
- Hızlı ve büyük ilk hareket mekanizmaları (Cooper,1975).

1971 yılında Extruders Inc. of Pennsylvania, Hydra-Torque adını verdikleri, hidrolik prensipleri ile çalışan bir ilk hareket mekanizması geliştirmiştir. Radyal pistonlu bir motor kullanan bu ünite, Amerika'da piyasada yaygın olarak bulunabilen, tamamı hidrolik prensibi ile çalışan tek ilk hareket mekanizmalı ekstrüder olmuştur (Anon,1971e). Buna rağmen hidrolik ilk hareket mekanizmaları ekstrüzyon sektöründe tam olarak kabul görmemiştir. 1980'lerin başlarında, SCR - DC motor sistemi hala ekstrüderlerde standart olarak kullanılan mekanizmalar olmuştur (Anon,1982b).

1976 yılında Berlyn Corp., gerçekte ilk devamlı elek (screen) değiştirgeci olan Berlyn Continuous Filter'i (BCF) tanıtmıştır. BCF ergiyik basıncından bağımsız olan bir dış enerji ekipmanı ile çalıştırılıyordu. Bu, screen-pack'in (paket elek) herhangi bir dış etkenden etkilenmeden çalışmasını sağlıyordu. Devamlı screen-pack'e engel, aslında kabul edilebilir boyutta az bir sızıntı olmuştur (Berlyn,1976). BCF ünitesi, filtre plakaların yakınındaki polimerleri soğutmak için ısı değiştirgeçlerini kullanmıştır. Bu ısı değiştirgeçleri polimerlerin soğumasını ve bir tıkaç vazifesi yapmasını sağlamıştır. 1960'larda bu sistem yaygın olarak kullanılmış, 1960'ların ortalarına doğru, screen-pack'lerin yerine devreye sürgülü tipler de girmiştir (Voight,1966). Bu ünite, yedekli bir kırıcı bıçak ve screen-pack elemanından oluşuyordu. Bu elemanlardan biri kullanılırken diğeri temizleniyor ve kullanılanın yerini almak için hazırlanıyordu.

1948 ve 1978 yılları arasında Dow Chemical USA özel bir yöntemle polistren (PS) köpük levha imal etmiştir. 1970'lerin ortalarında ekstrüzyonla imal edilen PS köpük levha, halkın kullanımına sunulmuş ve satışlar pazarın her yıl %15 büyümesini sağlamıştır. Bu

İtalya'daki Lavorazione Materie Plastiche (LMP) firmasını PS levhanın üretilmesi için yeni bir yöntemle geçmeye sevk etmiştir.

1978 yılında LMP'nin yeni PS köpük levha ekstrüzyon sistemi firmayı Amerika'da temsil eden Gerd Lester Corp. tarafından tanıtılmıştır. Bu sistemle 20 - 120 mm. (0,8 - 4,7 in.) kalınlıklarda 37 kg./m³ (2,2 lb./ft³) yoğunlukta levhalar üretilebilmiştir. Bu yöntem kullanılmadan önce imal edilen köpük levhaların kalınlığı nadiren 8 mm.'yi (0,3125 in.) buluyordu. Bu boyutlardan daha kalın köpük levhalar üretmek için başlıca şu problemlerin aşılması gerekmektedir.

- 1- Köpük devamlı ve homojen olarak nasıl soğutulacaktı,
- 2- Fazla üretim alanı kaplamadan ve çıkan zararlı gazları etrafa yaymadan, levha nasıl kürlenecekti.

LMP'nin sistemi, bu sorunlardan ilkinin yeni bir matris ve soğutma sistemi kullanarak, ikincisini de köpüklü levhayı kapalı tavlama odalarından geçirerek çözmüştür. Bu odalarda, çıkan gazların yerine üretim şartları için özel hava gönderiliyordu. Komple sistem de baştan sona 13,1 x 25,9 m.'lik (43 x 85 ft.) bir alana kurulabiliyordu (Martino,1978).

Mayıs 1979'da Diskpack adı verilen vidasız yeni bir ekstruder tanıtılmıştır. Bu ekstruder Farrel Machinery Group'ta çalışmalarını sürdüren Z. Tadmor tarafından dizayn edilmiştir (Anon,1979). İşlem esnasında katı polimer iki disk içeren ekstruder gövdesine gönderiliyordu. Diskler malzemeyi hem plastize ediyor hem de ileriye sevk ediyordu. Plastize olayı disklerin sonunda olan bir odada gerçekleşiyordu. Ergiyik hale gelen malzeme odanın çeperlerinden radyal olarak emiliyordu. Diskpack'in en büyük avantajı, basit olarak dizayn edilmiş konstrüksiyonu olmuştur. 1980'lerde Diskpack renklendirme, kuvvetlendirilmiş malzemelerde ve polimer alaşımlarında kullanım imkanı bulmuştur.

1970'lerin sonlarına doğru ve 1980'lerin başlarında hurda plastikleri işlemeye uygun ekstruderler tanıtılmıştır. Bunun nedeni yükselen hammadde maliyetleri ve ince, düşük yoğunluklu malzemenin elde edilmesi gerekliliği olmuştur. Egan Machinery, bu özel ekstruderlerden ilkinin 1979 yılında tanıtılmıştır. Egan'ın ekstruderlerinde, ilk hareket mekanizması vidanın ön tarafında bulunuyordu. Bu sayede vidanın baş tarafında daha kalın bir konstrüksiyona gidilmesiyle birlikte yüksek torklara ulaşmak mümkün oluyordu. Bu

makine ile birlikte, Hartig Plastics Machinery ve Gloucester Engineering'in imal ettiği makineler, işlenen hurdadan elde edilen mamülü % 20 oranında arttırmıştır (Sneller,1980c).

1970'lerin sonlarında, diğer birçok imalat yönteminde olduğu gibi, mikroişlemcilerin ekstrüderlere adaptasyonu ile birlikte, bu alanda büyük ilerlemeler olmuştur (Gibbon,1984). Mikroişlemcilerin yer aldığı ekstrüderlerin kullanılmasıyla birlikte, bütün imalat değerleri kontrol altına alınmış (Sneller,1980c), produktivite ve enerji tasarrufunda büyük artışlar sağlanmıştır (Anon,1979c). Bu trend 1980'lerde de devam etmiştir. 1986' da ise neredeyse bütün ekstrüzyon hatları bilgisayar kontrollü olmuştur (Sneller,1986b).

1981 yılında, 3M Corp. ve Vistron yeni bir üfleme film imalat yöntemi geliştirmişlerdir (Sneller,1981b). Yeni yöntem ile biaksiyel yönlendirilmiş acrylontril (PAN) üfleme film elde edilmiş, oldukça ince bir şekilde elde edilen bu film genelde gıda ambalajı ile ilaç sektöründe kullanılmıştır.

1980'lerin başlarında ekstrüderlerde besleme sistemlerinin geliştirme çalışmaları yeniden başlamıştır. 1962'lerde ilk geliştirilen besleme sistemleri, katı malzemenin vida içerisinde iletilmesini kolaylaştırmış ve her ekstrüder için ergiyik basıncının kontrol altına alınabilmesini sağlamıştır (Sneller1982b). 1981'de Gloucester Engineering HG (Helical Groove = helisel yivli) ekstrüder hattını tanıtmıştır (Sneller,1981b). HG ekstrüder'in silindirinde, vidanın dişlerine 45⁰ açıyla açılmış yivler bulunuyordu. Pratik olarak malzemenin bütün basıncı, vidanın ilk birkaç dişine gelmekteydi ve silindirdeki dişler de bu yivler boyunca yer almaktaydı. Bu dizayn yüksek ısılarda bile yüksek vida hızlarına çıkılmasına imkan sağlıyordu. Bu HG serisi, lineer düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE) ve yüksek moleküler ağırlıklı-yüksek yoğunluklu polietilen (HMW-HDPE) imalatında kullanılmıştır.

Yivli beslemeli ekstrüderler başarılı bir şekilde LLDPE ve HMW-HDPE imalatında kullanılmıştır. Öyleki, 1980'lerin başlarında Egan Machinery Co. yürüttüğü uzun çalışmalardan sonra bu yöntemle, HMW-HDPE mamül eldesinde % 180 gibi kayda değer bir kapasite artışı gerçekleştirmiştir (Anon,1982c). Diğer birçok termoplastik reçineler de bu yöntemle, daha verimli bir şekilde işlenebilmiştir.

1983 yılında, Reifenhauer/Nabco ve Sterling Extruder gibi firmalar tarafından tanıtılan yeni bir yöntemle, yüksek kalitedeki cam pazarı için, orta kalınlıkta levha ekstrüzyonu mümkün olmuştur. Bu yöntemin tanıtımından önce de, yüksek kalite plastiklerin parlatılması sektörüne hakim olmak için akrilik levhaların imalatı gerçekleştirilmiştir. Parlatma için kullanılan tekniklerden biri, bağımsız çalışan cilalama silindirleri idi. Sistem, silindirlerin levhanın minimum ilerleme hızına dahi ayarlanmalarını mümkün kılıyordu. Bu sayede silindirlerde meydana gelebilecek levha kaymalarının neden olabileceği seslerin de önüne geçilmiş oluyordu (Sneller,1983b). Silindirlerin hızlarının ayarlanabilmesi, aynı zamanda silindirlerin dişlilerinden gelebilecek zorlanma seslerini de engellemiştir.

1980'lerin başlarında, ekstrüzyon teknolojisindeki diğer bir eğilimde, yüksek basınçlı dişli pompalarının kullanılması olmuştur. HMW-HDPE ve LLDPE üfleme filmlerinin imalatı esnasında karşılaşılan yüksek basınçlar, (10.000 psi'a kadar) geliştirilmiş dişli pompalarının kullanılmasını zorunlu kılmıştır. 1983 yılında Harrel, Luwa ve Normag gibi firmalar yeni yüksek basınçlı dişli pompalarını tanıtmışlardır (Sneller,1983a). Bu dişli pompaları yüksek kaliteli film imalatı için özellikle gerekmiştir. Çünkü bu tip dişli pompaları kullanılmadığında, matris basınçları 7.000 ila 10.000 psi değerlerine çıktığı takdirde, stok malzeme sıcaklığı da oluşacak geri basınçla orantılı olarak artıyordu. Bunun sonucuda büyük sıklıkla köpürmeden meydana gelen makine arızaları ve düşük film kaliteleri oluyordu.

Mayıs 1984'te B. F. Goodrich "Super Cube" ismini verdikleri ve rijit vinil levha imal edebildikleri yeni ekstrüzyon teknolojisini tanıtmıştır. Bu makinelerde kullanılan teknoloji, beş yeni Geon küpü bileşiği ve yeni bir vida dizaynından ibaretti. Hi-Pro olarak adlandırılan yeni vida, düşük aşınmalı ve içten soğutmalı idi. Yeni vida sayesinde "Super Cube" bileşiği 84⁰C (360⁰F) gibi düşük bir sıcaklıkta elde edilebiliyordu. 60 rpm'de dönen 8,9 mm.'lik (3,5 in.) bir vida ile 182 kg./h'lık (400 lb/h) bir ekstrüzyon oranına ulaşılabilirdi. Bu normal şartlarda elde edilen 68 - 91 kg./h'lik (150 - 200 lb/h) değerini yaklaşık iki katıydı (Anon,1984b).

Diğer bir ekstrüzyon yöntemide Autotec Inc. tarafından 1985 tarihinde geliştirilmiştir. Autotec'in sunduğu Extrusor adındaki makine küçük çaplı, yüksek devirli (850 rpm) , 1:1 kompresyon oranına sahip bir vida kullanıyordu (Anon,1985c). Malzemeyi

besleme ve eritme-karıştırma kısımları birbirinden ayrılmıştı. Vidanın ana görevi malzemeyi basınç altında sıkıştırmaktı. Isıtılan bir kovanın boşluğuna uzanan vida, beslenmekte olan basınçlı malzemeyi, bu kovanın çevresine yerleştirilen ızgaralara itiyordu. Bu sayede malzeme eriyordu. Malzeme, kovanın silindir gövdesi ile matrisin arasına yerleştirilmiş statik durumdaki mikser tarafından karıştırılıyordu. Yeni yöntem, eski konvansiyonel ekstrüderlerde görülen şiddetli aşınmayı ortadan kaldırmış ve yüksek kalitede malzeme işlenmesini sağlamıştır.

1980'lerin ortalarında üfleme film ekstrüzyonunda görülen gelişmeler HMW-HDPE filmlerinin imaltını kolaylaştırmıştır. Bu gelişmeler, beslemesi kuvvetlendirilmiş ekstrüderleri, arttırılmış film genişliğini ve kullanılan kabarcık stabilizatörleri ile elde edilen daha iyi kabarcık kontrolünü içeriyordu (Sneller,1985c). HMW-HDPE işlemede karşılaşılan sorunlardan biri de, diğer reçine tiplerine oranla daha uzun kabarcık boğazı olmuştur. Bu boğazın amacı kabarcıklanma nedeniyle oluşan köpürmenin önüne geçmektir. Daha uzun boğaz ise imalat esnasında, deliklerin önüne geçilmesi ve yırtılmaya neden olan kuvvetlerin önlenmesi için gerekmiştir. Uzun bir boğaz, içten kabarcık soğutma devresi (IBC) kullanıldığında, kabarcık stabilizasyonunu zorlaştırmıştır. 1985 yılında Alpina American Corp. basınç dengeleyici hava soğutma ekipmanı (PEAC) ile bu sorunun üstesinden gelmiştir. PEAC kabarcığın dış çeperinde, IBC'nin içte oluşturduğu basıncı dengeleyecek şekilde bir basınç oluşturmuştur. PEAC, HMW-HDPE üfleme film imalatını, ilk defa IBC'nin soğutma probleminden kurtarmıştır (Anon,1985c).

2.2. Çok Vidalı Ekstrüzyon

1930'lu yılların sonlarında, İtalya'da bulunan Lavorazione Materie Plastiche (LMP) firmasındaki Roberto Colombo, iki vidalı ekstrüderi geliştirmiştir. O sıralarda Roberto Colombo ve Carlo Pasquetti Torino'da, selüloz asetat karışımının solvent kullanılmadan hazırlanması üzerine çalışmalarını sürdürüyorlardı. Colombo bu problemi hem mikser görevi yapan, hemde ekstrüzyon işlemini gerçekleştiren bir ikiz vida sistemi geliştirerek çözmüştür. Colombo geliştirdiği bu ikiz vidalı ekstrüder için İtalya'da, 6 Şubat 1939'da bir de patent almıştır.

Bu ikiz vidalı ekstrüderin temel prensipleri için Colombo 7 Ağustos 1947 tarihinde Amerika'da da bir patenet almıştır (Martelli,1983). Bundan iki yıl sonra da Amerika Michigan'daki Jackson and Church Co. bu prensiplere göre dizayn ettikleri bir ikiz vidalı ekstrüderi tanıtmıştır. Bu ekstrüder aynı zamanda Londra'daki L. H. Windsor Ltd. tarafından LMP pateneti altında İngiltere'de de imal edilmiştir. Bu ekstrüderlerde kullanılan vidalar, herbiri değişik diş karakteristiklerine sahip 3 bölüme ayrılmıştı. Bu bölümlerin vida çapları ise şu şekildeydi.

- Besleme kısmında ; 10,0 cm. (3,54 in.)
- Ortada ; 8,5 cm. (3,35 in.)
- Çıkış kısmında ; 8,0 cm. (3,15 in.), (Stanley,1949).

Makine; renklendirme, bileşimleme gibi işlemleri yapabiliyordu ve bu işlemler bütün termoplastiklere uygulanabiliyordu. Ekstrüderlerin büyük bir kısmında olduğu gibi makine, malzeme giriş ağzını otomatik olarak besleyen bir sistem kullanıyordu. Makinenin kapasitesi, otomatik beslemenin hızı ile doğru orantılı idi.

Haziran 1949'da Welding Engineers'in Makine Departmanı, çok vidalı bileşik bir ekstrüderi tanıtmıştır (Stanley,1950). Makinede birbirine zıt yönlerde dönen iki sonsuz vida kullanılmıştır. Vidalardan biri ana vida olarak adlandırılmış ve diğerinden boyut olarak daha uzun imal edilmiştir. Vida üç kısma ayrılmıştı ; besleme ve bileşimleme kısmı, esas bileşimleme kısmı ve ekstrüzyon kısmı. Makinenin tahliye bölümünde, ana vidanın malzemeyi matrise ilettiği, vida üzerindeki ikinci bileşimleme kısmının yer aldığı bir odacığa yer verilmişti. Makine aslında ekstrüzyonla birlikte bileşimleme için de kullanılmıştır.

Gelişmelerle geçen birkaç yıldan sonra 1950'de, ekstrüzyon endüstrisi, yeni bir iki vidalı ekstrüderin piyasaya sürülmesine tanıklık etmiştir. Trudex adıyla bilinen makine Grand Dutch, Luxembourg'da Mapre S. A. tarafından imal edilmiştir (Anon,1950). Bu ekstrüder de renklendirme, bileşimleme ve ekstrüzyon işlemlerini bir arada yapabiliyordu.

1950 ve 1960'larda iki vidalı ekstrüzyon makinelerinde kayda değer büyük gelişmeler görülmemiştir. Bu tarihlerdeki önemli gelişmeler ise iki vidalı ekstrüderlerin vakumlama yapabilmeleri ve fenolleri işleyebilmeleri olmuştur. 1959 yılında Almanya'daki

Werner & Pfeleiderer, ZSK 120/1500, fanlı çift vidalı ekstrüderlerini (Anon,1959), 1967 yılında da İngiltere'deki D. Dryburgh & Co. Ltd. " Studli " çift vidalı ekstrüderlerini tanıtmıştır. Bu makine fenol tozlarının sürekli bileşimlemelerini gerçekleştirebiliyordu (Anon,1967). 1960'ların sonlarına doğru iki vidalı ekstrüderler hala Avrupa'da Amerika'dan daha popüler bir şekilde kullanılmaktaydılar (Anon,1969a).

1971'de Amerika'da köpük levha üretecek ilk zıt dönüşlü ikiz vidaya sahip ekstrüderler tanıtılmıştır. Makine, Milan, İtalya'daki Moi SpA tarafından imal edilmiş ve New Jersey'deki Packaging Industries Corp. tarafından da Amerika'ya ithal edilmiştir (Anon,1971d). Sistem ;

- 15,3 cm. (6,0 in.) çaplı silindir bir gövdeye,
- 21 : 1 L : D oranında bir vidaya sahiptir.

Bu ünite 50,6 cm. (20,0 in.) kalınlıkta, yumurta kutularının yalıtımında kullanılmak üzere köpük levha üretiminde kullanılmıştır.

1970'li yıllarda çok vidalı ekstrüderler, Amerika'da daha önce hiç rastlanmadığı kadar çok rağbet görmeye başlamıştır (Anon,1971c). 1972 yılında Amerika'da ilk çok vidalı ekstrüder Cincinnati Milacron firması tarafından imal edilmiştir (Anon,1972). Makinede iki adet konik vidaya yer verilmiş ve CM II olarak adlandırılmıştır. 1973 yılında Egan Machinery Co. tamamıyla Amerikan teknolojisi ile bir, iki vidalı ekstrüder üretmiştir (Anon,1973b). Bu makine PVC boru imal eden firmalara pazarlanmıştır. 1968 yılının başlarında Fran W. Egan & Co. Birleşik Devletler'in iki vidalı ekstrüder imal eden en büyük firması durumuna gelmiştir ((Anon,1968b).

1976 Krauss Maffei / Certain-teed ortalama kapasitesi 3750 kg/h (1700 lb/h) PVC olan üç vidalı modelleri KMZ 2/110'u tanıtmıştır (Anon,1976a). Ünite 200 mm. çapa sahip bir ana vidanın hemen yanına yerleştirilmiş, herbiri 110 mm. çaptaki iki yardımcı vidadan oluşuyordu. 1979 yılında Krauss Maffei Amerika'da, daha yüksek verim elde edilmesini sağlayan ön ısıtma devrelerini kullanmıştır. Malzeme, biribirinin ardı ardına yerleştirilmiş ısıtma disklerinin arasından geçirilmiş, vidalara geldiğinde de tamamı ile hazır hale getirilmiştir. Bu sayede de gövde, vida ve dişli kutularının büyüklükleri bir miktar düşürülerek, % 40'a yakın bir kapasite arttırımı gerçekleştirilmiştir (Anon,1979a).

1980'lerin başlarında çift vidalı ekstrüderler polimer gibi bazı yeni düşük hacimli malzemelerin eldesi için kullanılmaya başlanmıştır. Bu işleme esnasında reaksiyona girecek malzemeler vidanın bulunduğu silindirik şeklindeki gövdenin belirli yerlerine yerleştirilmiş ve makine çalıştıktan sonra malzemeler karıştırılmıştır. Karışım oluşana kadar geçen zaman da reaksiyon zamanı olarak tanımlanmıştır (Anon,1984a).

2.3. Koekstrüzyon

Koekstrüzyon işlemi genel anlamıyla, iki yada daha fazla sayıda, değişik kalınlıklardaki film katmanlarının, çok katmanlı bir mamül elde etmek için bir adımda ekstrude edilmesidir. Koekstrüzyon işleminin ilk oarak 1940 yılında kullanıldığı tahmin edilmektedir. 1944 yılında kauçuk endüstrisinde, tek bir matrisi besleyen birden fazla ekstrüder üzerine çalışmalar yapılmıştır (Johnson,1944). Örneğin iki ayrı ekstrüderin menfezinden çıkan ergiyik malzemeler tek bir matrise sevk edilmiştir.

1940'lı yılların sonlarına doğru Avrupa'daki koekstrüzyon sektöründe hareketlenme görülmüştür. İki kısımdan oluşan ve "Riflex" olarak adlandırılan, benzin hortumları Avrupa'da 40,8 - 43 kg/s'lik (90 - 95 lb/s) bir kapasite ile üretilebilmiştir (Stanley,1949). Bu sistemde de birbiri ile içiçe geçmiş ikiz vida kullanılmıştır. İşlem esnasında iki ekstrüder kullanılmış, bu ekstrüderlerde biri yumuşak diğeri sert iki ayrı tip PVC ekstrude edilmiştir. Ekstrüderlerden çıkan iki değişik ergiyik malzeme daha sonra özel bir matriste birleştirilmiştir. Matrisin içerisinde bulunan iki konkav kanaldan biri yumuşak PVC iç çeperi, diğeri de sert PVC dış cidarı oluşturacak şekilde bir kanalda birleştirilmiştir. Matrisin iç kısmı ile bütünleştirilmiş döner bir bıçak takımının sert dış tabakaya sipiral bir form vermesi sağlanmıştır. Bu şekilde benzine dayanıklı esnek bir hortum elde edilmiştir. Bu imalat yöntemi Turin, İtalya'daki LMP tarafından patent altına alınmış ve mamül üretilerek satılmıştır. Bu yöntem aynı zamanda değişik malzeme esaslı boru imalatları için de kullanılmıştır.

"Viplene" hortum imalatı 1950'de gerçekleştirilmiş ilk önemli koekstrüzyon imalatı uygulamalarından olmuştur (Fisher,1950). Bu hortum, dışını yumuşak vinil bir tabakanın kapladığı konsantre polietilenden elde edilmiştir. Vinil malzeme renkli bir görünüm ve esneklik sağlarken polietilen malzemede toksit ve kimyasal zararların etkisini ortadan

kaldırılmıştır. Hortum korozif kimyasallar, çözeltiler ve likid gıda ürünleriyle birlikte kullanıldıklarında verimli olmuştur.

1950 yılında İtalya'daki LMP firması, demir ve çelik boruları kaplamak için bir koekstrüzyon prosesi geliştirmiştir (Anon,1957b). İşlem esnasında boru bir fırından geçirilerek burada yapışkan bir malzeme ile kaplanmış daha sonra da iki ayrı ekstrüder tarafından beslenen bir matrise sevk edilmiştir. Ekstrüderlerden birinde polietilen kaplama diğesinde de bu katın üzerine PVC kaplama yapılmıştır. Kullanılan polietilen boruda ısı izalasyonu ve akışkanlara karşı dayanım, PVC kaplama da darbelere karşı mukavemeti sağlamıştır. Fırında kaplanan yapışkan madde ise boruya kaplanan malzemelerin ısıl genleşme ve büzülme esnasında birbirleri ile uyumlu şekilde çalışmalarını sağlamıştır.

Birleşik devletlerde ilk büyük hacimdeki koekstrüzyon uygulaması 1958 yılında gerçekleştirilmiştir. 1958 yazında "hula-hoop" (vücudun çeşitli yerlerinde, eğlenmek amacı ile çevrilen yuvarlak çemberler) çılgınlığı Amerika'yı sarınca, halen kullanımı yeni olan HDPE'nin (yüksek yoğunluklu polietilen) tüketimi inanılmıyacak dercede bir hızla artmıştır. İlk çemberler California'daki Wham O Manufacturing Co. of San Gabriel tarafından imal edilmiştir (Anon,1958a). Firma iki ayrı ekstrüderden beslenen bir matris kullanarak, iki renkli çemberler imal etmiştir.

Koekstrüzyonun ticari anlamdaki gerçek kullanımı ise 1962 yılında üç katlı bileşik levha imalatı ile başlamıştır (Kestler,1968). Genelde bina çatılarındaki ısı kayıplarının önüne geçmek için kullanılan bu levhalar, aralarında polipropilen film bulunan iki düşük yoğunluklu polietilen filmden meydana gelen sandviç şeklindeki yapıdan oluşmuştur. Bu çok katlı filmlerin diğere avantajları ise: İyi birer sızdırmaz olmaları, kimyasal etkenlere dayanımları, uzama ve büzülme miktarlarının azlığı ve ucuz maliyetleri olmuştur.

1960'lı yılların sonlarında ve 1970'li yılların başlarında diğerişik matris malzemelerine olan ihtiyaç (Anon,1971f) ve imalat şartlarını geliştirmeye yönelik olan çalışma noksanlığından dolayı koekstrüzyon ile imalatla bir durgunluk görülmüştür (Anon,1968a). 1960'lı yılların sonlarında diğerişik malzemeleri matriste biraraya getirmek için başlıca iki yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerin birinde malzemeler matriste birleştirilmeden önce aynı manifoldta birleştirilmiş, diğesinde de ayrı manifoldlarda birleştirilmişlerdir.

1970'li yılların başlarında koekstrüzyon prosesi, ısı ve üfleme ile şekillendirme endüstrisine de kaymıştır. Mayıs 1970'te Batı Almanya'daki Hannover fuarında, Reifenhauer K.G. dört katmanlı ısıll şekillendirme yapabilen bir koekstrüzyon sistemi tanıtmıştır (Anon,1971f).

1970'li yılların başlarında aynı zamanda Egan Machinery Co.'da koekstrüzyon alanında faal duruma gelmiştir. Egan Machinery Co. bu tarihlerde farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip iki yada üç değişik malzemenin koekstrüzyonuna imkan sağlayan bir matris geliştirmiştir (Anon,1970a). 1971 yılında da Egan, bilgisayar kontrollü üflemele koekstrüzyon film prosesini kullanmıştır (Anon,1971a). Sistemde kullanılan bilgisayar, 38mm. (1,5 in.), 24:1'lik iki vidaya sahip ekstrüderin imalat bilgilerini kullanıcıya bir monitör aracılığı ile iletmiştir. Monitörde verilen parametreler ise: İmalat hızı, imalat sıcaklıkları ve malzeme basınçları olmuştur.

1976 yılında Johnson Plastics Machinery ve NRM Corp. tarafından koekstrüzyon alanında bazı kayde değer gelişmeler gerçekleştirilmiştir. Johnson levha ve film imalatı için blokaj çubuğuna sahip çift manifoldlu bir matris geliştirmiştir (Anon,1976c). Bu matrisin kullanılması viskoziteleri birbirinden çok farklı malzemelerin kolayca koekstrüde edilmelerini sağlamıştır. NRM Corp.'da koekstrüzyon ile köpüklü polistren levha imal eden bir sistem geliştirmiştir (Anon,1976b). İşlem esnasında köpük ve polistren levha aynı matristen koekstrüde edilerek koruyucu bir filmle kaplanmıştır.

1970'li yılların sonlarında ve 1980'lerin başlarında koekstrüzyon teknolojisinin kullanımı düzenli olarak artmıştır. 1977 yılında koekstrüzyon alanında kullanılan hammadde miktarı 65.000 ton iken bu miktar 1980 yılında 210.000 tona yükselmiştir. Yine aynı periyotta koekstrüde edilmiş film miktarda 41.000 tondan 110.000 tona gelmiştir (Sneller,1981c). Bir örnek olması açısından 1979 yılı ile 1981 yılı arasında Birleşik Devletler'de koekstrüzyon teknolojisi ile imal edilen çöp torbası miktarı kayde değer bir miktarda artarak 58.000 tondan 270.000 tona yükselmiştir. Aslında bu artışın nedeni LDPE/LLDPE koekstrüzyonuna imkan sağlayan LLDPE'nin nispeten artan bir kolaylıkta elde edilebilmesi olmuştur. LLDPE haricinde kullanılan ve az bulunan malzemeler etilen ve vinil alkol polimerleri koekstrüzyon imalatını pahalılaştıran başlıca nedenlerdendirler (Sneller,1981a).

Temel koekstrüzyon besleme bloğu teknolojisi 1968 yılında geliştirilmiştir (Anon,1983a). Bu yöntem her ne kadar 1970'li ve 1980'li yıllarda meydana gelen gelişmeler kadar kayda değer olmasa da koekstrüzyon teknolojisinin gelişmesine yardımcı olmuştur. 1981 yılında Composite Containers geniş bir malzeme yelpazesi işleme kapasitesine sahip olan tek kademeli besleme blokajlı bir sistem geliştirmiştir. İlk dizayn edilen sistemde malzeme akış hızının sürekli kontrol altında olması gerekmiştir. Hız değişkenliği katkı maddelerini seçmeyi sınırlamış, katman kalınlığının kontrolünü ve daha ince katmanların elde edilmesini zorlaştırmıştır. Composite Containers'in dizayn ettiği sistemde kullanılan sıcaklık kontrollü rezerv kısımları her katmanın, ana katmanın akışına orantılı bir şekilde akmasını sağlamıştır. Bu aynı zamanda farklı maddelerin birarada koekstrüde edildiği sistemlerde oluşabilecek türbilansların önüne geçmeyi de amaçlamıştır. Bu türbilanslar katmanların sabit kalınlıklarda elde edilmelerini engellemiştir. Her malzemenin akışının ana malzemenin akışına uydurulması, koekstrüzyon işlemi için en büyük maddi yükü getiren katman kalınlığı dengeleme ek tertibatlarının kaldırılmasına imkan vermiştir (Sneller,1981c).

Cloren Co. tarafından ilk defa 1975 yılının ortalarında tanıtılan çoklu manifoldlu ve besleme blokajlı koekstrüzyon sistemi ancak 1950 yılının başlarında yaygın bir şekilde kullanılabilir hale gelmiştir (Buffington,1987). 1983 yılında ise bu sistem onbeş Amerikan firması tarafından ticari olarak kullanılabilir hale gelmiştir. Çoklu manifoldlu matrisleri ve besleme blokaj sistemini ilk kez biraraya getiren bu sistem, temel besleme blokaj dizaynından buyana görülen en büyük teknolojik gelişme olmuştur. Bu gelişmenin ardından koekstrüzyon işleminde aşağıda sayacağımız şu ilerlemeler görülmüştür:

- Dış katmanları 40 mm., iç katmanları 1 mm.'nin altında kalınlıkta olan katmanların koekstrüzyonu,
- Ekstrüder çalışırken katmanların kalınlıklarının kg. bazında %30'lara varan oranda artırılıp azaltılabilmesi,
- Katman kalınlıklarının matris sökülmeden ~25 dak. gibi bir sürede ayarlanabilmesi,
- Polyester, polikarbonat, naylon gibi yüksek ısı özelliklerine sahip katmanların ısıya hassas katkı maddeleri ile kullanılabilmesi,

– Akıcılıkları birbirinden 80 kat farklı malzemelerin koekstrüzyonu.

Cloren Co.'ın sisteminde polimer katmanları besleme bokaj kısmında birleştirilip, üç manifoldlu matrisin merkez manifolduna kanalize edilmişlerdir. Diğer iki manifold dış katmanları oluştururken, merkez manifoldtan gelen çeşitli sayıdaki katmanlarla birleşerek koekstrüzyon gerçekleştirilmiştir. Cloren Co.'a göre bu yöntemin en büyük özelliği sınırsız sayıda malzeme seçme imkanını sunmuş olmasıdır. Daha önceleri kullanılan tek besleme blokajlı metod, katman kalınlıkları ve viskozite açısından bazı sınırlamalar doğurmuş, çoklu manifoldlu sistem ise üç katmandan fazla sayıdaki katmanlar için bazı sorunlar çıkarmıştır (Anon,1983a).

1982 yılında American Barmag, Birleşik Devletler'deki ilk beş katmanlı film koekstrüzyon matrisini tanıtmıştır. Bu beş rakamı bundan sonra koekstrüzyon işlemi için temel bir rakam olmuştur. Çünkü bu sayede maliyeti yüksek olan ve dış katmanlarda kullanılan folyolar sandviç yapı oluşturmak için iç katmanlarda kullanılan ucuz malzemeler ile birleştirilebilmişlerdir. Üç ve dört katmanlı koekstrüzyon, birbirine benzer malzemelerle yapıldığı takdirde, malzemelerin yapışkanlıkları sınırlayıcı bir durum oluşturmuştur.

Koekstrüzyon işlemi 1980'li yılların başlarında infared (IR), gama ve X ışınları kullanılan ölçü sensörlerinin kullanılmaya başlamasıyla birtakım ilerlemelere şahit olmuştur. Bu ilerlemelerden birisi hassas ölçü sistemlerinin kullanımı sayesinde kontrol altına alınan katman kalınlıklarının getirdiği maliyet düşmesidir. İnfared sensörler 1969 yılından buyana giderek artan bir şekilde kullanılmalara rağmen, 1980'li yılların başlarından itibaren ölçü sistemlerinde kullanılmaya başlanmışlardır. Yine aynı zamanlarda kullanılmaya başlanan çok dalgalı sensör tipleri katmanların moleküler yapılarını belirlemek üzere dizayn edilmişlerdir. Moleküler yapının farklılığı ekstrüde edilen her katmanda değişik bir dalga boyu elde edilmesini sağlamıştır. Bu ölçme sistemlerini o tarihlerde Measurex, Indev, Ohmart ve Accuray gibi firmalar üretmişlerdir (Sneller,1984).

1985 yılında Dow Chemical Co. koekstrüzyon ile imal edilen ürünleri gıda ve ilaç sektöründe paketleme amacıyla kullanmak üzere çalışmalara başlamıştır. Bu amaçla yüksek ısıya dayanıklı mamül eldesi sağlayan reaktif koekstrüzyon prosesi geliştirilmiştir. Reaktif koekstrüzyon ile katmanlar birbirlerine kimyasal bağlarla bağlanmıştır. Mamulün dayanıklılığı bağların kuvvetliliği ile değil birlikteliği ile sağlanmıştır (Sneller,1985c). Bu

çalışmaların sonucunda Dow Chemical Co. koekstrüzyon prosesi için geliştirilen RPS adlı reaktif polimerin bulunmasıyla sonuçlanmıştır. Fakat RPS'nin pahalı olması bu malzemenin yaygın ticari kullanımını sınırlamıştır.

1980'li yılların başlarından itibaren imalatçılar HMW-HDPE ve LLDPE koekstrüzyonu için ekonomik bir yöntem geliştirmeye çalışmıştır. 1986 yılından itibaren bazı firmalar bu imalatı başarmışlardır. Bu firmalar arasında Ultra-Tech ve Himolene California öncülük etmişlerdir. HMW-HDPE/LLDPE'nin ticari olarak ekstrüzyonu için şu sayacağımız ekipmanların da geliştirilmesi gerekmiştir: Daha iyi bir köpük stabilizasyon sistemi, daha iyi bir soğutma sistemi ve daha büyük matrisler (Sneller,1986a).

2.4. Vida Dizaynındaki Gelişmeler

Dulmage vidası ve Maddock mikser vidasının geliştirilmesi ilk bariyer vidasının geliştirilmesinin önünü açmıştır. Dow Chemical Co.'da çalışan Fred Dulmage, karıştırıcı (mikser) vidaların ilklerinden olan Dulmage vidasını geliştirmiştir. Vida, bir helisel vidanın üzerine yerleştirilmiş yarım dairesel profile sahip dişlerden oluşmuştur. Profilde kullanılan bu dişler laminer akışı bozarak karışımın kolay bir şekilde oluşmasını sağlamıştır. Union Carbide'te çalışan Bruce Maddock'ta yine bu tarihlerde Maddock mikser vidasını (Union Carbide vidası) geliştirmiştir (Anon,1985d).

1958 yılında Renens-Lausanne, İsviçre'deki Mallefer S.A.'dan C. Mallefer yeni bir ekstrüder vidası üzerinde çalışmalarına başlamıştır (Mallefer,1963). Çalışmaları ilk bariyer (Mallefer) vidasının elde edilmesiyle sonuçlanmıştır (Anon,1985d). Bu vida malzemenin iki ayrı kanala benzetilebilen iki türlü akışını sağlamıştır. Katılar için bir kanal ve ergiyik malzeme için bir kanal. Dizaynda malzeme matrise doğru ilerlerken kullanılan kanallardan katılar için olan matrise yaklaştıkça boyutsal olarak küçülmüş, ergiyikler için olansa boyutsal olarak büyümüştür. Bu yapı silindir gövdesi ile plastik malzeme arasındaki ısı transferini arttırmış ve polimerin daha verimli ve üniform ekstrüzyonunu sağlamıştır (DuBois,1972).

1960'lı yılların başlarında standart tek ağızlı ekstrüder vidasında bazı değişikliklere gitmek gerekmiştir. 1960 yılına kadar hala metrik olmayan vidalar kullanılmıştır. Yine aynı zamanlarda bazı üretici firmalar laminer akışı bozup daha iyi bir karışım elde etmek amacı

ile vidaların diş diplerine radyal pimler yerleştirmişlerdir. 1960'lı yıllarda yüksek imalat kapasitelerine olan talep, ekstrüder vidalarının L:D oranlarının iki kata yakın bir şekilde artmasına sebep olmuştur (Westover,1963).

İki kademeli metrik vidalar ilk defa soğutmalı ekstrüderlerde kullanılmak üzere dizayn edilmişlerdir. 1960'lı yılların ortalarından sonlarına doğru yüksek yoğunluklu malzemelerin ekstrüderlerde işlenebilmelerine ve yüksek imalat kapasitelerine olan talep, çok kademeli vidaların kullanılmalarını bir zorunluluk haline getirmiştir (Anon,1967b). 1970 yılında Waldron-Hartig yeni bir iki kademeli vida içeren sistemlerini tanıtmıştır. Bu yeni vida "Barr" olarak adlandırılmıştır. Sistemde vida, vida kovanının soğutmalı kısmında oluşturduğu ince ergiyik film tabakasını, ergiyik deposu görevi yapan ikinci bir kanala sevk etmiştir (Anon,1970a).

1973 yılında Koehring HPM, Mount Gilead, Ohio'daki makine laboratuvarlarında yeni bir vida dizaynı sergilemiştir (Anon,1973a). Bu yeniliklerden biri HPM'nin çift dalgalı (double wave) vidası olmuştur. Ekstrüzyon işlemi için daha iyi karışım ve ergime sağlanması düşünülen bu vida Dr. George H. Kruder tarafından dizayn edilmiştir. Bu dizayn 1974 yılında HPM tarafından ticari kullanıma sunulmuştur.

1950'li yılların başlarında geliştirilmiş mikroişlemcili kontrolörler, uzun vidalar ve değişik vida dizaynları ile makine verimlerinde %10-20 arasında artışlar görülmüştür (Sneller,1980a). Bu dizaynlar:

- HPM'nin iki dalgalı vidası,
- Davis-Standart'ın değişken hatveli vidası,
- Sterling Extruder'in çift yivli vidası,
- W. H. Willert'in Barrier II vidası olarak sayılabilir.

1985 yılında Robert Barr'ın dizaynı olan Barr dalga pompası tanıtılmıştır (Anon,1985c). Modifiye edilmiş vida ve gövde sisteminin bir parçası olarak kabul edilmiş olan pompa devresi, dişli pompalarının gerekliliğini ortadan kaldırmıştır. Dalga pompası bir rotor tarafından hareket verilen onlarca oval şekilli diskten oluşmuştur. Bu sistem için modifiye edilmiş vida istenildiği takdirde rotor yerine kullanılabilmiştir. Rotor hareket verilmesiyle birlikte diskler osilasyon hareketi yaparak birbirleri üzerinde kaymıştır. Bu

pompa genellikle hızlı ve sürekli olarak yüksek kalitede ergiyik ihtiyacı duyulduğu zaman kullanılmıştır. Fakat bu pompa yüksek direnç gerektiren matrisler için kullanıldığı zaman matrisin önündeki basınç düşük kalmıştır.

1985 yılındaki diğer bir vida dizaynı da Dray vidası olmuştur. Vida R. Dray Mfg. tarafından geliştirilmiştir. Bu vidanın özelliği ise ilk beş altı dişin dişüstü profili olarak anahtar profili de denilen tırtıllı bir yapının kullanılmış olmasıdır (Anon,1985a). Bunun gerçekleştirilebilmesi için dişüstü ilk olarak düz ve geniş bir şekilde işlenmiştir. Dray bu şekilde, malzemenin ekstrüzyona hazırlık aşamasında kabarmasını engellemeye çalışmıştır.

2.5. Boru ve Hortum Kalibrasyon Sistemlerindeki Gelişmeler

Boru ve hortumlar için kalibrasyon sistemleri geliştirilmeden önce, bu ürünlerin termoplastiklerden ekstrüzyonu oldukça zor bir işlem olmuştur. 1946 yılında Tenaplas Ltd. alternatif bir sistem önermiştir (Fisher,1963). Tenaplas'ın sisteminde, işlem esnasında ergiyik metali kendisine şekil veren aparatlar içerisinden, aparatların yüzeyine temas edecek şekilde ilerletebilmek için suyun sağladığı basınçtan yararlanılmıştır. Şekil veren aparatlar da malzemenin ilk şeklini aldığı matrislere bağlanmıştır. 1963 yılında Reifenhauer U.S. Sales Corp. daha geliştirilmiş bir tekniği kullanıma sunmuştur (Anon,1963a). Bu teknik sayesinde $\pm 3-5$ mm. toleranslarla imalat, suyun basıncı yerine vakumlama ile gerçekleştirilmiştir.

1952 yılında Londra'daki R. H. Windsor Ltd. rijit vinil boru ekstrüzyonu için yeni bir şekillendirme tekniği kullanmıştır (Anon,1952b). İşlem esnasında ekstrude edilen boru direkt olarak su soğutmalı bir şekillendirme matrisine iletilmiştir. Borunun açık ağzında bulunan bir mekanizma borunun içerisine hava üfleyerek, borunun genişleyip su ile soğutulan şekillendirme matrisinin cidarlarına daha iyi temasını sağlamıştır. Böylelikle borunun kısa bir sürede soğutulup rijit bir hal alması sağlanmış ve boru yüzeyinde oluşabilecek çöküntülerin önüne geçilmiştir.

1958 yılında İngiltere'deki Haynes & Haynes Ltd. imalat esnasında ekstrude edilen boru veya hortumun sürekli olarak cidar kalınlığını ölçen bir tekniği kullanıma sunmuşlardır (Anon,1958b). Bunun için sisteme malzeme kalınlığını ölçen bir tertibat eklenmiştir. Sistemin istenilen sınır kalınlıkların dışına çıkınca alarm vermesi de

sağlanmıştır. Böylelikle malzemelerin cidar kalınlıklarından gelen şikayetler minimuma indirilmiştir.

1959 yılında Reifenhauser ve Farbwerke Hoechst çapraz bağlı alçak basınç polietileninden boru imalatı yapılabilecek bir yöntem geliştirmiştir (Anon,1959). İşlem esnasında matristen dar boyutlarda çıkan boru tekrar ergime noktasına yaklaşan bir sıcaklığa kadar ısıtılmış, daha sonra gerçekte istenen çaptaki şekillendirme matrisinden geçirilip orjinal boyutlarına getirilmiştir.

1965 yılında İtalya'daki LMP artan büyük çaplı boru imalatına olan taleplere cevap verme amacıyla piyasaya yeni bir matris sürmüştür. Kaliteli geniş boru elde edebilmek için matriste daha büyük bir kompresyon oranına ihtiyaç duyulmuştur. LMP'nin yeni matrisinde 0,61 mm. (2ft.) çaptaki boruların imalatına imkan sağlayan kompresyon oranlarına çıkmıştır. LMP'nin dizaynında matris öyle küçültülmüştür ki, mamulün boyutları ne kadar artarsa matrisin boyutlarının da o kadar büyüyeceği inancı son bulmuştur (Lester,1963).

1970'li ve 1980'li yıllarda kalibre sistemleri, kapalı devrenin, mikroişlemcilerin ve servo kontrollerin kullanılmaya başlanmasıyla büyük gelişme göstermiştir. Kayıtlara geçtiğine göre 1975 yılında LFE Corp. of Watham Massachusetts'te, ekstrude edilen malzemelerin kalınlığının kapalı devre kontrolünü sağlayan geri beslemeli bir sistem geliştirilmiştir (Hull,1975). 1983 yılında Harrel Inc. çok küçük çapta boru ve hortum ekstrüzyonuna imkan sağlayan bir hat dizayn etmiştir (Anon,1983b). Bu ekstrüzyon hattında bir dişli pompası, bir lazerli kalınlık ölçme sistemi ve bir 16-bit mikroişlemci kullanılmıştır. Bu hat özellikle ilaç sektöründe ve hassasiyet gerektiren uygulama alanlarında kullanılmıştır. 1985 yılında Battenfeld Extrusion Systems Inc. tamamı ful otomatik olarak çalışan bir sistemi tanıtmıştır (Anon,1985b). Bu sistem matris ve kalibreler arasındaki manuel ayarlamaları aradan çıkartmıştır (Sneller,1985a). Bu matris ve kalibreler arasında kullanılan servo kontrollü bir matris merkezleme ünitesi ile sağlanmıştır.

2.6. Levha ve Film İmalatı İçin Ölçü Kontrol Sistemleri

Enfaruj (IR) sensörler 1969 yılından buyana film ve levha ekstrüzyon endüstrisinde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (Sneller,1984). IR sensörlerden önce kullanılan beta ışınları ile ölçüm tekniği 1949 yılında tanıtılmıştır (Corwin,1955). 1970'lerin başlarından

itibaren bilgisayarlar bu ölçüm sistemleri ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. 1971 yılında Nucleonics Corp., ekstrude edilen levhaların kalınlıklarını kontrol eden bilgisayarlı bir sistem dizayn etmiştir (Anon,1972b). Sistem kullandığı beta ışınları ile direkt olarak ekstrüder vidasını ve hattın hızını kontrol etmiş, böylelikle de mamül kalınlığı ölçülmüştür. 1973 yılının ortalarında bilgisayarların boyutlarının da küçülmesiyle ekstrüzyon işlemindeki proses kontrol teknolojisinin fiyat/kullanılabilirlik boyutu büyük iyileşmeler göstermiştir (Port,1973).

1974 yılında Welex Inc. ful otomatik bir levha kalınlık kontrol sistemi tanıtmıştır (Anon,1974a). Kasım 1974'te LFE Corp.'ın Proses Kontrol Bölümü, birkaç yıldan beri beklenmekte olan ekstrüzyon kontrol sabit donanımlarını tanıtmıştır (Anon,1974b). Sistem ekstrüder gövdesine monte edilmiş mini bir bilgisayarla tamamlanmıştır. Profitmaster 5510 adı verilen sistemde çekicinin ve vidanın hızları, levha veya film kalınlığını ölçen sensörün gönderdiği veriler ışığında mini bilgisayar tarafından ayarlanmıştır.

1970'li yılların sonlarında ve 1980'li yılların başlarında levha ve film ölçü kontrol sistemlerinde mikroişlemciler, nükleer sensörler ve hareketli matrisler gibi gelişmeler görülmüştür. 1977 yılında Johnson Plastics Machinery, levha ekstrüzyon hatları için basit bir mikroişlemci üzerine yapılandırılmış bir kalınlık ölçme tertibatı tanıtmıştır (Anon,1977). Tertibat Systrol II olarak adlandırılmış ve ekstrüder üzerinde ayarlanmış levha kalınlığının kontrolünü $\pm 0,1$ mm. hassasiyetle sağlayabilmiştir. Sistemde kalınlık ölçme sensörü, ekstrüder, çekici, ısı kontrolörü arasındaki veri alışverişini sağlayan ve bu verileri bir ekrana yansıtan bir bilgisayarda yer verilmiştir.

1979 yılında geliştirme çalışmaları ağırlıklı olarak çok ince filmlerin ölçü kontrollerinin yapılmasına kaymıştır. Bunun için gerekli teknolojinin kullanımı mikroçipler üzerine yapılandırılmış film ve levha kalınlık ölçme sensörleri ile mümkün olmuştur. Bu sensörler sayesinde polipropilen (PP) gibi malzemelerin ekstrüzyonunda büyük ilerlemeler sağlanmıştır. Bu yeni sensörler, nükleer sensörlerin giderek artan bir şekilde kullanılmalarına engel olamamıştır. Nükleer sensör teknolojisindeki gelişmeler, promethium-147 temeli üzerine yapılandırılmış bir nükleer sensörün Fife Corp. tarafından kullanıma sunulmasıyla devam etmiştir. Bu sensör film kalınlığındaki çok ufak hareketlenmelere karşı başarılı bir duyarlılık göstermiştir (Sneller,1979).

1984 yılında Egan Machinery Co.'ın dizayn ettiği Thermoflex otomatik profil matrisi bu alanda atılan en büyük adımlardan biri olmuştur (Anon,1984c). Film ve levha kalınlığının kapalı devre kontrolünün sağlandığı bu matriste ısıya duyarlı bir mesafe ayar sistemi kullanılmıştır. Kapalı devre kontrol ise bir bilgisayar ve ölçü sensörleri ile sağlanmıştır (Chabot,1992).



3. PLASTİK EKSTRÜZYON TESİSLERİNİN KURULMASINDA DİKKATE ALINMASI GEREKEN KRİTERLER

3.1. Pazar Araştırması

3.1.1. Türkiye’de Plastik Ekstrüzyon Pazarı

Genelde her işe başlamadan yapılması gerektiği gibi bir ekstrüzyon tesisi kurmadan önce de bir piyasa araştırmasının yapılması gereklidir. Plastik sanayi, bugün mamul madde ve plastik işleme makineleri imal edip ihraç edebilecek, gelişmiş ülkelerle rekabet edebilecek bir konuma gelmiştir. Yapılan tahminlere göre plastik tüketiminin gelecek yıllarda çok daha hızlı bir artış göstererek on yıl içinde ikiye katlanması beklenmektedir.

Halen Türkiye’de kişi başına plastik malzeme tüketimi yıllık olarak 6 kg.’ın altında kalırken, bu değer İspanya’da 29 kg.’a, İngiltere’de 36 kg.’a, ABD’de 72 kg.’a, Finlandiya’da ise 118 kg.’a kadar ulaşmaktadır. En iyimser tahminlerle 2000 yılında Türkiye’de kişi başına plastik tüketiminin ancak 20 kg.’a ulaşacağı tahmin edilmektedir (İnş. Mag.,10/96).

Konut gereksinimi her yıl yaklaşık 400.000 civarında olan Türkiye’de büyük bir potansiyel oluşturan pencere ve kapı profilleri sektörü, inşaat sektörünün paralelinde hem yurtiçinde hem yurtdışında büyük bir pazar olarak görülmektedir.

Dünyada enerji tasarrufu; kaynakların yetersizliği, yüksek maliyet ve çevre açısından gün geçtikçe önem kazanırken, PVC pencereler de çevre bilincinin giderek yaygınlaşmasıyla daha çok tercih edilmektedir. Isı tasarrufu ve gürültü kirliliğinin önlenmesi gibi çağdaş konfor şartları sunan PVC pencere ve kapı sistemleri devamlı olarak yenilenirken, bunun paralelinde pencerelerde kullanılan izalasyon camlarında da gelişmeler görülmektedir.

PVC pencere ve kapı profilleri sektörünün şu anda yarısından çoğunu elinde bulunduran Pimapen’in yanı sıra, profil bazındaki üretici sayısı şu anda 50 adede yaklaşmış durumdadır. Bunların çoğunu küçük ölçekli işletmeler oluştururken, bu işletmelerin bayileri olarakta Türkiye’de yaklaşık 2000 kadar PVC üretici bayisi bulunmaktadır. PVC pazarının geri kalan kısmını ise Pimapen’in yanısıra Egepen, Pakpen, Fıratpen, Akapen ve Kalpen gibi ciddi firmalar paylaşmaktadır. PVC sektöründeki ilerlemeleri dikkate alarak

pazara hergün yeni bir firma girerken bunların bir kısmında büyük holdinglerin bünyesinde bulunan işletmeler oluşturmaktadır.

Sektörde yoğun bir şekilde süren rekabet, ürün ve hizmet kalitesinden çok fiyat rekabetine dönüşmüş durumdadır. Fiyatla yapılan rekabette haksız rekabeti beraberinde getirmektedir. Satıcı ve bayi düzeyindeki firmalar, piyasada toplam kalite anlayışı ile çalışan bir firmanın prestijinden yararlanarak, kendi mamullerini o mamulmuş gibi satabilmektedirler. Fiyat rekabetinin getirdiği en önemli sorunlardan birini de kayıtdışı ekonomi boyutu oluşturmaktadır. Küçük şirketler kendilerinden beklenen saygınlıkta mal satışı yapmayarak, ciddi ve büyük şirketleri zora sokmaktadırlar. Bu koşullar çalışan elemanların kalitesinde de düşmelere neden olmaktadır. Sektörde birçok üretici firma bayilerinin, kalitesiz personel ve yetersiz makina parkıyla çalıştığı rahatlıkla gözlenebilmektedir. Ucuz personel istihdam edilmesi, basit, yetersiz ve eski teknoloji ürünü makine parkıyla üretim yapılması, maliyeti dolayısıyla fiyatı düşürerek haksız bir rekabet ve kalitesiz ürün, hizmet ortamının oluşmasına neden olmaktadır.

Sektördeki teknolojik gelişmeler Türkiye'ye iki türlü yansımaktadır. Sektörde faaliyet gösteren büyük kuruluşlar dünya teknolojisini yakından takip ederek, dünya standartlarına, Türk mimarisine uygun mamuller sunarken, dünya standartları açısından demode olmuş, artık kullanılmayan veya ikinci el olarak temin edilen makine ve kalıplarla üretim yapan firmalarda günden güne çoğalmaktadır. Bu ikinci el ekipmanlarla elde edilen daha düşük yatırım maliyetleri de doğal olarak fiyatlara yansımaktadır. Aslında bu durum ilk bakışta tüketici açısından avantajlı gibi görünsede uzun vadede bazı olumsuzluklara sebep olmaktadır.

Türkiye'de büyük bir potansiyele sahip olan inşaat sektörü, Avrupa'lı üreticiler için de cazip bir pazar durumuna gelmiştir. Türkiye'de sektöre özgü katı standartlar bulunmaması, yurtiçinde yaşanmakta olan bazı sorunların dışarıdan gelen ürünlerle ilgili olarak ta yaşanabileceğinin sinyallerini vermektedir. Bu tür ürünler gerçekten Avrupa'daki kalite standartlarına uygun ürünler mi olacak? yoksa Türkiye pazarı için yeterli olabilen ikinci kalite ürünler mi? , bu gerçekten büyük bir soru işareti olmaktadır. Yurt dışında imal edilen PVC pencere sistemleri Kuzey Avrupa şartlarına göre üretilip, bu ülkelerin mimarisi göz önüne alınarak biçimlendirilmektedir. Bunların Türk tüketicisi ve Türk mimarisi için adapte edilmesi de düşünülmesi gereken bir nokta olarak göze çarpmaktadır.

Gümrük Birliği sonrası PVC katkı maddelerinin Türkiye'ye girişindeki fonların kalkması, bunların temini yönünden faydalı olmuştur. Bu nedenle hammadde ve katkı maddelerinin girişinin kolaylaşması ile üretimde yaşanan sorunların büyük oranda çözüme kavuşturulduğu söylenebilir.

3.1.2. PVC'nin Yapı Malzemesi Olarak Seçilme Nedenleri

Yukarıda PVC pazarının kısada olsa genel bir durumu anlatılmaya çalışılmıştır. Şimdi de kısaca PVC'nin diğer yapı malzemelerinden neden bir adım ön plana çıktığına göz atalım.

Gelişim süreci içerisinde plastik, ağaç, seramik ve metalsel malzemelerin arasına çoktan girmiş, kısa süre içerisinde de geniş kullanım alanıyla yapı sektöründe sürekli bir yükseliş göstermiştir. Plastikğin tercih edilme nedenlerini genel hatlarıyla, hafiflik, esneklik, mukavemet ve ağırlık oranlarının yüksekliği, ışık geçirgenliği, kolay renklendirilebilme, korozyona karşı dayanım, bakım giderlerinin çok düşük olması, kolay şekil alması şeklinde sıralayabiliriz. Plastiklerin yapı sektöründe kullanımları kısa geçmişlerine rağmen, tüm dünyada hızlı bir şekilde artış göstermiştir. İlk başlarda yeterince kabul görmemelerine rağmen alüminyum, selülozik malzemeler ve hafif beton elemanların yapılarda giderek artan bir oranda kullanılmalarıyla birlikte, plastik te şu anki mevcut yerini almıştır. Bunda en büyük pay ise değişik tasarım imkanları ile görünüm olarak yapıya yenilik getirmeleri olmuştur.

Plastikler, birbirinden çok farklı özelliklere sahip maddelerden meydana gelmiş bir malzeme gurubudur. Genel kapsamlı bir tanım yapılmak istenirse, plastikler ömürlerinin belirli evre yada evrelerinde plastik özellik gösteren, yani sıcaklık ve basınç tatbikiyle, mekanik veya kimyasal yollarla şekillendirilebilen, sentetik olarak (genellikle petrokimya sanayi ürünü) elde edilen organik polimerler (makro moleküller) dir. Elde edildikleri polimer türüne ve elde edilme yöntemlerine bağlı olarak polimerlerden sert, camsı reçineler, yumuşak yapıştırıcı ve bağlayıcılar, sağlam lifler (fiber) ; kauçuk davranışları gösteren elastomerler, dayanıklı kaplayıcılar (coating), üstün ısı ve ses yalıtım özelliklerine sahip köpükler (foam) gibi değişik amaçlar için kullanılacak, birbirinden tamamen farklı özelliklerde plastikler yapılabilmektedir. Plastikler genel olarak iki grupta toplanabilmektedir

1. Termoplastikler: Isı ile şekil değiştirebilen ve bu işlemin istenildiği kadar tekrarlanabildiği plastikler,
2. Termosetler: Bir kez ısı tatbiki ile şekillendirildikten sonra, ısı ile yeniden şekillendirilemeyen plastikler.

Plastiklerin yapı bünyesinde tek başlarına veya diğer malzemelerle birlikte kullanılabilmesi, gerek malzemenin kendisinin gerekse yapının tümünün istenen performansı sağlayabilmesi için hem yapı ve malzeme bileşenlerinden beklenen özelliklerin bilinmesi hemde plastik türlerinin ve özelliklerinin iyi tanınması gereklidir. Plastiklerin yapıyı ilgilendiren özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Mekanik Özellikler: Plastikler diğer yapı malzemelerine kıyasla daha düşük yoğunlukta, fakat özellikle mukavemet/ağırlık bazında metallere yakın malzemelerdir. Basınç dayanımları genellikle tuğla ve betonunkinde daha yüksektir. Çekme dayanımları yumuşak ve esnek yapıdaki katkısız plastikler için düşüktür, fakat lamine ve donatılı plastikler birim ağırlığa tekabül eden mukavemet bakımından en kuvvetli malzemeler arasında yer alırlar. Plastikler, rijitlik bakımından diğer strüktür malzemelerinden daha zayıftır, kiriş gibi yük taşıyıcı eleman yapımına uygun değildir. En rijit olan donatılı plastiklerde eğilmezlik çelik ve alüminyumdan daha düşük olup, beton ve ahşap ile yaklaşık aynı değerlerdedir.
- Isıl Özellikler: Plastikler metallerle karşılaştırıldıklarında iyi birer ısı yalıtkanındırlar. Isı iletkenlikleri ahşaba göre yüksek, cam , tuğla ve betona göre düşüktür. Plastik köpükler ise en iyi ısı yalıtım malzemelerinden biridir. Plastikler ısıl genleşme katsayılarının diğer malzemelerle birlikte kullanılmalarında tasarım sırasında dikkate alınması gerekli bir konudur. Termoplastikler sıcaklığın artmasıyla yumuşar ve plastik hale geçerler. Termosetler sıcaklığa daha dayanıklıdır fakat yüksek sıcaklıkta bozulurlar. Sanılanın aksine plastiklerin maksimum kullanılabilme sıcaklığı, düşük yoğunluklu polietilen gibi bazı termoplastikler hariç, yapının maruz kaldığı sıcaklıkların üstündedir. PVC profiller ile ahşabın ısı iletkenliği hemen hemen aynıdır, alüminyum ve metal malzemelerin ısı iletkenliği ise yüksektir.

- Yanıcılık: Plastikler organik maddeler olduklarından yanıcıdırlar. Bazıları alev ile temas edince tutuşur ve belirli yanma hızı ile yanarlar, bazıları ise alevle temas ettiğinde yanar fakat alevden uzaklaştırıldığında kendiliğinden sönerler. Molekül yapılarında klor, brom ve azot ihtiva eden plastikler ise en az yanıcı olan çeşitleridir.
- Optik Özellikler: Plastiklerin ışığı hiç geçirmeyen türleri bulunduğu gibi ışık geçirgenliğine sahip türleride mevcuttur. Işığı tamamen geçiren plastiklerin kırılma indisleri 1,5 civarında olup yapılar da cam yerine kullanılabilirler.
- Yalıtım: Sert plastik köpükler genellikle kapalı hücreli olup ses yalıtımı yapamazlar. Ancak açık hücreli olan yumuşak plastikler iyi birer ses yalıtımı malzemesidir. PVC alüminyuma göre 1350, demire göre 385 kat daha yalıtıktır. Üç odacıklı bir profil sistemi optimal ısı izolasyonu sağlar. Kasa + kanat için K değeri destek sacı kullanılmadığı zaman $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, destek sacı kullanıldığında ise $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ değerlerindedir (İnş. Mag.,10/96). PVC profillerle birlikte kullanılan ısıcam ve EPDM conta sistemi sayesinde hava sızdırmazlığı sifıra yakın bir noktaya indirilebilmektedir. PVC'nin ahşaba oranla en büyük izolasyon özelliği bu noktadadır. Ahşaba oranla gerekli koşullar yerine getirildiğinde 40 desibellik daha iyi bir ses yalıtımı da sağlayan PVC pencereler, bu özellikleriyle de çağdaş yaşamda vazgeçilmez yerlerini almaya başlamıştır.
- Havadan Etkilenme: Atmosfer şartlarına ve güneş ışınlarına dayanımları plastiğin türüne göre değişir. Polivinil klorür, poliakrilikler gibi en dayanıklı olanları uzun süre renk ve fiziksel özelliklerini koruduklarından atmosfere ve dış şartlara açık kullanımlar için uygundurlar.
- Su Emme ve Su Buharı Geçirme: Plastikler genellikle su emmezler. Su buharı geçirimleri ise plastiklerin türüne göre değişir.

- Esneme ve büzülme daha düşüktür. Bu nedenle ölçü değişimi olmaz, şişme ve çatlama yapmaz,
- Contalama sistemi ahşaba oranla daha kolay ve üstündür.

ii) PVC doğramanın alüminyum doğramaya göre stnlkleri :

- Isı iletkenliği çok düşüktür,
- Oksitlenmez,
- Açma kapama sırasında ses yapmaz,
- Ahşap desenli kaplama yapılabilmesi mümkündür.

iii) PVC doğramanın demir doğramaya göre stnlkleri :

- Oksitlenmez,
- Boya ve bakım gerektirmez.

3.1.3. PVC Profillerin Sistematiği

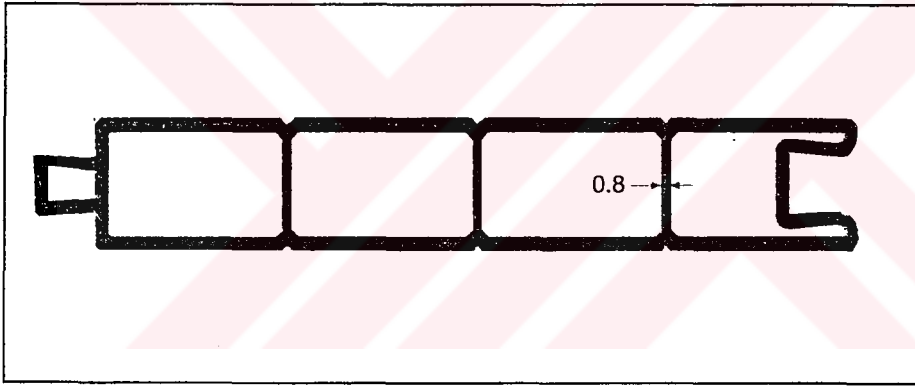
PVC pencereler formlarına ve conta işlevselliklerine göre sınıflandırılabilirler. Burada form diyerek kastettiğimiz bir pencere profilinin kesiti alındığında göreceğimiz odacıklardır.

Dolayısıyla bir PVC profilin kesitine baktığımızda gözümüze ilk çarpan karakteristik odacık sayısı ve yapısıdır. Profil kesitine bakıldığında et kalınlığı minimum 3mm. ise, kesit dalgasız ve düzgün görünüyorsa, dıştan içe sayıldığında odacık sayısı fazlaysa, bu profilin izolasyon ve dayanıklılık açısından iyi olduğuna işarettir. PVC pencere profilleri odacık sayısı karakteristiğine göre e ayrılır:

Tek Odacıklı Profiller: İçinde dış duvardan iç duvara uzanan büyük ve tek bir odacık bulunan profillerdir. Bu tip profillerin avantajı, içine büyük boyutlu destek sacı koyulabilmesidir. Bu da PVC profilin eğilme ve bükülmeye karşı direncini artırır. Ancak tek odacıklı profillerin dezavantajlarının ortaya çıktığı noktalar vardır.

Su tahliyesinin kanat profilini boydan boya delip geçen ve suyun destek sacıyla temasını engelleyen küçük bir borucukla yapılması gerekir ki, bu da oldukça emek isteyen bir çalışma demektir. Ayrıca bu tip profiller aslında plastikte çevrelenmiş metal profil olduğundan ısı yalıtımında oldukça başarısızdırlar.

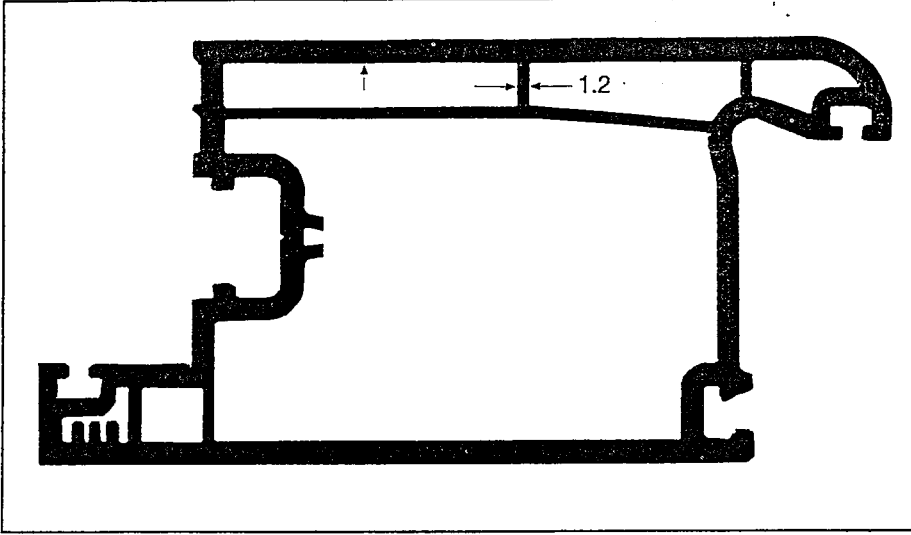
Bir başka dezavantajı da aksesuarların montajında yaşanır. Tek odacıklı profillerde vidalar iki değil tek duvarı delip geçtiği için iki veya üç odacıklı profillerdeki kadar rijit değildir. Zaten ısı yalıtımındaki yetersizliği yüzünden bu tip profiller son yıllarda piyasaya sürülmemektedir.



Şekil 3.1. Tek odacıklı profil

İki Odacıklı Profiller: Su tahliyesini sağlamak için bir ön odacık ve içte destek sacını barındıran, statığı sağlayan daha büyük bir odacık vardır. Ön odacık sayesinde bu tip profiller tek odacıklı tipe göre daha üstün bir ısı ve ses yalıtımı sağlar. Kasa ve kanatta su tahliyesi bu odacık içinden yapılır.

Üç Odacıklı Profiller: Isı yalıtımını artıran üçüncü odacıkları sayesinde en avantajlısıdırlar. Ayrıca özel konstrüksiyonu ilk iki tiptekine göre daha güçlü, destek saclarının yerleştirilmesine olanak verdiği için statik açıdan daha üstündür.



Şekil 3.2. İki odacıklı profil

3.1.4. Sektördeki Büyük Firmalar ve Pazar İçerisindeki Durumları

Plastik ekstrüzyon ağırlıklı olarak plastik pencere üretimi ile anılmaktadır. PVC pencere profilleri sektöründe ülkemizde faaliyet gösteren birçok firma bulunmaktadır.

Şu anda PVC sektöründe araştırmalar sonucu elde edilen bilgilere dayanılarak birinci sırada bulunan Pimaş 1963 yılında plastik inşaat malzemeleri üretmek üzere kurulmuş bir Enka Holding kuruluşudur. Çayırova/Gebze'deki tesislerinde üretime başlayan Pimaş, kurulduğu günden buyana yurdumuzda inşaat sektörü içerisinde plastiğin en yakın takipçisi olmuştur. Bu nedenle Pimaş 1964 yılında sert PVC boru üretimine başlamış, kısa sürede plastik boru ile Pimaş adını özdeşleştirmiştir.

Çağın teknolojik gelişmelerini tüketicilerin beklentilerinin tam karşılığı olan ürünler imal ederek sürdüren Pimaş, 1980 li yıllarda PVC ürünlerine bir yenisini daha ekleyerek Türk inşaat sektörüne pimapen pencere sistemini sunmuştur.

Pimaş'ın Gebze'deki 52.000 m² alan üzerine kurulu fabrikasında yılda yaklaşık 25.000 ton PVC, 26 profil ve 14 boru ekstrüderinde işlenerek 15.000 ton PVC profili, 10.000 ton boru olmak üzere yurt içinde ve dışında tüketicinin kullanımına sunulmaktadır (İnş. Mag.,10/96). Ayrıca pencere ve kapı aksesuarları üreten kendi tesisleri de vardır.

Sefaköy'de kurulu kalıp fabrikasında pencere ve kapı üretiminde kullanılan menteşe, kol, ispanyolet gibi yardımcı ve mekanik malzemeler üretilmektedir.

Kısa vadede Pimapen'in üretimini artırmaya yönelik yatırımları bulunmaktadır. Ancak orta vadede boruda daha teknik ve kaliteli yeni birtakım üretimler planlamaktadırlar. GAP projesi doğrultusunda Güneydoğu için boru üretme projesi de bunlardan birisidir.

Pimaş Gebze'deki fabrikasında Türkiye'deki sektörün hiçbir kuruluşunda bu derece kapsamlı olarak bulunmayan, TSE 5358 ve Alman DIN normlarında tüm testlerin gerçekleştirildiği çok modern bir laboratuara da sahiptir.

Pakpen'de bu alanda faaliyet gösteren diğer bir firmadır. Pakpen PVC profilleri bir Türk Alman yatırımı olan, IBG Pakplastik Plastik Yapı Elemanları Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından 1990 yılından bu yana Konya 2. Organize Sanayi Bölgesi'nde üretilmektedir. Konya'daki üretim tesislerinde yaklaşık 200 kişilik işçi, mühendis ve idari personelden oluşan bir kadro ile 30.000 m²'lik çalışma alanında üretim yapılmaktadır. Üretim kapasitesi, 1994 yılı ortalarından itibaren günlük 350, yıllık yaklaşık 125.000 konutun, PVC pencere ve camlı dış kapı ihtiyacını karşılayacak, diğer bir deyişle yıllık 1.000.000'dan fazla ağacın kesiminin önüne geçebilecek seviyeye ulaşmıştır.

Bu sektörde faaliyet gösteren diğer bir firma da Kompendir. Kompen Kombassan Holding bünyesinde Konya'ya 40 km. uzaklıkta Ladik mevkiinde kurulu 15.000 m² kapalı alana sahip, bir entegre PVC fabrikasıdır.

Ladik mevkiinde kurulu bulunan tesislerinde aynı zamanda ısıcam da üretilmektedir. Şu anki yıllık kapasiteleri 20 ton civarında olup otomasyonları ise 60 tona elverişlidir. Kısa vadede 25 adet daha ekstrüder olarak 40 ton kapasite ile çalışılması düşünülmektedir.

Büyük bir Alman şirketi olan Rehau, çeşitli ülkelerdeki 37 fabrikasında deneyimli kadrosu ve üstün teknolojisi ile inşaat, beyaz eşya, yol, su, altyapı, elektronik, bilgisayar, mobilya, otomobil ve tıp sektörüne teknolojik malzemeler üretmektedir. Rehau'nun diğer bir ürün yelpazesini de özellikle renk seçenekleriyle ön plana çıkan PVC pencere ve kapı sistemleri oluşturmaktadır. Firma yaklaşık 40 yıldır polimer malzemelerin üretimi ve işlenmesi alanında faaliyet göstermektedir (İnş. Mag.,10/96).

Türkiye’de plastik yapı malzemelerinin kullanımı aşağıda ana hatları ile değineceğimiz aşamalardan geçerek günümüze gelmiştir.

Ahşabın dış etkenlerden kolay etkilenen bir malzeme olması, kısa ömürlü olması, sürekli boya bakım istemesi gibi sorunlara, Türkiye’de kaliteli ahşap doğrama üretebilecek yeterli sayıda işletmenin olmaması ve doğrama yapılmak üzere kesilen ağaçlarla, kaliteli doğramalık kerestenin azalmaya başlaması ve dolayısıyla fiyatlarında artması eklenince 1960’lı yılların sonunda alüminyum doğrama ahşaba alternatif olarak inşaatlarda kullanılmaya başlanmıştır.

Yaşanan çevre ve enerji sorunları da insanları “hangi yakıtı kullanırsam havayı daha az kirletirim“ düşüncesini aşp “ısı yalıtımı sağlayarak yakıt tüketimimi nasıl azaltabilirim” düşüncesine yöneltmiştir.

Bu kadar önemli bir üretimde kalite de ön plana çıkmaktadır. Pencere birçok farklı unsur ve özelliğin bir araya gelerek oluşturduğu bir sistem, bir bütün olarak ele alınmalıdır.

PVC pencerelerin her türlü dış etkenlere mukavemeti, imalatında kullanılan ve son derece pahalı olan katkı maddeleri ile çok yakından ilgilidir. Bugün piyasada kullanıldığı bilinen ucuz katkı maddeleri veya katkı maddesinin gerekenden daha az konulması profilin uzun vadedeki performansını etkilemektedir. Bu çeşit kullanım kırılma, çatlama ve renk değiştirmeye neden olabilmektedir. Dolayısıyla bir kere katkı maddeleri standartlara uygun olmalı ve modern ekstrüderlerle üretim yapılmalıdır.

Kullanılan PVC hammaddesinin büyük bir kısmı Petkim’den bir kısımda yurtdışından karşılanmakta, ancak kullanılan katkı maddelerinin tamamına yakın kısmı yurtdışından karşılanmaktadır. PVC’nin S67, S65, R27 gibi birkaç çeşidi bulunmaktadır. Bunların herbirinin kaliteye etkisi değişik doğrultudadır, çünkü molekül yapıları farklıdır. Türkiye’de Petkim’in ürettiği PVC Avrupa standartlarında gerçekten kaliteli bir PVC’dir. Fakat Rusya’dan gelen PVC’nin birçok firma tarafından yapılan testlerinde çok kaliteli olmadığı, çok iyi sonuçlar vermediği ortaya çıkmıştır. Bunun yanında İran’dan dahi PVC temin edilebilmektedir.

Piyasada 800 dolar/ton’a, 700 dolar/ton’a PVC bulmak mümkündür. Hata gidip bir doğu bloku ülkesinden 600 dolar/ton’a da PVC bulunabilmektedir. Fiyatlar düştükçe doğal olarak kalite de düşmektedir (Yüzüak,1998).

Plastik pencere karma bir malzemedir. PVC profilin içine konan destek sacları dış yüklere karşı doğrama mukavemeti, plastik ise izolasyon, görüntü ve kullanım güzelliği sağlamaktadır. Avrupalılar bu pencereleri şöyle tarif ederler: “ Çelik bir karkasın plastikle kaplanması...” İçerisinde destek sacı olmayan bir pencere dış yüklere karşı mukavemeti sağlayamaz. Isı geçirgenlik katsayısı ile odacık sayısının ve genişliklerinin, dizaynlarının da önemli bir etkisi vardır. Contaların hammaddesi, üretimin şekli, düzaynı ve kullanım şekli izolasyonda çok önemli yer tutar. Aynı biçimde ispanyoletlerin dizaynı ve kullanım şekli de sistemin önemli unsurlarındandır.

Bu nedenle öncelikle üretimde kullanılan parametrelerin yerli yerine oturtulması gerekmektedir. Bu da komple bir tesis, modern üretim makineleri, mühendis kadroları, AR-GE grupları ve eğitim çalışması, bayilere hizmet ve bayiler seçilirken gösterilen özen, bayi elemanlarının eğitilmesi, bayi imalatının kontrol edilmesi ve müşteriye hizmet vs. gerektirmektedir. Ancak tüm bu zincir birleştiği zaman ortaya çok iyi bir mamül çıkar. Bunların hiçbiri ihmale gelmeyecek, toplam kalite anlayışının unsurlarıdır.

Rekabet biçimi bu sektörde ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Profil bazında üretici sayısı hızla artarken, rekabet te ürün ve hizmet kalitesinden çok fiyat rekabetine dönüşmektedir.

Sektörde haksız rekabet birçok biçimde yaşanmaktadır; Üretim ve hizmette hiçbir kalite gözetmeyen anlayış, piyasada toplam kalite anlayışı ile çalışan bir firmanın, örneğin Pimapen markasının prestijinden yararlanarak, kendi malını sanki Pimapen’miş gibi satabilmektedir. Bu tür uygulamaları daha çok satıcı bayi düzeyindeki firmaların yaptığını gözlenmekte ve tesbit edilebilen birçok uygulama için hukuki yaptırımlara gidilmektedir.

“Toplam kalite anlayışı” ile üretim, hizmet ve satış sürecini, standartların belirlediği mamul kalitesinden de öte, müşteri ihtiyaçlarını karşılama özelliği olarak, müşteri tatmini olarak değerlendiren büyük firmalar, daha kaliteli ürün ve bu ürünleri yan ürünleri ile birlikte sunma çabasındadırlar. Örneğin pencere sisteminde pancur, kepenk ve sineklik vs. gibi. Bu işte müşteriye ne kadar çeşit ürün sunarsanız o kadar ön plana çıkabilmektesiniz.

Plastik yapı malzemelerinin kullanım oranı gelişmiş ülkelerde de hava kirliliğinin artması, enerji tasarrufu ihtiyacı ve yeryüzündeki orman alanlarının gittikçe azalması ile paralel olarak artmıştır. Sorunlar, ihtiyaçlar ve çözüm araştırmaları yaşamın her alanında

olduğu gibi bu konuda da yeni bir bilinç ve yönelime neden olmaktadır. Ülkemizde de yavaş ve batıya oranla geçte olsa bu yönelime ihtiyaç ve bunun bilinci gelişmektedir.

Sektördeki firmalar: Bulgaristan, Rusya, Romanya, K.K.T.C., Makedonya, Ukrayna, Kırgızistan, Azerbaycan, Moldova, Tunus, Kazakistan, Gürcistan, Bosna Hersek, Türkmenistan, Yugoslavya ve Beyaz Rusya'ya yetkili üretici bayilik sistemiyle profil ihraç etmektedirler.

Piyasada birçok firma çeşitli marka adı altında üretimlerini sürdürmektedirler. Fiyatları çok değişken olan bu firmaların içerisinde bayilerini denetleyen firmalar azınlıkta kalmaktadırlar. Belirli zaman aralıklarıyla atölyeleri denetlenen bayilere verilmiş olan "yetkili satıcılık ve montajcılık" belgeleri tüketicimizce mutlaka istenmelidir. Firma seçiminde titiz davranmak ve seçimi doğru markada yapmak kullanım esnasında doğabilecek sorunları da önceden ortadan kaldıracaktır. Bu bir yerde garantiyi işin enbaşında tüketicimizin almasıdır.

PVC profillerle oluşturulan pencerelerin hassaslığının, takılacağı mekandaki montajına kadar devam etmesi gerekmektedir. Milimetre toleranslarıyla çalışması gereken doğramaların ölçü alımlarının hassas olması, montaj safhasında doğabilecek problemleri baştan minimuma indirecektir. Bu durum da daha sonradan doğabilecek üzücü sonuçların işin başında çözümlenmesi demektir.

Plastik ekstrüzyon yukarıda ağırlıklı olarak durduğumuz gibi aslında sadece plastik pencere ile sınırlı değildir. Bu pazarın önemli bir kısmını da plastik boru sektörü oluşturmaktadır. Zaten PVC pencere sistemleri üreten kuruluşların büyük bir çoğunluğu aynı zamanda PVC boru da imal etmektedirler. Ama bunun yanında PVC boru imalatında ihtisaslaşmış kuruluşlar da bulunmaktadır.

Bu firmaların başında SPK gelmektedir. Söğüt Plastik ve Kalıp A.Ş. PPRC tabir edilen, plastikten mamul sıhhi tesisat boruları üretmektedir. Firma aynı zamanda bu borular için fittings malzemeleri de üretmektedir.

Çelik boru alanında 38 yıldır faaliyet gösteren ve pazarın yaklaşık %40'ına sahip olan Borusan Boru, 1995 Temmuz'undan itibaren de PP (polipropilen) borular ile plastik boru pazarına girmiştir. Borusan aynı zamanda bu alanda yeni bir ürün olan alüminyum folyolu plastik boru da imal etmektedir. Üretim kapasiteleri şu an yılda 10 milyon metredir.

Kipsaş Kimya Plastik Sanayi ve Ticaret A.Ş. 1978 yılında kurulmuş ve halen PVC boru ve ek parçaları imalatı ile ilgilenmektedir. Bunun dışında Fıratpen gibi PVC profil üreten firmalarda plastik boru sektörüne girmeye başlamaktadırlar (İnş. Mag.,10/96).

Plastik boruların çelik borulara karşı aşağıda sayacağımız üstünlükleri, onların giderek daha artan bir şekilde tercih edilmelerine ve yaygın bir şekilde kullanılmasına sebep olmaktadır.

- Hafiftirler, dolayısıyla naklieleri de kolay ve ucuzdur,
- Esnekliği yüksektir,
- Asit, alkali ve kimyasal akışkanlara karşı dayanıklıdır,
- Şekillendirilmeleri ve renklendirilmeleri kolaydır,
- Su ve nem geçirgenliği çok düşüktür,
- Elektrik yalıtım özelliği vardır,
- Pas ve kireç tutmazlar,
- Dekoratifdir, boya bakım gerektirmezler,
- Yüksek akış hızlarında dahi ses ve titreşim yapmazlar.

Plastik malzemede kaliteyi etkileyen en önemli faktör hammaddedir. Otomotivden ambalaja, kablodan yapı malzemelerine kadar geniş bir kullanım alanı olan plastiklerin kullanılacağı yere göre çok detaylı bir şekilde analiz edilerek pek çok testten geçirilmesi ve en uygun malzemenin seçilmesi çok önemlidir. Bunun en canlı örneğini plastik borular için şöyle verebiliriz. Sulama, pis su tahliye, yağmur suyu tahliye, sıhhi tesisat vs. gibi pek çok iş için PVC, PE, PB, PP vs. gibi çok değişik malzemeler kullanılmaktadır. Bunlar arasında sıhhi tesisat için mutlak surette PP malzeme kullanılmalı ve hatta Tip 3 seçilmelidir.

Kaliteyi etkileyen diğer unsurlar olarak prosesin kesintisiz şekilde sürekli yapılması, renklendirme yapılacak ise kullanılan boya maddesi masterbatch'in hammadde ile tam uyumu ve homojen dağılımı, stoklamada güneş ışınlarından kaçınılması ve ortam ısısına dikkat edilmesi, en az 24 saat beklemiş mamulün bir takım testlerden geçirilerek kontrol edilmesi sayılabilir. Plastik malzemelerin hepsinde olduğu gibi boru ve fitting üretiminde de makine şartları üretim aşamasında kaliteyi etkileyen faktörler olarak karşımıza

çıkılmaktadır. Örneğin yeterli sıkıştırmanın oluşması mukavemeti arttırdığı gibi, ölçülerin de düzgün elde edilmesini sağlar.

Şehrin merkezinden geçen bir doğalgaz boru hattının gün içinde ne tür tehlikelere maruz kaldığı, Rusya'dan gelen bir petrol boru hattının kaç çeşit iklimden ve koşuldan geçtiği düşünüldüğünde kalite konusunda ne kadar hassas olunması gerekliliği bir kez daha gözler önüne çıkar.

Fakat ne yazık ki ülkemizde çoğu zaman tüketicilerin sağlıklı, uzun ömürlü ve yüksek performanslı bir ürün kullanması daha çok ekonomik etmenlerin arkasına sığınarak engellenmektedir. Hal böyle iken ülkemizdeki standartların üreticilere uygulanma denetimi bir yana öncelikle yeterliliği tartışılmalıdır. Bu yetersizlik yargısını ispatlamak için şu basit örnek bile yeterli olacaktır: PP Tip 1 ve Tip 3 borular, TSE normlarına göre yalnızca 20⁰C'de 1 saat test edilmekte ve birbirinden ayırımı yapılmaksızın kalite onayı alabilmektedir. Oysa aynı test DIN normunda 95⁰C'de 1.000 saat yapılmakta ve sunuça Tip 1'in ancak 3 yıl, Tip 3'ün ise teorik olarak 50 yıl dayanacağı ortaya konmaktadır (İnş. Mag.,10/96).

Ülkemizde pek çok alandaki üreticilerin sorunu olan haksız rekabet özellikle plastik boru konusunda en üst noktada seyretmektedir. Bunu oluşturan en temel unsurlar hukuka uygun olmayan mal çıkışları, malzeme formülasyonunun dikkatli yapılmayışı veya sigortasız işçi çalıştırılmasıdır. Ayrıca 90'ların başında bazı alanlarda hızla gündemimize giren plastik boru pek çok üretici doğurmuş ve bunların sayısı 80'e ulaşmıştır. Bu üreticilerin bir kısmı, düşük yatırım maliyetleri dolayısıyla bu işe yeni başlayanlar olmakla birlikte pek çoğu eski plastik işleyicileri olup, ekipmanlarına bazı ilaveler ile kimi atıl kapasitesini değerlendirmek, kimi piyasanın kaymağını almak maksatıyla, plastik boruya geçmiştir. Örneğin bir hortum üreticisinin bile faaliyete geçebildiği bu olayda kullanılan hammaddenin bırakın Tip 1 mi Tip 3 mü tartışmasını, çoğu zaman PP bile olduğu şüphe götürmektedir.

PPRC boru ve ekleme parçalarıyla ilgili standartlar ülkemizde tam olarak henüz yerleşmemiştir. Bunun sebebi üretimlerin diğer malzemelere göre yeni olması, araştırmaların tamamlanmamış ve dolayısıyla bunların sonuçlarının standartlara yansımamış olmasıdır.

TSE'nin, üzerine amblemini koymadığı sürece hiçbir firmaya herhangi bir standart dışı üretim için bir yaptırım söz konusu değildir. Bunun takibi Sanayi Bakanlığı'na aittir. Tüketiciler PPRC boruda olduğu gibi tüm plastik yapı malzemelerini seçerken bildikleri, güvendikleri markaları tercih etmelidirler. Malın üzerindeki firma logosuna bakılmalı ve en azından bu ürünün TSE belgesine sahip olup olmadığı sorulmalıdır.

Bu arada şunu da hatırlatmakta fayda var ki o da mamulün üzerinde TSE değil de TSEK işareti varsa bu; TSE belgesi alınmadığı ama aynı zamanda ilgili standartın da henüz çıkmadığı anlamındadır. TSEK belgesi o ürünün, ilgili teknik şartnamelere dayanarak, üreticinin kalite ve ölçü faktörleri gibi unsurları TSE'ye beyan ederek, bu beyanın doğruluğu ve devamının TSE Kurumu tarafından onaylanarak ürünün kontrol altına alınması demektir. İlgili TSE standardı devreye girdikten belli bir süre sonra firmanın TSEK belgesi iptal edilmektedir.

Şu anda Türkiye'de imalatlarını sürdüren PVC boru üreticilerin tercih ettiği hammadde Alman Hoechst firmasının Hostalen PPH 5416 Nolu modeli olup, orjinal renginde ithal edilmektedir. Daha sonra yine ithal renklendiriciler ile renklendirilmektedir (İnş. Mag.,10/96).

3.2. Kapasitenin Belirlenmesi

Bir imalatın yapılmasına karar verme aşamasında PVC imalatının düşünülmesi kaçınılmaz bir sonuç olmuştur. Son yılları göz önünde bulundurursak, Türkiye’de sanayi alanında bir yatırıma karar verildiği zaman düşünülen alanlardan biri tekstil diğeri de plastik olmuştur. Bunun getirdiği bir sonuç olarakta son birkaç yıldır ülkemiz tekstilde ve plastik alanında korkunç bir atılım içerisinde. Bu nedenle yatırım kararı veren kişiler ciddi anlamda tekstil ve plastik arasında bir seçim yapmak zorunda kalmaktadırlar.

Ülkemizde üretim yapan tekstil firmalarından, piyasada belirli bir yere gelmiş olanların çoğu mevcut durumlarını ihracat yaparak garanti altına almışlardır. Daha önce de değindiğimiz gibi PVC’nin Türkiye’de inşaat yapı malzemesi olarak kullanımı Avrupa ve Amerika ortalamalarının çok altındadır. Bu nedenle gelecek on yıl içerisinde PVC sektöründe gerçekten hareketli yılların yaşanacağı kesin olarak görülmektedir.

Ciro bazında düşünüldüğünde 10.000 iğlik bir tekstil fabrikası ile iki hatta sahip bir PVC ekstrüzyon fabrikası aynı seviyededir. Birtakım yan giderleri hesaba dahil etmeden ve bir mukayese yapılmasını kolaylaştırmak açısından bu iki fabrikanın makina parkının temin edilmesi yaklaşık olarak şu değerlere gelmektedir.

- 2 ekstrüzyon hattına sahip PVC işleme fabrikası: 2.200.000 DM
- 10.000 iğ kapasiteli tekstil fabrikası: 5.500.000 DM (Yüzüak,1998).

Yukarıda da açıkça görüldüğü gibi her ne kadar ülkemizde tekstil oldukça popüler bir sektör olsada kuruluş aşamasında ekstrüzyon tesislerine oranla daha pahalı bir yatırım olmaktadır. Olaya bir de yatırımın geri dönüşü açısından bakacak olursak, bu işle profesyonel olarak ilgilenen kişilerin belirttiğine göre (piyasalarda şok hareketlenmeler olmadığı takdirde) fabrikaların kendilerini amorti etme süreleri ise;

- PVC ekstrüzyon fabrikası için yaklaşık 6 ay
- Tekstil fabrikası için yaklaşık 1,5 yıl olmaktadır.

Bir PVC ekstrüzyon tesisi için minimum yatırım (çekirdek yatırım olarak adlandırabiliriz) 2 ekstrüzyon hattı ile mümkün olabilmektedir. Bu, aksesuar profillerinin ekstrüzyonunda kullanılmak üzere yaklaşık 150 kg/h’lik üretim kapasitesine sahip küçük bir hat ve ana profillerin ekstrüzyonunda kullanılmak üzere yaklaşık 250 kg/h’lik üretim

kapasitesine sahip bir büyük hat ile sağlanabilmektedir. Bu da toplamda 400 kg/h.'lik bir kapasiteye tekabül etmektedir. Elde edilen bu değer teknik anlamda profil ekstrüzyonu yapabilmek için gerekli minimum kapasitedir. Genelde ekstrüzyon tesislerinin yatırımı iki hatta göre planlanır, başlar ve daha sonraları ihtiyaç halinde kapasite arttırımına gidilir. Ekstrüzyon imalatı teknik olarak kapasite arttırımına çok uygun bir imalat yöntemidir. İmalata geçtikten yaklaşık bir yıl sonra yapılan kapasite arttırımı çok rastlanan bir uygulamadır. Bu nedenledir ki aslında arka planda görülen kompresör, hidrofor ve soğutucu gibi makina parkı, kapasitenin yükseltme ihtimali göz önünde bulundurularak projelendirilmelidir.

Fabrikanın kurulacağı kapalı alanda önemli bir konu olmaktadır. Normalde fabrikanın kurulacağı kapalı alan ekstrüzyon hattı sayısına oranlandığında elde edilen sonuç 1/350 olmaktadır. Yani 10 hattlık bir ekstrüzyon tesisi için kabaca 3500 m² kapalı alana ihtiyaç vardır. Bunu detaylandırarak olursak:

- Ekstrüzyon hatları için ~ 1500 m²
- Mikser dairesi için ~ 150 m²
- Makine dairesi için ~ 100 m²
- Hammadde stoklamak için ~ 200 m²
- Mamül stoklamak için ~ 700 m²
- Atölye kısmı için ~ 500 m²
- İdare binası için ~ 200 m²
- Laboratuar vs. için ~ 150 m²

Bir çekirdek yatırımda soğutma suyu ihtiyacı, küçük makine için 10-15 ton/h, büyük makine için 20-25 ton/h, toplamda 30-40 ton/h. olabilmektedir. Bu değerleri dikkate alıp ileride yapılabilecek kapasite arttırmalarını da göz önünde bulundurularak hidrofor ve soğutucunun seçimi yapılmalıdır.

İlerideki olabilecek ihtiyaçlar da dikkate alınarak seçilecek kondenzizasyon özelliğine sahip 1000 kva'lık bir trafo hertürlü elektrik ihtiyacına cevap verebilir.

Rahat kullanımı sağlamak ve kötü görüntünün önüne geçmek amacıyla besleme ve dönüş su borularını, elektrik kablolarını ve hava tesisatını rahatça içine alan bir yeraltı kanal sistemi kullanmak son derece ergonomik bir yerleşim sağlamaktadır.



3.3. Makine ve Techizatın Seçimi

3.3.1. Ekstrüzyon Hatları

Yukarıda da değinildiği gibi çekirdek yatırımda biri ana profillerin diğeri de yardımcı profillerin ekstrüzyonunda kullanılmak üzere iki hatta yer verilmektedir. Genelde de bu hatlardan biri büyük, diğeri de küçük seçilirler. Tez çalışmalarımı yürüttüğüm Kayseri STARPEN firması ekstrüzyon makinelerini Avusturya Technoplast firmasından temin etmiştir. Buna göre büyük hat olarak 6537 E, küçük hat olarakta 5316 E modeli seçilmiştir.

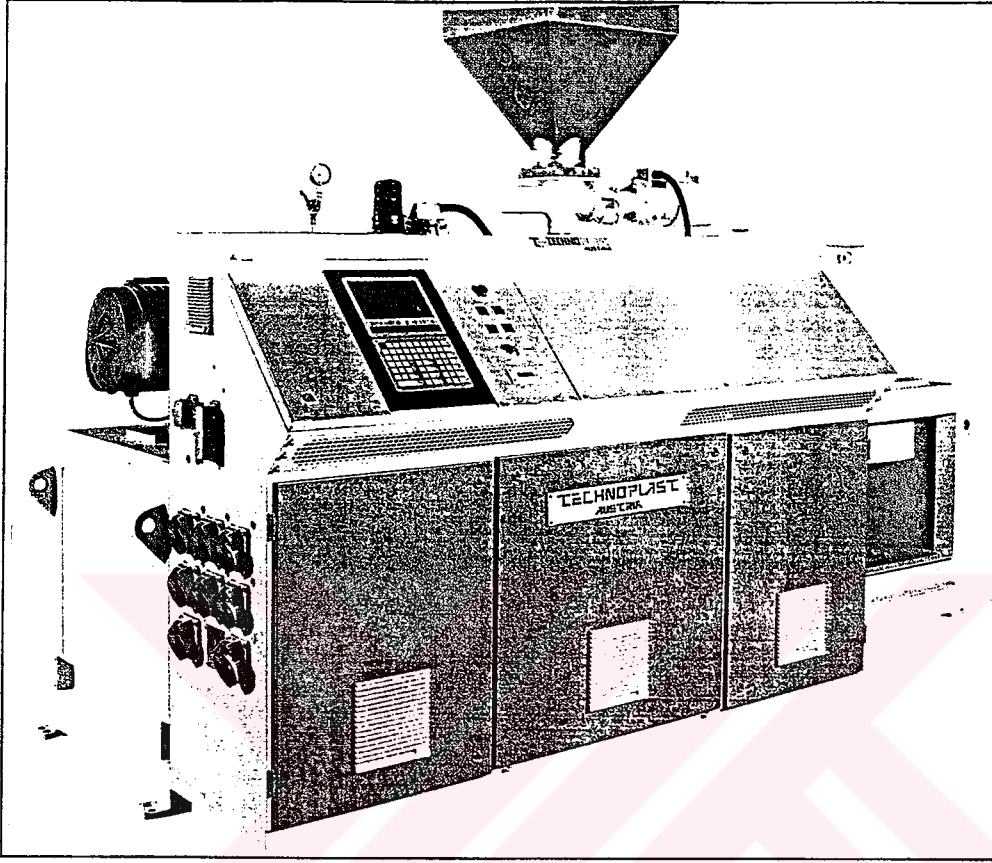
Çizelge 3.1. Ekstrüzyon hattı elemanları

<i>Eleman</i>	6537 E	5316 E
Ekstrüder	TDE 6000	TDE 5000
Kalibre Masası	TKT 5300	TKT 3200
Çekici	TRZ 3000	TRZ 1000
Devirme Masası	TST 7000	TST 6000

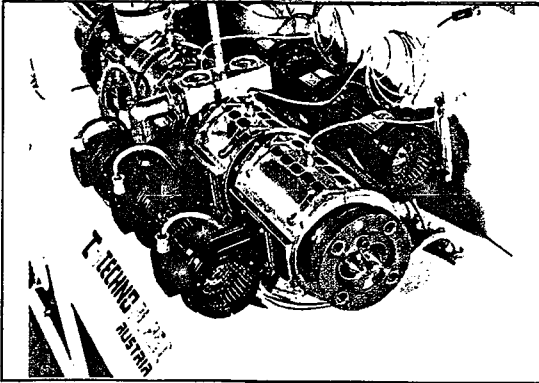
Ekstrüder: Ekstrüderler konik, üç kademeli, helisel dişli, ikiz vidaya sahip olup, ful bilgisayar kontrollü (PLC), toz veya granül haldeki PVC'yi plastize edip ekstrüzyon işlemini gerçekleştiren makinelerdir. TDE 6000'in ortalama vida çapı 136 mm. olup yaklaşık kapasitesi 250 kg/h, TDE 5000'in ortalama vida çapı 80 mm. ve yaklaşık kapasitesi 150 kg/h.'tır. Ekstrüderler kendilerine akuple halde olan bir otomatik besleme ünitesi ile hammadde silolarından yada arabalarından aldıkları toz yada granül haldeki PVC'yi vidalar boyunca verilen ısı ile eritip plastize etmektedirler. Otomatik besleme ünitesinin çektiği hammadde, dozaj ünitesi ile ekstrüzyon hızına orantılı şekilde bir boğazdan direkt olarak vidaların arasına sevk edilmektedir.

Hammadde vidaların arasında ilerlerken basıncın ve ısıtma rezistanslarının (Şekil 3.4), etkisiyle plastize olur. (Malzemenin bu kıvamını ekmek hamuru kıvamına benzetebiliriz.) Yeterli derecede plastize olan hamur profil formunun verildiği matris kısmından geçerken istenilen şeklini alır (Şekil 3.5). Malzenin ısısı bu noktada ekstrüde

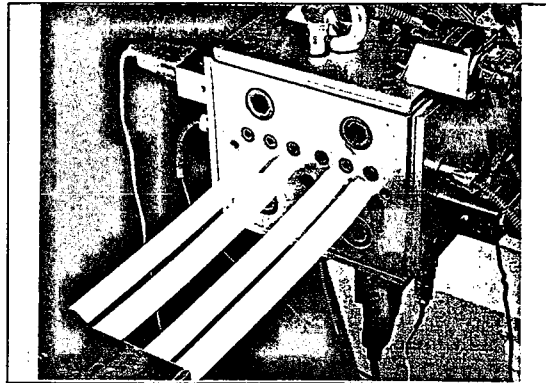
edilen profil şekline ve metre ağırlığına göre 185 - 205⁰C arasında basıncı ise ekstrüzyon hızına göre 180 - 300 bar arasında değişebilmektedir.



Şekil 3.3. Ekstrüder



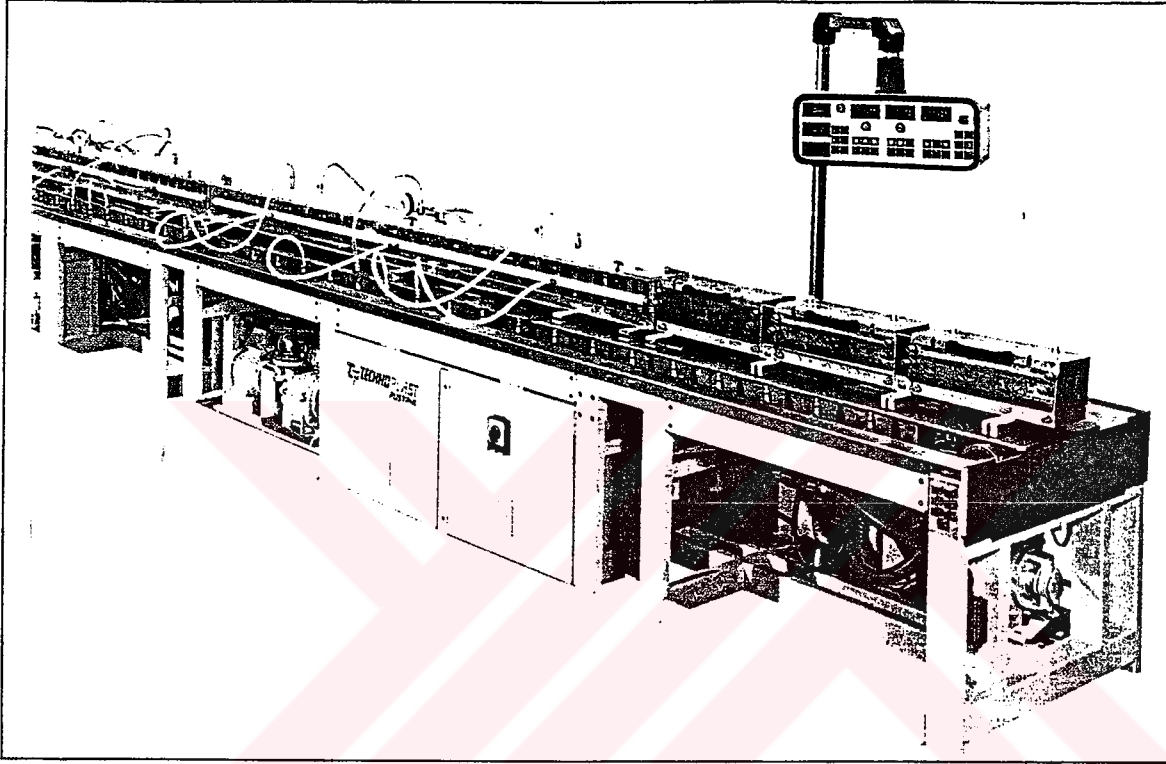
Şekil 3.4. Isıtma rezistansları



Şekil 3.5. Ekstrüzyon anı

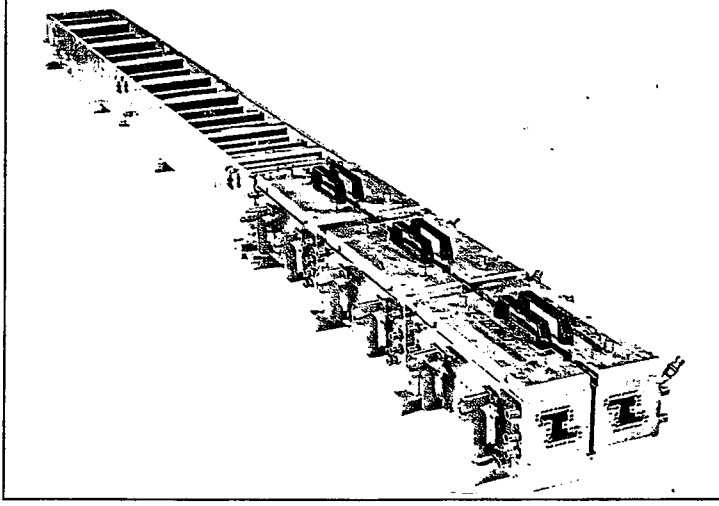
Kalibrasyon Masası: Kalibre masası ekstrüderden hemen sonra yer alan ve amacı matristen çıkan sıcak profilin soğutulması olan kısımdır (Şekil 3.6). Kalibre masasının üzerine genelde ana profiller için üç, yardımcı profiller için ise iki kalibrasyon kalıbı

yerleştirilmektedir (Şekil 3.7). Bu kalıpların amacı profillere dar toleranslar içinde son ölçülerini vermektir. 13 - 15⁰C su ile yapılması gereken soğutmanın yanısıra vakum pompaları yardımı ile de profillerin yüzeyleri kalıpların yüzeylerine yapıştırılarak, profilin sürtünme ile parlamasının ve soğuma esnasında profilin ölçülerinde bir değişiklik olmasının önüne geçilmiş olur.

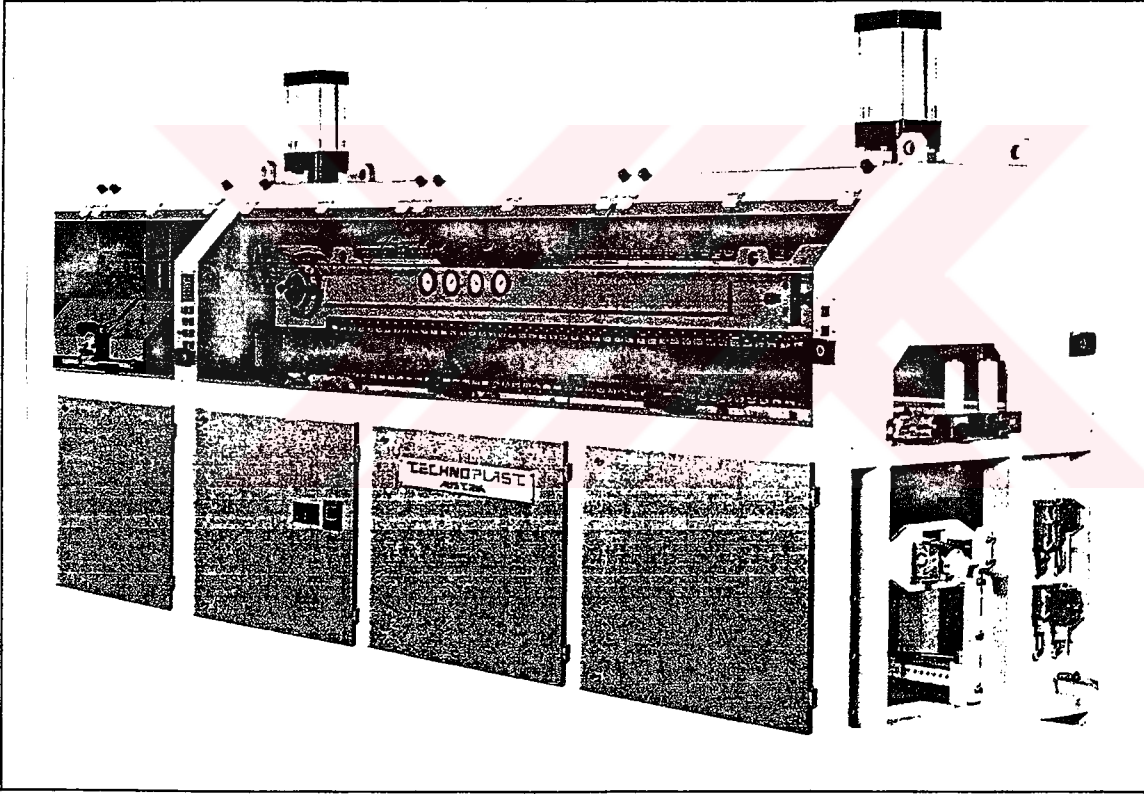


Şekil 3.6. Kalibrasyon masası

Çekici: Çekicinin amacı kauçuk paletleri yardımı ile dış yüzeyi yeterince soğumuş olan profilleri kavrayarak çekip istenilen boyutlarda kesmektir. Standart kesilen boy ise 6.000 mm.'dir. Genelde üzerinde üretici firmaların markalarının yazılı olduğu yapışkan bantlarda profillerin yüzeyine bu kısımda kaplanmaktadır.



Şekil 3.7. Kalibre kalıpları



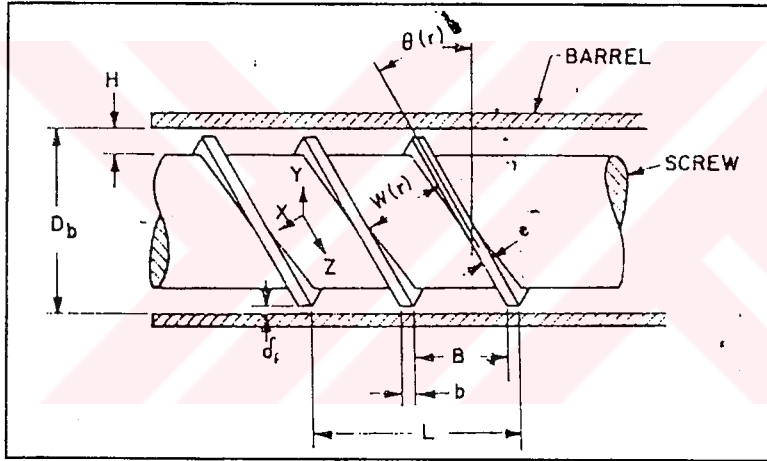
Şekil 3.8. Çekici

Devirme Masası: Devirme masasının görevi çekicide boy halinde kesilen profilleri, havayla çalışan pistonlu bir itme sistemi ile biriktirme kımına sevk etmektir. Burada biriken profiller daha sonra paketlenirler.

3.3.1.1. Ekstrüderlerin Temel Karakteristikleri

Geçmişte yoğun olarak kullanılan, günümüzde ise yerini yavaş yavaş çift vidalı ekstrüderlere bırakmaya başlayan tek vidalı ekstrüderlerin vida geometrilerinin incelenmesi, çift vidalı ekstrüderlerin karakteristiklerinin anlaşılması bakımından çok önemlidir. Basitçe, dönen bir vida ve kovan şeklindeki gövdeden oluşan sistemde; vida shaftından gelen mekanik enerji ve dışardan ısıtılan gövdeden gelen termik enerji kullanılmaktadır.

İşlemin detaylarına girmeden önce çalışma prensibinin anlaşılması faydalı olacaktır. Ekstrüde edilen polimer, katı veya katı ve ergiyik karışık yada tamamı ile ergiyik formda bulanabilmektedir. Bu malzeme her halikarda kovanın bir tarafından girmekte ve vida (yada vidalar) tarafından diğer uca sevk edilmektedir.



Şekil 3.9. Bir ekstrüder vidasının geometrisi

Şekil 3.9’de tek vidalı bir ekstrüdere ait vidanın geometrisi görülmektedir. Burada;

D_b : Kovan iç çapı,

H : Vida diş dibi ile kovan arası uzaklık,

δ_f : Vida diş üstü ile kovan arası uzaklık,

L : Vidanın bir tam tur dönmesi sırasında alınan yol,

B : İki vida diş üstü arasındaki uzaklık,

$W(r)$: Diş dibindeki kanal derinliği,

$b(r)$: Yatay eksen üzerindeki diş kalınlığı,

e : Diş eksenindeki diş kalınlığı,

θ_r : Helis açısı olmaktadır,

p : Ağız sayısı.

Bu geometrik karakteristikler üç grupta incenebilmektedir:

- 1- Sabit olanlar
- 2- Eksenel yönde değişenler
- 3- Radyal yönde değişenler.

Birinci gruba L, B, e, δ_f, D_b sabitlerini koyabiliriz. Ama şunu unutmamalıyız ki bu sabitlerdeki küçük toleranslar, daha sonra hesaplamalarda ciddi farklılıklara sebep olabilmektedir. δ_f, D_b değerlerinde zaman içerisinde aşınma ile farklılıklar gözlenebilmekte ve ikinci gruba dahil olabilmektedirler.

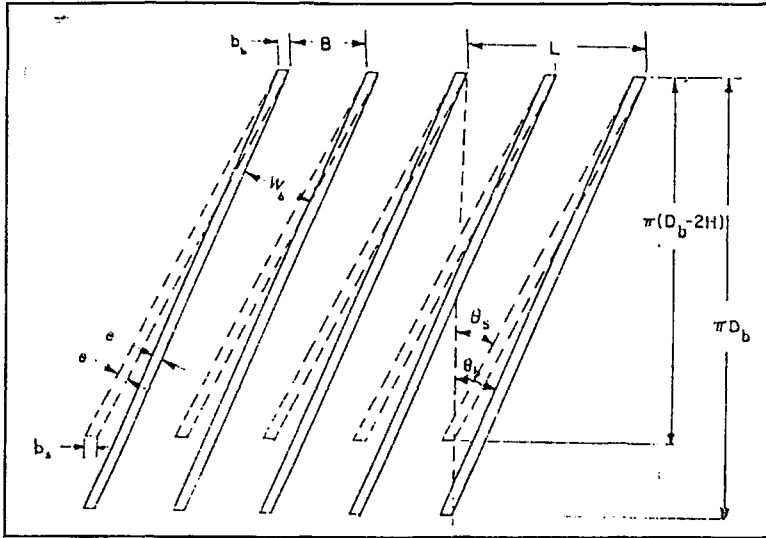
İkinci gruba ise H ve bazı durumlarda L ve B dahil olmaktadır. Aşınma genelde kovan boyunca sabit kabul edilmekte fakat bazı hallerde değişiklik gösterebilmektedir. Bu takdirde;

$$H_2 = H_1 + A \cdot \Delta l \text{ olmaktadır.} \quad (3.1)$$

Burada H_1 ve H_2 'yi Δl boyunca oluşan derinlik değerleri olarak kabul edersek A 'da aşınmanın eğimi olmaktadır ki bu da genellikle vidanın girişi ve çıkışı arasında, kovanda meydana gelen aşınmanın eğimidir.

Üçüncü gruba ise $W_{(r)}, \theta_r, B$ ve $b_{(r)}$ gibi radyal yöndeki değişkenler dahil olmaktadır.

Şimdi bir ekstrüder vidasının dişlerini mürekkep ile boyadığımızı ve bir parça kağıt üzerinde tam bir tur dönecek şekilde çevirdiğimizi varsayalım, ozaman kağıt üzerine Şekil 3.10'da görüldüğü gibi izler çıkacaktır.



Şekil 3.10. Boyalı bir vidanın kağıt üzerinde dönderilmesiyle elde edilen grafik

Bu şekilde kovan yüzeyindeki helis açısı θ_b şöyle ifade edilebilir.

$$\tan \theta_b = \frac{L}{\pi \cdot D_b} \quad (3.2)$$

Kovan yüzeyinde dişler arasındaki kanal genişliği ise,

$$W_b = B_b \cdot \cos \theta_b = \left(\frac{L}{p} - b_b \right) \cdot \cos \theta_b = \frac{L}{p} \cdot \cos \theta_b - e \quad (3.3)$$

$$e = b_b \cdot \cos \theta_b$$

Eğer vidayı yukarıdaki deneyde olduğu gibi vidanın içerisinde bulunduğu kovanın çeperlerinde bir tam tur çevirirsek, bu bir tam tur dönüşün iz uzunluğu $\pi(D_b - 2H)$ olacaktır ve θ_b 'den daha büyük olması gereken bir θ_s helis açısı elde edilecektir.

$$\tan \theta_s = \frac{L}{\pi \cdot (D_b - 2H)} = \frac{L}{\pi \cdot D_s} \quad (3.4)$$

Buna göre vidanın dişleri arasındaki kanal derinliği de aşağıdaki gibi değişecektir.

$$W_s = B_s \cos \theta_s = \left(\frac{L}{p} - b_s \right) \cdot \cos \theta_s = \frac{L}{p} \cdot \cos \theta_s - e \quad (3.5)$$

$$e = b_s \cdot \cos \theta_s$$

Yukarıda belirtilen helis açısı ve kanal derinliğinin sayısal değerleri, vidanın içerisinde bulunduğu kovan boyunca, ortaya çıkan bu iki değer arasında kalacaktır. Bu değişiklikler kesinlikle dikkate alınmalıdır ve asla ihmal edilmemelidir.

Bir örnek verecek olursak, 2,5 in.'lik tek ağızlı ve $L=D_b$ olan basınçlı tip bir vidada;

$$H = 0,25 \text{ in.}$$

$$e = 0,25 \text{ in.} \text{ olmaktadır.}$$

Denklem 3.2 ve 3.5'ten de,

$$\theta_b = 17,6^\circ, \theta_s = 21,6^\circ$$

$W_b = 2,13 \text{ in.}$, $W_s = 2,07 \text{ in.}$ elde edilmektedir ve görüldüğü gibi kayda değer sayısal farklılıklar vardır.

Yukarıdaki denklemleri genelleştirecek olursak:

$$\theta_{(r)} = \tan^{-1} \left(\frac{L}{\pi \cdot D} \right) \quad (3.6)$$

$$\theta_{(r)} = \tan^{-1} \left(\frac{D_b}{D} \cdot \tan \theta_b \right) \quad (3.7)$$

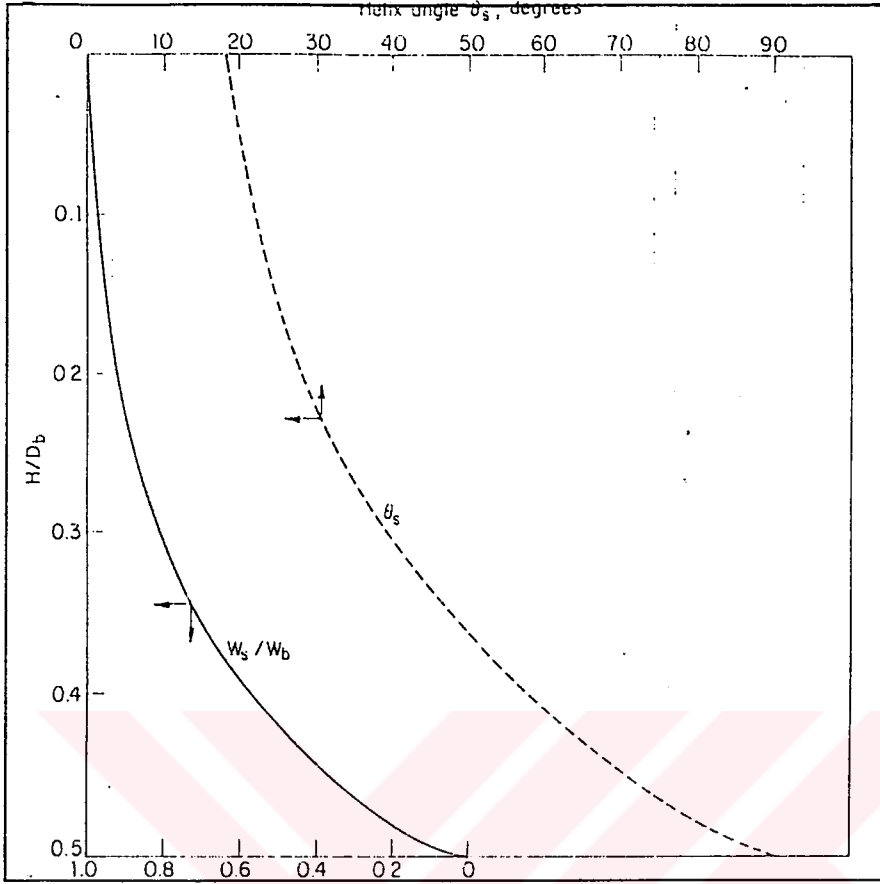
$$W_{(r)} = B \cdot \cos \theta_{(r)} = \left[\frac{L}{p} - b_{(r)} \right] \cdot \cos \theta_{(r)} = \frac{L}{p} \cdot \cos \theta_{(r)} - e \quad (3.8)$$

$$W_{(r)} = \frac{\cos \theta_{(r)} - e \cdot p/L}{\cos \theta_b - e \cdot p/L} W_b \quad (3.9)$$

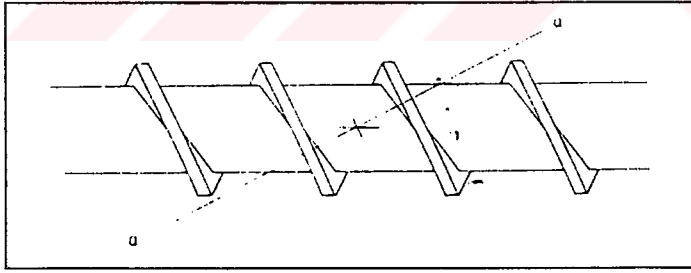
$$z_{(r)} = \frac{1}{\sin \theta_{(r)}} \text{ , denklemleri elde edilir.} \quad (3.10)$$

(Şekil 3.11), $L = D_b$ ve $\delta_f = 0$ olan bir vida için $\theta_{(r)}$ ve $W_{(r)}$ değerlerinin, radyal pozisyona göre bir fonksiyonunu göstermektedir.

Kovan yüzeylerinde, vida dişlerinin dik olarak kesitinin alınmasıyla elde edildiği farzedilen kesit Şekil 3.12'de gösterilmektedir ve Şekil 3.11'dekinden farklı prensibe dayanır.



Şekil 3.11. $L = D_b$ olan bir vida için $\theta_{(r)}$ ve $W_{(r)}$ değerlerinin H 'a göre fonksiyonu

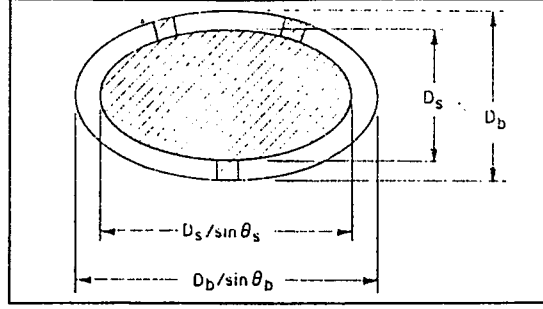


Şekil 3.12. Vidanın a-a kesiti

Burada dişler arasındaki kanalın genişliği, her radyal noktada dişlere dik değildir. ve aşağıdaki gibi kanal derinliğinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilmektedir.

$$W_{(r)}^* = \frac{\frac{L}{p} - b_b}{\cos \theta_b + \frac{D_b}{D} \sin \theta_b \tan \theta_b} = \frac{W_b}{\cos^2 \theta_b + \sin^2 \theta_b \left(\frac{D_b}{D_b - 2.H} \right)} \quad (3.11)$$

Eğer Şekil 3.12’de gösterildiği gibi bir yerden kovarı ve vidayı kestiğimizi farzederek Şekil 3.13’teki görünüm elde edilecektir.



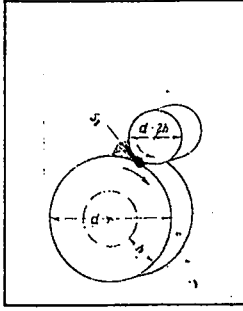
Şekil 3.13. Yukarıdaki şeklin a-a kesiti görüntüsü

Görüldüğü gibi vidanın dişleri üç noktadan bu kesitle kesişecektir. $D = 2,5$ in. ve $H/D = 0,15$ olan bir vida için bu kesişme noktalarının büyütülmüş hali Şekil 3.14’deki gibi olacaktır.

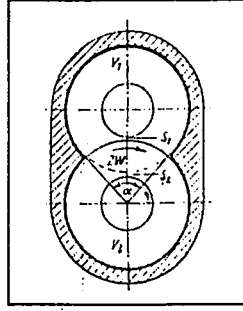


Şekil 3.14. Yukarıdaki şekildeki kesişme noktalarının büyütülmüş hali

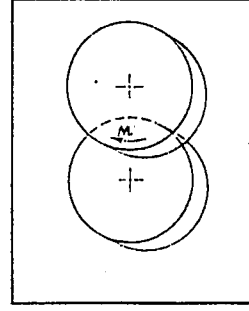
Çok vidalı bir ekstrüzyon işleminin teorisi, aralarında bazı benzerlikler olmasına rağmen, tek vidalı ekstrüzyon prosesine oranla çok daha zordur. Çok vidalı ekstrüderlerde pompalama işlemi (malzemenin ileriye sevk) aslında işlem parametrelerinden bağımsız sayılabilir. Analitik çözümlerde karşılaşılan en büyük sorun vidaların dişleri arasında olduğu varsayılan birçok sayıda ayrı kapalı odacık ve bunların içerisinde oluşan proseslerdir. Buralarda akış mekanizmasının, karışmanın ve güç transferinin bir arada modellenmesi imkansızdır (Tadmor).



Şekil 3.15



Şekil 3.16



Şekil 3.17

Şekil 3.15'de birbirinden ayrı üç çalışma bölgesi gösterilmektedir. Bunlar; C şekline benzer iki vida dişinin kesişmelerinin dışındaki bölgeler V_1 ve V_2 ($V_1=V_2=V$), Şekil 3.16'da gösterilen 1. vida dişibi ile 2. vida dişüstü arasındaki S_1 ve S_2 bölgeleri, iki vidanın dişleri yüzeyi arasında oluşan kama şeklindeki bölgelerdir (Şekil 3.17).(Schenkel).

V_1 ve V_2 hacimleri, ve vida hızı n , ekstrüderin aktarım (sevk) kapasitesini ve dış karışım etkisini belirlemeye yararlar.

S_1 ve S_2 bölgeleri ile W , vida hızı n ve viskozite η 'de iç karışım etkisini belirlemede kullanılırlar.

n hızındaki ve m sayıdaki vidanın aktarma kapasitesi aşağıdaki denklemden hesaplanabilmektedir.

$$Q_* = m.n.V \quad (3.12)$$

V hacmi ise aşağıdaki denklemlerden çıkarılmaktadır.

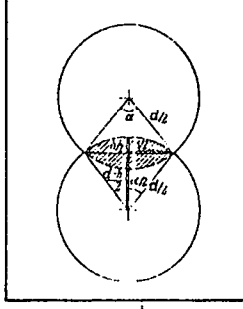
$$V = (\pi.d.\tan\varphi - e) \{ \pi(d-h)h - A_w \} \quad (3.13)$$

$$A_w = d^2 \cdot \frac{\alpha}{4} - \frac{1}{2}(d-h)\sqrt{(2dh-h^2)} \quad (3.14)$$

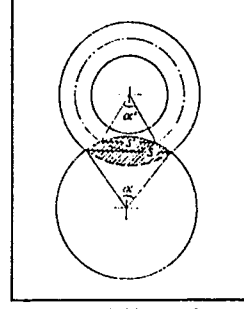
$$\cos\alpha = 1 - \frac{4h}{d} + \frac{2h^2}{d^2} \quad (3.15)$$

$$A_w = \frac{\alpha}{2}(d-h).h \quad (3.16)$$

$$\cos \alpha' = 1 - \frac{2h}{d-h} + \frac{h^2}{2(d-h)^2} \quad (3.17)$$



Şekil 3.18



Şekil 3.19

d = vida çapı

h = kanal derinliği

φ = helis açısı

e = aksenal yöndeki böğür genişliği

A_w = W bölgesinin yüzey alanı

α = bkz. Şekil 3.18.

Yukarıdaki denkelemleri birleştirecek olursak iki vidalı bir ekstrüder için kapasite denklemi aşağıdaki gibi olur,

$$Q_* = n(2\pi - \alpha')(\pi \cdot d \tan \varphi - e)(d - h)h \quad (3.18)$$

Gerçek kapasite ise her zaman için oluşacak karışımdan ve V_1 ve V_2 'nin birbirlerine tam olarak eşit olmamalarından dolayı yukarıdaki eşitliğin sonucundan düşüktür. Q_* 'dan düşülmesi gereken sızıntı akışlar Q_L 'nin miktarı % 5-10 arasında değişmektedir.

Çok vidalı ekstrüderlerde işlem esnasında absorbe edilen güç, tek vidalı ekstrüderlere göre farklı oranlarda ısıya ve enerjiye dönüştürülür. Dönüşen ısının büyük bölümü ölçülebilecek oranda malzemenin sıcaklığını yükseltmekte, az bir bölümü ise ergiyik durumunun devamı için harcanmaktadır. Potansiyel enerji ise yine sonradan sürtünme ile ısıya dönüşmekte yada başka kayıplara gitmektedir.

Enerji denkleminde ekstrüzyon gücü Q_P 'nin oranı tek vidalı ekstrüderlerdekine oranla iki vidalı ekstrüderlerde daha büyüktür.

Çok vidalı ekstrüderlerde enerji transferi, vidaların dişleri yüzeyleri arasındaki mesafanın düşürülmesi, kanal derinliğinin azaltılması ve vida hızının artırılmasıyla yükselir. Sıcaklık ile viskozite ters orantılıdır ve ısının artmasıyla viskozite değeri düşmektedir.

Ekstrüzyon işlemi için güç denklemi

$$P = F.V \{cmgs^{-1}\} \quad (3.19)$$

Newton viskozitesi ise

$$\eta = \frac{F/A}{V/a} \{gscm^{-2}\} \quad (3.20)$$

F = Kesme (makaslama) kuvveti { gr. }

A = Kesme (makaslama) alanı { cm^2 }

V = Yüzeylerin relatif hızları { cm/sn }

a = Yüzeyler arası mesafe { cm }

Bu noktadan eğer viskoziteyi denklem (3.20)'ye göre hesaplırsak şu sonucu elde ederiz,

$$F = \frac{\eta.VA}{a} \quad (3.21)$$

Bu değeri de denklem (3.19)'da yerine koyarsak,

$$P = \frac{\eta.V^2A}{a} \quad (3.22)$$

Daha komplike modeller için ise integrasyon yöntemi kullanılmaktadır,

$$P = \int dP = \int \eta \cdot \frac{V^2}{a} dA \quad (3.23)$$

İççe geçmiş şekilde dönen ikiz vida için, paralel yada ters yönde dönen vidaların birbirinden ayrılması gerekmektedir. Sabit bir viskozite η ve çalışan bölgeler arası sabit mesafe α olarak kabul edilirse denklem (3.23) şu hali almaktadır.

$$P = \frac{\bar{\eta}}{a} \int V^2 dA \quad (3.24)$$

Eğer ω 'yı Şekil 3.20 için açısal hız vektörü olarak kabul edersek,

$$v = v_1 \pm v_2 = \{\omega.r_1\} \pm \{\omega.r_2\} = \{\omega.r_1\} \pm \{\omega.(r_1 - r_0)\} \quad (3.25)$$

$$v_{par} = \{\omega.r_0\} = v_0 \quad (3.26)$$

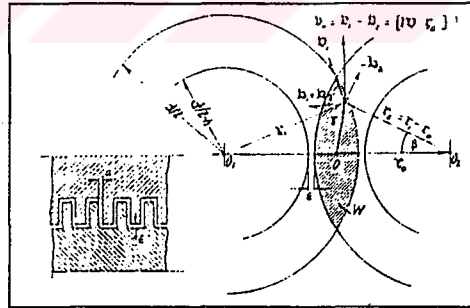
$$v_{con} = 2\{\omega.r_1\} - \{\omega.r_0\} = 2\{\omega.r_2\} + \{\omega.r_0\} \quad (3.27)$$

$$u_2 = u - 1/2u_0 \quad (3.28)$$

$$v_{con} = 2\{\omega.r\} \quad (3.29)$$

$$\omega.r_0 = v_{par} \quad (3.30)$$

Paralel çalışan vidaların kama bölgesindeki makaslama işlemi, iki vidanın merkezlerini birleştiren doğrultuya dik açıyla, durgun ve hareketli paralel düzlemler arasında gerçekleşmektedir.



Şekil 3.20. Makaslama kuvvetlerini gösteren vektör diyagramı

Birbirlerine zıt yönde dönen ikiz vidaya sahip ekstrüderlerde, makaslama kuvvetleri kama bölgesinin değişik bölgelerine etkimekle birlikte, büyüklük ve yön olarak farklılık gösterirler. Merkezi O ve açısal ivmesi 2ω olan bir dönel alanın vektörel toplamı $2\{\omega.r\}$ olmaktadır. Burada aynı simetrideki ve hızdaki zıt yönlü dönen vidaların kama bölgelerindeki makaslama işleminin, durgun ve O merkezine a uzaklığında $2n$ hızıyla

dönen paralel düzlemler arasındaki işlemle benzer olduğu anlamına gelmektedir. Akış çizgileride bu nedenle O merkezi etrafındaki aynı merkezli daireler şeklinde oluşmaktadır.

Paralel çalışan vidaların kama bölgelerindeki makaslama oranları, oransal olarak sabit olmakla birlikte aynı zamanda zıt yönlü dönen vidalara sahip sistemlerdekine oranla çok daha şiddetlidir.

$$[[\omega.r_0]] = \omega.r_0 \cdot 2\omega.r = 2[\omega.r] \quad (3.31)$$

$$\frac{2r_{\max}}{r_0} \approx \frac{\sqrt{(2dh - h^2)}}{d - h} < 1 \quad (3.32)$$

$$h \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) d \approx h(0,29d) \quad (3.33)$$

Her vidanın hızının birbirinden farklı olduğu ikiz vidalı ekstrüderler yada birbirinden farklı konstrüksiyonlardaki vidalara sahip ekstrüderler için akış davranışları çok daha komplikedir. Zıt yönlü dönen vidalarda akış çizgileri dairesel yerine eliptik şekil almaktadır. Paralel çalışan vidalar için, kama bölgesindeki güç ihtiyacı denklem (3.24)'ten hesaplanabilmektedir. Eğer toplam kama bölgelerinin sayısını z olarak kabul edersek çalışma alanındaki toplam diş sayısı,

$$P_{\omega par} = z \frac{\eta}{a} \omega^2 r_0^2 \int dA = z \frac{\eta}{a} \omega^2 r_0^2 A_{\omega} \text{ olur.} \quad (3.34)$$

$$\text{Burada: } \begin{aligned} \omega &= 2 \cdot \pi \cdot n \\ r_0 &= d - h + e \end{aligned} \quad (3.35)$$

$$A_{\omega} = \frac{\alpha'}{2} (d - h) h \quad (3.36)$$

$$P_{\omega par} = z \frac{\bar{\eta}}{a} (2 \cdot \pi \cdot n)^2 (d - h + e)^2 \frac{\alpha'}{2} (d - h) h \quad (3.37)$$

α' açısı radyan cinsinden denklem (3.17)'den çıkarılabilmektedir. Eğer $e < d+h$ olarak kabul edilirse Denklem (3.37) aşağıdaki şekilde basite indirgenebilir.

$$P_{\omega par} = z \frac{\bar{\eta}}{a} \frac{\alpha'}{2} (2 \cdot \pi n)^2 (d - h)^3 h \quad (3.38)$$

P_{wpar} : Aynı yönde dönen ikiz vidaya sahip sistem için ekstrüzyon gücü.

Hesaplamaların daha iyi anlaşılabilmesi için sayısal bir örnek verebiliriz. Paralel dönen ikiz vidaya sahip bir ekstrüderin kama bölgesindeki güç ihtiyacı aşağıdaki verilerle hesaplanabilmektedir.

- diş sayısı $z = 10$
- vida çapı $d = 3,5$ in.
- kanal derinliği $h = 0,8$ in.
- vida devri $n = 0,5$ d/s = 30 d/d
- $a = 0,04$ in., 0,08 in., 0,12 in., 0,16 in., 0,20 in.
- PVC malzeme için $\bar{\eta} = 2,4$ lbsecin⁻²
- P_{wpar} : Paralel dönen vidalar için güç ifadesi

İlk önce denklem (3.17)'de d ve h değerlerini yerine koyarak α' açısını bulalım.

$$\cos \alpha' = 0,451 \quad \alpha' = 63^0 = 1,1 \text{ radyan}$$

$$P_{wpar} = \frac{2,052}{a} [inlb \text{ sec}^{-1}] = \frac{0,311}{a} [hp]$$

Yukarıda verilen a böğür mesafelerine göre güç değerleri de aşağıdaki gibi olmaktadır

Çizelge 3.2. a - $P_{\omega par}$ değerleri

a (in.)	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
$P_{\omega par}$ (hp.)	7,8	3,9	2,6	1,95	1,56

Şunu belirtmek gerekir ki bu değerler, içerisi plastize olmuş PVC malzeme dolu ω bölgeleri için geçerlidir. Hesaplanan değerler ampirik değerlerle de uyuşmaktadır. Örneğin Colombo firmasının dizayn ettiği, paralel dönen ikiz vidaya sahip RC 100 modeli için ($d = 95$ mm., $l = 9d$, $n = 27$ d/d.) 5,5 hp'lik bir motor seçilmiştir.

Zıt yönlü dönen vidalara sahip ekstruderler için güç hesaplamaları, değişken lokal makaslama oranları yüzünden biraz daha komplike olmaktadır. Şekil 3.20'den aşağıdaki bağıntılar çıkarılabilir.

$$\begin{aligned} r^2 &= r_0^2 + r_2^2 - r_0 r_2 \cos \beta \\ dA &= r_2 \cdot dr_2 \cdot d\beta \end{aligned} \quad (3.39)$$

$$P_{acon} = z \frac{\bar{\eta}}{a} (4 \cdot \pi \cdot n)^2 \int r^2 dA \quad (3.40)$$

$$P_{acon} = z \frac{\bar{\eta}}{a} (2 \cdot \pi \cdot n)^2 \iint (r_0^2 + 4r_2^2 - 4r_0 r_2 \cos \beta) r_2 dr_2 d\beta \quad (3.41)$$

$$\begin{aligned} \beta_{\max} &= + \arccos \frac{r_0}{d} \\ \beta_{\min} &= - \arccos \frac{r_0}{d} \end{aligned} \quad (3.42)$$

β için integrasyon aralığı

$$\begin{aligned} r_2(\max) &= \frac{d}{2} \\ r_2(\min) &= r_0 \cos \beta - \sqrt{\left(\frac{d^2}{2} - r_0^2 \sin^2 \beta\right)} \end{aligned} \quad \text{olduğu takdirde (3.43)}$$

r_2 için limitler

$$P_{acon} = z \frac{\bar{\eta}}{a} (2 \cdot \pi \cdot n)^2 \int_{-\arccos \frac{r_0}{d}}^{+\arccos \frac{r_0}{d}} \left\{ r_0^2 \frac{r_2^2}{2} + r_2^4 - \frac{4}{3} r_0 r_2^3 \cos \beta \right\}_{r_2(\min)}^{r_2(\max)} d\beta \quad (3.44)$$

elde edilir. Burada

$$r_0 = d - h + e \text{ dir.} \quad (3.45)$$

Değişik dış profiline ve hızlara sahip vidalar için denklem (3.24)'ün integrasyonu ile elde edilen sonuç Şekil 3.21 ve 3.23'teki vektör alanları diagramlarına taşınabilmektedir. İyice basitleştirecek olursak zıt yönlü dönen ikiz vidaları, ikili hadde tertibatına benzetebiliriz. Burada,

- hadde boyu = vida uzunluğu = l
- hadde çapı = vida dış çapı = $d - h$, olarak kabul edilebilir.

Buradan yola çıkarak haddelerin yüzeylerindeki kuvvetler,

$$F = \eta \cdot V(d-h) \left(\frac{1}{e} - \frac{1}{\omega} \right) l \quad (3.46)$$

$$V = \pi(d-h)n \quad (3.47)$$

$$F = \eta \cdot \pi(d-h)^2 n \left(\frac{1}{e} - \frac{1}{\omega} \right) l \quad \text{olmaktadır.} \quad (3.48)$$

F 'i denklem (3.19)'da yerine yazacak olursak

$$P_{scon} = \eta \cdot \pi^2 n^2 (d-h)^3 \left(\frac{1}{e} - \frac{1}{\omega} \right) l \quad \text{elde edilir.} \quad (3.49)$$

P_{scon} :Zıt yönde dönen ikiz vidaya sahip sistem için ekstrüzyon gücü.

$\omega > e \Rightarrow \frac{1}{\omega} < \frac{1}{e}$ olmaktadır ve $\frac{1}{\omega}$ değeri çok küçük olacağından dolayı hesaba

katılmamaktadır. Sayısal bir örnek verecek olursak:

$$l = 10.d = 3,5 \text{ in.}$$

$$e = 0,04 \text{ in., } 0,08 \text{ in., } 0,12 \text{ in., } 0,16 \text{ in., } 0,20 \text{ in.}$$

$$\bar{\eta} = 2,4 \text{ lbsec/in}^2 \text{ (PVC için)}$$

$$P_{scon} = \frac{\bar{\eta}}{e} n^2 (0,5)^2 \cdot (2,7)^2 \cdot 35 = 1,700 \frac{\bar{\eta}}{e}$$

$$P_{scon} = 0,258 \frac{\bar{\eta}}{e} \text{ \{hp\} olarak bulunabilir. } e \text{ değerleri için ise aşağıdaki Çizelge elde}$$

edilir.

Çizelge 3.3. $e - P_{scon}$ değerleri

e (in.)	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
P_{scon} (hp)	15,5	7,8	5,2	3,9	3,1

3.3.2. Matrisler

Ekstrüzyon işlemi genel anlamıyla bir malzemenin bir baskı ile itilip, bir şekillendiriciden geçirilerek biçimlendirilmesidir. Burada şekillendirici diye adlandırdığımız aslında matris olmaktadır. Pratikte matrislere kalıp ta denilmektedir. Ekstrüzyon işleminde esas görevi anlaşılacağı üzere matris üstlenmektedir.

Matrisler elde edilmesi istenen mamul şekline göre değişik dizaynlara sahip olabilmektedirler. Yine pratikte matrisler elde edilecek mamulün adı ile birlikte anılırlar.

3.3.2.1. Ekstrüzyon Matrislerinin Dizaynında Genel İlkeler

Matris olarak adlandırdığımız ekstrüzyon kalıpları aşınmaya ve korozyona karşı dayanımını olan, blok halindeki çelikten yada diğer başka uygun metallere imal edilirler. İşlevleri ise vidalardan gelen ergimiş malzemeyi istenilen forma getirmektir. Bazı hallerde bu son işlemdir, bazı hallerde ise matristen sonra diğer bazı şekillendiricilerden de yararlanır. Bunlara örnek olarak levha işleminde kullanılan ve amacı malzemeyi kalıptan çıkıttıktan sonra soğutmak ve son boyutlarına getirmek olan haddeleri verebiliriz.

Matris dizayn etmeden evvel, daha öncede belirttiğimiz gibi işlenecek malzemenin akış karakteristiklerinin tam olarak bilinmesi gerekmektedir. Matrisi dizayn eden kişi akış kanal yada kanallarının ve çıkış ağzının şeklini tam olarak belirlemelidir. Buna karşın bir matris dizayn etmek için gerekli bilgiler oldukça sınırlıdır. Elde olan bilgilerin de büyük kısmı çalışmalar ve deneyler sonucu ortaya çıkmıştır. Bu bilgilerden en önemlileri daha öncede değindiğimiz gibi basınç altında ekstrude edilen plastik malzemenin akış davranışları ve malzemenin kendi karakteristikleridir. İşte bu bilgiler ışığında ana hatları ile bir matrisin dizaynının yapılması mümkün olabilmektedir.

Matrisler genelde çok parçalı olarak imal edilmektedirler. Bir matrise tam doğru boyutlarının verilmesi, bu parçalar boyunca açılan kanal yada kanallardaki basınç seviyelerinin dengelenmesinin sağlanmasıyla elde edilir ki, bu sayede de ergimiş malzeme matrisin her noktasında aynı hızla akar.

Normal şartlar altında malzemenin akışının dengelenmesini sağlamak matris dizaynında ilk adımdır. Konik halka şeklindeki bir haznenin yerleştirilmesi, matrise

malzemenin ilk girişi esnasında oluşabilecek akış dengesizliklerini önlemenin bir yoludur. En etkili çözümlerden biriside matrisin önüne değişik konstrüksiyonlarda olabilen akış düzenleyici bir plakanın konulmasıdır. Böyle bir parçanın koyulması aşamasında, merkezleyici bir takım tertibatlarından (pim vs.) yararlanmak gerekebilir. Bazı büyük matrislerde matris girişindeki kovanın, ekstrüder çıkışındaki menfeze merkezlenmesi oldukça zor olabilmektedir. Bu nedenle matrislerin ağzındaki kovanlar menfeze sıkı geçecek şekilde dudaklı yada faturalı olarak imal edilirler. Gerekli görüldüğü takdirde ayarlama civatalarına da konstrüksiyon içerisinde yer verilebilir. Bunun haricinde matrisin bir bütün halinde ekstrüdere sabitlenmesi de lazımdır.

Kontrol altına alınması gerekli bir başka olayda ekstrüde edilen mamulün et kalınlığının işlem boyunca sabitlenmesi gereğidir. Bunu demekteki maksatımız esasen mamulün duvarları arasındaki paralelliğin sağlanmasıdır. Çünkü et kalınlığının ayarı prensip olarak çekicinin hızının ve vidanın devrinin ayarı ile yapılmaktadır.

Matrisler ne amaçla kullanılırlarsa kullanılınsınlar genelde çelik alaşımlarından imal edilirler. Matrislerin işlenmesinde geçmişten bugüne kadar kullanılan işleme yöntemleri ise tormalama, frezeleme ve taşlama gibi konvansiyonel yöntemler olmuştur. Kullanımına son yıllarda başlanılan elektroerozyon ile işleme (EDM) ise giderek artan bir şekilde yaygınlaşmaktadır. İmal edilecek matrisin konstrüksiyon özelliklerine göre bakır yada karbon elektrod kullanılan EDM ve tel erozyon yöntemleri ile imalat şu anda en çok tercih edilen yöntemlerdir. Örneğin, yaklaşık olarak kırlangıç kuyruğu profiline sahip bir matrisin EDM ile işlenmesi, nümerik kontrollü bir tezgah ile işlenmesinden çok daha kolay olmaktadır.

Bazı ekstrüzyon matrisleri özel, hassas döküm yöntemleri veya elektriksel işleme yöntemleri ile imal edilmektedirler. Fakat bu yöntemler dökümle imalatı mecburi olan bazı alaşımların işlenmesi esnasında yetersiz kalmaktadır. İmalat için bilinen en önemli sınırlayıcı faktör ise işlenmesi hassas detaylardır.

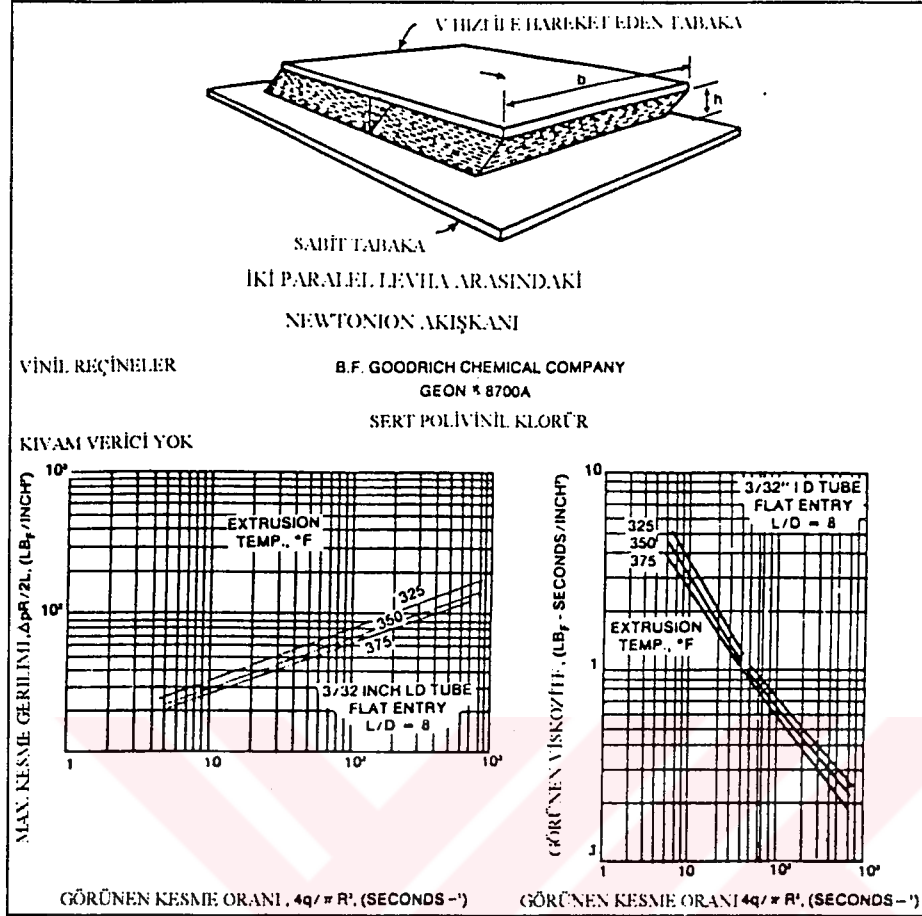
Matrisler ekseriyetle çelik türlerinden imal edilmektedirler. Hafif ve yumuşak çeliklerden 400 serisi yarı paslanmaz çeliklere, 300 serisi olarak adlandırılan yüksek alaşımlı paslanmaz çeliklerden 17-5 PH serisi sertleştirilmiş çeliklere birçok çeşit metal matris yapımında kullanılmaktadır. Kullanımda ihtiyaç duyulduğu takdirde, matrislere

korozyon ve ısı dayanımı kazandırmakta mümkün olmaktadır. Kullanılacak malzemelerin seçiminde dikkate alınması gereken başlıca unsurlar ise; matrisin karşılaması gereken kuvvet, ihtiyaç duyulan korozyon dayanımı ve maruz kalınan işletme sıcaklıkları olmaktadır. Bunun dışında matris imalatı yapan firmalarda kendilerine sektörde yer edinebilmek ve isimlerini ön plana çıkartmak için imalatlarında çok özel alaşımlar kullanabilmektedirler. Örneğin yüksek alaşım çelikler yüksek fiyatlara sahip olmalarına rağmen, uygulamalarda takım çeliklerine oranla daha az dayanım göstermektedirler. Bu gibi nedenlerden dolayı matrisler son yıllarda, hafif alaşım gövde üzerine yüksek alaşım kaplama gibi birkaç katmandan oluşacak şekilde imal edilmektedirler. Önemli olan en iyi dayanıma sahip, istenilen ihtiyaçlara cevap verebilecek matrislerin en uygun fiyatlara imal edilmeleri olmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak aşağıdaki çizelgeyi bir referans olarak verebiliriz.

Çizelge 3.4. Değişik malzemelerden yapılmış matrislerin fiyatları (DuBois)

Malzeme Tanımı	Değişik Metallerden Yapılmış Matris Fiyatları \$	Katlı Malzemedden Yapılmış Matris Fiyatları \$
4150 Çelik, Krom Kaplama	13300	-
316 Hız Çeliği	19000	14200
420 Hız Çeliği	21000	14800
15-5 P.H. Hız Çeliği	33300	16800
17-5 P.H. Hız Çeliği	25650	16400
Hastelloy C.	46600	19200
Duranikel	42300	18300

Ama bazı şartlarda da ekonomikliğin önüne hafiflik gibi daha farklı faktörlerin geçtiği görülebilmektedir. Birkaç tonluk bir matrisin hafifletilmesi onun ucuza maledilmesi avantajının önüne geçebilir.



Şekil 3.21. Akış oranı ve basınç arasındaki analitik ilişkiler

Matris imalatında karşılaşılabilen sorunlardan birtaneside dizayn aşamasında ileride görülebilecek olumsuzlukları ortadan kaldırmak için yapılan çalışmaların, imalata geçme aşamasında teorik olarak kağıt üzerinde kalmasıdır. Yani günümüz koşullarında bile hala imalatı mümkün olmayan dizaynlar görülebilmektedir. Bu nedenle matris dizayn eden kişilerin, imalat kısmı ile yeterli işbirliği içinde olmaları gerekmektedir. İki tarafında mümkün olduğu kadar dizayn ve imalat konusunda yüksek bilgiye sahip olmaları artık bir zorunluluk halini almıştır. CAD-CAM sistemlerinin kullanılmaya başlaması ve sonlu elemanlar analiz yönteminin uygulamaya getirdiği kolaylıklar, matris dizaynında daha hızlı ve kullanışlı projelerin hazırlanmasına imkan sağlamıştır. Fakat bütün matrislerin dizaynında aynı yaklaşımların kullanılmasına rağmen ekstrüzyon işleminin çeşitliliğinde farklı özelliklerde matrislerin dizaynını her zaman zorunlu kılmıştır.

3.3.2.2. Ekstrüzyon İşlemi için Akış Oranı ve Basınç Arasındaki Analitik İlişki

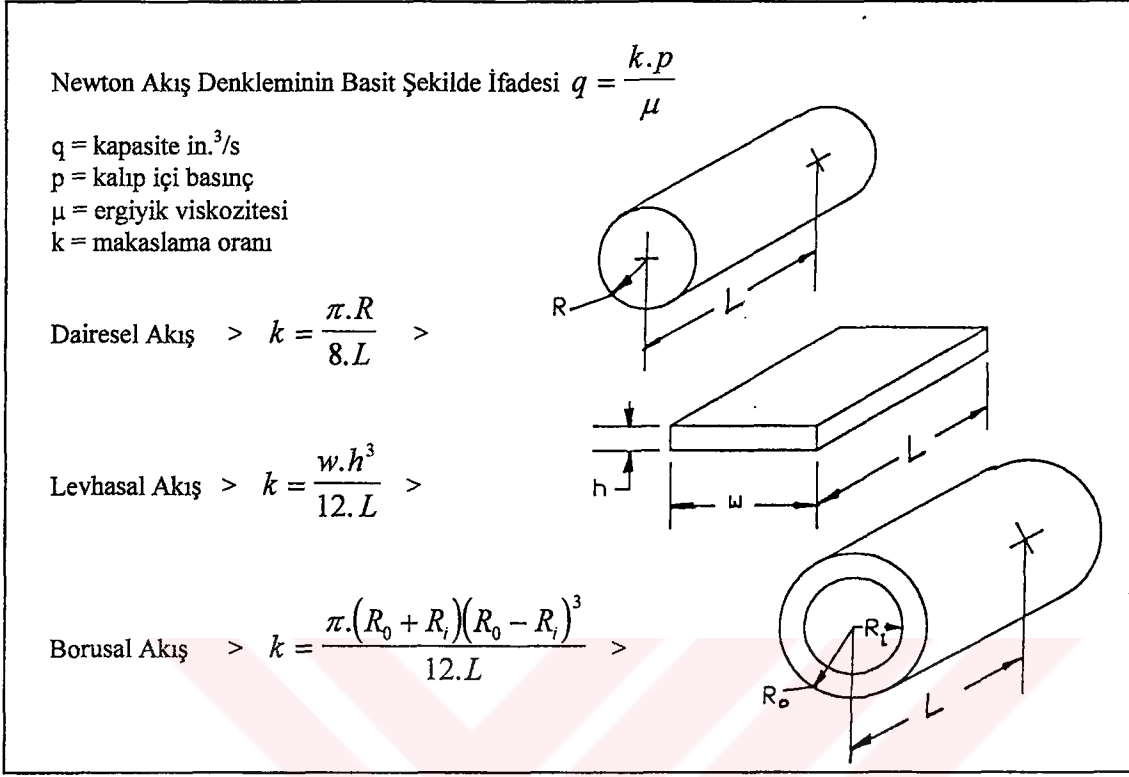
Aşağıdaki çizelgede akış oranı ve basınç arasındaki ilişki verilmektedir. Bu çizelge, polimerler için pek geçerli olmayan, viskozitelerin sabit, akışın makaslama kuvvetlerinden bağımsız olduğu Newton sıvıları kanununa göre hazırlanmıştır.

Yüksek makaslama oranlarına çıkıldığında polimer moleküller birbirleri arasında hizalanmakta ve akışa karşı direnç düşmektedir. Bu hizalanmış moleküller, düşen dirençle birlikte çiftler oluştururlar ve daha düşük bir viskozite seviyesine gelirler. Bu olaya matematiksel bir şekilde yaklaşmak istersek makaslama kuvvetlerinin arttığını kabullenmemiz gerekmektedir.

Plastiklerin viskoziteleri sıcaklıklarda farklılık göstermektedir. Matristeki akış makaslama kuvvetiyle birlikte sürtünmeyle bir ısının oluşmasına sebep olur. Sürtünmeyle oluşan ısının değeri matrislerin şekli ile de doğru orantılıdır. Keskin kenarların bulunduğu bir kalıpta viskozite düşer ve buna bağlı olarak plastik malzemenin akış oranı artar. Bu durum aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Şayet bir malzemeye ait yeterli bilgi elimizde varsa, bir öceki çizelgede verilen eşitlikler kullanılarak rahat bir akış sağlamak için matrisin olması gereken şekil bulunabilir. Bu noktada CAD-CAM sistemleri devreye girmektedir. Bilgisayar destekli dizayn ve imalat programları ağırlıklı olarak levha, film ve boru gibi mamullerin matris analizlerinde kullanılmaktadırlar. Fakat artan PVC profil kullanım oranı ile birlikte kalıp üreticisi firmalar son yıllarda profil ekstrüzyon matrislerinin imalatında da CAD-CAM sistemlerini kullanmaya başlamışlardır. Tam anlamıyla doğru bir dizayn yapabilmek için; kanal derinliği, kanal uzunluğu ve akış oranı arasındaki ilişkininde bilinmesi gerekmektedir. Matris dizayncılarının pratik bilgilerine ise genelde kompleks yapıları basite indirgemek için başvurulabilmektedir.

Çizelge 3.5. Matris kanallarındaki akış oranı bağıntıları



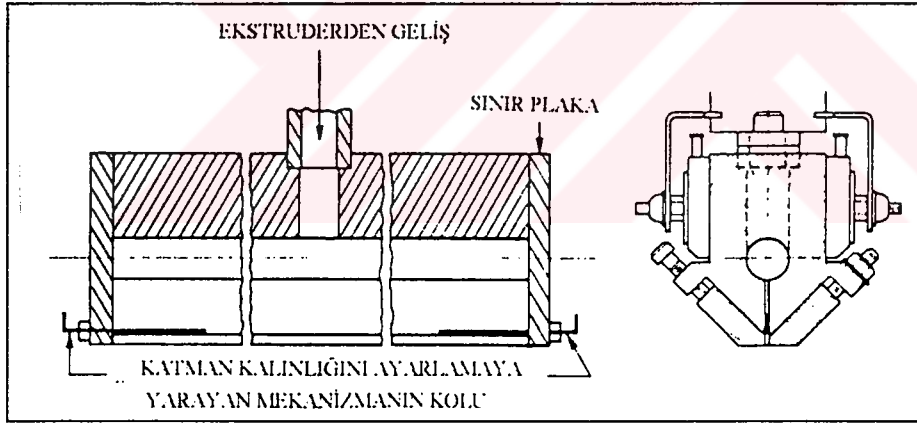
Matris dizaynındaki önemli noktalardan biriside ekstrüzyon işlemi esnasında meydana gelen malzeme kabarmasıdır. Plastik malzeme matristen çıktıktan hemen sonra, içerisinde hapsolan enerjinin açığa çıkmasıyla genişir ve matriste verilen ölçülerin üzerinde bir boyuta gelir. Genleşme miktarı malzemedan malzemeye ve imalat şartlarına göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin ekstrüderden ayarlanan vida hızı, kovan sıcaklığı ve geri basınç gibi faktörlerde yapılan değişiklikler bile genleşme miktarını değiştirmektedir. Genleşme miktarı matriste mamule verilen boyutların %5 - %100 oranları arasında fazlasıyla gerçekleşebilmektedir.

Matris dizayn eden kişilerin genelde kullandıkları ilişkiye göre akış, matristeki akış kanalının derinliğinin kübü ile doğru, uzunluğu ile ters orantılıdır.(Herhangi bir basınçta) Bu ilişki basit şekilde yapılan hesaplamalardan, CAD-CAM yardımıyla yapılan hesaplamalara kadar her yerde kullanılmaktadır ve matrisin ağızı, orifis boyutları ve iç akış kanallarına kadar her kısmın dizaynında rol oynamaktadır.

3.3.2.3. Ekstrüzyon Tesislerinde Kullanılan Matrisler

3.3.2.3.1. Levha ve Film Matrisleri

Plastik filmler ve levhalar 0,253 - 25,4 mm. (0,010 - 1,0 in.) kalınlıkta ve 3050 mm. (120 in.) genişlikte imal edilebilmektedirler. Filmler genellikle yatay olarak ekstrüde edilirler ve matris içerisindeki kanal dizaynı doğru şekilde yapılabildiği takdirde filmin kalınlığı ile genişliği arasında bir orantı kurmak mümkündür. Doğru kanal dizaynı aynı zamanda vidadan gelen plastize malzemeyi düzgün bir şekilde dağıtabilmek içinde gereklidir. Malzeme akışını ayarlayabilmek için kalıp içerisindeki kanalı enine kesen ayar pimlerinin de konstrüksiyonda yer verilebilmektedir. Bir anlamda sınırlayıcı bir vazife yapan bu pimler sayesinde de malzeme kalınlığında hızlı değişiklikler yapılabilmektedir. Geneldeki film ve levha ekstrüzyonu matrisi uygulamalarında üç kademeli hadde şeklindeki çekiciler kullanılmaktadır. Bu çekici olarak adlandırılan haddeler kullanılmadığı zaman, malzeme film oluşturacak şekilde uzamaktan ziyade kalınlığı artırıcı şekilde davranış göstermektedir. Buda istenilmeyen bir durumdur.

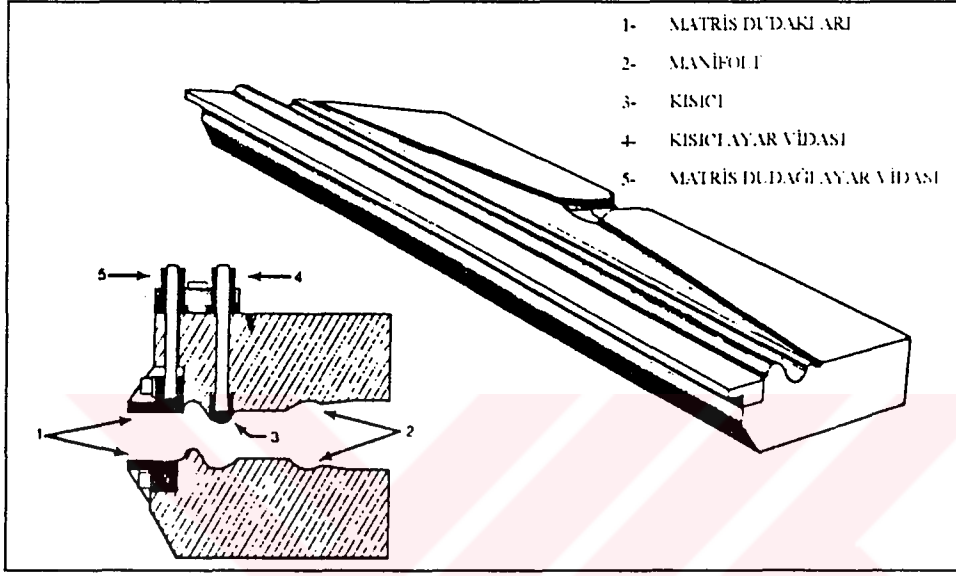


Şekil 3.22. Ayarlanabilir T-tipi kaplama matrisi

Levha ve film matrislerinde, malzemeyi ekstrüderden matris ağzına sevk etmeye yarayan kanallardan en basiti olan T tipi manifold kullanılmaktadır (Şekil 3.22).

T tipindeki manifoldlar bazen hatalı yapıya yol açabilmektedirler. Bunun nedenide manifold kollara ayrılmadan meydana gelen basınç düşmeleridir. Çünkü normal akış gösterirken malzeme akış oranı, meydana gelen basınçların bir fonksiyonudur. Bu basınç dengesizlikleri ve düşmeleri nedeni ile T manifoldlarda akış oranı, manifold sonuna doğru

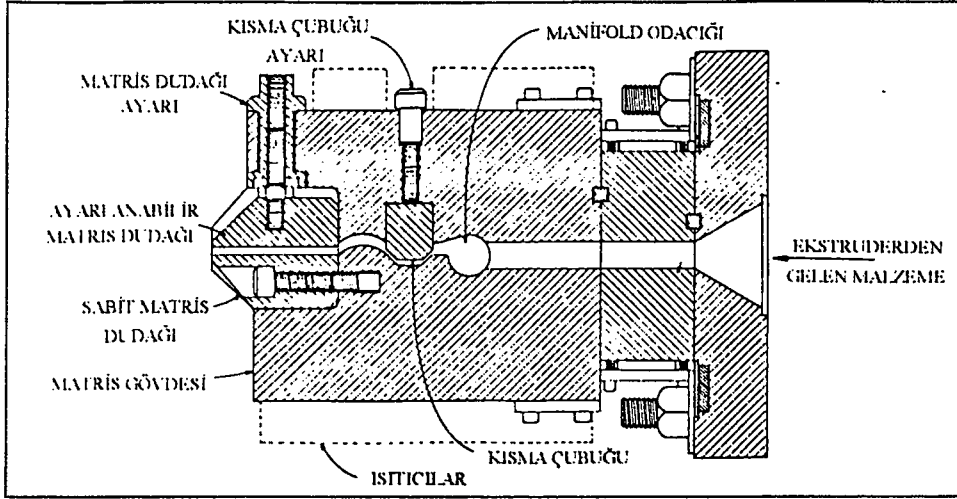
düşme gösterebilmektedir. Basınç dengesizliklerini mümkün olduğu kadar düzeltebilmek için matrisin orta kısmındaki kanalların daraltılması, matrisin çıkış ağzına ise giderek genişleyen bir form verilmesi faydalı olabilmektedir. Daha öncede değindiğimiz akışı kısımaya yarayan pimler genellikle matrisin çıkış ağzındaki akışı düzenlemek için kullanılırlar.



Şekil 3.23. Elbise askısı tipi matris dizaynı

Şekil 3.23'te gösterilen dizayn, levha ve film ekstrüzyonu için en yaygın olarak kullanılanıdır. Bu dizayn elbise askısı dizaynı olarakta bilinmektedir. Malzeme matrise girdikten sonra çıkış istikametinde değişik kalınlıktaki kanallardan geçerek matris ağzına doğru ilerler. Askı şeklindeki oluşumun alt düz kısmı, matrisin orta kısmına gelecek şekilde yapılan dizaynda bu bölüm en kalın şeklini almaktadır. Bu, kesit olarak kalın kısımda meydana gelen basınç düşmesi matrisin çıkış kısmında daralan bir yapıyla dengelenmektedir. Bu kalın kısımdaki açılarının ve ölçülerinin seçimi (genelde matris çıkış ölçülerinin iki yada üç kat büyüğü olmaktadır) düzgün akış sağlamanın en önemli faktörüdür.

Elbise askısı dizaynı, uzun yıllar boyu edinilen deneyimlerden görülmüştürki T tipi manifold yapısından daha verimli olmuştur. Elbise askısı dizaynına yönelik levha ve film imalatında kalınlık ve genişliklerin artmaya başlamasıyla hız kazanmıştır.

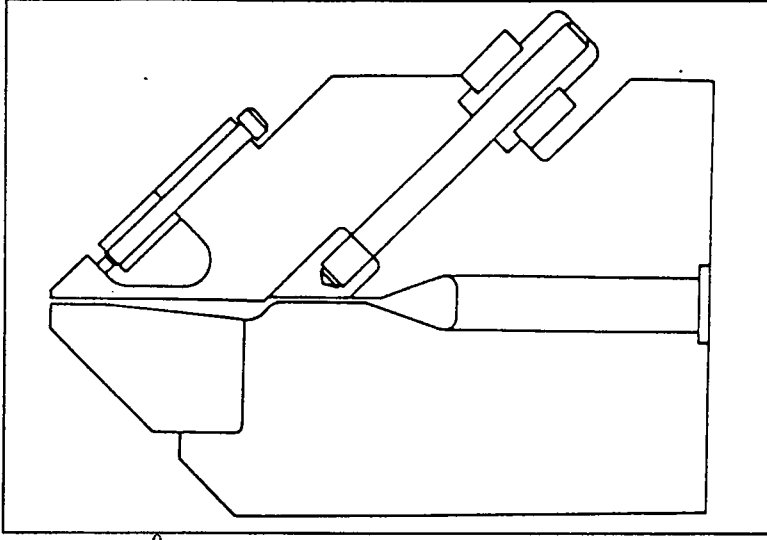


Şekil 3.24. Bir levha ekstrüzyon matrisi kesiti

Şekil 3.24'te kısıcı çubuğa sahip bir dizayn verilmiştir. Bu kısa çubuğun amacı basıncı ve akışı dengelemektir. Film yada levhanın kalınlığı ise matris çıkışındaki levhanın ayarı ile elde edilmektedir.

Malzeme çok komplike bir ergiyik davranışına yada kesme kuvvetlerine karşı yüksek hassasiyete sahip olduğu zaman, matris dizaynına iki farklı yapı daha eklemek gereklidir. Bunlardan birincisi manifold giriş çapının daha küçük bir boyuta getirilmesidir. Bu daraltmanın amacı ekstrüderden gelen ergiyik malzemenin matris boyuna daha iyi yayılmasını sağlamaktır. Yapılması gerekli diğer değişiklik ise manifold giriş yapısının düzgün köşeli bir yapıdan ziyade konik bir yapıya bezetilmesidir. Bu konik yapı matris içine doğru uzayan bir şekilde dizayn edilerek sivri bir yapı elde edilebilir. Böylelikle basınç değişiklikleri ve ergiyik malzemenin komplike yapısı arasında bir dengeleme sağlanabilmektedir. Dizayn şekil itibari ile bir balık kuyruğunu andırıldığından bu adla anılmaktadır.

Matris çıkışında kullanılan oldukça geliştirilmiş ve bir okadarda pahalı dizaynlardan biriside esnek matris dudaklarıdır (Şekil 3.25).

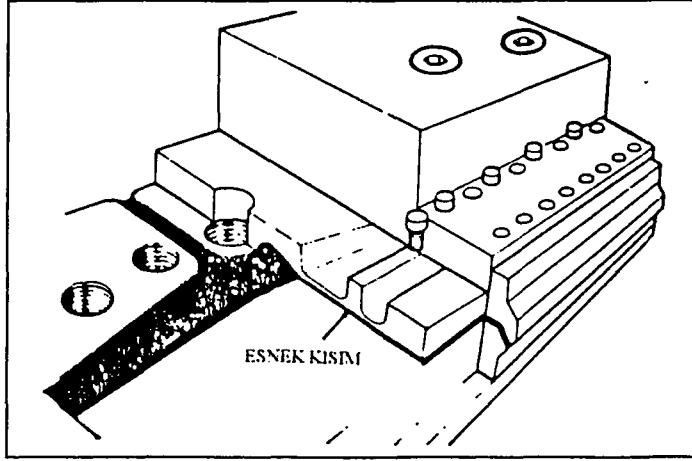


Şekil 3.25. 45° açılı kesici çubuklu, esnek dudaklı matris dizaynı

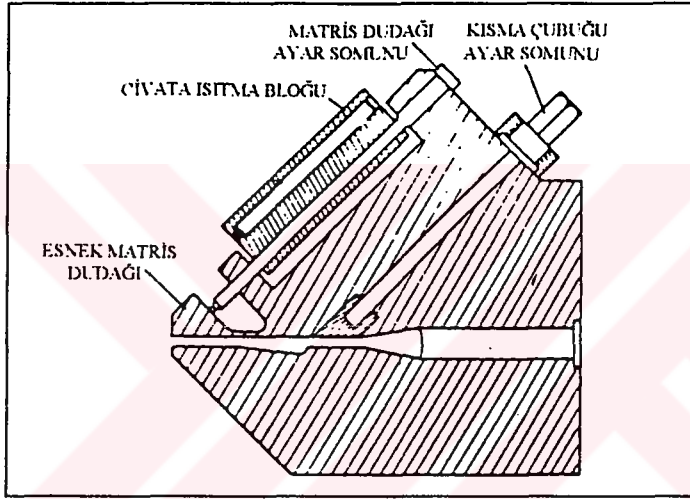
Şekil 3.24'te görülen ayarlanabilir levha yerine bu dizaynda esnek bir dudak kullanılmıştır. Matris çıkışında yer verilen dudak oldukça ince bir kesitte matrise bağlanmıştır. Ön taraftaki açılı vidayı ayarı ile dudağın hareketi mümkün olmaktadır. Normal şartlar altında üst dudak akışa paralel olarak durmakta, değişen şartlar ile dudak yukarı çekilebilmektedir. Bu dizaynın iki ana avantajı vardır. Birincisi Şekil 3.24'te açıkça görüldüğü gibi ergiyik malzemenin ayarlanabilir levha önünde yığılması ve ölü bir alanın meydana gelerek malzemenin yanması ihtimalinin yeni dizaynla birlikte yekpare olarak imal edilen matriste ortadan kalkmasıdır. İkincisi ise dudağın ayarlanmasındaki kolaylıktır.

Şekil 3.26'da, kısıcı çubuğun elimine edilerek onun yerine esnek bir orta kısmın nasıl yerleştirilebileceği görülmektedir. Bu dizayn, eğer kullanılan malzeme ısıya karşı PVC gibi çok hassas bir malzeme ise kullanışlı olmaktadır. Orta kısmın ayarı yine matris dışındaki vidalar ile yapılmaktadır. Bu oldukça zor bir işlemdir. Matris boyunca bu ayarın hassas bir biçimde sağlanması gerçekten zordur.

Bu zorluktan yola çıkarak Autoflex, matris dudağının ısıtılan vidalarla ayarının sağlandığı bir dizayn geliştirmiştir. Elektrik dirençleri ile ısıtılan vidalar, kapalı devre kontrol edilerek, matristen çıkan malzemenin matris boyunca küçük toleranslar dahilinde aynı kalınlıkta olması sağlanmıştır. Bu dizayn daha da geliştirilerek, imalat esnasında oluşabilecek basınç ve akış dalgalanmalarını algılayan ve buna göre vidaların ısılarını değiştirerek, levha film kalınlığını sabit tutan bir sistem de geliştirilmiştir (Şekil 3.27).

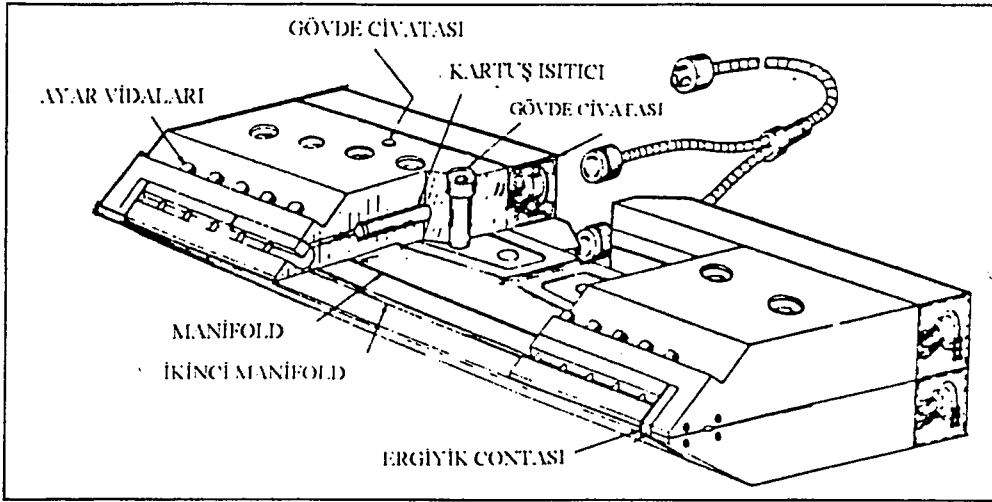


Şekil 3.26. Balık kuyruğu tipi matrisin iç dizaynı



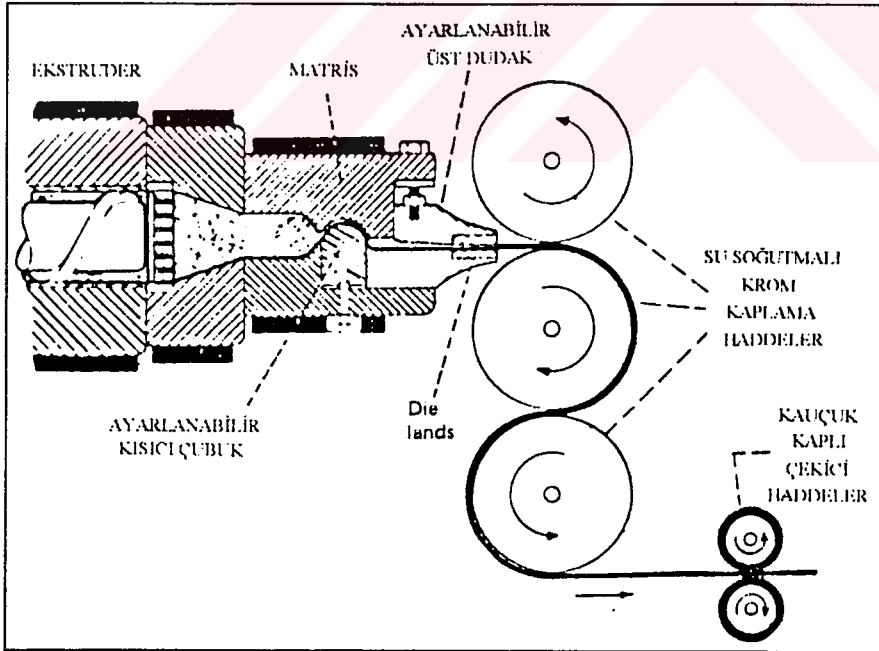
Şekil 3.27. Auto-Flex tipi matris dizaynı

Levha ve film matrislerinde bu gibi ayarları yapabilmek, matrisleri işlem sıcaklığına getirmek ve ekstrüde edilen malzemeyi imalat sıcaklığında tutabilmek için elektrik ısıtıcıları bulunmaktaadır. Şekil 3.28'de bu görevleri yapan kartuş ısıtıcılar görülmektedir. Bu elektrik ısıtıcılarını imal eden firmaların kataloglarında genelde ısı kayıplarını watt/s. biriminden hesaplamaya yarayan formüllere, olması gereken zaman içerisinde matrislerin imalat sıcaklıklarına gelmesini sağlayan dirençlerin boyutlarına, yerlerine ve ihtiyaç duydukları güçler hakkında gerekli bilgilere ulaşmak mümkündür.



Şekil 3.28. Kaplama matrisinin elemanlarının perspektif görünüşü

Levha ve film ekstrüzyonu gerçekleştirmek için oldukça büyük bir ekipmana ihtiyaç vardır. Bunlardan birisi çelikten yapılan genişliği 3mt.'yi (10 ft.) aşan matrislerdir. Matrisler ekstrüderlere kalın civata somun bağlantıları ile bağlanmaktadır. Çoğu zaman bu ağır matrisleri taşımak için yardımcı ekipmanlarda ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 3.29. Levha ekstrüzyonunun şematik görünüşü

Şekil 3.29'da daha önce de bahsedilen üç kademeli haddeli çekici sistemi görülmektedir. Bu şekil aynı zamanda tipik bir levha-film ekstrüzyon tesisini göstermektedir. Bu üç kademeli hadde sisteminin levha veya film imalatına başlıca üç

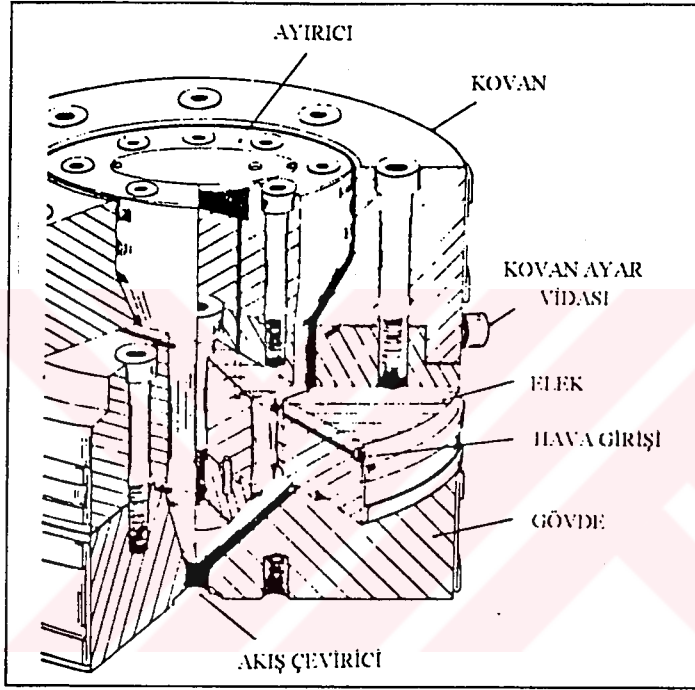
katkısı vardır. Birincisi bu kısımda malzeme istenilen kalınlığa düşürülmektedir. Kalınlık ayarı aynı zamanda çekicinin hızının ayarı ile de mümkündür. İkincişi, işlenen malzemenin soğutulması yine bu kısımda yapılmaktadır. Haddenin sıcaklığı, haddeler arasında dolaştırılan bir akışkan tarafından sağlanmaktadır. Üçüncü olarakta malzeme bu kısımda gerilmektedir. Yani kısaca bu haddelerin görevlerini haddeleme, germe ve soğutma olarak özetleyebiliriz.

Daha sonraları dizayn edilen hatların büyük çoğunluğu hadde hızlarını, soğutmayı ve mamul kalınlığını bilgisayar destekli olarak ayarlayan hatlardır. Bilgisayar destekli ekstrüderlerde zaten imalat sıcaklıkları, vida hızları ve matris ayarları da bilgisayar tarafından yapılmaktadır.

3.3.2.3.2. Üfleme Film Matrisleri

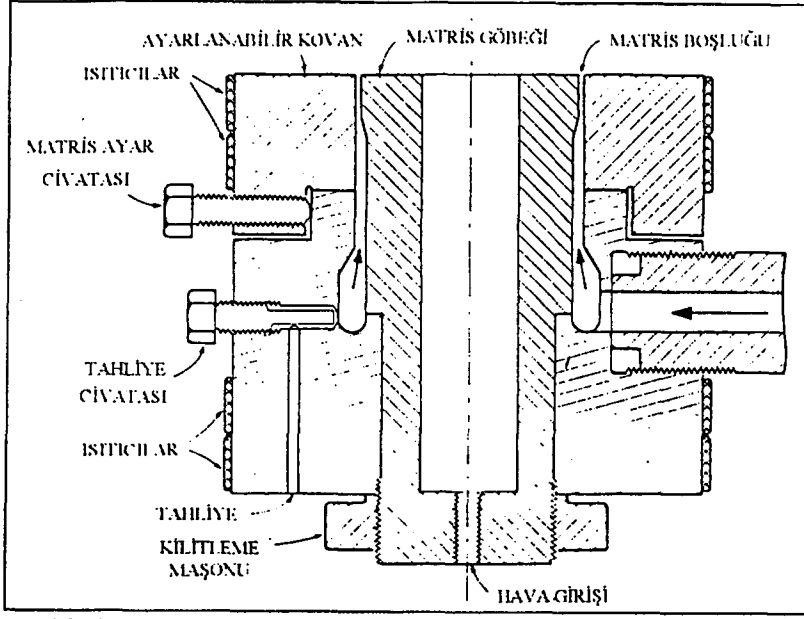
Üfleme ile film imalatında kullanılan matris, basit şekli ile ince cidarlı boru imalatında kullanılan matris ile aynıdır. İnce cidarlı bir hortum ekstrüde edildikten sonra, basınçlı hava ile daha geniş bir çapa şişirilmekte, bu esnada cidar kalınlığı düşürülmekte, yapılan hava ile şişirme işleminden dolayıda işlem üfleme film adını almaktadır. İmalat için gerekli yardımcı elemanlar ise soğutmalı bir ventüri yüzüğü, bir soğutma tertibatı ve haddelerdir. Basınçlı havanın etkisiyle hortum ekstrüzyon hızının birkaç katı hızla balon gibi şişmektedir. Balon mevcut çapının 5 - 15 katı genişine şişirilebilmekte, cidar kalınlığı ise 0,0125 - 0,254 mm. (0,0005 - 0,010 in.) boyutlarına indirilebilmektedir.(Farklı imalatlar için) Şişirme işlemi mümkün olduğu kadar üniform yapılmalıdır. Olması gerekenden fazla yapılan üfleme, mamülün çok incelmesine ve hatta yırtılmasına neden olabilmektedir. Bu noktada matris dizaynı da ön plana çıkmaktadır. Matris kesinlikle mamülün olması gereken boyutları göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Üfleme işlemi ise çok önemlidir. Üflemede kullanılan havanın basınç ayarı istenildiği gibi olmazsa imalat esnasında mamülün çeşitli kalınlıklarda ekstrüde edilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Normalde üretim esnasında görülen değişik cidar kalınlıkları kullanılış açısından hiçbir sorun oluşturmeyen hatalardır fakat gerek ekstrüzyon işleminin tekniği gerekse mamül kalitesi ve fazla hammadde tüketimine neden olması açısından kabul edilmezler.

Bu nedenlerden dolayı sabit cidar kalınlığı elde edilmesinde rol oynayan boru matrisinin cidar kalınlığı dizayn aşamasında büyük önem taşır. Piyasada kullanılan matrislerin boru çapı 2,5 - 2550 mm. (1 - 100 in.) arasında, cidar kalınlıkları ise 0,4 - 2 mm. (0,015 - 0,075 in.) arasında değişmektedir. Tam olarak hangi boru çapının ve cidar kalınlığının seçileceği, istenilen mamül cidar kalınlığı ve üfleme oranına bağlıdır. Matrisi dizayn edecek kişinin bu nedenle imal edilecek ürünün cidar kalınlığını ve üfleme oranını kesinlikle bilmesi gerekmektedir.

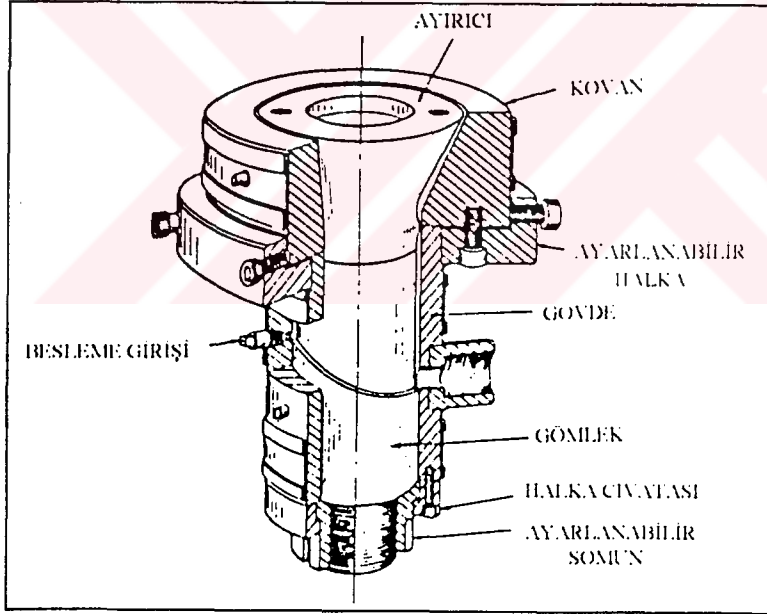


Şekil 3.30. Johnson tipi üfleme film matrisi

Şekil 3.30'da üfleme film matrisine bir örnek verilmiştir. Matris şekilde gösterildiği gibi dik durmakta, ergiyik malzeme alt kısımdan beslenmekte ve mamul basınçlı havanın etkisiyle dikey pozisyonda yukarı doğru ekstrüde edilmektedir. Üflenecek havanın homojen şekilde boru boşluğuna dağıtılması için konstrüksiyonda ızgara şeklinde bir parçaya yer verilmiştir. Bu parça hava için azda olsa bir kısma etkisi oluşturmaktadır. Bu nedenle de hava girişlerinin sayısı arttırılmıştır. Malzeme beslemesi matrisin merkezinden hava beslemesi ise yanlardan yapılmaktadır. Bu dizayn genellikle yüksek sıcaklıkta eriyen plastikler için kullanılmakta ve Johnson tipi matris olarak bilinmektedir. Daha düşük ısıda eriyen plastikler için ise Şekil 3.31'de gösterilen yandan beslemeli dizayn kullanılmaktadır.



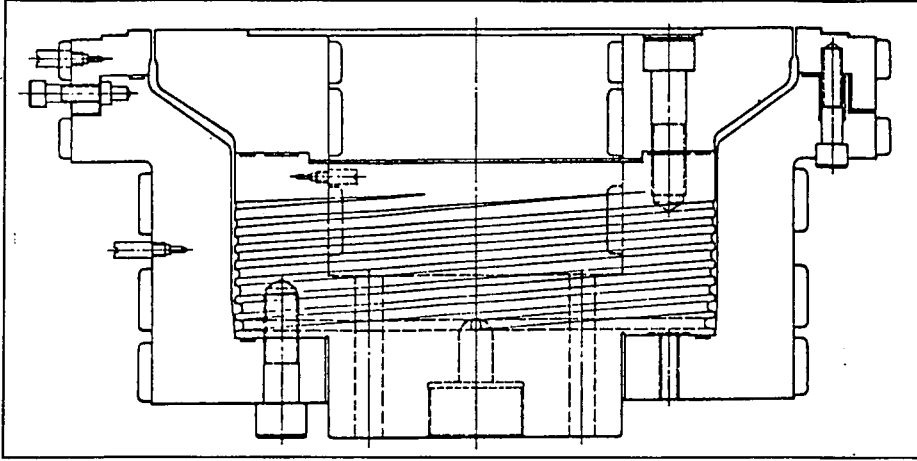
Şekil 3.31. Yandan beslemeli manifoldlu üfleme film matrisi



Şekil 3.32. Johnson tipi yandan beslemeli üfleme film matrisi

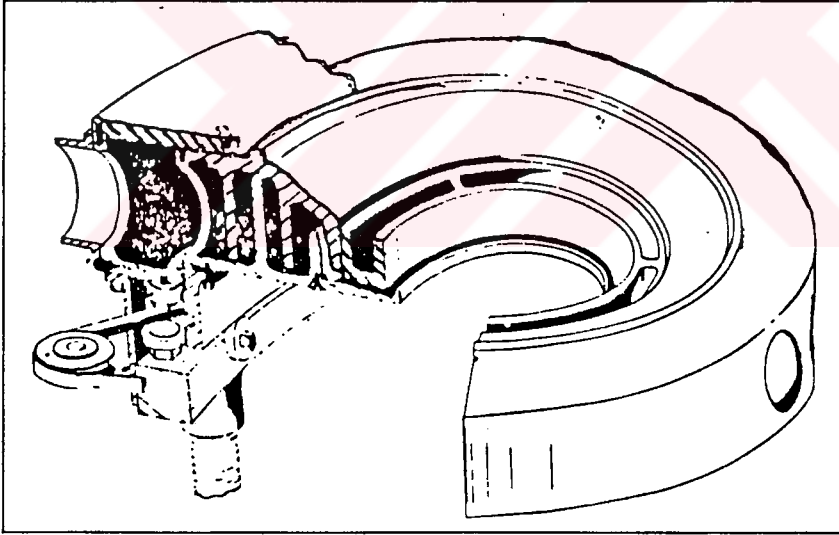
Bu dizaynın avantajı daha homojen bir ısı elde etmek için malzemenin gövdenin etrafında sirküle edilmesidir. Hava ise matrisin merkezinden yukarı doğru üflenmektedir.

Şekil 3.32'de yandan beslemenin avantajlarını da sağlayan Johnson tipi yandan beslemeli matris görülmektedir.



Şekil 3.33. Alttan beslemeli tip matris dizaynı

Şekil 3.33'te alttan beslemenin üzerine civata dişleri gibi spiral kanallar açılmış ve bu kanalların derinliğinin matris çıkışına doğru azaldığı gövdeye sahip bir dizayn görülmektedir.



Şekil 3.34. Johnson tipi hava soğutma yüzüklü matris dizaynı

Şekil 3.34'te Johnson tipi soğutma yüzüklü bir matris görülmektedir. Film ekstrüderden çıktıktan sonra kesinlikle soğuk bir yüzeye temas etmemelidir. Bu dizayndaki soğutma yüzüğünün görevi üfleme ile şişirilen filme soğuk hava üflemeğdir.

3.3.2.3.3. Boru ve Hortum Matrisleri

Bilindiği gibi boru ve hortum arasındaki fark, genellikle kullanılan malzemeden ileri gelen esneklik faktörüdür. Ekseriyetle borular rijit, hortumlar ise esnek olmaktadır. Buna karşın doğalgaz boruları gibi kısmen esnek borularda bulunmaktadır. Borular genellikle Amerikan standartlarına (ASA) göre imal edilirler ve altışar metrelik boylar halinde kesilerek stoklanırlar. Hortumlar ise kısmen standart gözetmeden üretilip kangal yada rulo halinde stoklanırlar.

Boru ve hortum imalatı için kullanılan matrisler, dış ve içi çaplarını birer kovanın belirlediği dairesel açılımlı matrislerdir. Bu iki kovan birkaç değişik şekilde yerleştirilebilir. Bunun sebebi ise değişik şekillerde dizayn edilmiş besleme yöntemleri olmaktadır. Bu besleme yöntemlerinin seçiminde, imalatta kullanılan plastik malzemenin özellikleri ve üretilecek boru yada hortumun çapı büyük rol oynamaktadır.

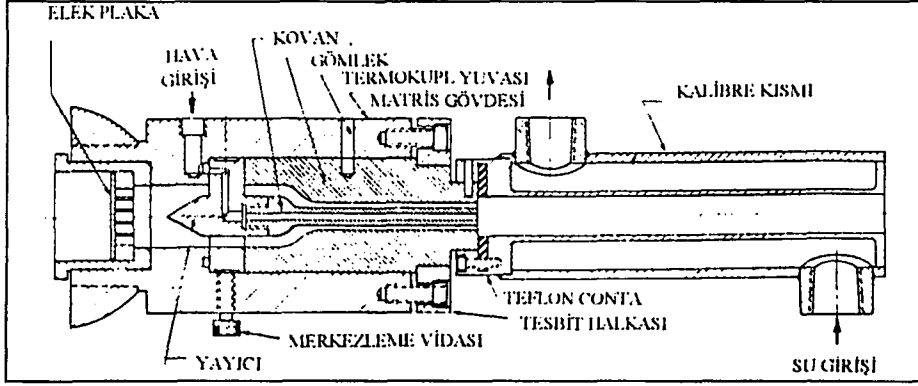
Boru ve hortum matrisleri şu şekilde sınıflandırılabilir.

Çizelge 3.6. Boru ve hortum matrislerinin sınıflandırılması

	<u>Çapı</u>		<u>Et kalınlığı</u>
1-	1,27 - 2,54 mm.	(0,05 - 0,1 in.)	0,127 mm.'den küçük (0,005 in.'ten küçük)
2-	25,4 - 76,2 mm.	(1,0 - 3,0 in.)	0,127 - 0,254 mm. (0,005 - 0,01 in.)
3-	1524 mm.'den büyük(60 in.'ten büyük)		50,8 mm.'den büyük (2 in.'ten büyük)

Bu sektörde en çok kullanılan dizayn Şekil 3.35'te gösterilen ızgaralı doğru akış matrisleridir. Bu dizaynda ızgara sisteminin bir ayağında basınçlı havanın kovana geçmesi için matkapla açılmış bir kanal bulunmaktadır. Bu kanaldan vakumlama yapılarak, normalde sıcak olan malzemenin genleşip şekil değişikliğine uğramaması için kullanılan ızgaranın yüzeylerine tam yapışması sağlanmaktadır. Ayrıca matrisin çıkışına yerleştirilen dairesel bir manifoldla düzgün akış sağlanıp ızgaranın getirebileceği olumsuzlukların önüne geçilmektedir. Bu olabilecek olumsuzluklara rağmen ızgaralı dizayn en basit ve

işletme esnasında en az sorunla karşılaşılan dizayndır. Matrislerin hepsi ergimiş plastiğin yığılmasını önleyecek ve akışı kolaylaştıracak şekilde konik olarak işlenmektedirler.



Şekil 3.35. Kalibre kısmı ile birlikte bir boru matrisi

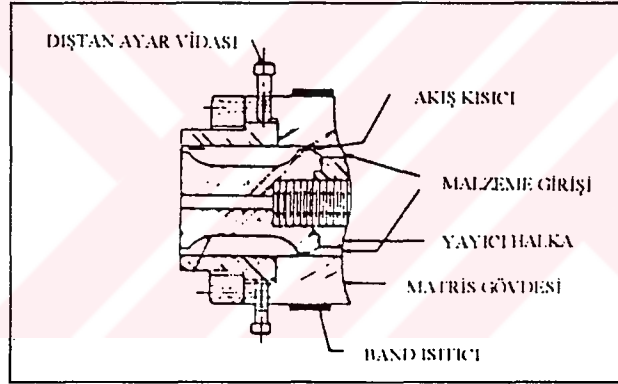
Akış kanalındaki konikliğin gerçek şekli matris imalatında karşılaşılan en büyük sorundur. Bu koniklik plastik malzemeden malzemeye fark etmektedir. Öyleki koniklik açısı polietilen işleme esnasında 20° civarında olurken, bu açı rijit PVC yada akrilik işlenmesi esnasında 150° 'nin üzerinde değerler alabilmektedir. Bu açılarının değerlerinin tam olarak bilinip kullanılması gerçekten zordur. Her ne kadar literatürde bu koniklik açısının elde edilmesine dair bazı formüller kullanılsada normalde bu açının tesbiti deneyimlere bağlıdır. Son zamanlarda kullanılan bilgisayar destekli dizayn yöntemleri uygun akışı sağlayacak dizaynların bulunmasında yardımcı olabilmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bir takım pratiksel yaklaşımlar sözkonusu olmuştur. Örneğin bir matriste L/D oranı cidar kalınlığının 10-20 katı olmaktadır. Çok geniş çaplı borular yada çok ince cidarlı hortumlar için bu oran geçersiz kalabilmektedir. Yine uygulamalardan elde edilen sonuçlar ışığında L/D oranı düştükçe cidar kalınlığı artmaktadır. Matrisi oluşturan parçaların boyutları hassas bir imalat sağlamak için dikkatli bir şekilde hesaplanmalıdır.

Normalde, boru imalatında boru çekici tarafından uzatılarak (sündürülerek) imal edilir. Yani imal edilen borunun son boyutları çekici kısmında verilmektedir. Ufak çaplı bir boru matrisi kullanmak yerine, bu özelliğinden faydalanarak büyük çaplı boru matrisi ile ekstrüzyon işlemini gerçekleştirip, çekici hızını yüksek tutup, uzatma işlemi ile boru çapı istenilen haline getirilebilmektedir. Bu işlem hem zamandan tasarruf sağlamakta hemde

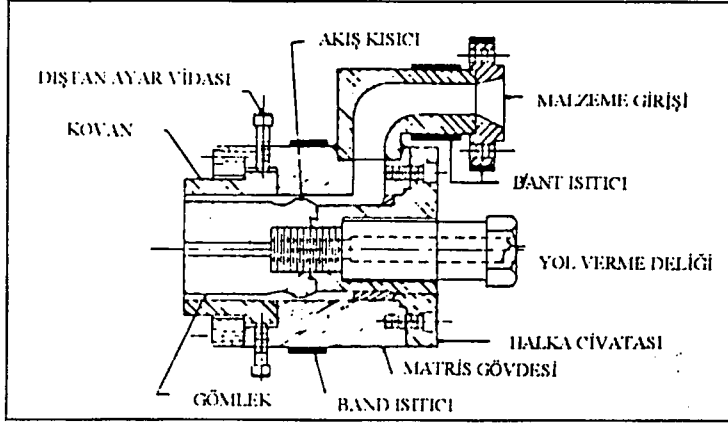
verimi arttırmaktadır. Bu işlem teknik olarak çekme düşmesi diye de adlandırılmaktadır. Her ne kadar matrisin boyutları bu işlemin bir değişkeni olarak görünse de, işlemde en önemli değişken kullanılan malzemenin karakteristikleri olmaktadır.

Kalibrasyona yer verilen boru ekstrüzyon tesislerinde borunun dış çap değerlerini veren kalibratörlerdir. Kalibrasyon kısmında yapılan vakumlama ile kalibrelerin çeperlerine yapıştırılan boru, su ile yapılan soğutma ile de son boyutunu elde eder. Çekicinin bu işlemdeki yeri ise borunun et kalınlığının verilmesinde ortaya çıkmaktadır. Çekicinin hızının ayarlanması ile borunun et kalınlığı ayarlanmaktadır. Fakat bu işlem iki faktör ile sınırlıdır. Çekicinin aşırı çekmesi malzemenin matris çıkışında en yumuşak anında kopmasına, yetersiz çekmesi ise malzemenin vakumlamanın yapıldığı kalibratörlerin önünde yığılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle en iyi dizayn çekici hızının hassas şekilde ayarlanabildiği dizayn olmaktadır.

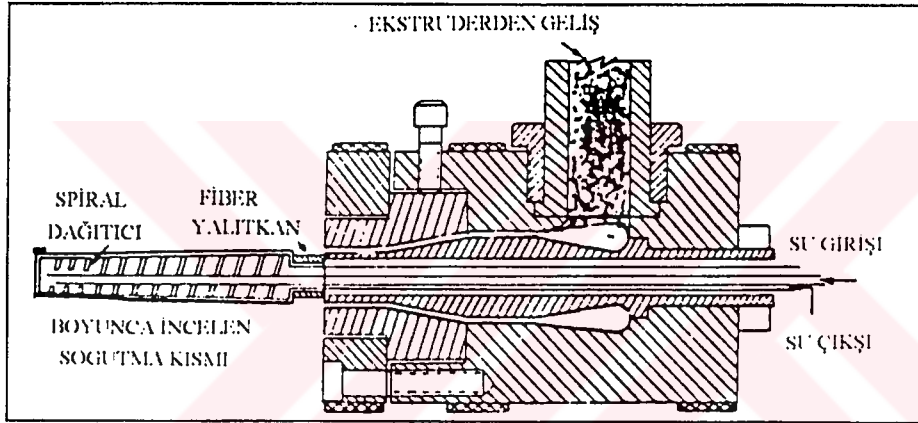


Şekil 3.36. İnce cidarlı boru imalatında kullanılan matris kesiti

Kullanılan malzemenin ekstrüzyon karakteristikleri ve ızgara kısmına ergimiş metalin yapışma olasılığının ortadan kaldırılması için değişik özelliklerdeki boru matrislerinin kullanılması mecburiyet olmaktadır. Şekil 3.36'da ince cidarlı boru imalatında kullanılan bir matris gösterilmiştir. Şekil 3.37'de ise crosshead tipi bir matris görülmektedir. Bu matriste dikkate değer bir diğer konu, boru iç çap ölçüsünün de kontrol altına alınmış olmasıdır. Bu dizayna kovan içerisindeki malzeme akışının ve az ergimenin önüne geçmek amacı ile gidilmiştir.

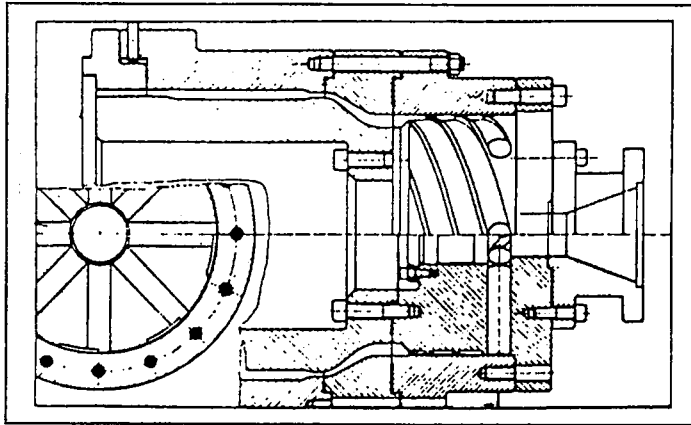


Şekil 3.37. Crosshead boru matrisi



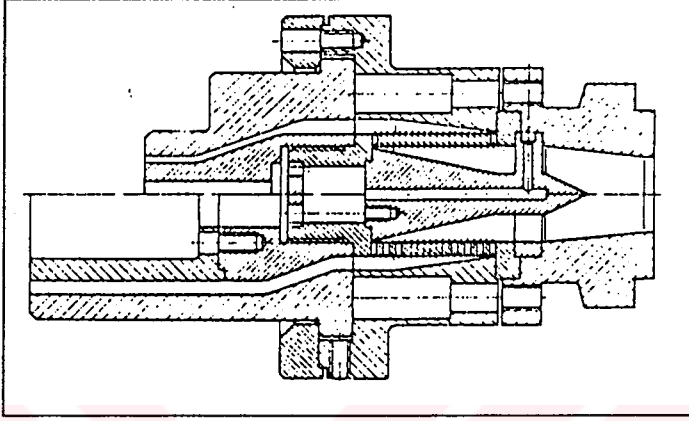
Şekil 3.38. Borunun içten soğutulduğu ekstrüzyon matrisi

Şekil 3.38'de akış kanalı boyunca oluşabilecek düzensiz ergimenin önüne geçmek için yapılmış, akış saptırıcı bir dizayn görülmektedir.



Şekil 3.39. Reifenhouser dizaynı bir boru matrisi

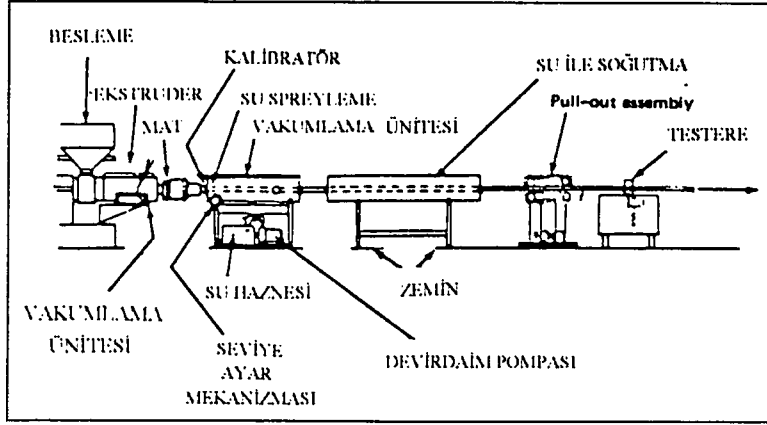
Şekil 3.39'da üfleme film matrislerine benzer bir yapıya sahip, ergiyik malzemeyi gövde içerisine daha iyi yaymak için helisel dişli besleme ünitesine yer verilen bir matris görülmektedir. Şekil 3.40'ta da bir başka çeşit dizayn görülmektedir. Bu dizaynlar matriste kullanılan ızgara sisteminin getirdiği kısıtlamaların önüne geçmek için yapılmıştır ve polipropilen gibi malzemelerden büyük çaplı boruların imalatında kullanılmaktadır.



Şekil 3.40. Silindir tip kırıcı plakalı hortum matrisi

Matrislerin ısıtılması için band şeklindeki rezistanslı ısıtıcılar kullanılmaktadır. Matrisleri dizayn eden kişiler üniform ve tam bir ısıtma sağlamak için matrisleri çepeçevre saran ısıtıcılar seçmelidirler. Matrisin boyunca meydana gelebilecek sıcaklık değişiklikleri ergiyik malzemenin değişik davranışlar göstermesini ve matris kanallarında yanma veya donma yaparak kanalların tıkanmasına neden olabilmektedir.

Boru ekstrüzyon tesislerinde genellikle iç ve dış çapa istenilen değeri vermek için kalibre sistemleri kullanılmaktadır. Kalibrasyon işlemi özellikle plastize PVC'nin ekstrüzyonunda kullanılmaktadır. En çok rastlanan çeşidi ise Şekil 3.41'de gösterilen vakümlamalı tank sistemidir. Ekstrüde edilen malzeme soğutma kovanından geçtikten sonra dış çapın oluşturulması için bir seri yüzüğün içerisinden geçirilmektedir. Daha sonra boru içi su ile doldurulabilen, vakümlamanın yapılacağı tanka girmektedir. Bu kısımda yapılan -0,8 bar'lık vakümlama ve suyun soğutma etkisiyle borunun dış çapı oluşturulur.



Şekil 3.41. Boru-hortum ekstrüzyon hattının genel görünüşü

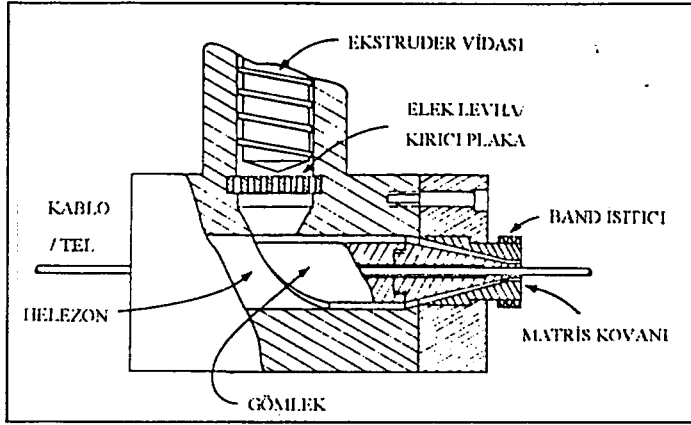
Kullanılan bir başka çeşit kalibre sistemi ise şekil 3.38’de gösterilen ve crosshead matrislerde kullanılan içten soğutmalı sistemdir. Bu kalibre sistemleri soğutma kapasiteleri yüzünden sadece ince cidarlı boru imalatında verimli şekilde kullanılmaktadırlar.

Şekil 3.35’te görülen kalibre sistemi ise ekstrüde edilen malzemenin su ile temasının sakıncalı olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bu sistemler kuru kalibreler olarakta anılmaktadırlar.

3.3.2.3.4. Kablo Kaplama Matrisleri

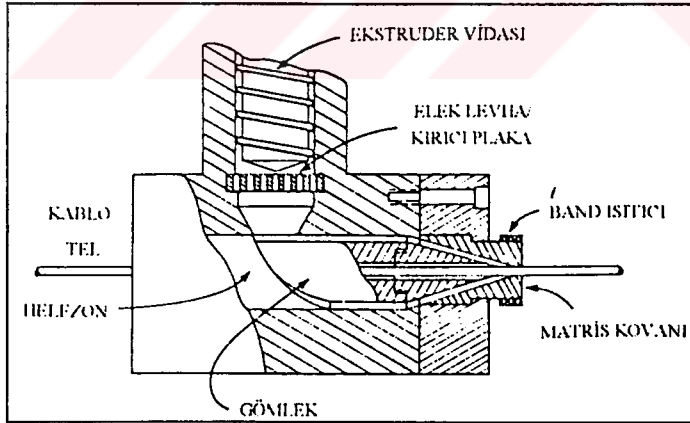
Adından da anlaşıldığı gibi bu matrislerin kullanılış amacı tellerin üzerini plastik malzeme ile kaplamaktır. Bunun yanında metal borular gibi sert malzemelerin üzerlerinde de plastik kaplanabilmektedir. Fakat kaplanacak malzemeler matrise kesinlikle sürekli boy halinde ve aynı kesitte verilmelidir. Şekil 3.42 ve 3.43’te iki temel uygulama görülmektedir. Birbirlerine çok yakın olan bu dizaynlardaki önemli fark kovan yapılarıdır.

Şekil 3.42’de görüldüğü gibi ekstrüder vidası matrisle aynı ekseninde değil, matrisle dik bir ekseninde bulunmaktadır. Ayrıca önemli noktalardan biride kaplama yapılacak malzemenin matris üzerindeki çizgisel hızları birbirlerinden bağımsız biçimde ayarlanabilecek şekilde olmalıdır. Bunun nedeni ise tel yada başka bir çeşit malzemenin üzerine kaplanacak katmanın kalınlığının bağımsız bir şekilde hassas biçimde ayarlanabilmesini sağlamaktır. Bu matrislerin diğer bir dizayn şekli de, örneğin kaplanacak telin matrise girdiği kısma uygulanan vakum alanıdır.



Şekil 3.42. Tipik bir crosshead matris kesiti

Şekil 3.43'te ise işlemin basınçlı kaplama ile gerçekleştirildiği dizayn görülmektedir. Bu yöntemde kaplanacak kablo direkt olarak ergimiş malzemenin içerisinden geçirilir ve diğer yöntemde olduğu gibi kendini çekmenin olumlu yönde getirdiği katkılara gerek kalmadan basıncın etkisiyle kablo kaplama gerçekleştirilir. Bu yöntemi diğerlerinden ayıran bir başka özellikte, kaplanan malzemenin kalınlığının, ilk yöntemde çekicinin hızıyla, bu yöntemde ise matrisin ağzının ölçüleriyle sağlanmasıdır. Bununla birlikte az da olsa çekicinin hızı kaplama kalınlığına etki etmektedir.



Şekil 3.43. Basınçlı tip crosshead matrisi kesiti

Tube-on adı verilen ilk yöntemin genellikle kullanıldığı yerler, kaplamanın yapılacağı mamülün işlem ısısından zarar görebileceği hallerdir. Polietilen bir malzemenin naylon ile kaplanmasını buna örnek olarak verebiliriz. Basınçlı tip kaplamanın en çok kullanıldığı yerler ise kaplanan malzeme ile kaplanacak malzeme arasında tam bir

yapışmanın olmasının istenildiği hallerdir. Buna örnek olarak tellerin üzerinin lastik ile kaplanarak yalıtımlı kablo elde edilmesi gösterilebilir. Yine bu yöntemle metal borular ve ağaç çubuklar değişik malzemeler ile kaplanabilmektedirler. Bu tip kaplamanın esası yüksek adhezyon kuvvetleridir.

Kaplama matrislerinin dizaynında başlıca iki tip sorunla karşılaşılmaktadır. Bunlardan birincisi matris ağzının yapısının tam olarak doğru bir şekilde hesaplanmasının gereğidir. Basıncsız tip matris dizaynında kriterler normal boru matrisinin ki ile aynıdır. Basıncılı ve basıncsız matris tiplerinde mamule son kesin boyutlarının verilmesinde önemli rolü olan, matris dudağı dediğimiz yapının kesinlikle konstrüksiyonda bulunması gerekmektedir. Bu kısım bulunmadığı takdirde matriste oluşturulmak istenen ölçünün net bir şekilde tutturulması neredeyse imkansızdır. Basıncılı tip kaplamada ise, malzemenin matristen çıkışı, yine aynı yönde hareket eden telin de yardımıyla basıncsız tipe oranla daha büyük oranda olmaktadır. Bu nedenle malzemenin akışını kontrol altına alacak bir mekanizma da dizayn esnasında göz önünde bulundurulmalıdır.

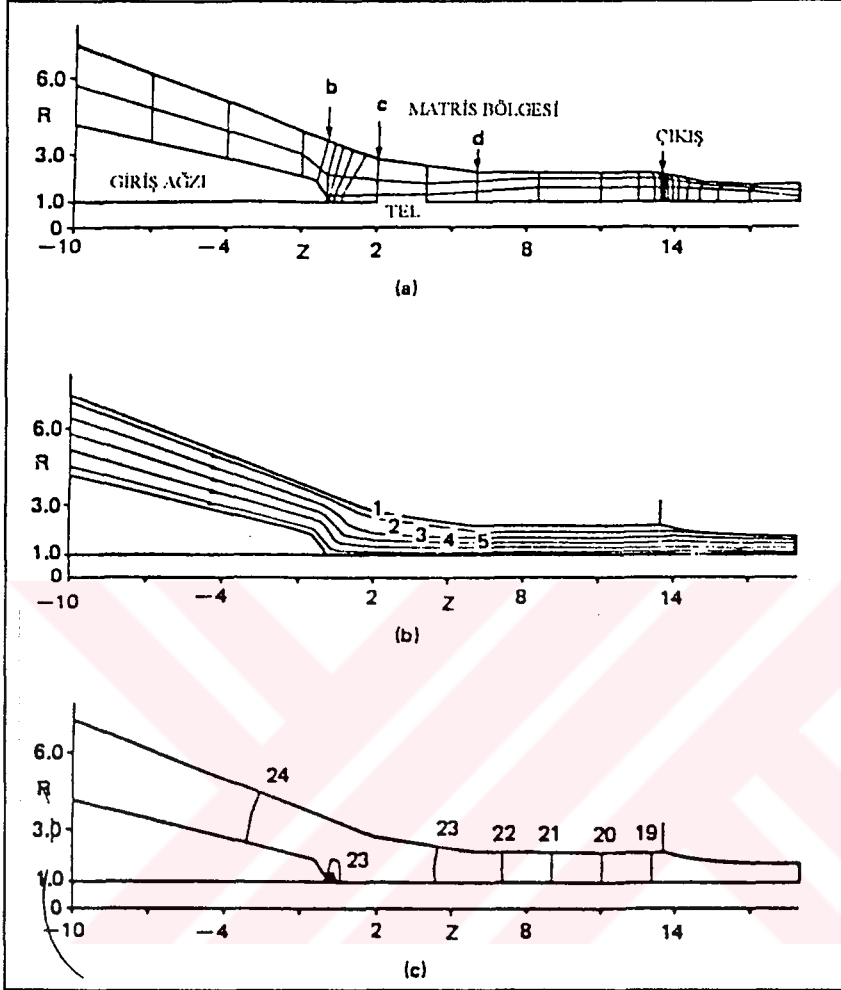
Karşılaşılan ikinci sorun ise kaplama olayının ta kendisidir. Çünkü akış esnasında malzeme, matristen geçerken aynı zamanda da akış yönüne dik açıyla bir dönme hareketi de gerçekleştirmektedir. Bu nedenle matriste malzemenin dönüşüne engel olacak bir düzensizlik bulunmamalıdır. Bu tip bozukluklar dönüşün düzenini bozup, malzeme yığılmalarına neden olabilmektedir. Bu kısmın dizaynında genellikle sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılmaktadır (Şekil 3.44).

Matrisin pürüzsüzlüğünün ve akışın düzgünlüğünün kontrolü, temiz bir matristen bulunabilecek renkli bir malzemenin ekstrüzyonu ile mümkün olabilmektedir. Bunun için önce renkli bir malzeme ekstrude edilir. Sonra matris temizlenmeden başka renkte bir malzeme ekstrude edilir ve matris sökülür. İlk renkteki malzemenin kaldığı, takıldığı noktalar daha sonra kullanım esnasında matrisin nerelerinde malzemenin takılacağını net bir şekilde gösterecektir.

Kaplama matrislerinde ısıtma genellikle kartuş veya band ısıtıcılarla sağlanmaktadır. Bu malzemelerin boyutlarını matrisin ölçüleri belirlemektedir.

Matrisler genellikle kaplama mekanizmasının bulunduğu kısma, ikisi birlikte de ekstrüder gövdesindeki flanşlara monte edilirler.

Kablo kaplama işleminde, tel besleme ve çekici mekanizmalarının dizaynı, kablunun boyutlarına ve imalat kapasitesine bağlıdır



Şekil 3.44. Kablo kaplama matrisinin dizaynında sonlu elemanlar yönteminin kullanılması

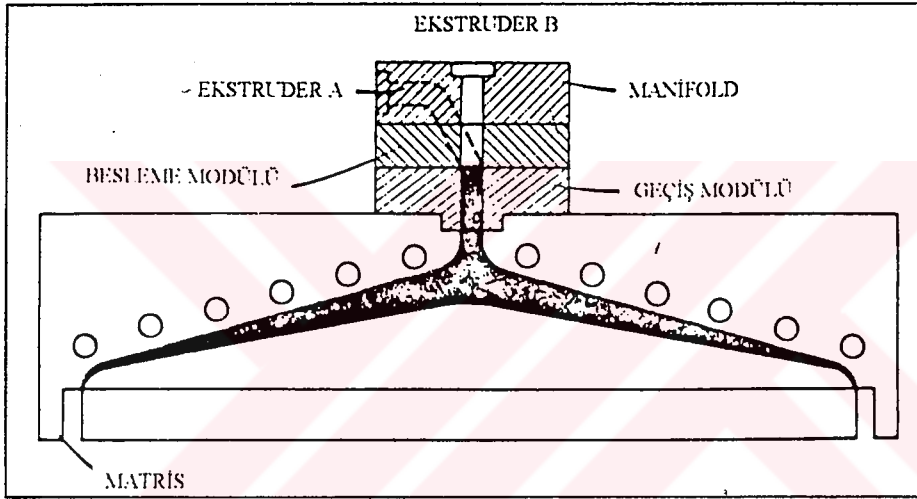
a) Sonlu elemanlar düzlemi, b) Akış çizgileri, c) Kablo kaplama esnasında görülen basınç değerleri

3.3.2.3.5. Koekstrüzyon Matrisleri

Koekstrüzyon iki yada daha fazla sayıda plastik malzemenin sürekli bir şekilde ekstrude edilerek birleştirilip tek bir mamülün elde edildiği gelişmiş bir ekstrüzyon işlemidir. Ana kullanım yeri levha imalatıdır. Fakat bununla birlikte profil, film, boru ve kablo kaplama gibi alanlarda da kullanılmaktadır.

Bu işleme örnek olarak gıdaların korunmasında kullanılan termofor kutuların koekstrüzyonunu gösterebiliriz. Düşük maliyetli bir iç dolgu malzemesi, sandviç şeklindeki yapıyı başlatabilmek için kullanılmaktadır. Daha sonra yiyecek ile temas edecek kısmı oluşturacak ve genellikle Amerikan Yiyecek ve İlaç Kuruluşu (FDA) tarafından onaylanmış malzemeler ile iç kısım oluşturulur. Dış tarafa gelecek kısım ise, üzerine yazı yazılmasına, soğuk yada sıcak damgaya izin veren bir malzeme tarafından kaplanır.

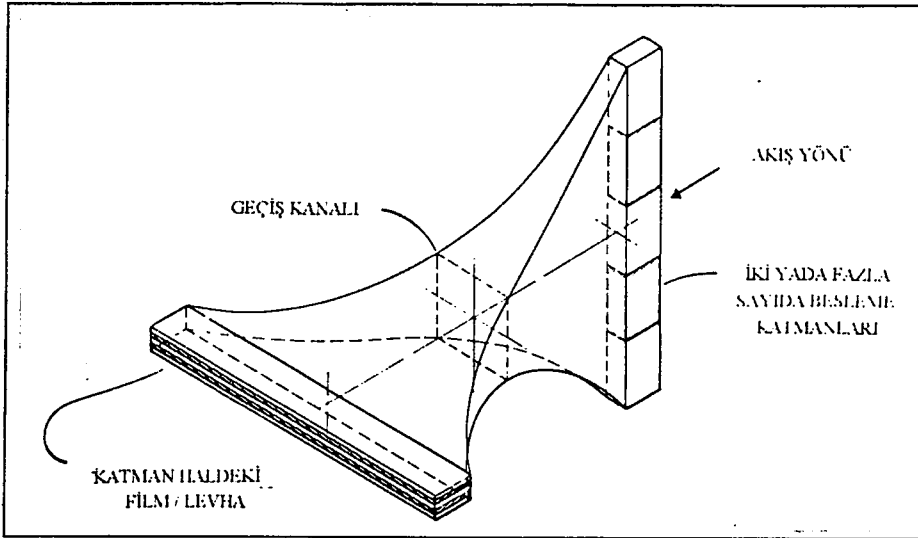
Koekstrüzyon işleminde, ekstrude edilecek her çeşit malzeme için ayrı bir ekstrüdere yada basma ünitesine ihtiyaç vardır. Ergiyikler tek bir kalıp boşluğunda biraraya getirilirler.



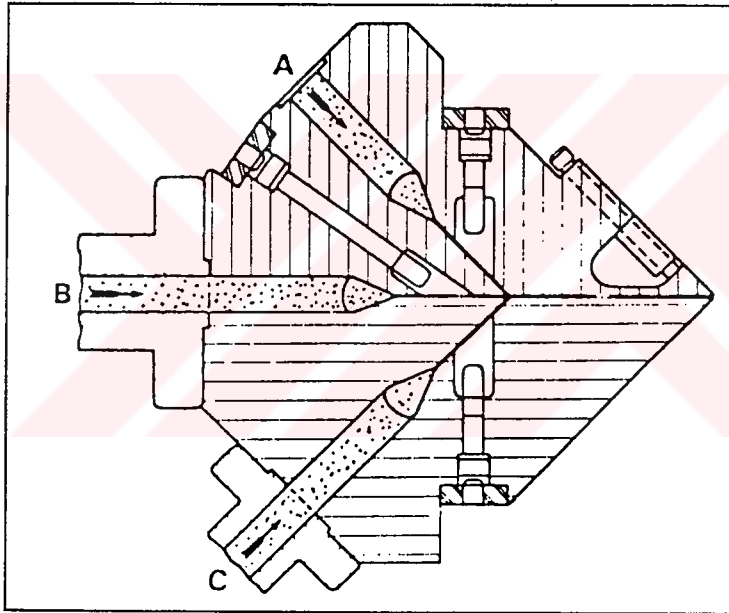
Şekil 3.45. Balık kuyruğu tipi koekstrüzyon matrisi

Levha ekstrüzyonu için ise birbirinden farklı matrislerin kullanıldığı iki yöntem yaygındır. Söz edilen iki yöntemden birisi Şekil 3.45'te görülmektedir. Ergiyik malzemelerin birleştiği noktadan itibaren balık kuyruğu şekline sahip matris dizaynı çok katmanlı mamüller elde etmek için malzemeleri yaymakta kullanılır.

Şekil 10.26'da ise şematik olarak işlem gösterilmektedir. Burada iki çeşit malzeme için dizayn yapılmıştır ama katman sayısı ergiyik malzemeyi matris boşluğuna ileten sevk kanallarının sayısına bağlı olarak değişmektedir. Katmanların kalınlığında yine bu kanallardan geçen ergiyiğin kesiti ile doğru orantılıdır. Sabit katman kalınlıkları elde etmek isteniliyorsa matris dizaynının çok dikkatli yapılması gerekmektedir. Çok başarılı ekstrüzyon işlemleri için iç yapıları ve davranışları birbirlerine yakın malzemelerin kullanılması gereklidir.



Şekil 3.46. Çok katmanlı levha-film imalatında tek manifoldlu matris kullanılması



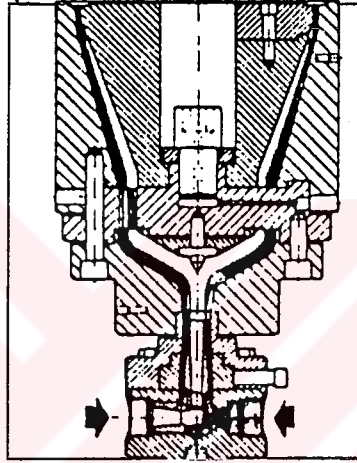
Şekil 3.47. Üç manifoldlu (A, B, C) koekstrüzyon matrisi

Yukarıda anlatıldığı gibi beslemenin tek kanaldan yapıldığı sistemin başarıyla kullanılmadığı durumlarda, koekstrüzyon için bağımsız manifoldların ve ayrı iletme kanallarının kullanıldığı dizaynlar tercih edilebilmektedir. Şekil 3.47'de bu dizayn görülmektedir.

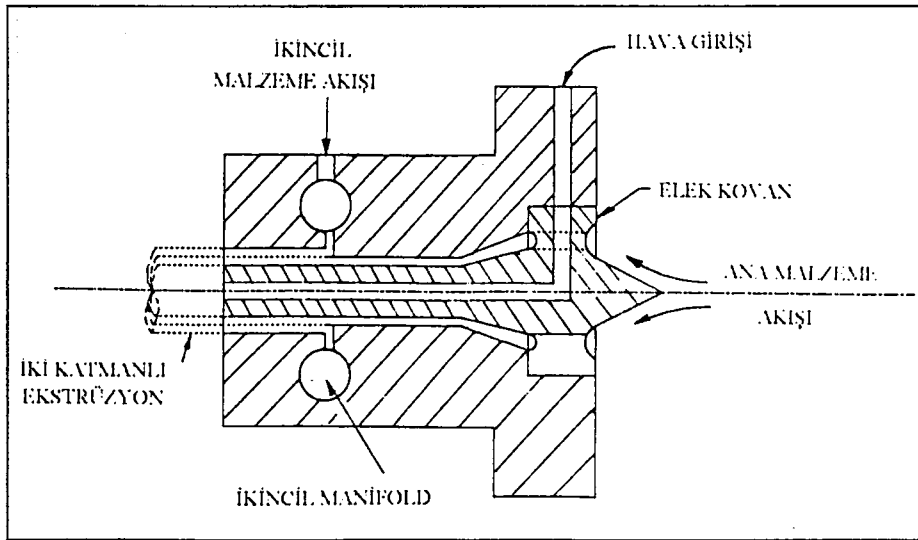
Bu yöntem ilk yöntemle göre imalat açısından daha pahalı bir sistem olsada özellikle birbirinden çok farklı fiziksel ve kimyasal yapıya sahip malzemelerin koekstrüzyonunda çok manifoldlu dizaynın kullanılması zorunlu olabilmektedir.

Üfleme film, dökme film, boru ve kablo kaplama işlemleri içinde koekstrüzyon uygulamalarında değişik matris dizaynları gerekebilmektedir. Şekil 3.48’de koekstrüzyon ile üfleme film imalatı için kullanılan bir matris dizaynı görülmektedir.

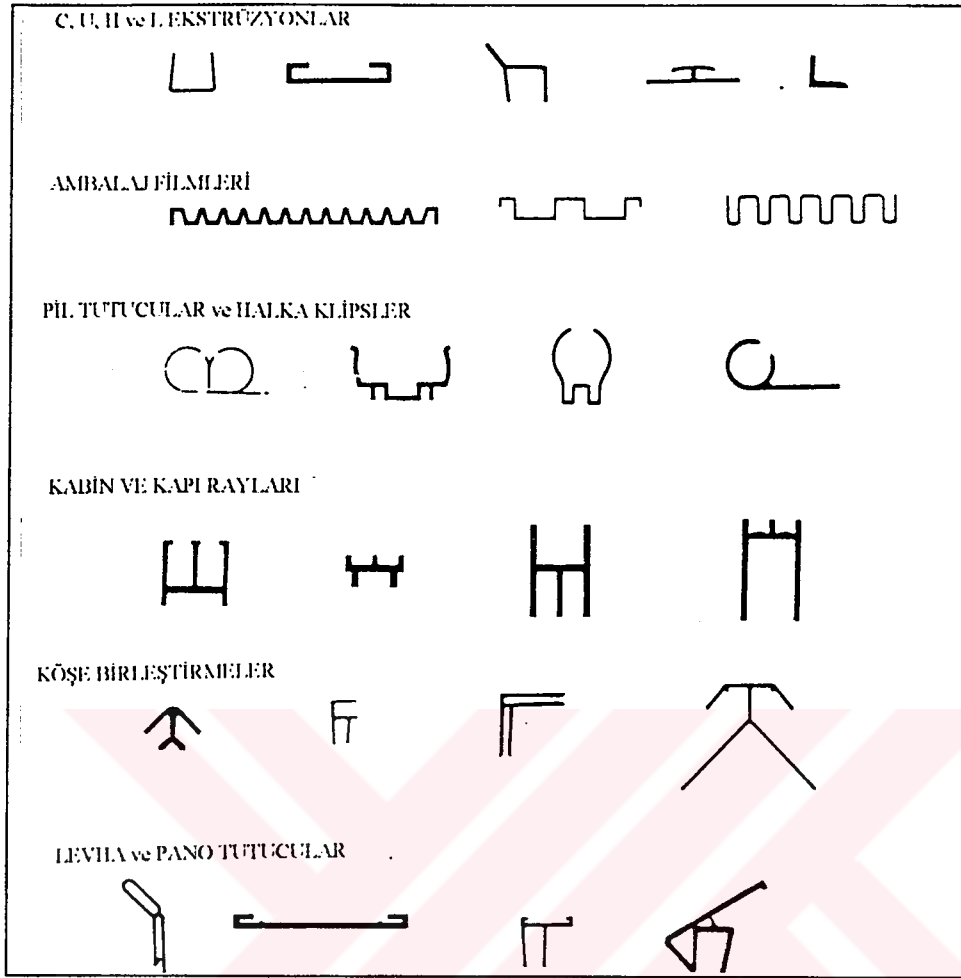
Şekil 3.49’da ise koekstrüzyon ile boru ve hortum imalatı için kullanılan matrislere bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 3.48. Film koekstrüzyon matrisi



Şekil 3.49. Boru-hortum imalatında kullanılan koekstrüzyon matrisi

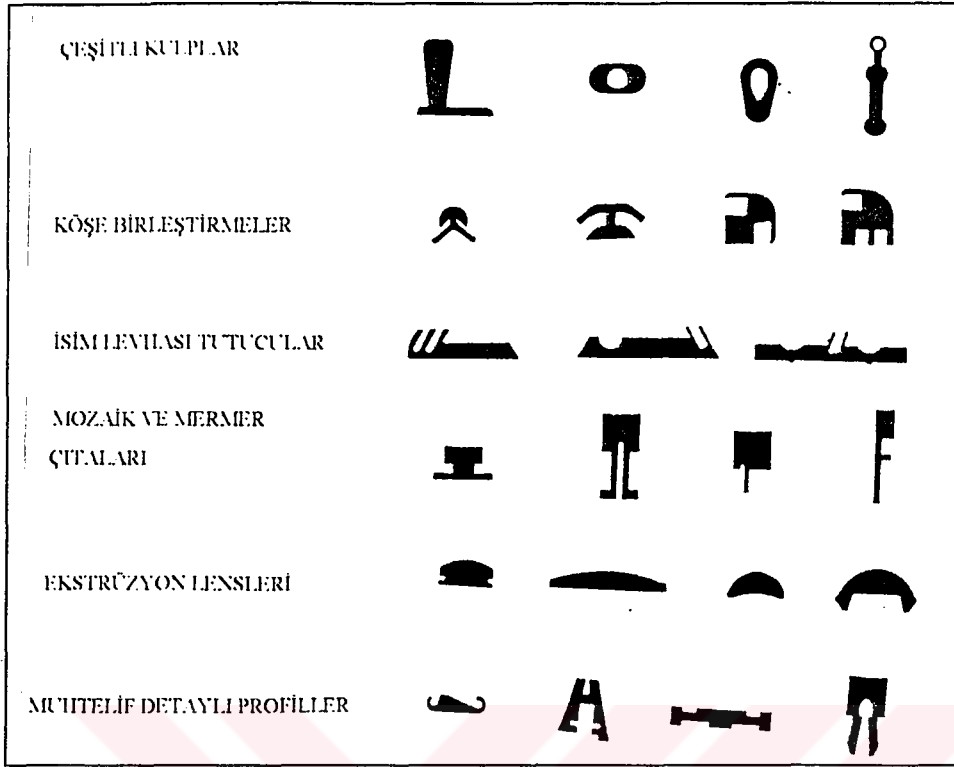


Şekil 3.50. Yaygın olarak kullanılan ekstrüzyon mamulleri

3.3.2.3.6. Profil Ekstrüzyon Matrisleri

Profil ekstrüzyonu, belirli şekil yada kalıplara girmeyen (levha, boru) mamüllerin ekstrüzyonu olarak tanımlanabilir. Profiller şekil itibarıyla sınırlandırılmayan malzemelerdir. Bunlardan bazıları Şekil 3.50 ve 3.51’de gösterilmektedir.

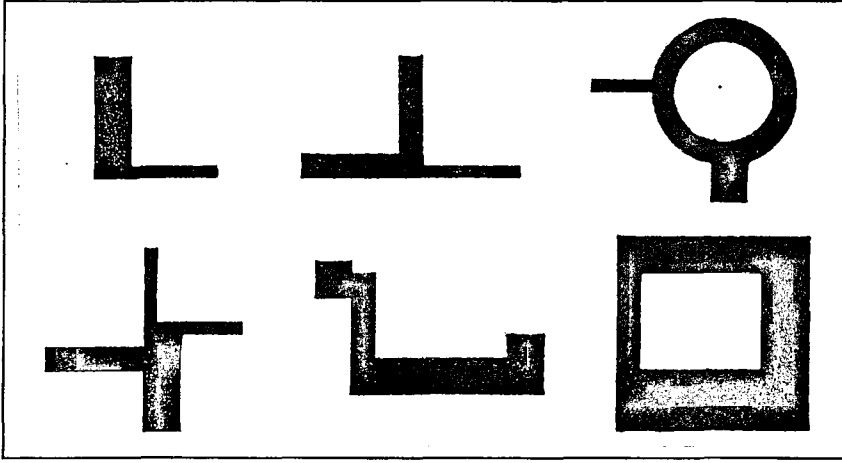
Bu şekillerin elde edilmelerinde kullanılan matrisler, son boyutların verilmesinde kullanılan yardımcı ekipmanlar ve matris dizayn karakteristikleri (akış, güç vs.) önceki bölümlerde anlatılmıştır. Bununla birlikte profil matrislerinde oluşan malzeme akışı çok daha kompleks bir yapıya sahiptir ve matrislerin dizaynında bu sebeple çok daha teferruatlıdır.



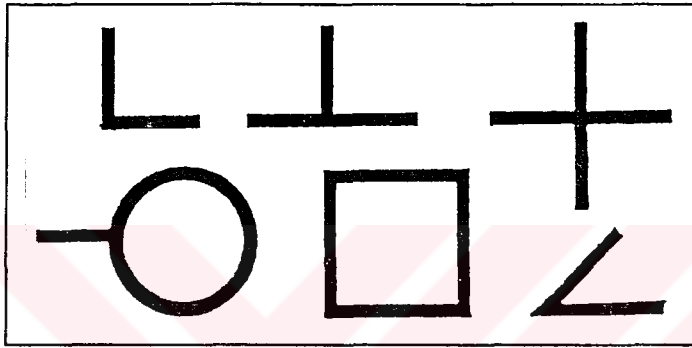
Şekil 3.51. Ağır gramajlı ekstrüzyon mamulleri

Profil matrisleri iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Bu kategorilerin tesbitinde esas malzemenin matris içerisindeki akış şekli olmaktadır.

Birinci kategoride, matris içerisinde ekstrüzyonla aynı yönde meydana gelen tek yönlü akış gerçekleşmektedir. İkinci kategoride ise, az rastlanmakla birlikte, ekstrüzyon yönüne zıt yönde meydana gelen akışlarında gözlendiği iki yönlü akış gerçekleşmektedir. Tek yönlü akışın meydana geldiği birinci kategorideki matrislerde genişlik:kalınlık oranı 10:1 yada yukarısı, ortalama ekstrüzyon kalınlığı ise 2,5 mm. (0,10 in.) olmaktadır. Ekstrude edilen malzeme ve kimyasal yapısı ne olursa olsun bu bahsedilen oranlar, matris içerisindeki akışın ekstrüzyon yönünde olduğunun göstergesidir. Ekstrüzyonda mamül kalınlığı artarsa, yada genişlik:kalınlık oranı düşerse, yada mamül kalınlığı her cidarda standart değilse o zaman matris içerisindeki uniform olmayan akışlardan söz edilebilir ve matriste ikinci kategoriden bir matris olur.

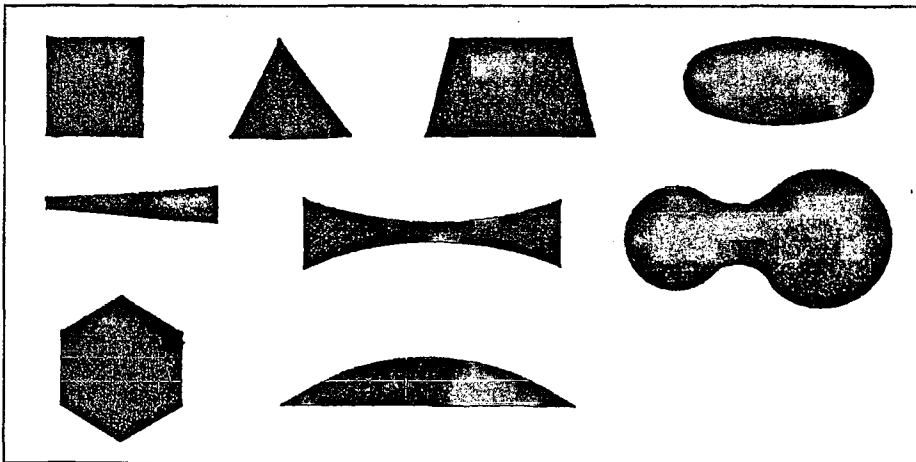


Şekil 3.52. Matris içinde farklı hızlarda akışla elde edilen mamuller

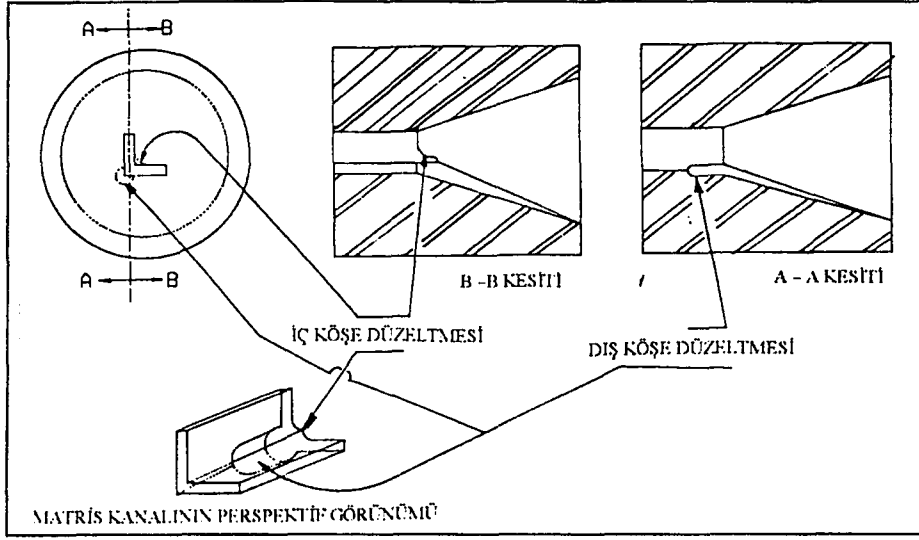


Şekil 3.53. Matris içinde aynı hızda akışla elde edilen mamuller

Şekil 3.52, 3.53, 3.54'te bir ve iki yönlü akışın meydana geldiği matrislerle elde edilen mamuller görülmektedir. Şekil 3.55'te ise özel bir tek yönlü akış matrisi gösterilmektedir. Şimdi kısaca bu matrisin dizayn esaslarına bakalım.

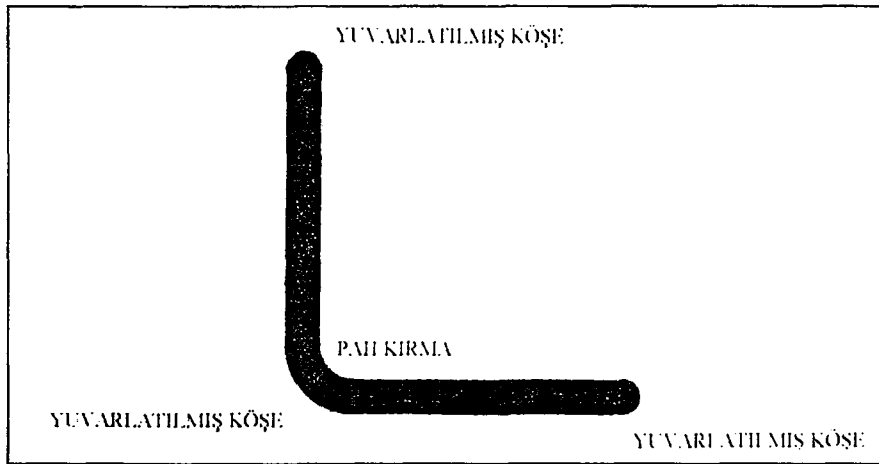


Şekil 3.54. Matris içinde değişken hızda akışla elde edilen mamuller



Şekil 3.55. Eşit bacaklara sahip olmayan mamül için ekstrüzyon matrisi düzeltilmesi

Bu şekli bir “açıya” benzetebiliriz. Ekstrüde edilen malzemeyi de PVC yada ABS olarak kabul edelim, çünkü bu malzemeler profil ekstrüzyonu esnasında beklenmeyen davranışlar pek göstermezler. Bu malzemelerin akış karakteristikleri ile ilgili, deneme yol vermesi yapılabilecek bir matris dizaynı gerçekleştirebilecek kadar bilgiye sahip bulunmaktadır. Eğer matris ilk dizayn edildiği haliyle üretime devam edilirse, matris çıkışında oluşabilecek malzeme uzaması yada şişmesi ile, doğru olmayan bir dizayn elde etme imkanı vardır. Bu nedenle bazı düzeltmelere gidilebilir.



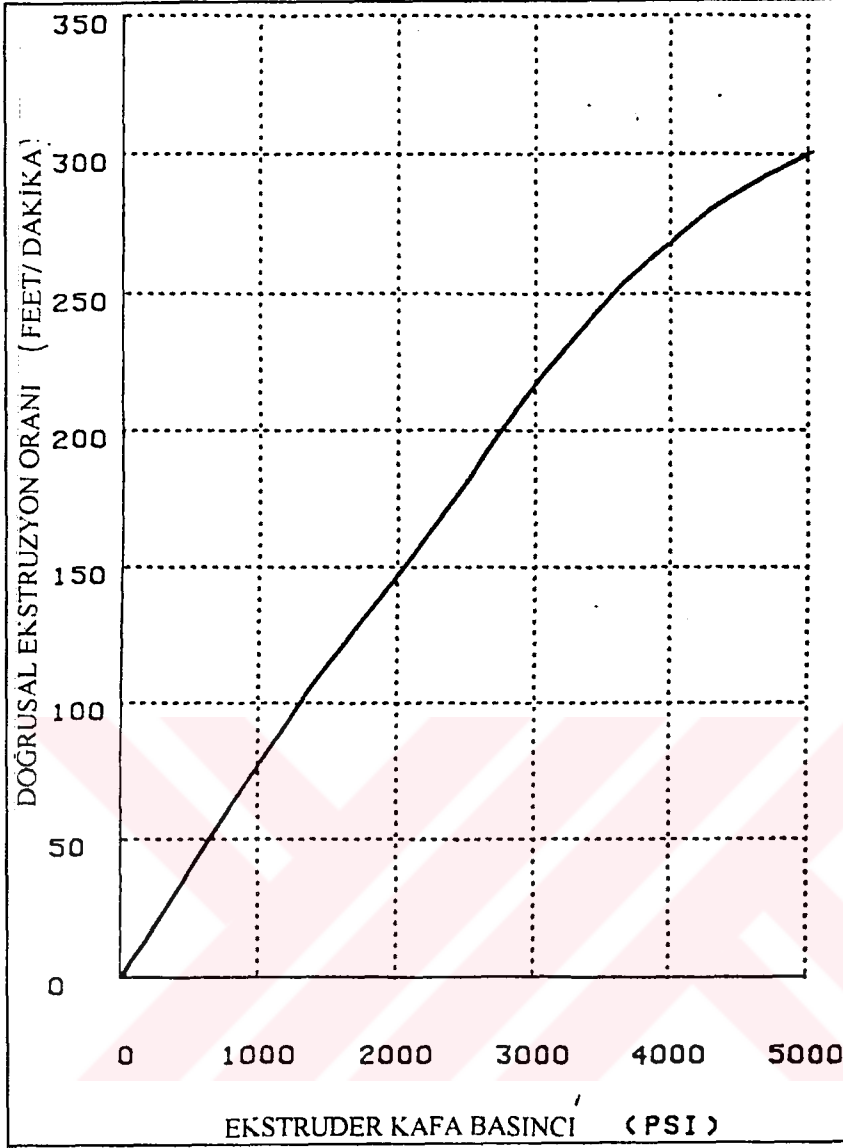
Şekil 3.56. Düzeltmelerden sonra elde edilen mamül

Şekil 3.56'da, Şekil 3.55'te yapılan bazı yuvarlatma düzeltmeleri ile elde edilen şekil görülmektedir. Her iki bacağın uc kısmındaki yuvarlaklıklar malzemenin ekstrüzyon sonrası soğumasıyla oluşan çekme nedeniyle meydana gelmektedir. Yapılabilecek düzeltmelerden birisi de dik açılı köşenin iç ve dış köşeden yuvarlatılması olacaktır. İç köşedeki yuvarlatmanın sebebi, büyük akış oranı nedeniyle oluşan azalmış çekme miktarlarıdır. Dış köşedeki yuvarlatmanın sebebi de yine aynıdır.

Matris üzerinde yapılan ve Şekil 3.55'te gösterilen düzeltmeler ile akış oranlarında değiştirilmektedir.

Genellikle matristeki ana kanalın uzunluğu, mamül cidar kalınlığının 10-20 katı büyüklüğünde olabilmektedir, bu da $L:D=10:1 - 20:1$ gibi oranlar elde etmemiz demektir. Normalde matris imalatı gerçekleştiren firmaların büyük çoğunluğu, kendi pratik çalışmaları ve teorik uygulamaları sonucu değişik malzemeler için değişik L:D oranları elde etmektedirler. Örneğin rijit PVC ekstrude edilmesi esnasında köşe düzeltmeleri 3,175 mm. (0,125 in.) mertebelerinde, genişletmeler ise ana kanal boyutunun % 30'u civarlarında, bacakların uçlarında gerçekleştirilmektedir. Dik açılı köşelerde ise bu değerler 6,35 mm. (0,25 in.) ve % 25 - 40 olmaktadır. Genişletmenin gerçek değeri, mamül cidar kalınlığının tam değerini almasıyla elde edilecektir. Bu esnada dikkate alınması gereken noktada mamülün cidar kalınlığı arttıkça genişletmenin % miktarı artacaktır.

En önemli nokta matris üzerinde bu oynamaların yapılabilmesi için malzemenin fiziksel, kimyasal özelliklerinin bilinmesi gereğidir. Test matrisleri, deneme amaçlı olarak değişken sıcaklık, basınç ve hız değerlerine tabi tutulurlar. Şekil 3.57'de böyle bir test deneme sonucu elde edilen ekstrüzyon oranı-kafa basıncı grafiği verilmektedir. Şekil 3.58'de ise böyle bir denemenin yapıldığı düzenek şematik olarak verilmektedir. Önceleri kullanılan bu deneme tertibatları ile elde edilen değerler gerçekten önemli bilgiler olmaktadır. Fakat bilgisayar teknolojisinin yaygınlaşmasıyla yapılan hesaplamalar kısalmış ve basitleşmiştir.

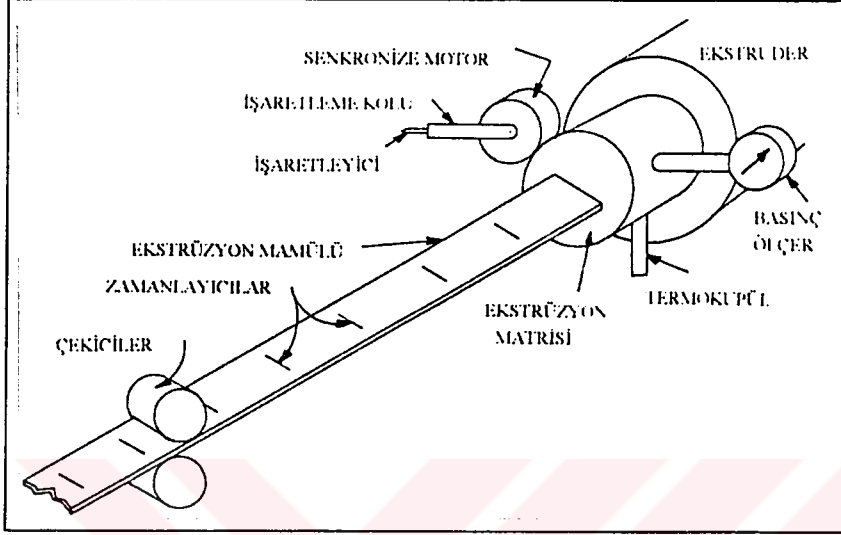


Şekil 3.57. Doğrusal ekstrüzyon oranı-Ekstrüder kafa basıncı grafiği (PVC, 310°F)

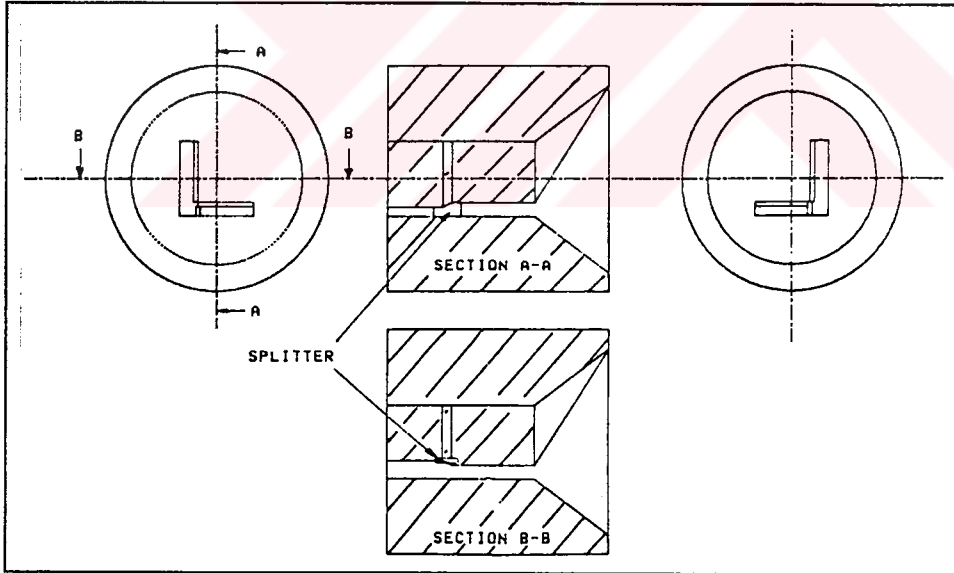
İki boyutlu matrislerin dizaynı, içeride meydana gelen ters akışlar nedeniyle çok daha zordur. Çünkü matris içerisinde oluşan ters akıntılar, yukarıda anlatılan dik açılı bir köşe ekstrüzyonundan çok daha tesbiti zor sonuçlar doğurmaktadır. Şekil 3.59'da gösterilen ve birbirine eşit olamayan iki bacağına sahip mamül matrisi bu tip matrislere örnek gösterilebilir.

Akışın kontrol altına alınması, ince bacağına ait akış kanalının genişletilip, bir akış kısıcı yada bloke edici elemanın kalın bacağına ait kanalda kullanılmasıyla mümkün olabilmektedir. Her iki kanaldaki malzemenin akış oranının kesinlikle cidar kalınlığı ile orantılı olması gerekmektedir. Ana kanılın uzunluğu ise tekyönlü akışlı matrisin dizaynında

kullanılan prensiplerle hesaplanabilmektedir. Yine bacalarda yapılması muhtemel düzeltmelerde yukarıda anlatıldığı gibi yapılabilmektedir. Açılı köşelerdeki düzeltmeler ise oluşabilecek ters akıntılar nedeniyle nispeten daha zordur. En çok kullanılan şekli ile deneme yanılma yöntemi düzeltmeler için uygundur.



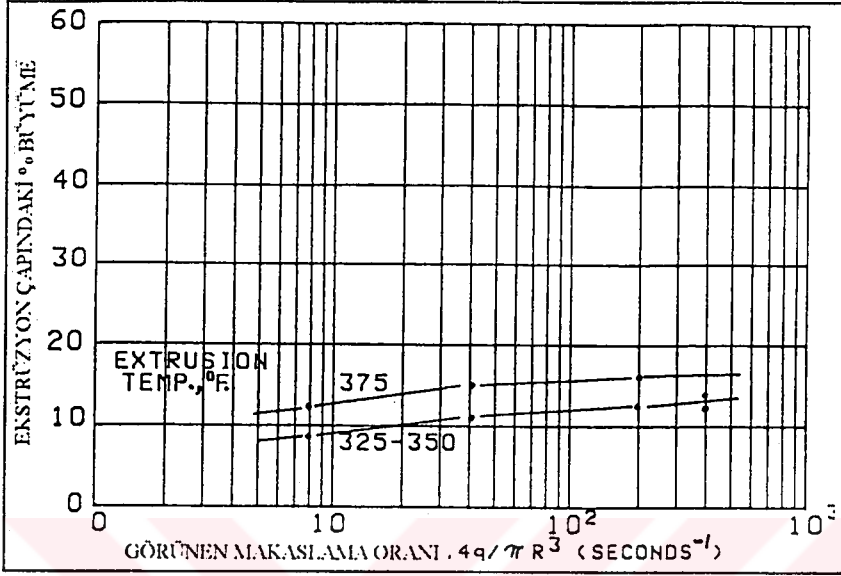
Şekil 3.58. Ekstrüzyon oranı test düzeneği



Şekil 3.59. Eş bacaklara sahip olmayan mamül matrisi kesiti

Yada Şekil 3.60'da gösterilen bir akış kesicinin kullanılması en iyi yaklaşım olacaktır. Akış kesicinin kullanılmasının sebebi her iki bacağın bağımsız birer akış şeklinde davranmalarının sağlanmasıdır. Kullanılan kesicinin uzunluğu ince bacağın kalınlığının iki yada üç katı olarak kabul edilebilmektedir. Bu yöntemle açılı köşede yapılması düşüncülen

düzeltilmeler, bacakların ucunda yapılması olası düzeltilmeler ile aynı yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir. Kesicinin akışta sağladığı kısma etkisi aynı zamanda daha keskin köşeli bir kenarın elde edilmesini sağlayacaktır.



Şekil 3.60. Akış kesici kullanılması durumunda görülen makaslama oranı

Matrisin hemen çıkışında oluşan malzeme kabarması profil matrisi dizaynını karmaşık bir hale getirmektedir. Bu kabarma ekstrude edilen malzemenin her yönünde gözlenir. Profilin boyutları çekmenin artırılması ile her ne kadar düzeltilmeye çalışılsa da, bu kabarmanın olumsuz etkisinin tamamıyla ortadan kaldırmamaktadır. Şekil 3.60'ta çapsal olarak % 9 - 18 arasında kabarma, bir PVC malzeme için eğrisel olarak gösterilmektedir. Kabarma oranının miktarının belirlenmesinde makaslama kuvvetleri rol oynamaktadır. Makaslama kuvvetleride matris içerisindeki ana kanalın derinliği ile orantılıdır. Yukarıda verilen açı şeklindeki parçada olduğu gibi, boyutsal farklılıklar ve bunun makaslama kuvvetleri üzerindeki etkilerinden dolayı, makaslama kuvvetleri genişlikte, kalınlığa oranla daha azdır. Malzemenin kabarması ekstrude edilen parçanın her boyutunda sabit oranda gerçekleşmektedir. Çekici tarafından gerçekleştirilen malzeme boyutlarındaki çekme düşmesi de yine sabit oranlarda olmaktadır. Yani sonuç olarak diyebilirizki, ekstrude edilen parçaya son boyutlarını çekme düşmesi vermektedir. Yine de matrisi dizayn edecek kişi, bu kabarma olayını dikkate almalı ve orifis kısmının dizaynını buna göre gerçekleştirmelidir.

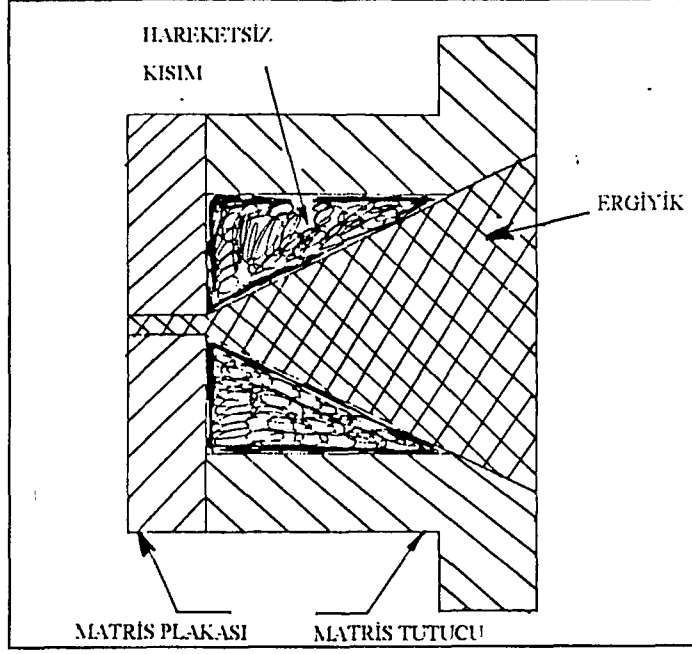
Matris dizaynı ekstrude edilecek profil malzemelerinin çeşitine göre bazı yaklaşımlarla yapılmaktadır. Malzeme sınıfını değiştirmek yada değişik karışım oranları seçmek, ekstrüde edilen malzemenin şekline ve boyutuna doğrudan etki etmektedir. Ekstrüzyon oranının değiştirilmesi de mamule etki etmektedir. Ekstrüzyon oranı makaslama kuvvetleri ile bağımlıdır. Makaslama kuvvetlerinde meydana gelen değişiklikler akış oranlarını değiştirmektedir ve buna matris orifisini terkeden mamülün şeklinin değişmesiyle sonuçlanmaktadır. Matris dizayn eden kişi ekstrüder operatörleri ile işbirliği içinde olmalı ve operasyon parametrelerinde olabilecek değişiklikler hakkında önceden bilgi edinmeli ve buna göre dizaynını yapmalıdır.

Bir matrisin dizaynı için bilinen en iyi metod, matrisi normalde olacağı gibi, üretilen mamülün malzemesi ile test etmek ve zaman, sıcaklık ve basınç gibi değişik imalat şartları altında testler yapmaktır. Ekstrüderler arasında olabilecek küçük farklılıklarda tabiki mamülü etkilemektedir. Ne olursa olsun matristeki son düzeltmeler, bütün yukarıda sayılan denemeler sonuçlandırıldıktan sonra yapılmalıdır.

Çizelge 3.7'de profil ekstrüzyonunda en çok kullanılan malzemelerin birbirlerine oranla hangi kolaylıkta ekstrude edildikleri gösterilmektedir. Her ne kadar bazı malzemeler sıcaklık ve basınç değişikliklerine karşı hassas olsalar da, tavsiye edilen, uygulama ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde işlenebilir malzemelerin seçilmesidir. Zor şekiller yada işlenmesi zor malzemeler sadece bol zaman yada imkanın bulunduğu yada başka hiçbir alternatif kalmadığı zaman kullanılmalıdır.

Matris dizaynında dikkate alınması gerekli noktalardan biriside, matris orifisindeki malzeme akışıdır. Isıya dayanıklı plastiklerin ekstrüzyonu ve kısa çalıştırmalar gibi bazı durumlarda matris plakası tutucuya bağlanır ve öyle çalışılır. Tam bu birleşme yüzeyinde kayde değer miktarda malzeme köşelere toplanabilmektedir. Şekil 3.61'de en çok kullanılan üç çeşit malzeme için bu durum gösterilmektedir.

En iyi yaklaşım ekstrüzyonda malzeme akışının çizgilerle temsil edildiği yöntemdir. Çizgilerin çeşiti kullanılan malzemeye ve ekstrüzyon oranına göre değişiklik gösterecektir.

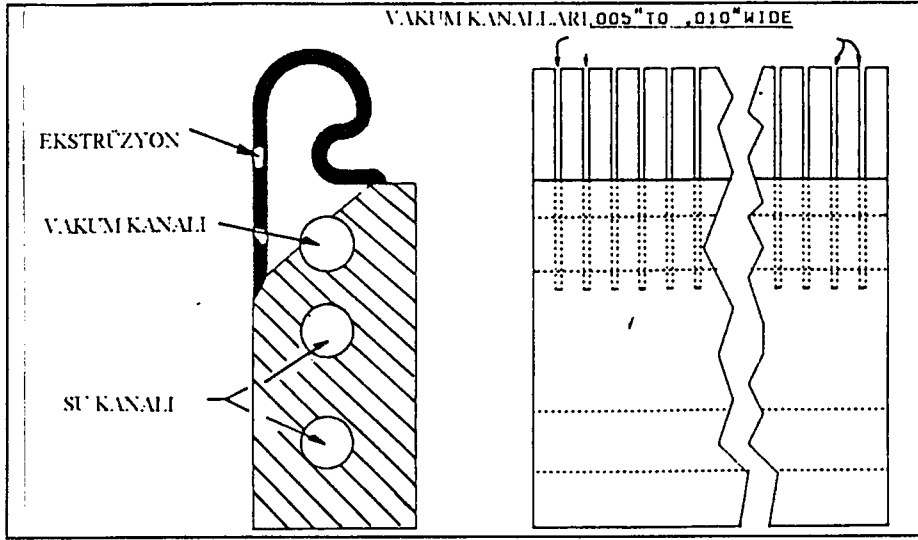


Şekil 3.62. Matriste oluşan hareketsiz bölgeler

Üçüncü ve belkide en kolay uygulanan metod ise aynı malzemenin farklı iki renkte renklendirilerek peşpeşe matristen ekstrude edilmesi ve matris girişinde kalan malzemenin çıkarılarak boylamasına eksenden kesilmesidir. Böylelikle matris girişinde oluşan yığılmaların tam yeri ve miktarı rahatça gözlenebilmektedir.

Matrislerin büyük kısmında ısıtma band yada kartuş şeklindeki ısıtıcılarla yapılmaktadır. Sıcaklığın kontrolü ise termostat ve termokupüllerle sağlanmaktadır. Isıtma yönteminin seçimi ise matrisin ve imal edilecek profilin şekline göre değişiklik göstermektedir. Isıtmanın gücü, matrisi birkaç saat içerisinde istenilen sıcaklığa getirecek şekilde yüksek olmalıdır. Isıtıcıların gerekenden büyük yada küçük seçilmesi olumsuz durumlara sebep olabilmektedir. Genelde matris kendi sıcaklığına geldikten sonra, içerisinden geçen malzemeyide aynı sıcaklığa getirmektedir. Bazı konstrüksiyonlarda lokal küçük ısıtıcılarla profilin şekline de müdahale mümkün olabilmektedir.

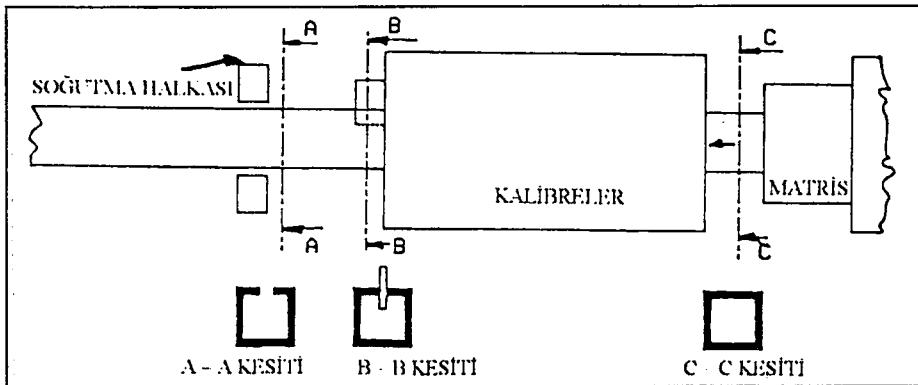
Kullanılan ekstrüzyon ekipmanlarından bazıları ise şöyledir: Isınan malzemenin sıcaklığını aynı seviyede tutmak için soğutucu fanlar kullanılmaktadır. Bu fanlar vidaların içinde bulunduğu kovana üfleme yapmaktadır. Ekstrude edilen malzemenin, kesitinde düşmeye, kullanılan çekiciler sebep olmaktadır. Mamüle esas şeklini vermekte kullanılan diğer bir ekipmanda vakumlamanın yapıldığı kalibratörlerdir (Şekil 3.63).



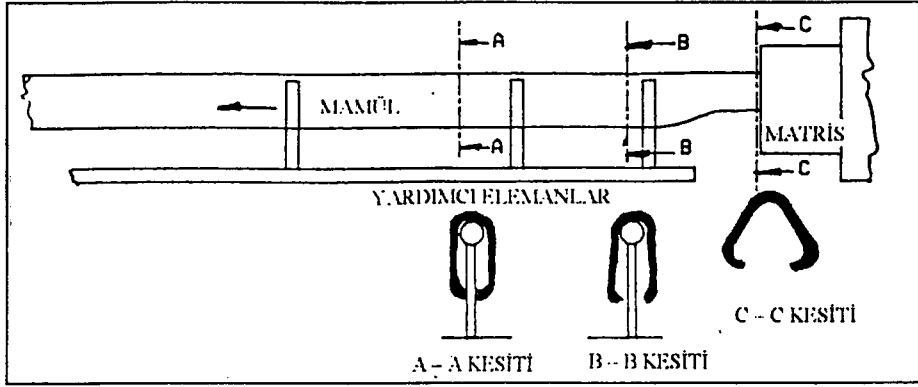
Şekil 3.63. Kalibre kalıbı kesiti

Kalibrasyon ünitelerinde genelde ısı transferine kolay imkan sağladığı için alüminyum kullanılmaktadır. Malzemenin kaymasını kolaylaştırmak için ise Teflon gibi malzemelerle kaplama uygulanabilmektedir. Kromla kaplama için pirinç ana malzeme kullanılmaktadır. Kalibratörlerin boyutsal hassasiyeti yüksek olmalıdır çünkü profile son kalıcı şekli bu kısımda verilmektedir.

Şekil 3.64 ve 3.65'te, malzeme tam rijit hale gelmeden, çökme ve göçmelerin önüne geçmek için kullanılan tertibatlar görülmektedir. Yapılan soğuk hava üfleme yardımcı bir önlem olmaktadır. Eğer daha hızlı soğutma isteniyorsa sıcak profilin üzerine soğuk su ile spreyleme yapmak ta mümkün olmaktadır.

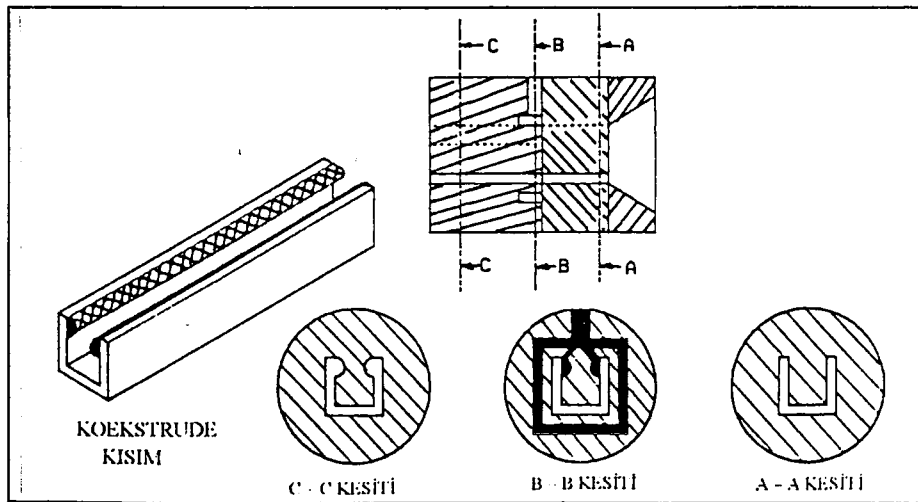


Şekil 3.64. Vakumlama ve soğutma yüzüğü kullanılan matris sonrası şekillendirme



Şekil 3.65. Destek formları kullanılan matris sonrası şekillendirme

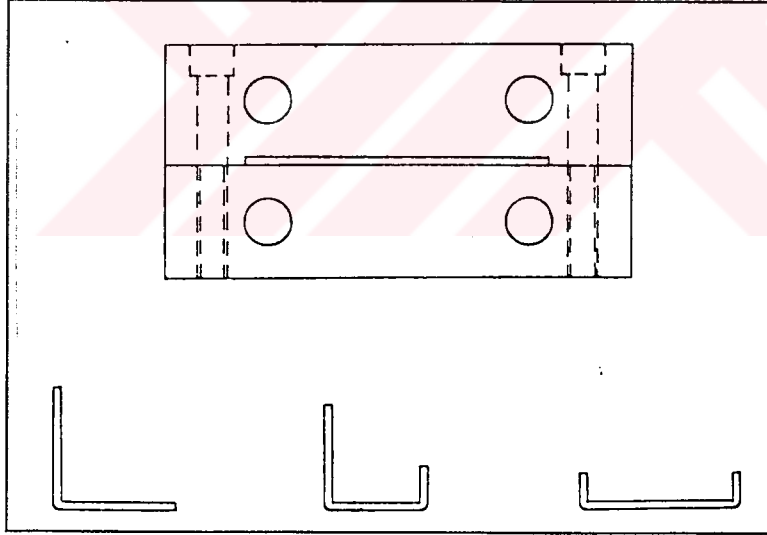
Son yıllarda daha sık kullanılmaya başlanan bir yöntemde profillerin koekstrüzyon ile üretilmektedir. Bu yöntem genellikle PVC profillere ahşap görünümü sağlamak için yapılan kaplamalarda ve sonradan elle yapılan contalama işleminin daha hızlı ve kullanışlı bir hale getirildiği, conta ve profilin birlikte ekstrude edilmesinde kullanılmaktadır. Koekstrüzyon işlemi ile ilgili teferruathı bilgi önceki bölümlerde verilmiştir. Koekstrüzyon işlemindeki temel prensip plastik malzemenin ısıtılınca gösterdiği birbirine yapışma eğilimidir. Eğer kullanılan malzemeler birbirlerine yapışma özelliğini yeterince göstermezler ise bu seferde yüzeyler arasına birbirini tutan üçüncü tür bir malzemenin ekstrüzyonuna yönelinebilir. Koekstrüzyon işlemi için genelde kullanılan ikili malzemeler rijit yada esnek PVC'dir. Şekil 3.66'da bu uygulamaya bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 3.66. Üç parçadan yapılmış matris detayı

Bunlarla birlikte zımbalama ve markalama gibi bazı işlemlerde ekstrüzyon hatlarında gerçekleştirilebilmektedir. Bu aslında matrisi dizayn eden kişilerin hesaba katacağı bir olgu değildir. Bu işlemler sadece sonradan ayrı ayrı yapıldıkları takdirde meydana gelecek zaman kaybının önüne geçmek için birlikte planlanarak yapılmalıdır. Bu tip yardımcı ekipmanlarda genellikle elde edilen mamül ile senkronizasyonun sağlanması için çekicinin üzerine monte edilirler.

Profil matrislerinde, levha-film ve boru-hortum matrislerinde olduğu gibi çok çeşitli malzemeler kullanılabilir. 410 serisi ve SAE 4140 tipi yarı paslanmaz ve paslanmaz çelikler bunlardan bazılarıdır. Korozif plastik malzemelerle uzun çalışmaların yapılacağı uygulamalarda ise 18-8 yada 17-5 PH çelikler kullanılmaktadır. Matrisler sıklıkla aşınmanın ve paslanmanın önüne geçmek için bazı yardımcı malzemelerle kaplanırlar. Nikel ve krom en çok kullanılan kaplama malzemeleridir. Neodex gibi bazı özel malzemeler ise matrislere çok uzun ömür sağlamak için kaplamada kullanılabilirler. Tufram gibi malzemeler ise genellikle kalibrasyon kısımlarında kaydırıcılığı arttırmak için kullanılmaktadırlar.



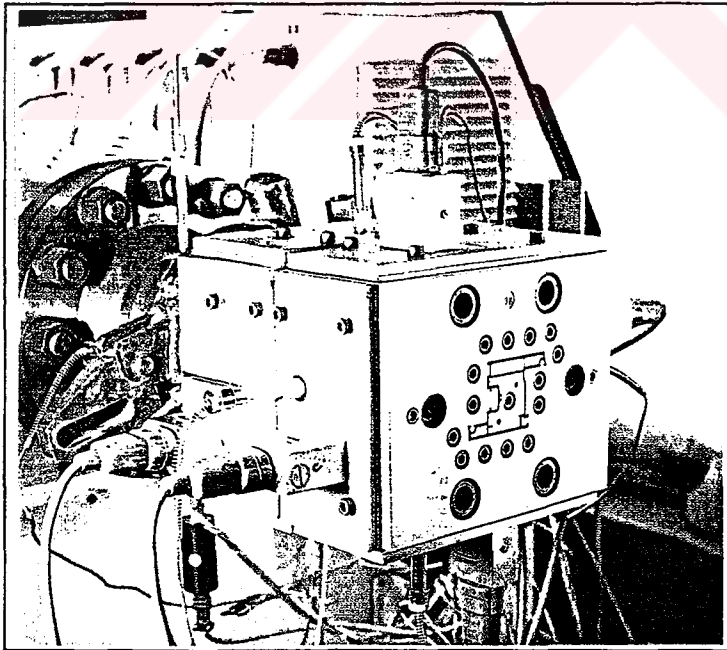
Şekil 3.67. Yarımamül ekstrüde eden bir matris

Profil matrislerinin imalatında konvansiyonel tezgahların yanısıra tel erozyon ve elektroerozyon gibi tezgahalarda kullanılmaktadır. Şekil 3.67'de konvansiyonel yöntemlerle imal edilen ve civata somun bağlantılarıyla birleştirilen bir matris görülmektedir. Matristen düz bir levha halinde çıkan yarı mamüle, çekici kısmında son hali verilmektedir. Şu anki eğilim matrislerin orifis kısımlarının tel erozyon ile işlenmesinden

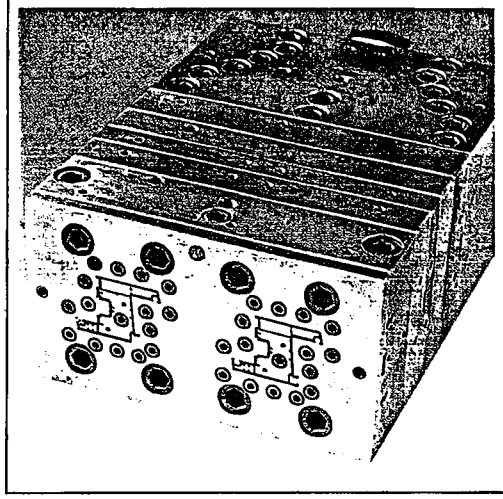
yanadır. Bunun sebebi uzun kanalların kolayca açılabilmesi ve imalattan sonra yapılması muhtemel düzeltmeleri kolaylaştırmasıdır. Daha öncede değinildiği gibi düzeltmeler için yeterli miktarda imkan sağlayacak şekilde dizaynlar yapılmalıdır. Sınır değerlerinde yapılan matris boyutlandırmaları risklidir çünkü bir matristen malzeme kaldırmak her zaman için malzeme kaynalamaktan sağlıklı ve kolay olmaktadır.

Matrislerin dizaynı büyük ölçüde onların işlenmesinde kullanılan tezgahların işleme kabiliyetleri ile sınırlıdır. Nümerik kontrollü normal yada zıt yönlü frezeleme de şu anda yaygın olarak kullanılmaktadır. Matris dizayn eden kişilerin kesinlikle tezgahların işleme kabiliyetleri hakkında bilgi sahibi olmaları gereklidir.

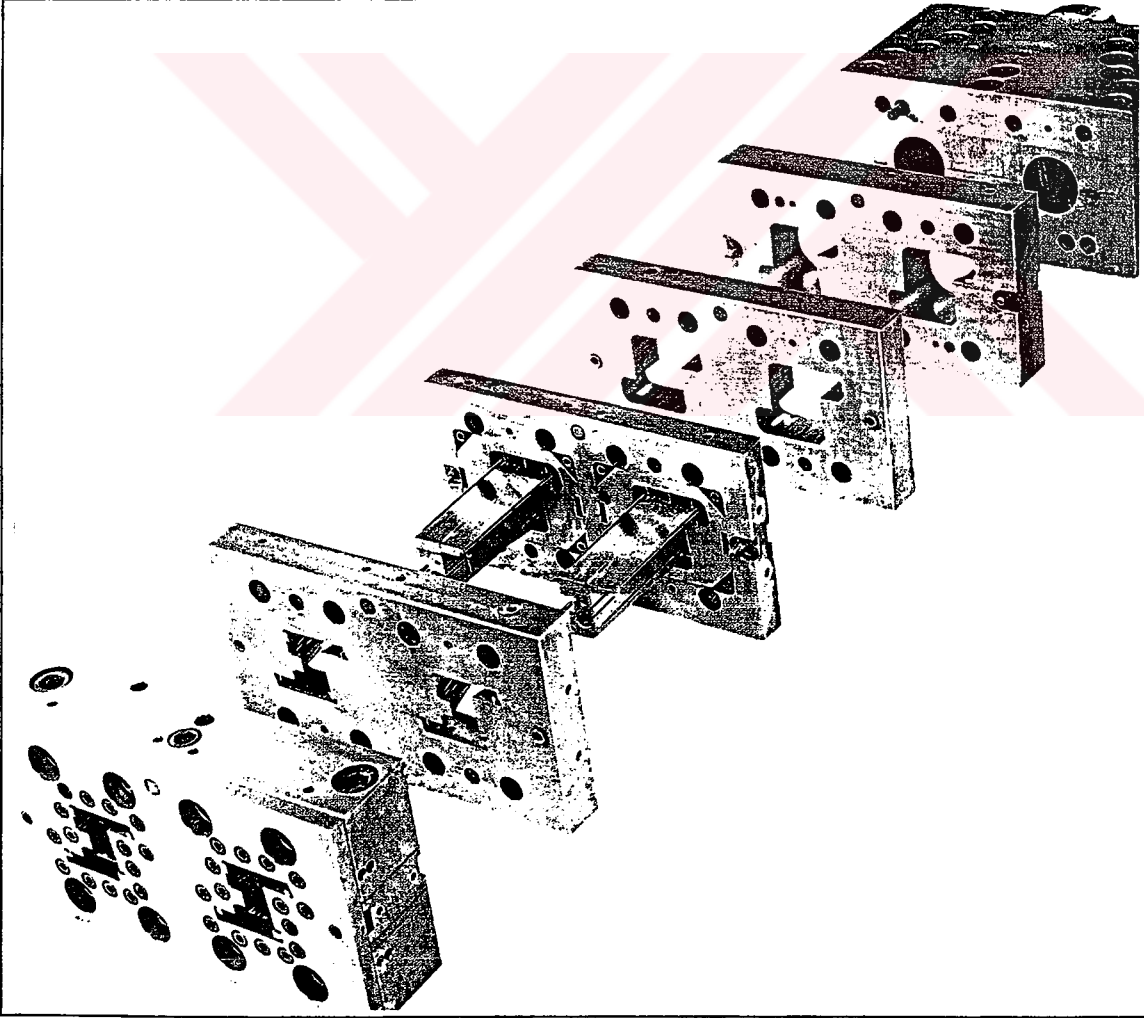
Şekil 3.68'de, ekstrüder üzerinde bağlantısı yapılmış, band ısıtıcıları üzerine takılmış ve elektrik bağlantıları tamam bir matris görülmektedir. Matris bu haliyle tamamen ekstrüzyona hazır bir halde bulunmaktadır. Bu resimde band ısıtıcıların elektrik bağlantıları ve termokupüller ayrıntılı bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3.68. Ekstrüzyona hazır matris



Şekil 3.69. Bir ekstrüzyon matrisinin yalın hali



Şekil 3.70. bir ekstrüzyon matrisinin parçalarına ayrılmış hali

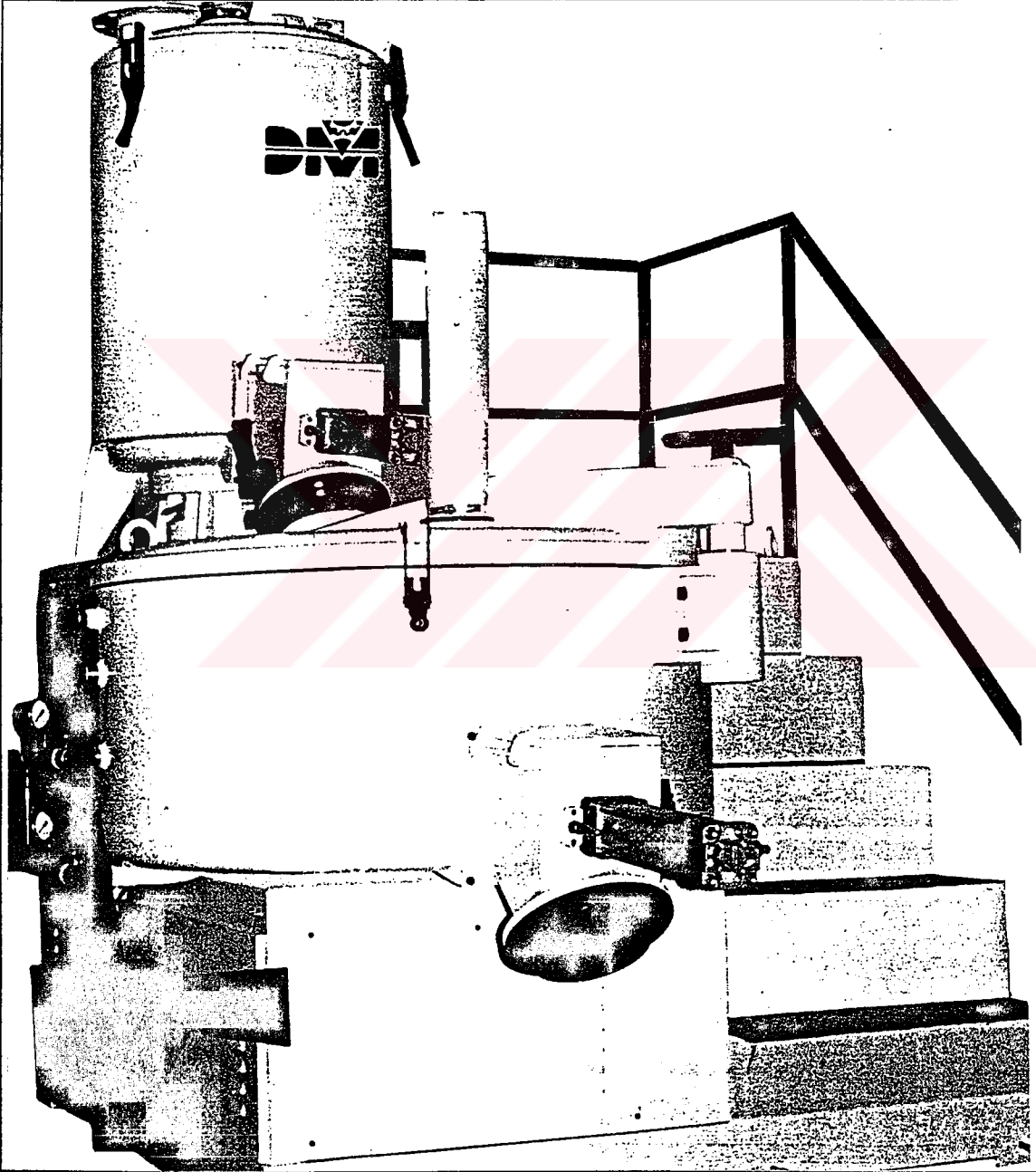
Matris, civata somun bağlantıları ile ekstrüderdeki flanştan söküldükten sonra, düzgün bir yüzeye alınır ve üzerindeki band ısıtıcılarda ayrılırsa, profil ekstrüzyon matrisi Şekil 3.69'daki halini almaktadır. İki matris arasındaki tek fark ise Şekil 3.68'deki matrisin tek kafa ekstrüzyon olarak tabir edilen ve genelde kullanılan, tek sıra mamül ekstrüzyonuna imkan veren bir dizayn olmasıdır. Şekil 3.69'daki matris ise aynı mamülün iki sıralı ekstrüzyonuna imkan vermektedir.

Daha öncede değinildiği gibi matrisler aslında birden çok parçadan imal edilirler. Bunun başlıca sebepleri imalat ve bakım kolaylığının sağlanmasıdır. Bir pencere kanat profiline ait olan bu matrisin temel parçalarına ayrılmış hali ise Şekil 3.70'de görülmektedir (Technoplast).



3.3.3. Mikser

Mikserin görevi profil imalatında kullanılacak hammadde karışımının hazırlanmasını sağlamaktır (Şekil 3.71). Mikser esas itibarı ile iki kısımdan oluşmaktadır. Soğuk mikser ve sıcak mikser.



Şekil 3.71. Mikser

Sıcak mikser kısmında, her fabrikanın kendi bünyesinde gizli olarak bulunan formülasyondaki oranda yapılan hammadde şarjının 120°C civarında ısıtılarak karıştırılması sağlanır. Karıştırılan bu maddeler özellik itibarıyla:

- Ana hammadde, PVC
- Stabilizatör
- Beyazlık verici, TiO_2
- Dolgunluk verici, CaCO_2
- Darbe mukavemeti verici
- Renklendirici
- Proses kolaylaştıran, kaydırıcı olabilmektedir.

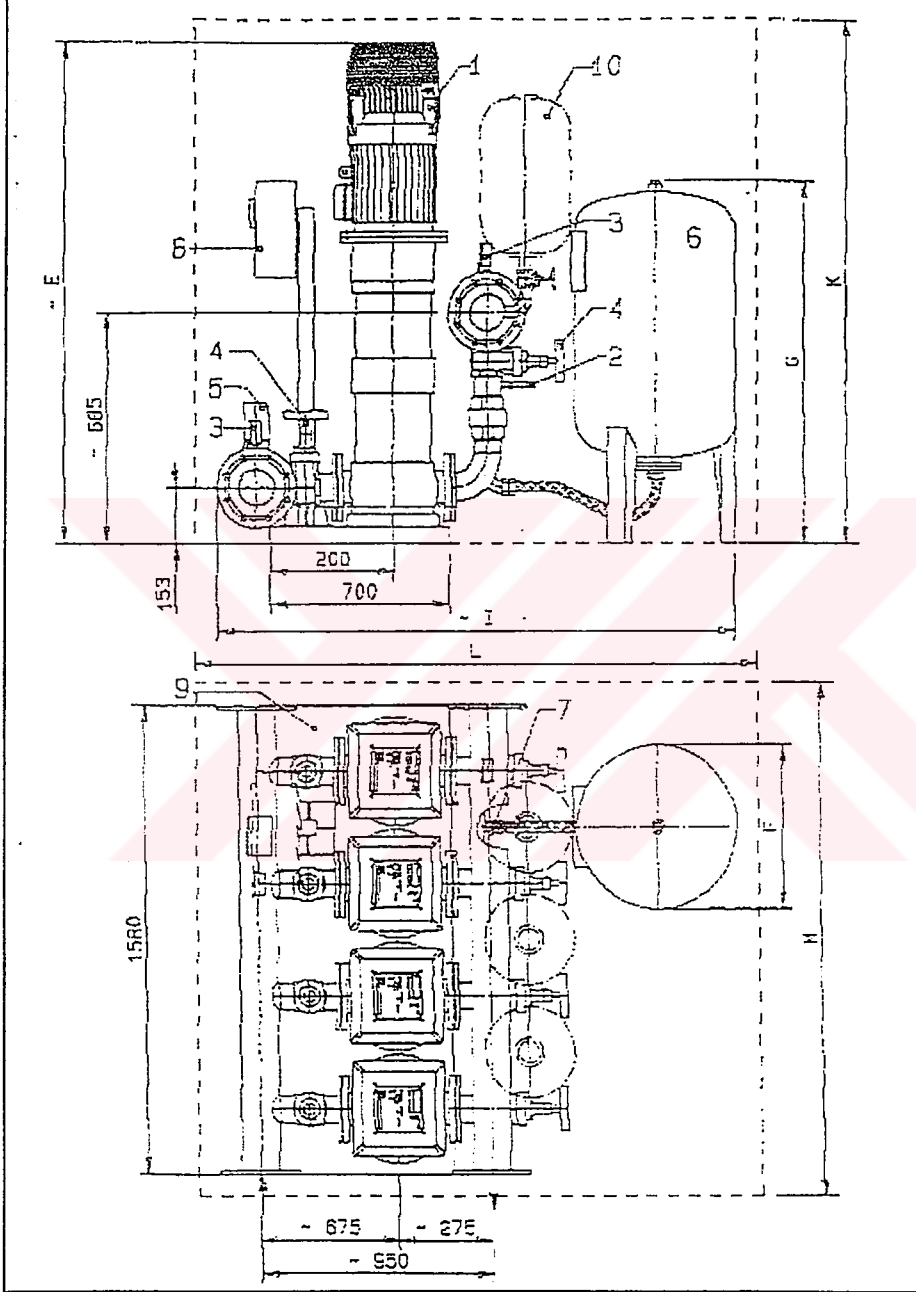
Yukarıda sayılan malzemeler manuel mikserlerde, görevli eleman tarafından belirli oranlarda tartılarak karıştırılırlar. Otomatik besleme ünitelerinde ise, çevrimde mikser kısmının önüne yerleştirilen otomatik tartı sistemleri ile makina karışımı yapılacak malzemeleri otomatik olarak alır, tartar ve sıcak mikser kısmına sevk eder.



Şekil 3.72. Soğuk mikser bölümü

Soğuk mikser kısmında ise, sıcak mikser kısmında hazırlanan sıcak karışımın soğutulması gerçekleştirilmektedir. Soğutma işlemi için, soğuk mikser kısmının içine yerleştirilmiş ve içerisinde soğuk su dolaşan ceketlerin bulunduğu büyük bir kazandan yararlanır (Şekil 3.72). Hammadde karışımının da karıştırıcılar yardımı ile kazan içerisinde dolaştırılarak yaklaşık 40°C 'ye soğutulması ile işlem tamamlanır ve karışım

dinlendirilmek üzere arabalara alınır yada otomatik besleme silolarına basılır. Hammadde karışımının kullanılmadan önce sekiz saat kadar bekletilmesi tavsiye edilmektedir.



Şekil 3.73. Dört pompalı bir hidrofor sistemi

3.3.4. Hidrofor

Genelde olduğu üzere hidrofor kullanılmaktaki amaç, ekstrüzyon hatlarının ve mikserin ihtiyaç duyduğu sabit basınçtaki suyu karşılamaktır (Şekil 3.73). Bir hidrofor sisteminde genellikle biri yedek biri ana olmak üzere, vanalama tertibatları ile birbirine seri yada paralel bağlanabilen iki adet pompa bulunmaktadır. Sistemler ekseriyetle kapalı devre olarak dizayn edildiklerinden, hidrofor bir havuza akuple edilir. Devre çalışmadığı zamanlarda su kaçması ihtimaline karşı emiş kısmına bir çekvalf yada bu görevi yapacak bir ön tank eklenmesi önerilmektedir. Üç ekstrüzyon hattı dikkate alınarak seçilen bir hidroforun özellikleri ise yaklaşık olarak aşağıdaki gibidir.

- Tank hacmi $\cong 4000$ lt.
- Basma yüksekliği $\cong 75$ mSS.
- Kapasite $\cong 45 - 100$ m³/h
- Motor gücü $\cong 18 - 40$ kw.
- Pompa gücü $\cong 25 - 50$ bg.
- Pompa devri $\cong 2900$ d/d

3.3.5. Kompresör

Hava ekstrüzyon hatları, mikser, konfeksiyon makinaları ve temizlik için kullanılmaktadır. Sistemler genellikle 8 bar. basıncı karşılayacak şekilde dizayn edilirler. Kompresörlerin hava tanklarının kapasiteleri ise dakikadaki hava sarfiyatı toplamı dikkate alınarak tayin edilir. Makinelerin kullandığı havanın kuru hava olma mecburiyeti vardır bu nedenle kompresörler bir kurutucu ile akuple edilmelidirler. Bunun nedeni nemli havanın içerisinde yoğunlaşan suyun korozif etkisinin önüne geçmektir. Ayrıca çalışan parçaların uzun ömürlü olmaları için havanın yağlanması da gerekmektedir. Genelde kullanılacak makinaların hepsinin üzerinde bir set halinde hava şartlandırıcısı ve yağlayıcısı bulunmaktadır. Bu sayede makinalar sistemden hava kullandıkça, kullanılan bu havanın şartlandırıcılar tarafından belirli oranda yağlanması ve basıncının ayarlanması sağlanır.

3.3.6. Soğutucu

Daha önce de belirttiğimiz gibi ekstrüderden ekstrüde edilen profilleri soğutmak için 13⁰C-15⁰C arasında soğuk suya ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü sıcak profil ile temas halindeki soğuk su devamlı olarak ısınacaktır.

Büyük çoğunlukla kapalı devre olarak dizayn edilen soğutma sistemlerinde, kalibrasyon havuzlarında toplanan ısınmış su serbest akış ile bir toplama havuzuna sevk edilmektedir. Burada kurulu bulunan bir soğutma sistemi ile su soğutulmakta daha sonrada hidrofor yardımı ile de yeniden sisteme basılmaktadır.

Bir başka yöntemde ise hidrofor çıkışına bir soğutucu akuple edilebilmektedir ki bu büyük çoğunlukla paket tip soğutucudur, bu sayede sisteme basılan suyun sıcaklığı kontrol altına alınmakta, sıcaklığın artması halinde devreye giren soğutucu su istenilen sıcaklığa geldikten sonra devreden çıkmaktadır.

Pek kullanılmayan bir yöntem ise açık sistemlerdir. Bu tip dizaynlarda yeraltından yada akarsu gibi bir kaynaktan sağlanan su sisteme verilemekte, ısınarak dönen su ise doğaya yada akarsuya geri sevk edilmektedir. Kullanılan suyun kimyasal yada fiziksel olarak kirlenmesi gibi bir olay sözkonusu değildir bu nedenle de sağlığa zararlı bir yönü bulunmamaktadır.

Soğutucu olarak soğutma kuleleri, paket tip soğutucular yada chiller kullanmak mümkündür. Soğuk bir iklime sahip bölgelerde genelde soğutma kuleleri kullanılmaktadır. Böylelikle kış aylarında büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlamak mümkün olmaktadır. Chillerler ise daha komplike makineler olup soğutma kapasiteleri daha yüksektir. Bu makinelerde suyun soğutulması için Freon 22 yada Amanyok gazından yararlanılabilmektedir fakat verimi yüksek olmasına rağmen Amonyak pahalı bir gaz olduğundan genelde eğilim Freon 22'den yanadır. Chillerlerde soğutma esnasında ısınan gazın soğutulmasında ise, hava soğutmalı kondenserlerden yada su soğutmalı kulelerden yararlanılmaktadır.

Bir Chiller gurubunun ekipmanlarından bazıları şöyledir:

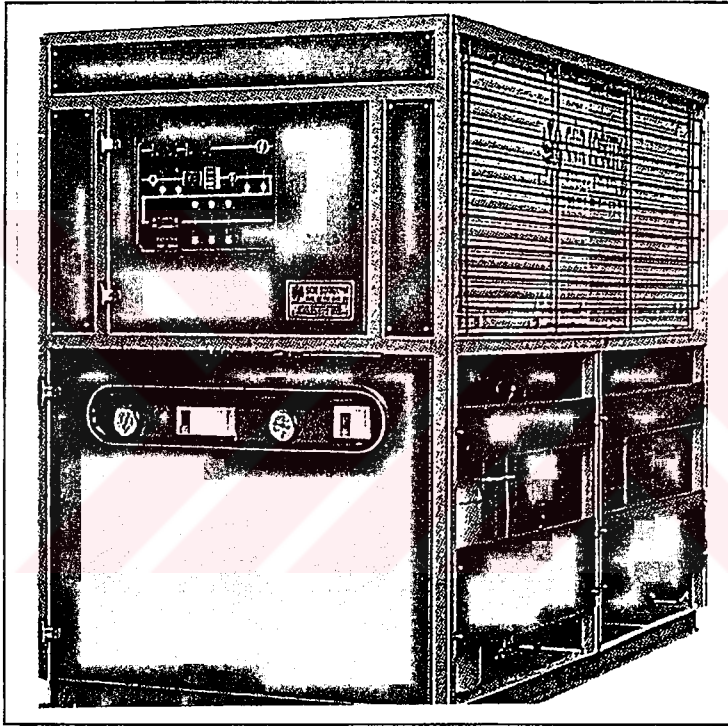
- Gaz sirkülasyonu için bir kompresör,
- Su sirkülasyonu için bir sirkülasyon pompası,

- Isınan gazı soğutmak için bir hava soğutmalı kondenser yada su soğutmalı kule,
- Eşanjör.

Bir soğutma kulesinin ekipmanları ise şöyledir.

- Su sirkülasyonu için bir sirkülasyon pompası,
- Bir adet kule.

Görüldüğü gibi bir chiller grubu çok daha komplike bir sistemdir. İşletme, hava ve işletme şartlarını dikkate alarak kendisi için uygun olan sistemi seçmelidir.



Şekil 3.74. Paket tip soğutucu

3.3.7. Kırma Makinesi

Ekstrüzyon imalatında yol verme denilen ve makinenin ilk açılması esnasında geçen bu zaman süresince bir miktar fire elde edilmektedir. Ayrıca proses esnasında standart dışı birtakım mamülün elde edilmesi de mümkündür. Bu firenin %99 oranında geriye dönüşümü sağlanabilmektedir. Belirli oranlarda elde edilen bu malzemeler kırma makinesi olarak adlandırılan makinalar tarafından rendelenerek mercimek tanesi büyüklüğüne getirilirler ve tekrar ekstrüde edilebilirler. Fakat bu malzeme fiziksel ve yapısal olarak

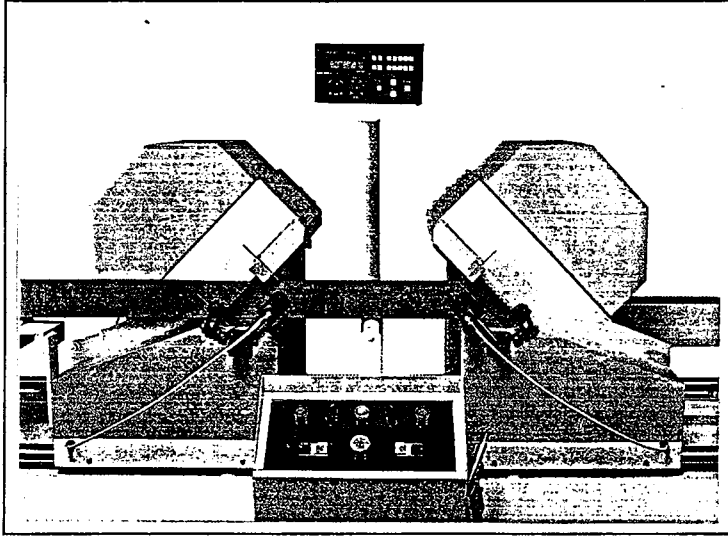
değişime uğramış bir malzeme olduğundan, normalde kullanılan toz hammadde ile %5'ten daha fazla oranda karıştırılması pek tavsiye edilmemektedir. Yada yapılarda genellikle yardımcı mimari uygulamalarda kullanılmakta olan aksesuar profillerinin imalatında kullanılmaları tavsiye edilmektedir. Ama yine de belirtmekte yarar var ki kırım olarak adlandırılan bu firelerin uzun vadede ekstrüderlere zarar verdiği de kesindir.

3.3.8. Tam Otomatik Çift Kesim Testere

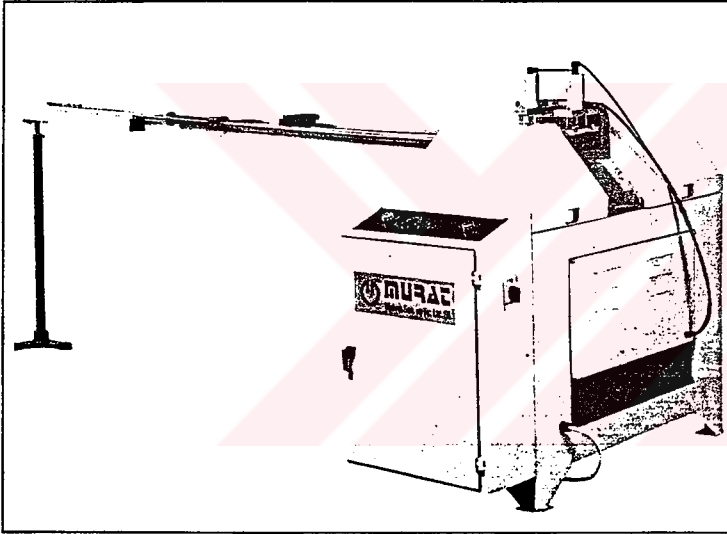
PVC profillerin tek ve çift taraflı kesimi için kullanılmaktadır. Ünitede dijital bir mesafe okuyucu vardır. Kesilecek profil boyu bu okuyucuya kodlandığında, testere istenilen kesim ölçüsüne otomatik olarak gelmekte ve kesim yapılmaktadır. Profillerin uçları birleştiklerinde pencere oluşturacak şekilde 45⁰ açıyla ve kaynak esnasında eriyen kısmı telafi etmek için kaynak payıyla kesme gibi özellikleri de vardır. Maksimum 4050 mm. boyunda kesim yapabilen bu makinenin hava ihtiyacı 85 lt/d, güç ihtiyacı ise 6 kw.'tır. Kaynak payı mesafesi gibi hali hazırda hafızasında kayıtlı bulunan programların yanısıra özel kesme programlarının yapılmasında mümkündür (Şekil 3.75).

3.3.9. Çıta Kesme Testeresi

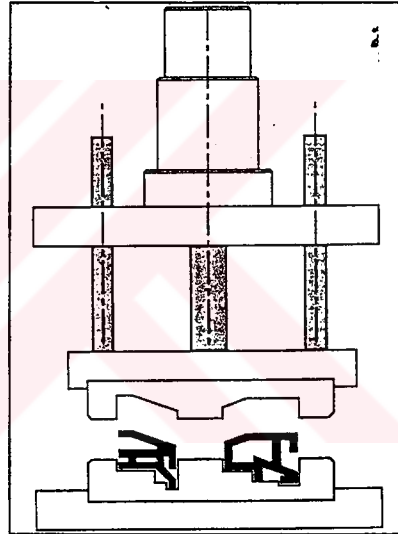
Çıta profilleri diye adlandırılan ve camları çerçevelerde, ana profillere sıkıştırmaya yarayan profillerin 45⁰ kesimi için kullanılan bu makinede iki adet elmas uclu testere bulunmaktadır (Şekil 3.76). Çıtaları pnömatik olarak sıkıştıran makinede her firmaya ait kalıp kullanma mecburiyeti vardır (Şekil 3.77). Hava ihtiyacı 6 - 8 bar.'da 40 lt/d. güç ihtiyacı ise yaklaşık 1,5 kw.'tır.



Şekil 3.75. Tam otomatik çift kesim testere



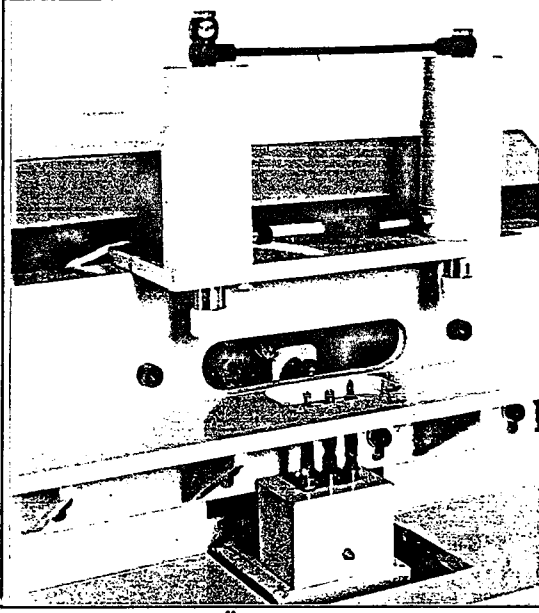
Şekil 3.76. Çıta kesme testeresi



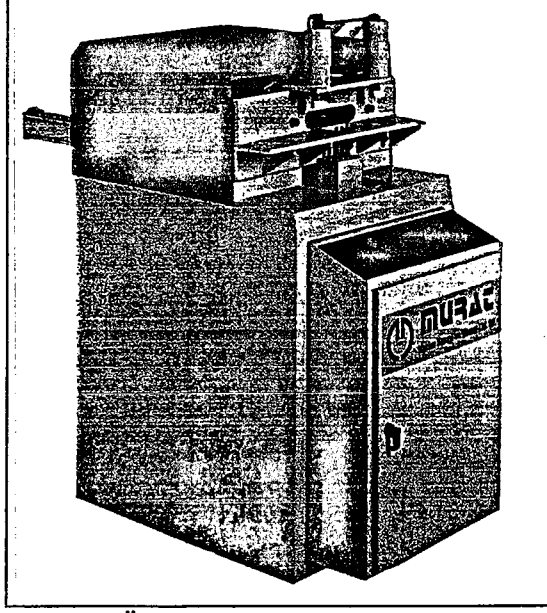
Şekil 3.77. Alt ve üst kalıp

3.3.10. Üçlü Delme ve Frezeleme Makinesi

Bu makine PVC profillerin kilit yerleri, menteşe yarıkları ve kol yeri deliklerinin açılması için kullanılmaktadır. Kopya kafası düşey ekseninde, üçlü delme tertibatı (Şekil 3.78), ise yatay ekseninde çalışmaktadır. Üniversal bir şablona sahiptir. Profili pnömatik olarak sıkılan bu makinenin hava ihtiyacı 35 lt/d. güç ihtiyacı ise yaklaşık olarak 2,2 kw.'tır. (Şekil 3.79).



Şekil 3.78. Üçlü delme tertibatı



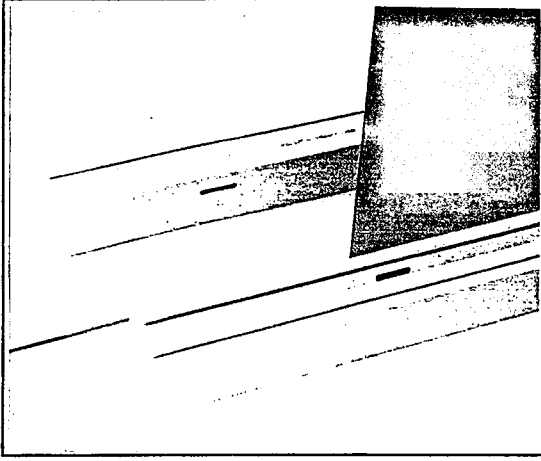
Şekil 3.79. Üçlü delme ve frezeleme makinası

3.3.11. Su Tahliye Frezesi

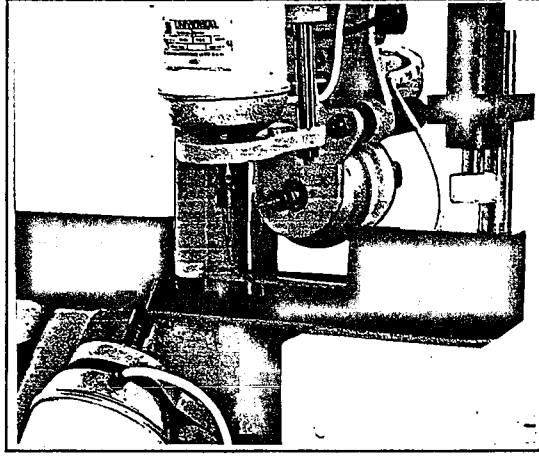
PVC profillerin su tahliye yarıklarının açılması için kullanılmaktadır. Bu makine pencere kanatlarından, kasaya sızabilecek suyun tahliyesine yarayan yarıkların (Şekil 3.80) freze ile açılmasını da sağlamaktadır (Şekil 3.81). Yaklaşık 2,2 kw. güce ve 40 lt/d. hava beslemesine ihtiyacı vardır. Makine tarafından açılan bu delikler aynı zamanda kış aylarında camların üzerinde oluşan su buharının da önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır.

3.3.12. Orta Kayıt Alıştırma Frezesi

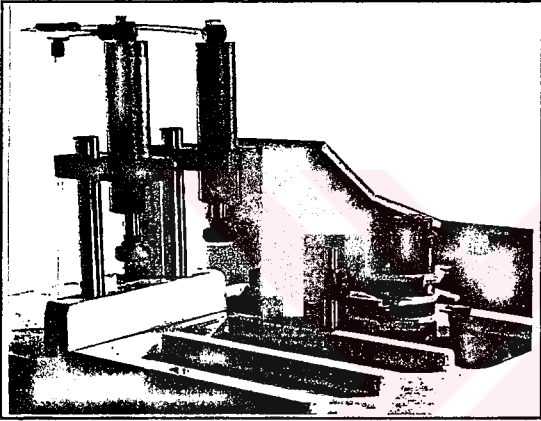
Bu makineye piyasada orta kayıt kertme makinesi, bıçaklarına da kertme bıçağı adı verilmektedir. Firmaların kullandığı her değişik şekildeki profil için bıçak yapılması mecburiyeti vardır (Şekil 3.82). Orta kayıt tabir edilen profil çeşitinin, kasa veya kanat tabir edilen ana profillere kaynak edilmeden önce yapışma yüzeyinin şeklini alması için kullanılmaktadır (Şekil 3.83). 20 lt/d. havaya ve yaklaşık 2,2 kw. güce ihtiyacı vardır. Bu makine ile işlem gerçekleştirildikten sonra, orta kayıt patiği yada ortakayıt bağlantı takozu adı verilen döküm, plastik enjeksiyon veya alüminyum ekstrüzyonu gibi yöntemler ile imal



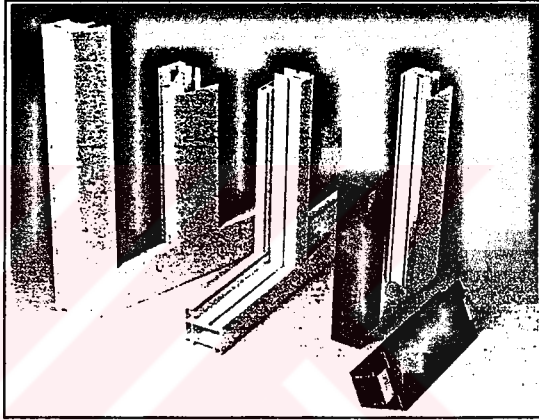
Şekil 3.80. Su tahliye yarığı



Şekil 3.81. Makinanın frezeleri



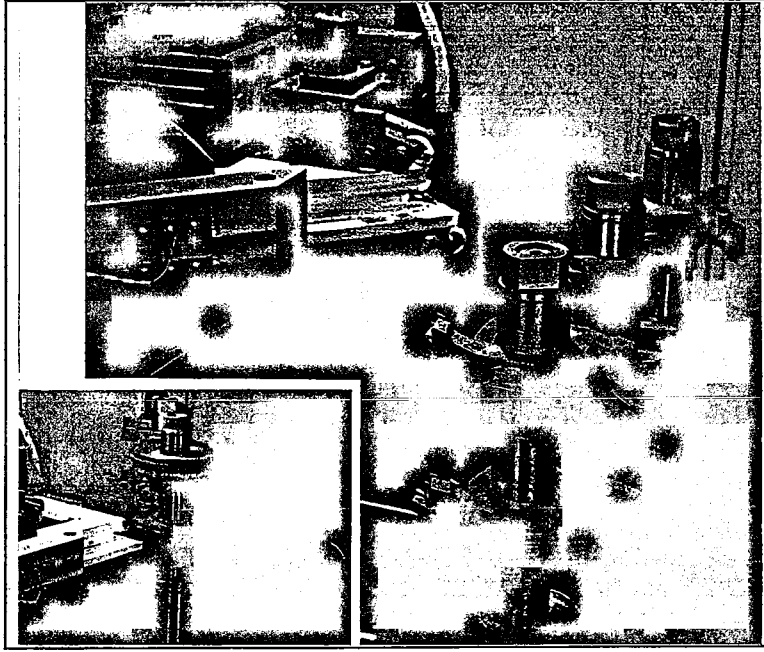
Şekil 3.82. Makina bıçak takımı



Şekil 3.83 Ucu kertilmiş profiller

3.3.13. Köşe Temizleme Makinesi

PVC profillerin kaynak sonrası köşe temizleme işlemini yapmak için kullanılan bu makineler 2, 4 ve 6 bıçak takımlı olmak üzere üç değişik dizaynda yapılabilmektedirler. (Şekil 3.84). Bıçak takımı sayısının artmasındaki amaç, makinenin üzerinde bıçak takımı değişikliği yapmadan çok sayıda değişik sayıda profillerin köşe temizliğinin kolayca yapılabilmesini sağlamaktır. Yaklaşık 3,3 kw. gücündeki makinenin maksimum hava ihtiyacı 6 - 8 bar.'da 70 lt/d.'dır. Makinenin bıçak takımının manuel olarak seçildiği tipleri bulunduğu gibi yerleştirilen profilleri otomatik olarak tanıyan ve işlemi gerçekleştiren tipleride vardır.



Şekil 3.84. Köşe temizleme makinası

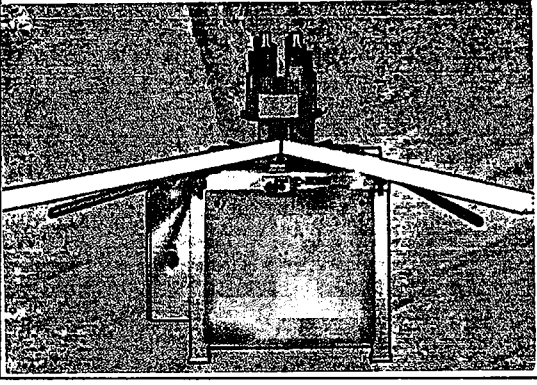
3.3.14. Köşe Kaynak Makinesi

PVC profillerin köşe kaynaklarının yapılmasında kullanılmaktadır. Tek köşe, iki köşe veya dört köşenin kaynağını aynı anda yapabilecek şekilde dizaynlar mevcuttur.

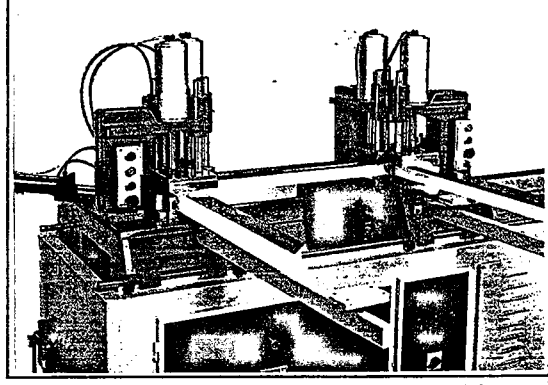
Tek köşe kaynak makinaları en eski kullanım geçmişine sahip olanlarıdır. 30° - 180° arası kaynak yapma imkanına sahiptir. Basit ve pratik olması nedeniyle en yaygın olarak kullanılan tiptir (Şekil 3.85).

Çift köşe kaynak makinaları kapı ve pencere çerçevelerinin iki hareketle yapılabilmesi için kullanılmaktadır. Sadece 90° 'de kaynak yapma imkanı vardır (Şekil 3.86).

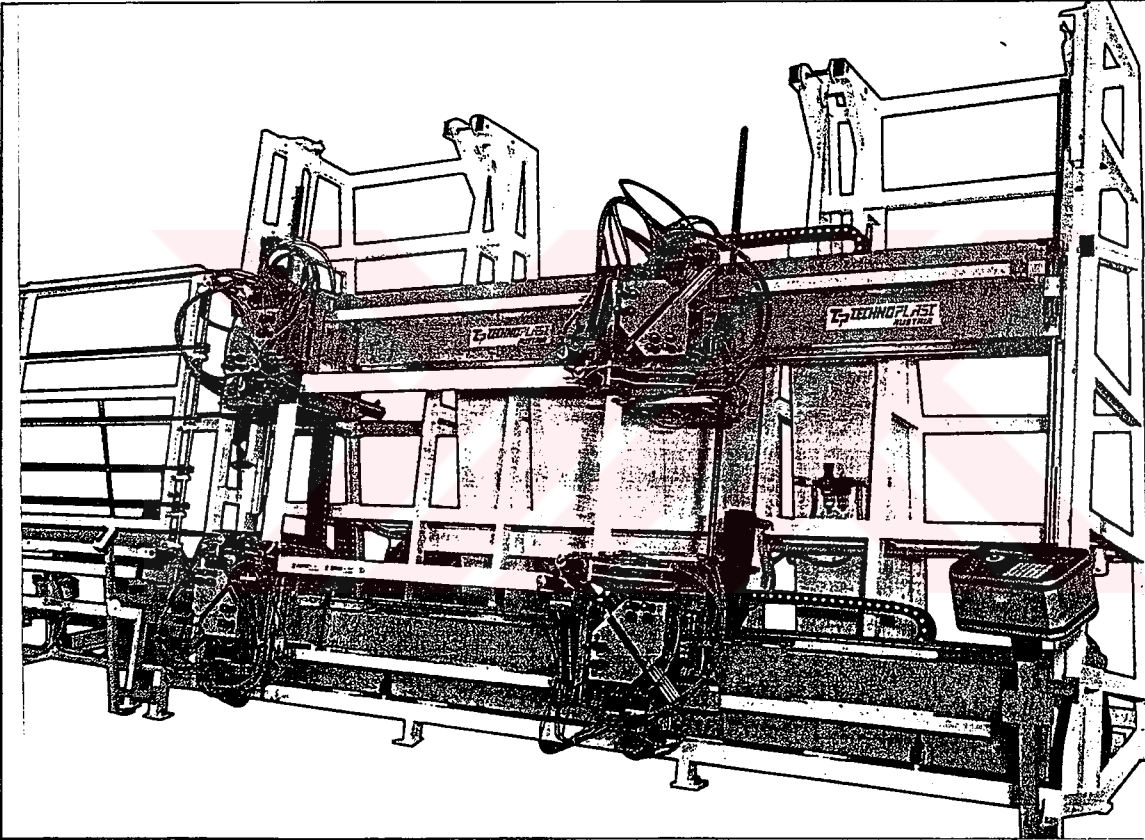
Dört köşe kaynak makinaları ise son yıllarda kullanılmaya başlanan bir makinadır. Ölçüleri verilen kapı ve pencere çerçeveleri tek seferde kaynaklanarak elde edilebilmektedir (Şekil 3.87).



Şekil 3.85 Tek köşe kaynak makinası



Şekil 3.86. Çift köşe kaynak makinası

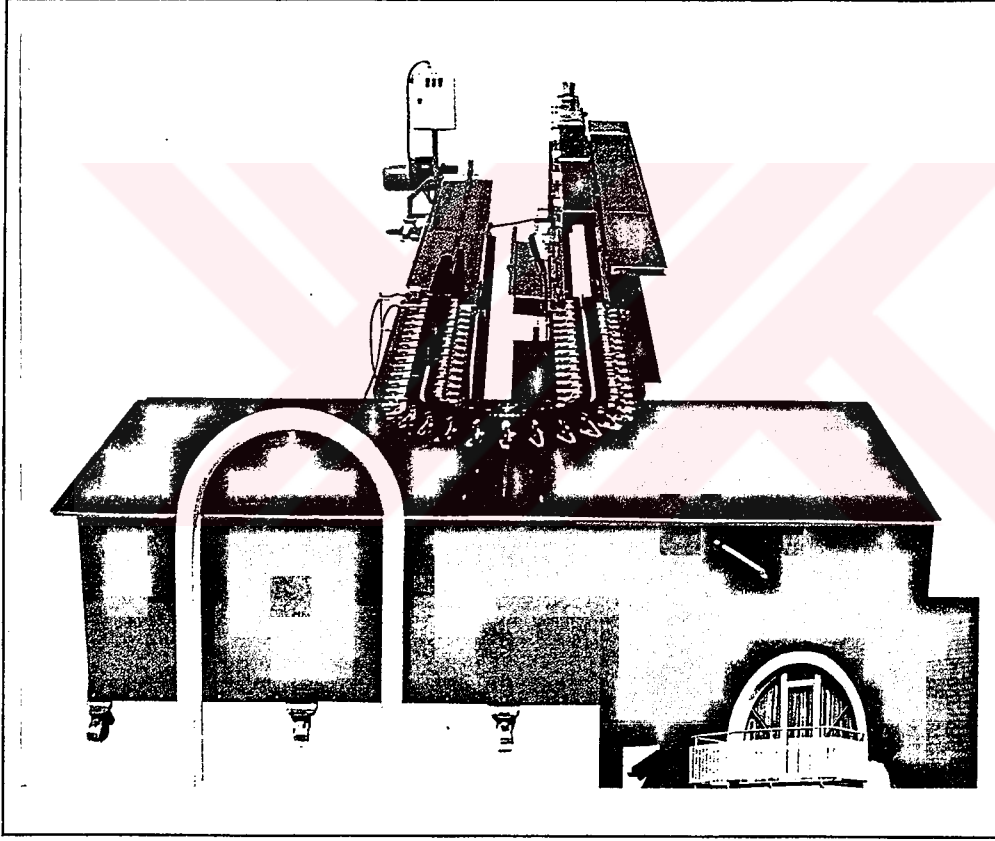


Şekil 3.87. Dört köşe kaynak makinası

3.3.15. Profil Bükme Makinesi

Piyasada kemer olarak adlandırılan ve yuvarlak hatlara sahip pencerelerin yapılmasına imkan sağlayan bu makinede, profillerin bükme işleminden önce gerekli esnekliğe getirilmesi için, profillerin odacıklarına boy halinde yerleştirilen kalıpların yapısal özelliklerine göre, 130⁰C - 180⁰C arasında ısıtılan gliserin kullanılmaktadır.

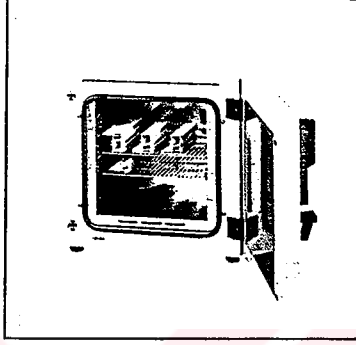
Kullanılacak gliserinin ısıtılacağı sıcaklığın tayininde, profillerin içerisine sokulan kalıpların kalitesi belirleyici olmaktadır. Yapılması istenilen kemerli pencerenin dış çevre ölçüsüne kesilen profillerin odacıklarınının her birine yüksek sıcaklığa dayanıklı plastikten imal edilen ve uzama kabiliyeti olmayan esnek elemanlar (kalıplar) yerleştirilmektedir. Profiller daha sonra ısıtılan gliserin içerisinde yumuşayana kadar bekletilmektedir. Daha sonra bükülmesi istenilen çapta ayarlanan makaraların arasından geçirilmekte ve soğumaya bırakılmaktadırlar (Şekil 3.88). Profillerin içerisindeki kalıplar, profiller tam rijit hale geçmeden çıkarılmalıdır. Gliserinin süzülmesi için bir miktar beklenildikten sonra kemerler tam soğuma için dinlenmeye alınırlar.



Şekil 3.88. Profil bükme makinası

3.3.16. Fırın (Etüv)

TSE standartlarını uygulayan bir işletmenin, standartların öngördüğü şekilde bir laboratuvar kurmaya mecburiyeti vardır. Bu laboratuvar ekipmanlarından birisi olan fırın (etüv) üretilen malzemenin, ilgili standartlarda belirtilen şartlara uyup uymadığının kontrolünde kullanılmaktadır. Bunun için 150⁰C kadar ısıtma kapasitesine sahip bir fırın gerekmektedir (Şekil 3.89).



Şekil 3.89. Fırın

Fırınlarda yapılan deneyler başlıca iki tiptir:

Sıcakta Bekletme Sonrası Ölçü Değişikliği Deneyi: Bu deneyde pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profiller yaklaşık olarak 100⁰C ısıtılmış fırın içerisinde standartlarda belirtilen sürece tutulurlar ve daha sonrası yapılan kontrollerde üzerine 200 mm. mesafeyle çizilmiş çizgilerin arasındaki ölçü değişikliğinin boylamasına % 2'den büyük olmaması, aynı profil parçasında görünen karşılıklı iki yüz için belirlenen nisbi ölçü değişikliği arasındaki farkın da % 4'ten fazla olmaması gerekmektedir.

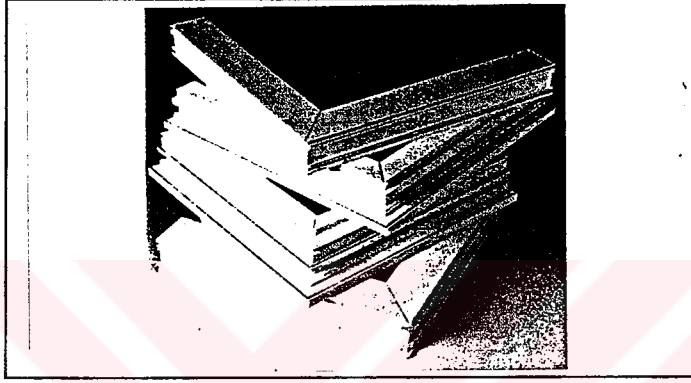
Sıcakta Bekletme Sonrası Davranış Deneyi: Bu deneyde ise yaklaşık 150⁰C civarına ısıtılan fırın içerisine koyulan numune profillerin üzerinde, belirli bir süre bekletildikten sonra gözeneklerin, çatlakların, pullanmanın oluşmaması gerekmektedir.

3.3.17. Derin Dondurucu

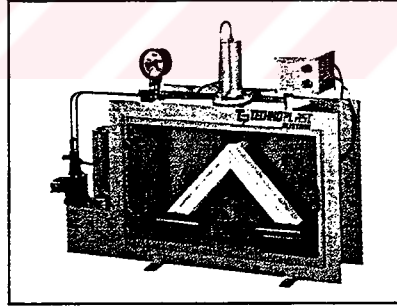
Laboratuvarlarda bulunması mecburi teçhizatın biriside derin donduruculardır. - 10⁰C soğutma yapabilmesi gereken bu aletlerde belirli süre bekletilen profil numunelerinin daha sonra uygulanan deney sonucunda % 10'undan fazlasının kırılmaması gerekmektedir.

3.3.18. Köşe Kaynak Test Cihazı

Bu cihazla aşağıda gösterilen standartta hazırlanan numunelerin, yapılan deney sonucunda minimum 500 kgf. (5 kN)'dan fazla bir değer ile köşelerden kırılması gerekmektedir (Şekil 3.90). Kırılma oluşan yüzeyde, ayrılmanın kaynak yüzeyinden olmaması, kırılmanın standartlar dahilinde kabul edilebilmesi için de kaynak yüzeyine dik bir düzlemde gerçekleşmesi gerekmektedir.



Şekil 3.90. Köşe kaynak test numunesi



Şekil 3.91. Köşe kaynak test cihazı

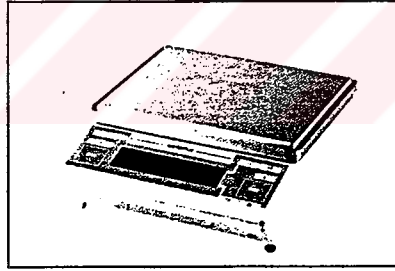
Deney numunesi hazırlanırken her iki ucu 45° açıyla kesilmiş 20 cm. uzunluktaki profil parçaları, köşe kaynak makinesi ile iki ucundan kaynak edilirler ve deney sonuçlarının sağlıklı olması açısından bir gün süre ile bekletilirler. Daha sonrada kırma testine tabi tutulurlar (Şekil 3.91).

3.3.19. Sertlik Test Cihazı

Soğukta darbeye dayanıklılık olarak adlandırılan deneyin yapılmasında kullanılan bu cihaza, derin dondurucuda belirli süre -10°C 'de bekletilen profil numuneleri, derin dondurucudan çıkarılır çıkarılmaz yerleştirilirler. Deneyde, cihazda bulunan standart ağırlıktaki çelik kütlenin, 1 mt. yükseklikten numunenin üzerine serbest düşmesi gerçekleştirilmektedir. Deneyler sonucunda kullanılan numunelerin % 10'undan fazlasının kırılmaması gerekmektedir.

3.3.20. Elektronik Tartı

Tartı ile imalat esnasında TSE'nin öngördüğü sıklıkta alınan profil numuneleriyle yapılan tartımlarda, metre gramajlarının TSE'ye bildirilen değerlerden sapma göstermemesi gerekmektedir. Eğer yapılan ölçümlerde bu değerler değişiklik gösteriyorsa, ekstrüder operatörü ile tamasa geçilip gr/mt. Değerinin standart duruma getirilmesi sağlanmalıdır. Mevcut stoktan alınan numunelerle yapılan kontrollerde bir olumsuzluk varsa, mamul kesinlikle sevk edilmemelidir (Şekil 3.92).



Şekil 3.92. Elektronik tartı

4. KALİTE

4.1. Kalite Standartları

4.1.1. Standartın Kapsamı

TS 5358 standardı, pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profillerin tarifine, sınıflandırma ve özelliklerine, numune alma, muayene ve deneyleri ile piyasaya arz şekline dairdir.

Bu standart, yumuşatıcı katılmamış polivinil klorür (sert PVC)'den ekstrüzyon metodu ile beyaz renkle imal edilen, pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan profilleri kapsar.

Aynı amaç için imal edilen sert poliüretan profilleri, koekstrüzyon metodu ile imal edilen sert PVC ve PMMA profilleri ve dolu kesitli sert PVC-PMMA profilleri kapsamaz

4.1.2. Numune Alma

Bir seferde muayeneye sunulan aynı sınıf, tip ve boyuttaki sert PVC profiller bir parti sayılır. Bu profillerin, standarttaki yazılı özellikleri taşıyıp taşımadıklarının tesbiti amacı ile yapılacak muayene ve deneylerde kullanılmak üzere imal veya teslim edilen partiyi temsil edecek şekilde ve gelişigüzel numune alınır. Parti büyüklüğüne göre, numune takımında bulunacak profil sayısı aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Partideki profil sayısı - numune sayısı tablosu

Partideki Profil Sayısı	Numune Sayısı		Yardımcı Prf.
	Pencere Ana Prf.	Camlı Kapı Ana Prf.	
500'e kadar	22	11	11
501 - 1200	32	16	21
1201 - 3200	43	21	32
3201 - 10000	54	27	52
1000 ve yukarısı	65	38	73

Parti büyüklüğüne göre yukarıda gösterilen miktarda profil, numune takımını meydana getirmek üzere partideki sert PVC pencere ve camlı dış kapı profilleri arasından sistematik olarak ayrılarak alınır. Bunu yapmak için TS 2756'da açıklanan "Numune almada rasgele sayılar çizelgesinin uygulanması metodu" kullanılır.

Bunu için partideki sert PVC ve camlı dış kapı profillerinin sayısı (N) olmak üzere, partinin gelişigüzel bir yerinden başlanarak, profiller 1, 2, 3, ... N şeklinde numaralanır veya numaralandığı varsayılır. Numune takımından bulunması gerekli profil sayısı (n) olmak üzere $N/n = r$ sayısı hesaplanır. Sonuç tam sayı değilse tam sayıya yuvarlatılır. Bu şekilde bulunan (r) sayısı esas alınarak partideki profillerin arasından (r)'inci, (2r)'inci, (3r)'inci, ...(nr)'inci profil ayrılıp alınarak numune takımı meydana getirilir.

4.1.3. Muayene ve Deneyler

4.1.3.1. Malzeme Muayenesi

Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profillerin ana hammaddesi olan PVC'nin özellikleri detaylı bir şekilde TS 201'de verilmiştir.

Proses gereği katılması mecburi olan stabilizatör ve diğer yardımcı malzemeler ile profillerin mekanik özellikleri ve dış tesirlere dayanıklılığının temin için katılan katkı maddelerinin seçiminde imalatçı serbesttir. Ancak bileşimi ve kaynağı bilinmeyen malzeme kullanılmamalıdır. Profil imalatçısı kendi üretim tesisinden çıkan aynı formüllü artığı (fireyi) profilin kalitesini düşürmediği sürece kullanabilir.

4.1.3.2. Görünüş Muayenesi

Tanım: Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profiller aşağıda anlatıldığı şekilde muayene edildiğinde her yerinde homojen renkte olmalıdır. Yabancı madde, boşluk, gözenek, çatlak, sürekli çizik vb. imalat kusurları olmamalıdır.

Muayene: Numune profillerin tamamı gün ışığında göz ve el ile muayene edilerek yukarıda sayılan imalat kusurlarının olup olmadığına bakılır.

4.1.3.3. Biçim Muayenesi

Tanım: Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profiller, aşağıda anlatıldığı şekilde ölçüldüğünde, ana profillerin boyuna eksenine, dış kenardan ölçüldüğünde, doğrudan 1mm/m.'den daha fazla sapmamalıdır.

Muayene Tezgahı: Girinti çıkıntı bulunmayan, düzlem yüzü, muayene edilecek profile göre yeterli ölçülerde bir tezgah kullanılmalıdır.

Muayene Cihazı: 1 m. uzunlukta, doğru kenarlı bir çelik mastar kullanılmalıdır.

Muayene: Numune profil tezgahın üzerine peş peşe bütün dış yüzeyleri üzerine yatırılır. Çelik mastar profilin bütün dış yüzeylerine uygulanarak mastar kenarlarından sapmalar ölçülerek tesbit edilir. Muayene sonuçlarının tanıtında belirtilen değerle karşılaştırılması yapılır. Bu muayene sadece ana profillere uygulanır.

4.1.3.4. Soğukta Darbeye Dayanıklılık Deneyi

Tanım: Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profillere aşağıda anlatılan deney uygulandığında, numunelerin % 10'dan fazlası kırılmamalıdır.

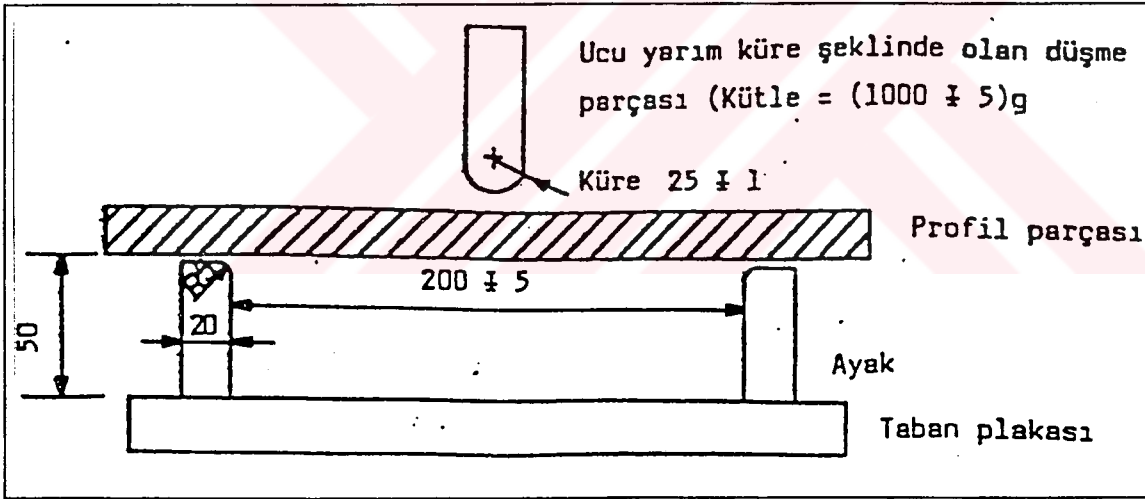
Soğuk Hava Dolabı: 10 adet deney numunesini içine alacak şekilde yeterli büyüklükte, sıcaklığı ayarlanabilir, içindeki sıcaklığı $\pm 1^{\circ}\text{C}$ hassasiyette gösteren ve dolabın dışından okunabilen termometreli bir dolap olmalıdır.

Darbe Cihazı: Deney numunesi için çelikten bir yerleştirme tertibatı, çelikten bir düşme parçası ve düşme parçası için serbest bırakma mekanizmalı bir tutma tertibatı olmalıdır. Yerleştirme tertibatı sağlam bir temel üzerine monte edilmeli, düşme parçası düşme sırasında (örnek olarak bir yataklama borusu içerisinden geçirilerek) mümkün olduğu kadar az sürtünme ile ve ± 10 mm. izin verilen sapma sınırları içinde, yerleştirme tertibatı ayaklarının ortasına gelecek şekilde yataklanmalıdır. Düşme parçasını tutan tertibat, denenen profil parçasının yüksekliğine bağlı olarak serbest düşme yüksekliğinin 1000 mm. ± 10 mm. olmasını sağlayacak şekilde ayarlanabilir olmalıdır. Serbest bırakma mekanizması düşme parçasına herhangi bir itme vermemelidir.

Deney: İşlem esnasında 300 mm. \pm 5 mm. boyunda hazırlanmış deney numuneleri kullanılır. Bu deney numuneleri, deneyden önce en az bir saat süre ile soğuk hava dolabında $-10^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta kondisyonlanmalıdır. Deney, numuneler soğuk hava dolabından çıkartıldıktan sonra 10 saniye içinde yapılmalıdır.

Deney numunesi darbe cihazı yerleştirme tertibatı ayakları üstüne o şekilde yerleştirilir ki düşme parçası, profilin üstte kalan görünen dış yüzeyinin profil boylamasına uzunluğunun ortasına ve profil ana iç gözünün enlemesine ortasına düşer. Eğer profilin geometrik şekli sebebiyle, düşme parçasının yukarıda izah edilen şekilde düşmesi uygun değil ise, uygun bir nokta deneyi yapan kişi tarafından belirlenmelidir (Şekil 4.1).

Eğer bir profil geometrik şekli sebebiyle düşme parçası üstüne düştüğünde yana devriliyorsa, bu olay, parçanın üstüne konduğu ayaklarının üstüne karşı destek konarak önlenmelidir.



Şekil 4.1. Soğukta darbeye dayanıklılık deney düzeneği

4.1.3.5. Hava Şartlarına Karşı Renk Haslığı Deneyi

Tanım: Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profillerde, aşağıda açıklanan deney uygulandığında, meydana gelen renk değişikliği TS 423'te tarif edilen gri skalada 3. dereceyi geçmemeli, değişiklikler leke ve şerit meydana getirmemelidir.

Işıklandırma Cihazı: TS 4460'ta tarif edilmiş olan Ksenon ark lambası ile ışıklandırma cihazı kullanılmaktadır.

Filtre Sistemi: “Açıkta güneş ışığı” filtre sistemi kullanılır ve ışıklandırma cihazına takılabilir olmalıdır.

Gri Skala: TS 423’te tanımlanmış olan ve renk haslığı tayinlerinde kullanılan skala kullanılmalıdır.

Deney: Deneylerde 50 mm. x 50 mm. x Et kalınlığı boyutunda plaka şeklinde hazırlanmış numuneler kullanılmaktadır. Işıklandırma cihazına, cihazın alabildiği kadar deney numunesi dış yüzeyleri ile ışıklandırılacak şekilde yerleştirilir. Işıklandırma periyodu olarak 3 dakika su püskürtme + 17 dakika kuru ışıklandırma uygulanır. “Açıkta güneş ışığı” filtre sistemi takılır. Işıklandırma dozu olarak 0,8 MJ/cm² uygulanır.

Önceden ayarlanmış olan dozajda ışıklandırma yapıldıktan sonra deney numuneleri cihazdan çıkarılır. Renk değişikliğinin derecesi, deney numuneleri cihazdan çıkarıldıktan sonra 24 saat içinde ve çıplak gözle gri skala ile mukayese edilerek belirlenir.

4.1.3.6. Hava Şartlarına Karşı Mekanik Dayanıklılık Deneyi

Tanım: Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profillere, aşağıda anlatılan deney uygulandığında, TS 1004’e göre çentik mukavemet değeri başlangıç değerinin %30’unun altına düşmemelidir.

Işıklandırma Cihazı: TS 4460’ta tarif edilmiş olan Ksenon ark lambası ile ışıklandırma cihazı kullanılmaktadır.

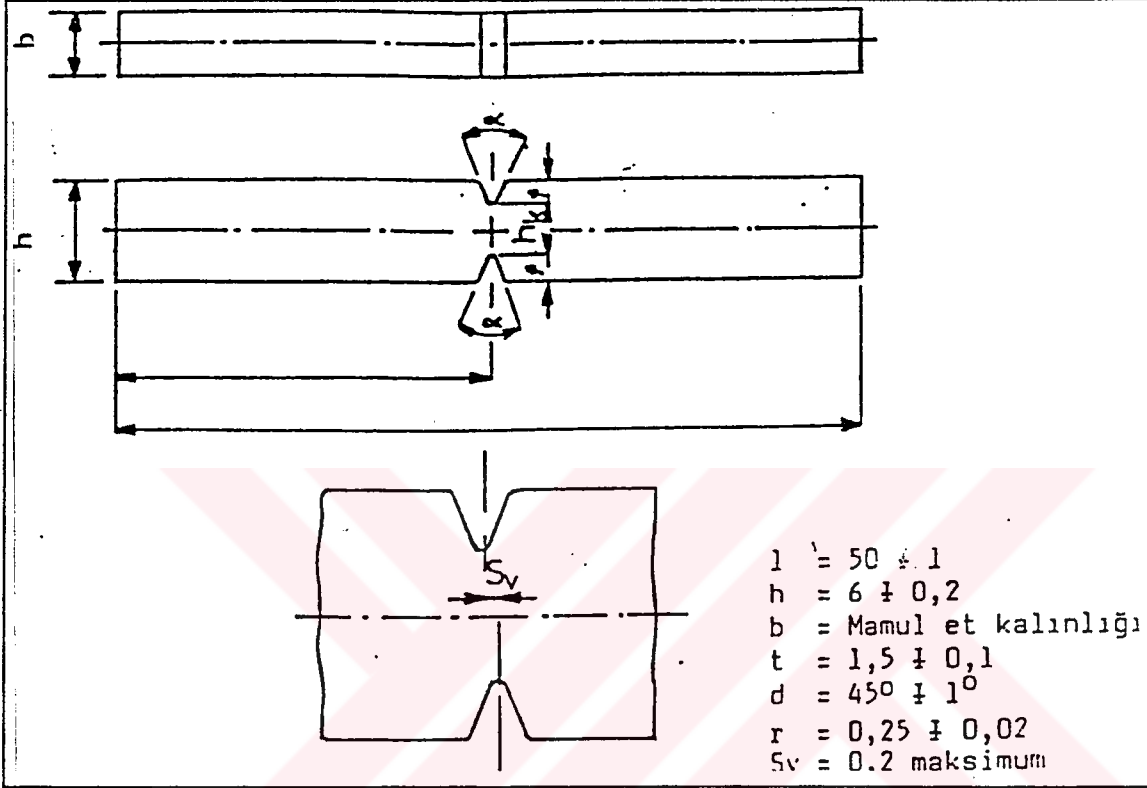
Sarkaç Darbe Cihazı: TS 1004’te detayları tarif edilen cihaz gibi olmalıdır.

Çift V Çentik Açma Cihazı: Deney numunesine talaş kaldırma metoduyla çift V şeklinde iki adet çentik açmak için kullanılan cihazdır.

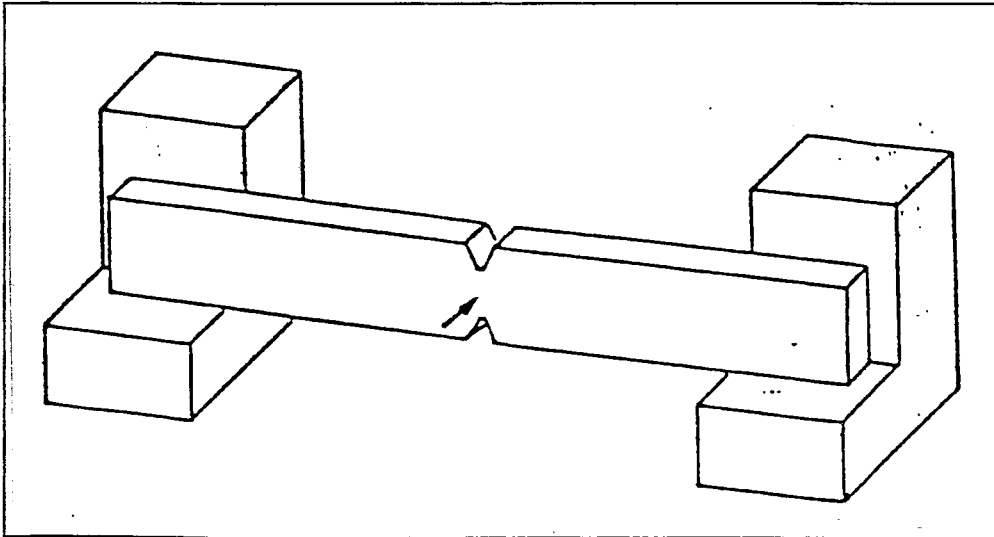
Kumpas: 0,1 mm. hassasiyetle ölçüm yapabilen bir kumpas kullanılmalıdır.

Deney: İşlemden önce 50 mm. ± 1mm. boy x 6mm. ± 0,2 mm. en x et kalınlığı boyutunda hazırlanmış lama şeklinde deney numuneleri kullanılır. Deney numuneleri 20’şer adetlik gruplara ayrılır. Numunelere yukarıda anlatılan şekilde çift V çentikler açılır (Şekil 4.2). Deney numuneleri grubunun yarısı karanlıkta oda sıcaklığında saklanır. Diğer yarısı yukarıda anlatılan esaslara göre ışıklandırılır.

Işıklandırma sona erdikten sonra hem karanlıkta saklanan numunelerin hem de ışıklandırılmış numunelerin TS 1004'e göre sarkaç darbe deneyi yapılır. Çift V çentikli deney numunesi sarkaç darbe cihazına yerleştirilerek örs iki çentiğın ortasına vurulmalıdır (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Çift V çentikli standart numune



Şekil 4.3. Numunenin deney cihazına yerleştirilişi

Çift V çentikli numunenin darbe dayanımı TS 1004 Madde 9.2'ye göre hesaplanır. Formüldeki geometrik değerler sarkaç darbe deneyi öncesinde kumpas ile 0,1 mm. hassasiyetle ölçülerek tespit edilir.

Işıklandırılmış deney numuneleri ile karanlıkta saklanmış deney numunelerinin darbe dayanımı a_k ayrı ayrı hesaplanarak her iki grubun aritmetik ortalaması bulunur. Aritmetik ortalama değerleri oranlanarak çift V çentik darbe dayanımındaki azalma hesaplanır. Sonucun tanım bölümünde verilen değer üstüne çıkmaması gerekmektedir.

4.1.3.7. Sıcakta Bekletme Sonrası Davranış Deneyi

Tanım: Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profillerde, aşağıda açıklanan deney uygulandığında habbe, çatlak veya pullanma olmamalıdır.

Cihaz: $150^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ayarlanabilen, cebri hava sirkülasyonlu bir etüv (fırın) kullanılmalıdır.

Deney: İşlemden önce 200 mm. \pm 5mm. uzunluğunda kesilerek hazırlanmış profil şeklindeki deney numunesi kullanılmaktadır. Etüv $150^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılır. Deney numuneleri üstüne talk pudrası serpilmiş olan bir cam plaka üzerinde şekil değişikliği engellenmeyecek şekilde etüve konur ve 30 dakika bekletilir. Cam plaka, üzerindeki deney numuneleri ile birlikte etüvden dışarıya çıkartılır ve oda sıcaklığına kadar soğuması beklenir.

Deney numuneleri gün ışığında göz ve el ile muayene edilerek tanım kısmında belirtilen özelliklerle karşılaşıp karşılaşılmadığına bakılır.

4.1.3.8. Sıcakta Bekletme Sonrası Ölçü Değişikliği Deneyi

Tanım: Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profillerde, aşağıda açıklanan deney uygulandığında boylamasına nisbi ölçü değişikliği % 2'den büyük olmamalı, aynı profil parçasında görünen karşılıklı iki yüz için belirlenen nisbi ölçü değişikliği arasındaki fark % 0,4'ten fazla olmamalıdır.

Cihaz: Bölüm 4.1.3.7.'de kullanılan etüv yine bu deneyde de kullanılmaktadır.

Kumpas: 0,1 mm. hassasiyetle ölçüm yapılabilen bir kumpas kullanılmalıdır.

Deney: İşlemden önce 200 mm. \pm 5mm. uzunluğunda kesilerek hazırlanmış profil şeklindeki deney numunesi kullanılmaktadır. Deney numunelerinin her iki görünen dış yüzeyine, her iki uçtan yaklaşık 10 mm. mesafede ve profil eninin ortasına gelecek şekilde çizme veya delme yoluyla ölçü işareti koyulur. Her iki ölçü işareti arasındaki mesafe yaklaşık 200 mm. olmalı ve $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de kumpasla 0,1 mm. hassasiyetle ölçülmelidir. (l_0)

Etüv $100^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılır. Deney numuneleri, üstüne talk pudrası serpilmiş olan bir cam plaka üzerinde şekil değişikliği engellenmeyecek şekilde etüve konur ve 60 dakika \pm 1 dakika bekletilir. Cam plaka, üzerindeki deney numuneleri ile birlikte etüvden dışarıya çıkartılır ve hava yardımı ile $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'ye soğuması beklenir.

Deney numunelerinin her iki görünen dış yüzeyinde önceden işaretlenmiş olan ölçü işaretleri arasındaki mesafe ölçülür. (l_1)

$$\text{Nisbi boy değişikliği: } \varepsilon_{100} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \quad \text{formülü ile sonuç onda bir}$$

hassasiyetle hesaplanır. Sonucun tanım kısmında verilen sınırlar içerisinde olması gerekmektedir.

4.1.3.9. Kaynayabilirlik Deneyi

Tanım: Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profillerde aşağıda açıklanan deney uygulandığında elde edilen kaynak faktörü en az 0,7 olmalıdır.

Kaynak Cihazı: Alın kaynağı yapmaya uygun; üstü yapışmayı önleyici bir örtü ile kaplı ısıtılmış plakaya deney numunelerini bastırıp, yüzeyler eriyince plakanın aradan çekilmesini ve profillerin erimiş yüzeylerini birbirine bastırıp donuncaya kadar beklenmesini sağlayan bir cihaz kullanılmalıdır.

Çekme Deneyi Makinası: Özellikleri TS 1398'de tarif edilmiş olan deney makinası kullanılmalıdır.

Deney: İşlemden önce kaynak cihazına bağlanabilecek uzunlukta kesilerek hazırlanmış deney numuneleri kullanılır. Benzer profil çiftlerine kaynak cihazında alın kaynağı yapılır.

Kaynatılmış profillerin görünen dış yüzeylerinden TS 1398'de tarif edilmiş çekme deneyi numuneleri talaş kaldırma metodu ile hazırlanır. Kaynak dikişi çekme yönüne dik ve ortada olmalıdır. Kaynağın taşan kısımları numunenin üstünde olmalıdır. Aynı metotla kaynaklı deney numunesi adedi kadar kaynaklı deney numunesi hazırlanır.

Deney numunelerine $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de çekme deneyi cihazında TS 1398'e göre 50mm/dak. ± 5 mm/dak. hızla çekme deneyi uygulanır ve kopma yükleri ölçülür. Kaynaklı ve kaynaklı deney numunelerinin kopma yüklerinin (F_V , F_B) aritmetik ortalaması ayrı gruplar halinde hesaplanır.

Kısa Süre Kaynak Faktörü: $f_Z = \frac{F_V}{F_B}$ formülü ile yüzde bir hassasiyetle hesaplanır.

Sonucun tanım kısmında verilen sınır içerisinde olması gerekmektedir.

4.1.3.10. Köşe Mukavemeti Deneyi

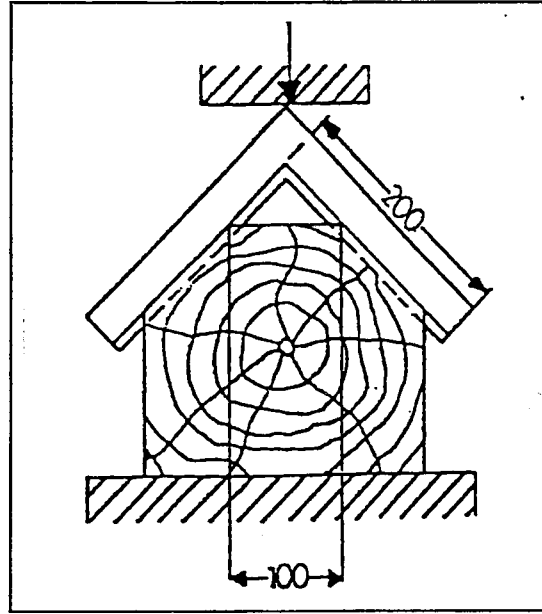
Tanım: Pencere ve camlı dış kapı yapımında kullanılan sert PVC profillerde, aşağıda açıklanan deney uygulandığında ölçülen köşe mukavemeti, 500 kgf'tan (5 kN) az olmamalıdır.

Kaynak Cihazı: Kısım 4.1.3.9.'da tarif edilen kaynak cihazı, köşe açısı $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$ olacak şekilde ayarlanabilen bir tablaya sahip olmalıdır.

Köşe Kaynak Test Cihazı: Kısım 3.3.19.'da anlatılan, kaynaklı köşe parçasına darbesiz olarak kopana kadar 50mm/dak. ± 5 mm/dak. hızda basınç uygulayabilen bir cihaz kullanılmalıdır.

Deney: İşlemden önce, kaynatıldığında 200 mm. x 200mm. boyutunda köşe oluşturacak şekilde hazırlanmış deney numuneleri kullanılmaktadır. Deney numunelerinin bir köşesi 45° açılı olarak kesilir ve benzer profil çiftlerine kaynak cihazında köşe açısı $90^{\circ} \pm 1^{\circ}$ olacak şekilde alın kaynağı yapılır. Kaynak dikişinin taşan kısımları pencere imalatında uygulanan metod yardımı ile temizlenir

Deney numunelerine basınç, deney cihazında oda sıcaklığında ($18^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$) darbesiz olarak kopana kadar 50mm/dak. ± 5 mm/dak. hızda uygulanır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Basınç deneyinin yapılışı

Deney sırasında çıkılan en yüksek kuvvet ölçülür. Köşe mukavemeti, ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması olarak hesaplanır. Sonucun tanım kısmında verilen değerden düşük olmaması gerekmektedir.

4.1.3.11. Boyut ve Toleranslar

Ana profillerin görünen dış yüzey et kalınlığı anma boyutu ve toleransları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Diğer boyutların belirlenmesinde imalatçı serbesttir. Ancak muayene sırasında ölçülen boyutlar için, imalat resmi anma ölçülerine ve çizelgede verilen değerlere uygunluk sağlanmalıdır.

Mikrometre: 0,05 mm. hassasiyetle ölçüm yapabilen bir mikrometre kullanılmalıdır.

Kumpas: 0,1 mm. hassasiyetle ölçüm yapabilen bir kumpas kullanılmalıdır.

Muayene: Numune alma yöntemine uygun olarak alınan profillerin herbirinin görünen dış yüzeylerinin et kalınlıkları mikrometre ile 0,05 mm. hassasiyetle, dıştan dışa yükseklik ve genişlikleri ile conta yuvaları, cam çitasını tutan tırnaklar ve ispanyolet yatakları gibi

fonksiyonel ölçüleri 0,1 mm. hassasiyetle kumpas ile ölçülerek tesbit edilir. Ölçülen değerlerin imalat resmi anma ölçüleri ile mukayesesi yapılır ve sapmalar belirlenir.

Çizelge 4.2. PVC profillerin anma boyutları ve toleransları

BOYUTUN CİNSİ	ANMA BOYUTU	TOLERANS
Görünen dış yüzey et kalınlığı	en az 2,8 mm.	$\pm 0,3$ mm.
Dıştan dışa profil yüksekliği	Teknik resimdeki ölçüsü	$\pm 0,3$ mm.
Dıştan dışa profil genişliği	“	$\pm 0,5$ mm.
Fonksiyonel ölçüler	“	$\pm 0,3$ mm.

4.1.3.12. İşaretleme

Ana profillerin uygun bir yerinde her bir metrede bir, kolayca okunabilecek ve silinip çıkmayacak şekilde en az aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır:

- İmalatçı firmanın ticaret ünvanı veya kısa adı, adresi veya varsa tescilli markası,
- Profilin sınıf ve tipini göstermek üzere işaretler,
- Tabi bulunduğu standartın TS 5358 şeklinde işaret ve numarası (TS 5358).

4.2. Üretim Hataları ve Önleme Çareleri

4.2.1. Kalitesiz Hammadde Seçimi

Daha önce de değindiğimiz gibi plastik ekstrüzyon işleminde kullanılan hammaddeleri aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

- PVC
- Yardımcı Kimyasallar
 - Darbe Mukavameti Verici
 - Titanyum Dioksit, (TiO₂)
 - Kalsit (CaCO₃)
 - Stabilizatör
 - Renklendiriciler
 - Kaydırıcılar

PVC (Polivinil Klorür)

Her imalatta olduğu gibi plastik profil ekstrüzyonunda da başarılı olmanın yolu kaliteli hammadde kullanmaktan geçmektedir. Şu anda dünyada birçok PVC üreticisi firma bulunmaktadır. Türkiye'den Petkim'in de aralarında bulunduğu bu firmalardan başlıcaları Basf, LVM, Evipol, EVC, Shell, Elf Atochem, Hydro Plast ve Solvay gibi firmalardır. Böyle adı dünyaca meşhur, kalitesini ispatlamış firmaların yanısıra, ucuz maliyetleri ile dikkat çeken Rus, İran, Orta Doğu ve Doğu Avrupa'da da PVC üreten firmalar vardır. Şüphesiz ki her ucuz mamul kalitesiz, her pahalı mamül de kaliteli olarak kabul edilmemelidir. Fakat unutulmamalıdır ki bir mamülün ucuza satılmasında ana etken pahalı maliyetler getiren birtakım işlemlerin prosese dahil edilmemeleridir. Şu anda piyasada ekseriyetle menşeylerine bağlı olarak 600 – 1300 Dolar/ton arasında PVC bulmak mümkündür (Akyüz,1998)

PVC işlerken dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden birisi nem oranıdır. İçerisinde çözünmüş su buharı bulduran PVC'ler üretim aşamasında birçok sorunlar

çıkarmabilmektedirler. Bunlardan en önemlisi gözle de görülebilen profil iç yüzeyindeki kabarcıklardır.

PVC firmaları genelde ürünlerinin teknik bilgilerini içeren prospektüslere sahiptirler. Bunlar, konu hakkında bilgi sahibi çalışanlar için, mamül hakkında kanaat edinebilmeleri açısından gerçekten gereklidirler. Bir PVC'nin yeterli kalitede kabul edilebilmesi için, uluslararası standartlarla tayin edilmiş sınırlar içerisinde olması gerekmektedir. Herhangi çeşit bir PVC alınacağı zaman, firmalardan teklif alınması esnasında bu teknik bilgiler ışığında değerlendirme yapılmalıdır.

Çizelge 4.3. PVC özellikleri ve standartları

ÖZELLİK	STANDARDI	Örnek (Shell PVC)
K Değeri	DIN 53726	66,5
Viskozite İndeksi	ISO 174	111
Hacimsel Yoğunluk	ISO 60	0,555 gr/cm ³
Elek Analizi (> 63 mikron, > 250 mikron)	ISO 4610	% 88, % 5
Vinil Asetat İçeriği	ISO 1159	-
Gözeneklilik	ISO 4603	% 22
Uçuculuk	ISO 1269	≤ % 0,3

Aynı proses yardımcı kimyasallar içinde geçerlidir. Tabiki kullanılan yardımcı kimyasalların, kullanım oranlarına göre farklı standartlarla sağlanmış özelliklere uymaları gerekmektedir.

Darbe Mukavemeti Verici:

Ekstrüzyon piyasasında darbe mukavemeti verici olarak tamamı ile ithal malzeme kullanılmaktadır. Bunlardan başlıcalarını; Paraloid KM 355, DuPont Dow Tyrin 6000 ve Durastrength oluşturmaktadır. Bu markaların içeriklerindeki farklılık akrilik yada polietilen

klor esaslı olmalarındandır. 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. Profil üreticisi firma bu özelliğin imalat esnasında getireceği avantaj ve dezavantajlara göre akrilik yada polietilen klor esaslı darbe mukavemeti verici yardımcı kimyasallardan birini seçmelidir. Klorlu polietilen esaslı Tyrin 6000 için teknik özellikler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.4. Tyrin 6000'in teknik özellikleri

<i>ÖZELLİK</i>	<i>STANDARDI</i>	<i>Örnek (Tyrin 6000)</i>
Klor İçeriği	ISO 1158	% 35
Ergiyik Viskozitesi	ISO 11443	2400 Pa.s.
Eritme Isısı	-	< 2 J/g
Uçuculuk	ISO 248	< % 0,3
Kül Oranı	ISO 247	< % 2
Yoğunluk	ISO 1183	1,15 gr/cm ³
Ortalama Partikül Boyutu	ISO 2591-1	300 mikron
Hacimsel Yoğunluk	ISO 37	400 gr/dm ³

Stabilizatör

Hava şartlarına karşı dayanım vermek, renklendirmeye yardımcı olmak ve kaydırıcılık sağlamak için kullanılan bu malzemelerin; Barlocher, Chemson, Reagens Comiel ve Ackros gibi firmalar tarafından üretilen çeşitleri olduğu gibi, Akdeniz Kimya tarafından Türkiye'de üretilen bir çeşitide vardır. Bu kimyasal kurşunlu yada kurşunsuz olmak üzere iki çeşitte imal edilmektedir. Bu iki cins arasındaki seçim de yine profil üreticisi firmaya bağlıdır. Yardımcı kimyasal üreten firmalar tarafından, malzeme

özellikleri çok teferruatlı olarak verilmesede kurşun içeriği % olarak bilinmelidir. Bunun yanında, bu malzemenin hangi oranda karışıma katılacağıda, teknik kataloglarında profil üreticisi firmaya önerilmektedir.

Titanyum Dioksit (TiO₂)

Bu malzemeyi kullanmaktaki amaç, PVC profillere renk hasılığının verilmesi ve güneş ışınlarına karşı renk değışiminin önüne geçilmesine imkan sağlamaktır. Kısacası PVC profillerin pencere ve kapı haline getirildikten sonra takıldıkları yerlerde, hava şartları dolayısıyla sararmalarını engellemektir. Şunu rahatlıkla söyleyebiliriz ki, tüketici aldığı ürünün her geçen yıl daha da sarardığını düşünüyorsa, bunda ana etken TiO₂'nin karışıma az oranda katılması yada kalitesiz TiO₂ kullanılmasıdır.

TiO₂'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 malzemedede, TiO₂ oranı % 90 civarındadır. Geri kalan kısmı ise organik ve inorganik bileşikler oluşturmaktadır. Hacimsel yoğunluğu ise ≈ 1 gr/cm³'tür.

Kalsiyum Karbonat (CaCO₃)

Kalsiyum karbonatın, kısaca bilinen adı ile kalsitin kullanılmasındaki amaç karışımın hacminin arttırılması yani dolgunluk verilmesidir. Kullanılan hammadde ve yardımcı kimyasallar arasında en ucuz maliyete sahip olanıdır. Bu nedenle üretici firmalar karışıma mümkün olan en çok miktarda kalsit katarak kg. başı maliyet oranın düşürmek istemektedirler. Dışardan ilk bakıldığında tebeşir tozuna benzetebileceğimiz bu malzemenin karışıma yüksek oranlarda katılmasının dayanıma olumsuz yönde etkisi olmaktadır. Tavsiye edilen maksimum karışım oranı 6 kg/ 100 kg.'dır. Ayrıca kalsitin yapı itibarı ile 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 CaCO₃ tozu bulundurmaktadır. Malzemenin yaklaşık kimyasal analizi ise şöyledir.

- $\text{CaCO}_3 \geq \% 98$
- $\text{MgCO}_3 \leq \% 0,2$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \%0,03$

Ençok kullanılan kalsit çeşitlerinden birisi olan OmyaCarb 1T-AV'nin teknik özellikleri ise aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.5. OmyaCarb 1T-AV'nin teknik özellikleri

ÖZELLİK	STANDARDI	Örnek(OmyaCarb)
Yoğunluk	ISO 787/10	2,7 gr/ml
45 mm. Elek Bakıyesi	ISO 787/7	% 0,05
Parlaklığı	DIN 53163	% 95
Nem Miktarı	ISO 782/2	% 0,3
Ph Değeri	ISO 787/9	9
Yağ Emmesi	ISO 787/5	18 gr./ 100 gr.
D.O.P. Emmesi	ISO 787/5	20 gr./ 100 gr.
Dökme Yoğunluğu	ISO 787/11	11 gr/ml

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.

Renkli profilleri ayıracak olursak, PVC profil üreticisi firmalar kendi ürettikleri mamüllerin diğerlerinden ayrılabilmesi için beyaz tonundaki renklendiricileri kullanmaktadırlar. En çok kullanılanı ise civit mavi olarak adlandırılanıdır. Renklendiriciler tek başlarına kullanıldıklarında başka iyileştirici etkileri olmamaktadır.

Bununla birlikte diğer yardımcı kimyasalların içerisinde, özel sipariş üzerine karıştırılmış olarakta bulunabilirler. Bunun en çok rastlanan uygulamaları, renklendiricilerin stabilizatörlerle birlikte kullanılmalarıdır.

Kaydırıcılar

PVC profil ekstrüzyon hammaddelerine yönelik hazırlanan kaydırıcılar çok değişik amaçlar için kullanılabilirler. Ekstrüder gövdesinde ısının etkisiyle karıştırılarak kıvam verilen PVC karışımının kolay jelleşmesi ve istenilen kıvama gelmesini sağlamak, işlemi hızlandırmak, malzeme karışımının daha akıcı bir hale getirilmesi, daha parlak yüzey elde edilmesinin ve profillerin toz tutmasının engellenmesinin sağlanması bu amaçlardan bazılarıdır. Üretici firma imalat esnasında karşılaştığı sıkıntılara göre kaydırıcı kullanmaya gerek duyabilmektedir, ama kullanılması mecburi değildir.

Kaydırıcılarda renklendiriciler gibi tek başlarına kullanılabildikleri gibi stabilizatör gibi ana yardımcı kimyasallar içerisinde, deneyler sonucu elde edilen karışım oranlarında, özel sipariş üzerine katılarak kullanılabilirler.

Aslında oldukça pahalı bir malzeme olan kaydırıcılar karışımında % 0,25 – 0,5 oranlarında kullanıldıklarından kg. maliyetine etkileri çok fazla olmamaktadır.

4.2.2. Karışım Hazırlamadan İleri Gelen Hatalar

Karışım hazırlamanın en püf noktası, olması gereken oranlarda bir formülasyona gidilmesi gereğidir. PVC profil imalatında kullanılan malzemelerin hangi oranlarda karıştırılacağı, üretici firmaların temin ettikleri hammadde ve kimyasalları satın aldıkları firmalar tarafından yaklaşık olarak üretici firmaya bildirilmektedir. Ama bu oranlar değişik özellikteki farklı malzemeler için çok değişik olabilmekte ve kesin değerleri içermemektedir. Bu nedenle üretici firmalar, mamüllerinden bekledikleri özelliklere göre kendi özel formülasyonlarını geliştirmektedirler.

Karışım oranlarının belirlenmesinde iki ana etken rol oynamaktadır. Mamül kalitesi ve maliyet/kg. oranı. Bazı firmalar mamül kalitesini ön plana çıkarırken, bazıları da

ortalama bir kaliteyi kabullenerek maliyet/kg. oranını düşürecek şekilde karışım oranlarını belirlemektedirler. Her iki halikarda da aslında kilogram başına maliyet değerinin düşürülmesi direkt olarak ucuz hammadde temini ile mümkün olmaktadır.

Ucuz hammadde temini bir çok şekilde mümkün olabilmektedir. Hammadde alımı sırasında verilen yüklü siparişler, çok değişik markalara yönelip bazı imtiyazlar elde etmek büyük firmaların başvurduğu yöntemler arasında yer almaktadır. Nispeten küçük PVC profil üreticisi firmalar ise, ürettikleri mamüle pazarda bir yer edinebilmek için, fiyatlarını daha aşağıya çekmek zorunda kalmakta, yüklü miktarda hammadde alımı gerçekleştiremediklerinden de bunu daha düşük kalitedeki ucuz hammaddeye yönelerek sağlamaktadırlar. Bu olay her ne kadar üretici firma tarafından kısa vadede kar sağlasada, uzun vadede öncelikle tüketici açısından, daha sonralarıda bunun bir yansıması olarak üretici açısından olumsuz sonuçlara yol açmaktadır.

Formülasyon hazırlandıktan sonra önemli bir diğer nokta ise mikserde karışımın karıştırılması safhasıdır. Karıştırma esnasında hammadde üreticisi firmalar tarafından önerilen, karışım ısıtma aralığı 115 - 125⁰C arasındadır. PVC üreticisi firmalar tarafından genelde tercih edilen ve mikserlere programlanan sıcaklık ise 121⁰C dir.

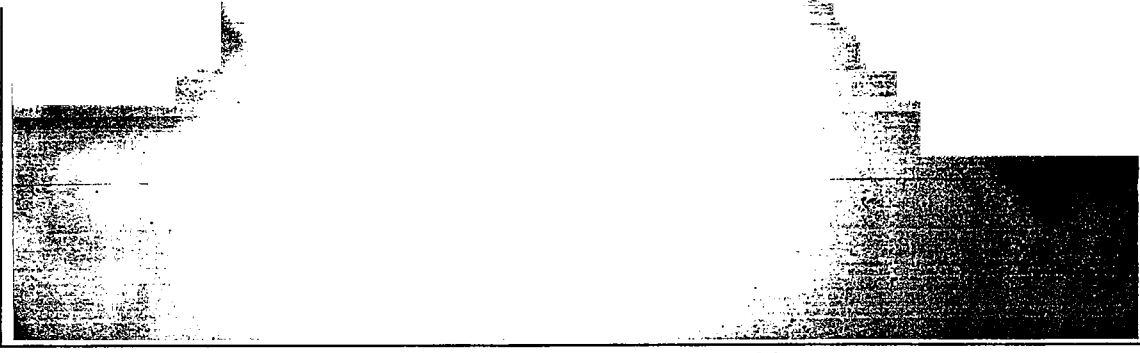
Karışımın 121⁰C civarına ısıtılması tamamı ile sürtünme etkisiyle gerçekleştirilmektedir. Mikserin sıcak kısmında gerçekleştirilen ısıtma esnasında oldukça devirli dönen bir elektrik motoru tarafından tahrik edilen mikser karıştırıcıları tarafından sürtünme sağlanmaktadır. Malzemelerin yaklaşık 121⁰C'ye ısıtıldığında tam olarak birbirleriyle karıştığı gözlenmektedir.

Eğer karışım sıcaklığı 121⁰C'nin altında kalırsa, kullanılan malzemelerin istenilen ölçüde karışmayacağı ve homojen bir yapı oluşmayacağı görülecektir. Bu PVC'nin ekstrüde edilmesi esnasında istenilmeyen bir durumdur. Eğer karışım olabildiğince homojen bir şekilde olmaz ise, ekstrüde edilen PVC profil, her boyun farklı metrelerinde farklı fiziksel ve kimyasal özellikler gösterebilmektedir. Ayrıca ekstrüzyon işlemi esnasında da bazı ekstrüder parametreleri çok değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin bazı hallerde, ekstrüderin tork ve geri basıncı geniş bir aralıkta hareketlilik göstermekte bu da en başta mamül cidar kalınlığı olmak üzere PVC profilin bütün ölçülerine standart dışı etki etmektedir.

Karışım, mikserin sıcak kısmında olması gereken sıcaklığın üstüne ısıtılırsa, bu seferde karşımıza çıkan sorun karışımın gözle fark edilir şekilde sararması ve lokal topaklanmalarla karşılaşılmasıdır. Malzemenin sararmasına kabaca “yanma” denilmekte ve profilin olması gereken beyaz renkten sapmasına neden olmaktadır. Eğer bu yanmış malzeme ile ekstrüzyon işlemi gerçekleştirilirse karışım ekstrüderde daha da sararacak ve standart dışı profil elde edilecektir. Yüksek sıcaklıkta oluşacak topaklanma neticesinde ise ekstrüzyon işlemi esnasındaki parametreler direkt olarak etkilenmektedir. Zira vidalara gelen toz karışım içerisindeki bazen ceviz büyüklüğüne yaklaşan taneler, malzeme geri basıncında büyük dalgalanmalara neden olmaktadır (Şekil 4.5).

Karışımın daha yüksek sıcaklıklara ısıtılması, karışım içerisinde yer alan kimyasal maddelerin özelliklerini yitirmelerine de neden olabilmektedir. Örneğin yardımcı kimyasallardan birisi olan stabilizatörün etkisinin böyle bir sebepten dolayı azalması, PVC profilin pencere haline getirilip yerine takıldıktan sonra kısa vadede yıpranmasına neden olabilmektedir.

Karışım istenilen seviyeye ısıtıldıktan sonra soğuk mikser kısmına alınır ve içerisinde soğuk su dolaşan ceketlerin bulunduğu bu kısımda yine karıştırıcılar tarafından, sıcak mikser kısmına oranla çok daha düşük bir devirle karıştırılarak soğutulur. Soğutma işlemi mikserin soğutma kapasitesine göre 35 - 45⁰C arasına kadar gerçekleştirilir. Eğer mikserin soğutma kapasitesi yüksek ve imalat kısmına hazır hammadde yetiştirilmesi konusunda da bir sıkışıklık yok ise mümkün olduğu kadar düşük sıcaklığa soğutmakta fayda vardır. Ama unutulmamalıdır ki soğutma sıcaklığı ortam ısısına yaklaştıkça soğutma süresi uzamakta ve işlem ekonomiklik çerçevesinden çıkmaktadır. Fakat daha az elektrik tüketmek amacı ile yapılan az soğutma neticesinde karışımın imalat öncesi bekletilme süresi uzamakta, eğer gerektiği kadar dinlendirme yapılmaz ise bu sefer de ekstrüder parametrelerinde değişikliklerle karşılaşmaktadır.



Şekil 4.5. Topaklanmış hammadde

Karışım soğuk mikser kısmında soğutulduktan sonra arabalara yada otomatik besleme üniteleri tarafından silolara alınmaktadır. Malzeme soğuk mikser kısmından çıktıktan sonra minimum beş, yaklaşık sekiz saatlik bir dinlendirmeye tabi tutulmalıdır. Bu dinlenme sonucunda karışımın ortam sıcaklığına gelmesi sağlanmaktadır.

Karışımın araba yada silolara alınması sırasında, yüksek mesafeden dökülmesine izin verilmemelidir. Her ne kadar karışımında homojenlik sağlanmaya çalışılsa da, serbest düşme esnasında yoğunluğu büyük malzemeler çok azda olsa belirli oranlarda alt kısımda toplanacaktır. Bu da tabiki karışımın depolandığı yerlerde, belirli kısımlarında homojenliğinden sapmasına neden olmaktadır. Genelde bu olay hacimsel yoğunluğu en büyük olan kalsitin (CaCO_3) dökülme esnasında, her şarjda altta bir miktar yoğunlaşmasıyla olmaktadır. Sonuç olarak ekstrüder, tam bu kısımdanemiş gerçekleştirdiği esnada, nisbeten kalsit ağırlıklı malzemeyi vidalara sevk etmekte ve üretilen mamülün dayanımında düşme gözlenmektedir.

4.2.3. Hammaddenin Tam Plastize Olmaması

Arabalardaki yada silolardaki hammadde, ekstrüderlere akuple halde bulunan vakumlu besleme üniteleri tarafından, ekstrüzyon hızı ile orantılı olarak dojaz vidası aracılığı ile vidalara sevk edilmektedir.

Ekstrüderlerdeki ısıtma işlemleri başlıca dört kısımda ele alınabilir. Vidanın ısıtılması, vidaların içerisinde bulunduğu kovanın ısıtılması, matris girişindeki adaptörün ısıtılması ve matrisin ısıtılması. Bütün bu ısıtma parametreleri ekstrüder üzerindeki bir kontrol panelinden ayarlanmaktadır. Vidaların ısıtılması, ısı yağı olarak bilinen yağ yardımı ile yapılmaktadır fakat bu sistem bütün ekstrüderlerde bulunamayabilmektedir.

Malzeme karışımı ilk defa yüksek ısı ile, vidanın üzerine dojaz vidasından döküldüğü zaman karşılaşmaktadır. Vida, dişleri arasına dökülen malzemeyi hem ileriye sevk etmekte hemde sıkışmanın ve sürtünmenin etkisiyle ısıtmaktadır. Ayrıca vida boyunca gerçekleşen bu işlem kovanın içerisinde meydana geldiğinden, malzeme karışımı elektrik dirençleri yardımı ile ısıtılan kovandan da ısı transfer etmektedir. İşte bu noktada vidanın ortalarına doğru sürtünme ve ısının etkisiyle malzeme ekmek hamuruna benzer bir kıvam almaya başlamaktadır. Bu işlem plastik işleme yöntemleri için jelleşme yada plastifikasyon olarak adlandırılabilir. Malzeme karışımının matristen ekstrude edilerek mamül halini alabilmesi için bu plastifikasyon olayı gereklidir. İşte malzeme karışımının istenilen kıvama getirilmesi karşılaşılan başlıca sorunlardan birisidir. Tamamı ile karışım formülasyonu ve ısıtma ile ilgili olan bu olay mamül kalitesine direkt etki etmektedir.

Eğer karışım istenilen kıvama gelmez ve toz halinde matrise girerse her ne kadar matriste ısıtılsa da, tam bir kaynama olmamakta ve mamül matristen çıktıktan sonra, koparılmaya çalışıldığında sanki bir ekmek gibi dağılmaktadır. Bu kesinlikle kabul edilmeyen bir durumdur. Çünkü malzeme soğuduktan sonra eğer dayanıklılık testine tabi tutulursa beklenenin çok altında bir değerde kırıldığı görülecektir. Bu durumda rastlanan sorunlardan biriside, nisbeten az akışkan olan malzeme karışımının matrisin dar kesitlerinde tıkanıp kalması olabilmektedir. Dar kesitler genelde profilin iç duvarlarını oluşturduklarından, bu kısımlar matriste tıkanıp buralardan malzeme gelmediği takdirde, profil odacıklı yapısını yitirip tek odacıklı standart ışı mamül halini alabilmektedir. Bu tip mamül kesinlikle hurdaya ayrılmalıdır. Ekstrüzyon esnasında mamüle bakıldığında böyle

bir durumla karşılaşırsa, işlem derhal durdurulmalı, matris ekstrüderden sökülüp parçalarına ayrılarak tıkanmış kesitler temizlenmelidir. Böyle bir durum farkedilince müdahalede geç kalınmamalıdır zira sürekli olarak ısıtılan matris içerisinde tıkanıp kalan plastik malzeme bu ısının etkisi ile yanarak kömürleşebilmekte ve temizlenmesi zor hale gelebilmektedir.

Şayet karışım istenilen kıvama gelir ve daha da akıcı bir hal alırsa, ekstrüder vidalarının torku ve matris önündeki malzeme geri basıncı farkedilir seviyede düşecek, sonuç olarak istenilen cidar kalınlığını tutturmak imkansız hale gelecektir.

Malzemenin kıvamını tutturmak, ekstrüderin belirttiğimiz dört kısmındaki sıcaklıkların ayarı ile birlikte, karışım hazırlamada kullanılan hammadde ve kimyasalların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile de doğrudan ilgilidir. Üretici firmanın, formülasyonda kullandığı herhangi bir malzemeyi değiştirmesinin, imalat şartlarında büyük değişikliklere yol açacağı kesindir. Bunu bir örnekle açıklayacak olursak Starpen orta kayıt profilinin ekstrude edilmesi esnasında, aynı ekstrüderde, aynı imalat hızında, aynı sıcaklıklarda ve aynı formülasyonda kullanılan darbe mukavemeti verici Paraloid KM 355 yerine karışıma DuPont-Dow Tyrin 6000 katıldığında görülmüştür ki, karışım daha akıcı bir hale gelmiş, vida torku 63 -64 Nmm.'den 51 - 52 Nmm.'ye, malzeme geri basıncı da 280 - 283 bar'dan 250 - 252 bar'a düşmüştür.

Mecburiyetler doğrultusunda bu tip malzeme değişikliklerine gidildiği takdirde, üretici firmalar meydana gelen plastifikasyon farklılıklarının önüne, yardımcı kimyasal katkıları kullanarak yada imalat parametrelerini yeniden ayarlama yoluna giderek geçmeye çalışabilirler. Her iki halikarda da mamül kalitesi değişmektedir ve TSE'nin öngördüğü deneyler yapılarak, mamülün standartlar içerisinde olduğunun kesinlikle kontrol edilmesi gereklidir.

4.2.4. Vidaların Kilitlemesi

Ekstrüderlerde imalata ara verilip, kapatılırken adına "yol formülü" denilen bir malzeme, dozaj vidası kapatılıp, dışardan yardımcı bir elemanla vidaların üzerine boşaltılarak bu malzemenin matristen çıkması sağlandıktan sonra vidalar durdurulur. Yol formülü denilen bu malzeme yüksek ısıya dayanımı olan, PVC bakımından fakir,

stabilizatör bakımından zengin bir karışımdır. Ayrıca yol formülünün esas PVC malzeme ile karışmasının önüne geçmek için içine beyazdan farklı renk verici pigmentlerde karıştırılabilmektedir. Amaç ekstrüder kapatıldıktan sonra, aksamalarının soğuması esnasında malzeme karışımının bu aksamlara yapışıp yanmasının önüne geçmektir. Bu malzeme soğuyup donduktan sonra, tekrar ısıtılınca özelliğini pek fazla yitirmeden yeniden yumuşamaktadır. Yani kısacası bu malzeme % 100 olmasada geri dönüşümü olan bir malzemedir. Kolayca yumuşayan bu malzeme matristen de kolayca geçmektedir. Eğer bu karışım kapatma esnasında ekstrüdere verilmez ise, ekstrüderde yeniden imalata geçilmesi nerdeyse imkansızdır, çünkü her ne kadar vidalara malzeme sevkiyatı durdurularak vidaların içerisindeki malzeme temizlense ve ekstrüder durdurulsa da, vidaların matris tarafı çıkışında malzeme basıncının düşmesi ile ekstrüde edilemeyerek kalan PVC, sonraki ilk çalışma esnasında yanarak vidaların kilitlemesine neden olacaktır.

Eksrüder vidalarının kilitlemesi, geri basıncın veya vida torkunun bir zorlama sonucu maksimum değerlerinin aşılması ile mümkündür. Buna imalat sıcaklıklarına tam erişilmeden ekstrüzyona başlanması sonucu matris önünde yığılan toz malzeme de neden olabilmektedir.

Böyle bir olay gerçekleşirse, ekstrüderin ısıtması açılmalı, malzeme kısmen yumuşadıktan sonra matris sökülmeli ve vidalara yeniden hareket verme denenerek iç kısımdaki yanık malzeme kovanın ağızından temizlenmelidir.

4.2.5. Matrisin Bir Kısımının Yada Tamamının Tıkanması

Bu soruna enbüyük neden yukarıda da değinildiği gibi malzeme karışımının kovanda yada matriste yanmasıdır. Her ne kadar dizaynda matris girişinde bulunan flanş konik bir yapıya getirilmeye çalışılsa da, bu kısımda hareketsiz kalan az bir miktardaki karışım yanabilmektedir. Yanan bu malzeme ekstrüzyon basıncının etkisiyle matrisin içerisine ilerlemekte ve dar kesitlerde tıkanmaya neden olmaktadır.

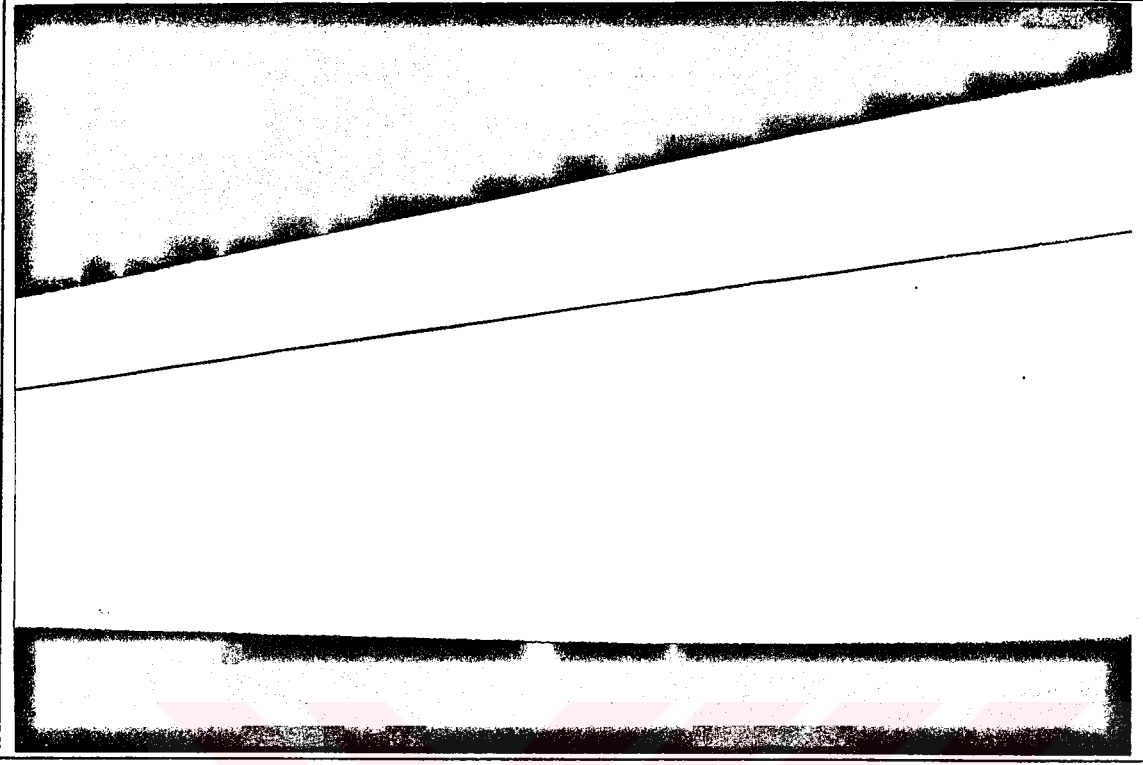
İmalatta kullanılan matrisin yüzeyinin, malzemenin rahatça ilerleyebilmesi için parlatılması gerekmektedir. Parlatma işlemi, hassas işleme yöntemleri yada kimyasal malzemeler kullanarak yapılabilmektedir. Herhangi bir şekilde bu parlaklık giderse ki bu genellikle plastik malzemenin matrise sürtünmesiyle gerçekleşmektedir, o zaman ekstrüde

edilen malzeme matrise yapışabilmektedir. Yapışan bu malzeme zaman içerisinde ısının da etkisiyle matris içinde kömürleşmektedir. Böyle bir durum meydana geldiğinde eğer zamanında müdahale edilmez ise, gelen malzeme giderek artan bir şekilde bu noktada yığılma yapmaya devam etmekte ve sonuçta tam bir tıkanma görülmektedir.

Bu olayın önüne geçmek, matrisin tamamı ile tıkanıp sökülerek temizlenmesinden kolay olacaktır. Bunun için ekstrüder imalat sıcaklığına geldiği anda fazla zaman kaybetmeden imalata başlanmalıdır. İmalata geçmekte gecikilecek olursa yanma olayı lokal olarak vida kısmında başlayabilmektedir.

Eğer imalat esnasında matristen yanık partikülleri gelmeye başlarsa bu matrisin bir miktar sonra tıkanacağına bir işaret olabilmektedir. Bunu önlemek için de, matris malzemesini çizmeyecek daha yumuşak bir malzemeden (örneğin pirinç) yapılmış ince teller, şişler kullanarak matrisin içerisindeki yanıklar yerlerinden oynatılarak basıncın etkisiyle dışarı atılması sağlanabilmektedir. Bu işleme başlamadan önce rahat çalışabilmek için kalibrasyon masası ile ekstrüderin arası bir miktar açılmalı, ekstrüzyon mamülü koparılmalı ve şişe temizleme işlemi gerçekleştirilmelidir. Sorun giderildikten sonrada işleme devam etmelidir. Sorunlar mümkün olduğu kadar ekstrüderi durdurmadan giderilmeye çalışılmalıdır. Eğer ekstrüder durdurulursa, vidaların arasındaki malzemenin yanmaması için ısıtma kapatılacak, tekrar imalata başlanacağı zaman da ısıların eski değerlerini alması belirli bir süre alacaktır. Bu işletme açısından büyük bir kayıptır.

Matristen yanık gelmesi çoğu zaman uzaktan farkedilen bir durum değildir. Bu durum genelde çok dikkatli bir şekilde bakıldığında ancak farkedilebilmektedir. Yanık izleri çoğu halde imalat yönüne paralel şekilde devamlı yada kesik, ince yada kalın çizgiler halinde olmaktadır. Bazı hallerde ise matris içerisine biriken yanmış plastik partiküller toplu bir şekilde basıncın etkisiyle matris dışına atılabilmektedir. Her durumda da profildeki yanık lekeli kısım standart dışıdır ve fireye ayrılmalıdır.



Şekil 4.6. Matristen yanık gelmesi anı

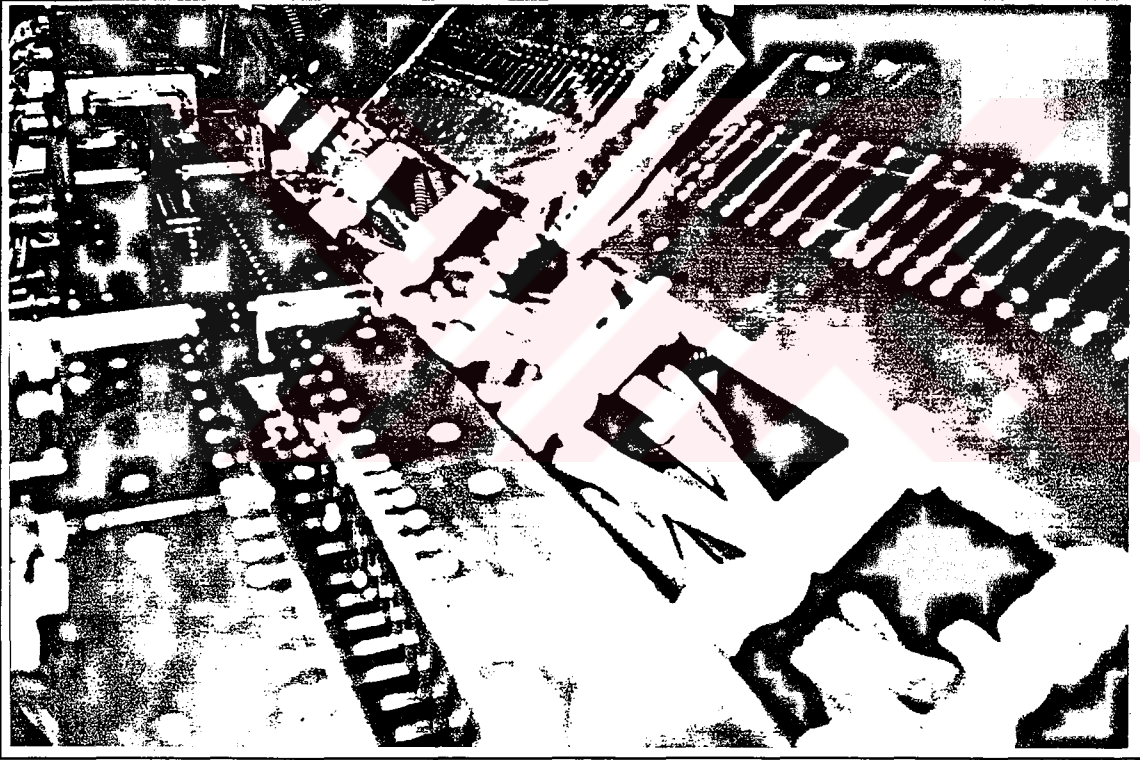
Ekstrüderlerde, vidaların bulunduğu kovan kısmında karışımın homojenliğini bozan yoğunluk bakımından ağır yada hafif partikülleri anlayıp onları filtre eden bir vakum ünitesi de bulunmaktadır. Kovan içerisinde yanan partiküllerin yoğunlukları değişeceğinden, vakumlama ünitesi karışıma nisbeten hafifleyen bu parçacıkları emerek bir filtre kısmında toplayacaktır. Isınan karışımın içerisinde, az da olsa çözülmüş halde bulunan su buharı, ısının da etkisiyle açığa çıkmakta ve vakumlama ünitesi tarafından emilmektedir. Bu su buharı, filtre kısmında yoğunlaşarak boru sistemlerinin tıkanmasına neden olabilmektedir. Eğer -0,8 bar civarında olması gereken vakumlama istenilen seviyede olmaz ise, bahsedilen yanık partiküller filtre edilemeyebilir. Bu tip sorunlara sebep olamamak için filitreler dolmaları beklenmeden temizlenmeli ve sık sık vakum seviyesi kontrol edilmelidir.

4.2.6. Kalibrasyon Havuzlarındaki Vakum Düşüklüğü

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, 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 kısmı 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, kalıpların 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. Buna neden ise, kalibrelerdeki su ve vakum kanallarının bir şekilde tıkanması yada vakum pompalarında meydana gelen arızalar olabilmektedir.



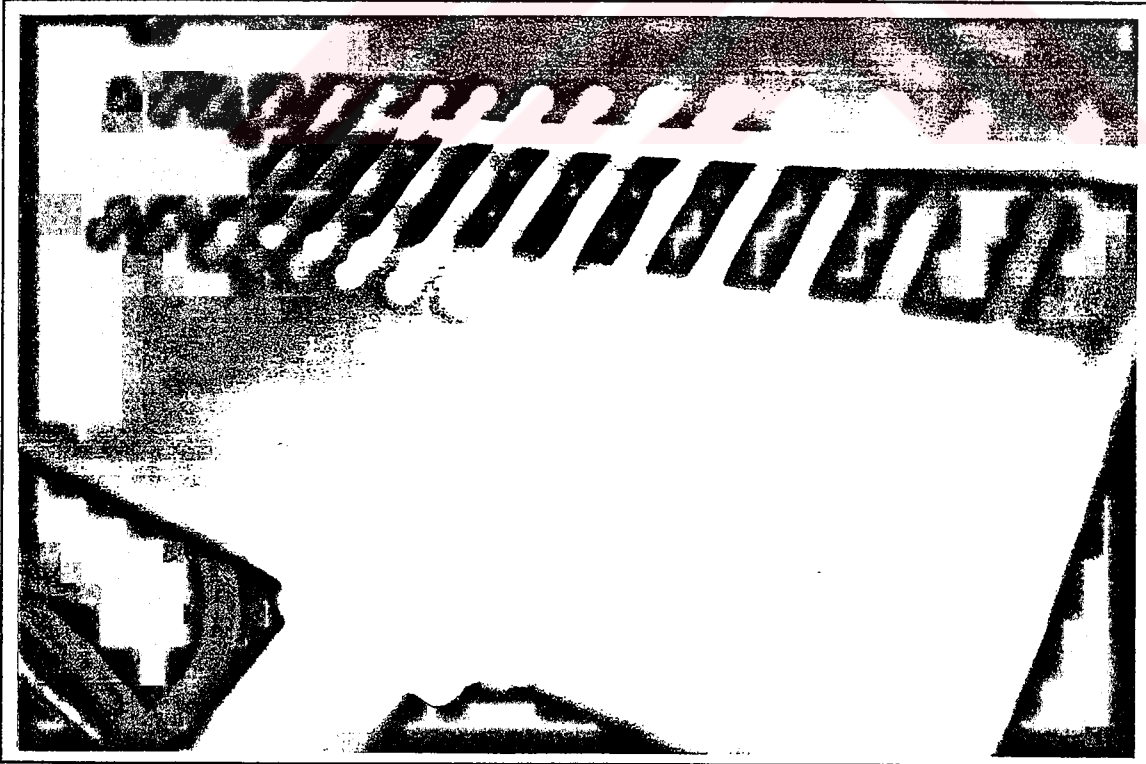
Şekil 4.7. Kalibrasyon kalıpları

Su kanallarının tıkanmasındaki temel sebep suyun kirlenmesidir. Her ne kadar su devamlı devirdaim halinde olsa ve suya dışardan yabancı malzeme karıştırılmasa da, zaman içerisinde sudaki 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 ettirilmeli, 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 ortamından 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.

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



Şekil 4.8. Tıkalı vakum kanalları

4.2.7. Su Sıcaklığının Artması

Plastik ekstrüzyon işlemlerinde en önemli parametrelerden biriside, sistemde ekstrüzyon mamülünün soğutulması için kullanılan su olmaktadır. Ekstrüzyon hatlarını üreten firmalar, kalibrasyon havuzlarında yaptıkları soğutmanın çeşidine göre (speryeleme, su vakumlama, vs.) 10 -15⁰C arasında su sıcaklığı önermektedirler.

Daha önceki bölümlerde değindiğimiz gibi soğutmada kullanılan su sistemi kapalı yada açık devre olarak dizayn edilebilmektedir. Burada belirleyici etken işletmenin ucuz ve bol miktarda su temin edebilme imkanındır. Eğer su açısından kısıtlayıcı bir durum söz konusu ise sistemler ekseriyetle kapalı devre olarak dizayn edilmektedirler.

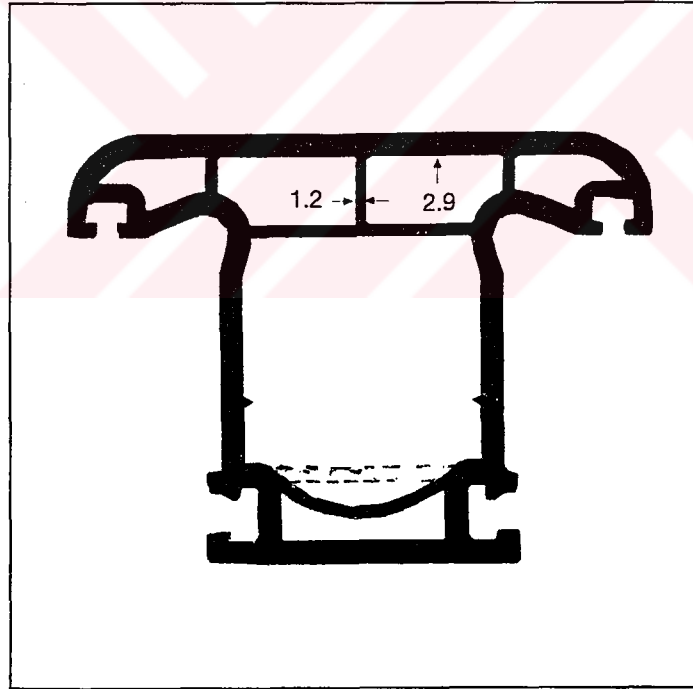
Özellikle kapalı devre sistemlerde, şayet soğutma bulunmuyorsa su sıcaklığının giderek artması kaçınılmazdır. 10 -15⁰C arasında olması öngörülen su sıcaklığını her zaman sağlayabilmek için soğutma bir zaruret halini almaktadır. Su sıcaklığının istenilen değerlerde tutulması makine ve teçhizat seçimi kısmında anlatılan soğutucu ekipmanlar tarafından yapılabilmektedir.

İmalat esnasında karşılaşılan sorunlardan birisi olan su sıcaklığının artması, kalibrasyon kısmında PVC profilin istenildiği gibi soğutulamamasının bir sonucudur. Zira 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 soğutmama neticesinde, profiller soğuduktan sonra geniş yüzeylerinde ondülasyonlar veya çökmeler görülmektedir. Her ne kadar vakumlama ile profil kalibre kalıplarının yüzeylerine 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 kaydırmaması 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.

Yaklaşık imalat hızı 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 kafi 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 pecerelerin yapılımları esnasında içerlerine sokulan destek saclarının yerleştirilmelerini imkansız hale getirmektedir.



Şekil 4.9. Eğik perdeli profil kesiti

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

4.2.8. Kalibrelere Profilin Tam Oturtulamaması

İşlem esnasında karşılaşılan sorunlardan birisi de ekstrude edilen profilin kalibrasyon kalıplarının cidarlarına tam oturtulamamasıdır. 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 çecinin paletlerinin arasına gelene kadar devam eder. Bu işlem ilk yol verme işlemi olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. 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 boşlukta ucu sivri bir aletle profil üzerine delikler açılmaya başlanmaktadır (Şekil 4.11). Bunun sebebi su vanalarının açılmasıyla aynı anda vakum yapmaya başlayan kalibrelerin, bu deliklerden faydalanarak profili kendine çekip yapıştırmasını sağlamaktır. Bu noktada en dikkat edilmesi gereken durum, profilde bulunması muhtemel tınakların, 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.



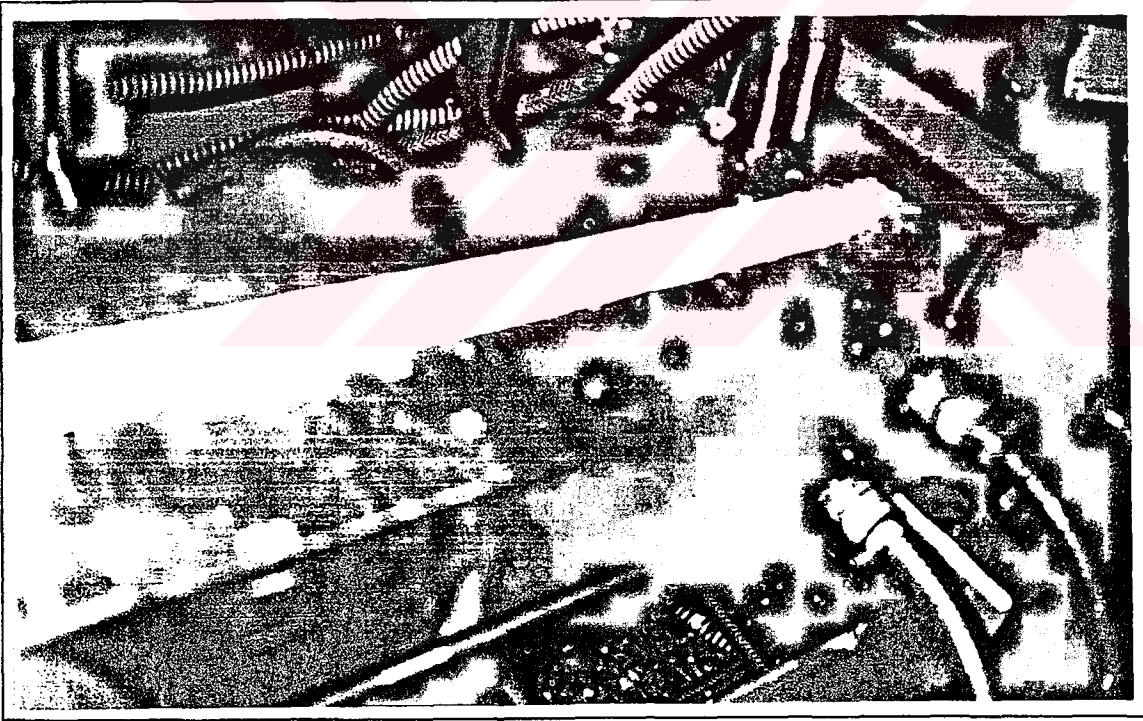
Şekil 4.11. Profili kalibrelere yapıştırmak için yapılan işleme

4.2.9. Kalibrasyon Kalıplarında Parça Kılması

Profil ekstrüzyonu esnasında belkide en çok karşılaşılan sorun kalibre kalıpları içerisinde yabancı parçalar kılması ve bunun profillere olumsuz etkisidir. Bu olay en çok ekstrüzyon hattına ilk yol verme esnasında olmaktadır. Henüz profil tam kıvamını almadan ve işlem tam rayına oturmadan, matriste bazı düzgün olmayan akışlara rastlanabilmektedir. Bu olay, işleme dışarıdan bakarlara genelde matrisle kalibre kalıpları arasında profildeki 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 parçacıklar eğer büyük boyutlarda ise,

bunların fark edilip temizlenmeleri nisbeten kolay olmaktadır. Ama parçacıklar küçük ise çok dikkatli bakılmadığı takdirde fark edilemezler ve bu parçacıklar profil yüzeyini sürekli bir şekilde çizecek ve yüzeyin pürüzsüzlüğünün bozulmasına neden olacaktır. En çok rastlanan şekliyle bu sorun küçük parçacıkların kalibre kalıpları içerisindeki vakum kanallarına takılarak profil yüzeyinde çok ince çiziklere neden olmalarıyla gerçekleşmektedir.

Bu sorunu gidermenin birkaç yöntemi vardır. Eğer içeride takılan parçacıklar büyük boyutlarda ise, gözlem yoluyla parçaların genelde üç kısımdan oluşan kalibrasyon kalıplarının hangisinde kaldığı bulunabilir ve kalıplar açılıp temizlenebilmektedir (Şekil 4.12). Bu işlem imalata ara vermeden yapılabildiği gibi eğer parçacık miktarı fazla ise hattın imalat hızı, fire miktarını mümkün olduğu kadar azaltmak için düşürülebilir ve temizlik işlemleri yapılabilir.



Şekil 4.12. İmalat esnasında temizlik için açılan kalibre

Kalan parçacıklar küçük ve sadece yüzey pürüzsüzlüğünü bozacak şekilde ise temizleme işlemi, pratikçe kalibreler ile matrisin arasını bir miktar açıp, profil yüzeyine yumuşak bir malzeme ile ekstrüzyon yönüne dik çizikler atılarak gerçekleştirilir (Şekil 4.13). Profil yüzeyinde oluşturulan bu düzensizlik yardımıyla vakum kanallarına tıkanan

ufak parçacıkların, bu düzensizliklere takılarak dışarı atılması mümkün olabilmektedir. Bu tamamı ile pratik bir yöntemdir ve her zaman tatmin edici bir sonuç elde edilmesi beklenilmemelidir.



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 parçacıkların giderilmesinde ise, havuzların kapakları açılarak, lastik başlı çekicilerle profile vurulup profilin oynatılması ve aralarındaki parçacıkların çıkarılması yoluna gidilebilmektedir. Bu parçacıkların kaynağı ise genelde su içerisindeki yabancı partiküller olmaktadır.

4.2.10. Kalibrasyon Kısmı İle Matrisin Terazide Olmaması

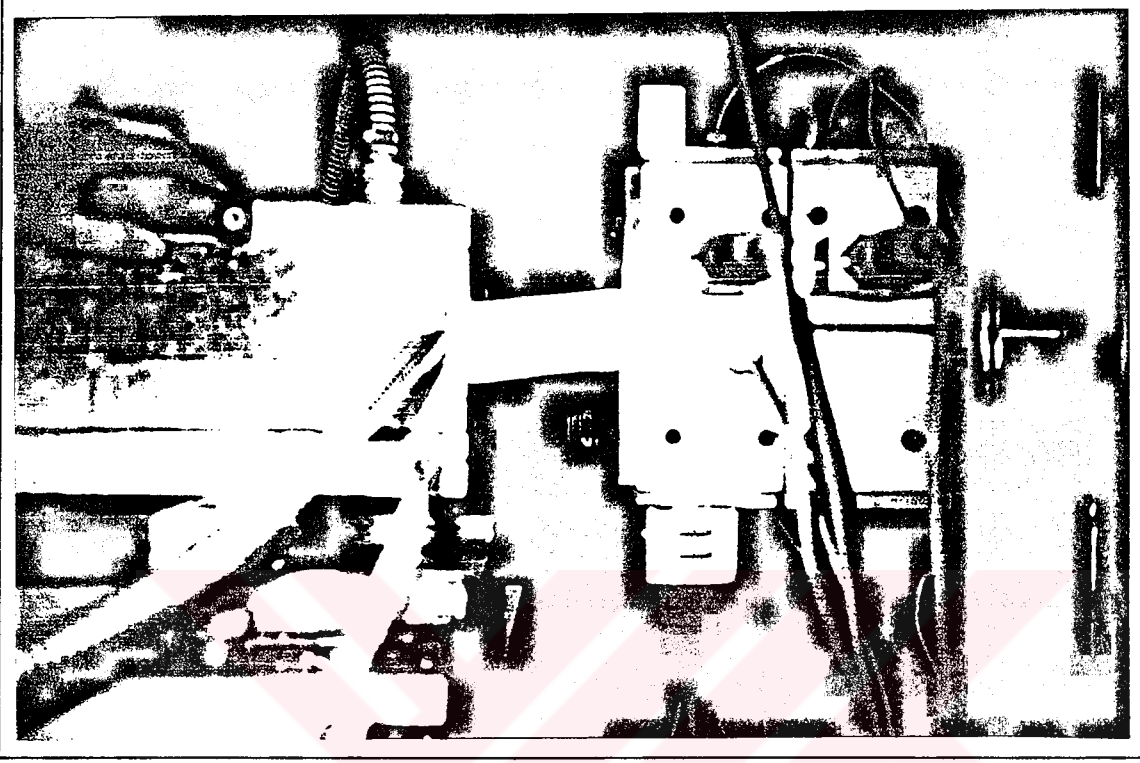
Ekstrüzyon işlemine başlamadan önce yapılan bazı temel ayarlamalar mevcuttur. Daha ilk başta, ekstrüzyon hatları fabrika içerisindeki yerlerine yerleştirilirken çoğunlukla ekstrüder üzerinde akupla halde bulunan su terazileri yardımı ile dengelenirler. Aynı şekilde ekstrüzyon hattının temel elemanları olan kalibrasyon masası ve çekiciler de yine gövdelerindeki ayar civataları kullanılarak teraziye alınmaktadırlar.

Yukarıda saydığımız ekstrüzyon hattı elemanlarından sadece ekstrüderlerde 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 boşta kalmasına izin verilmemelidir. Zira ekstrüderler üzerinde bulunan büyük elektrik motorlarından ve dişli kutularından ileri gelebilecek sarsıntıların imalat esnasından 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 mamule temasını sağlayarak, yüzey parlaklıklarının aynı oranda olmasını

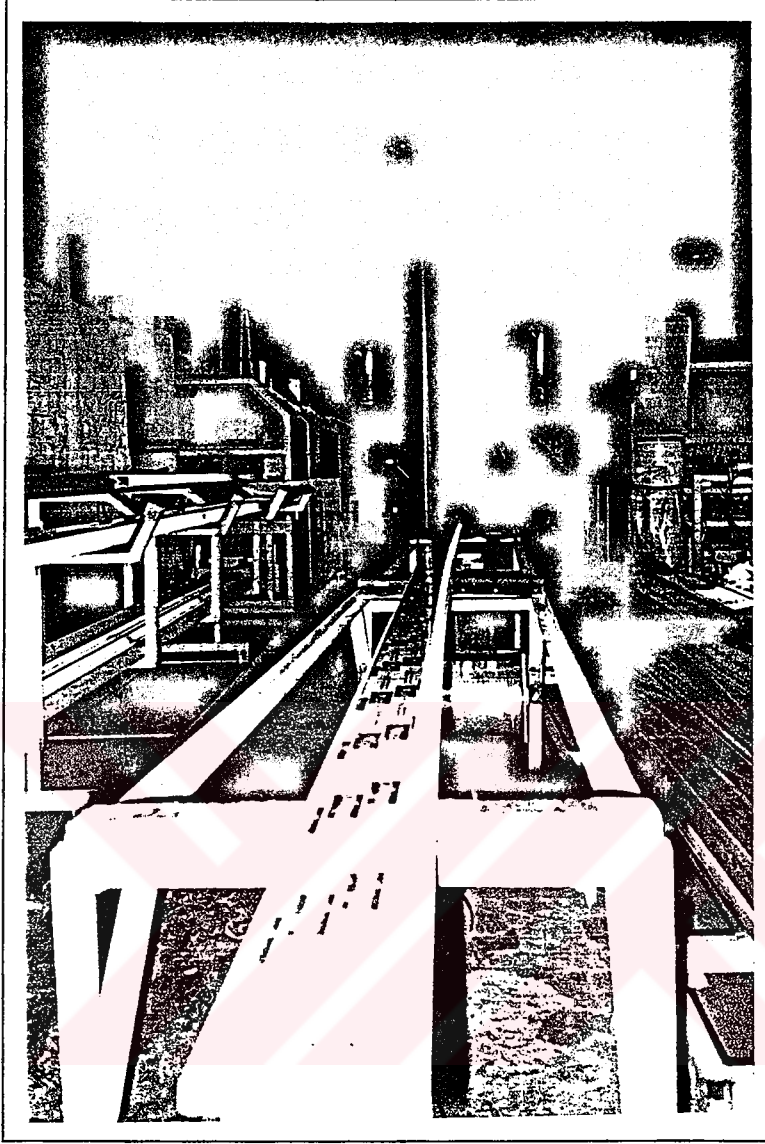
gerçekleştirmek, herhangi bir sebeple PVC profildeki akış düzensizliğinin ve profile oluşabilecek dalgalanmaların neden olabileceği yığılmaların önüne geçmektir.



Şekil 4.14. Matris ile kalibrenin terazide olmaması durumu

Eğer kalibrasyon masası ile matris aynı eksen doğrultusunda olmaz ise, (Şekil 4.14) mamülün iki anayüzeyi 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 ekseriyetle ekstrüzyon hatlarının üzerinde bulunan yada bağımsız su terazileri ile ayarlamalar yapılmalıdır.

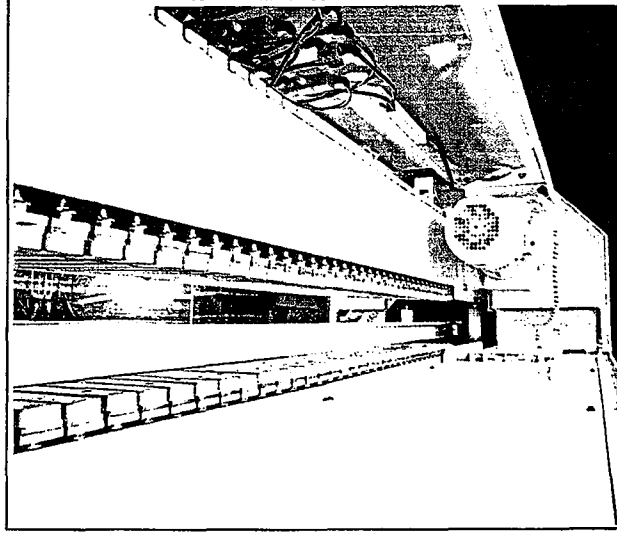


Şekil 4.15. Eğilmiş profil

4.2.11. Çekicinin Paletlerinin Mamüle Düzgün Basmaması

Çekicinin paletleri yumuşaklığın sağlanması için dayanıklı kauçuk malzemeden imal edilmektedirler. Paletler birbirlerine zıt yönde dönen iki zincir dişli mekanizmasının üzerine düzgün bir şekilde yerleştirilmişlerdir (Şekil 4.16). Çekicinin boylamasına yerleştirilmiş bu mekanizmaların her iki ucuna monte edilmiş toplam dört adet hava pistonu sayesinde, paletlerin birbirlerine baskı miktarları ayarlanmaktadır. Yapılan baskının değeri çift taraflı olarak 6 bar basınca kadar ayarlanabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, ekstrüde edilen mamülü deforme etmeden yada kaydırmadan tutup

çekebilecek bir baskı kuvvetinin ayarlanmasıdır. Yeterli baskı kuvvetleri ayarlandıktan sonra çekici imalata sorunsuz devam edebilmektedir.



Şekil 4.16. Çekicinin palet mekanizması

Çekicinin çeşitli yerlerine, acil durumlarda imalatı durdurmak için şarteller yerleştirilmiştir. Bunun nedeni ekstrüzyon hattının çalışan açısından en tehlikeli kısımları olan baskı paletlerinin ve boy kesme testeresinin bu bölümde bulunmasıdır. Çok rastlanan olaylardan birisi de işçilerin dalgınlık sonucu bu acil durum şalterlerine takılmaları vs. dir. Böyle bir durum olması durumunda çekicinin paletleri mamülün üzerinden kalkmakta, ekstrüdere gelen enerji kesilmekte ve bunun bir sonucu olarakta profil kalibrenin önüne yığılmakta, zaman içerisinde sertleşmekte ve giderilmesi çok zor olan ve uzun zaman gerektiren bir durumla karşılaşmaktadır.

Eğer paletler profilin üzerine yeterli seviyede basmaz ise, paletler profili kaydırmakta ve sanki durup çekme şeklinde bir işlem oluşmaktadır. Bu mamül cidar kalınlığının sabit tutulamaması anlamına gelmektedir. Şayet baskı kuvveti profili tutamayacak şekilde azalırsa, ozamanda profil kalibrelerin önüne yığılmaktadır.

Paletler profilin üzerine fazla basarsa bu seferde artık iyice sertleşmiş profil çatlayıp kırılabilmektedir. Bu yukarıda sayılanlar kesinlikle istenmeyen durumlardır ve baskı kuvvetinin profilin gerektirdiği orana ayarlanması ile engellenmektedir.

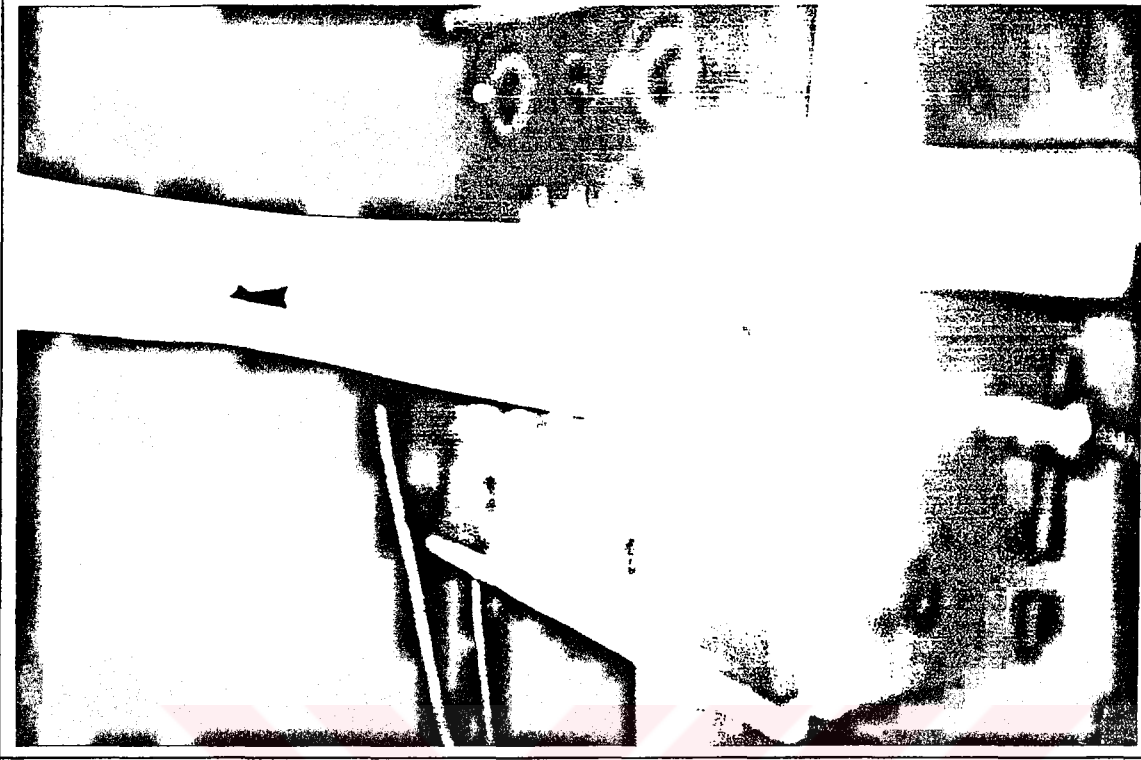
4.2.12. Çekicinin Hızının Tam Ayarlanamaması

Daha önceleride birçok kez değindiğimiz üzere, plastik ekstrüzyon yönteminde mamüle et kalınlığı, çekicinin hızının ayarı ile verilmektedir. Malzeme matrinden ekstrüde edilirken, vidaların devrine göre belirli bir çizgisel hız kazanmaktadır. Çekicinin paletleride bu hıza göre ayarlanmaktadır. Ekstrüzyon işleminde ilk yol verildikten sonra çekicinin hızı, ekstrüder üzerindeki kontrol panelinden, mamül üzerinde standart ölçüler bulununcaya kadar arttırılıp azaltılarak ayarlanır. Çekicinin bu hızı belirli devirde dönen vidalar için standart mamül cidar kalınlığını sağlamaktadır. Çekicinin ve vidaların bu hızına göre, vidalara plastik malzeme sevk eden dozaj motorunun devride ayarlanmaktadır. Üç kısmının hızı belirlenip standart mamül kalınlığı sağlandıktan sonra birbirine senkronize edilir ve sadece birinin artırılmasıyla diğer iki değerinde artması sağlanır. Bu sayede işlem bir miktar basitleştirilmiş olmaktadır. Bilgisayar (PLC) kontrollü sistemlerde imalat hızının ayarlanmasının, belirlenen hangi hızın ayarı ile yapılacağı operatörün seçimine kalmıştır. Manuel sistemlerde ise “Sincron” adlı bir ayar tamburu ile sistemin imalat hızı ayarlanmaktadır.

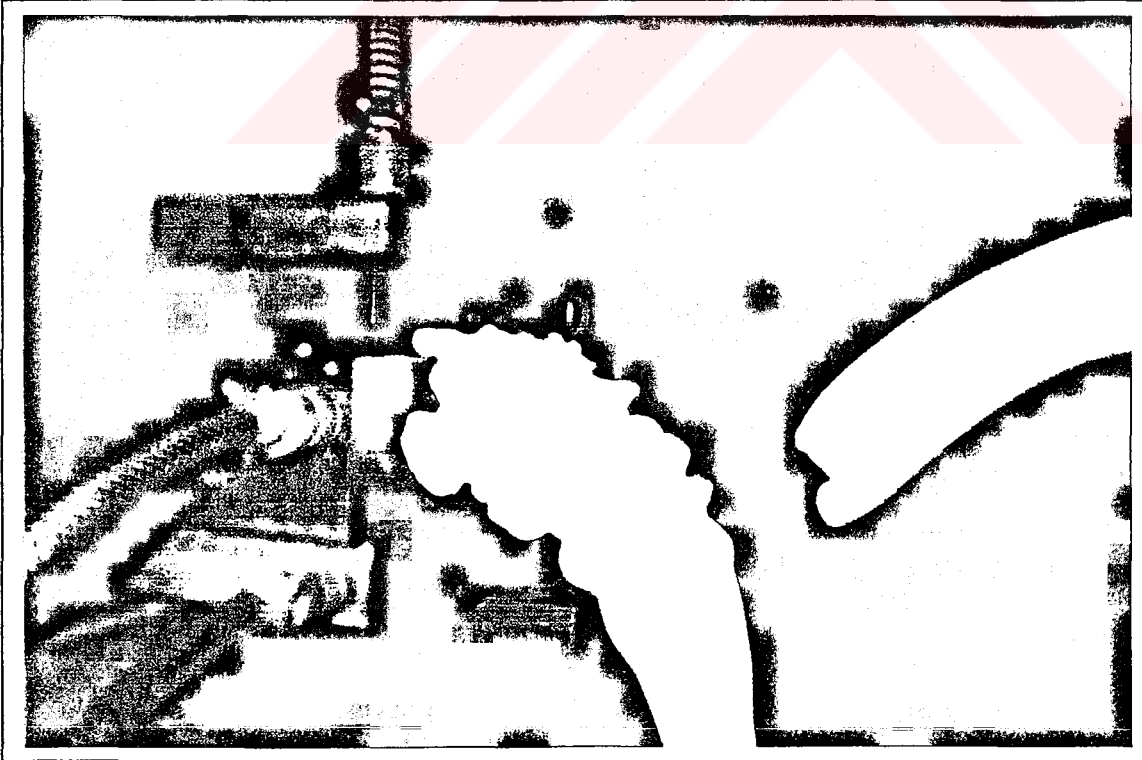
Çekicinin hızının vida devrine göre fazla yükseltilmesi sonucu mamül, çekici tarafından deyim yerinde ise sündürülerek uzatılır ve ölçülerinde düşme olur. Bu ölçülerin en başında ise cidar kalınlığı gelmektedir. Zira kalibrasyon kısmında vakumlama ile profil kalibre kalıplarının çeperlerine yapıştırılarak dış ölçülerinde bir düşmeye fazla imkan verilmemektedir. TS 5358’e göre PVC profil cidar kalınlığı $2,8 \text{ mm.} \pm 0,3 \text{ mm.}$ olmaktadır. İşte bu et kalınlığının ayarı çekici tarafından sağlanmaktadır. Çekici hızının düşürülmesiyle de mamüldeki uzama düşmekte ve et kalınlığı artmaktadır.

Eğer çekicinin hızı çok arttırılırsa, mamülün cidar kalınlığı standartların altına düşmekte ve zamanında müdahale edilmez ise profilin en sıcak olduğu yer olan matris çıkışından kopabilmektedir (Şekil 4.17).

Çekicinin hızı çok düşürülürse bu sefer de mamülün cidar kalınlığı standartların üzerine çıkmakta ve yine zamanında müdahale edilmez ise profil en esnek olduğu yer olan kalibre girişinde yığılma yapabilmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.17. Profilin aşırı gerilme sonucu kopma anı

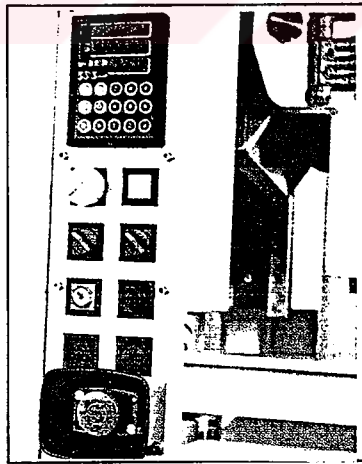


Şekil 4.18. Profilin kalibre önüne yığılması anı

Bu gibi üretim hatalarını önüne geçebilmek için belirli aralıklarla hattan numuneler alınarak ölçüler kontrol edilmeli, gerekiyorsa da çekicinin hızı artırılıp azaltılarak ölçüler standart hale getirilmelidir.

4.2.13. Testerenin Standart Boyda Kesmemesi

Plastik ekstrüzyon imalatı, sürekli bir imalat yöntemi olmasına karşın üretilen mamül çeşitlerinin, üretildikleri şekilde stoklanmaları mümkün olmamaktadır. Özellikle rijit halde üretilen profil ve boru gibi mamüller, bütün dünyada standart boy uzunluğu olarak kabul edilen 6 metrelik boylara kesilerek stoklanmaktadır. Profillerin 6 metreye ölçülmesi işlemi, çekici üzerine yerleştirilen bir ölçme tertibatı ile sağlanmaktadır. Bu ölçme tertibatı, profili çekmek için kullanılan paletlere akuple edilmiştir. Ölçme tertibatı tarafından alınan bilgiler enkodere gönderilmekte ve bir dönüştürücü tarafında dijital ortama aktarılmaktadır. Her ne kadar mamüller 6 metrelik boylara 1 mm. hassasiyetle kesilebilmekteyselerde, sistem 6 metreden farklı çeşitli uzunluklara da kesim yapabilecek şekilde bir dijital programlaya imkan sağlamaktadır. Bunun başlıca sebebi rutin olarak yapılması muhtemel boyut kontrollerinde kısa parçaların alınmasına imkan sağlamaktır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Kesme boyu programlama paneli

Her ne kadar çekici paletlerin mamüle % 100 oranında basması sağlanılmaya çalışılsa da, mamül üzerinde kalabilecek su yada sisteme hava sağlayan kompresör basıncındaki bir düşme nedeniyle kauçuk paletlerin mamülü kaydırması muhtemeldir.

Böyle bir duruma bir gün içerisinde bir kaç kez rastlanabileceği gibi, bir hafta boyunca hiç rastlanılmaması olağandır. Böyle bir durumla karşılaşılması sonucunda profiller 6 metreden uzun bir boya kesilebilmekte, bu da metre fiyat üzerinden satılan mamüller için üretici açısından maddi zarara neden olabilmektedir. 6 metreden kısaya kesilmiş mamülün sevk edilmesi durumunda ise, alıcılardan gelen şikayetlerle karşı karşıya kalınabilmektedir.

Bu tip sorunların önüne geçmek için, ölçme tertibatının bakımı düzenli olarak yapılmalıdır. Toza karşı hassas olan elektronik malzemelerin çok basınçlı olmayan hava ile bu zararlı etkenden arındırılması mümkündür. Ayrıca düzenli olarak testere tarafından 6 metreye kesilen mamülün boyu başka bir metre ile ölçülerek kontrol edilmeli ve encoder üzerine programlanan uzunlukla mukayese edilmelidir. Eğer bu ölçüler arasında farklılık söz konusu ise enkoder üzerindeki ölçü düzeltilmelidir.

4.2.14. Odacıkları Oluşturan Perdelerin Standart Dışı Olması

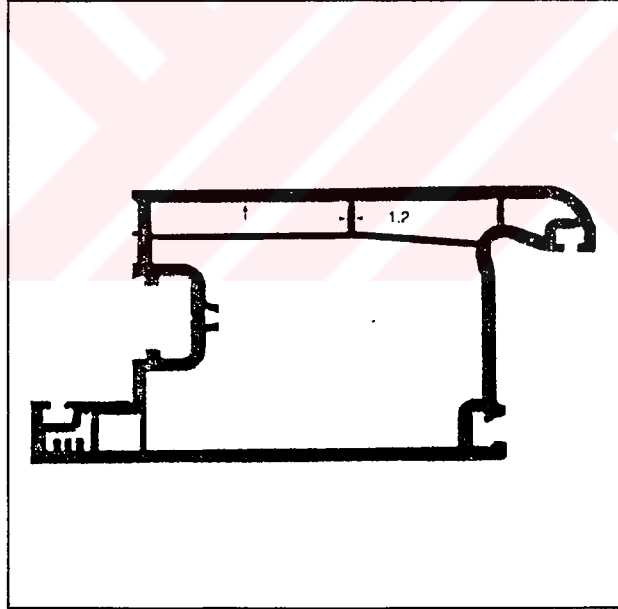
Profillerin sınıflandırılması daha önceki bölümlerde de değinildiği üzere profil kesitine karşıdan bakıldığında görülen odacıkların sayılarına göre yapılmaktadır. Bir, iki ve üç odacıklı olarak dizayn edilen sistemlerin arasına son zamanlarda bir de dört odacıklı sistemler dahil olmuştur. Bütün bu odacıklar, cidar kalınlığı profili oluşturan dış duvarlara oranla daha ince olan perdeler tarafından oluşturulmaktadır.

Bu perdelerin oluşturduğu odacıkların içerisine hapis olan hava, aynı çift camlardaki prensibe göre ısı yalıtımı sağlamaktadır. Odacık sayısı arttıkça da bu yalıtımın oranı artmaktadır. Kısacası profillerin odacık sayısı arttıkça dizayn açısından kalitesinin arttığı söylenebilmektedir. İşte bu noktada perdelerin standart bir şekilde olması, profilin kalitesi açısından ön plana çıkmaktadır. Çünkü profilin iç kısmında oluşabilecek üretim hataları, dışardan pek fazla gözlenemediğinden, eğer standartlara aykırı olarak sevk edilirse, pencere ve kapı imalatçıları tarafından bazen, tüketici tarafından ise hiçbir zaman fark edilememektedir.

Odacıkları oluşturan perdeler TS 5358'e göre 1,2 mm. \pm 0,3 mm. kalınlığında olmalıdır. Bu değerler yaklaşık olarak dış duvarları oluşturan cidar kalınlığının yarısı kadar olmaktadır. Buradan rahatlıkla söyleyebiliriz ki, iç odacıkları oluşturan perdelerin soğutma neticesinde kendini çekme oranı dış duvarları oluşturan kalınlığa oranla değişik olmaktadır.

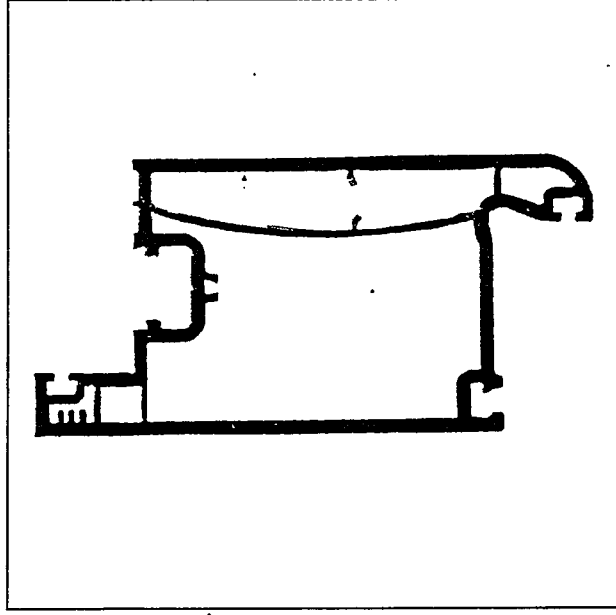
Özellikle ekstrüzyon hatlarına ilk yol verilmesi esnasında, ekstrüzyon parametreleri tam değerlerine oturmadan mamülde meydana gelen ısıl değişiklikler sonucu, cidar kalınlığı az olan perdeler daha fazla kendini çekerek profil ana yüzeylerinden kopmaktadır. Zaten bu gibi hatalardan ötürü, ekstrüzyon hatlarına ilk yol verildikten sonra ekstrüde edilen birkaç boy profil fireye ayrılmaktadır. Bir müddet sonra ekstrüderin hızı imalat hızına getirilince artan hızın neden olduğu sürtünmeyle standart değerlerini bulan sıcaklıklar, profilin normal bir şekilde ekstrüde edilmesine imkan sağlamaktadır.

“Perdelerin tutması” olarak adlandırılan ve perdelerin standart şekilde profillerin dış duvarlarına yapışması sağlandıktan sonra (Şekil 4.20), profil boylar halinde kesilmektedir. Perdeleri tutmayan profiller aslında dışardan göz ile kontrol edildiğinde diğerlerinden ayırt edilemezler, fakat köşe kaynak test cihazında yapılan kontroller sonucunda dayanımlarında büyük oranlarda düşmeler saptanmaktadır.



Şekil 4.20. Standart odacık yapısına sahip profil kesiti

Perdelerin tutmamasına diğer bir sebep te matriste ince detaylarla verilen perdelerin, yanıklar nedeyle tıkanmasıdır. Böyle bir durumla karşılaşılması anında, daha önceki bölümlerde de değinildiği gibi ekstrüzyon işlemi durdurulmalı, matris temizlenmeli ve daha sonra yerine takılarak işleme devam edilmelidir.



Şekil 4.21. İç perdesi bozuk profil kesiti

Perdelerin ilk yol verme esnasında gelmemesi durumlarında ise çekicinin hızı, vida hızına oranla, kalibreler önünde yığılmaya sebebiyet vermeyecek şekilde düşürülmeli ve ekstrüzyon mamülünün cidar kalınlığı bir miktar artırılarak, profilin kg./m. değeri yükseltilip perdenin tutması sağlanmalıdır. Perdelerin tuttuğundan emin olunduktan sonrada kg./m. değeri standart haline getirilerek işleme devam edilmelidir.

4.2.15. Profil İç Yüzeyinde Kabarcıklar Oluşması

Ekstrude edilen plastik malzemenin iç yüzeyinde oluşabilecek kabarcıkların nedeni genelde hammaddenin nemli olmasıdır. Hammaddenin nemi ise, imalat şartlarının yanısıra, profil üreticisi firmanın stoklama şartlarından ileri gelebilmektedir. Hammadde üreticisi firmalar sahip oldukları standartlar dahilinde belirli nem oranlarını muhafaza etmek zorundadırlar. Eğer belirli kalite standartları ile üretim yapıldığından emin olunmadığı bir firmadan hammadde sağlanıyorsa, en başta alınan hammaddenin nem oranının fazla olma ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Nem oranı standartlar içinde olan hammaddeler nakliyeleri esnasında (deniz aşırı ülkelerden gemi ile) yada stoklandıkları yerde (havalandırması yetersiz ambarlar) fazla neme maruz kalabilmektedirler. Su buharı emme özelliği bulunan PVC hammaddelerinin aldıkları nem, imalat esnasında ısıyla birlikte açığa

çıkılmaktadır. Bir hammaddenin içerdiği nem miktarının fazlalığı pratik bir şekilde, ambalajlarının içerisindeki keseklenmenin fazlalığından anlaşılabilir (bkz. Şekil 4.5)

Nem oranı fazla hammadde kullanıldığında, profil iç yüzeyinde açığa çıkan kabarcıklar, profil bir ışık kaynağına yaklaştırıldığında ve dikkatlice kontrol edildiğinde dış yüzeye mat lekeler şeklinde yansıyabilmektedir. Bu lekeler “soğukluk” adı da verilmektedir. Bu tip hatalar ekseriyetle profillerin yan yüzeylerinde görülmektedir.

Böyle bir sorunla karşılaşmamak için öncelikle hammadde temini esnasında, hammaddenin az miktarda bir numunesi ile deneme üretimi yapılmalıdır. Olumlu sonuçlar alındığı takdirde yüklü miktarlarda alım yapılmalıdır. Nakliye yapılırken eğer gemi kullanılıyorsa hammadde kesinlikle tuzlu sudan uzak tutulmalıdır. Kamyonlarla yapılan nakliyatlarda ise hava şartlarına bakılmaksızın hammaddenin üzerine çadır çekilmelidir. Yağmur ve benzeri şartlarla malzemelerin ıslanmalarına kesinlikle izin verilmemelidir. Kullanılan hammaddelerin bir kısmında kağıt bir kısmında da naylon ambalajlar kullanılmaktadır. Naylon ile ambalajlanan hammaddelerin hava şartlarına karşı direnci daha iyidir ve bu tip hammaddeler profil üreticisi firmalar tarafından genelde tercih edilmektedirler. Fakat geri dönüşümde mümkün olan naylon ambalaj malzemesi yerine, Türkiye’de üretim yapan Petkim hala kağıt ambalaj kullanmaktadır.

Profil iç yüzeyindeki kabarcıklara bir diğer sebepte yardımcı kimyasallar seçilmesi esnasındaki dikkatsizlik olabilmektedir. Çünkü hammadde karışımının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dengelenmesinde kullanılan stabilizatörün, kullanılan diğer yardımcı kimyasallar ve PVC ile reaksiyonu özellikle dikkat edilmesi gereken bir unsurdur. Kalitesiz ve ihtiyaçlara cevap vermeyen stabilizatör kullanımı, aynı ilaçların yan etkilerinde olduğu gibi bazı olumsuz yan etkilere sebep olabilmektedir. Bunların başında da tam plastifikasyonun oluşmaması nedeniyle ortaya çıkan kabarcıklar gelmektedir. Bu tamamı ile kimyasal bir reaksiyon sonucu oluşmaktadır ve uygun yardımcı kimyasallar kullanılarak giderilebilmektedir. Sırf bu amaca uygun, özellikle kısa vida boyunca sahip ekstrüderlerde plastifikasyonu hızlandırmak amacı ile kullanılan yardımcı kimyasallar bulunmaktadır. Çünkü vidalar üzerine dökülen hammadde karışımı vida boyunca ilerlerken plastifike edilir. Vida boyu kısa olan ekstrüderlerde, yüksek hızlara çıkınca plastifikasyon yeterli biçimde yapılamamaktadır. Zaten ekstrüderlerin kapasitelerinin artmasıyla birlikte vida

boylarında arttırılması yeterli ölçüde plastifikasyonun yapılmasını amaçlamaktadır. Eğer plastik ekstrüzyonu yapan bir firma, hammadde karışımını mükemmel şekilde hazırladığına inanıyor fakat kabarcık sorununun önüne bir türlü geçemiyorsa ozaman rahatlıkla seçilen ekstrüderin imalat için kapasite açısından yeterli olmadığını söyleyebiliriz.



4.3. Yapılan Deneysel Çalışmalar

Önceki bölümde değindiğimiz yapısal olumsuzlukları ortadan kaldırmak yada mamül kalitesini iyileştirmek amacı ile her firma kendi bünyesinde bazı deneysel çalışmalar yapmaktadır. TSE'nin öngördüğü ve yapılması mecburi deneysel çalışmaların yanısıra çoğu firma özellikle kg. başı maliyet değerlerini aşağılara çekmek amacı ile arayışlar sonucu buldukları değişik hammadde seçenekleri ile mamül kalitesini bozmadan üstün nitelikli mamül elde edebilmek için çalışmaktadırlar. Günümüz koşullarında maliyet/kg. değeri her geçen gün daha büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle bu çalışmaların üzerine daha dikkatli eğilmek gerekmektedir.

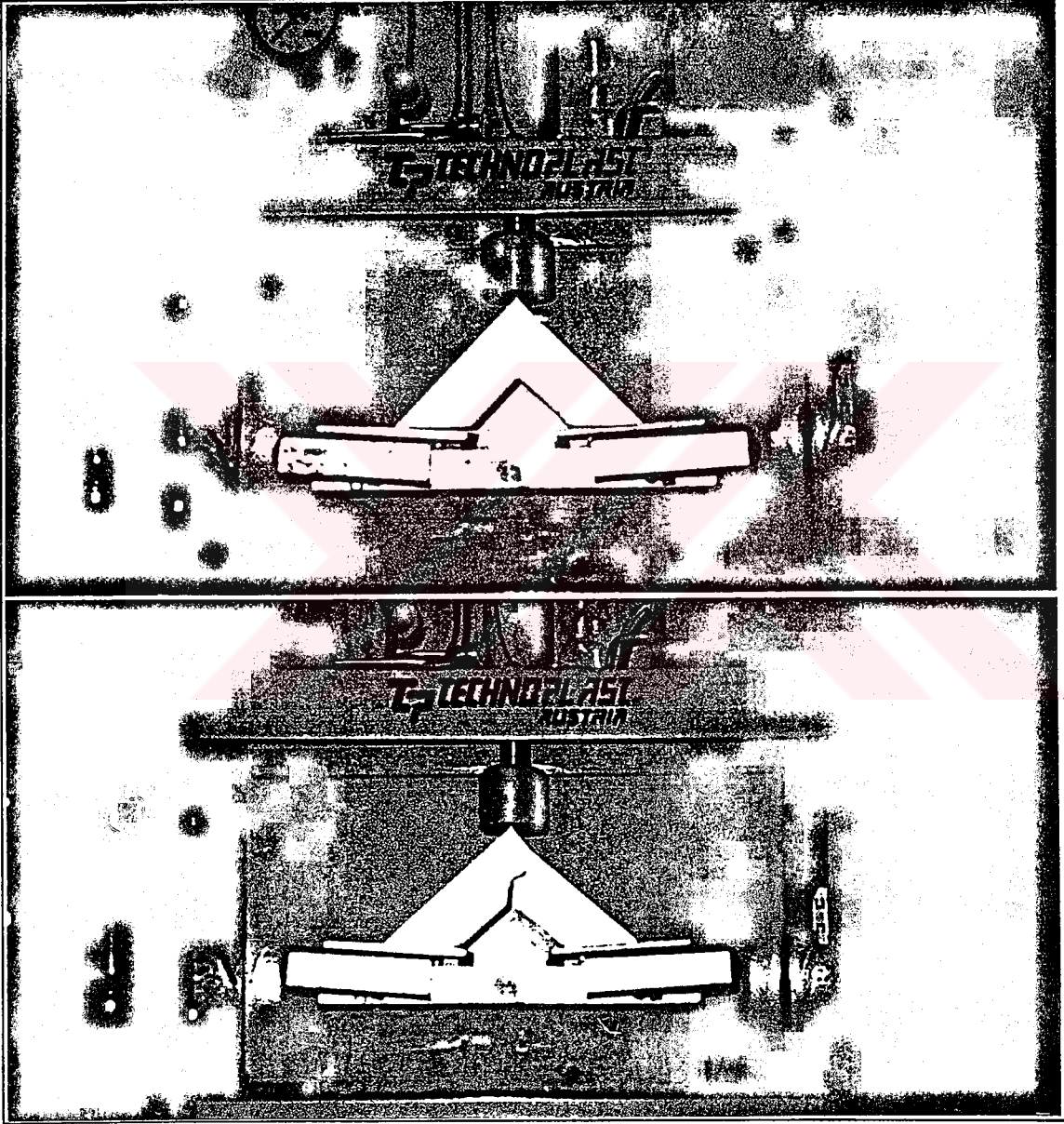
Bu tip çalışmalar yaparken izlenen yol, kullanılan hammadde çeşitlerinden sadece bir tanesini değiştirerek formülasyonlar hazırlamak ve karışıma koyulan hammadde miktarını arttırıp azaltarak maliyet/kg. değerinde firma için faydalı bir değere ulaşmaktır.

Firmaların en çok arayış içerisine girdikleri hammadde çeşiti PVC'dir, zira karışımda kullanılan PVC oranı % 80'ler civarında olmaktadır. PVC'den sağlanabilecek kg.'da 1 dolarlık bir ucuzluktan dolayı, 1 yıl baz alınarak düşünüldüğünde çok büyük rakamlara ulaşmak mümkün olmaktadır.

Bunun yanısıra Türkiye'de üretim yapan firmaların kullandıkları hammadde ve yardımcı kimyasallar hemen hemen aynı markalar olmaktadır. Çünkü son bir kaç yıla kadar fazla tüketimi olmayan bu malzemeler için yabancılar, Türkiye'de büyük pazar edinebilme çabası içerisine girmişlerdir. Nezaman ki tüketim hızlı bir artış göstermeye başladı, o andan itibaren hammadde ve yardımcı kimyasal üreticisi firmalar çok cazip şartlarla malzemelerini Türkiye pazarında satmak için çok çeşitli malzemeyi piyasaya sunmuş bu da sektörde büyük bir marka çeşitliliği getirmiştir.

Şimdi maliyet/kg. değerinde avantaj elde edebilmek için yapılan, ve yapılırken de köşe kaynak mukavemeti baz alınan deneysel çalışmalara bazı örnekler verelim. Bu deneysel çalışmalar Kayseri'de faaliyet gösteren ve benim de kuruluş aşamasında bulunduğum STARpen firmasında yapılmıştır. Deneyler yapılırken köşe kaynak mukavemet değerlerinin bulunmasında TSE'nin öngördüğü deney şartlarına aynen uyulmuş bunun için bölüm 4.1.3.10.'da anlatılan deney numuneleri kullanılmıştır.

Çizelgelerde belirtilen formülasyonda hazırlanan malzeme karışımları ile profil üretimi yapılmış, profillerden deney numuneleri kaynatılarak hazırlanmış ve 1 gün süre ile dinlenmeye bırakılmıştır. Dinlendirilen profiller de aşağıda görüldüğü gibi teste tabi tutularak kırılmışlardır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Köşe kaynak test deneyinin yapılışı 1)Yerleştirme 2)Kırma

4.3.1. Stablizatörün Profil Dayanıma Etkisi

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	31	7,5
4. Stablizatör	21	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	42	12,0
6. Darbe Mukavemeti Verici	-	-

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	247	4500
2	247	4500
3	247	4550
4	247	4600
5	247	4550
6	247	4600

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	31	7,5
4. Stabilizatör	23	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	42	12,0
6. Darbe Mukavemeti Verici	-	-

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	247	5000
2	247	5100
3	247	5200
4	247	5100
5	247	5050
6	247	5200

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	31	7,5
4. Stabilizatör	22	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	42	12
6. Darbe Mukavemeti Verici	-	-

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	247	7000
2	247	7200
3	247	7150
4	247	7100
5	247	7150
6	247	7050

Yukarıdaki deneylerin yapılması esnasında kullanılan profillerin imalatından önce karışım hazırlama safhasında, üç farklı çeşit (21, 22, 23) stablizatöre yer verilmiştir. Burada amaç, diğer katkı maddeleri bütün özellikleri ile sabit tutularak, miktarı aynı kalmak şartıyla sadece stablizatörün cinsinin değiştirilmesi sonucu profilin dayanımının nasıl değişeceğinin gözlenmesidir. Görüldüğü üzere stablizatörün cinsinin değiştirilmesi dayanımı büyük ölçüde değiştirmiş ve 22 numaralı stablizatör ile maksimum dayanım elde edilmiştir.

Bundan sonra üretici firma istediği takdirde 22 numaralı stablizatörün miktarını TSE'nin öngördüğü 5000 N'luk dayanım elde edilne kadar azaltıp, maliyette bir düşme sağlamaya yönelik çalışmalara devam edebilir.

Bilindiği gibi aslında stablizatörün kullanım amacı üretilen profilin hava şartlarına ve güneş ışınlarına karşı dayanımını sağlamaktır fakat yukarıda yapılan deneyde de açığa çıkmıştır ki, stablizatör bunun yanısıra profil dayanımına da direkt etki etmektedir. Bu noktada profile dayanım veren darbe mukavemeti verici olduğuna göre stablizatör bu malzeme ile ciddi bir etkileşim içindedir.

Yukarıdaki deneyde kullanılan darbe mukavemeti verici klorlu polietilen esaslı bir malzemedir. Akrilik esaslı bir darbe mukavemeti vericinin kullanılması durumunda ne gibi farklılıklar çıkacağıın tesbiti için ise karışımında 42 kodlu malzemeye ek olarak akrilik esaslı 41 kodlu malzemeye de yer verilerek yeni bir deney yapılmasında fayda vardır.

Şimdi yapılacak deneyde ise diğer karışım maddeleri bütün özellikleri ile sabit tutularak stablizatörler değiştirilecek, ek olarak ta karışıma 41 kodlu darbe mukavemeti verici eklenecektir. Kullanılacak stablizatörler ise 21, 22, 24 ve 25 kodlu stablizatörler olacaktır.

Burada belirtmekte fayda var ki ek bir ikinci darbe mukavemeti verici kullanılacağından, birincisinin miktarı ekstrüderde zorlanmaya imkan vermemek için azaltılacaktır.

Yapılan deneylerde kod numaraları ile verilen malzeme çeşitleri Ek'ler kısmında ayrıntılı şekilde verilmiştir.

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	32	7,5
4. Stabilizatör	24	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	41	5,5
6. Darbe Mukavemeti Verici	42	5,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	4500
2	246	4600
3	246	4900
4	246	4750
5	246	4800
6	246	4650

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan .	32	7,5
4. Stablizatör	25	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	41	5,5
6. Darbe Mukavemeti Verici	42	5,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	5000
2	246	5250
3	246	5100
4	246	5000
5	246	5200
6	246	5150

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	32	7,5
4. Stabilizatör	21	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	41	5,5
6. Darbe Mukavemeti Verici	42	5,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	5900
2	246	5850
3	246	5900
4	246	5900
5	246	6000
6	246	5950

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	32	7,5
4. Stabilizatör	22	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	41	5,5
6. Darbe Mukavemeti Verici	42	5,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	6100
2	246	6100
3	246	6500
4	246	6400
5	246	6200
6	246	6200

4.3.2. PVC'nin Profil Dayanımına Etkisi

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	11	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	32	7,5
4. Stabilizatör	24	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	41	5,0
6. Darbe Mukavemeti Verici	42	5,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	8500
2	246	8600
3	246	8900
4	246	8500
5	-	-
6	-	-

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	32	7,5
4. Stablizatör	24	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	41	5,0
6. Darbe Mukavemeti Verici	42	5,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	5500
2	246	5600
3	246	5500
4	246	5550
5	-	-
6	-	-

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	13	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	24	7,5
4. Stabilizatör	32	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	41	5,0
6. Darbe Mukavemeti Verici	42	5,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	5900
2	246	6300
3	246	6100
4	246	6400
5	-	-
6	-	-

3.	--	7,5
4. <i>Stablizatör</i>	24	7,5
5. <i>Darbe Mukavemeti Verici</i>	41	5,0
6. <i>Darbe Mukavemeti Verici</i>	42	5,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	7500
2	246	7300
3	246	7350
4	246	7500
5	-	-
6	-	-

4.3.3. Darbe Mukavemeti Vericinin Profil Dayanımına Etkisi

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	31	7,5
4. Stabilizatör	22	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	41	10,5

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	9000
2	246	8900
3	246	8500
4	246	8800
5	246	8850
6	246	8700

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	31	7,5
4. Stabilizatör	22	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	42	12,0
6. Darbe Mukavemeti Verici	-	-

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	7000
2	246	7200
3	246	7100
4	246	7150
5	246	7100
6	246	7000

FORMÜLASYON

KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	31	7,5
4. Stabilizatör	22	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	43	10,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	246	10500
2	246	11000
3	246	10750
4	246	10850
5	246	10800
6	246	10750

Bu kısımda yapılan üç adet deneyde, üç farklı darbe mukavemeti verici malzeme (41, 42, 43) kullanılarak, bunların profil dayanımına etkisi kontrol edilmiştir. Kullanılan malzemelerin karışıma katkı miktarı, malzemenin üreticisi firmanın tavsiye ettiği oranlarda yapılmıştır.

Kullanılan malzemelerden karışıma 12 kg. olarak katılan 42 kodlu çeşit, klorlu polietilen esaslı, yaklaşık 10 kg. olarak katılan 41 ve 43 kodlu malzemeler ise akrilik esaslıdır. Buradan da rahatça anlayabiliriz ki akrilik esaslı darbe mukavemeti verici malzeme diğerine nazaran profillere daha iyi dayanım vermektedir. Profil üreticisi firmaları klorlu polietilen esaslı malzeme kullanmaya sevk eden faktör ise kg. maliyetinin düşüklüğü ve profil yüzeyine daha parlak bir görünüm kazandırmasıdır. Bu noktadan itibaren, kullanılacak darbe mukavemeti verici malzemenin seçimi, avantaj ve dezavantajlarının mukayesesinden sonra profil üreticisi firmaya kalmıştır.

Daha önceki deneylerde de fark edileceği üzere bazı firmalar her iki çeşit malzemeyi belirli oranda karıştırıp birlikte kullanma yoluna da gidebilmektedirler. Böylelikle bu malzemelerin sağladığı avantajlar profile bir arada yansıtılabilmektedir. İki çeşit malzemenin birbirine karışım oranı da yine yapılacak test üretimleri sonucu belirlenebilmektedir.

4.3.4. Köşe Kaynak Sıcaklığının Pencere Dayanımına Etkisi

Hammadde karışımının hazırlanması aşamasında, karışıma katılan malzeme çeşitlerinin profil dayanımına etkisinin bulunmasında köşe kaynak test cihazından yararlanılmıştır. Bunun içinde detayı 4.2.3.10. bölümde anlatıldığı gibi iki profil parçası birbirine 90⁰ açıyla kaynatılarak test cihazında basınçla kırılmıştır (Şekil 4.22). Aslında bu noktada kaynak sıcaklığı da bir değişken olarak önümüze çıkmaktadır. Fakat yukarıda yapılan deneyler esnasında ortalama bir kaynak sıcaklığı sabit tutulmuştur. Ama aşağıda yapılan deneylerde de görüleceği üzere kaynak sıcaklığının değişmesi, iki yüzeyin birbirine yapışma oranını etkileyeceğinden köşe mukavemeti değerleri de değişecektir.

FORMÜLASYON

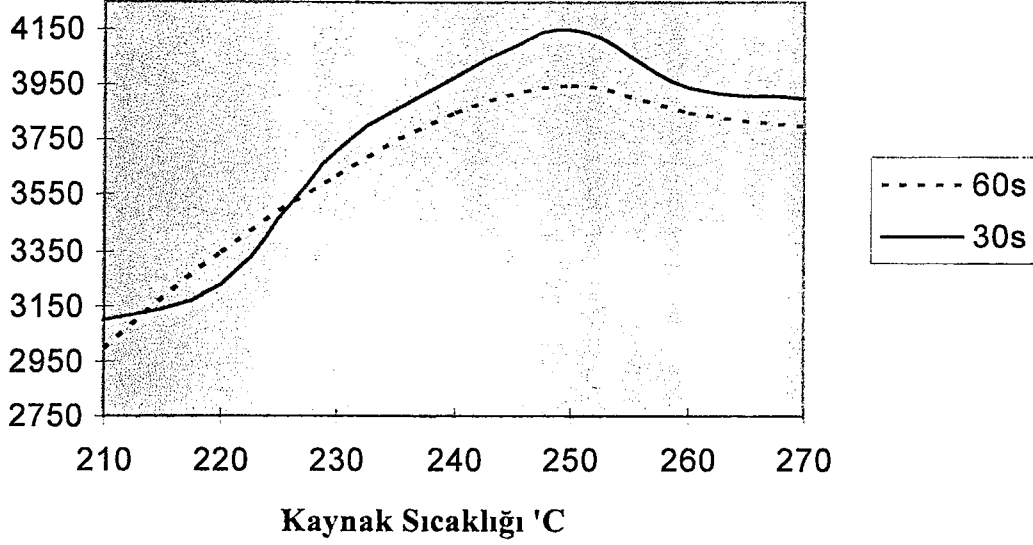
KULLANILAN MALZEME	ÇEŞİTİ	MİKTARI (kg.)
1. PVC	12	150,0
2. Kalsit	51	9,0
3. Titan	32	7,5
4. Stabilizatör	24	7,5
5. Darbe Mukavemeti Verici	41	5,5
6. Darbe Mukavemeti Verici	42	5,0

KÖŞE KAYNAK MUKAVEMETİ DEĞERİ

NUMUNE NO	KAYNAK SICAKLIĞI (°C)	KIRILMA DEĞERİ (N)
1	240	4000
2	240	4100
3	245	4800
4	245	4900
5	250	5200
6	250	5300

Kaynak Sıcaklığının Köşe Mukavemetine Etkisi

Kırılma Mukavemeti N



Şekil 4.23. Kaynak sıcaklığının köşe mukavemetine etkisi

4.3.5. Deney ve Muayene Sonuçlarının TS 5358'e Uygun Olarak Verilmesi

TSE'nin yapılmasını mecburi kıldığı deneyler önceki bölümde anlatılmıştır. Bu deneylerin hepsinin profil üreticisi firmaların laboratuvarlarında yapılması mümkün olmamaktadır. Eğer bir firma TSE belgesi almak istiyorsa bahsedilen deneylerin hepsinde istenilen normları tutturmalıdır. Bunlardan görünüş muayenesi, biçim muayenesi, soğukta darbeye dayanım deneyi, köşe mukavemeti deneyi, sıcakta bekletme sonrası davranış deneyi ve sıcakta bekletme sonrası ölçü değişikliği deneyi üretici firmaların laboratuvarlarında yapılabilmekte, diğer deneyler gerektirdiği hassas teçizat nedeniyle TSE laboratuvarlarında yada üniversitelerde yapılmaktadır.

Profil üreticisi firma laboratuvarlarında yapılan deney ve muayenelerin sonuçlarının TS 5358'e uygun olarak verildiği formlara örnekler Ek'ler kısmında verilmiştir.

5. SONUÇLAR

Esas konusu plastik ekstrüzyon tesislerinin kurulmasında dikkate alınması gerekli kriterler olan bu tezin giriş kısmında, ülkemizde son bir kaç yıldır yoğun bir ilgi gören plastik ekstrüzyon işleminin tanıtılması açısından faydalı olacak, plastik ekstrüzyon tekniğinin tarihsel gelişimine yer verilmiştir.

Kaynaklarda geçen ilk ekstrüzyon işleminin 1797 tarihinde yapılan dikişsiz kurşun boru imalatı olduğu kabul edilmektedir. Resmi olarak kayıtlara geçen ilk ekstrüzyon işlemi ise 1845 tarihinde Richard Broman tarafından yapılmıştır. Ticari amaca yönelik ilk ekstrüzyon işlemi de Henry Bewley tarafından 1851 yılında, bakır telin yalıtkan plastik malzeme ile kaplanıp su altından geçirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Kablo kaplama amacı ile kullanılan ekstrüzyon tekniğinde başarılı sonuçlar elde edilmesi sonucu, bu amaca yönelik çalışmalar artmış ve kablo kaplamak için kullanılan vidalı ekstrüdere ait ilk patent 1879 yılında Grey tarafından alınmıştır. Daha sonra ekstrüderlerin gelişimi hızlanmış, 1939 yılında Poul Troester günümüzde kullanılan ekstrüderlerin ilk basit dizaynını, 1940 yılında ilk koekstrüzyon tekniği ile hortum imalatı, 1941 yılında ilk plastik levha-film ekstrüzyonu, 1946 yılında da ilk üfleme film imalatı gerçekleştirilmiştir.

Başlarda kullanılan ekstrüderler tek vidalı ekstrüderler iken 1939 yılında ilk ikiz vidalı ekstrüderin patenti alınmıştır. Aynı yönde dönen ikiz vidaya sahip bu ekstrüderi 1971 yılında tanıtılan, zıt yöne dönen ikiz vidalı ekstrüder izlemiştir. Daha sonraları ise 1972 yılında konik vidalı, 1976 yılında üç vidalı ekstrüderler piyasaya sürülmüştür. İlerleyen yıllarda da ihtiyaçlar vıda dizaynındaki, kalibrasyon ve ölçü-kontrol sistemlerindeki gelişmeleri beraberinde getirmiştir.

Görüldüğü gibi ekstrüzyon tekniği icat edildikten sonra, sektördeki rekabetten dolayı ekstrüderlerdeki ve ekstrüzyon tekniğindeki gelişmeler birbirini izlemiştir. Çoğu sanayi sektöründe olduğu gibi yaşanan bütün bu teknolojik gelişmeler Almanya, İngiltere, İtalya ve Amerika'da meydana gelmiş, pazarı bu ülkeler oluşturup yönlendirmişlerdir. Bu ülkelerin pazarlarında plastik tüketimi doyum noktasına ulaştıktan sonra, özellikle ikinci el makinaların elden çıkarılması yöntemiyle, plastik ekstrüzyon tekniği gelişmekte olan ülkelere de yayılmaya başlamıştır.

Şüphesizki uzun yıllar önce sektördeki ihtiyacı fark edip, bazı riskleri göze alarak üretime geçen birkaç firma olmuştur ama plastik ekstrüzyon sektörüne esas ilgi 90'lı yılların başlarından itibaren başlamıştır. Bu ilginin başlıca sebebi Türkiye'de kişi başına yıllık plastik tüketiminin gelişmiş ülkelere oranla çok az olmasıdır. Zira araştırmalar göre kişi başına plastik tüketimi Türkiye'de yıllık 6 kg. iken bu değer İspanya'da 29 kg., İngiltere'de 36 kg., ABD'de 72 kg., Finlandiya'da ise 118 kg. civarındadır. Türkiye'deki tüketim değerinin en iyimser tahminle 2000 yılında 20 kg.'a ulaşması beklenmektedir (İnş. Mag,10/96). Bu ileriki yıllarda büyük bir talebin olacağı anlamına gelmektedir.

Bununla birlikte her kullanım alanında plastiğin tercih edilmesi için, rakiplerine nazaran bir çok avantajları mevcuttur. Örneğin plastik ekstrüzyon mamülleri;

- Hafiftirler,
- Esnektirler,
- Mukavemet / ağırlık oranları yüksektir,
- İstenildiği takdirde ışığı geçirebilirler,
- Renklendirilebilirler,
- Korozyona karşı dayanıklıdırlar,
- Boya bakım giderleri yok denecek kadar azdır,
- Kolay şekil alabilirler.

Şu anda piyasada en çok rağbet gören plastik ekstrüzyon mamülleri ise sert PVC kapı ve pencere sistemleri başta olmak üzere yapı endüstrisinde kullanılan çeşitleridir. Bu nedenle bu tezde bir plastik profil ekstrüzyon tesisinin kuruluş aşamaları incelenmiştir. Ülkemizdeki büyüklü küçüklü plastik profil ekstrüzyonu tesisi sayısı 50'yi bulmuştur. Eğer entegre bir tesis kurulmak isteniyorsa, ekstrüzyon hatları, makina dairesi, konfeksiyon atölyesi ve laboratuvarı ile birlikte bir bütün olarak oluşturmak gerekmektedir. Bunun için de önce bir imalat kapasitesi belirlenmiş, bu kapasiteye göre gerekli her türlü makine ve teçizatın seçimi yapılmış ve bölüm 3.3.'te detaylı bir şekilde tanıtılmıştır.

Bir ekstrüzyon tesisi kurulması için gerekli bütün çalışmalar tamamlandıktan sonra, üretim aşaması ve bu aşamada karşılaşılabilecek her türlü sorun, bu konudaki kalite

standartları verildikten sonra önleme çareleri ile birlikte anlatılmıştır. Bölüm 4.2.'de anlatılan bu üretim hataları, ne kesinlikle karşımıza çıkacaktır, ne de karşılaşılabilecek hataların tümüdür diyebiliriz. Bu hatalar ekstrüzyon tesisinde deneysel çalışmaların yapıldığı 6 aylık süre zarfında karşılaşılan üretim hatalarıdır. Önleme çareleride bu konuda yagın olarak başvurulmuş yöntemlerdir. Karşılaşılan sorunların giderilmesinde diğer birtakım farklı yaklaşımların kullanılması da mümkündür.

Bu tezin belkide en önemli bölümünü ise yapılan deneysel çalışmalar oluşturmaktadır. Bir sert PVC profil ekstrüzyon tesisinde bu tip çalışmalar yapmak büyük mali yükümlülükler getirir, imkanlar zorlanarak, bazı temel konularda deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bunlar; mamül imalatında kullanılan malzeme karışımını oluşturan hammaddelerin profil dayanımına etkisi ve kapı, pencere yapımında köşelerin oluşturulması için 45° açıyla kesilerek kaynatılan profilin, kaynatıldığı ısının mamül dayanımına etkisidir.

Malzeme karışımında kullanılan hammaddelerden olan PVC, stabilizatör ve darbe mukavemeti vericinin dayanıma etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Kullanılan farklı marka ve özellikteki hammaddelerin profil dayanımına etkisi, profillerden numune hazırlanıp, köşe kaynak mukavemeti test cihazında basınç testine tabi tutularak belirlenmiştir. Sayısal sonuçlar bölüm 4.3.1. - 4.3.3.'te verilmiştir.

Ayrıca aynı formülasyon kullanılarak hazırlanan tek tip karışım ile üretilen profillerden yapılan pencereler, değişik sıcaklıklarda kaynak edilerek, kırma testine tabi tutulmuş ve köşe kaynak mukavemeti yüzeylerin birbirlerine baskı zamanları da dikkate alınarak, kaynak sıcaklığının bir fonksiyonu olarak verilmiştir.

Burada göze çarpan önemli sonuçlar şunlardır:

- 1- Aslında PVC profillere dayanımlarını verdiği kabul edilen Darbe Mukavemeti Verici malzemenin yanısıra PVC ve stabilizatöründe profil dayanımına büyük etkisi vardır.
- 2- Akrilik esaslı darbe mukavemeti verici malzeme, klorlu polietilen esaslı malzemeye oranla karışımında aynı miktarda kullanıldığında daha iyi netice vermektedir.
- 3- Pencerelerin yapılması esnasında köşelerin kaynaklandığı sıcaklıklar en az kullanılan hammaddeler kadar pencerelerin dayanımlarına etki etmektedir.

KAYNAKLAR

Akin, Russell B. Dr., (1946), "Equipment and Technique of Extrusion", Modern Plastics, vol.24, no.2, 134

Akyüz, Rıfki., Akyüz Plastik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Yönetim Kurulu Başkanı

Anon., (1947), "New Complete Sheeting Unit", Modern Plastics, vol.25, no.2, 142

Anon., (1948), "The Economics of Extrusion", Modern Plastics, vol.26, no.4, 73-75

Anon., (1950a), "Extruder-Compounder", Modern Plastics, vol.28, no.1, 111

Anon., (1950b), "Plastics Machinery Bulletin", Modern Plastics, vol.28, no.3, 40

Anon., (1952a), "New Machinery and Equipment", Modern Plastics, vol.29, no.12, 142

Anon., (1952b), "New Pipe Extrusion Equipment", Modern Plastics, vol.30, no.2, 124

Anon., (1953), "Experience Brings Improvements", Modern Plastics, vol.30, no.9, 115

Anon., (1954), "New Machinery and Equipment", Modern Plastics, vol.31, no.12, 160

Anon., (1955), "New Machinery and Equipment", Modern Plastics, vol.32, no.8: 180

Anon., (1957a), "Automated Sheet Extrusion", Modern Plastics, vol.35, no.4, 122-123

Anon., (1957b), "Double Extrusion Coating", Modern Plastics, vol.34, no.10, 115

Anon., (1957c), "The Economics of Plastics Extrusion", Modern Plastics, vol.35, no.3, 99-101

Anon., (1958a), "Bonanza for Extruders", Modern Plastics, vol.34, no.3, 146

Anon., (1958b), "New Machinery & Equipment", Modern Plastics, vol.36, no.3, 252

Anon., (1959), "Report from Dusseldorf", Modern Plastics, vol.37, no.4, 158

Anon., (1960a), "1959 Engineering Highlights", Modern Plastics, vol.37, no.5, 148

Anon., (1960b), "New Machinery and Equipment", Modern Plastics, vol.37, no.5, 50-52

Anon., (1961a), "New Machinery and Equipment", Modern Plastics, vol.38, no.6, 54

Anon., (1961b), "1960 Engineering Highlights", Modern Plastics, vol.38, no.5, 131

Anon., (1961c), "New Machinery and Equipment", Modern Plastics, vol.39, no.1, 56

- Anon., (1962), "New Machinery - Equipment", Modern Plastics, vol.39, no.6, 52
- Anon., (1963a), "Machinery & Equipment", Modern Plastics, vol.41, no.2, 58
- Anon., (1963b), "New Machinery and Equipment", Modern Plastics, vol.40, no.9, 50
- Anon., (1963c), "Thermosets can be Extruded", Modern Plastics, vol.41, no.2, 142
- Anon., (1965a), "Machinery and Equipment", Modern Plastics, vol.42, no.2, 60
- Anon., (1965b), "To Break Through Polyethylene's Limitations: Cross-Link", Modern Plastics, vol.42, no.3, 110-111
- Anon., (1966), "The Boom in Machinery", Modern Plastics, vol.43, no.7, 87
- Anon., (1967a), "Machinery & Equipment", Modern Plastics, vol.44, no.3, 52
- Anon., (1967b), "Machinery Sales", Modern Plastics, vol.44, no.7, 92
- Anon., (1968a), "Extrusion-Casting of Composite Films", Modern Plastics, vol.45, no.8: 130
- Anon., (1968b), "Machinery & Equipment", Modern Plastics, vol.45, no.6, 42
- Anon., (1969a), "Refinements", Modern Plastics, vol.46, no.9, 120
- Anon., (1969b), "Suddenly There Are Lots of Twin-Screw Extruders: What's Going On?", Modern Plastics, vol.46, no.11, 75
- Anon., (1970a), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.47, no.8, 122
- Anon., (1970b), "Processing Made it Big in the 1960's", Modern Plastics, vol.47, no.4, 77
- Anon., (1970c), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.47, no.11, 152
- Anon., (1971a), "Machinery '71", Modern Plastics, vol.48, no.4, 103
- Anon., (1971b), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.48, no.12, 70
- Anon., (1971c), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.48, no.8, 82
- Anon., (1971d), "New Machinery & Equipment", Modern Plastics, vol.48, no.5, 86
- Anon., (1971e), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.48, no.1, 120
- Anon., (1971f), "The Lids Off Coextrusion", Modern Plastics, vol.48, no.6, 46

- Anon., (1972), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.49, no.11, 122,124
- Anon., (1973a), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.50, no.11, 96
- Anon., (1973b), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.50, no.9, 116
- Anon., (1974a), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.51, no.1, 88
- Anon., (1974b), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.51, no.11, 104-106
- Anon., (1976a), "3-Screw Extruder", Modern Plastics, vol.53, no.11, 71
- Anon., (1976b), "Foam Sheet", Modern Plastics, vol.53, no.11, 68-69
- Anon., (1976c), "Plastiscope 2", Modern Plastics, vol.53, no.9, 110
- Anon., (1977), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.54, no.8, 24
- Anon., (1979a), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.56, no.1, 20,22
- Anon., (1979b), "Engineering Conference", Modern Plastics, vol.56, no.6, 57
- Anon., (1979c), "Highlights of K'79", Modern Plastics, vol.56, no.11, 52
- Anon., (1982), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.59, no.6, 38,40
- Anon., (1983a), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.60, no.8, 22-26
- Anon., (1983b), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.60, no.3, 26
- Anon., (1983c), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.60, no.7, 20,22
- Anon., (1984a), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.61, no.4, 22,48
- Anon., (1984b), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.61, no.6, 30,32
- Anon., (1984c), "Machinery & Equipment", Modern Plastics, vol.61, no.7, 90
- Anon., (1985a), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.62, no.8, 32
- Anon., (1985b), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.62, no.1, 22
- Anon., (1985c), "Engineering & Processing News", Modern Plastics, vol.62, no.7, 24-30
- Anon., (1985d), "Screw and Barrel Technology", Advertising booklet, Spirex Corp.,: 3-30
Youngstown, OH

- Badonsky, John., (1961), "Trends in Extruder Design", Modern Plastics, vol.38, no.6, 20
- Berlyn, Gerald E., (1976), "Screen Changer is 'Truly' Continuous", Modern Plastics, vol.53, no.11, 62
- Bower, C. H., (1960), "How to Extrude Plastisols", Modern Plastics, vol.38, no.2, 38,131,208
- Chabot, Joseph Fred, (1992), "The Development of Plastics Processing Machinery and Methods", 73-101
- Cincinnati Milacron Ürün Katalogları
- Cooper, Scott A., (1975), "Film and Sheet Extrusion", Modern Plastics, vol.52, no.4, 62
- Corwin, Gilbert., (1955), "Thickness Control By Beta Gages", Modern Plastics, vol.32, no.7, 104
- Dereli Makina Ürün Katalogları
- DuBois, J. Harry. "Plastics Mold Engineering Handbook", 487-535
- Dubois, J. Harry., (1972), Plastics History U.S.A., Boston: Cahners Publishing, 322-342
- Fisher E. G., (1950), "Crosshead Extrusion of Thermo-plastics", Modern Plastics, vol.27, no.9, 83-86
- Fisher, E. G., (1963), "Extrusion and Injection Moulding", In: The First Century of Plastics, M. Kaufman (Editör), London: Plastics Institute, 102-107
- Fisher, E. G., (1976), Extrusion of Plastics, New York: John Wiley & Sons, 1-7.
- Flathers, N. T., (1960), "Vacuum Hopper Extrusion", Modern Plastics, vol.37, no.8, 105
- Generaux, K., (1948), "When Extruders Market Products", Modern Plastics, vol.25, no.7, 94
- Gibbons, James A., (1984), "Update on Controls for: Extrusion", Modern Plastics, vol.61, no.4, 42
- Goodsped, Perry C., (1941), "Continuous Extrusion Advances", Modern Plastics, vol.18, no.11, 35-36
- Harris, H. E., (1967), "Fundamental Analysis of Extruder Temperature Control", Modern Plastics, vol.44, no.12, 115-116

Hull, Michael B., (1975), "Automating Plastics Pipe Extrusion", Modern Plastics, vol.52, no.12, 58-59

İnşaat Magazine, (1996), İnşaat Profesyonellerin Aylık İhtisas Dergisi, Ekim. 58-82

Johnson, W. J., (1944), "New Trends in Extruding Equipments" Modern Plastics, vol.22, no.4, 124

Kestler, J., (1968), "Who Needs Coextrusion?", Modern Plastics, vol.45, no.10, 78-79

Lester, Gerd., (1963), "How to Extrude Big PVC Pipe", Modern Plastics, vol.43, no.1, 140

LVM Ürün Katalogları

Maillefer, C., (1963), "A Two-Channel Extruder Screw", Modern Plastics, vol.40, no.5, 133

Martelli, Fabrizio G., (1983), Twin-Screw Extruders, New York:Van Nostrand Reinhold, 7

Martino, Robert., (1978), "Resurgence of Vigor in Extruded PS Foam", Modern Plastics, vol.55, no.8, 34-36

Motan-Fuller G.m.b.h. Ürün Katalogları

Murat Makina A.Ş. Ürün Katalogları

Nisbet, Garland A., (1961), "Corrugating Rigid PVC Sheet", Modern Plastics, vol.38, no.11, 112

Port, C. Otis., (1973), "The Computerised Path to Process Control", Modern Plastics, vol.50, no.7, 42

Rauwendaal, Chris., (1986), Polymer Extrusion, Munich: Hanser Publishers, 17

Schenkel, Gerhard Dr. Ing. "Plastics Extrusion Technology and Theory", 260-280

Smoluk, G. R., (1965), "Markets for Machinery", Modern Plastics, vol.42, no.7, 87

Sneller, Joseph., (1979), "New Sensors", Modern Plastics, vol.56, no.8, 40-41

Sneller, Joseph., (1980a), "Extrusion", Modern Plastics, vol.57, no.4, 54

Sneller, Joseph., (1980b), "Extrusion: Higher Productivity", Modern Plastics, vol.58, no.4, 53-54

Sneller, Joseph., (1980c), "New Extrusion Technology", Modern Plastics, vol.57, no.2, 46-47

- Sneller, Joseph. (1981a), "New-Breed Coextrusions", Modern Plastics, vol.58, no.12, 54
- Sneller, Joseph., (1981b), "Extrusion: Higher Rates", Modern Plastics, vol.58, no.8, 49-50
- Sneller, Joseph., (1981c), "High-Performance Coextrusions", Modern Plastics, vol.58, no.2, 36-37
- Sneller, Joseph., (1982a), "Big New-Equipment Changes", Modern Plastics, vol.59, no.6, 73
- Sneller, Joseph., (1982b), "What Could be New in Grooved-feed Extruders", Modern Plastics, vol.59, no.3, 50
- Sneller, Joseph., (1983a), "Extruders Add-ons New Technology", Modern Plastics, vol.60, no.12, 36
- Sneller, Joseph., (1983b), "New Technology", Modern Plastics, vol.60, no.7, 36-37
- Sneller, Joseph., (1984), "Selective Gaging", Modern Plastics, vol.61, no.8, 43
- Sneller, Joseph., (1985a), "Extrusion Automation", Modern Plastics, vol.62, no.4, 65
- Sneller, Joseph., (1985b), "New HMW Downgaging Technology", Modern Plastics, vol.62, no.1, 76
- Sneller, Joseph., (1985c), "Reactive Bonding", Modern Plastics, vol.62, no.7, 59
- Sneller, Joseph., (1986a), "Coextrusion Revolution", Modern Plastics, vol.63, no.1, 77-78
- Sneller, Joseph., (1986b), "Smarter Extrusion Controls", Modern Plastics, vol.63, no.9, 46
- Stanley, F. B., (1949), "Meshed Multi-Screw Compounder-Extruder", Modern Plastics, vol.27, no.2, 97-104
- Stanley, F. B., (1950), "Progress in 1949", Modern Plastics, vol.27, no.5, 192
- Tadmor, Zehev. "Engineering Principles of Plasticating Extrusion", 39-48
- Technoplast G.m.b.h. Ürün Katalogları
- Thomas, Islyn., (1947), Injection Moulding of Plastics, New York: Reinhold Publishing, 11
- Thompson, Wallece B. Jr., (1956), "Paste Extrusion", Modern Plastics, vol.33, no.6, 115
- TS 5358, (1987), "Sert PVC Profilleri-Pencere ve Camlı Dış Kapı Yapımında Kullanılan"


Voight, B. R., (1966), "The Case for Screen Pack Changers", Modern Plastics, vol.43, no.12, 126

Westover, R. F., (1963), "Continuous Flow Ram", Modern Plastics, vol.40, no.7, 130

Yüzüak, Recep., Akyüz Plastik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Genel Müdürü



Ek 1 Deney ve Muayene Sonuçlarının TS 5358'e Uygun Olarak Verilmesi

	GÖRÜNÜŞ MUAYENESİ FORMU	Bölüm: KG Sayfa: 1/1 Revizyon: 00 Revizyon tarihi:01/04/1997 Yayın no: 01 Yayın Tarihi:01/04/1997
ONAY:MUSTAFA BAKIR	Hazırlayan:MURAT KELEK	Döküman No: FR-34

Rapor Tarihi ve Numarası : 22.12.1997

Lab.Elemanı : Mak. Müh. Mustafa Bakır

Numune Ürün : Pencere Kanat Profili "Z"

Standart Numarası : TS 5358

Numune Sayısı : Üretilen profillerin tamamı

Kabul edilebilir Kusurlu Sayısı : 0 (sıfır)

AÇIKLAMA:

Yapılan muayenelerin sonucunda, profillerde; boşluk, gözenek, çatlak, sürekli çizik ve renk bozukluğuna rastlanmamıştır.


SONUÇ :

Profiller Standartlara uygundur.

ONAY:



Ek 1 Deney ve Muayene Sonuçlarının TS 5358'e Uygun Olarak Verilmesi

 SERT PVC KAPI ve PENCERE SİSTEMLERİ	BiÇİM MUAYENESİ FORMU	Bölüm: KG Sayfa: 1/1 Revizyon: 00 Revizyon tarihi:01/04/1997 Yayın no: 01 Yayın Tarihi:01/04/1997
ONAY:MUSTAFA BAKIR	Hazırlayan:MURAT KELEK	Döküman No: FR-35

Rapor Tarihi ve Numarası : 22.12.1997

Lab.Elemanı : Mak. Müh. Mustafa Bakır

Numune Ürün : Pencere Kanat Profili "Z"

Standart Numarası : TS 5358

Numune Sayısı : Profillerin Hepsi

Kabul edilebilir Kusurlu Sayısı : 0 (sıfır)

AÇIKLAMA:

Yapılan muayene sonucunda, profillerde herhangi bir boyutsal, şekilsel bozukluğa rastlanmamıştır.


SONUÇ :

Profiller standarta uygundur.

ONAY:



Ek 1 Deney ve Muayene Sonuçlarının TS 5358'e Uygun Olarak Verilmesi

 SERT PVC KAPI ve PENCERE SİSTEMLERİ	SOĞUKTA DARBEYE DAYANIM DENEY FORMU	Bölüm: KG Sayfa: 1/1 Revizyon: 00 Revizyon tarihi: 01/04/1997 Yayın no: 01 Yayın Tarihi: 01/04/1997
		ONAY: MUSTAFA BAKIR

Rapor Tarihi ve Numarası : 22.12.1997

Lab. Elemanı : Mak. Müh. Mustafa Bakır

Numune Ürün : Kapı Kanat Profili "KZ"

Standart Numarası : TS 5358

Partideki Profil	Sayısı (Ad.)			
1 - 500	501 - 1200	1201 - 3200	3201 - 10000	10000 -
	X			

Numune sayısı				
10	15	20	25	30
	X			

Kabul Edilebilir	Kusurlu Sayısı			
1	1	2	2	3
	X			

AÇIKLAMA:

Yapılan deneyler sonucunda profil numunelerinde herhangi bir kırılma yada çatlama görülmemiştir.


SONUÇ:

Standarta uygundur

ONAY:



Ek 1 Deney ve Muayene Sonuçlarının TS 5358'e Uygun Olarak Verilmesi

 STARpen SERT PVC KAPI ve PENCERE SİSTEMLERİ	SICAKTA BEKLETME SONRASI DAVRANIŞ DENEY FORMU	Bölüm: KG Sayfa: 1/1 Revizyon: 00 Revizyon tarihi: 01/04/1997 Yayın no: 01 Yayın Tarihi: 01/04/1997
		ONAY: MUSTAFA BAKIR

Rapor Tarihi ve Numarası : 22.12.1997

Lab. Elemanı : Mak Müh. Mustafa Bakır

Numune Ürün : Orta Kayıt Profili "T"

Standart Numarası : TS 5358

Partideki Profil	Sayısı (Ad.)			
1 - 500	501 - 1200	1201 - 3200	3201 - 10000	10000 -
	X			

Numune sayısı				
3	5	7	10	12
	X			

Kabul Edilebilir	Kusurlu Sayısı			
1	1	2	2	3
	X			

AÇIKLAMA:

Yapılan deneyler sonucunda profil numunelerinde herhangi bir çatlama, pütanma, yanma, eğilme, burulma görülmemiştir.


SONUÇ:

Standarta uygundur

ONAY:



Ek 1 Deney ve Muayene Sonuçlarının TS 5358'e Uygun Olarak Verilmesi

 SERT PVC KAPI ve PENCERE SİSTEMLERİ	KÖŞE MUKAVEMET DENEY FORMU	Bölüm: KG Sayfa: 1/1 Revizyon: 00 Revizyon tarihi: 01/01/1997 Yayın no: 01 Yayın Tarihi: 01/04/1997
		ONAY: MUSTAFA BAKIR

Rapor Tarihi ve Numarası :
 Lab. Elemanı :
 Numune Ürün :
 Standart Numarası : TS 5358

Partideki (Ad.)	Profil Sayısı			
1 - 500	501 - 1200	1201 - 3200	3201 - 10000	10000 -
		X		

Numune	Sayısı			
3	5	7	10	12
		X		

Kabul	Edilebilir	Kusurlu Sayısı		
1	1	2	2	3
		X		

Numune No	Sıcaklık (°C)	Basınç (Bar)	Süre (sn)	Dudak Payı (mm)	Köşe (KN) Mukavemeti
1	247	std	std.	3	5,500
2	"	"	"	"	5,400
3	"	"	"	"	5,500
4	"	"	"	"	4,900 *
5	"	"	"	"	5,300
6	"	"	"	"	5,600
7	"	"	"	"	5,500
8					
9					

AÇIKLAMA:

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen kırılma değerlerinin aritmetik ortalaması $\approx 5,39$ kN'dur. 4. Numaralı numune standart dışı kırılmıştır. Bu kabul edilebilir bir rakamdır.


SONUÇ:

Ortalama mukavemet değeri standartta uygundur.

ONAY:



Ek 1 Deney ve Muayene Sonuçlarının TS 5358'e Uygun Olarak Verilmesi

 SERT PVC KAPI ve PENCERE SİSTEMLERİ	SICAKTA BEKLETME SONRASI ÖLÇÜ DEĞİŞİKLİĞİ DENEY FORMU	Bölüm: KG Sayfa: 1/2 Revizyon: 00 Revizyon tarihi: 01/04/1997 Yayın no:01 Yayın Tarihi:01/04/1997
		ONAY:MUSTAFA BAKIR

Rapor Tarihi ve Numarası :
 Lab.Elemanı :
 Numune Ürün :
 Standart Numarası : TS 5358

Partideki Profil	Sayısı (Ad.)			
1 - 500	501 - 1200	1201 - 3200	3201- 10000	10000 -
	X			

Numune sayısı				
3	5	7	10	12
	X			

Kabul Edilebilir	Kusurlu Sayısı			
1	1	2	2	3
	X			

Numune No	Deney Öncesi Boy (mm)	Deney Sonrası Boy (mm)	Deney Öncesi iki Yüzey Arasındaki Mesafe(mm)	Deney Sonrası iki Yüzey Arasındaki Mesafe(mm)	Nisbi Ölçü (%)	Değişikliği Çekme
1	200	197,5	55	54,8	1,25	0,36
2	200	197,7	"	54,7	1,15	0,55
3	200	198,1	"	54,7	0,95	0,55
4	200	197,9	"	54,6	1,05	0,73
5	200	198,0	"	54,7	1,00	0,55
6	200					

AÇIKLAMA:

$$\varepsilon_{100} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \quad *$$

SONUÇ:

% çekme değerleri standartlar dahilindedir

ONAY:



Ek 1 Deney ve Muayene Sonuçlarının TS 5358'e Uygun Olarak Verilmesi

$$* E_{100-1} = \frac{200 - 197,5}{200} \times 100 = \% 1,25$$

$$E_{10-1} = \frac{55 - 54,8}{55} \times 100 = \% 0,36$$

$$E_{100-2} = \frac{200 - 197,7}{200} \times 100 = \% 1,15$$

$$E_{10-2} = \frac{55 - 54,7}{55} \times 100 = \% 0,55$$

$$E_{100-3} = \frac{200 - 198,1}{200} \times 100 = \% 0,95$$

$$E_{10-3} = \frac{55 - 54,7}{55} \times 100 = \% 0,55$$

$$E_{100-4} = \frac{200 - 197,9}{200} \times 100 = \% 1,05$$

$$E_{10-4} = \frac{55 - 54,6}{55} \times 100 = \% 0,73$$

$$E_{100-5} = \frac{200 - 198,0}{200} \times 100 = \% 1,00$$

$$E_{10-5} = \frac{55 - 54,7}{55} \times 100 = \% 0,55$$

Ek 2 TDE 5000 Ekstrüzyon Hattının Bağlantı ve Yerleşim Şeması

EXTRUSIONSLINIE
EXTRUSION LINE

5316E

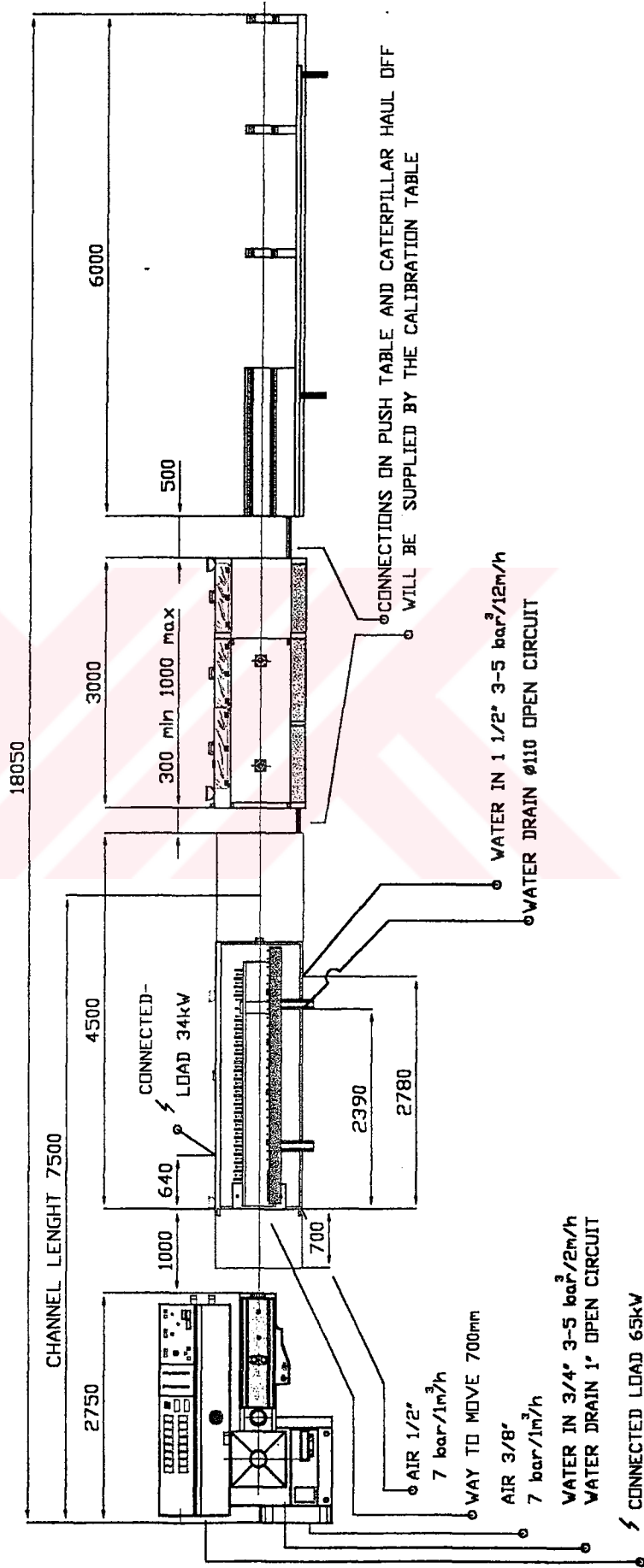
TDE 5000

TRZ 1000

TKT 3200

TST 6000

BEDIENSEITE
OPERATOR SIDE



Ek 3 TDE 6000 Ekstrüzyon Hattının Bağlantı ve Yerleşim Şeması

EXTRUSIONSLINIE
EXTRUSION LINE

6536E

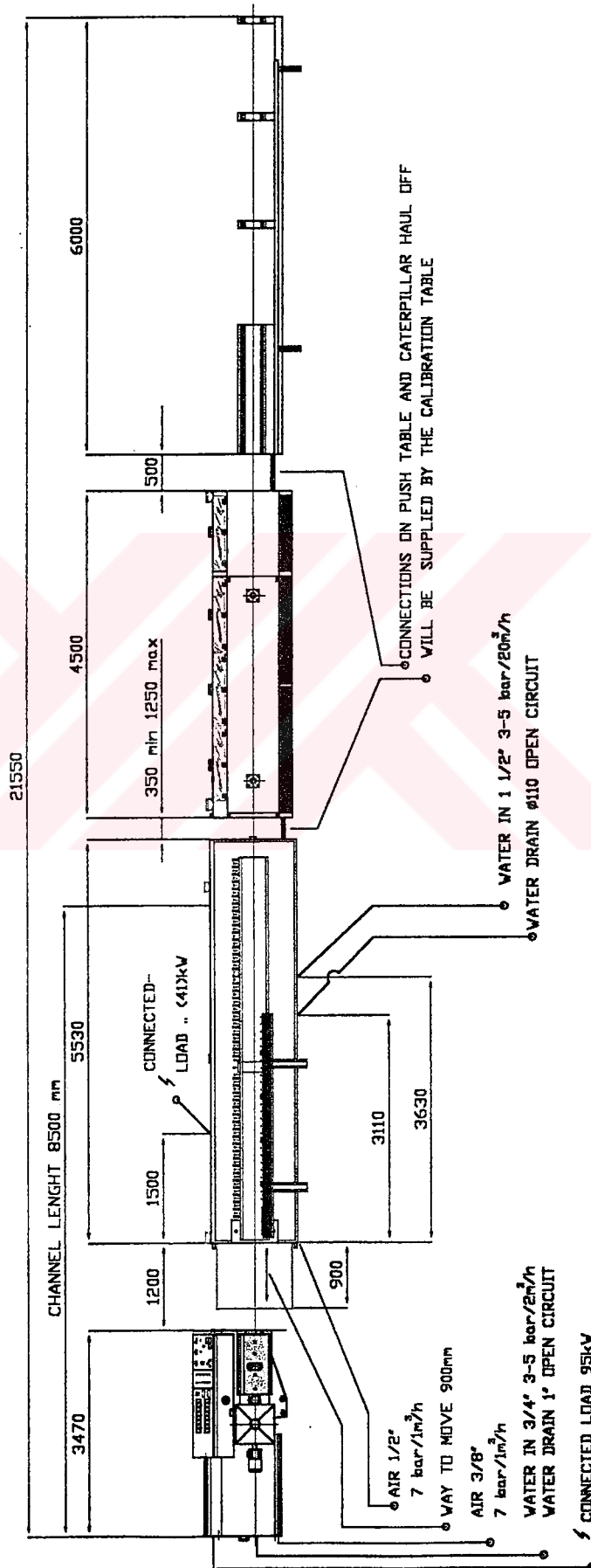
TDE 6000

TKT 5300

TRZ 3000

TRZ 6000

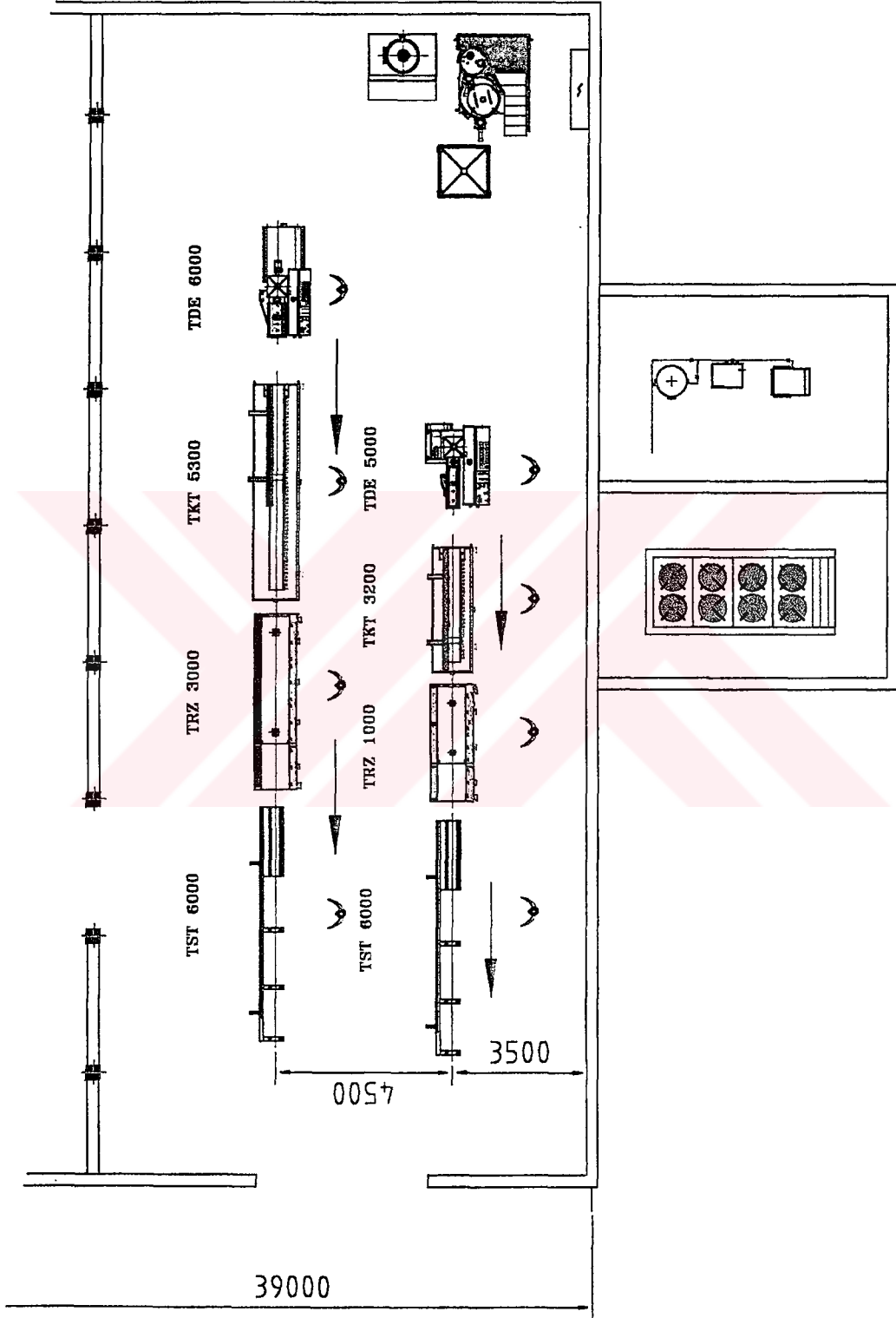
BEDIENSEITE
OPERATOR SIDE



174 100 174

LAYOUT :
Machinery location

↪ = OPERATOR SIDE



4 10000 10000

Ek 5 DeneYlerde Kod Numaraları İle Verilen Hammaddeler

HAMMADDE CİNSİ	KODU	MARKASI
PVC'LER	11	Petkim
	12	Basf
	13	Hipvinil
	14	Hırvatska
STABLİZATÖR'LER	21	Chemson GWX 1050
	22	Akcros Interstab LFD 3097
	23	Barlocher 5265
	24	Reagens Comiel G AV 220/230
	25	Akopan 7050 G
TİTANYUM DİOKSİT'LER	31	Cronos 2220
	32	Tiona RCL 168
	33	Tioxide RTC 30
DARBE MUKAVEMETİ VERİCİ'LER	41	Paraloid KM 355
	42	DuPont Dow Tyrin 6000
	43	Bayer Durastrength
KALSİT'LER	51	Export T 95
KAYDIRICI'LAR	61	K 125 M
	62	Gp 16
	63	Barlocher PA SP 30
	64	Barlocher FTO

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	26.08.1974	
Doğum Yeri	Kayseri	
İlkokul	1980-1985	T.E.D. Kayseri Koleji Vakfı Özel İlkokulu
Lise	1985-1991	Kayseri Nuh Mehmet Küçükçalık Anadolu Lisesi
Lisans	1991-1995	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1995-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı İmal Usülleri Programı
Lisans Bitirme Tezi	1995	Kaynak Tekniğinde Mekanizasyon ve Otomatizasyon
Yaptığı Stajlar	1993 1994 1995	TAKSAN Takım Tezgahları San. Aş. 40 g. Atölye ERBOSAN Erciyas Boru San. Aş. 25 g. Organizasyon KARAYOLLARI 6. BÖLGE MÜD. 25 g. İşletme
Çalıştığı Kurum	1996-	STARPEN Sert PVC Kapı ve Pencere Sistemleri Akyüz Plastik Sanayi ve Ticaret Ltd. Sti. Teknik Müdür

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHÜR
MÜHÜR